Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием
"ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ"

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва
3-5 июня 2013 г.

МОСКВА 2013

УДК 54+66
ББК 24+35
В85

Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием "ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ": сб. материалов / Ин-т металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН – М.: ООО "Ваш полиграфический партнер", 2013. – 391 с.

ISBN 978-5-4253-0574-9

В сборнике материалов опубликованы тезисы устных и стендовых докладов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием "ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ". Материалы опубликованы в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте http://inmat2013.ruconf.ru/.

УДК 54+66
ББК 24+35
В85

ISBN 978-5-4253-0574-9
9 785425 305749 >

© Оформление. Организационный комитет Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием "ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ", 2013

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Российская академия наук
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН
ОАО "Гиредмет" ГНЦ РФ
Московский государственный индустриальный университет
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
ООО "Интерконтакт Наука"
Журнал "Перспективные материалы"
Журнал "Физика и химия обработки материалов"

при поддержке
Совета молодых ученых РАН
Совета молодых ученых ИМЕТ РАН

Конференция поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 13-03-06824 мол_г).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

академик Солнцев К.А. – *председатель*
чл.-корр. РАН Баринов С.М. – *заместитель председателя*
д.ф.-м.н. Заболотный В.Т. – *заместитель председателя*
д.т.н. Колмаков А.Г. – *заместитель председателя*

Огарков А.И. – *ответственный секретарь*

Члены организационного комитета:

академик Банных О.А.
академик Бузник В.М.
академик Леонтьев Л.И.
академик Новоторцев В.М.
академик Цветков Ю.В.
чл.-корр. РАН Алымов М.И.
чл.-корр. РАН Бурханов Г.С.
чл.-корр. РАН Григорович К.В.
чл.-корр. РАН Карпов Ю.А.
чл.-корр. РАН Лукашин А.В.
проф. Кошкин В.И.
проф. Лебедев Ф.В.
проф. Лотков А.И.
проф. Мурадов А.В.
проф. Пархоменко Ю.Н.
д.ф.-м.н. Пименов В.Н.
проф. Севастьянов В.И.
проф. Симаков С.В.
к.т.н. Фомина О.Н.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

академик Солнцев К.А.
чл.-корр. РАН Баринов С.М.
д.ф.-м.н. Симаков С.В.
к.ф.-м.н. Виноградова Н.А.
к.ф.-м.н. Никитушкина О.Н.
к.т.н. Кольчугина Н.Б.
к.т.н. Просвирнин Д.В.
Огарков А.И.
Севостьянов М.А.

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

Металлические, керамические и композиционные материалы:

— материалы авиационной и космической техники;

— материалы для энергетики;

— материалы для электроники;

— биомедицинские материалы;

— наноматериалы и нанотехнологии;

— редкие и драгоценные металлы, высокочистые вещества;

— материалы для энергосбережения. Зеленые технологии;

— керамические и композиционные материалы;

— поверхностные явления и технология покрытий;

— лазерно-информационные технологии создания изделий сложной конфигурации;

— компьютерное моделирование материалов;

— новые технологии в металлургическом процессе

САМООРГАНИЗАЦИЯ КЛАСТЕРОВ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ В КРЕМНИИ

Абдурахмонов Б.А.
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: bahazeb@yandex.ru

Одним из новых и перспективных методов создания наноразмерных структур в кристаллической решетке полупроводника является самообразование нанокластеров примесных атомов, так как это способ создания наноразмерных структур в отличие от существующих методов молекулярно-лучевой эпитаксии, требующих сложного дорогостоящего оборудования, имеет ряд преимуществ [1].

Целью данной работы являлось исследования и создание самоорганизационного механизма формирования кластеров примесных атомов в решетке кремния заданной структуры, размера и состава в зависимости от электрофизических и химических параметров примесных атомов.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при формирование кластеров с заданными параметрами основную роль играет коэффициент перенасыщенности твердого раствора k ($k = N/N_0$, N – растворимость примеся при данной температуре, N_0 – предельная растворимость примеси при температуре диффузии). Как показали экспериментальные результаты структура, размер, концентрация кластеров в основном определяются значением k, а само значения k зависит от температуры дополнительного отжига. Термодинамические условия формирования (время, температура, концентрация кластеров) зависит от коэффициента диффузии примесей в решетке и состояния атомов в решетке. Как показали теоретические расчеты, управляя технологическими условиями, можно получать кластеры с размерами от 0,5 нм до 100 мкм с концентрацией от 10^{12} до 10^{16} см$^{-3}$ при этом число атомов в таких кластерах может меняться от несколько десятков атомов до миллиона.

Для подтверждения полученных расчетных данных нами исследовалось состояние кластеров атомов никеля в кремнии. Образцы были легированы по разработанной специальной технологи легирования, так называемом “низкотемпературном легировании” полупроводников. Состояние образцов исследовалось с помощью ИНФРАМ – И. В образцах термообработанных при T=700 °C в течение часа наблюдались равномерно распределенные точки достаточно маленьких размеров с плотностью $10^5 \div 10^6$ см$^{-2}$ связанные с кластерами атомов Ni. Картинки наблюдаемые на ИНФРАМ – И в образцах термообработанных при 670 и 650 °C в течение 6 и 10 часов показывают, что при этом размер кластеров увеличивается, а их плотность уменьшается.

Экспериментально установлено, что при определенных условиях легирования, происходит самоорганизация кластеров примесных атомов в решетке Si.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф. Бахадырханову М.К. и проф. Илиеву Х.М. за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

Литература

1. Мильвидский М.Г., Чалдышев В.В. Наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках – новый подход к формированию свойств материалов // ФТП. 1998. Т.32. № 5.С. 513-522.

ФОРМИРОВАНИЕ КЛАСТЕРОВ ГЕРМАНИЯ В КРЕМНИИ

Абдурахмонов Б.А.
Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: bahazeb@yandex.ru

В последнее время наноразмерные полупроводниковые структуры применяются для конструирования оптоэлектронных приборов нового поколения, работающих в инфракрасном и микроволновом диапазоне длин волн. Эти структуры обладают такими свойствами, которые принципиально невозможно получить при использовании традиционных материалов. Среди них наноструктуры SiGe занимают особое место вследствие их потенциального применения в приборах и интеграции на базе кремниевой технологии.

Как известно SiGe наноструктуры в основном получают молекулярно лучевой эпитаксией, а также ионной имплантацией. Все эти методы используемые в настоящее время для получения наноразмерных структур требуют очень дорогих установок и сложных технологических процессов. В связи с этим представляет большой интерес получение SiGe наноструктур диффузионным легированием. Как известно диффузионный способ легирования кремния германием с экономической и технологической точки зрения достаточно сложный из – за маленького коэффициента диффузии атомов германия в кремнии. В связи с этим нами разработан новый способ легирования так называемая «низкотемпературная диффузия» [1].

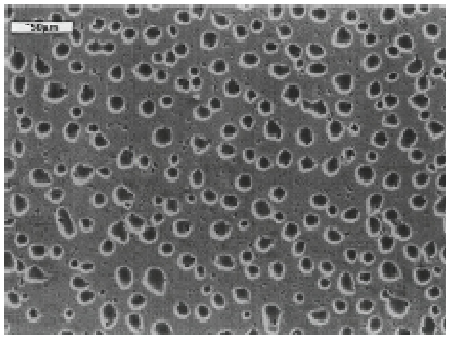


Рис. 1. Формирование кластеров атомов германия

Диффузионный процесс осуществляется по разработанной технологии. Содержание атомов германия и их распределение по глубине исследовалось с помощью рентгеновского микрозондового анализа на установке «jeol super probe JXA-8800 R/RL». Как показали рентгеновские исследования до глубины d~3 мкм на поверхности кремния содержание атомов германия больше, чем атомов кремния, т.е. получается твердый раствор $Si_{1-x}Ge_x$ с x>0.5. Таким образом в этом случае можно получить непрерывный твердый раствор $Si_{1-x}Ge_x$, где x меняется в интервале 0÷1.

После этого было исследование влияние низкотемпературного отжига на состояние атомов Ge в кремнии. Так как при этих условиях твердый раствор $Si_{1-x}Ge_x$ находится в перенасыщенном состоянии и соответственно должно изменяться состояние атомов германия в решетке кремния. Результаты показали, что в образцах подвергнутых термообработке при T=850 °C в течение десяти часов (рис. 1) формируются кластеры атомов германия практически одинакового размера равномерно распределенные по всей поверхности образца.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф.ессору М.К. Бахадырханову за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

Литература

1. Абдурахманов Б.А., Аюпов К.С., Бахадырханов М.К. и др. Низкотемпературная диффузия примесей в кремнии // ДАН РУз. 2010. №4. С.32-36.

МЕХАНИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННЫЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ AlN

Абраамян А.С.

Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

e-mail: abrrba@mail.ru

Метод синтеза основан на измельчении грубодисперсного порошка Al в азоте в присутствии поверхностно – активного органического вещества, способствующего эффективности уменьшения размера частиц Al и покрывающего полученные частицы непроницаемой для кислорода пленкой. В результате использования в качестве исходного сырья грубодисперсного металла, значительно снижается количество поверхностного оксида алюминия, а органическая пленка предохраняет прекурсор от окисления. Последующий синтез проводится в токе высокочистого азота. За счет механического удаления оксида с поверхности частиц порошка Al синтез проходит при температуре 750°C вместо традиционных 1200 – 2100°C в промышленности. Выход продукта составляет 100%, а содержание кислорода в нем < 0.6%. За счет использования низких температур результирующий порошок слабоагломерирован и имеет размеры частиц в диапазоне 350 - 500 нм.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.х.н. Г.Р. Карагедов.

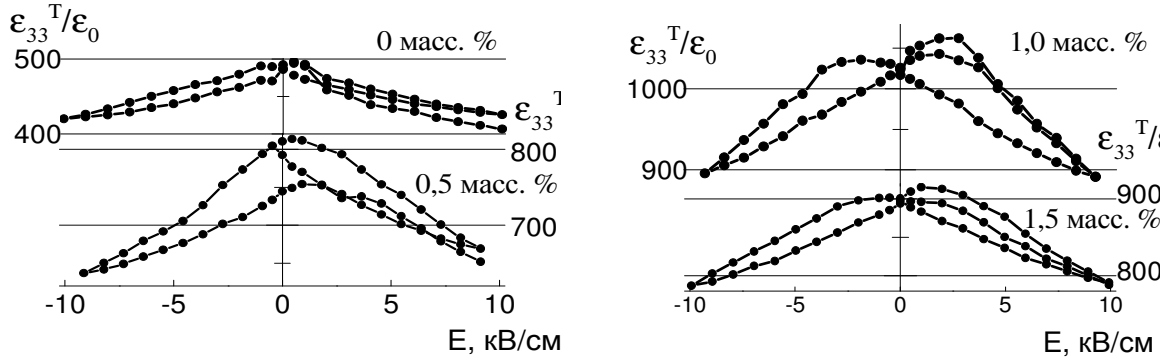
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ «ПОВЕДЕНИЕ» БЕССВИНЦОВЫХ СЕГНЕТОКЕРАМИК НА ОСНОВЕ $(Na,K,Li)(Nb,Sb,Ta)O_3$ С ДОБАВКАМИ $(Bi_2O_3+Fe_2O_3)$ В СИЛЬНЫХ СМЕЩАЮЩИХ ПОЛЯХ.

Абубакаров А.Г.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: hasadykov@sfedu.ru

Большая часть освоенных мировой практикой пьезоматериалов, содержит значительное количество (более 50%) свинца, что приводит к повышению содержания этого токсичного элемента в окружающей среде. Усиление внимания общественности к экологическим проблемам привело к резкому росту интереса к этой проблеме. Однако, несмотря на обилие публикаций, посвящённых работе в указанном направлении, поведение бессвинцовых керамик под действием электрического поля изучено недостаточно. Учитывая несомненную практическую значимость таких исследований, в настоящей работе изучается реверсивная нелинейность керамик на основе системы $(Na,K,Li)(Nb,Sb,Ta)O_3$, модифицированных (0,0÷1,5) масс % $(Bi_2O_3+Fe_2O_3)$.



На рисунке представлены зависимости реверсивных относительных диэлектрических проницаемостей поляризованных керамик $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ от напряжённости постоянного смещающего электрического поля (E). Все кривые имеют форму „бабочки", характерную для сегнетоэлектриков. Относительно небольшие значения $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ и её слабая зависимость от величины электрического поля позволяют отнести исследованные керамики к группе сегнетожёстких материалов. При увеличении содержания модификатора до (0,5÷1,0) % происходит существенное увеличение $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ и степени влияния на $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ электрического поля. Наблюдаемое, вероятно, связано с расположением в указанной области морфотропной фазовой границы.

Анализ результатов показывает, что немодифицированные керамики с повышенной стабильностью по отношению к электрическим полям могут использоваться в генераторах ультразвука, модифицированные же материалы, обладающие повышенной чувствительностью, перспективны для применений в датчиках микроперемещений.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Ларисе Андреевне.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БАРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НОВЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al-Zn-Mg-(Cu)-Ni-Fe.

Акопян Т.К.

ИМЕТ РАН им.А.А. Байкова, г. Москва, Россия

e-mail: aktorgom@gmail.com

Высокопрочные материалы занимают особое место, поскольку они используются в ответственных изделиях, в частности в авиации и ракетостроении. Наиболее высокими прочностными свойствами среди промышленных алюминиевых сплавов обладают сплавы на базе системы Al–Zn–Mg–Cu. При этом они имеют существенные недостатки. Первый из них состоит в строгом ограничении по примеси железа, что значительно повышает их себестоимость. Второй недостаток заключается в их сильной склонности к образованию горячих трещин при кристаллизации.

Для устранения этого недостатка было предложено матричную систему Al–Zn–Mg–Cu легировать добавками, относительно малорастворимыми в (Al), способными повысить технологичность сплавов, образуя двух- и трехфазные эвтектики, при этом требуемый уровень механических свойств должен обеспечиваться составом алюминиевой матрицы.

Используя данный подход, в МИСиС были разработаны сплавы АЦ6Н4, АЦ7Мг3Н4 на базе эвтектики (Al)+Al_3Ni (далее никалины) и два экономнолегированных никалина АЦ7НЖ и АЦ6Н0,5Ж на базе эвтектики (Al)+Al_9FeNi, с улучшенными литейными свойствами. Эти сплавы показали высокую прочность в отливках ($\sigma_в$>600 МПа, $\sigma_{0,2}$>550 МПа, δ>6%) и, кроме того, продемонстрировали возможность их использования для получения деформированных полуфабрикатов.

Универсальным и широко используемым приёмом, позволяющим решающим образом повысить качество отливок, является применение горячего изостатического прессования (ГИП). Значения характеристических температур лежат в основе как обычной термической обработки отливок при давлениях P~0,1 МПа, так и при повешенных давлениях. Для корректного выбора параметров баротермической обработки (значений давления, температуры и времени баротермического воздействия) необходимо учитывать влияние барической составляющей на характеристические температуры.

С использованием разработанной ранее методики барического дифференциального термического анализа, были определены температуры фазовых превращений сплавов при избыточном давлении в 100 МПа. Показано, что повышение давления приводит к повышению характеристических температур никалинов на 5-10 градусов. Используя полученные результаты, были предложены термические режимы ГИП-обработки отливок исследованных сплавов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.х.н. Падалко Анатолию Георгиевичу и научному консультанту профессору, д.т.н. Белову Николаю Александровичу

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ МАРОК ЖГр0,5Х3Н2Д10(15), ЖГр0,5Н4Д10(15), ПОЛУЧЕННЫХ ГОРЯЧИМ ПРЕССОВАНИЕМ

Александров В.Г.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

г. Пермь, Россия

e-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru

Целью данной работы было исследование низколегированных по хрому и никелю и высоколегированных по меди порошковых сталей ЖГр0,5Х3Н2Д10(15), ЖГр0,5Н4Д10(15) в 0,05 М H_2SO_4.

Потенциостатические поляризационные кривые представлены на рис.1 и 2. Их анализ показывает, что сталь ЖГр0,5Х3Н2Д10 растворяется в 1,4 раза активнее, чем сталь ЖГр0,5Х3Н2Д15. Повышенная добавка меди увеличивает $E_{кор}$ для обеих марок сталей и вызывает пассивацию стали ЖГр0,5Н4Д10, т.е. Cu как электроположительный элемент способствует пассивации [1].

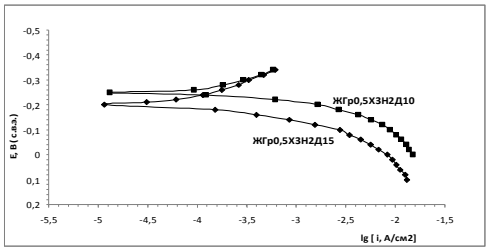


Рис.1. Поляризационные кривые сталей ЖГр0,5Х3Н2Д10 и ЖГр0,5Х3Н2Д15

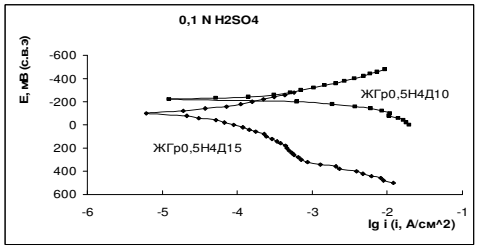


Рис. 2. Поляризационные кривые сталей ЖГр0,5Н4Д10 и ЖГр0,5Н4Д15

Отказ от легирования хромом и замена его дополнительным количеством никеля снижает скорость коррозии, для сталей ЖГр0,5Н4Д15 в 2 раза. Однако для сталей с 10% меди замена хрома никелем может привести к ускорению коррозии в 3 раза. Стали, не содержащие хром и никель ЖГр1Д10(15), растворяются ускоренно, но при этом сталь с более высоким содержанием меди растворяется в 2 раза быстрее, чем сталь с меньшим содержанием меди (в отличие от сталей содержащих хром и никель). Установлено, что стали растворяются из активного состояния кроме стали ЖГр0,5Н4Д15, которая пассивируется. Никелевая сталь с 10% Cu имеет скорость коррозии в 3 раза выше, чем хромоникелевая сталь. Увеличение меди до 15%, наоборот, снижает скорость коррозии никелевой стали по сравнению с хромоникелевой в 2 раза. Анодные тафелевы наклоны близки к 40 мВ, характерные для растворения железа по механизму Бокриса [2].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителю академику РАН, д-р техн. наук, проф. Анциферову Владимиру Никитовичу, консультанту по коррозионным исследованиям по теме диссертации д-р техн. наук, проф. кафедры "Порошковое материаловедение" Замалетдинову Ильфату Ибрагимовичу.

Литература

1. Добош Д. Электрохимические константы. Справочник для электрохимиков. М.: "Мир", 1980, с. 365.

2. Флорианович Г.М. Механизм активного растворения металлов группы железа // Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии. М.: ВИНИТИ, 1978. Т.6. С. 136 – 179.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОТКЛИКИ В БЕССВИНЦОВЫХ КЕРАМИКАХ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Андрюшин К.П.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: kpandryushin@sfedu.ru

Поиск новых функциональных материалов с особыми электрическими свойствами, а также разработка эффективных технологий их создания является важной задачей физики конденсированного состояния. Наиболее актуальны исследования в окрестности фазовых превращений, с которыми сопряжены экстремумы практически важных макроскопических параметров соединений и твердых растворов (ТР). Наибольшее внимание привлекают материалы на основе ниобатов щелочных металлов. В большинстве своем данные материалы экологически чистые и обладают уникальными свойствами, не реализуемыми в известных Pb- содержащих аналогах. В связи с вышесказанным, изучение фазовых превращений в ТР тройной системы на основе $NaNbO_3$, является актуальным. Целью работы явилось установление закономерностей формирования кристаллической структуры, диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих свойств тройной системы на основе ниобата натрия, с учетом кристаллохимической специфики ТР и разработка на основе полученных результатов электроактивных материалов для различных областей применений.

Объектами исследования данной работы явились ТР трехкомпонентной системы $(1-x-y)NaNbO_3 - xKNbO_3 - yCd_{0.5}NbO_3$ с различным содержанием $Cd_{0.5}NbO_3$: I разрез с y= 0.05, x= 0.05÷0.65, Δx= 0.05; II разрез с y=0.10, x=0.05÷0.50, Δx=0.05; III разрез с y= 0.15, x= 0.05÷0.30, Δx= 0.05; IV разрез с y= 0.20, x= 0.05÷0.20, Δx= 0.025; V разрез с y= 0.25, x= 0.05÷0.20, Δx= 0.025; VI разрез с y= 0.30, x= 0.05÷0.20, Δx= 0.025; VII разрез с y= 0.025÷0.150, x=0.45, Δy=0.025. Образцы указанной системы получены твердофазным синтезом в две стадии и спечены по обычной керамической технологии ($T_{синт.1}$= 1220 K, τ=5 ч., $T_{синт.2}$= 1240 K, τ=10 ч.; $T_{спек.}$=(1400÷1510) K в зависимости от состава).

На основе проведенных исследований в области, прилегающей к $NaNbO_3$, установлена сложная последовательность разнохарактерных фазовых превращений, обусловленная существованием большого количества морфотропных и полиморфных переходов; выявлены немонотонные концентрационные зависимости всех электрофизических параметров, отвечающие логике их изменений в системах с морфотропными фазовыми границами и внутрифазовыми превращениями.

Выделены четыре группы ТР с перспективными для практических применений параметрами:

– с $2000<\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0<2250$ – для применений в среднечастотном диапазоне;

– с $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0<700$, K_P ~0.40, V_1^E>5.0 км/с – для применений в СВЧ- устройствах;

– с $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$=500÷700, g_{33}~30 мВ●м/Н – для использования в высокочувствительных акселерометрах, ультразвуковых дефектоскопах;

– с Q_M≈1000, K_P≈0.20 – для применений в устройствах, работающих в силовых режимах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю доктору физико-математических наук, профессору Резниченко Ларисе Андреевне.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 16.740.11.0587.

МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЦТС ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Андрюшина И.Н.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: inandryushina@sfedu.ru

Бинарные твёрдые растворы (ТР) состава (1-x)PbZrO3-xPbTiO3 (ЦТС) сохранили до настоящего времени свою уникальность и практическую ценность, а многокомпонентные системы с их участием стали основой практически всех промышленно выпускаемых сегнетопьезоэлектрических материалов (СПМ). В то же время потребности техники ставят перед материаловедением задачи, требующие знания закономерностей формирования электрофизических свойств таких материалов в широких диапазонах внешних воздействий, в том числе, напряженностей постоянного электрического поля. Последнее необходимо для прогнозирования возможностей исследования СПКМ на основе ЦТС- системы в высоковольтных приборах: варакторах, фазовращателях и пр. В связи с вышесказанным целью работы явилось установление закономерностей формирования пьезоэлектрических свойств ТР системы ЦТС в широком интервале воздействия смещающего электрического поля.

Объектами исследования явились ТР состава (1-x)PbZrO3- PbTiO3 ($0.0 \le x \le 1.0$). В интервале $0.0 \le x \le 0.12$, $0.30 \le x \le 0.36$, $0.37 \le x \le 0.42$ и $0.52 \le x \le 0.57$ исследовательский концентрационный шаг $\Delta x = 0.01$; в интервале $0.37 < x \le 0.52$ $\Delta x = 0.005$; в интервале $0.60 < x < 0.90$ $\Delta x = 0.005$. Образцы ТР получены по обычной керамической технологии (твердофазный синтез, спекание без приложения давления). Синтез системы осуществлен в две стадии с промежуточным помолом и гранулированием порошков. Режимы синтеза: температура первого обжига T1=8700С, второго – T2=9000С. Изотермические выдержки при обеих температурах $\tau 1 = \tau 2 = 7$час.

В ходе проведения исследований были:

- установлены закономерности изменения физических свойств объектов в широком интервале концентраций компонентов и напряженностей электрического поля. Определены три типа зависимостей реверсивной диэлектрической проницаемости объектов, обусловленных различной степенью сегнетожесткости ТР и их разным положением на фазовой диаграмме;
- выявлены P(E)- петли с “перетяжкой” не связанные с эффектом старения образцов, а, скорее, обусловленные их разным фазовым наполнением ТР;
- показаны связи деформационных, поляризационных и реверсивных свойств ТР системы со степенью их сегнетожесткости, усиливающейся по мере увеличения концентрации титаната свинца.

Полученные результаты целесообразно использовать при разработке материалов на основе системы ЦТС- системы для работы в различных высоковольтных приборах и изгибных компонентах, таких как варакторы, фазовращатели и т.д.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.ф-м.н., проф. Резниченко Л.А.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 16.740.11.0587.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИАНИЛИНОМ

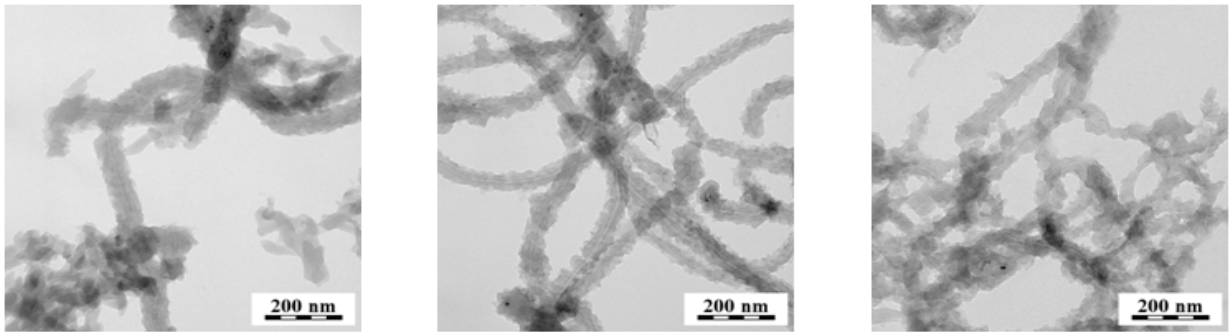
Аносова И.В.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия

e-mail: anosowa_i_w@mail.ru

Исследованы свойства композиционных материалов на основе модифицированных полианилином (ПАНИ) нативных и предварительно окисленных в растворе перманганата калия углеродных нанотрубок (УНТ) «Таунит-М» (d = 8÷15 нм, l = 2 μм; $S_{уд}$ = 300÷320 м^2/г) и «Таунит-МД» (d = 30÷80 нм, l = 20 μм; $S_{уд}$ = 180÷200 м^2/г) (ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). Формирование полианилинового покрытия на поверхности УНТ осуществлялось методом окислительной полимеризации анилина.

Показано, что в объеме композита может присутствовать несвязанный с поверхностью темплата полианилин при использовании нативных УНТ (рис. 1а). Появление на поверхности модифицируемых УНТ кислородсодержащих функциональных групп способствует усилению взаимодействия полианилина с углеродными нанотрубками и (рис. 1б). Однако при высоких значениях степеней функционализации карбоксильными группами слой полианилина становится рыхлым и неравномерным (рис. 1 в), что может быть связано с гидрофилизацией поверхности УНТ при наличии на ней большого количества полярных групп.



а б в

Рис. 1. ТЕМ-изображения нативных (а) и предварительно окисленных перманганатом калия (б и в) УНТ «Таунит-МД», модифицированных полианилином (80 МАС. %). Степень предварительной функционализации УНТ карбоксильными группами (S_f, ммоль/г): б – 0,4; в – 1,1.

Для достижения наилучших показателей электрофизичеких свойств композиционных материалов в качестве темплата также необходимо использование УНТ с оптимальной степенью предварительной функционализации карбоксильными группами (табл. 1).

Таблица 1. Электрофизические свойства композиционных материалов ПАНИ/УНТ (80 мас.% ПАНИ).

Материал	ПАНИ / «Таунит-М»				ПАНИ / «Таунит-МД»			
S_f, ммоль/г	0	0,3	0,5	1,3	0	0,4	0,5	1,1
Удельное электросопротивление, Ом·см	5,8	2,5	4,1	2,9	2,4	1,3	2,5	2,3
Удельная электрическая емкость, Ф/г	162	190	171	164	-	140	188	168

Таким образом, химия поверхности УНТ оказывает влияние на свойства их композитов с полианилином. Варьируя степень предварительной функционализации УНТ можно получать материалы с различными параметрами.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Т.П. Дьячковой, к.х.н., доценту кафедры ТТПН.

РЕЗИСТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОРОШКОВ ХРОМИТА ЛАНТАНА ДЛЯ HP-HT ТЕХНОЛОГИЙ

Анохин А.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова (ИМЕТ РАН), г. Москва, Россия

e-mail: alexanderanokhin@yahoo.com

Материалы на основе хромита лантана представляют большой интерес благодаря своим физико-химическим свойствам, таким как высокая электрическая проводимость, химическая стабильность и высокая температура плавления. Данные материалы нашли применение в качестве высокотемпературных электронагревателей, сенсорных датчиков, интерконнекторов в блоках высокотемпературных топливных элементов. [1-3].

Основной проблемой на сегодняшний день является получение сложных соединений с заданным контролируемым составом и стехиометрическим соотношением. Модифицированный золь-гель метод на основе высокомолекулярных полимеров позволяет синтезировать порошки хромита лантана сложного состава с высокой активностью, развитой поверхностью и заданной стехиометрией при более низкой температуре 750-800 °C по сравнению с твердофазовым методом, где полный синтез материала протекает при температуре 1350-1400 °C [4].

Одно из перспективных отдельно развивающихся направлений науки, где в качестве нагревательного элемента используется хромит лантана – получение сверхтвердых материалов, выращивание монокристаллов и исследование материалов при высоких температурах и давлении (HP-HT технологии). Максимально достигаемая температура в ячейке высокого давления при использовании нагревателей данного типа зависит от формы, размера и типа теплоизоляционного материала и составляет 2600 °C при давлениях до 27 ГПа.

Моделирование методом конечных элементов позволяет оценить процессы на основе экспериментальных данных, полученных на опытных образцах, и дает возможность прогнозировать распределение полей температур в ячейке высокого давления.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям академику К.А. Солнцеву, к.т.н. С.С. Стрельниковой и научным консультантам к.т.н. Н.Т. Андрианову, к.т.н. В.П. Филоненко.

Литература

1. Sammes, N.M. The effect of sintering on the mechanical properties of SOFC ceramic interconnect materials // Journal of Material Sciences. 1994, №29. p.4319–4324

2. Arakawa, T. Physicochemical properties of rare earth perovskite oxides used as gas sensor material // Journal of Material Science. 1985, №20. p. 1207–1210.

3. Suvorov, S.A. Investigating the solid phase synthesis of lanthanum chromite // Refractories and Industrial Ceramics. 1990, №31. p. 141–145

4. Анохин, А.С. Модифицированный золь–гель метод получения порошков допированного хромита лантана // Международная научная конференция «Ломоносов–2013»

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект № 13-08-01409 А.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРБИЙСОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТОГО ТИТАНАТА ВИСМУТА

Анохина Е.А.
Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия
e-mail: ea.anohina@gmail.com

Перовскитные и структурно связанные с ними слоистые сложнооксидные фазы привлекают к себе повышенный интерес благодаря большому многообразию физических свойств и возможности их использования в различных устройствах. Эти твёрдые растворы претерпевают различные фазовые переходы: структурные, сегнетоэлектрические, сегнетоэластические, магнитные, а также переходы в сверхпроводящее состояние.

Широкий диапазон электрофизических свойств и относительно низкая температура синтеза керамических твёрдых растворов на основе перовскитоподобного слоистого титаната висмута $Bi_4Ti_3O_{12}$ обуславливают перспективы их применения в качестве материалов для различных областей современной техники: сегнето-и пьезоэлектриков, ионных проводников, материалов для нелинейной оптики и лазерной техники.

Методами рентгенофазового и дифференциально-термического анализов исследовано фазообразование твердых растворов $(Bi_{1-x}Tb_x)_4Ti_3O_{12}$ (x = 0.00 - 0.20 Δx = 0.05) в процессе твердофазного синтеза из оксидов висмута(III), титана(IV), тербия(III, IV). Предложена схема процесса фазообразования твердых растворов.

Определены концентрационные интервалы стабилизации ромбической и тетрагональной модификаций $(Bi_{1-x}Tb_x)_4Ti_3O_{12}$ при комнатной температуре и проведено уточнение параметров элементарной ячейки. Установлено, что в области концентраций $0.00 \le x \le 0.10$ формируются твердые растворы на основе $Bi_4Ti_3O_{12}$ с ромбической симметрией кристаллической структуры, а в области $0.10 \le x \le 0.15$ – с тетрагональной. Наблюдающийся в исследованном ряду концентрационный фазовый переход сопровождается скачкообразным изменением параметров.

Методами ДТА и диэлектрической спектроскопии исследовано температурное поведение кристаллической структуры. Установлено, что увеличение концентрации катионов Tb(III) в подрешетке висмута снижает температурный интервал существования ромбической модификации фазы $Bi_4Ti_3O_{12}$. В интервале концентраций $0.00 \le x \le 0.05$ на ~16°C, и при $0.05 \le x \le 0.10$ на ~27°C. Проводимость (σ) керамических твердых растворов с ромбической симметрией кристаллической структуры при 500 °C составляет ~ $3.53 \cdot 10^{-5}$ $Ом^{-1} \cdot см^{-1}$.

Выявлено, что замещение катионов висмута(III) на 20 ат.% (x = 0.02) ионами тербия(III) приводит к увеличению температуры инконгруэнтного плавления фазы $Bi_4Ti_3O_{12}$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Сафроненко М.Г., Политовой Е.Д. и Фортальновой Е.А. за помощь в проведении исследования и научное консультирование при подготовке материалов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ КАРБОНИТРИДА ТИТАНА TiCN НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА ТЕРМО- И ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

Антонов А. А.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: nanomaterial-vstu@yandex.ru

Формирование наноструктурного состояния наплавленных покрытий функционального назначения является одним из важнейших условий значительного увеличения их механических и эксплуатационных свойств. Однако жесткие теплофизические условия в зоне формирования металлического расплава при воздействии электрической дуги и перегретого шлака существенно затрудняют получение таких материалов. Проблему целенаправленного управления структурой и свойствами наплавленного металла можно решить путем его модифицирования наночастицами тугоплавких и термодинамически стабильных химических соединений. Целью работы является исследование влияния наночастиц карбонитрида титана TiCN на структуру и свойства абразивностойкого композиционного сплава системы Fe-Cr-Ni-Ti-C-B, армированного микрочастицами диборида титана TiB_2, а также сплава системы Fe-Cr-Ni-Mo-Ti-C-N, предназначенного для работы в условиях циклического термосилового нагружения.

Наночастицы карбонитрида TiCN использовали в составе микрогранул композиционного порошка, представляющего собой частицы никеля размером до 50 мкм, на поверхности и в объеме которых равномерно распределены частицы TiCN с размером в диапазоне от 80 до 500 нм. Подобное композиционное строение частиц порошка способствует снижению интенсивности термического воздействия плазмы дуги и перегретого шлака на нанодисперсные компоненты и уменьшает их диссоциацию в реакционных зонах при наплавке.

Композиционный сплав системы Fe-Cr-Ni-Ti-C-B получали электрошлаковой наплавкой с использованием порошковой проволоки. Установлено, что модифицирование сплава наночастицами TiCN в количестве 0,6 масс. % обеспечивает двукратное повышение его стойкости к изнашиванию закрепленным абразивом. Тугоплавкие наночастицы, введенные в металлический расплав, инициируют выделение большого количества мелкодисперсных (0,8...6 мкм) соединений (TiCN, TiC и TiN), равномерно заполняющих весь объем матрицы сплава и упрочняющих ее. Активное формирование и рост новой фазы на упорядоченных структурах наночастиц TiCN объясняется изоморфностью кристаллических решеток указанных химических соединений. Исследованиями сплава системы Fe-Cr-Ni-Mo-Ti-C-N установлено, что при введении в наполнитель проволоки наночастиц TiCN в количестве 0,4 масс. % в 1,7 раза повышается сопротивление наплавленного дуговым способом металла высокотемпературному деформированию, а также его термостойкость. Это объясняется эффектом диспергирования структуры металла, который реализуется за счет сохранения в расплаве некоторого количества наночастиц TiCN, служащих центрами кристаллизации для интерметаллидных выделений, располагающихся в центрах зерен наплавленного металла.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям – д.т.н., проф. Соколову Г. Н. и к.т.н., доц. Артемьеву А. А.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 12-08-33103 мол_а_вед, № 13-08-01282 а.

ГЕТЕРОФАЗНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ТУГОПЛАВКИХ НАНОФАЗ С ПАВ В РАСПЛАВАХ НИКЕЛЯ И ЖЕЛЕЗА.

Анучкин С.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: AHC2@yandex.ru

Одним из перспективных направлений нанотехнологий в металлургии триады железа является использование наноразмерных частиц тугоплавких фаз (НЧТФ) в жидком металле как в виде реагентов для рафинирования расплавов, так и в виде инокуляторов, влияющих на процесс кристаллизации и структуру металла. Предложенная и экспериментально подтвержденная гипотеза об адсорбционном удалении ПАВ [1] с помощью тугоплавких нанофаз дает основание развить перспективное новое направление рафинирования сложнолегированных расплавов никеля и железа от вредных примесей, в том числе и от примесей цветных металлов.

На основании адсорбционного механизма удаления ПАВ исследовали гетерофазное взаимодействие в модельной системе Ni-S при введении НЧТФ Al_2O_3 (35-110 нм) и TiN (50-140 нм), полученных плазмохимическим методом [2]. В системах Ni-S-Al_2O_3 и Ni-S-TiN происходило образование ансамблей Ni-(НЧТФ+S) и степень удаления серы (α) составила 33 – 46 % и 27 – 42 % отн, соответственно, и зависела от времени изотермической выдержки расплава, от типа введенных НЧТФ и их концентрации в металле. Изучили влияние размерного фактора на степень удаления серы и показали, что с уменьшением среднего размера Al_2O_3 от 0,15 мкм до 35 нм значения α увеличивалась с 16 до 36 % отн., а с уменьшением среднего размера TiN от 20 мкм до 30 нм – с 16 до 32 % отн.

С целью расширения объектов исследования по удалению ПАВ-примесей цветных металлов изучили гетерофазное взаимодействие НЧТФ с оловом в модельных системах Ni-Sn и Fe-Sn. Показали, что как и в системе Ni-S-НЧТФ, введение в расплав наночастиц Al_2O_3 и TiN приводит к уменьшению содержания олова от 6 до 20 отн. % в системе Ni-Sn-НЧТФ и от 8 до 21 отн. % в системе Fe-Sn-НЧТФ в зависимости от времени пребывания НЧТФ в расплаве (5-20 мин.) и их концентрации (0,06-0,18 мас. %).

Таким образом, экспериментально доказали удаление ПАВ-примесей из металлических расплавов на основе Ni и Fe по адсорбционному механизму и показали, что на степень удаления ПАВ влияют время выдержки металла в жидком состоянии, свойства и размер НЧТФ и их концентрация в расплаве.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Бурцеву В.Т. и Самохину А.В. за помощь в работе.

Литература

1. Анучкин С.Н., Бурцев В.Т., Самохин А.В., Серов Г.В. Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 6 – С.78-85.

2. Цветков Ю.В., Самохин А.В. Автоматическая сварка. – 2008. – №11. – с. 171–175.

СТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОКЕРАМИЧЕСКИМИ ОКСИДАМИ

Аргунова А.Г.

ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Москва, Россия

e-mail: parnikova@inbox.ru

Структурная модификация полимерных материалов лежит в основе различных методов повышения механических и триботехнических свойств полимеров и композитов на их основе. Одним из перспективных методов структурной модификации является введение в полимерную матрицу нанонаполнителей. Вероятным механизмом воздействия наномодификаторов на надмолекулярную структуру полимера считается формирование в композите переходных слоев, активно влияющих на кристаллизацию полимера в объеме и на поверхности трения. При этом выбор наполнителя является немаловажной проблемой триботехнического материаловедения. Оксид алюминия – один из наиболее перспективных керамических материалов для широкого спектра применения в экстремальных условиях эксплуатации благодаря сочетанию высокой твердости, термостойкости, химической инертности, с одной стороны, доступности и экономичности - с другой.

В качестве модификаторов были использованы нанопорошки волокнистого оксида алюминия и смеси оксидов алюминия, и магния (алюмаг) в двух фазовых состояниях: α- и γ-фазы, с размерами кристаллитов 40-50 нм и 9-11 нм, соответственно.

Показано, что модификация политетрафторэтилена (ПТФЭ) этим наполнителем приводит к существенному улучшению свойств нанокомпозита: прочность увеличивается на 10-35%, относительное удлинение увеличивается в 1,5 раза, износостойкость увеличивается в 320 раз по сравнению с исходным ПТФЭ. Зарегистрировано неординарное проявление свойств ПТФЭ, модифицированного наноразмерным оксидом алюминия: уменьшение коэффициента трения композита с увеличением концентрации наномодификатора. Это свидетельствует о пластифицирующем действии нанонаполнителя при трении и изнашивании композита.

Методами растровой электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии показано образование непрерывной "сетки" из нановолокон, идентифицированная как кластерная структура. Возникновение неоднородной структуры в форме кластеров приводит к существенному повышению износостойкости композитов при сохранении присущих исследованным полимерам прочности, эластичности и химической стойкости. При этом нанонаполнитель в объеме полимерной матрицы распределяется равномерно, а с увеличением содержания наномодификатора в полимерной матрице уменьшаются и уплотняются размеры сферолитов.

Показано, что модификация ПТФЭ этими наполнителями приводит к существенному улучшению всего комплекса свойств нанокомпозита при малых добавках. Установлены закономерности структурообразования в ПТФЭ в зависимости от содержания наноструктурных оксидов алюминия и магния. Разработаны рецептуры композитов триботехнического назначения с высоким уровнем эксплуатационных характеристик.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – д.т.н., проф. Охлопковой А.А.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА В МАТРИЦЕ ГЕЛЬ-ПЛЕНКИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРИСУТСТВИИ В РЕАКЦИОННОЙ СИСТЕМЕ СЕРЕБРА

Архарова Н.А.

ФГБУН Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: natalya.arkharova@gmail.com

С помощью методов просвечивающей электронной микроскопии, электронной дифракции и рентгеновского микроанализа исследовали композит, представляющий собой частицы селена, образованные в водном растворе в результате восстановления селенистой кислоты аскорбиновой кислотой, стабилизированные поливинилпирролидоном (ПВП) и внедренные в гель-пленку бактериальной целлюлозы (БЦ). Растворы готовили с разной концентрацией Se/ПВП – 0,01%, 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1% с последующим добавлением следовой примеси серебра.

Выбор гель-пленки бактериальной целлюлозы в качестве композитной матрицы обусловлен ее свойствами: она поддерживает оптимальный баланс влажности, стимулирующий заживление, активно насыщается лекарственными препаратами и свободно отдает их в поврежденную зону, сильно поглощает распады тканей. Поэтому особо перспективны раневые покрытия, изготовленные на основе БЦ. С этой целью в нее включают наночастицы серебра и селена, обладающие противовоспалительными и заживляющими свойствами.

Образцами для ПЭМ служили тонкие поперечные срезы композита в эпоксидной смоле.

В матрице БЦ обнаружены эллипсоидальные наночастицы, представляющие смесь кристаллитов селена тригональной модификации и селенида серебра ромбической модификации. Частицы проникают внутрь гель-пленки на глубину порядка 2-х микрон. На поверхности БЦ образуются нанопроволоки шириной до 50 нм и длиной до нескольких микрон (рис.1б. Рентгеновский энерго-дисперсионный микроанализ показал, что, в отличие от наночастиц, нанопроволоки образованы из чистого селена с тригональной элементарной ячейкой.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н. Клечковской В.В.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта НШ-2883.2012.5.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАНОПОРОШКОВ ГАФНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНИЕТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Архипов Д.И.

НИТУ «Московский Институт Стали и Сплавов», г. Москва, Россия

e-mail: hipa3@rambler.ru

В данном исследовании разработана технология получения наноструктурированных порошков гафния, основанная на магниетермическом восстановлении хлоридов гафния в расплаве солей. Варьирование состава исходной смеси, количества металла-восстановителя, температуры процесса и времени выдержки позволило эффективно управлять процессом.

Рентгенофлуоресцентным методом был произведен элементный анализ полученных образцов. С помощью растровой и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения изучена морфология частиц. Методом низкотемпературной адсорбции азота рассчитаны средние размеры агломератов. Фазовый состав, структура и дисперсность нанопорошков гафния исследованы методом рентгеновской дифрактометрии.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю с.н.с., к.т.н. Дзидзигури Элле Леонтьевне.

АЛЮМИНИЕВЫЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Архипов И.В.

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова», г. Чебоксары, Россия

e-mail: arhipov_i@mail.ru

Проведенный анализ показал отсутствие на настоящий момент материалов на основе алюминия с температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), равным (19,5...20,0) $\cdot 10^{-6}$1/°С в диапазоне температур испытаний 20...350°С, способных эксплуатироваться при температуре 350°С и выше в различных теплонапряженных деталях (поршни форсированных двигателей, литейная оснастка, погружные трубы нефтяного оборудования, элементы силового набора летательных аппаратов и пр.) объектов современной и перспективной техники.

Разработаны химические составы порошковых композиций для получения нанокомпозиционных материалов на основе алюминия методом реакционного механического легирования в аттриторе и технологий порошковой и гранульной металлургии. Для исследований использовался быстрозакристаллизованный порошок алюминиевого сплава с содержанием в нем 26,3 %масс. Si, 6,06 %масс. Ni и 1,86 %масс. Fe. В качестве основных добавок к нему были выбраны стандартный алюминиевый порошок ПП-1 и углерод в виде газовой сажи ДГ-100. Для дальнейшего легирования исследуемых композиций использовались также стандартные порошки титана, меди и алюминиевомагниевого сплава АМД-50М.

Определены основные режимы и условия проведения реакционного механического легирования и последующего термодеформационного передела полученных в аттриторе гранул в горячепрессованные полуфабрикаты, обеспечивающие наиболее лучшее сочетание прочностных свойств и ТКЛР исследуемых материалов. По разработанной технологии изготовлены образцы указанных материалов в виде горячепрессованных прутков, испытания которых показали, что они имеют, в зависимости от состава, предел прочности при нормальной температуре от 603 МПа до 627 МПа и при температуре испытаний 350°С – от 165 МПа до 183 МПа. При этом ТКЛР для диапазонов температур 20...100°С и 20...350°С имеет значения, соответственно, (16,7...18,1)$\cdot 10^{-6}$ 1/°С и (19,6...20,3)$\cdot 10^{-6}$ 1/°С. Различными методами исследований было установлено, что достигнутые прочностные свойства разработанных материалов, особенно, при повышенных температурах испытаний обусловлены осуществлением при их получении сразу же трех одновременно идущих процессов: интенсивной пластической деформации, обеспечивающей измельченность структуры и сильный наклеп материала; дисперсионного твердения, обеспечивающего образование мелкодисперсных фаз Al_3Fe, α(AlFeSi) и Al_3Ni; дисперсного упрочнения, обеспечивающего образование частиц термодинамически стабильных фаз Al_2O_3 и Al_4C_3 наноразмерного уровня.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю канд. техн. наук, профессору Шалунову Е.П.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект мол_12-08-31525_а).

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ ИТТРИЯ С КОБАЛЬТОМ ИЗ ГАЛОГЕНИДНЫХ РАСПЛАВОВ

Асанов А.М.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

e-mail: a-lim_asan@mail.ru

Повышенный интерес исследователей к нанообъектам вызван обнаружением у них необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением так называемых «квантовых размерных эффектов». Особое место среди них занимают магнитные свойства, в которых наиболее отчетливо проявляются различия между массивным (объемным) материалом и наноматериалом. У магнитных наноматериалов обнаружен ряд необычных свойств – гигантское магнитосопротивление, аномально большой магнитокалорический эффект и др. Таким образом актуальна задача по разработке способа получения магнитных наночастиц с заданным дисперсионным составом.

Целью данной работы является электрохимическое получение магнитных наночастиц иттрия с кобальтом и изучение влияния условий синтеза на характеристики получаемых образцов.

Магнитные наночастицы были получены в гальваностатическом режиме при плотностях катодного тока 3,2 А/см^2 в эвтектических расплавах KCl-NaCl-CsCl и KCl-NaCl, при температурах 700 и 800 ^{0}C, соответственно. Источником иттрия служил растворимый иттриевый анод, а в качестве источника кобальта использовался тщательно осушенный хлорид кобальта, добавляемый в расплав.

Характеристики получаемых соединений иттрия с кобальтом исследовались при помощи комплекса современных физических методов исследования: рентгенофазовый анализ (рентгенофазовый анализатор D2 Phazer), метод статического рассеяния света (лазерный анализатор размеров частиц Fritsch Analysette 22 NanoTec Plus), сканирующая электронная микроскопия (высокоразрешающий растровый электронный микроскоп Jeol JSM-6700F).

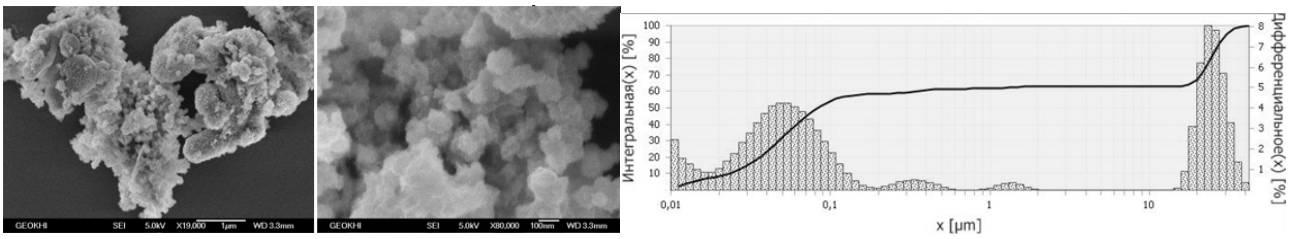


Рис. 1. Электронная микрофотография и дисперсионный состав полученных образцов

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Кушхову Х.Б. и консультанту к.х.н. Шогеновой Д.Л. за помощь в выполнении работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации с использованием оборудования ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов».

СТРУКТУРА И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, БЕНТОНИТА И НАНОШПИНЕЛИ МАГНИЯ

Афанасьева Е.С.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

e-mail: KatiaSerafimovna@yandex.ru

В настоящее время одним из главных направлений технологии композиционных материалов в создании наноструктурных полимер-неорганических композитов является разработка различных способов совмещения компонентов. Это связано с тем, что свойства нанокомпозитов сильно отличаются от объемных свойств составляющих их фаз и определяются свойствами наночастиц наполнителя, образуемых ими структур, и межфазным взаимодействием на границе полимерной матрицы с наполнителем.

В работе для улучшения совместимости бентонита с ПТФЭ использовали активацию наполнителя в планетарной мельнице АГО-2, разработки ИХТТ СО РАН, г. Новосибирск (частота вращения 3000 об/мин, центробежное ускорение, развиваемое мелющими телами, 1000 м/с^2) с совместной модификацией наполнителя наношпинелью магния (НШ).

Триботехнические характеристики - скорость изнашивания и коэффициент трения - определяли на универсальном высокотемпературном трибометре "CETR UMT-3" (США) при нагружении – 150 Н, скорости – 96 об/мин. Структурные исследования – инфракрасные спектры образцов снимали на инфракрасном спектрометре с Фурье-преобразованием Varian 7000 FT-IR. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре URD-6 (Германия) с излучением CuKα (λ=1,5418 Å). Сканирование проводилось с шагом 0,05° и временем накопления в каждой точке 3 сек.

Анализ триботехнических характеристик композитов показывает значительное влияние дополнительной модификации наполнителей на износостойкость композитов: отмечается снижение скорости массового изнашивания до 2000 раз по сравнению с исходным полимером, композиты характеризуются низким значением коэффициента трения. Одним из возможных факторов повышения износостойкости данных материалов может быть усиление адгезионного взаимодействия компонентов в композите вследствие эффективного участия наношпинели магния в формировании граничного слоя на границе раздела «полимер-наполнитель».

Формирование полимер-силикатного нанокомпозита с интеркалированием в межслойные пространства макромолекул полимера можно проследить на основании изменений интенсивности и формы пиков, соответствующих исходным компонентам. Отсутствие на рентгенодифрактограммах базальных рефлексов, соответствующих силикату, говорит о том, что его слои либо значительно удалены друг от друга, либо полностью эксфолиированы в полимере.

По результатам комплексного исследования свойств композитов на основе ПТФЭ, бентонита и наношпинели магния, показана эффективность использования приемов поверхностной модификации наполнителя для улучшения его совместимости с полимерной матрицей.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю доц. к.т.н. Слепцовой С.А.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗОСТАТИЧЕСКИМ ПРЕССОВАНИЕМ

Бабанина Я.В.

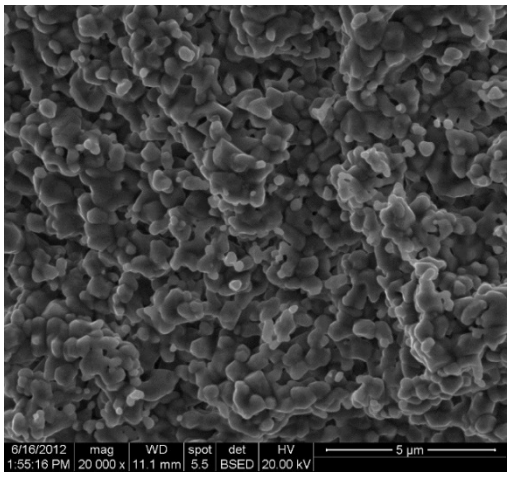
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, г. Харьков, Украина

e-mail: yanchik2304@mail.ru

Нанопористые материалы, в частности керамика, применяются в машиностроении, химической промышленности, энергетике для получения фильтрующих материалов, носителей катализаторов и компонентов пористых систем со специальными свойствами.

Известно довольно большое количество методов получения пористых материалов таких как, шликерное литье, одноосное прессование, введение в суспензию пенообразующих добавок и т.д. Но большинство из них имеет ряд недостатков, которые препятствуют получению качественного прочного материала: низкая пористость, большой разброс по размерам пор и невозможность их регулировки, большой процент закрытой пористости, большое количество стадий подготовки порошка, высокая температура обжига.

Ранее было замечено, что значительное повышение механических свойств керамик, в том числе и на основе Al_2O_3, может быть реализовано на пути создания материала из нанопорошков с тонкой однородной структурой. Наиболее подходящим способом получения однородного материала является изостатическое прессование. Это и послужило основой всех дальнейших экспериментов данной работы.



спеченной при температуре 1500 °С.

Использование наноразмерных порошков для получения керамики позволило значительно интенсифицировать влияние процессов их спекания, за счет увеличения контактных зон порошков и градиента коэффициента диффузии, что значительно ускоряет массоперенос, благодаря чему происходит упрочнение материала.

Пористая структура полученной керамики (рис. 1) характеризуется унимодальным распределением пор по размерам, средним размером пор 816.7 нм, однородно распределенной по объему проницаемой пористостью порядка 50-55% и величиной изолированной пористости не более 3%. Исследования механических свойств керамик были выполнены на образцах, спеченных при температуре 1500°С, в виде параллелепипедов (15х10х10 мм). Испытания были проведены с постоянной скоростью нагружения, фиксировались осевая сжимающая нагрузка и деформация образцов. Предел прочности экспериментальных образцов на сжатие составил 90МПа.

Таким образом, методом изостатического прессования из наноразмерного порошка оксида алюминия получена механически прочная нанопористая керамика Al_2O_3 (предел прочности на сжатие – 90МПа), с открытой, равномерно распределенной пористостью, которая является весьма перспективной для различных практических приложений.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к. ф.-м. н. Сироте В.В.

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ПРОХОДОВ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Al+1.94 WT. % Mg

Бабин Д.М.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия

e-mail: necros-m2@yandex.ru

Для промышленного освоения выпуска конструкционных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками наиболее перспективными представляются деформационные технологии, основанные, в частности, на развитии метода интенсивной пластической деформации [1]. Равноканальное угловое прессование (РКУП) является одним из перспективных способов получения конструкционных материалов с повышенными характеристиками методом интенсивной пластической деформации. Определение влияния числа проходов при РКУП на эксплуатационные свойства алюминиевого материала позволит определить рациональное число проходов прессования и будет способствовать получению материала с заданными свойствами.

Цель настоящей работы состоит в изучении влияния числа проходов при РКУП на эксплуатационные свойства упрочняемого материала.

Для достижения поставленной цели исследования выполняли поэтапно. На первом этапе проводили РКУП партии заготовок на гидравлическом прессе ГП-400. Заготовки подвергались различному числу проходов (от 1 до 10) в процессе РКУП через два пересекающихся под углом 120° канала. Прессование проводили при комнатной температуре по схеме B_A. На втором этапе из полученных заготовок были изготовлены образцы для механических испытаний на растяжение и изучена морфология поверхностей разрушения. На третьем и четвертом этапах проводили исследование твердости и изучение трибологических свойств образцов, подвергнутых РКУП соответственно.

Дальнейшие экспериментальные исследования эксплуатационных характеристик и характера разрушения проведены для заготовок после 2, 4, 6 и 10 проходов РКУП, полученных на первом этапе.

Экспериментальные исследования эксплуатационных характеристик показали, что РКУП увеличивает предел прочности алюминиевого сплава (Al+1.94 wt. % Mg) в 2 раза, условный предел текучести в 3 раза, с сохранением пластичности, твердость в 1,9 раза, износостойкость в 2 раза, снижает коэффициент трения на 5%-25%. На основе изучения фрактограмм поверхности излома образцов при статических испытаниях на растяжение определен механизм разрушения. Установлено, что для материала, подвергнутого двум и четырем проходам РКУП, характерен вязкохрупкий механизм разрушения, дальнейшее воздействие интенсивной пластической деформации приводит к изменению механизма разрушения на вязкий.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту к.т.н. Аборкину А.В.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №12-08-97556-р_центр_а, 12-08-31140-мол_а.

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ НАНОКРИСТАЛИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Бабина А.Н.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия

e-mail: mchmyti@rambler.ru

Обобщены достигнутые в последнее время основные экспериментальные результаты в области получения ряда металлов в сверхчистом состоянии и исследования их свойств. Кратко изложены основные принципы физических методов рафинирования металлов (дистилляция, плавка и зонная перекристаллизация) с применением вакуумной и сверхвысоковакуумной техники. Показана перспектива комплексного применения физических методов рафинирования для глубокой очистки металлов. Физико-химические основы дистилляционных методов основаны на разделении металлов при испарении (конденсации) за счет различия в давлениях насыщенных паров. Это различие определяется величиной относительно летучести β отделяемого компонента (применительно к процессу рафинирования эту величину называют коэффициентом разделения).

С учетом вышеизложенного при достижении поверхности конденсатора происходит понижение температуры паров чистых металлов, сближение их атомов и перекрытие их внешних s-орбиталей, образование межатомных связей и, следовательно, размещение атомов в пространстве, т. е. образование упорядоченной кристаллической структуры из чистых элементов или нанокластеров, из которых впоследствие формируются сверхчистые металлы в нанокристаллическом состоянии.

Процессы дистилляции в вакууме позволяют конструировать особо чистые металлы нанокристаллического уровня путем регулируемой сборки из отдельных атомов и, следовательно, получать металлы с заранее заданными свойствами и структурой. Установлено, что для получения особо чистых металлов нанокристаллического уровня необходимо:

- рафинируемый металл из расплавленного состояния полностью перевести в паровую фазу;
- последовательно и избирательно в зависимости от температуры кристаллизации конденсировать остатки компонентов вредных примесей, лигатур из паровой фазы с окончательным выделением рафинируемого металла на поверхности тарелей конденсатора;
- на основе направленной кристаллизации сгруппировать из моноатомных слоев чистых элементов металлов упорядоченные кристаллические структуры уровня нанокластеров с последующим формированием сверхчистых металлов в нанокристаллическом состоянии.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доц., к.т.н. А.М. Апасову за анализ и обсуждение результатов исследований, представленных в данной работе.

САМООРГАНИЗАЦИЯ В ДВИЖЕНИИ НАНОЧАСТИЦ

Бадалян А.Ю.

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина

e-mail: badalyananna@bk.ru

В настоящее время внимание большинства ученых уделяется развитию нанотехнологий. При этом особая роль отводится биотехнологиям, в которых широко используются различные микроорганизмы, бактерии, белки, ферменты и т.д. Интересен тот факт, что отличительной особенностью наноразмерных биологических объектов является их способность к самоорганизации. Это свойство активно используется при моделировании поведения различных сложных систем. Вот почему одной из актуальных проблем на сегодняшний день является рассмотрение коллективного поведения наночастиц. Известно, что в последние годы для описания движения наночастиц широко используется теория броуновского движения, где под словом «активное» подразумевается, что частицы, имеющие запас внутренней энергии, преобразовывают его в энергию движения.

Используя пример конденсированных сред, была представлена самосогласованная система, которая сводится к описанию временных зависимостей трех степеней свободы: средней скорости υ, сопряженного поля f_h и внутренней энергии ε. Таким образом, принимая за основу синергетическую систему Лоренца, поведение группы активных наночастиц может быть представлено системой нелинейных уравнений

$$\dot{\upsilon} = -\upsilon/t_\upsilon + a_\upsilon f_h,$$
$$\dot{f}_h = -f_h/t_f + a_f \upsilon\varepsilon,$$
$$\dot{\varepsilon} = (\varepsilon_e - \varepsilon)/t_\varepsilon - a_\varepsilon \upsilon f_h + \zeta(t),$$

где a_υ, a_f, a_ε – положительные константы связи, t_υ, t_f, t_ε – время релаксации соответствующих величин, $\zeta(t)$ – флуктуационная добавка.

Учитывая флуктуации внутренней энергии в виде процесса Орнштейна-Уленбека с интенсивностью шума I, был описан переход между тремя типами движения наночастиц: направленным, вращательным и прерывистым. В стационарном случае была построена фазовая диаграмма системы (рис. 1), которая позволяет определить области существования указанных трех типов движения наночастиц.

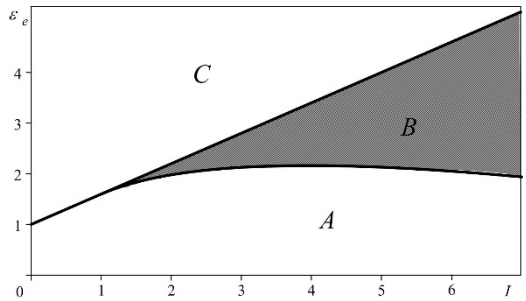


Рис.1: Фазовая диаграмма состояний системы (А - вращательный, В - прерывистый, С – направленный типы движения).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю доценту, кандидату физ.-мат. наук Ющенко Ольге Владимировне.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРНОГО НИТИНОЛА

Баикин А.С.

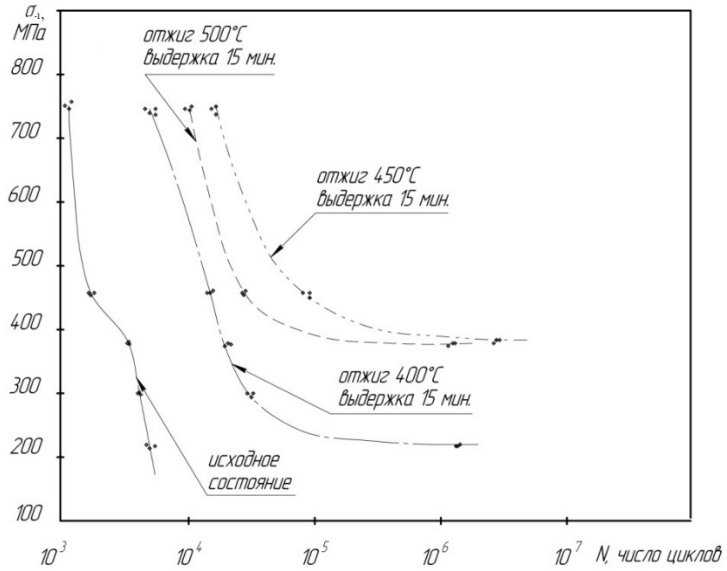
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: baikinas@mail.ru

Нитинол - сплав с эффектом памяти формы, с механическими характеристиками, подобными поведению живых тканей, уже десятилетия используется как материал для производства медицинских изделий типа «стент». Они предназначены для имплантации в организм человека с целью расширения сузившихся или полностью перекрытых полстей (сосудов, ЖКТ и др.). Однако эффективный срок службы таких изделий является ограниченным и со временем требуется их замена с проведением дополнительных операций. Поэтому исследование возможности увеличения срока эксплуатации стентов является крайне важным.

Для исследования были взяты образцы наноструктурной нитиноловой проволоки диаметром 280 мкм в исходном состоянии, а также после термической обработки в течение 15 минут при температурах 4000 С, 4500 С и 5000 С. Отжиг образцов проводился в печи лабораторной муфельной LOIP LF–7/13–G2. Испытания усталостных свойств осуществлялось по схеме нагружения «изгиб с вращением» на установке для усталостных испытаний тонких проволок.

Из кривых усталости (рис.) видно, что после проведения отжига усталостные характеристики исходного нитинола значительно улучшаются (как и ожидалось). Среди образцов после термической обработки наилучшими свойствами обладали образцы, отожжённые при температуре 4500С и, следовательно, она является оптимальной.



Усталостная кривая напряжение – число циклов вращения

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении экспериментов и обсуждении полученных результатов д.ф-м.н. Заболотному В.Т., д.т.н. Колмакову А.Г. и Гончаренко Б.А..

Работа выполнена при поддержке программ президиума ОХНМ-02 и 5П.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ TiNi ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

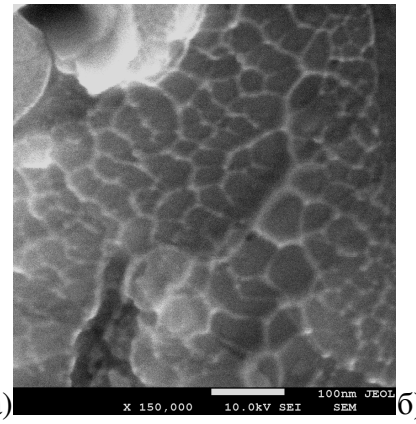
Балаев Э.Ю

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

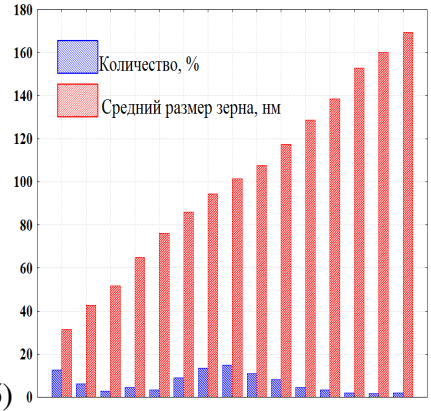
e-mail: balaev1122@mail.ru

Цель исследования – разработка технологии формирования функциональных поверхностных слоев из сплава с ЭПФ на основе TiNi комбинированным методом обработки с использованием высокоскоростного газопламенного напыления с оценкой их структурных особенностей.

Исследования проводились на конструкционных сталях (стали 45, 40Х). Высокоскоростное газопламенное напыление TiNi производилась на модернизированной установке ТСЗП-GLC-720 (заявка на патент № 2012147430, приоритет от 07.11.2012), позволяющей осуществлять последующую поэтапную термомеханическую обработку. В качестве горючего газа использовалась смесь метана и кислорода, а в качестве транспортирующего - аргон. В качестве материала для поверхностного модифицирования использовали порошок никелида титана марки ПН55Т45. Перед напылением порошок подвергался механической активации в шаровой мельница ГЕФЕСТ – 2. Оптимизацией режимов напыления и последующей термомеханической обработки сформированы поверхностные слои TiNi с наноразмерной структурой (рис. 1).



а)



б)

Рис.1. Наноразмерное TiNi покрытие, полученное высокоскоростным газопламенным напылением: *а)* – ×150 000; количественное распределение размера зерен и их процентного содержания в покрытии TiNi –б)

Установлены управляющие параметры поверхностного модифицирования стали сплавом с ЭПФ на основе TiNi, контролирующие структурное состояние материала. Разработаны технологические рекомендации по подготовке поверхности перед напылением, механоактивации порошка, оптимизированы режимы высокоскоростного газопламенного напыления механоактивированного порошка, обеспечивающие формирование наноструктурированных поверхностных слоев и адгезию более 60 МПа. Рекомендованы режимы последующей термомеханической обработки для обеспечения функциональных свойств поверхностного слоя из сплава с ЭПФ на основе TiNi.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Бледновой Ж.М. и консультанту доценту Русинову П.О. за ценные советы и помощь при проведении исследований.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержки Министерства образования и науки РФ (гранты 7.722.2011-2012; Г/к № 2.15.146-2012).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бамборин М.Ю.

ОАО «НИИграфит», г. Москва, Россия

e-mail: bamborin_m@hotmail.com.

Современные композиционные материалы успешно заменяют конструкционные материалы во многих изделиях современной техники, в элементах конструкций авиационной, ракетной и космической технике, работающих в условиях нестационарного термического воздействия и стабильно высоких температурах. В подобных условиях интенсивно применяются композиционные материалы матрица и армирующие элементы, которых являются углеродными. Одним из основных свойств углеродных композиционных материалов является теплопроводность.

Объёктом исследований служил композит на основе углеродной нити из полиакрилонитрильного волокна и углеродной матрицы из кокса каменноугольного пека. Структура армирования углеродного композита являлась объёмной в четырёх направлениях (4DL). Карбонизацию выполняли в печах под давлением.

Рост теплопроводности графитируемого тела связан с увеличением размера кристаллита, т.к. при этом увеличивается соизмеримая с ним длина свободного пробега фонона.

Проведены экспериментальные исследования среднего коэффициента теплопроводности и рентгеноструктурных (рентгенофазовых) характеристик углерод-углеродного материала КМ-ВМ-4D.

Результаты определения коэффициента теплопроводности и рентгенофазового анализа образцов УУКМ приведены в таблице 1. Видно, что по мере увеличения температуры обработки совершенствуется структура матрицы и волокна: увеличиваются параметры L_a и L_c, уменьшается межплоскостное расстояние d_{002}, – что находит отражение в росте величины коэффициента теплопроводности материала (*к*, Вт/м·К) и степени графитации углеродных компонентов (*g*,%).

Таблица 1 – Результаты рентгенофазового анализа образцов УУКМ, прошедших ВТО при различных температурах и времени изотермической выдержки 1 час.

Температура ВТО, °С	Коэффициент теплопроводности *к*, Вт/м·К (300 К)	L_a, нм	L_c, нм		d_{002}, Å		Степень графитации *g*, %	
		м	в	м	в	м	в	м
2170	39,2	18	5,1	31,0	3,49	3,402	-	45
2300	57,1	32	6,2	40,6	3,45	3,375	-	75
2500	68,1	41	7,4	51,8	3,43	3,370	8	82
2700	80,0	42	8,4	50,5	3,43	3,367	17	85
2900	86,3	47	10,6	60,0	3,41	3,363	31	90
м – матрица, в – волокно								

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Колесникову С.А.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН

Баннов А.Г.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

e-mail: bannov_a@mail.ru

Сегодня наибольшее внимание уделяется изучению наноструктурных материалов, таких как углеродные нановолокна и углеродные нанотрубки. Углеродные наноматериалы обладают широким спектром уникальных свойств, что обеспечивает их применение во многих областях. Одно из таких направлений – использование углеродных наноматериалов в качестве наполнителей полимерных композиционных материалов.

Добавление углеродных нанотрубок и нановолокон в диэлектрическую полимерную матрицу позволяет значительно увеличить транспортные свойства композиционных материалов. Данные материалы могут использоваться в качестве проводящих пластиков, в защите от электромагнитного излучения и производстве антиэлекростатических покрытий. Стоит отметить, что исследование транспортных свойств систем «диэлектрик-проводник» представляет значительный интерес для большинства исследователей во многих странах мира.

В данной работе было проведено исследование электрической проводимости и диэлектрической проницаемости композиционных материалов на основе эпоксидной смолы и углеродных нановолокон (УНВ) в зависимости от частоты переменного поля и объемной доли углеродного наполнителя. В качестве наполнителя применялись углеродные нановолокна со структурой вложенных конусов. Объемная доля наполнителя в матрице варьировалась в диапазоне ϕ=0–0,224, частота электромагнитного поля составляла f=0,09 Гц – 1 МГц. Порог перколяции композита составлял ϕ_c=0,183. Сделана попытка обобщения полученных экспериментальных данных на основе теории перколяции и теории эффективной среды, предложенных ранее для описания свойств композиционных материалов типа «диэлектрик–проводник»: феноменологическое перколяционное уравнение, уравнение МакЛечлана, обобщенное правило смесей и других. Было установлено, что все рассматриваемые уравнения имеют ряд недостатков и описывают электрофизические свойства композитов в достаточно узкой области частот или концентраций наполнителя. Предложено полуэмпирическое соотношение для расчета электрофизических свойств композитов эпоксидная смола/УНВ в зависимости от содержания наполнителя и частоты электромагнитного поля на основании обобщенного правила смесей.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении исследований проф. Г.Г. Кувшинову и проф. Н.Ф. Уварову.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В НАПЛАВЛЕННОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Барабонова И.А.

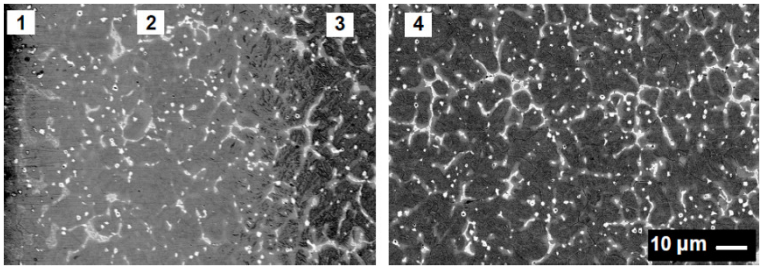
Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

e-mail: barabonova_ia@mail.ru

Одним из наиболее перспективных путей повышения эксплуатационных свойств инструментальных материалов является создание поверхностных и приповерхностных слоев, с градиентами по составу, структуре и свойствам. Газолазерная резка (ГЛР) наплавленной быстрорежущей стали является не только разделительной, но и упрочняющей операцией, так как происходит повторная закалка в поверхностных слоях реза. Практически важной задачей является выявление закономерностей формирования и развития структуры и свойств наплавленной быстрорежущей стали в зоне лазерного воздействия (ЗЛВ).

Для проведения исследований на заготовки из низколегированной конструкционной стали 30ХГСА выполняли наплавку порошковой проволокой с химическим составом, близким к быстрорежущей стали Р2М8. Полученные биметаллические пластины разрезали на лазерном комплексе Bysprint 2 фирмы Bystronic. После ГЛР первую партию заготовок подвергали отпуску при температуре 200°С, вторую - обработке холодом и отпуску при температуре 200 °С.

В работе показано, что в процессе ГЛР наплавленной быстрорежущей стали в поверхностных слоях реза произошла закалка на глубину 100...120 мкм. ЗЛВ имеет градиентное строение и распределение микротвердости.



Микроструктура ЗЛВ (поперечный шлиф, РЭМ):
1 – зона закалки из жидкой фазы; *2*- зона закалки из твердой фазы; *3* – зона отпуска; *4* – основной металл

Обработка холодом в жидком азоте возобновила мартенситное превращение не только в ЗЛВ, но и по всему объему материала, обеспечив тем самым повышение микротвердости и высокое сопротивление абразивному и усталостному видам изнашивания. После обработки холодом рекомендуется выполнить низкотемпературный отпуск для снижения уровня остаточных напряжений. ГЛР может успешно применяться как разделительная и упрочняющая обработка при изготовлении биметаллических инструментов, повышая их стойкость, долговечность, энерго- и ресурсоэффективность технологии.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю доц. Афанасьевой Л.Е. и проф. Зубкову Н.С. за необходимые консультации и помощь в проведении исследований.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.132.21.1394).

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НИКЕЛИРОВАННЫХ СТЕКЛЯННЫХ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР И ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ЭД-20

Баранова Н.В.

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет», г. Тверь, Россия

e-mail: nbaranova78@mail.ru

Одним из эффективных средств борьбы с радиолокацией является использование композиционных радиопоглощающих материалов (РПМ) и покрытий. Современные РПМ, содержащие в качестве проводящего наполнителя высокодисперсные металлы и оксиды отличаются высокой стоимостью и большим весом квадратного метра покрытия, что ограничивает их применение. В связи с этим разработка новых перспективных материалов, содержащих «облегченные» проводящие наполнители для использования в системе радиопротиводействия весьма актуальна. Перспективными наполнителями для РПМ могут быть металлизированные полые стеклянные микросферы, на поверхности которых имеется тонкий (до 1 мкм) слой металла. В качестве адсорбентов использованы никелированные стеклянные микросферы, полученные химической металлизацией стеклянных микросфер из раствора. Металлизацию проводили по схеме: подготовка поверхности – сенсибилизирование в растворе хлорида олова II – активирование в растворе хлорида палладия II - никелирование из кислого раствора. Диаметр никелированных микросфер составлял 36-40 мкм, удельная поверхность - $6{,}2 \cdot 10^3$ $м^2/кг$ (метод БЭТ), толщина металлического покрытия 0,8 – 1,0 мкм (по данным электронной микроскопии). Для улучшения совместимости никелированных микросфер с полимером необходимо изменять свойства поверхности, модифицируя ее нанесением аппретов либо за счет адсорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве модификаторов были выбраны ионные ПАВ.

В качестве связующего использовали эпоксидную смолу ЭД-20. Полимер растворяется в кетонах и ароматических углеводородах, обладает сродством к большинству твердых поверхностей.

Поверхностное натяжение растворов ПАВ определяли методом максимального давления в пузырьке воздуха. Адсорбцию ПАВ и полимера из растворов оценивали по разности концентраций в исходном и равновесном растворе интерферометрически на приборе ЛИР-2. Адсорбцию полимера проводили из разбавленных растворов (1%) термодинамически различных растворителей: толуола и этилацетата. Параметры взаимодействия эпоксидная смола-растворитель (константы Хаггинса) были определены визкозиметрическим методом.

Оценку характера взаимодействия ПАВ и полимера с поверхностью наполнителя проводили методом ИК-спектроскопии на Фурье-спектрометре Перкин-Элмер 1720 в области 400-5000 $см^{-1}$.

Композиционные покрытия получали послойным нанесением полученных композиций на алюминиевые пластины размером 150х150 мм; толщина покрытия составляла 1,8 - 2,0 мм.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору Ворончихиной Людмиле Ивановне за обсуждение результатов исследований.

БИОРЕЗОРБИРУЕМОСТЬ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА

Бахолдина Е.А.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: Elena.baxoldina@yandex.ru

Фосфат-кальциевые (ФК) покрытия на основе гидроксиапатита (ГА) способны обеспечить поверхность металлического имплантата рядом биохимических характеристик, приближающих ее свойства к свойствам поверхности костной ткани и улучшающих способность интегрироваться с организмом. Одна из важнейших характеристик покрытий ФК – устойчивость к коррозии в результате контакта имплантата с межтканевой жидкостью.

В работе методами рентгеновской дифрактометрии (ARL X'TRA Thermo Techno), растровой электронной микроскопии (JEOL JSM-6380LV), атомно-силовой микроскопии (Solver-47), исследованы структура и фазовый состав пленок толщиной около 1 мкм, полученных на поверхности титана и гетероструктуры титан-оксид титана методом высокочастотного магнетронного распыления (ВЧМР) мишени гидроксиапатита $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (ГА), до и после инкубирования *in vitro* в аналоге плазмы крови (simulated body fluid - SBF) [*ссылка на методику приготовления SBF*] при температуре 37°C в течение 3 часов, 1, 2 и 25 суток.

В зависимости от пространственной неоднородности плазменного ВЧ разряда на поверхности Ti и гетероструктуры Ti-оксид титана формируются однофазные нанокристаллические покрытия ГА (подложки располагали над зоной эрозии мишени) и аморфно-нанокристаллические покрытия состава ГА (подложки располагали в стороне от эрозии мишени). Установлено, что в процессе инкубирования в SBF-растворе на поверхности гетероструктур титан-покрытие ФК и титан-оксид титана-покрытие ФК протекают конкурирующие процессы растворения ВЧ-покрытий и осаждения ФК из раствора (биомиметический процесс). Структура кристаллической фазы осажденного из раствора покрытия соответствует ГА. Интенсивность процесса растворения ВЧ-покрытий не зависит от наличия подслоя оксида титана. Полное растворение аморфно-нанокристаллических покрытий происходит в течение 3 суток. В результате инкубирования нанокристаллических покрытий в течение 25 суток наблюдается их частичное растворение (изменение рельефа поверхности по типу эрозии); при этом для нерастворенных покрытий характерна ярко выраженная одноосная текстура <0001> ГА.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за консультации с.н.с. кафедры МИНС ВГУ Костюченко Александру Викторовичу.

Литература

1. C. Ohtsuki, T. Kokubo, T. Yamamuro Mechanism of apatite formation on $CaO-SiO_2-P_2O_5$ glasses in a simulated body fluid / J. Non-Cryst. Solids, 1992, V.143, P.84-92

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ СПЛАВА Ni – Cr

Безруков А.Е.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, Россия

e-mail: bezrukov_a.e@mail.ru

Никель является одним из важнейших промышленных металлов. Он широко используется в современной технике как конструкционный и электротехнический металл. Никель — является основой современных жаростойких и коррозионностойких сплавов.

Особенностью производства никелевых сплавов — высокие температуры перегрева перед литьем (до 1600° С) и отсюда повышенная склонность к окислению, насыщению водородом в процессе плавления. Кроме того, никель в отличие от других распространенных цветных металлов, способен также растворять в заметных количествах углерод и серу, что усложняет технологию плавки, литья и требует соблюдения строгих норм перегрева, наличия защитных средств, тщательного раскисления, дегазации и других специальных технологических мероприятий.

Для плавки применяют главным образом электрические индукционные печи, обеспечивающие форсированное ведение плавки и имеющие наиболее благоприятную атмосферу над расплавом с небольшой площадью зеркала металла.

В металлургии востребованы материалы, обладающие высоким сопротивлением пластической деформации и разрушению в условиях воздействия высоких температур и окислительных сред. Широкое применение нашли сплавы с высоким электросопротивлением.

Никелевые сплавы, легированные хромом, медью, железом, кремнием, марганцем и другими элементами применяются в технике обычно в пластически обработанном состоянии в виде ленты, листов и проволоки, поэтому основным видом литого изделия из никелевых сплавов является слиток, который служит полуфабрикатом для последующей пластической обработки.

Легирование никеля хромом приводит к сильному повышению стойкости против окисления при высоких температурах. Сплавы никеля с хромом получили название нихромов. К ним относятся Х10Н90, Х20Н80, Х3ОН70, Х40Н60, Х50Н50 и др. Высокая жаростойкость сплавов никеля с хромом обусловлена образованием под внешним тонким слоем оксида NiO второго окисного слоя Cr2O3, а также промежуточного слоя шпинели NiCr2O4.

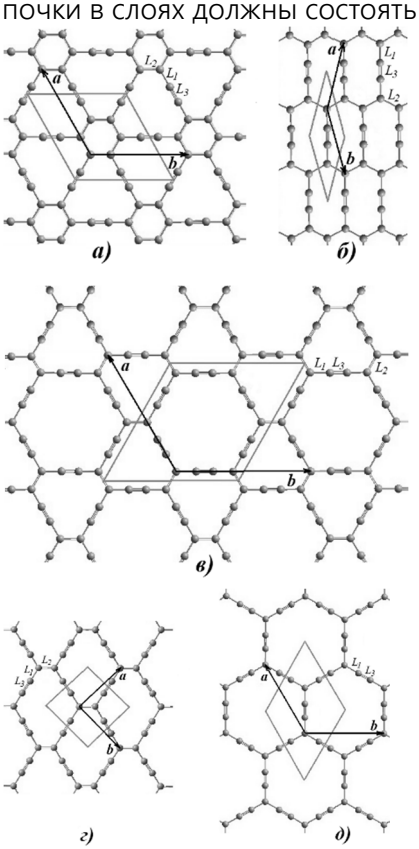
В сообщении представлены результаты исследований по влиянию температуры литья от 1450°С до 1530°С, и условий охлаждения в металлической и набивной магнезитовой форме на качество литых заготовок из сплава Х20Н80.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., профессору В.А. Кечину за помощь в проведении исследований и полезные советы при обсуждении изложенных вопросов.

РАСЧЕТ СТРУКТУРЫ ПОЛИМОРФНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ГРАФИНА

Беленкова Т.Е.
Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия
e-mail: belenkova.te@gmail.com

Графины — это слоевые структурны разновидности углерода, состоящие из $sp+sp^2$ гибридизированных атомов. Интерес к ним обусловлен тем, что изменение соотношение в их структуре атомов с разной координацией и, как следствие, гибридизацией позволяет варьировать их свойства в широком диапазоне. Теоретическое исследование графинов и графиновых наноструктур ведется уже несколько десятилетий. Однако синтезировать первую из разновидностей графина – графдиен удалось только два года назад. Несмотря на достигнутые успехи в изучении графина, до сих пор остается не ясным какова возможная структура полиморфных разновидностей графина, отсутствуют даже общепринятые обозначения структурных разновидностей графина. В данной работе выполнен теоретический анализ возможной структуры графинов, предложена их схема классификации и выполнены квантово-механические расчеты структуры и некоторых свойств основных полиморфных модификаций графина. В результате теоретического анализа установлена возможность существования пяти основных структурных разновидностей графина α, β1, β2, γ1 и γ2, получаемых из гексагональных графеновых слоев L_6. На рисунке изображена структура слоев γ1-графина (а), γ2-графина (б), β1-графина (в), β2-графина (г) и α-графина (д) и выделены их элементарные ячееки. Полиморфная разновидность графина γ2-графин описана в данной работе впервые. Структура слоев графина может изменяться за счет изменения длины карбиновых цепочек, соединяющих трехкоординированные углеродные атомы. Карбиновые цепочки в слоях должны состоять из четного числа атомов – 2, 4, 6 и т.д. Кроме основных структурных разновидностей графина возможно существование графиновых слоев со смешанной структурой состоящих из фрагментов основных слоев, например, α-β, α-γ, β-γ и тому подобных. Также в работе полуэмпирическими квантово-механическими методами MNDO, AM1, PM3 и ab initio расчетами в базисе STO6-31G были рассчитаны геометрически оптимизированные структуры основных графиновых слоев, найдены значения их структурных параметров и энергии сублимации. Как оказалось, максимальной энергией сублимации и, соответственно, наибольшей термодинамической устойчивостью должен обладать γ2-графин впервые описанный в данной работе. Возможным механизмом синтеза слоев графина может быть сшивка молекул имеющих структуру углеродного каркаса близкую к структуре элементов, из которых сформированы слои графина.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д. ф.-м. н. Чернову В.М.

ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Ti-N ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ARC-PVD И МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДОБАВКАМИ Cu И Ni, С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ И ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Белов Д.С.

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС», г. Москва, Россия

e-mail: LightningN4S@yandex.ru

В процессе работы режущего инструмента, основная нагрузка приходится на его рабочую поверхность, что, в конечном счете, приводит к частичному или полному износу последней. Существует ряд технологических способов обработки рабочей поверхности, направленных на ее упрочнение. Наиболее прогрессивным и эффективным является метод нанесения на поверхность инструмента покрытий из твердых соединений. Наиболее распространенными являются покрытия на основе нитрида титана.

Существенное улучшения свойств таких покрытий в данной работе достигается их наноструктурированием путем введения модифицирующих добавок Cu или Ni, не взаимодействующих с нитридом титана и не образующих самостоятельных нитридов. Располагаясь по границам зародышей нитридной фазы они блокируют их рост, тем самым, переводя процесс формирования покрытия в режим, который контролируется явлениями зародышеобразования.

Покрытия в системе (Ti-N)/(Cu, Ni) получены методом arc-PVD. Содержание меди/никеля в них составило от 0 до 20 ат. %. Введение металлических компонентов позволяет уменьшить размер кристаллитов нитридной фазы с 100 нм, характерных для покрытия Ti-N, до 15 – 25 нм для керамико-металлических покрытий. При этом значительно возрастает их твердость до 40-45 ГПа против 20-22 ГПа.

В настоящей работе исследованы процессы структуро-и фазообразования покрытий (Ti-N)/(Cu, Ni) в широком интервале концентраций меди и никеля, полученных на подложках из твердых сплавов ВК-6 и ТТ10К8Б.

Помимо физико-механических свойств в работе исследованы трибологические характеристики покрытий, их адгезионная/когезионная прочность.

Стойкостные испытания по резанью твердосплавными пластинами ТТ10К8Б с разработанными покрытиями стали 35ХГСА, показали более чем пятикратный рост стойкости инструмента по отношению к пластинам без покрытия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю профессору, доктору технических наук Блинкову Игорю Викторовичу за помощь в проведении работы.

НЕПИРОЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕКАБОРАНА

Белов П.П.
ГНЦ ФГУП ГНИИХТЭОС, г. Москва, Россия
e-mail: pawlik076@yandex.ru.

Развитие химии и технологии полиэдрических соединений бора, к которым относятся карбораны, является одним из передовых направлений в элементорганической химии. До недавнего времени основным методом получения декаборана являлся высокотемпературный пиролиз диборана, являющийся пожаро-, взрывоопасным процессом. Целью данной работы является разработка нового безопасного процесса получения декаборана, исключающего чрезвычайные ситуации в технологическом процессе.

При разработке процесса получения декаборана использовалась реакция натрийборгидрида с галоидными алкилами с последующим окислением образующегося иона $B_{11}H_{14}^-$ различными окислителями[1].

Первой стадией получения декаборана является конденсация BH_4^- в полиэдрический ион $B_{11}H_{14}^-$ при взаимодействии натрийборгидрида с бромистым амилом. В качестве растворителя используется диглим.

$$11\ NaBH_4 + 10\ RBr \rightarrow NaB_{11}H_{14} + 10\ RH + 10\ NaBr + 10\ H_2$$

Реакция натрийборгидрида с бромистым амилом протекает в диглиме при температуре 105°С. Образовавшийся $NaB_{11}H_{14}$ находится в реакционной смеси в диглиме. Для замены диглима на воду в реакционную колбу при перемешивании прибавляют по каплям дистиллированную воду. После окончания газовыделения из реакционной смеси отгоняют азеотроп (диглим / вода), добавляя при необходимости воду. В процессе отгонки прибавляют воду. Отгонку продолжают до достижения температуры реакционной смеси 112°С, после чего полученный водный раствор $NaB_{11}H_{14}$ используют для следующей стадии.

Декаборан получают окислением промежуточно образующегося полиэдрического иона $B_{11}H_{14}^-$ в кислой среде. В качестве окислителя используется свежеприготовленная диоксид марганца, полученный взаимодействием перманганата калия с сульфатом марганца.

$$2\ NaB_{11}H_{14} + 27\ H_2SO_4 + 26\ MnO_2 \rightarrow B_{10}H_{14} + 12\ B(OH)_3 + 26\ MnSO_4 + Na_2SO_4$$

Окисление $NaB_{11}H_{14}$ до $B_{10}H_{14}$ проводят в водном растворе, подкисленном серной кислотой. К водному раствору серной кислоты (1:10) при температуре 29-32°С добавляют двуокись марганца и толуол в качестве экстрагента образующегося декаборана, прикапывают водный раствор ундекабората натрия. Использование активного диоксида марганца позволяет существенно повышать выход декаборана. Выделение конечного продукта проводят экстракцией из реакционной массы толуолом с последующей фильтрацией. От фильтрата отгоняют толуол, выпавший осадок сублимируют в вакууме при остаточном давлении 1 мм рт.ст. и температуре масляной бани до 100°С.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителям к.х.н. Печуриной С.Я. и Волошиной Н.С.

Литература

1. Dunks G.B., Ordonez K.P., A one-step synthesis of $B_{11}H_{14}^-$ ion from $NaBH_4$, Inorg. Chem., 1978, v.17, p.1514.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАРТЕНСИТА В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ NiMn И NiAl

Белослудцева Е. С.

Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: ebelosludceva@mail.ru

Соединения на основе NiMn имеют не только диффузионно – контролируемое фазовое превращение A1 (ГЦК) → B2 (ОЦК)-переход, но и бездиффузионное B2 (ОЦК) → $L1_0$ (ГЦТ), происходящее по мартенситному типу при высоких температурах (900-1100 K). В тройных сплавах на их основе температура данного превращения, изменяется в широком интервале от 1000 K вплоть до криогенных температур в зависимости от состава. В соединении на основе Ni – Al также происходит B2 → $L1_0$ мартенситное превращение. Можно полагать, что данные превращение является термоупругим (ТМП).

В работе различными методами изучены особенности мартенситного превращения и структура мартенсита в сплавах NiMn, NiAl и NiMnAl. Обнаружено, что мартенсит состоит из иерархии пакетов параллельных когерентных кристаллов с плоскими границами раздела по $\{111\}_{ГЦТ}$ между ними и тонкими вторичными нанодвойниками внутри, ориентированными по отношению друг к другу под ~86° (рис. 1) , что подтверждается результатами EBSD-анализа (рис. 2)

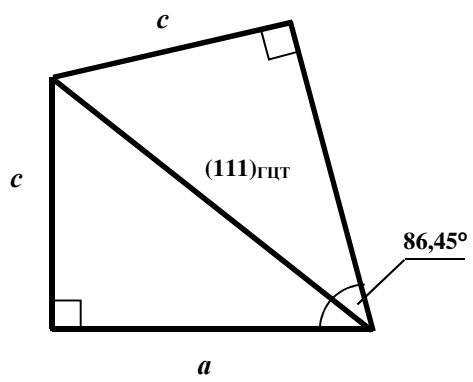


Рис.1 Схема двойникования тетрагонального мартенсита в сплаве $Ni_{50}Mn_{50}$

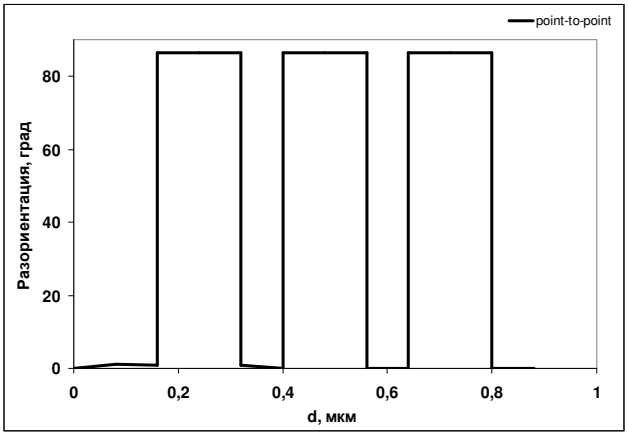


Рис. 2 График разориентировки кристаллитов по результатам EBSD-анализа

Рассчитана величина двойникующего сдвига *s* (*s* = 0.458 – для NiMn и S = 0.396 для NiAl при температуре начала мартенситного превращения). Построена диаграмма ТМП тройного квазибинарного сплава NiMn - NiAl.

В работе также определены параметры решеток высокотемпературной и мартенситной фаз сплавов и системы двойникующего сдвига. Установлено, что высокообратимый термоупругий характер мартенситного превращения в сплавах воспроизводится при многократном термоциклировании.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н, проф. В.Г. Пушину, консультанту к.ф.-м.н. Н.Н. Курановой.

ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПЛАЗМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ РАБОТЫ КАТОДНОГО УЗЛА

Беляков О.А.

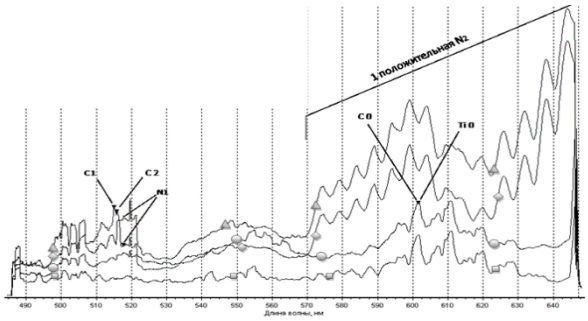
Мордовский государственный университет им.Н.П.Огарева, г.Саранск, Россия

e-mail: al12fool@gmail.com

Структура и свойства пленок, полученных конденсацией ионно-плазменных потоков, зависят от режимов обработки поверхности. При этом параметры осаждения задают состав низкотемпературной плазмы, в которой происходят различные физико-химические процессы, в том числе и с излучением оптического излучения – ионно-фотонная эмиссия. Контроль эмиссионного спектра плазмы позволяет получать покрытия с небольшим разбросом в составе.

Цель данной работы - сравнительный анализ оптических спектров плазмы при различных технических параметрах работы установки. Исследования проводились на установке ННВ-6.6И4, оборудованной системой регистрации оптического спектра плазмы. Она включает в себя спектрометр ИСП-51, многоканальный регистратор МОРС-1/2048/USB/FTDI на базе ПЗС-линейки LX511 (Toshiba) и персональный компьютер. Исследуемый диапазон – 360-950 нм с разрешением не хуже 0.1 нм. Исследовался спектральный состав плазмы, образованной распылением титанового катода в атмосфере азота и их соединений в межэлектродном пространстве. В качестве подложки использовались пластины из нержавеющей стали. Во время эксперимента изменялся состав газовой атмосферы в вакуумной камере, его давление, потенциал подложки и ток фокусирующей катушки.

	○	□	△	◇
Газ. атм.	C_2H_2	-	N_2	N_2
Давление,у.е.	6	2	Max	5
Напряжение., В.	200	200	200	200
Ток фок. кат., А.	1	1	1	1



Полученные оптические эмиссионные спектры Ti(N,C) свидетельствуют о сложном атомно-молекулярном составе плазмы и её высокой химической активности (рис.1). Наличие большого числа линий различных элементов приводит к их наложению друг на друга, что усложняет анализ и снижает его точность. Изменения потенциала подложки и тока фокусирующей подложки приводят к изменению интенсивности линий, но не изменяет качественного состава плазмы.

Экспериментальные данные показывают, что в спектре свечения кроме линий, принадлежащих возбужденным атомам и ионам, наблюдаются области непрерывного спектра в диапазоне 530-570 нм и 570-620 нм. На фоне непрерывного спектра, интенсивность которого заметно возрастает с увеличением давления азота от 0.4 Па и выше, наблюдаются хорошо различимые линии, диагностика которых пока затруднительна из-за сложности и многоканальности протекающих в межэлектродной области процессов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю доц. Смоланову Н.А. за помощь в осуществлении данной работы.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Беспрозванных Н.В.

Институт химии силикатов им. И.В.Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: besprozvannikh@front.ru

Твердые электролиты на основе оксида висмута, к числу которых относятся ромбоэдрические фазы ($R3^{-}m$) общей формулы $(MeO)_x(Bi_2O_3)_{1-x}$ (Me= Ca, Sr, Ba), обладают высокой ионной проводимостью. Предварительные исследования показали, что введение в фазу переменного состава $(MeO)_x(Bi_2O_3)_{1-x}$ (где Me= Ca, Sr, Ba, X = 0.2) d-элемента, может улучшить ее электрофизические характеристики.

Цель работы - синтез и изучение электрофизических свойств материалов, кристаллизующихся в системах $SrO–Bi_2O_3–Me_2O_3$ (Me= Cr, Co). В рамках данного исследования изучались составы, лежащие на диагоналях $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}– Me_2O_3$, (Me= Cr, Co) указанных тройных систем.

Синтез образцов проводился твердофазным методом (t=680-700 °C). Композиции $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}$ с указанными оксидами d-элементов брали в пределах 10 мол.%. Состав образцов определяли с помощью рентгенофазового анализа (РФА) (ДРОН-3, CuK_α-излучение). Электрические свойства исследовали в интервале температур 20–600 °C двухконтакным методом с помощью RLC-метра (FLUKE PM-306) на частоте 40 кГц. Металлические электроды на керамические образцы наносили путем вжигания пасты, содержащей золото.

В системе $SrO-Bi_2O_3-Cr_2O_3$ после термообработки методом РФА установлено, что при содержании Cr от 2 до 4 мол.% образуется композитный твердый электролит, который представляет смесь фаз: твердый раствор $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}$, $Bi_{18}CrO_{30}$ и $Sr_{0.16}Bi_{3.84}O_{5.92}$. Исследования величин электропроводности полученных материалов показало, что они примерно соответствуют значениям твердого раствора $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}$ (2-2.8^{-4} См/см при 350 °C). При увеличении содержания Cr до 10 мол.% на рентгенограммах рефлексы твердого раствора $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}$ исчезают и появляется фаза состава Bi_6CrO_{12}. При этом значения электропроводности снижаются (1.5^{-4} См/см при 350 °C).

Результаты РФА образцов в системе $SrO-Bi_2O_3-Co_2O_3$ показали, что полученные материалы представляют собой смесь фаз из $Bi_{24}CoO_{37}$ и $Bi_{0.8}Sr_{0.19}O_{1.4}$. При изменении содержания Co в исходной смеси от 2 до 10 мол.% фазовый состав конечного продукта остается тем же. Установлено, что синтезированные образцы, а также фаза состава $(SrO)_{0.2}(Bi_2O_3)_{0.8}$. имеют близкие значения электропроводности.

Таким образом, в настоящей работе были получены композитные твердые электролиты в тройных системах $SrO–Bi_2O_3–Me_2O_3$ (где Me= Cr, Co), которые являются перспективными для использования в качестве ионных проводников.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю в.н.с., к.х.н. Петрову С.А., научному консультанту к.х.н. Синельщиковой О.Ю., студентке СПбТУ Трифоновой Т.А. за содействие в проведении работы.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 2012-1.1-12-000-1009-024, гранта РФФИ-мол-а № 12-03-31648 и программы ОХНМ-07 (координатор акад. С.М. Алдошин)

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Биглова Ю.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

e-mail: bn.yulya@mail.ru

Развитие органических солнечных элементов связано с прогрессом в области химии высокомолекулярных соединений и нанотехнологий. Создание технологии полимерных солнечных элементов в последнее время стало одним из приоритетных мировых направлений развития современной органической электроники.

Основная идея данной работы – синтез новых π-коньюгированных «электронодонорных» полимеров и «электроноакцепторных» фуллеренсодержащих метакрилатов и создание на их основе органических солнечных элементов. В качестве электронодонорных полимеров применяли модифицированные полианилины (PANI) и их допанты. Электроноакцепторных – впервые синтезированный мономер – монозамещенное производное 1,2-дигидро-C_{60} фуллерена [1]. Для формирования бинарных донорно-акцепторных систем использована комбинация PANI с фуллеренсодержащим мономером.

В результате изысканий получены экспериментальные структуры на основе производных PANI и фуллеренсодержащих полимеров, образующихся при термическом облучении фуллеренсодержащего мономера после его напыления на слой PANI. Кроме того, исследованы солнечные элементы на основе слоев PANI и немодифицированного фуллерена.

В данной работе измерения характеристик фуллеренсодержащих элементов (ФСЭ) носили предварительный и оценочный характер. Как световой источник использовалось Солнце, а освещенность контролировалась с помощью электронного люксметра DT105M. При оценках КПД исходили из стандартной интенсивности солнечного излучения P_0 =1000 Вт×м$^{-2}$ (условия *AM* 1,5).

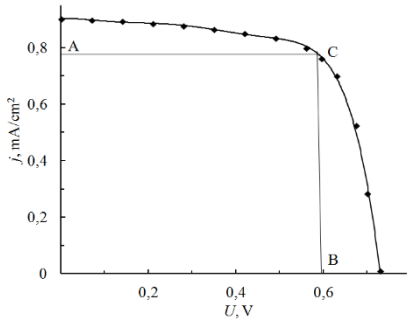


Рис. 1. Нагрузочная вольтамперная характеристика ФСЭ

На рис. 1 показана типичная нагрузочная ВАХ ФСЭ. Точка *A* характеризует плотность тока короткого замыкания j_{SC}, точка *B* – напряжение холостого хода U_{OC}, точка *C* – соответствует наибольшей мощности P_{max} (для нее максимально произведение напряжения и плотности тока). Коэффициент заполнения *FF* рассчитывается следующим образом: $FF = P_{max} / (j_{SC} \cdot U_{OC}) = (j_{Pmax} \cdot U_{Pmax})/(j_{SC} \cdot U_{OC})$.

По нагрузочной ВАХ можно определить КПД солнечного элемента η: $\eta = FF \cdot (j_{SC} \cdot U_{OC}) / P_0$.

Значения параметров исследованных в работе экспериментальных структур органических ФСЭ оказались следующими: j_{SC} = 0.1 ÷ 0.3 mA/cm^2, U_{OC} = 0.5 ÷ 0.7 V, *FF* = 0.7 ÷ 0.8. Наиболее высокие значения КПД на полученных органических солнечных элементах оказались порядка 1 %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.х.н., проф. Мустафину А.Г. и д.ф-м.н., проф. Салихову Р.Б.

Литература

1. Torosyan S.A., Biglova Y.N., Mikheev V.V., Khalitova Z.T., Gimalova F.A., Miftakhov M.S. // Mend. Comm. 22, 4, 199-200 (2012).

ОПТИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ PbO НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК Pb

Бин С.В.

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

e-mail: epsur@kemsu.ru

В настоящей работе представлены результаты исследований природы и закономерностей процессов, протекающих в условиях атмосферы в наноразмерных пленках свинца различной толщины в зависимости от времени воздействия, интенсивности и спектрального состава падающего света.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2 \cdot 10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких слоев Pb (5-115 нм) на подложки из стекла. Регистрацию эффектов до и после воздействия света в атмосферных условиях осуществляли спектрофотометрическим (в диапазоне длин волн 190-1100 нм, используя спектрофотометр «Shimadzu UV–1700») и гравиметрическим (кварцевый резонатор) методами.

В процессе воздействия света наблюдается увеличение оптической плотности пленок свинца во всем исследованном диапазоне длин волн. При увеличении толщины пленок свинца (при постоянной интенсивности падающего света) наблюдается последовательное уменьшение эффектов изменения оптической плотности образцов во всем исследованном спектральном диапазоне, степень превращения $\alpha = f(\tau)$ пленок свинца уменьшается. По мере увеличения интенсивности ($I = 1{,}8 \cdot 10^{15}$ - $7{,}0 \cdot 10^{15}$ квант·см$^{-2}$·с$^{-1}$) падающего света (при одинаковой исходной толщине пленок свинца) имеет место возрастание эффектов изменения оптической плотности, степень превращения возрастает. По мере увеличения длины волны падающего света (при одинаковой исходной толщине пленок свинца и равных интенсивностях падающего света) наблюдается уменьшение эффектов изменения оптической плотности. Длинноволновый порог светового облучения, при котором наблюдается изменение оптической плотности образцов, составляет $\lambda = 620$ нм.

Для выяснения причин, вызывающих наблюдаемые изменения спектров поглощения и отражения, а также кинетических кривых степени превращения при воздействии света были измерены фотоЭДС ($U_Ф$) систем Pb-PbO и контактная разность потенциалов (КРП). Из анализа результатов измерений КРП и $U_Ф$ было установлено, что в области контакта Pb-PbO (из-за несоответствия между работами выхода из контактирующих партнеров) возникает двойной электрический слой. Напряженность электрического поля на границе контакта Pb-PbO может составить ~ 10^6-10^7 В/см. Знак $U_Ф$ со стороны оксида свинца положительный. Фотохимические проявления фотоэлектрических процессов в таких системах могут быть вызваны перераспределением под действием контактного поля генерированных светом носителей заряда. Эти процессы приведут к существенным изменениям условий протекания реакции восстановления оксида свинца на поверхности свинца по сравнению с восстановлением индивидуального PbO в атмосферных условиях.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., проф. Суровому Э.П.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Бирюкова М.И.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: marinabiryukova89@gmail.com

Полититанаты калия - тетратитанат и гексатитанат используются в качестве недорогих наполнителей композиционных материалов, обеспечивающих достижение высоких значений механической прочности, снижение коэффициента трения, увеличение термостойкости и теплоизоляционных свойств, применяются при производстве керамических материалов и покрытий, компонентов смазочных материалов (твердых смазок и суспензий) и в каталитических системах.

Исходный полититанат калия был получен в ходе обработки порошка анатаза расплавом KOH и KNO_3 в тиглях из оксида алюминия Al_2O_3 в муфельной печи при температуре 500°C в течение часа. Полученную смесь промывали дистиллированной водой, фильтровали. Пастообразный осадок просушивали в сушильном шкафу. После просушивания продукт подвергали измельчению в пропеллерной мельнице.

Для улучшения трибологических свойств полученного полититаната калия материал был покрыт наноплёнкой политетрафторэтилена двумя различными способами – покрытием порошков низкомолекулярной фракцией УПТФЭ марки «Форум» термогазодинамическим методом и покрытием полученных порошков теломером политетрафторэтилена с последующей полимеризацией и образованием наноразмерного поверхностного слоя, чем улучшает свойства его трибологические характеристики.

Обработку полититанатов калия теломером проводили по следующей схеме. Раствор теломера политетрафторэтилена в ацетоне смешивали с полититанатом калия. Полученную смесь обрабатывали ультразвуком в течение 1 часа, после чего полученная смесь была упарена. Полученный порошок прогревали для полимеризации теломера на поверхности гранул. Известно, что растворы теломеров, синтезированные радиационно-химическим методом, могут быть использованы для создания композиционных материалов антифрикционного назначения, нанесения тонких фторполимерных защитных покрытий, пропитки тканей, дерева для придания им химической стойкости и водоотталкивающих свойств.

Полученные образцы были исследованы методами рентгенофазового анализа, сканирующей электронной спектроскопии, а так же были измерены их трибологические свойства. Испытания каждого образца смазочного материала состояли из серии опытов. При проведении испытаний противоизносные свойства смазочных композиций оценивали по диаметру пятна износа, антифрикционные – по величине момента трения в контакте деталей пары трения.

Модифицирование ПТК фторсодержащими полимерами снижает износ трущихся поверхностей по сравнению со смазкой содержащей чистый ПТК и уменьшает высокое трение в начальный период использования смазки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. доц. Юркову Г.Ю.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-08-00015а и проекта мол_а № 12-08-31317.

ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНОГО КЛАССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА НЕПОЛНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Богаченко М.С.

Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: meri_bogachenko@ukr.net

Результаты работы могут быть использованы при создании технологических схем упрочнения конструкционных сталей со слоистой структурой с применением эффекта неполной гомогенизации в условиях скоростной термообработки с нагревом джоулевым теплом.

В работе изучено изменение размеров и химического состава перлитных и ферритных слоев конструкционных термоупрочненных экономнолегированных сталей типа 40ХНМГ с использованием электронагрева после листовой прокатки со степенью деформации 80, 85 и 90% и последующей закалки из температурной области негомогенного аустенита. Показано, что повышение степени деформации сопровождается увеличением количества чередующихся слоев перлита и структурно-свободного феррита с сохранением распределения карбидообразующих элементов Mo и Cr. Концентрация Mo и Cr в перлитных полосах почти в 4 раза выше, чем в ферритных слоях. При непрерывном нагреве с повышенными скоростями в результате реализации $\alpha\rightarrow\gamma$ - превращения образуется аустенит, структура и концентрационное состояние которого определяется не только температурой и скоростью нагрева, но и исходным перед нагревом структурным состоянием стали. Формирование в исследуемых сталях высокотемпературной γ - фазы в условиях повышенных скоростей нагрева происходит, в основном, в рамках представлений о диффузионном механизме $\alpha\rightarrow\gamma$ - превращения, разработанной применительно к углеродистой стали. С увеличением скорости нагрева до температуры выше $\alpha\rightarrow\gamma$ – превращения на 30-50^{0}С средняя концентрация углерода в аустените не достигает среднего значения для стали. Это объясняется тем, что при непрерывном нагреве образование аустенитной фазы реализуется в условиях существенного опережения процессом $\alpha\rightarrow\gamma$ - перекристаллизации процесса растворения карбидных частиц. Скорость насыщения аустенита углеродом в значительной степени определяется температурно-временными условиями нагрева, количеством и дисперсностью карбидных частиц. Причиной этого может быть как снижение растворимости легированных карбидов, вызванной диффузионной подвижностью атомов углерода в легированном аустените, так и кинетикой процесса перераспределения карбидообразующих легирующих элементов на движущейся границе аустенит-феррит.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю член-корр. НАН Украины С.П.Ошкадерову.

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ ПОРОШКОВЫХ ЛИГАТУР ПРИ РЕАКЦИОННОМ СИНТЕЗЕ В СИСТЕМЕ TiH_2-Mn-Si-Fe-C

Богачёва А.Г.

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: abg_krm@ukr.net

Дисперсно-упрочнённые металломатричные композиты на основе титановых сплавов являются перспективными для использования в качестве конструкционных материалов с точки зрения высоких физико-механических свойств. Из существующих технологий получения таких материалов наиболее привлекательным является in-situ – метод, при котором упрочняющую фазу синтезируют в металлической матрице благодаря химической реакции между элементами при производстве. Нами был предложен метод введения упрочняющих фаз с использованием лигатур.

Цель работы – исследование фазообразования порошковых лигатур, полученных в результате реакционного синтеза системы TiH2-Mn-Si-Fe-C.

В качестве исходных порошков использовали порошки гидрида титана, а так же порошок ферросиликомарганца. Цилиндрические образцы диаметром 20 мм, спрессованные из смесей: 1) 35% FeSiMn – 65% TiH2, 2) 30% FeSiMn – 65% TiH2 – 5 % C, 3) 50% FeSiMn – 50%TiH2, спекали в атмосфере технически чистого аргона при температуре 1250 °С, изотермическая выдержка – 1 час.

По данным рентгенофазового анализа в процессе реакционного синтеза, независимо от процентного содержания компонентов в лигатурах, присутствует карбид титана TiC (рис. позиции 1,2,3). С дополнительным введением в исходную шихту (состав №2) углерода до 5%, карбид титана является практически основной фазой (рис. п.2). Содержание гидрида титана в исходной шихте оказывает существенное влияние на фазообразование в синтезируемых лигатурах. При наличии 65% TiH2 в синтезированных лигатурах, кроме карбида TiC, заметную долю имеют тройные соединения: TiFeSi, Fe2SiTi, Ti3SiC2 (состав №1) и Fe2SiTi (состав №2), а так же силицид титана Ti5Si3. В лигатурах 1-го и 2-го состава формируются фазы Fe2Ti, SiC, FeMn3, а так же Fe3C в составе №2.

С увеличением содержания ферросиликомарганца в исходной шихте до 50 % формирование фазового состава сопровождается дальнейшим формированием соединений с марганцем. Кроме фазы FeMn3, которая присутствует в синтезируемых лигатурах 1-го и 2-го состава, зафиксированы фазы Mn5Ti, Mn23C6, а так же, аналогично составам 1 и 2, присутствуют фазы Ti5Si3, Fe2Ti, Fe3C. Кроме того, образуются силициды железа Fe5Si3 (рис. п.3)

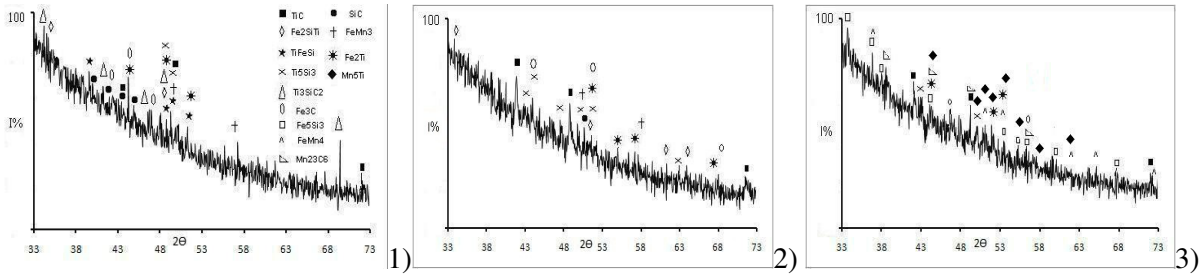


Рис. Фрагменты дифрактограмм синтезированных порошковых лигатур исходных составов: 1) 35% FeSiMn – 65% TiH2, 2) 30% FeSiMn – 65% TiH2 – 5 % C, 3) 50% FeSiMn – 50%TiH2

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – Баглюк Г.А., консультантам – Мамоновой А.А., Тихоновой И.Б.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ СЛОИСТЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ni-Al В ПРОЦЕССЕ ТВЕРДОФАЗНОЙ ДИФФУЗИИ

Богданов А. И.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: mv@vstu.ru

В работе предложена следующая последовательность операций технологического процесса получения жаростойких покрытий из алюминидов никеля: изготовление сваркой взрывом биметаллической заготовки (никель-подложка); обработка давлением, позволяющая получать на подложке требуемую толщину никеля; нанесение на никелевый слой биметаллической заготовки алюминиевого слоя толщиной, достаточной для его самопроизвольного отделения от диффузионной зоны на границе Ni-Al при охлаждении после термообработки; термообработка, обеспечивающая в результате твердофазной диффузии формирование слоистого Ni/Ni_2Al_3 покрытия заданной толщины.

Для отработки технологии в качестве модельного материала использовали слоистый композит сталь Ст3+никель НП2+алюминий АД1. Нами установлено, что его охлаждение после отжига, обеспечивающего формирование на границе никель-алюминий диффузионной зоны, состоящей из двух прослоек ($NiAl_3$ и Ni_2Al_3), приводит к самопроизвольному отделению алюминиевого слоя в результате разрушения интерметаллидной прослойки со стороны алюминия (фаза $NiAl_3$), обусловленного действием растягивающих напряжений, превышающих ее предел текучести при соотношении толщин слоев алюминия и (никель + сталь) $k < 0{,}1$ и $k > 4$, и формированию на стальной основе слоистого Ni/Ni_2Al_3 покрытия. В таком покрытии каждый слой несет определенную функциональную нагрузку: слой никеля предотвращает проникновение атомов алюминия в основу и обеспечивает высокую адгезию покрытия к подложке, а алюминид никеля защищает основу от окисления за счет образования Al_2O_3.

Экспериментально установлено, что сроком службы слоистого покрытия управляет взаимная диффузия между наружным (Ni_2Al_3) и внутренним (Ni) слоем. Увеличение температуры и времени эксплуатации покрытия приводит к выравниванию градиента концентрации за счет фазовых переходов $Ni/Ni_2Al_3 \rightarrow Ni/NiAl \rightarrow Ni/Ni_3Al \rightarrow Ni(Al)$ и, в конечном итоге, к формированию на стальной основе покрытия, представляющего собой никелевый аустенит. При этом содержание алюминия в покрытии может уменьшиться до критического уровня, не обеспечивающего формирование защитной оксидной пленки Al_2O_3, и покрытие больше не будет жаростойким. При прочих равных условиях увеличение температуры или уменьшение толщины интерметаллидного слоя Ni_2Al_3 приводит к существенному снижению длительности фазовых переходов.

Расчетно-экспериментальным путем показано, что слоистое покрытие Ni/Ni_2Al_3 при толщине составляющих 50+50 мкм может служить около 350 часов при 1000°C, 1800 часов при 900°C, 13000 часов при 800°C и 130000 часов при 700°C.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю докт. техн. наук, профессору В. Г. Шморгуну за консультации и помощь, оказанные при проведении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Минобрнауки РФ (соглашение №14.B37.21.1487) и РФФИ № 12-08-33017 мол_а_вед, а также Совета по грантам Президента РФ (грант № СП-5131.2013.1).

ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ: СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА

Богославская Е.С.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: nanoelena@yandex.ru

Исследование структуры и свойств углеродных нанотрубок получило новый виток развития, после открытия возможности интеркаллирования нанотрубок различными материалами. Для определения закономерностей формирования C-F и C-H связей и оптимизации геометрии были проведены квантово-химические расчеты методом теории функционала электронной плотности (программный код ADF 2008). С целью проверить достоверность квантовохимических расчетов были получены экспериментальные спектры поглощения фторированных и гидрированных нанотрубок за K-краем углерода на различных стадиях процесса фторирования и гидрирования., а затем проведен их теоретический анализ. Экспериментальные спектры были получены на Российско-Германском канале синхротронного излучения (RGBL) электронного накопителя Бэсси II (Берлин). Были рассчитаны теоретические спектры поглощения для трубок хиральности по типу «зигзаг» и «кресло» исходной (не функционализированной) нанотрубки, полученные для разных поляризаций, т.е. различных углов падения ионизирующего излучения. Теоретические спектры поглощения показали высокую чувствительность к указанным двум типам хиральности и поляризационную зависимость спектров поглощения, что в свою очередь позволяет определить преимущественную ориентацию нанотрубок и количественное соотношение в образце нанотрубок с различным типом хиральности.

Следующим шагом в настоящей работе являлась диагностика фторированных и гидрированных трубок с целью определения наиболее вероятного механизма образования C-F и C-H связей. Для этого были рассчитаны теоретические спектры поглощения для моделей, полученных в результате оптимизации геометрии и сопоставлены с экспериментальными данными, полученными методом рентгеновской спектроскопии поглощения.

Полученные данные подтвердили результаты квантовомеханических расчетов. Наиболее вероятным способом функционализации нанотрубок является присоединение атомов фтора и водорода к внешней стенке нанотрубки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.ф-м.н., доценту Яловега Г.Э., консультантам, д.ф.-м.н. М.М. Бржезинской и младшему научному сотруднику НИИ Физики Шматко В.А.

Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных исследований (проект № 12-02-31616-мол).

СОЗДАНИЕ ПОРИСТЫХ КАНТИЛЕВЕРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Бойцова О.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, г. Москва, Россия

e-mail: boytsova@gmail.com

Сенсоры основанные на кантилеверах начали исследовать в середине 1990х и сейчас – это хорошо воспроизводимая многообещающая технология label-free сенсорики, дешевая, мобильная, высокочувствительная с возможностью реализации параллельных задач. Принцип действия таких сенсоров основан на изменении механических свойств (сдвиг резонансной частоты, изгиб балки и т.д.) в результате адсорбции анализируемого вещества на поверхность кантилевера. Перспективным материалом для создания микромеханических систем является анодный оксид алюминия, имеющий высокие физико-механические свойства в широком температурном интервале и устойчивый в химически агрессивных средах. Благодаря высокоразвитой пористой структуре, при использовании анодных пленок для получения кантилеверов возможно достижение большей чувствительности по сравнению с кремниевыми аналогами. Кроме того, благодаря возможности в широком диапазоне варьировать параметры пористой структуры (диаметр пор, расстояние между каналами) можно управлять механические свойства получаемых кантилеверов.

Целью данной работы стало создание кантилеверов на основе пористого оксида алюминия и исследование их сенсорных свойств. Для структурирования оксидного слоя выбран простой и воспроизводимый метод химической фотолитографии. Показано, что благодаря перпендикулярному расположению каналов по отношению к плоскости образца при удалении части оксидной пленки, не защищенной слоем фоторезиста, происходит анизотропное травление материала. Измерены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) пористых кантилеверов с различной толщиной. Экспериментально установлено, что добротность нормальных колебаний возрастает при помещении кантилевера из более вязкой среды (атмосферный воздух) в менее (вакуум 10-5 мбар). Было выяснено, что сдвиг пиков, соответствующих нормальным колебаниям, при помещении кантилевера из вязкой среды (атмосферного воздуха) в вакуум (10^{-5} мбар), происходит в сторону более высоких частот. Предложен мульти-резонансный метод определения коэффициента жесткости пористого оксида алюминия. С его помощью был выяснен коэффициент жесткости для пористого оксида алюминия, полученного при 40 В в 0,3 М щавелевой кислоте, равный 140 ГПа. Теоретически рассчитанные резонансные частоты, соответствующие нормальным и торсионным колебаниям, согласуются с полученными экспериментально АЧХ

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Клименко А.А., Лебедеву А.В., Напольскому К.С., Симонову В.Н., а также научному консультанту член-корр., д.х.н., проф. Лукашину А.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ МД-4815.2013.3 и РФФИ №13-08-01382.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОКЛАВНОЙ СЕРНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД

Больших А.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: bolshih@hotmail.com

Данная работа посвящена разработке технологии получения никеля из окисленных никелевых руд. Актуальность работы заключатся в том, что окисленные руды содержат более 70% мировых запасов никеля и вовлечение их в переработку имеет большую перспективу т.к. запасы сульфидных руд сокращаются.

Головная операция существующей технологической схемы – процесс автоклавного сернокислотного выщелачивания, который определяет основные технико-экономические показатели всей технологии.

Существенным недостатком способа является высокий расход серной кислоты, который в частности, для магнезиальных руд достигает 60% от массы сырья, а так же высокие значения технологических параметров, что увеличивает эксплуатационные и капитальные затраты.

Данная работа проведена по договору с «Норильским никелем» для концентрата с Австралийского месторождения Каузе имеющего следующий состав (%): Ni 1,39-1,52; Co 0,061-0,07; Fe 20,1; Mg 4,74-5,6; SiO_2 37,9; Al 2,52; Ca 0,08; Cr 0,63; Mn 0,18; Na 1,05.

Для переработки указанных концентратов было предложено проводить головную операцию в две стадии. На первой стадии сульфидирование окисленной никелевой руды с помощью элементарной серы, а на второй стадии выщелачивание. Эксперименты проводили в лабораторном автоклаве объемом 1 литр. Элементарную серу загружали в автоклав вместе с пульпой. Сульфидирование вели при температуре 190°С в инертной атмосфере, а затем подавали кислород и проводили выщелачивание. Вещественный состав руды в ходе первой стадии (сульфидирования) претерпевает следующие изменения. Практически неизменным остается содержание маггемита и клинохлора. Содержание введенной элементарной серы уменьшается по мере углубления процесса (до 2-5%). В то же время количество пирита увеличивается до 14-19%. По ходу процесса убывает содержание гетита, но появляется и увеличивается доля гематита. Мало изменяется содержание талька и кварца. Вероятно присутствие сульфида никеля, но точная диагностика затруднена из-за его низкого содержания.

Окислительное выщелачивание (вторая стадия) пульп, прошедших стадию сульфидирования разной продолжительности, выявляет следующие закономерности. В ходе этого процесса растет извлечение в раствор никеля (с 44 до 96%), кобальта (с 61 до 89%), железа (с 0,7 до 4,1%), магния (с 34 до 53%), алюминия (с 5 до 34%), а также увеличивается содержание серной кислоты (с 32 до 86-92 г/л). В кеке падает содержание элементарной и общей серы и увеличивается количество натрия и его извлечение в кек (с 14 до 80%). Конечная пульпа, полученная после выщелачивания продукта, прошедшего 60-минутное сульфидирование, имела следующий состав. Раствор содержал, г/л: 5,4 никеля, 0,24 кобальта, 2,8 железа, 11,4 магния, 4,1 алюминия, 3,3 натрия, 89,4 серной кислоты. Кек содержал, %: 0,045 никеля, 0,007 кобальта, 16,8 железа, 2,4 магния, 1,85 алюминия, 2,60 натрия, 0,5 серы элементарной. Полученный раствор отвечает всем технологическим требованиям и может быть направлен на извлечение из него никеля и кобальта.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. В. А. Брюквину.

Литература

1. Н.В. Серова, А.Г. Китай. В.А. Брюквин, А.О. Больших, В.Т. Дьяченко. Физико-химические исследования процесса сульфидирования окисленных никелевых руд элементарной серой./ «Цветные металлы» №11, 2010г. с.22-25

2. А.Г. Китай, В.А. Брюквин, В.Т. Дьяченко, А.О. Больших. Влияние строения молекул серы на их поведение в процессах автоклавного окисления сульфидных минералов. «Цветные металлы» №6 2011г. с. 22-25

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНОГО СПЛАВА $Fe_{78}P_{20}Si_2$ В ПРОЦЕССЕ ФОТОННОЙ ОБРАБОТКИ

Боряк А.В.

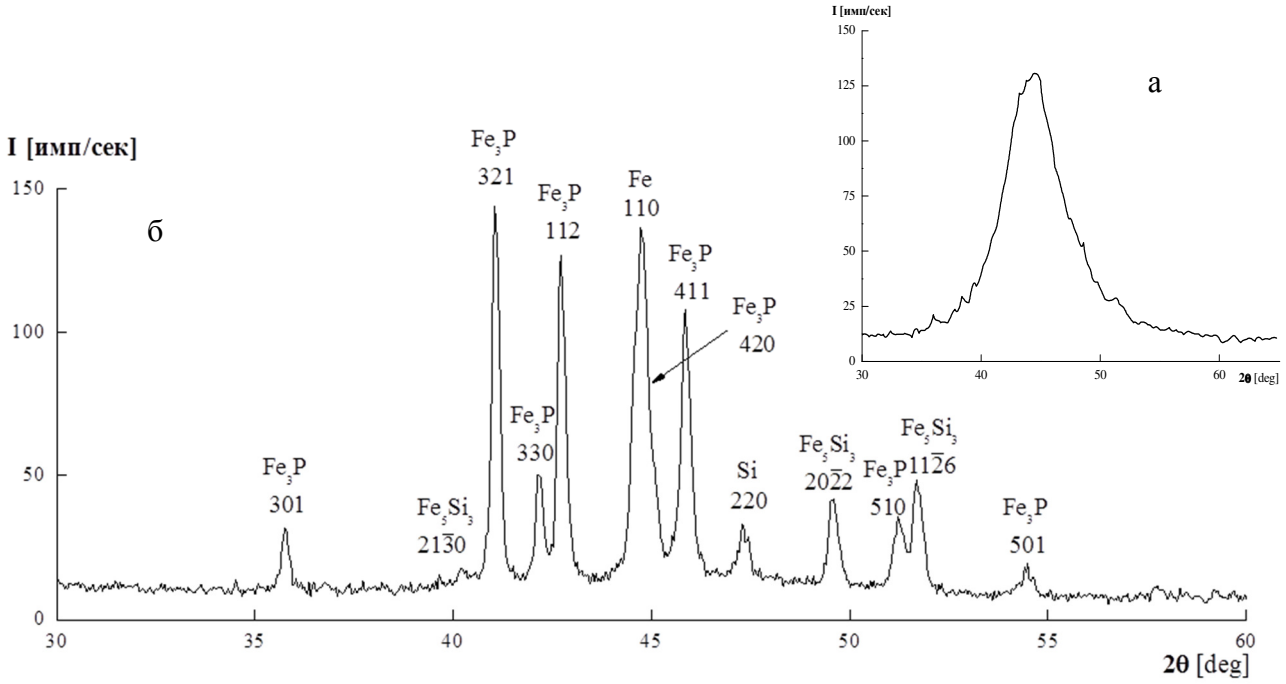
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: boryak.alina@gmail.com

Цель работы: исследование кристаллизации аморфного сплава Fe78P20Si2 при фотонной активации процесса.

Исходный аморфный сплав состава (Fe – 78 ат.%, P – 20 ат%, Si -2 ат.%) был получен методом закалки из жидкого состояния. Импульсную фотонную обработку (ИФО) сплава проводили в вакууме p=10-3 Па излучением ксеноновых ламп (λ=0,2-1,2 мкм) при энергии поступающего на образец излучения (ЕИ)=5-40 Дж/см2 (время обработки 0,25-2 с соответственно) на установке УОЛ.П-1М.

Фазовые превращения в процессе ИФО исследовали методом рентгенговской дифрактометрии на приборе ARL X`TRA в геометрии Брэгга-Брентано. В качестве источника использовали рентгеновскую трубку с медным анодом максимальной мощностью 2200 Вт, а дискриминацию неупруго рассеянного излучения осуществляли полупроводниковым энергодисперсионным детектором с охладителем на элементах Пельтье разрешением 250 эВ.



Рентгеновские дифрактограммы сплава Fe78P20Si2 исходного (а) и прошедшего ИФО при ЕИ=40 Дж/см2 (б)

Установлено, что исходный сплав имел аморфную структуру (а). Показано, что ИФО в диапазоне ЕИ до 15 Дж/см2 не изменяет фазовый состав сплава. При ЕИ=20 Дж/см2 сплав кристаллизуется с образованием нанокристаллических фаз Fe3P, Fe5Si3 и α-Fe, при сохранении некоторой доли аморфной матрицы. При дальнейшем увеличении ЕИ новые кристаллические фазы не образуются, при этом полная кристаллизация сплава происходит при ЕИ=40 Дж/см2 (б).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – к.ф.-м.н. Канныкину С.В.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, СУБСТРУКТУРУ, МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ Ag-Cu

Босых М.А.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: makcbosikh@list.ru

Методами рентгеновской дифрактометрии, просвечивающей электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии и наноиндентирования проведены исследования фазового состава, субструктуры, морфологии поверхности и механических свойств пленочных гетероструктур Ag-Cu. Пленки Ag - Cu толщиной ~ 1 мкм получали термическим испарением и конденсацией в вакууме $5 \cdot 10^{-4}$ Па соответствующих металлов из двух источников на поверхность термически оксидированных пластин (111) Si со слоем оксида толщиной около 0,5 мкм при температуре подложки $T_П$=300 К и скорости конденсации около 30 нм/с. Отжиг пленок проводили в вакууме $5 \cdot 10^{-4}$ Па при температуре 400-700 К.

По результатам рентгеновской дифрактометрии установлено, что исходные пленки представляют собой твердые растворы Ag-Cu: содержание Cu в твердом растворе Ag-Cu составляет 30 ат.%, а Ag - 17 ат. %, что значительно превышает равновесные пределы растворимости для данной системы. Исследование методом ПЭМ показало, что структура пленок, полученных при $T_П$ = 300 К, в приповерхностной области – нанокристаллическая. В составе пленок содержаться две кристаллические фазы, с параметрами решеток, соответствующих твердым растворам на основе Cu и Ag с взаимной растворимостью элементов, превышающей равновесные значения. Отжиг пленок при Т= 400 -700 К приводит к расслоению и образованию фаз Cu и Ag с параметрами решетки близкими к табличным данным, что отражает их равновесное состояние.

Исследование рельефа поверхности пленок Ag-Cu показало, что с увеличением температуры отжига пленок Ag-Cu происходит увеличение шероховатости поверхности: для исходных пленок она составляла 9 нм, а для отожженных при температуре 700 К - 13 нм. Исследование методом АСМ в режиме фазового контраста показало, что структурные элементы каждой из фаз (Ag и Cu) сегрегированны в блоки, образуя островково-лабиринтное распределение фаз. Блоки фаз, их размеры и морфология хорошо коррелируют с элементами топографического АСМ

Установлено, что деформация образцов Ag-Cu в процессе наноиндентирования для всех исследуемых структур носит упругопластический характер. Пленки Ag-Cu, полученные в результате совместного распыления металлов, имеют твердость выше (3,2 ГПа), чем у однофазных пленок Ag (1,3 ГПа) и Cu (1,8 ГПа). Отжиг исходных пленок Ag-Cu в интервале температур 400-700 К приводит к уменьшению твердости от 2,9 до 1,9 ГПа, что очевидно связано с одной стороны с образованием фаз Cu и Ag, а с другой - увеличением размера зерен.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Кущеву С.Б. за помощь в проведении исследований и обсуждении полученных результатов.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ШИХТЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ AlN

Бродниковская И. В.
Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАНУ, г. Киев, Украина
e-mail: Brodnikovska@i.ua

Керамика на основе AlN является перспективным материалом для использования в космическом приборостроении в качестве корпусов и подложек мощных монолитных интегральных схем и полупроводниковых структур, теплопроводных изоляторов нагревателей или изолирующих прокладок в системах отвода тепла конструкционных узлов и т.д. Преимуществами AlN является его чрезвычайно высокая теплопроводность и удельное сопротивление, хорошие диэлектрические характеристики, а коэффициент термического расширения (КТР) AlN близок к КТР Si и SiC, которые являются основой высокомощных, высокотемпературных и высокочастотных приборов. Однако, при загрязнении добавками эксплуатационные характеристики данной керамики могут ухудшаться, а точечные дефекты влияют на ее электрические свойства. Поэтому целью данной работы было исследование влияния добавок (TiO_2, TiH_2, TiN та TiC до 4 об.%) и температуры изотермической выдержки на диэлектрические характеристики горячепрессованной керамики на основе AlN в широком диапазоне частот, а также отработка методов контроля качества путем установления взаимосвязи технология – состав – свойства.

Образцы получали из порошка AlN технической чистоты со средним размером зерна 41 мкм, из размолотого до 1 мкм AlN, а также из размолотого AlN с добавками TiO_2, TiH_2, TiC, TiN в количестве 0,5-4 об.%. Термическую обработку и уплотнение проводили методом ГП при выдержке 5-30 мин под давлением 30 МПа при температуре 1700-1900 °С. Пористость образцов рассчитывалась исходя из их плотности, определенной методом гидростатического взвешивания. Диэлектрические характеристики (емкость $C = \varepsilon' \varepsilon_0 S / d$, тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ и добротность $Q = 1/tg\delta$) в низкочастотной области (НЧ, 10^3 – 10^5 Гц) проводили мостовым методом с помощью RLC-метра, а в диапазоне радиочастот (РЧ, 10^4 – 10^7 Гц) – резонансным методом с помощью Q-метра.

Установлено, что пористость, диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь композитов AlN-TiO_2 зависит параболически от концентрации добавки с минимальными значениями (0,1%; 9,7; $1{,}3 \cdot 10^{-3}$) при 0,5-2 об.% TiO_2. Добавки TiH_2 способствуют формированию металлоподобных нанопленок, ориентированных перпендикулярно направлению горячего прессования, что позволяет увеличить прочность и теплопроводность композитов AlN-TiH_2. Показано, что отклонение температуры спекания от оптимальной приводит к увеличению потерь на электропроводность как следствие формирования структур с большим количеством дефектов и проводящих фаз. Частотная зависимость активной составляющей импеданса отображала вклады объемнозарядной поляризации на НЧ и прыжковой поляризации на РЧ, а ее наклон свидетельствовал об отклике дефектов микрометрической размерности (≈16 мкм) на НЧ и нанопленок на РЧ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. Петровскому В. Я. и Дерию А. И.

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЦ ВТОРОЙ ФАЗЫ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАЗРУШЕНИЕ В Ti-Si-(Al-Zr) *in-situ* КОМПОЗИТАХ

Бродниковский Д.Н.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: d.brodnikovskyi@gmail.com

Мировая промышленность требует разработки новых конструкционных материалов с заданными свойствами, которые достигаются направленным формированием структуры. Сплавы на основе Ti находят широкое применение в промышленности как конструкционные материалы благодаря сочетанию таких физико-механических характеристик как высокая удельная прочность, достаточная технологическая пластичность и высокая коррозионная стойкость. Последнее время показана перспективность упрочнения титана силицидами для повышения жаропрочности и жаростойкости сплава.

Изучение влияния силицидов на формирования структуры в процессе литья, ее изменения при отжиге и деформации было проведено на сплаве Ti-6 ат. % Si. Полученные данные и литературный обзор позволили сделать выводы, что однородность структуры и механических свойств достигается деформацией сплава порядка 90 % и легированием Al и Zr. Благодаря особенностям структуры сплавов Ti-Si-(Al-Zr), состоящей из легированной титановой матрицы и дисперсной силицидной фазы, открываются широкие перспективы для создания естественных (in-situ) композитов.

На примере сплава Ti-17Al-1,5Zr-1,9Si (ат.%), показано, что наличие частиц силицидов Ti_5Si_3 способствует протеканию динамической рекристаллизации, что объясняется повышением плотности дислокаций около частиц второй фазы.

Динамическая рекристаллизация приводит к проявлению структурной сверхпластичности в температурно-скоростных условиях деформации: T=700 °C, $\acute{\varepsilon}_2=1{,}8\cdot10^{-4}c^{-1}$. Повышается устойчивость к образованию шейки при растяжении, при этом повышается скоростная чувствительность напряжения течения, и снижается величина напряжения течения.

Кроме того, динамическая рекристаллизация приводит к исчезновению разрушения по границам деформационного происхождения и межфазным. В результате пропадает SD-эффект и подавляется развитие вязкой трещины, выражающееся в переходе к вытяжке «на нож».

Установленные закономерности позволяют определять условия пластической деформации для формирования мелкозернистой структуры.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику Фирстову С.А. и д.ф.-м.н. Васильеву А.Д.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТА МЕДИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Буслаев С.С.
ИХР РАН, г. Иваново, Россия
e-mail: atomicpc@mail.ru

Получение анодированного оксида алюминия сопровождается двумя процессами: растворением оксидной пленки и ее последующим формированием за счет анодного окисления. Необходимое равновесие этих двух процессов позволяет получать массивы пор на оксидированной поверхности алюминия. Таким образом, варьирование таких параметров как: температура электролита, разность потенциалов, концентрация кислоты (или кислот) в электролите, а также природы кислот и степень их химического воздействия по отношению к оксидному слою позволяет менять параметры получаемых наноразмерных трековых образований внутри оксидной матрицы.

Для общей интенсификации процесса в качестве электролита для получения пористого темплата была выбрана серная кислота, обладающая сильным растравливающим действием по отношению к оксиду. Несмотря на свое агрессивное воздействие на оксид алюминия, эта кислота позволяет получать пористую структуру с минимальным диаметром размера поры, а также формировать самый тонкий барьерный слой [7] из всех используемых оксидообразующих кислот. Получение темплата проводили при t=20^{0}C, что позволило получить изоляционный (барьерный) слой с минимальной толщиной. В процессе анодного окисления происходил разогрев приэлектродного пространства, что сильно увеличивало растравливающие действия электролита, а также скорость образования массива пор, но не являлось губительным для формирования правильной геометрической формы пористых массивов. По достижению определенного момента времени (≈90 мин от начала процесса) температура повышалась до 35°C, которая была принята как критическая.

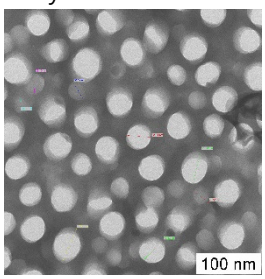


Рис. Снимок ПЭМ пористого темплата оксида алюминия.

Таким образом, были получены массивы наноразмерных пор (рис.). Размер получаемых массивов пор мог варьироваться за счет изменения параметров процесса.

Затем в оксидную пленку темплата электролитически осаждалась медь. Подобранные условия синтеза темплата позволили сделать барьерный слой и Al – Al_2O_3 минимальным, что избавило от необходимости вести сложноуправляемый процесс дополнительного химического подтравливания барьерного слоя или сложного многостадийного процесса, который предусматривает дополнительные технологические этапы растворения алюминиевой подложки и напыления токопроводящего слоя из дефицитных драгоценных металлов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю работы д.х.н., профессору В.И. Парфенюку.

Литература

1. А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.А. Ходин. Исследование механизма самоорганизации при формировании самоупорядоченной структуры пористого анодного оксида алюминия. Микроэлектроника, 2007, том 36, №6, с. 437-445.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТ-ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ $BaTiO_3$.

Бушкова В.С.

Прикарпатский национальный университет имени В. Стефаника, Ивано-Франковск, Украина

e-mail: bushkovavira@rambler.ru

Приоритетным заданием физики твердого тела является поиск новых и совершенствование существующих материалов для функциональной электроники. В последнее время большое внимание уделяется феррит-пьезоэлектрическим материалам, поскольку наличие магнетоэлектрического эффекта в таких веществах обусловлено механическим взаимодействием ферритовой и пьезоэлектрической фаз.

В работе исследованы электрические свойства композитов, созданых на основе $BaTiO_3$ и магниевого или никель-алюминиевого ферритов. На рис. 1 показана зависимость линейного уплотнения композита состава $(1-x)MgFe_2O_4 - xBaTiO_3$, полученного путем спекания при различных температурах, от объемного содержания $BaTiO_3$. Эксперимент показал, что зависимость уплотнения от концентрации сегнетоэлектрика в составе феррит-пьезоэлектрического материала является нелинейной.

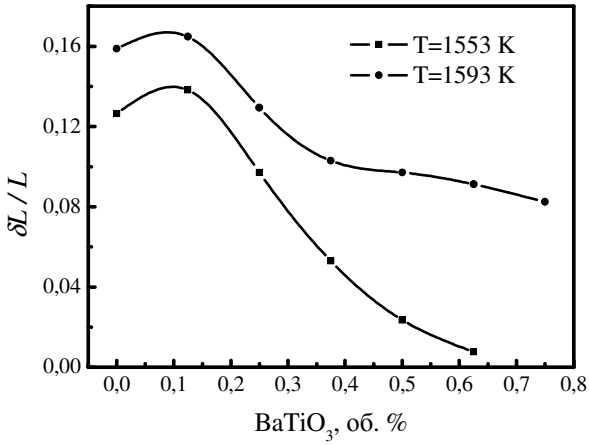


Рис. 1. Зависимость уплотнения композитов $(1-x)MgFe_2O_4 - xBaTiO_3$ от состава.

При различных температурах спекания на кривых зависимости уплотнения образцов от содержимого композитов наблюдается максимум при x = 12,5 %. Нужно отметить, что при температуре спекания 1593 К уплотнения композитов на основе феррита магния выше его значение для материалов, полученных при температуре 1553 К. Повышение температуры спекания для образцов с x > 37,5 % приводит к существенному увеличению плотности композитов. Интересным оказался тот факт, что для композитов $(1-x)NiAl_{0,5}Fe_{1,5}O_4 - xBaTiO_3$ кривая зависимости уплотнения образцов от содержания $BaTiO_3$ также содержит максимум при x = 12,5%. Данный эффект можно объяснить с помощью теории протекания, используя модель Шкловского-де Жена.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность канд. техн. наук, доц. Копаеву А.В. за ценные советы.

РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РАДИОЗАЩИТНЫХ ЦЕЛЯХ

Бычков А.Н.

МАИ (НИУ), г. Москва, Россия

e-mail: bnm.90@mail.ru

Малые частицы и наноразмерные элементы представляют значительный интерес для производства авиационных материалов, например, в радиопоглощающих керамических материалах или в качестве наполнителей при создании легких композиционных материалов аэрокосмического применения. В зависимости от природы металлосодержащей дисперсной фазы металлополимерные нанокомпозитные материалы обладают магнитными, каталитическими, оптическими и другими свойствами. Нанокомпозиты на основе шпинельных ферритов, синтезированные пиролизом из полиакрилатных солей, обнаруживают суперпарамагнитные свойства при комнатной температуре и представляют значительный интерес как магнитные и радиопоглощающие материалы.

Исследования показывают, что нанокомпозиционные материалы, в отличие от материалов с частицами металлов микронных размеров, являются эффективной защитой от бета-излучения. Квазикристаллические сплавы могут объединять в себе свойства нескольких металлических предшественников и, как сокращать пробег электронов, так и бороться с образующимся тормозным излучением.

В качестве металлосодержащих высокодисперсных систем были использованы специально синтезированные нано- квазикристаллические сплавы Al-Fe-Cu и Al-Cu-Mg, наночастицы оксида железа (III, II) и для сопоставительного анализа однокомпонентные системы на основе частиц Al, Cu, Pb. Для получения этих высокодисперсных систем использовался разработанный ранее в лаборатории металлополимеров ИПХФ РАН метод полимер-опосредованного синтеза нанокомпозитов посредством термических превращений мономерных и полимерных металлосодержащих соединений [1]. Получаемые материалы отличаются максимально равномерным распределением частиц металлов в объеме полимера и прочным химическим взаимодействием металла с полимером.

В итоге разработаны металлополимерные системы на основе полипропилена с добавлением Fe_2O_3 и Al_{17}-Cu_2-Fe проявляющие значительный эффект торможения бета-излучения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.х.н. Джардималиевой Г.И., к.т.н. проф. Фетисову Г.П. за оказаную помощь при выполнении работы.

Литература

1. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Джардималиева Г.И. Металлокомплексы как прекурсоры самоорганизованных нанокомпозитов // Росс.хим. ж. (Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева). 2009. Т. 53. С. 140-151.

СИНТЕЗ СМЕШАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗ БЕМИТ-КАОЛИНИТОВЫХ БОКСИТОВ

Валеев Д.В.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: dmvaleev@yandex.ru

Предлагается создание нового материала - высокоэффективного смешанного коагулянта на основе соединений сульфата алюминия и железа для очистки питьевых и сточных вод. В качестве сырья впервые будут использованы высококремнистые бемит-каолинитовые бокситы, что позволит существенно снизить стоимость коагулянта по сравнению с существующими аналогами, которые производят из гидроксида алюминия.

Разрабатываемая технология получения коагулянтов основана на кислотном разложении бемит-каолинитовых бокситов в автоклавных условиях, что даёт возможность отказаться от предварительного обжига боксита (сложного по технологии и аппаратурному оформлению), сохранив высокое извлечение оксида алюминия в раствор с получением высокоэффективных коагулянтов, отвечающих нормативным требованиям, которые предъявляются потребителями продукции.

Исследование по переработке низкокачественных бокситов выполнены на пробе бокситов, состава, %: Al_2O_3 – 52,0; SiO_2 – 14,0; Cr_2O_3 – 0,63; Fe_2O_3 – 13,0; TiO_2 – 2,9; S – 0,2.

В качестве вскрывающего реагента для переработки боксита использовали раствор серной кислоты. В ходе лабораторных исследований варьировали продолжительностью, температурой процесса автоклавного вскрытия, концентрацией реагента, тониной помола. Отношение Т:Ж для всех опытов было принято 1:4 для предотвращения пересыщения пульпы солями алюминия и железа.

Как следует из проведённых исследований, с повышением концентрации серной кислоты повышается степень извлечения Al_2O_3 в раствор с 68,0 до 97,2%; на показатели извлечения практически не оказывает влияние продолжительность выщелачивания (от 0,5 до 2 ч) и уменьшение крупности с 0,1 до 0,074 мм. С увеличением концентрации серной кислоты с 400 до 500 г/л степень извлечения Al_2O_3 увеличивается с 68,0 до 97,2 %. Кислотный автоклавный способ выщелачивания полностью исключает появление в растворе шестивалентного хрома, а поэтому снимает возможность вредного влияния на окружающую среду.

Таким образом, основными технологическими параметрами процесса являются: концентрация H_2SO_4 – 500 г/л, продолжительность процесса автоклавного выщелачивания – 1 час, Т = 225ºС.

Проведённые испытания в ОАО "НИИ ВОДГЕО" показали, что коагулянт, полученный из бемит-каолинитовых бокситов, соответствует основным требованиям, предъявляемым при очистке воды по цветности, мутности, остаточному содержанию железа и алюминия и отличается более высокими коагулирующими свойствами по сравнению с сульфатом алюминия, произведённым по традиционной технологии. Поэтому он рекомендован для широкого применения на водоочистных сооружениях.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.т.н., проф. Лайнеру Ю.А., а также в.н.с., к.т.н. Милькову Г.А. и всему коллективу лаборатории №21.

ЗАЩИТНЫЕ ОКСИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Варфоломеев М.С.
ГНИИХТЭОС, г. Москва, Россия
e-mail: varfolom2a@rambler.ru

Углеродные волокна, армированные карбидокремниевой матрицей, то есть силицированные (С-С)–УУКМ материалы – (С/SiC) композиты – имеют лучшую устойчивость к окислению, чем углеродные волокна, армированные углеродной матрицей – (С/С) композиты, однако микротрещины между волокнами и матрицей приводят к окислению. Поэтому необходимо для улучшения стойкости к окислению проводить поверхностную защиту силицированных углеродкерамических материалов.

Перспективным методом поверхностной защиты углеродкерамических материалов является создание высокотемпературных стекловидных и стеклокерамических оксидных защитных покрытий, составы которых относятся к системе Y_2O_3–Al_2O_3–SiO_2. Интерес к данной системе обусловлен тем, что основные фазы, кристаллизующиеся в системе Y_2O_3–Al_2O_3–SiO_2, обладают высокими эксплуатационными характеристиками: высокими температурами плавления, низкими значениями коэффициента линейного термического расширения, близкими к КТЛР карбида кремния.

В ГНИИХТЭОС был разработан синтез растворимых в органических растворителях иттрийсодержащих органоалюмоксансилоксанов, при пиролизе которых в зависимости от мольного отношения Y:Al:Si образуются либо стеклообразные (аморфные) вещества, либо стеклокерамические (кристаллические) беспористые вещества [1]. Органоиттрийоксаналюмоксансилоксаны, растворимые в органических (углеводородных или спиртовых) растворителях были использованы для приготовления пленкообразующих композиций с целью создания оксидных, химически стойких, высокопрочных, защитных покрытий на силицированных углеродкерамических материалов.

Формирование защитного керамического покрытия на силицированных углеродкерамических материалах осуществляли из керамической суспензии, состоящей из толуольного раствора органоиттрийоксаналюмоксансилоксана и смеси мелкодисперсных огнеупорных порошков в соотношении $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3 \cdot SiO_2$= 28·46·26 масс %. Данное соотношение обеспечивает образование защитного стекловидного покрытия при температурах выше 1500°С в окислительной атмосфере. Для уменьшения дефектности наносили многослойные покрытия (2-3 слоя). Пиролиз нанесенных защитных оксидных покрытий проводили в высокотемпературной печи СНОЛ 12/16 в засыпке порошка корунда. В результате пиролиза на образцах образуется стеклообразное покрытие, которое равномерно ложится по всей поверхности силицированного образца, имеет хорошую адгезию, а также заполняет его поры, неровности, дефекты, тем самым защищая образец от агрессивной среды.

Таким образом, были изготовлены экспериментальные образцы (С-С) – УУКМ – силицированных углеродкерамических материалов с поверхностным защитным оксидным покрытием состава Y_2O_3–Al_2O_3–SiO_2, которое позволяет повысить термостойкость углеродных материалов в окислительной атмосфере выше 1500ºС.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность: научному руководителю в.н.с., д.х.н. Щербаковой Г.И.

Литература

1. Пат. РФ №2453550. Способ получения иттрийсодержащих органоалюмоксансилоксанов, связующие и пропиточные композиции на их основе.

МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЕ КОМПОЗИТЫ $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ – ПММА

Васильев А.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Химический факультет, г. Москва, Россия

e-mail: a.vasiliev@inorg.chem.msu.ru

Со времени открытия магниторезистивного эффекта было обнаружено довольно много материалов, которые проявляли те или иные виды магниторезистивного эффекта. Среди них выделяются манганиты лантана-стронция (LSMO), благодаря эффекту колоссального магнитосопротивления (КМС). Оно наиболее сильно проявляется при температурах близких к температуре Кюри (вплоть до 360K), что дает возможность использования манганита в различных магниточувствительных датчиках. Если же зерна манганита разделены диэлектрическими прослойками толщиной несколько нанометров, в образцах проявляется и туннельное магнитосопротивление (ТМС). В случае данной работы такой прослойкой между зернами манганита служат различные полимеры. Варьируя соотношения манганита лантана-стронция и полимера в композите можно варьировать и толщину диэлектрической прослойки.

Синтез композита состоял из двух стадий: получение субмикро- или наночастиц манганита лантана-стронция и собственно приготовление композита с полимером. Синтез частиц проводился золь-гель методом. В качестве прекурсоров использовались La(NO3)3*xH2O, Mn(CH3COO)2*2H2O, Sr(NO3)2*4H2O, этиленгликоль. Сначала приготавливался раствор солей в стехиометрическом соотношении, после чего к нему добавлялся этиленгликоль и выпаривалась вода, что приводило к образованию смолы. Полученную смолу содержащую соли лантана, марганца и стронция подвергали термообработке, при этом образовывались субмикро- и наночастицы манганита лантана-стронция. После чего путем «растворения» частиц LSMO в мономере и последующей полимеризацией или же путем «растворения» частиц LSMO в расплаве/растворе полимера и последующим высыханием приготавливались композиты LSMO – полимер.

По данным РФА в полученных золь-гель методом образцах преобладает фаза манганита лантана-стронция. Частицы, по данным расчета по методу Ритвельда, имеют размеры около 60 нм, однако данные РЭМ говорят о том, что при относительно высоких температурах (1000 ˚C) происходит сильное спекание наночастиц. Результаты измерений методом магнитометрии для ряда образцов манганита лантана-стронция с температурами термообработки 500 ˚C и 1000 ˚C показали, что намагниченность насыщения резко возрастает с ростом температуры, что связано с увеличением выхода LSMO. Методом горячего прессования при 170 ˚C были получены композиты LSMO – ПММА с массовой долей манганита от 30 до 90 масс. %. Величина туннельного магнитосопротивления растет по мере увеличения содержания ПММА композита до определенной критической доли, наибольшее значение ТМС -10,5 %, соответствующий доле ПММА 50 % в случае манганита, полученного термообработкой при 1000oC.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту проф. Казину П.Е.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-2613.2012.8).

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПТФЭ И БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Васильев С.В.

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск, Россия;

e-mail: spira_ira_vas@mail.ru

Объемы производства и сферы использования армированных волокнами полимерных композитов во всем мире непрерывно растут. Перспективны для ответственных конструкций полимерные материалы, армированных стеклянными, углеродными и базальтовыми волокнами. В свете проблем получения армированных пластиков на основе термостойких, прочных и химически стойких волокон из недефицитного и дешевого сырья в настоящее время велик интерес в мире к использованию базальтового волокна для получения различных композиционных и конструкционных материалов[1].

Объекты исследований. Объектами исследования являлись политетрафторэтилен (ПТФЭ) (ГОСТ 10007-80), и полимерные композиционные материалы (ПКМ), армированные активированным базальтовыми волокнами (БВ). Использованные в исследовании базальтовые волокна произведены НПК «Композит» г. Зеленоград.

Обсуждение результатов исследований. Оптимальный комплекс свойств достигается при содержании 2 мас. % активированного базальтового волокна. Установлено, что модификация ПТФЭ активированными базальтовыми волокнами приводит к повышению деформационно-прочностных и триботехнических характеристик по сравнению с ПКМ, содержащими неактивированные БВ. Прочность при растяжении ПКМ при наполнении активированными БВ повышается на 15-38%, а относительное удлинение при разрыве - на 20-95 % по сравнению с композитами с содержанием неактивированных БВ. Износостойкость ПКМ с содержанием активированных волокон повышается в 475 раз по сравнению с ненаполненным ПТФЭ и в 5 раз по сравнению с композитами, содержащими неактивированное БВ.

С целью изучения адгезионного взаимодействия в базальтофторопластах исследованы термодинамические параметры ПКМ методом дифференциальной калориметрии (ДСК). Зарегистрировано увеличение температуры плавления, энтальпии лавления и степени кристалличности ПКМ по сравнению с ненаполненным ПТФЭ.

Заключение. На основании проведенных исследований физико-механических, трибологических и термодинамических свойств ПТФЭ, наполненного базальтовыми волокнами, можно сделать заключение, что активированные базальтовые волокна являются эффективными наполнителями ПТФЭ. Позволяющими получить материалы триботехнического назначения, характеризующиеся стабильными и низкими значениями интенсивности изнашивания при сохранении деформационно-прочностных показателей.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору, д.т.н. Охлопковой А.А. за помощь в подготовке тезисов.

Литература

1. Старцев О.В.// Высокомолекулярные соединения, 1983. Т. 25, № 11. С. 2267-2270.

ИЗУЧЕНИЕ НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕСУРСА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СПЛАВА Ti – 50,7 ат. % Ni ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ЭФФЕКТОВ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Вачиян К.А.

НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия

e-mail: vachiyan@yandex.ru

Изучали совокупное влияние разных факторов, ответственных за реализацию функциональных свойств – структуры B2-аустенита, исходного фазового состояния и параметров внешних воздействий при наведении эффектов памяти в сплаве с памятью формы Ti – 50,7 ат. % Ni. Сплав подвергали низкотемпературной термомеханической обработке (НТМО) волочением с умеренной деформацией (*e* = 0,44). В качестве контрольной обработки (КО) использовали закалку от 700 °С (рекристаллизованное состояние аустенита) с последующим старением при температуре 430 °С в течение 10 часов.

Наведение эффекта памяти формы (ЭПФ) и обратимого ЭПФ (ОЭПФ) осуществляли изгибом в диапазоне деформаций 10-18 %, используя разные схемы нагружения: в областях существования фаз B2, R и B19′, а также в процессе охлаждения в заневоленном состоянии, «захватывая» переход в другие фазовые области.

Определены термомеханические условия наведения аномально высоких параметров ЭПФ и ОЭПФ. Наибольшую величину обратимой деформации ЭПФ после НТМО в сплаве Ti – 50,7 ат. % Ni (ε_r = 14,2 %) обеспечивает полигонизованная структура, полученная в результате отжига при 430 °С при наведении в области B2→R-превращения. Величина ОЭПФ при этом составляет 1,5-2,3 % при любой схеме наведения.

Рекристаллизованная структура, полученная в результате КО, позволяет достичь величины обратимой деформации ε_r = 11,0-11,5 % при использовании схемы наведения через области B2→R- и B2→R→B19′-превращений. Максимальные значения ОЭПФ ε_{TW} = 3,3 % получены при изотермическом наведении в R-фазе и при охлаждении через область B2→R→B19′-превращения.

Полученные результаты были применены при разработке датчиков для предотвращения повышения температуры газовой среды.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям д.ф.-м.н., проф. Прокошкину С.Д. и в.н.с., к.т.н., доц. Рыклиной Е.П.

Работа выполнена в рамках проекта федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по теме 3367201.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ Si В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Велиханов А.Р.

ФГБУН Институт физики им. Х.И. Амирханова ДагНЦ РАН, г. Махачкала, Республика Дагестан

e–mail: art677@mail.ru

Важной областью применения деформационных эффектов в технике является исследование устойчивости полупроводниковых приборов к перегрузкам. Действие больших нагрузок и ускорений, могут приводить к нарушениям в их работе [1]. Обработка полупроводника в условиях совместного действия постоянных магнитных и электрических полей позволит, вероятно, использовать такой кристалл для создания полупроводниковых приборов устойчивых к действию нагрузок и кратковременных токов, протекающие в приборе во время действия нагрузки. В данной работе, изучается влияние постоянного магнитного поля (МП) в условиях протекания электрического тока на изменение величины пластичности (электропластическая деформация – ЭПД) и удельного сопротивления образцов монокристаллов Si n-типа.

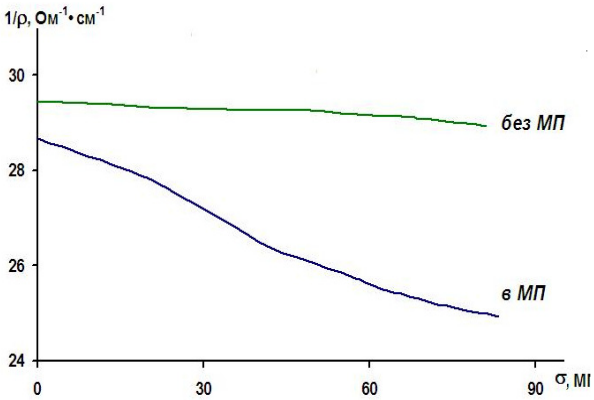


Рис.1. Зависимость удельной электрической проводимости 1/ρ от приложенного механического напряжения σ для образцов монокристалла n-Si, подвергнутых ЭПД при T=760°C в течение t=25 мин

Из рис.1, зависимости σ(1/ρ), наблюдается заметное различие в ходе полученных кривых 1-2 для n-Si. Так кривая 1, полученная в условиях ЭПД без МП, характеризует медленное убывание 1/ρ с ростом σ - наблюдается небольшой рост удельного сопротивления. В случае с ЭПД в МП (кривая 2) наблюдается падение 1/ρ для n-Si. Здесь рост удельного сопротивления идет быстрее.

В таблице приведены сравнительные данные ЭПД n-Si. Прослеживаются заметные различия в пластичности, как в МП, так и без него, а также изменения плотности дислокаций, полученных по подсчетам ямок травления на поверхности исследуемых образцов.

Табл. Изменение физико-механических параметров n-Si с исходным ρ = 100 кОм·см при T=760°C за t=25мин.

Величина ЭПД •, %		Плотность дислокаций до и после ЭПД D, см$^{-2}$		
в МП	без МП	исходный	в МП	без МП
2,9	2,1	$0{,}9\cdot10^4$	$2{,}5\cdot10^4$	$2{,}3\cdot10^4$

Литература

1. А.Л. Полякова, Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов, Энергия, Москва (1979).

БЕССВИНЦОВЫЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Вербенко И.А.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: iaverbenko@sfedu.ru

Основой большинства широко используемых современной промышленностью сегнетопьезокерамических материалов (СПКМ) являются твёрдые растворы(ТР) свинецсодержащих сложных оксидов, наиболее распространённая технология которых включает твердофазный синтез и спекание при высоких температурах. Вследствие значительной токсичности соединений свинца в последние годы идёт интенсивный поиск альтернативных материалов. Предпосылками для подобных усилий послужило формирование новой законодательной базы, направленной на защиту экологии природы и человека [Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electronic equipment]. В НИИ физики ЮФУ уже более 30 лет ведётся работа по поиску, исследованию и внедрению в производство экологически безопасных СПКМ на основе ниобатов щелочных металлов. Однако, разработанные материалы занимают крайне узкий сегмент в спектре применений СПКМ, ориентированный, главным образом, на применение в оборонной промышленности. На современном этапе требуется глобальный переход к использованию несвинецсодержащих материалов, а, следовательно, необходимы снижение себестоимости существующих и разработка новых СПКМ.

В рамках выполнения поставленной задачи нами была разработана методика, позволяющая получить по обычной керамической технологии ряд бессвинцовых СПКМ, которые ранее удавалось спечь только с использованием горячего прессования (ГП) или экзотических, применимых только в лабораторных условиях методов: топохмического текстурирования и синтеза в плазменном разряде. Ряд попыток получить аналогичную бессвинцовую керамику предприняты китайскими авторами, в этих случаях использовались сложная схема модифицирования и различные методы дополнительной активации реагентов. В ходе работы удалось изготовить и изучить свойства следующих керамик. Материалы на основе многокомпонентной системы $[(Na_{0,5}K_{0,5})_{1-x}Li_x](Nb_{1-y-z}Ta_ySb_z)O_3$, для которых получены следующие значения электрофизических параметров: $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0 = 330$; $K_p = 0,34$; $|d_{31}| = 58,3$ пКл/н; $Q_м = 100$; $V^E_1 = 4,5$ км/с. Высокоэффективные материалы ПКР-35 на основе системы $NaNbO_3$ – $LiNbO_3$ (с практически нулевым уходом резонансной частоты) и ПКР-61 на основе $LiNbO_3$ (обладающий рекордной рабочей температурой ≥ 1000^0C), с параметрами $\varepsilon^T_{зз}/\varepsilon_o = 155$, $K_p = 0,19$, $|d_{31}| = 11$ пКл/Н, $V^E_1 = 5,5$ км/с и $\varepsilon^T_{зз}/\varepsilon_o = 48$, $K_p = 0,068$, $|d_{31}| = 3$ пКл/Н, $K_t = 0,31$, соответственно, для которых разработана серийная технология их производства без использования ГП. Полученные в работе материалы могут использоваться в высокочастотных акустоэлектрических преобразователях, ультразвуковых дефектоскопах и толщиномерах для неразрушающего контроля нагретых тел, расходомерах и датчиках контроля процессов, происходящих в различных промышленных энергетических установках.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Ларисе Андреевне.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Вертелецкая Н.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск, Россия,

e-mail: Nataverteleckaya@mail.ru

Существует множество активированных углеродных сорбентов. Они отличаются исходным составом и выбранным способом активации. Основной характеристикой, которая влияет на сорбционные свойства, является: пористая структура. Для выбора способа активации необходима характеристика исходных материалов, что и являлось целью настоящей работы. В качестве образцов исследования был отобран каменный угль следующих технологических марок: Д(длиннопламенный), Г(газовый), К(коксовый), ОС(отощенный спекающийся), СС(слабо спекающийся).

Навески отобранных образцов каменного угля подвергали механоактивации на лабораторном планетарно-фрикционном активаторе АГО-2С, при ускорении ударяющих тел до 100g. В результате получали однородные порошки черного цвета. Данные образцы были охарактеризованы по величинам насыпной и пикнометрической плотности, зольности и удельной поверхности. Состав образцов был характеризован по данным CHN-анализа, результаты приведены в таблице.

Таблица. Микротекстурные характеристики каменных углей Кузнецкого бассейна различных технологических марок.

ШИФР	$S_{уд}$, $м^2/г$	Пикнометрическая плотность, $г/см^3$	Насыпная плотность, $г/см^3$	Зольность, мас.%(T=850 ^{0}C, t=3 ч., воздух)	N	C	H
Д	12,3±0,6	1,222± 0.134	0,62±0,06	3,5±0,3	2,6	72,0	6,4
Г	5,7±0,3	1,234± 0.136	0,52±0,04	2,4±0,2	2,8	73,85	6,3
К	6,9±0,3	1,274± 0.140	0,66±0,06	12,1±0,9	2,3	81,0	5,1
ОС	5,4±0,2	1,285± 0.141	0,59±0,05	8,0±0,7	2,0	81,4	5,2
СС	6,1±0,3	1,293± 0.142	0,58±0,05	11,6±0,8	1,9	81,9	4,6

Выводы: каменные угли Кузнецкого бассейна обладают собственной небольшой пористостью. Проведенное первоначальное исследование микротекстурных особенностей образцов каменных углей Кузбасса, обозначило необходимость их дальнейших исследований с целью увеличения поверхности, а, следовательно, и улучшения сорбционных свойств.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н. Левченко Л.М. и научным консультантам к.х.н. Шавинскому Б.М и к. г.-м. н. Шестаковой О. Е.

ЦЕОЛИТИЗИРОВАННЫЕ ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ- АЛЬТЕРНАТИВНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ГРАНИТА

Верченко А.В.

ООО «Эсмальгласс-Итака Русия», рп. Каменоломни, Россия

e-mail: safit61rus@mail.ru

Благодаря своим уникальным свойствам, керамический гранит за довольно короткое время занял лидирующие позиции на рынке отделочных материалов, что повлекло за собой увеличение объёмов его производства в России. Однако, на сегодняшний день для технологии его производства актуальна проблема ограниченности сырьевой базы. Так, одним из основных сырьевых компонентов керамогранитной шихты является полевой шпат, как правило, импортируемый из-за рубежа, ввиду несоответствия российских месторождений этого материала производственным требованиям.

Автором была исследована возможность применения цеолитизированных природных материалов в составе шихт керамогранита взамен полевого шпата. В качестве исследуемых были выбраны природные материалы с различной степенью цеолитизации: цеолитовый туф Сокирницкого месторождения (Украина), цеолитовый туф Холинского месторождения (Читинская обл., Россия) и цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения (Орловская обл., Россия).

За базовый был взят шихтовый состав одного из предприятий по производству керамогранита, содержащий по массе: глина огнеупорная ДН-2 - 35%, глина тугоплавкая ВКН-2 -10%, щелочной каолин- 18%, полевой шпат- 37%. В исследуемых шихтах, взамен полевого шпата в количестве 37 % от общей массы, были использованы следующие материалы :ШС №1- цеолитовый туф Сокирницкого месторождения, ШС №2- цеолитовый туф Холинского месторождения, ШС №3- цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения. Подготовка масс осуществлялась шликерным способом с последующим обезвоживанием и размолом полученных коржей, прессованием на лабораторном прессе с удельным давлением 135 Бар и скоростном обжигом в муфельной печи с изотермической выдержкой при температуре 1200°С.

После обжига образцы керамического гранита имели следующие физико-механические свойства: базовый- усадка-7,12%, прочность на изгиб- 51,91 МПа, водопоглощение-0,18%;ШС№1-усадка-11,38%, прочность на изгиб- 68,97 МПа, водопоглощение-0,15%;ШС№2-усадка-10,78%, прочность на изгиб- 59,12 МПа, водопоглощение-0,12 %;ШС№3-усадка-11,80%, прочность на изгиб- 53,95 МПа, водопоглощение-0,29 %.

Из полученных данных видно, что образцы, полученные с использованием цеолитовых туфов и цеолитсодержащего трепела, обладают физико-механическими свойствами, очень близкими к свойствам стандартного керамогранитного черепа, полученного с использованием полевого шпата, что свидетельствует о возможности применения данных материалов в технологии производства керамического гранита.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.т.н., профессору Зубехину А.П., а также научному консультанту, к.т.н. Галенко А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ АТОМОВ N, C И O С АТОМАМИ ВОДОРОДА В ВАКАНТНЫХ УЗЛАХ РЕШЕТКИ АЛЮМИНИЯ "ИЗ ПЕРВЫХ ПРИНЦИПОВ"

Во Дат Зуй

Научно-образовательный и инновационный центр «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

e-mail: duydat_bel@yahoo.com

Алюминий является важным материалом из-за своей низкой плотности и коррозионной стойкости. Структурные компоненты сделанные из алюминии и его сплавов необходимы для аэрокосмической промышленности. Когда алюминий подвергается циклической нагрузке в контролируемой атмосфере, повышение влажности ускорят процесс роста трещины и снижает предел усталости. Хорошо известно, что атмосфера содержит не только атомы кислорода и водорода, а также большое количество углерода и азота. При этом взаимодействия кислорода и водорода с атомами алюминия в ГЦК решетке были исследованы. Например, атомы кислорода и водорода снижают пластичность трещины в алюминии [1], вакансии играют важную роль в водородном охрупчивании алюминия. На данный момент отсутствуют исследования о влиянии азота и водорода на алюминий. Но для других металлов, много внимания уделяется взаимодействиям азота и углерода с вакансией, так как это может существенно изменить механические и электрические свойства других металлов. Например, азот оказывается решающим фактором в формировании вакансий в молибдене [2] и углерод может упрочнять структуру металлических сплавов. В связи с важностью эффекта азота и углерода на другие металлы и их сплавы, необходимо, чтобы их взаимодействие с алюминием было изучено. Как сказано выше, взаимодействие вакансий и примесей может приводить ко многим изменениям механических и электрических свойств металла. Таким образом, в этой работе мы исследуем взаимодействия кислорода, азота, углерода и водорода с моно-вакансиями в ГЦК алюминии и влияние водорода, находящегося внутри вакансии, на эти взаимодействия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, заведующему лабораторией теоретических исследований и компьютерного моделирования, доктору физ.-мат. наук Липницкому Алексею Геннадьевичу.

Литература

1. Zamora, A.K. Nair, R.G. Henning, D.H. Warner // Physical Review B.-2012.-Vol.86.-P.060101-060105.
2. H.A. Filius, A. Van Veen // Jurnal of Nuclear Material.-1987.-Vol.87.-Num.144.-P.0022-3115.

ХЕМОЭПИТАКСИЯ ОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ

Возгорьков А.М.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: amv08@mail.ru

Цель настоящей работы - установление ориентационных соотношений между кристаллическими решетками Zr и его оксидов, и их влияния на субструктуру пленок ZrO_2.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь образцы пленок Zr с контролируемой ориентацией.

Ориентированные плёнки Zr (50-60 нм) получали методом электронно-лучевого испарения и конденсации в вакууме. Конденсацию Zr проводили со скоростью 0,7 нм·с$^{-1}$ на поверхность (001) монокристаллов KCl при температуре около 400^{0}С. Импульсную фотонную обработку образцов производили на установке УОЛП – 1М излучением трех газоразрядных ксеноновых ламп ИНП 16/250 в атмосфере воздуха при плотности энергии излучения, поступающей на поверхность образца в интервале $E_И$=110 – 240 Дж/см^2 в течение 0,7-2,0с.

Исследование ориентации и субструктуры пленок Zr и ZrO_2, образующихся при импульсной фотонной обработке (ИФО) проводили методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

Исходные пленки циркония содержат незначительное количество ZrO и имеет блочную (мозаичную) субструктуру, образованную нанозернами более чем одной эпитаксиальной ориентации.

В результате ИФО в интервале $E_И$ = 110 -170 Дж/см^2 образуются многофазные пленки: наряду с Zr и в незначительном количестве ZrO, пленки содержат ZrO_2(C).

ИФО при $E_И$ >170 Дж/см^2 приводит к образованию двухфазных пленок оксида ZrO_2 с орторомбической и моноклинной решеткой.

Выводы:

- показана возможность и определены режимы формирования эпитаксиальных нанокристаллических пленок оксидов ZrO_2 при фотонной активации процесса.
- для оксидных пленок, полученных при $E_И$ >170 Дж/см^2, характерна блочная нанокристаллическая субструктура. При корреляции размеров блоков ZrO_2 и зерен Zr более высокая дисперсность субзерен оксида обусловлена реализацией в пределах одного зерна Zr нескольких эквивалентных ориентаций. Размер субзерен оксида незначительно увеличивается с ростом $E_И$.
- выявлены внутризеренные дислокации, дефекты упаковки и границы двойников.
- установлен набор ориентационных соотношений между кристаллическими решетками металла и структурными вариантами оксида.
- кристаллы ZrO_2 (M) образуют двенадцать двухосных текстур (с учетом 90 - градусных и двойниковых позиций), наследуемых от текстуры пленки Zr.
- закономерные ориентационные соотношения между кристаллическими решетками оксида и Zr свидетельствуют о хемоэпитаксиальном росте ZrO_2.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю академику РАН, д.ф.-м.н., профессору Иевлеву В.М. за помощь при обсуждении результатов, а также к.ф.-м.н. Солдатенко С.А. за помощь в проведении исследований структуры пленок методом ПЭМ.

СИНТЕЗ ОКСИДНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ АДГЕЗИИ К ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОЙ ОСНОВЫ В РАМКАХ ПОДХОДА ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Виноградов Д.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Металлургии и Материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), г. Москва, Россия

e-mail: d_n_vinogradov@mail.ru

Предлагаемая методика синтеза композитного материала, представляющего из себя титановую основу с покрытием из рутильной керамики, за счёт биологической нейтральности диоксида титана, является перспективной для изготовления костных имплантатов. Использование подхода окислительного конструирования для получения данного продукта, позволяет создавать изделия практически любой геометрической конфигурации.

При рассмотрении возможности получения подобного композитного материала был выявлен ряд требований к свойствам конечного изделия: 1) получение однородного биологически нейтрального покрытия; 2) высокая степень адгезии синтезируемого покрытия к поверхности титановой основы; 3) выявление оптимального размера пор получаемого покрытия, способствующих образованию естественных костных образований и их прочному скреплению с поверхностью протеза; 4) сохранение высоких механических свойств исходной титановой преформы.

Для достижения данной цели было решено исследовать возможность высокотемпературного синтеза при следующих условиях: 1) температура синтеза в диапазоне 650-750 ˚С; 2) время выдержки в печи от 1 часа до 48 часов. Выбор данных параметров основан на результатах работы [1], основываясь на результатах которой можно сделать вывод, что при температурах свыше 750 °С и сроках выдержки свыше 24 часов синтезируемая керамика характеризуется излишне высокой пористостью вкупе с ухудшением свойств неокисленной титановой основы.

Комбинация кратковременной выдержки при температуре 750 ˚С и плавного охлаждения позволила достичь требуемых показателей прочности и пористости покрытия. Количественная оценка прочностных свойств полученного материала, на данном этапе исследований, не была проведена.

В процессе практической реализации данной методики удаётся получить готовое изделие с сформированным слоем керамики на поверхности, толщиной ~ 200-300 мкм, обладающим высокой степенью адгезии диоксида титана к не окисленной основе преформы.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю Солнцеву К.А., а также всему коллективу лаборатории №27.

Литература

1. Виноградов Д.Н., Зуфман В.Ю., Шашкеев К.А., Шворнева Л.И.,Солнцев К.А. Исследование фазовых изменений массивных титановых преформ в процессах окислительного конструирования // Перспективные материалы. 2011. № 6. С.59-64.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ВИБРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНКАХ

Власов Д.А.
ИФХЭ РАН, г. Москва, Россия
e-mail: russia-2005@mail.ru

Работа посвящена проблемам, связанным с нелинейными явлениями, возникающими под воздействием акустических полей на многофазную систему, состоящую из нескольких объектов различного фазового состояния. В основу экспериментальных исследований данной работы положены механизмы чувствительности частоты и добротности пьезоэлектрических резонаторов к параметрам системы типа «подложка - композитный плёночный объект». В данной работе для исследования виброреологических параметров наноразмерных плёночных материалов используется мультирезонансная система.

Для экспериментальных исследований было использовано устройство, состоящее из пьезорезонатора-подложки, модуля возбуждения колебаний в подложке и измерения параметров пьезорезонатора и ЭВМ. Модуль реализует пассивный метод возбуждения пьезорезонатора. Этот метод может применяться для определения резонансных частот разных гармоник одного или нескольких параллельно соединённых резонаторов с разными частотами. В нашем исследовании использовались резонаторы колебаний растяжения-сжатия по длине пластины. На поверхность резонатора наносилось полимерное покрытие. После этого пьезорезонатор помещался в фиксированную влажность, и измерялись его параметры. Исследования проводились для плёнок хитозана толщиной 3,5 мкм и 5,0 мкм, и плёнки полиакриловой кислоты толщиной 6,0 мкм. По результатам измерений были найдены зависимости плотности материала плёнки, модуля Юнга плёнки и добротностей резонансов системы «подложка - композитный плёночный объект» от относительной влажности.

Исследование показало, что для исследованных плёнок полиакриловой кислоты и хитозана при высоких влажностях отмечается резкое уменьшение резонансной частоты, сопровождающееся многократным уменьшением добротности. Как следует из экспериментов, при высоких относительных влажностях расчётное значение механической жёсткости принимает отрицательное значение. Данное исследование показывает, что в набухающих адсорбирующих полимерных плёнках при достаточно высоких давлениях адсорбата и наложении на плёнку акустического поля в виде колебаний растяжения-сжатия подложки может возникать явление отрицательной жёсткости, при котором эффективная вязкость плёнки резко увеличивается.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Симонову В.Н. (ИФХЭ РАН) – за руководство; и Красильниковой О.К. (ИФХЭ РАН), Матисон Н.Л., Лошманову Л.П. (НИЯУ МИФИ) – за участие в работе.

Работа выполнена в рамках проекта, финансируемого Российским Фондом фундаментальных исследований 13-07-00417а.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА Fe-Cr-Co ПОРОШКОВОГО СПЛАВА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КОБАЛЬТА

Вомпе Т.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: tvompe@gmail.com

Магнитно-твёрдые материалы широко используются в авиационной и космической технике. Сплавы системы Fe-Cr-Co представляют особый интерес: уменьшение содержания самого дорого компонента – кобальта, позволит снизить стоимость материалов при сохранении практически постоянного уровня магнитных свойств.

В качестве объекта исследования был выбран порошковый сплав Fe-(24,6-31,4)%Cr-(6,6-13,4)%Co-(0,3-3,7)%Mo-0,5%Si. Цель работы – изучить влияние температуры и скорости охлаждения при термомагнитной обработке на магнитные свойства сплава с пониженным содержанием кобальта. Были изготовлены порошковые образцы с различным химическим составом [1]. Относительная плотность готовых образцов составляла 97,9-99,9 %.

Метод планирования эксперимента использовали для оптимизации режимов термомагнитной обработки. Факторы оптимизации: остаточная индукция Br, коэрцитивная сила Hc и максимальное энергетическое произведение (BH)max, а переменные – температура начала термомагнитной обработки T_2 и скорость охлаждения v_1. Для всех сплавов был определен режим оптимальной термомагнитной обработки, который обеспечил получение максимальных магнитных свойств.

Максимальное значение индукции получено на сплаве Fe-24,6%Cr-10%Co-2%Mo-0,5%Si Br=1,355 Тл (13550 Гс), а максимальное значение коэрцитивной силы Hc=50,10 кА/м (630 Э) на сплаве Fe-26%Cr-12%Co-3%Mo-0,5%Si.

В работе также показано, что уровень магнитных свойств на некоторых сплавах с пониженным содержание кобальта соответствует уровню магнитных свойств литых деформируемых промышленных сплавов системы Fe-Cr-Co (ГОСТ 24897-81).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении работы научному руководителю д.т.н. Миляеву И.М., а также коллективу лаборатории № 15 ИМЕТ РАН.

Литература

1. Вомпе Т.А. Структура и магнитные свойства магнитотвёрдых Fe-Cr-Co сплавов с 7-13% кобальта // IX Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов». Москва. 23-26 октября 2012 г. / Сборник материалов. – М.: ИМЕТ РАН, 2012. – С. 37.

Работа поддержана грантом РФФИ № 12-03-31296.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ АНОМАЛЬНО КРУПНЫХ ЗЕРЕН БЕЙНИТНОГО ФЕРРИТА В МИКРОСТРУКТУРЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Воркачев К.Г.
ИМЕТ РАН, г. Москва, Россия
e-mail: Vorkachevk@gmail.com

Высокопрочные малоуглеродистые микролегированные стали получают контролируемой прокаткой с последующим ускоренным охлаждением. Структура таких сталей состоит из зерен полигонального феррита, бейнитного феррита, а также зерен игольчатого феррита и карбидных выделений. В мелкозернистой в целом микроструктуре этих сталей встречаются отдельные зерна аномально крупных размеров [1], которые могут быть причиной повышенной склонности к хладноломкости. Для того чтобы прояснить природу таких зерен в высокопрочных малоуглеродистых микролегированных трубных сталях было проведено исследование микроструктуры при комнатной температуре и микроструктуры, существовавшей при высоких температурах, методами оптической, ориентационной микроскопии, а также микроиндентирования с одних и тех же мест образцов.

Поскольку при комнатной температуре микроструктуры бывшего аустенита, существовавшей при высоких температурах, в высокопрочных малоуглеродистых микролегированных сталях не существует, то для ее визуализации применили специальную разработанную методику выявления границ зерен предшествующей микроструктуры. Микроструктура бывшего аустенита таких сталей представляет собой совокупность зерен различных размеров, имеющих форму блинов. Изучение микроструктуры, наблюдаемой на месте самых крупных зерен бывшего аустенита при комнатной температуре, методом дифракции обратно отраженных электронов показало, что в результате $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения образуются аномально крупные зерна бейнитной структурной составляющей. Помимо них стоит отметить присутствие в микроструктуре маленьких полигональных зерен феррита. Аномально крупные бейнитные зерна состоят из большого количества субзерен, а полигональные ферритные зерна практически не содержат субграниц, это свидетельствует о том, что при превращении не успели завершиться процессы рекристаллизации. Этот факт подтверждается разницей значений микротвердости больших бейнитных зерен и зерен других структурных составляющих. Прямые границы зерен, принадлежащие одновременно аномально большим зернам бейнита, а также предшествовавшим им зернам аустенита являются частично специальными, что, по-видимому, оказывает негативное влияние на механические свойства материала.

Заключение. Экспериментально показана структурная наследственность в высокопрочных малоуглеродистых микролегированных сталях.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим научным руководителям: академику д.х.н. Солнцеву К.А. и к.т.н. Кантору М.М.

Литература

1. Mechanism of Microstructural Banding in Hot Rolled Microalloyed Steels. S.Cai and D.Boyd/Mat.sci.forum, vols. 500-501, 2005, pp. 171-178

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ Li-ION АККУМУЛЯТОРОВ

Воронов В.А.

ИОНХ РАН, г. Москва, Россия

e-mail: voronovvs89@gmail.com

За последние два столетия многие удобства для жизни были получены благодаря открытиям и эксплуатации ископаемого топлива. Но резервы нефти, угля и природного газа сформировались за несколько сотен миллионов лет, а мы находимся на пути полного израсходования этих невозобновляемых источников энергии в течение нескольких сотен лет. Очевидно, что срочно требуются научно-технологические решения, чтобы предотвратить надвигающийся энергетический кризис грандиозных масштабов.

Решением данной проблемы может стать использование возобновляемых источников энергии, литий-ионных аккумуляторов. Существует ряд причин, по которым они не могут занять место невозобновляемых источников энергии, по электрохимическим характеристикам они еще не обладают достаточными емкостными характеристиками, жизненным циклом и некоторыми другими параметрами.

В последнее время $Li_aNi_bMn_cCo_dO_2$ [1] материалы широко используются в качестве катодных в литий-ионных аккумуляторах. Причем, являются хорошей альтернативой для $LiFePO_4$, $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$, $LiNi_xMn_yO_2$ и других электродактивных материалов, так как обладают более высокими электрохимическими характеристиками, в частности, емкостью (270 мА·ч/г и более).

Данные материалы в основном получают методом соосаждения, твердофазным синтезом, золь-гель и криохимическим методами. Однако, недостатки этих методов: высокотемпературная обработка (T=700-950^{0}C), продолжительный процесс. В настоящей работе представлен оригинальный метод получения $Li_aNi_bMn_cCo_dO_2$ материалов внедрением солевых прекурсоров в полимерную матрицу с дальнейшим отжигом при T < 600^{0}C, а так же было исследовано влияние добавления оксид графена и графена на электрохимические характеристики.

Полученные материалы были исследованы методами рентгеновской дифракции, сканирующей электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и другими. А так же были сняты электрохимические характеристики электродных ячеек, рабочие напряжения 2,0 – 4,8В.

Данный метод позволил получить многокомпонентные материалы с контролируемыми размерами частиц, высокими емкостными характеристиками и продолжительным жизненным циклом, которые могут конкурировать на нынешнем рынке.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д.х.н. Губину С.П. (ИОНХ РАН)

Литература

1. HA Lopez, S Venkatachalam - US Patent App. 12 / 869,976, 2010

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Вохминцев К.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: VoKirill@gmail.com

Всевозрастающие потребности в наноструктурированных материалах для микро- и оптоэлектроники требуют разработки экономичных способов получения необходимых полупродуктов, важнейшими из которых являются ультрадисперсные порошки.

Нами разработан метод получения нано- и субмикронных порошков со средним размером частиц менее 120 нм: Bi_2O_3 (110 нм), CeO_2 (8 нм), Cr_2O_3 (41 нм), Y_2O_3 (6 нм), ZnO (30 нм), $Ce_xZr_{(1-x)}O_{2-\delta}$ (8 нм), $Y_xZr_{(1-x)}O_{2-\delta}$ (6 нм), основанный на модифицированном золь-гель методе. В качестве золеобразователя был использован ацетилацетон; и в качестве стабилизаторов золя - гексаметилентетрамин или моноэтаноламин. Исследовано влияние условий синтеза на физико-химические свойства полученных порошков. Показано, что их фазовая чистота зависит от природы аниона соли, источника металла, и режима термообработки. Установлено, что текстура полученных частиц зависит от природы стабилизатора золя и величины их мольного отношения.

Нами использован оригинальный подход к созданию порошкообразного полупродукта для варисторной керамики на основе ZnO (Рис. 1*а*). Для обеспечения более равномерного распределения Bi_2O_3 в смеси ZnO-Bi_2O_3 нами были получены частицы ZnO с размером 30-60 нм, декорированные частицами Bi_2O_3 с размером 2-4 нм (Рис. 1*б*). Полученные результаты будут положены в основу лабораторной технологии получения ультрадисперсных порошков оксидов металлов.

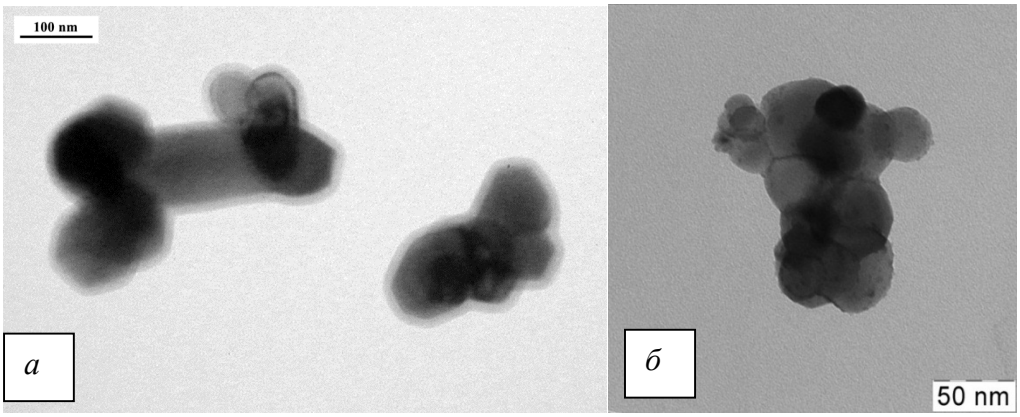


Рис. 1. Микрофотографии (ПЭМ) частиц ZnO: до (*а*) и после декорирования частицами Bi_2O_3 (*б*).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителям к.х.н. Трусовой Е.А и д.ф-м.н. Белоусову В.В.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: гранты №№ 12-08-31052 мол_а и 13-03-00350_а.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА СУБСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

Вуец А.Е.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина
e-mail: shulc01@mail.ru

Одним из прогрессивных методов обработки кромок лопаток паровых турбин с целью повышения их эрозионной стойкости является поверхностная закалка и отпуск с использованием скоростного нагрева токами высокой частоты (ТВЧ). Из-за больших габаритов рабочих лопаток турбин проведения отпуска в печи ($V_{нагр} \approx 0{,}1\ ^0C/c$) является трудоемкой и экономически невыгодной термической операцией. Можно предположить, что одной из методик, позволяющей повысить надежность эксплуатации лопаток закаленных ТВЧ, является использование в качестве заключительной операции локального скоростного отпуска с нагревом ТВЧ ($V_{нагр} \approx 800\ ^0C/c$). Использование скоростных нагревов (>100 $^0C/c$) для отпуска закаленных сталей открывает новые резервы для повышения прочности.

Целью работы было исследование и сравнение влияния именно скорости нагрева во время термообработки (закалка и отпуск) на структуру и субструктуру конструкционной стали 15Х11МФ, которая применяется для изготовления рабочих лопаток паровых турбин.

Образцы были подвергнуты поверхностной закалке с использованием нагрева ТВЧ и объёмной печной по оптимальным режимам для лопаток паровых турбин.

Для корректного сравнения субструктурных характеристик на образцах после отпуска была получена одинаковая твердость поверхности (34-35 HRC), которая достигается отпуском в печи 550 ^0C или ТВЧ отпуском 800 ^0C.

Субструктурные характеристики были получены с помощью рентгеноструктурного анализа по анализу уширения дифракционной линии.

Закалка (ТВЧ и печная) в сравнении с исходным состоянием приводит к измельчению блочной структуры почти в 2-2,5 раза (≈300-400 Å), увеличению показателей микродеформации в 5 раз (0,34-0,35 %) и плотности дислокаций в 2-3 раза - $(1{,}0\text{-}1{,}5)*10^{11}$ см$^{-2}$.

Высокая скорость нагрева в процессе отпуска ($V_{нагр} \approx 800\ ^0C/c$) приводит к задержке процессов релаксации напряжений II-го рода и процессов увеличение блоков α-фазы в сравнении с отпуском в печи независимо от предыдущего типа закалки. Отпуск с разными скоростями нагрева на одинаковую твердость (34-35 HRC) образцов, которые предварительно поддавались скоростной закалке с помощью ТВЧ, приводит к получению более дисперсной блочной структуры по сравнению с печным отпуском (580 Å против 700 Å). Величина микродеформации и плотности дислокаций также остается более высокими по сравнению с печным отпуском (0,22% против 0,13% и $0{,}75*10^{11}$ см$^{-2}$ против $0{,}71*10^{11}$ см$^{-2}$ соответственно).

Таким образом, можно предположить, что полученные субструктурные характеристики способствуют получению более высоких механических и эксплуатационных свойств стали.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Погребному Н.А. и Белозёрову В.В. за проведение рентгеноструктурного анализа.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГИДРОКСИАПАТИТОВ ДЛЯ СТОМАТОЛОГИИ

Ву Тхи Лиен

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия
e-mail: bimatcuahanhphuc.2012@yandex.ru

Механизм растворения синтетических или натуральных гидроксиапатитов кальция широко был изучен в течение последних 25 лет, поскольку гидроксиапатит является неорганической частью костей и зубов человека [1].

Целью данной работы является определение тенденции процессов растворения и физико-химических закономерностей растворения образцов синтезированных гидроксиапатитов [2].

Объектами исследования были немодифицированный (ГАП) и карбонатсодержащий (КГАП) и кремнийсодержаций (Si-ГАП) гидроксиапатиты. Эти образцы были синтезированы методом осаждения из водного раствора Ca(OH)2, H3PO4. В качестве реагента – «поставщика» аниона SiO44- выбрали тетраэтоксисилан, а иона CO32- - карбонат аммония. Исследование кинетики растворения образцов в кислой среде проводили при комнатной температуре 20оС $\pm$2оС, при перемешивании. Измерение pH проводили с помощью pH-метра Metter Toledo. Полученные результаты показали что, после пятисекундного выдерживания порошков в кислой среде наблюдается резкое изменение pH раствора для всех трех образцов. С увеличением времени экспозиции уменьшается скорость растворения и через 2 минуты практически не изменяется. Полученные кинетические кривые однотипны для всех исследуемых образцов. Установлено, что химическое модифицирование ГАП карбонат- и силикат- ионами увеличивает растворимость образцов при этом растворимость КГАП больше чем Si-ГАП. При скорости перемешивания 200 об/мин степень растворения составляет 29,5%, при 1000 об/мин – 59%. Кажущаяся энергия активации растворения составляет 11,95 кДж/моль. Это подтверждает, что растворение лимитируется диффузией ионов кальция и/или фосфата в интерфейсе.

Была исследована кинетика растворения ГАП в фосфатных буферных растворах со значениями pH= 6,8 и pH=7,0 близкими к pH слюны. Содержание Ca2+ в растворе фиксировали с помощью ионселективного электрода на иономере Мультитест ИЛЛ-102. В течение первых 3 суток выход кальция растет и достигает максимального значения через 4-6 суток, затем остается постоянным. Это можно объяснить тем что, наличие адсорбированных ионов (кальция и фосфата) на поверхности раздела фаз образует барьер против ионного транспорта. Также необходимо отметить что, в буферном растворе наибольшей растворимостью обладает Si-ГАП.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю кандидату биологических наук доценту Н.Г. Габрук и консультантам Ле Ван Тхуан, Доан Ван Дат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomann J.M., Voegel J. C., Gramain Ph. Kinetics of dissolution of calcium hydroxyapatite powder. III: pH and sample conditioning effects // Calcif Tissue Int. – 1990. V. 46. – p.121-129.
2. Трубицын М.А., Габрук Н.Г., Олейникова И.И., Ле Ван Тхуан, Доан Ван Дат. Синтез перспективных материалов для костной хирургии и стоматологии на основе модифицированных наноразмерных гидроксиапатитов // Фармаком. – 2011. – №3. – С. 35-39.

МАТЕРИАЛЫ $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ С ШИРОКИМ СПЕКТРОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Гаджимагомедов С.Х.

Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия, РД

e-mail: darkusch@mail.ru

В работе приведены результаты исследования структуры и свойств одного из этапов работ по созданию новых керамических материалов на основе сложных оксидов $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ с широким спектром электрических свойств, которые могут быть использованы в качестве мишеней при получении пленок методом магнетронного распыления.

Путем замещения бария бериллием в $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ был получен [1,2] ряд твердых растворов и смесей, проводимость которых изменяется (от ВТСП до полупроводника) на девять порядков при замещении бария бериллием, изменении содержания кислорода, а так же изменении фазового состава. Эти образцы обладают сравнительно высокими значениями влагостойкости, прочности и теплопроводности.

Образцы состава $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ при $x=0\div1$ синтезировались при температуре 915°С длительностью ~7 часов. Спекание проводится при температурах от 920°С до 1100°С. За оптимальную температуру спекания принималась температура, после которой плотность керамики (~ 5 г/см^3) существенно не изменялась. Исследование структуры проводились на дифрактометре Xcalibur S. в ИК РАН. Измерения истинной плотности образцов проводились методом гидростатического взвешивания ($\pm5\cdot10^{-4}$ г) в бутиловом спирте. Морфология исследовалась методом электронной микроскопии в режиме вторичных электронов сканирующим зондовым микроскопом LEO-1450 в АЦКИ ДНЦ РАН. Удельное электросопротивление измерялось четырехзондовым методом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору Палчаеву Д.К.

Литература

1. Д.К. Палчаев, М.Х. Рабаданов, Ж.Х. Мурлиева, С.Х. Гаджимагомедов, А.Г. Гамзатов, А.К. Мурлиев. Структура и свойства керамики на основе $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ Перспективные материалы. – 2009. -Т.3. С. 57-64.

2. Рабаданов М.Х., Гаджимагомедов С.Х., Исмаилов А.М., Исмаилов Х.Н., Палчаев Д.К. Мурлиева Ж.Х. Наноматериалы на основе $Y(Ba_{1-x}Be_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ Вестник ДГУ. 2012. В.1. С.40-45.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госзаказа №2.2172.2011 и Программы стратегического развития «Дагестанский государственный университет»

ВЛИЯНИЕ ОКРАШИВАЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КОРУНДОМУЛЛИТОВОЙ КЕРАМИКИ

Гайдайчук Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия
e-mail: gaidaichukev@sibmail.com

На сегодняшний день объемно-окрашенная керамика имеет широкое применение только в строительной промышленности. Ограниченная область применения объемного окрашивания при производстве технической керамики связана с неустойчивостью пигментов при повышенных температурах и невозможностью получения в связи с этим плотно спеченной прочной керамики. Однако существует ряд технологий, где применение окрашенной плотной керамики остро необходимо, например, в процессе тяжелосредной сепарации при обогащении различных руд. Различный цвет и крупность керамических трассеров дают возможность надежно определить извлечение той или иной по плотности и крупности фракции породы (песков, руды). К материалу трассеров предъявляются жесткие требования: высокая прочность, высокая износостойкость, инертность по отношению к среде, в которой используются. Цвета трассеров различной плотности должны быть визуально легко различимы, а окраска равномерна по всему объему.

Целью проводимых исследований является изучение зависимости свойств получаемого керамического материала от вида и содержания окрашивающих добавок в системах Al_2O_3 - $3Al_2O_3{\cdot}2SiO_2$ и Al_2O_3 - 3Al2O3·$2SiO_2$ - ZrO_2. Приготовление смесей составов на основе оксида алюминия и муллита с использованием различных добавок производилось смешением сырьевых оксидных материалов с растворами солей (нитраты, хлориды, сульфаты) или порошками оксидов модифицирующих добавок. Образцы готовились методом полусухого прессования с использованием временной связки и обжигались при температурах от 1440 до 1600 °С в воздушной среде.

Исследования показали, что применение окрашивающих добавок в виде солей кобальта, железа и оксида хрома (от 0,3 до 3 мас.% в пересчете на оксид) в смеси, содержащей электроплавленный муллит, одновременно с эффектом окрашивания позволило снизить температуру спекания на 20-50 °С (Тсп=1550-1580°С) по сравнению с аналогичным составом без добавок (1600 °С). В случае применения муллита твердофазового синтеза аналогичной плотности и яркости окраски при температурах до 1550 °С достичь не удалось. При использовании редкоземельных элементов наиболее удовлетворительная плотность получена при введении диоксида церия. Установлено, что добавка диоксида церия окрашивает оксид алюминия в серо-голубой, диоксид циркония в желтый цвет. Это связано с разным структурно-энергетическим состоянием иона церия в кристаллических решетках оксидов. Исследование влияния промышленных пигментов на качество керамических материалов высокотемпературного спекания показало, что одновременно с эффектом окрашивания спекающее действие проявляют пигменты, имеющие в своем составе Ni, Sb, Ti и Co.

Использование в качестве плавня высокотемпературной стеклообразующей композиции улучшает плотность и снижает температуру спекания на 20-30 градусов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д.т.н., Хабас Т.А.

КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ

Галинов А.Д.

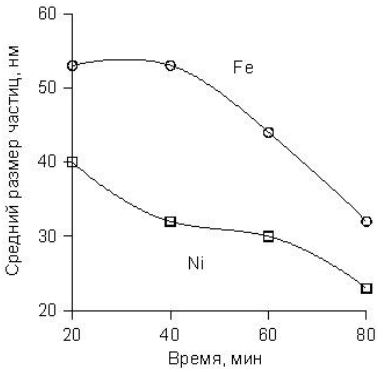
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: osa@pm.pstu.ac.ru

Нанопорошки металлов в порошковой металлургии используются для активации спекания более крупных порошков целью повышения плотности и улучшения прочностных свойств. Целбю работы было исследование кинетики формирования наночастиц металлов при восстановлении их из соединений химико-металлургическим методом.

Технологический процесс синтеза нанодисперсных порошков железа и никеля включал следующие основные стадии: получение гидроксида из соли ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$ или $NiCl_2 \cdot 6H_2O$) путём добавления осадителя NaOH, дегидратация гидроксидов, восстановление гидроксида в токе атмосфере осушенного водорода при разных температурах и изотермических выдержках.

Размеры истинных частиц, входящих в конгломераты, рассчитывали по значениям удельных поверхностей - средний размер частиц никеля был 23-40 нм, железа - 32-54 нм, рис. С увеличением времени выдержки наблюдали уменьшение размеров частиц, входящих в конгломераты. Аналогичное уменьшение размеров частиц наблюдалась и при увеличении температуры восстановления от 300 до 450 ^{0}С. Предположительно, зарождение новых частиц происходит в газовой среде, когда частицы разделены проточным газом водородом, который препятствует их росту. Рост конгломератов происходит за счёт присоединения новых мелких частиц. При увеличении времени восстановления, уменьшается концентрация паров железа или никеля и вероятность роста частиц за счёт присоединения новых атомов уменьшается. Доля мелкой фракции с течением времени восстановления увеличивается, и средний размер частиц порошков уменьшается. Рассчитанные в соответствии с предложенной математической моделью значения размеров частиц отличаются от экспериментальных на 2-4 нм, ошибка в вычислениях составила 4-10 %. Нанодисперсные порошки никеля использованы для активации спекания порошковых карбидосталей и элинваров без приложения давления до плотности 98-99 % и свойствами, не уступающими литым сплавам.



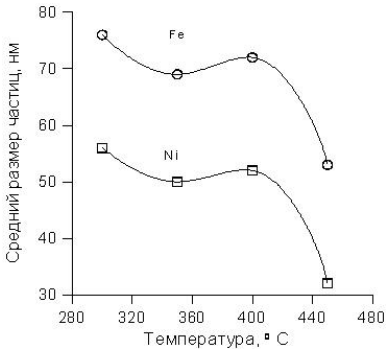


Рисунок – Зависимость экспериментально определенного среднего диаметра частиц никеля и железа от времени выдержки (а) при температуре 450 ^{0}С и температуры восстановления (б) при времени выдержки 40 мин

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., проф. Оглезневой С.А. за консультирование по теме доклада.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31521 мол_а.

ГИБРИДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТИТАНА И ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

Галкина О.Л.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской Академии Наук, г. Иваново, Россия

e–mail: olgalgalkina@mail.ru

Диоксид титана обладает уникальными фотофизическими и химическими свойствами, которые определяют новые спектры его практического использования в таких областях, как преобразование солнечной энергии, в фотокатализе, в качестве самоочищающихся, фотохромных, супергидрофобных покрытий. Значительный интерес представляет также получение новых типов фотоактивных материалов на основе TiO_2, которые, с одной стороны, позволили бы расширить область его практического применения, а с другой - получить новые фундаментальные знания о влиянии структуры материалов на их фотокаталитическую и биологическую активность.

В связи с этим, настоящая работа посвящена исследованию процесса взаимодействия и связывания нанокристаллического диоксида титана с функциональными группами хлопковых волокон, рассмотрены аспекты влияния сшивающего агента на прочность связывания, исследованы самоочищающиеся и бактерицидные свойства модифицированного хлопковых волокон. Разработан низкотемпературный золь – гель метод синтеза материалов на основе TiO_2, позволяющий получать кристаллические модификации TiO_2 уже в растворе, минуя стадию сушки и прокаливания. Последующая обработка гидрозолем TiO_2 волокон с использованием в качестве сшивающего агента – 1,2,3,4 бутантетракарбоновую кислоту (БТКК) позволяет прочно закрепить наночастицы на поверхности за счет ковалентного связывания.

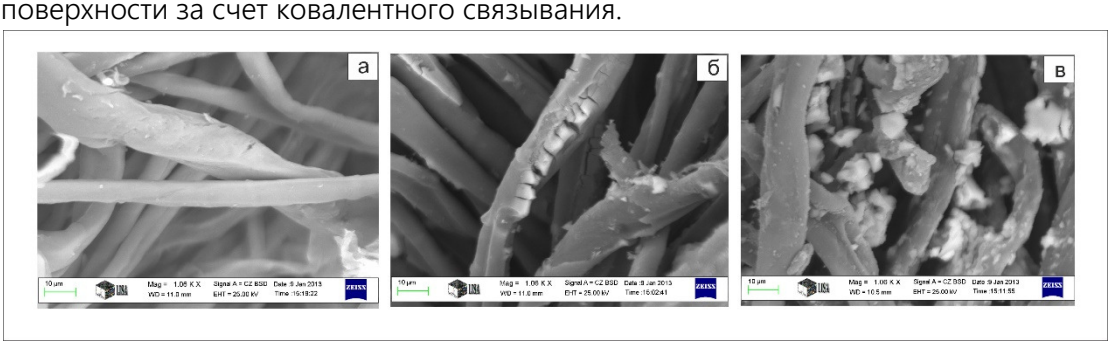


Рис.1. СЭМ снимки: чистое хлопковое волокно (а); хлопковое волокно, обработанное только диоксидом титана (б); хлопковое волокно, обработанное только диоксидом титана и сшивающим агентом (в).

Обработанные таким образом хлопковые волокна проявляют высокие самоочищающиеся и бактерицидные свойства и сохраняют их даже после пяти циклов стирки. Модифицированные TiO_2 волокна обладают также бактериостатическим эффектом, а именно препятствуют росту и развитию патогенных бактерий *(E.coli)* в борьбе с внутрибольничными инфекциями эффектом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., проф. Агафонову Александру Викторовичу

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ СТЕНОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМОВАНИЯ

Галушка Я.О.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

e-mail: yaroslavgalushka@gmail.com.

В работе исследованы комплексные поверхностно-активные добавки (далее ПАД) с коммерческими названиями «SimplexFix-2» (№ 1), «SimplexFrio» (№ 2) и «Masterceram» (№ 3), рекомендуемые компанией «Coral, GMBH» в качестве пластификаторов для производства стеновой керамики. Все ПАД представляют собой водные растворы неорганических и органических солей с концентрацией 25–30 % и плотностью 1,168–1,206 г/см^3.

Исследования влияния ПАД на свойства керамических масс и материалов проводили на рабочей смеси пылеватых супесей, их которой пластическим способом изготавливают лицевой кирпич на одном из украинских предприятий. Количество добавок, вводимых сверх 100 % шихты, составляло 0,5÷3 масс. % на сухое вещество. ПАД вводили в массы с водой затворения, количество которой корректировалось с учетом влаги, вносимой добавкой (при формовочной влажности масс 19 %).

Изучено влияние ПАД на влажности, характеризующие границы пластичного состояния керамических масс. Установлено, что все добавки оказывают на массы водоредуцирующий эффект, который в большей степени выражен у добавки № 3. Этот эффект проявляется в сохранении подвижности масс в состоянии верхней и нижней границы их пластического состояния при снижении влажности на 2–4 %. Все добавки снижают воздушную усадку масс (на 1,5–2 %), способствуя увеличению связности их конденсационной структуры и прочности высушенных полуфабрикатов. Более эффективной в этом отношении является ПАД № 3, добавление которой в количестве 0,75 масс. % позволяет на 95 % увеличить предел прочности образцов при изгибе в сухом состоянии.

Изучение обжиговых свойств масс показало, что все добавки приводят к высолообразованию на материалах, в меньшей степени выраженному для ПАД № 3. Спекающее действие добавок проявляется лишь при повышенной температуре (1080 °С). Использование ПАД неоднозначно влияет на механические свойства образцов, повышая их предел прочности при сжатии и, наоборот, снижая предел прочности при изгибе, особенно при температурах обжига 980 °С и 1030 °С. Анализ морозостойкости материалов (35–50 циклов) во взаимосвязи с коэффициентом их структурности Kc ($Kc_{мин}$ = 0,4; $Kc_{макс}$ = 0,9) показал, что применение любой добавки при температуре обжига 980 °С приводит к формированию в материале относительно крупных безопасных открытых пор и улучшению морозостойкости (Kc = 0,85–0,9). При температурах обжига 1030 °С и 1080 °С материалы спекаются лучше, но увеличение в них доли мелких пор и капилляров ухудшает их морозостойкость.

Среди всех исследованных ПАД, с точки зрения положительного влияния на дообжиговые и обжиговые свойства грубокерамических масс, наибольшее преимущество имеет добавка № 3, которая может быть рекомендована в производство стеновой керамики в количестве 0,75 % по сухому весу.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, доценту кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей Щукиной Л.П. за помощь в проделанной работе.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ МЕТОДОМ ОБРАБОТКИ В АТТРИТОРЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСО-, КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ СВЕРХЗВУКОВОГО ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ.

Геращенкова Е.Ю.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: mail@crism.ru

В настоящее время актуальна проблема разработки эффективных технологичных способов получения композитов, в том числе дисперсно-упрочнённых композитов с металлической матрицей, материалов состоящих из непрерывной в объеме металлической матричной фазы, в которой равномерно распределены ультрадисперсные частицы другой фазы, не взаимодействующие активно с матрицей.

Наиболее перспективными способами получения композиционных порошковых материалов являются методы ударно-дезинтеграторно активаторной обработки и обработки в аттриторе.

На базе ЦНИИ КМ «Прометей» создан не имеющий аналогов специализированный участок получения аморфных, нанокристаллических и наноразмерных порошковых материалов. Участок оснащен комплексом технологического оборудования для получения порошковых материалов, а также диагностическим оборудованием для исследования химических, геометрических и физико-механических характеристик порошков и покрытий на их основе.

Как известно, принцип создания композиционных порошков заключается в многократном столкновение частиц друг с другом (скорости соударений могут достигать 450 м/с). Существенной новизной получаемых по предлагаемому способу композиционных порошковых материалов, является наличие трех неразрывно связанных компонентов – твердого ядра, плакирующего слоя (пластификатора) и ультрадисперсных элементов.

Создание такого вида порошков открывает реальные возможности для реализации преимуществ одного из перспективных методов нанесения покрытий - метода сверхзвукового холодного газодинамического напыления.

Покрытия, полученные этим методом, имеют высокий уровень эксплуатационных характеристик и весьма перспективны для решения актуальных задач металлообработки, могут быть использованы для: ответственных изделий транспортной техники, трубопроводов для добычи нефти, прецизионной металлургии, строительной и дорожной техники, систем промышленной экологии, износо- коррозионностойких антифрикционных покрытий для узлов скольжения и т.п.

В процессе выполнения работы разработана технология получения порошков методом обработки в аттриторе, проведено исследование порошков. Исследованы технологические характеристики установки ХГДН, применительно к разрабатываемой технологии. Выбраны наиболее оптимальные параметры работы установки. Исследованы свойства покрытий. В качестве наиболее перспективного выбран состав Al-9%Sn-3%Zn, отвечающий максимальной адгезии при удовлетворительной твердости.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Самоделкину Е.А.

ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВАЯ НАПЛАВКА БАББИТА.

Гвоздев П.П.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

e-mail: ppgvozdev@gmail.com

Технологий наплавки применяют для создания покрытий с различными свойствами. Например, при создании узлов трибосопряжений, на рабочие поверхности пар трений наплавляют антифрикционные материалы.

Широкое распространение в классе антифрикционных материалов получили баббитовые сплавы. Их применяют при производстве тяжелонагруженных биметаллических подшипников скольжения. Традиционно для изготовления таких подшипников используют центробежное литье. Однако уровень литейных технологий невысок, о чем свидетельствует ряд проблем: ликвация легирующих элементов по толщине отливки, низкая адгезионная прочность, большой припуск на механическую обработку, низкая усталостная прочность из-за большого размера фазовых составляющих.

Плазменно-порошковая наплавка позволяет решить вышеперечисленные проблемы. Высокая скорость охлаждения наплавленного металла способствует формированию благоприятной структуры: частицы армирующей фазы равномерно распределены по толщине покрытия и более дисперсны, что повышает усталостную прочность наплавленного слоя. Также использование плазменно-порошковой наплавки позволяет получать покрытия с минимальным припуском на механическую обработку. Удается получить наплавленный слой с повышенной прочностью сцепления с основой и низким участием основного металла, зона сплавления баббитового покрытия с основным металлом не превышает 2 мкм.

Дополнительным резервом для повышения эксплуатационных свойств наплавленных покрытий является модифицирование баббита углеродными нанотрубками (УНТ). УНТ, способствует измельчению структуру сплава, повышая его механические свойства. Введение УНТ в состав покрытия увеличивает ресурс работы подшипника, снижая интенсивность износа на 25-30%.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.т.н. Кобернику Николаю Владимировичу.

ФОРМИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ЛИТИЙБОРГЕРМАНАТНЫХ СТЕКЛАХ, ДОПИРОВАННЫХ ИОНАМИ НИКЕЛЯ, ОБЛУЧЕНИЕМ ЛАЗЕРОМ НА ПАРАХ МЕДИ

Гельманова Т.О.

Российский Химико-Технологический университет имени Д.И.Менделеева, г. Москва, Россия

e-mail: gelmanova@bk.ru

Модифицирование прозрачных стекол с помощью лазерного облучения является перспективным и быстро развивающимся методом формирования локальных кристаллических структур в объёме стекла, в том числе сложной архитектуры, которые могут служить основой для разработки интегральных сверхскоростных модуляторов световых потоков, оптических фильтров, разветвителей, высокоэффективных полностью оптических микроразмерных линий передачи.

В данной работе с помощью лазера на парах меди «КУЛОН-10Cu-М» осуществлена локальная кристаллизация стекла состава $25Li_2O{\cdot}25B_2O_3{\cdot}50GeO_2$ с добавкой 0,5 мол.% NiO, обеспечивавшей поглощение образцами излучения лазера. Выбор состава стекла обусловлен возможностью выделения в нем нецентросимметричных кристаллов боргерманата лития $LiBGeO_4$, совпадающего по составу с матрицей стекла и обладающего квадратичной оптической восприимчивостью с интенсивностью сигнала ГВГ на порядок выше, чем у α-кварца. Для уменьшения термических напряжений при облучении образец нагревался до 430-450°С в миниатюрной электрической печи, которая устанавливалась на двухкоординатный моторизованный столик с компьютерным управлением. В ходе экспериментов были подобраны режимы облучения, при которых вдоль направления сканирования формируются области с измененным показателем преломления в объёме стекла и кристаллы на поверхности: образцы стекла облучали сфокусированным лазерным пучком со следующими характеристиками: две линии генерации с длинами волн 510,6 нм и 578,2 нм и суммарной средней мощностью 6,5 Вт, частота следования импульсов 12,5 кГц, длительность импульсов 15 нс. Установлено, что при высоких скоростях сканирования лазерным лучом (500-2000 мкм/с) наблюдалось изменение показателя преломления стекла, а кристаллы при этом не выделялись. Ширина области с измененным показателем преломления в несколько раз превышала диаметр перетяжки лазерного пучка и уменьшалась с увеличением скорости сканирования, изменяясь в пределах 0,3-1,5 мм. При скорости сканирования 300 мкм/с и ниже по краям облученной области формировались кристаллы с размерами 1-3 мкм. При скоростях 100-200 мкм/с на поверхности стекла образовывались узкие линии из хорошо ограненных кристаллов большего размера (5-10 мкм), а при уменьшении скорости сканирования до 25 мкм/с наблюдалась практически сплошная поверхностная кристаллизация. Рентгенофазовый анализ и локальная спектроскопия комбинационного рассеяния показали, что выделенные кристаллы соответствуют тетрагональной фазе $LiBGeO_4$. В полученных кристаллах наблюдался эффект генерации второй гармоники, подтвердивший наличие в них квадратичной оптической нелинейности. Полученные результаты представляют интерес для разработки гибридных стеклокристаллических структур с нелинейно-оптическими свойствами.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за содействие в работе научного руководителя – зав. кафедрой стекла, д.х.н., профессора В.Н. Сигаева и сотрудников Международной лаборатории функциональных материалов на основе стекла им. П.Д. Саркисова к.х.н. С.В. Лотарева и А.С. Липатьева.

СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Герасимчук Н.В.

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

e-mail: natasha-g@list.ru

Первые успехи в получении и визуализации наночастиц (НЧ) металлов дали начало широким исследованиям и развитию важной области нанофотоники – наноплазмонике. Эта область исследует явление, связанное с наблюдением острых пиков в спектрах поглощения (образование локализованных поверхностных плазмонных резонансов (ЛППР)) и рассеяния света наноразмерными металлическими частицами, а также локальное усиление электромагнитного поля в окружающей среде. В настоящее время достаточно широко исследуется применение устройств на основе ЛППР: устройства передачи информации в сверхбыстрых микросхемах; устройства для повышения эффективности светодиодов; создание высокочувствительных химических и биологических сенсоров и др. Основной проблемой в настоящее время является поиск новых методов получения НЧ металлов разных размеров, форм, состава и структуры, в которых можно управлять положением ЛППР в видимой области спектра. Одновременно наночастицы должны обладать стабильными свойствами, а регламенты их получения соответствовать экологическим нормам [1].

В работе приведены результаты получения наночастиц серебра восстановлением из растворов. Проведено исследование изменения спектров плазморезонансного поглощения коллоидных растворов серебра в зависимости от параметров синтеза этих систем. Основными параметрами, определяющими форму и положение полосы ЛППР, являются: тип восстановителя, скорость смешивания и соотношение реагентов, pH, температура, показатель преломления окружающей среды, длительность хранения и концентрация коллоидных частиц. Дисперсии исследовались методами спектрофотометрии и электронной микроскопии. Оптические спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре СФ-56 в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 10 мм в диапазоне длин волн 190–1100 нм. Электронно-микроскопические исследования проводились на микроскопе ЭМВ-100А. С привлечением теории Ми оценены значения концентрации электронов N_e, коэффициента затухания плазмонных колебаний γ и доли объёма *NV*, занимаемого наночастицами.

В частности исследовались гидрозоли серебра, полученные восстановлением ионов Ag^+ борогидридом натрия ($NaBH_4$). Обработку спектров поглощения и определение параметров N_e, γ, *NV* проводили с использованием методики расчета [2]. Показано, что изменение этих величин зависит от соотношения реагентов (нитрат серебра : восстановитель). Вероятно, это связано с неоднородным распределением частиц по размерам и присутствием частиц разных форм и наноструктур.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – д.ф.-м.н., проф. Колесникову Л.В.

Литература

1. Герасимчук Н.В., Швайко И.Л., Морозова Т.В., Руссаков Д.М., Звиденцова Н.С., Колесников Л.В. // Изв. Вузов. Физика. – Т.55, №8/2, 2012, – С. 247-248.

2. Топорко А.В., Цветков В.В., Ягодовский В.Д., Исса А. // Ж. Физической химии. – Т. 69, № 5, 1995,– С. 867–870.

СВЧ-ПОГЛОЩЕНИЕ И ДИССИПАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР В СИСТЕМАХ ABO_3-$A'_2B_2O_7$ (A = Na; A' - Ca, Sr; B – Nb)

Гершенович В.В.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: hasadykov@sfedu.ru

В настоящее время материалы, обладающие свойствами высокоэффективного поглощения св ерхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных (ЭМ) излучений, находят широкое промышленное применение в технике СВЧ (фазовращатели, фильтры, коммуникаторы), а также в качестве различных радиопоглощающих покрытий. В связи с этим поиск и изучение таких материалов представляется актуальным.

В данной работе исследованы спектры поглощения СВЧ энергии ЭМ поля сегнетоэлектриков (СЭ) $Sr_2Nb_2O_7$ и $Ca_2Nb_2O_7$ со слоистой перовскитоподобной структурой, а также их твёрдых растворов (ТР) с антисегнетоэлектриком $NaNbO_3$ в системах $(1-x)NaNbO_3$-$xSr_2(Ca_2)Nb_2O_7$ ($0 \leq x \leq 1,0$). Рентгенографические исследования проводились методом порошковой дифракции с использованием дифрактометров ДРОН-3 и АДП. Исследовались измельчённые керамические объекты, что позволило исключить влияние поверхностных эффектов, напряжений и текстур, возникающих в процессе получения керамик. Для измерений спектров L(f) использовалась установка, состоящая из генератора качающейся частоты, широкополосной микрополосковой линии (МПЛ), работающей в режиме бегущей волны, и панорамного измерителя коэффициента стоячей волны напряжений (КСВН) и ослабления Р2-61 в диапазоне частот 7,8-11,8 GHz. Показано, что в спектрах поглощения СВЧ-энергии ЭМ-поля изученных соединений, а также в их ТР с $NaNbO_3$ из областей сосуществования слоистых и перовскитовых фаз, а в последнем случае – структур с различной мультиплетностью ячеек, имеют место большие (более 40 dB) максимумы поглощения резонансного типа. Наблюдаемое связано как с кристаллохимическими особенностями изученных СЭ-соединений (слоистостью их структуры и, как следствие, известной непрочностью химических связей), так и с повышенной дефектность ТР, характеризующихся структурной неустойчивостью из областей морфотропных и реконструктивных фазовых переходов. Полученные результаты дают основание полагать, что изученные композиции могут стать перспективной основой радиопоглощающих материалов, используемых, в частности, для подводных применений.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Ларисе Андреевне.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (НИР № 2.5940.2011; № 2.5930.2011), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0587) на оборудовании ЦКП «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твёрдых тел» НИИ физики ЮФУ.

ФОТОПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА НАНОДИСПЕРСНЫХ CeO_2 И $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y}$

Гиль Д.О.

Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: gildima2@gmail.com

Диоксид церия и твердые растворы на его основе являются перспективными материалами для замены TiO_2 и ZnO в составе УФ-фильтров. Зонные структуры CeO_2 и $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y}$ и диоксида титана достаточно схожи, в связи с чем они могут эффективно поглощать ультрафиолетовую часть солнечного спектра. В то же время, характерная для диоксида церия высокая кислородная нестехиометрия, дополнительно увеличивающаяся при переходе в нанокристаллическое состояние, позволяет предположить существенно меньшую по сравнению с TiO_2 подвижность свободных носителей зарядов и время их жизни. Следовательно фотокаталитическая активность указанных материалов должна быть также существенно снижена. К настоящему времени данные о ФКА CeO_2 являются крайне фрагментарными и зачастую противоречат друг другу; более того фотокаталитические свойства твердых растворов на основе диоксида церия до сих пор не были изучены. В связи с этим, целью данной работы явилось исследование фотокаталитической активности нанокристаллического диоксида церия и гадолиний-содержащих твердых растворов на его основе ($Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y}$ x = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20).

Синтез твердых растворов $Ce_{1-x}Gd_xO_2$ (x=0, 0.10, 0.15, 0.20) проводили из смешанных водных растворов, содержащих нитрат церия (III), нитрат гадолиния и лимонную кислоту. К полученной смеси добавляли водный раствор аммиака. Синтез порошков диоксида церия осуществляли методом быстрого осаждения из раствора нитрата церия (III) 3 М раствором аммиака с последующей термической обработкой при температурах 300, 400, 500, 600, 700 °С в течение 2 ч. Полученные материалы анализировали с использованием методов РФА, КР-спектроскопия, ПЭМ. Фотокаталитическая активность исследуемых образцов была изучена в модельной реакции фотодеградации красителя кристаллического фиолетового. В ходе выполнения работы были проведены сравнительные исследования фотоактивности CeO_2 и $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y}$ и образца сравнения TiO_2 (Evonik Aeroxide P25). Было также изучено влияние pH среды на скорость фотодеградации кристаллического фиолетового в присутствии нанокристаллического диоксида церия.

Было установлено, что скорость фотодеградации красителя в присутствии нанодисперсных твердых растворов на основе диоксида церия на несколько порядков ниже, чем в присутствии диоксида титана, и значительно ниже, чем в контрольных экспериментах при УФ-облучении растворов красителя в отсутствие фотокатализаторов. Скорость фотодеструкции красителя в суспензиях CeO_2 на несколько десятков процентов выше, чем в суспензиях, содержащих $Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y}$, однако значительно ниже, чем в контрольных экспериментах. Можно констатировать, что материалы на основе диоксида церия обладают фотопротекторными свойствами. Было дополнительно установлено, что с увеличением pH среды наблюдается резкое снижение скорости фотодеструкции красителя.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., доц. Иванову В.К.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 11-03-00828).

АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ПРОПАНТЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОГНЕУПОРНОГО ГЛИНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Говорова Л.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: laraGVred@mail.ru

С целью повышения механической прочности алюмосиликатных пропантов (материалов, используемых в операции гидроразрыва пласта) проводились исследования по изысканию способов регулирования процессов синтеза муллита и спекания алюмосиликатной керамики с опробованием в качестве основного глиносодержащего сырья продуктов обогащения отечественных каолинов месторождения «Журавлиный Лог» Челябинской области, Кампановского месторождения Красноярского края, каолина-сырца и глинистого боксита Гавриловского участка Барзасского месторождения Кемеровской области, глинистых бокситов Иксинского месторождения Архангельской области.

Установлено, что использование высокожелезистого (содержание Fe_2O_3 – 16-17 %) глинистого боксита в количестве 20-30 мас.% интенсифицирует процесс спекания каолина в 2 раза, обеспечивая при температуре 1400 °С увеличение прочностных характеристик в 1,5 раза. Добавка диабазового порфирита в огнеупорное глинистое сырье в количестве 10 - 30 мас. % оказывает спекающе-упрочняющее действие за счет образования силикатного расплава, обеспечивая повышение прочности материала в 1,5 – 2 раза при температуре обжига 1350 °С. Использование комплексной добавки в виде смеси диабазовой породы (10 – 20 %) с пиритными огарками (5 % сверх 100%) резко активирует процесс спекания каолина в температурном интервале 1350 – 1450 °С за счет изменения реологических свойств и повышения реакционной способности железисто-силикатного расплава, приводя к расплавлению каолино-диабазовых композиций при температуре обжига 1450°С.

Эффективность действия добавок оксидов 3d-переходных элементов, образующих дефектные твердые растворы с муллитом (Fe_2O_3 и MnO_2), и добавок щелочных и щелочно-земельных оксидов, регулирующих реологические свойства силикатных расплавов (Na_2O и CaO), на процесс уплотнения и упрочнения каолина определяется температурой обжига композиций из глинистого сырья. По эффективности влияния на спекание алюмосиликатной керамики в интервале температур 1400 – 1450 °С, выбранные добавки можно расположить в следующий ряд: $Fe_2O_3 > MnO_2 > Na_2O > CaO$.

Для количественной оценки активности действия минерализаторов на процесс упрочнения каолина при различной температуре его предварительной термообработки и спекающего обжига предложен коэффициент термической активности минерализатора. По характеру действия добавок на процесс спекания и активность действия минерализатора предложен ряд термической активности для каждой группы минерализаторов в зависимости от температурных условий ведения процесса.

Предварительная термообработка боксита при 850˚С при использовании его в технологии пропантов обеспечивает при температуре спекающего обжига 1450˚С насыпную плотность гранул до 1,83 – 1,90 г/см^3. Полученные пропанты выдерживают разрушающие давления до 70 МПа (с долей разрушенных гранул фракции 20/40 – 6,7%).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Вакаловой Татьяне Викторовне, доктору технических наук, профессору кафедры технологии силикатов и наноматериалов НИТПУ.

РАЗРАБОТКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВМПЭ

Гоголева О.В.

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Россия

e–mail: oli-gogoleva@yandex.ru

В настоящее время одним из перспективных направлений при создании новых композиционных материалов является замена традиционных полимерных композитов на наноматериалы, содержащие в своем составе нанокомпоненты с различными механизмами действия на полимерную матрицу, обусловливающие приспосабливаемость материалов к внешним воздействиям и обеспечивающие оптимальные служебные характеристики. Преимущества полимерных нанокомпозитов проявляются, прежде всего, в том, что достижение искомых эффектов в области эксплуатационных характеристик материала реализуется при более низких, по сравнению с традиционными методами, концентрациями частиц нанонаполнителя, что является следствием более высокой степени распределения наночастиц, и позволяет максимально использовать потенциал межфазных взаимодействий полимер-нанонаполнитель.

В работе приведены результаты исследования физико-механических и триботехнических характеристик полимерных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (марки Ticona с молекулярной массой 4,7 млн) и наноструктурированного вермикулита, со средним размером частиц 30-70 нм (табл.1).

Таблица 1

Физико-механические и триботехнические характеристики ПКМ на основе СВМПЭ и вермикулита

Состав	С, мас.%	ε , %	δ , МПа	Е, МПа	I, мг/ч	f	Т, °С
СВМПЭ	-	300	31	730	0,67	0,23	80-90
СВМПЭ+ вермикулит	0,5	310	36	960	-	-	-
	1	340	37	800	-	-	-
	2	340	39	820	0,32	0,17	65-70
	5	320	38	790	0,45	0,27	65-70

где σ_p - прочность при растяжении, МПа; ε_p - относительное удлинение при разрыве, %; E_m - модуль упругости, МПа.

Показано, что модификация СВМПЭ механоактивированным природным вермикулитом позволяет получить нанокомпозит, обладающий высокой износостойкостью, стабильным коэффициентом трения и повышенными деформационно-прочностными показателями. Подобные свойства композита обусловлены влиянием слоистого наполнителя на процессы формирования структуры композита. Введение его в полимер приводит к формированию более упорядоченной структуры композита с плотной упаковкой структурных элементов, что подтверждено результатами электронно-микроскопических исследований.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору, д.т.н. Охлопковой А.А. за помощь в подготовке тезисов.

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ Li:W:Mn:SiO_2 КАТАЛИЗАТОРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА В ЭТИЛЕН

Голиков С.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина», г. Москва, Россия

e-mail: perconte@mail.ru

Проведено изучение фазового состава синтезированных различными методами композитных материалов: 1) Li:W:Mn:SiO_2 = 2:1:0:37 (золь-гель синтез); 2) Li:W:Mn:SiO_2 = 2:1:2:37 (золь-гель синтез); 3) Li:W:Mn:SiO_2 = 2:1:2:10 (золь-гель синтез); 4) Li:W:Mn:SiO_2 = 2:1:2:91 (твердофазный синтез). Сопоставляли фазовый состав свежеприготовленных образцов и материалов после использования в реакции окислительной конденсации метана (ОКМ), позволяющей в одну стадию получать этилен из метана.

Фазовый состав порошков свежеприготовленных образцов и образцов, испытанных в реакции окислительной конденсации метана определяли методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Brucker D8 с детектором VANTEC (Cu-K_α излучение, λ=1.5418 Å). Установлено, что в композите 1, не содержащем Mn, SiO_2 преимущественно кристаллизуется в виде кристобалита. В образцах 2-4, содержащих Mn, в процессе ОКМ уменьшается содержание кристобалита и увеличивается содержание кварца. В свежеприготовленных образцах 1-3 присутствуют Li_2WO_4 ромбоэдрический, а также $Li_6W_2O_9$, который после ОКМ переходит в Li_2WO_4 тетрагональный. В образце 3 с относительно более высоким содержанием Li_2WO_4 и Mn_2O_3 реализуются три полиморфные модификации Li_2WO_4 (ромбоэдрическая, тетрагональная и орторомбическая), при этом первоначально образовавшийся кристобалит без примеси кварца после 14 часов проведения ОКМ переходит в смесь тридимита и кварца. В образце 4, приготовленном твердофазным синтезом, образование $Li_6W_2O_9$, а также ромбоэдрического и орторомбического Li_2WO_4 не наблюдалось, SiO_2 после ОКМ практически нацело превратился в кварц, а первоначально образовавшийся Mn_3O_4 восстанавливался до Mn_2O_3. Таким образом, главной особенностью исследованных катализаторов, полученных золь-гель методом, в отличие от твердофазно синтезированного аналога, является ранее не наблюдавшееся образование фазы $Li_6W_2O_9$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н. Локтеву А.С. и научному консультанту д.х.н. Нипану Г.Д. (ИОНХ РАН) и к.х.н. Пархоменко К.В. (Страсбургский университет, Франция).

ГРАНУЛЫ В СИСТЕМЕ ГИДРОКСИАПАТИТ – КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРИИ КОСТНОЙ ТКАНИ

Гольдберг М.А.
ИМЕТ РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: naiv.syper@gmail.com

Лечение патологических заболеваний костной ткани, в том числе в онкологии, часто связано с хирургическими вмешательствами, приводящими к обширным послеоперационным дефектам, размером больше критического. Для возвращения пациентов к комфортной жизни такие дефекты должны быть устранены. Современный подход, разрабатываемый в течение последних двух десятилетий – инженерия костной ткани – основан на концепции регенерации костных дефектов. В нем используют пористый матрикс из биодеградируемого материала, на котором должно происходить образование костной ткани. Создание материалов матриксов с контролируемой скоростью деградации (резорбции), согласующейся с кинетикой формирования костной ткани *de novo*, является одной из ключевых, наиболее актуальных задач для реализации метода инженерии костной ткани. Кроме того, такие материалы должны обладать определенным уровнем механических свойств для обеспечения несущей способности.

Одним из способов регулирования скорости резорбции является создание композиционных материалов, содержащих высоко- и низкорезобрируемые компонентны. В настоящей работе выбрана система гидроксиапатит (ГА) – карбонат кальция (КК). ГА является основным минеральным компонентом костной ткани человека. КК в форме кальцита — биологически совместимое соединение, обладающее высокой скоростью резорбции. Варьируя соотношения компонентов в этой системе можно регулировать скорость резорбции. Основным технологическим препятствием для получения композиционных керамических материалов в системе ГА – КК является термическое разложение КК в процессе спекания. Для создания таких материалов необходимо проведение исследований по синтезу, физико-химическому взаимодействию ГА с КК в широком интервале составов и технологии керамических материалов из них.

Нанодисперстные порошки системы ГА-КК с расчетными массовыми соотношениями компонентов 80/20, 60/40, 50/50, 30/70 и 20/80 масс.% ГА/КК получали методом осаждения из водных с последующими операциями старения и механохимической активации. В порошки вводили спекающую добавку на основе карбоната калия, после чего получали шликер на основе желатина. Гранулы получали суспензионным методом на основе эффекта несмешивающихся жидкостей. Спекание гранул проводилось в атмосфере CO_2 при T=620-680°C. Согласно данным рентгенофазового анализа, материалы после спекания были двухфазными и содержали карбонат-замещенный гидроксиапатит и КК. Согласно данным сканирующей электронной микроскопии, гранулы имеют взаимосвязанные поры с бимодальным распределением пористости по размерам – присутствуют крупные поры размером 50-300 мкм и мелкие поры 1-5 мкм. Проведенный эксперимент in vitro показал отсутствие острой цитотоксической реакции и биосовместимость всех материалов. При подкожной имплантации крысам материала с массовым соотношением 60/40, было показано, что материалы поддерживают неоваскуляризацию, формирование соединительной ткани. Эксперимент in vivo по замещению костного дефекта голени крысы показал увеличение скорости биорезорбции с увеличением количества КК в материалах.

Таким образом, гранулы в системе ГА - КК являются перспективными в качестве матриксов с контролируемой скоростью биорезорбции для инженерии костной ткани.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность чл.-корр. РАН, проф., заслуженному деятелю науки РФ Баринову С. М., в.н.с., к.т.н. Смирнову В. В. и всем сотрудникам лаборатории ККМ №20 ИМЕТ РАН, а также академику РАН Иевлеву В.М, к.ф.-м.н. ,в.н.с. Шворневой Л. И., к.т.н., в.н.с. Куцеву С.В., сотрудникам лаборатории прогноза ФГУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А.Герцена Росмедтехнология» д.м.н. Сергеевой Н.С., к.м.н. Свиридовой И.К., Кирсановой В.А., Ахмедовой С.А

Работа выполнена при поддержке соглашения № 8299 между Минобрнауки РФ, РАН и ИМЕТ РАН, а также гранта РФФИ №11–08–00596а и программы Президиума РАН П24.

ТОПОГРАФИЯ И СМАЧИВАЕМОСТЬ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙЗАМЕЩЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

Городжа С.Н.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: sveta_gorodzha@mail.ru

Для клинического применения имплантат должна иметь соответствующие биологические, физические и механические свойства. Более прочное крепление имплантата и обеспечение его связи с костью возможно с помощью специально сконструированных покрытий, изготовленных из гидроксиапатита (ГА). Известно, что присутствие кремния в материале ускоряет процесс остеоинтеграции и эти данные позволяют прогнозировать перспективность использования кремний-замещенного (Si-ГА) ГА в качестве покрытий для медицинских имплантатов. Использование метода высокочастотного (ВЧ-) магнетронного распыления позволяет получать Si-ГА покрытия с регулируемым составом и структурой при сохранении высокой адгезии покрытий к подложкам.

Целью данной работы является исследование смачиваемости и шероховатости поверхности покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления Si-ГА мишени.

Покрытия были сформированы методом ВЧ-магнетронного распыления при мощности 200 Вт, давлении 0,1 Па. В качестве материала для распыления использовался спеченный при 1100°С в течение 1 часа порошок Si-ГА ($Ca_{10}(PO_4)_{6-x}(SiO_4)_x(OH)_{2-x}$, x=0,5). Для напыления использовались подложки двух типов: технически чистый титан ВТ1-0 и нержавеющая хромоникелевая медицинская сталь 12Х18Н10Т. Данные о шероховатости поверхности были получены на приборе НаноСкан-3D (ТИСНУМ) и определялись согласно ГОСТ 2789-73. Измерение контактного угла проводилось при помощи метода сидячей капли на оборудовании OCA 15 Plus (Data Physics Instruments GmbH, Германия).

В таблице 1 приведены результаты измерения шероховатости и водного контактного угла поверхности Si-ГА покрытия.

Таблица 1. Значение контактного угла и шероховатости Si-ГА покрытий

Образец	Средняя шероховатость (R_a), нм	Средняя максимальная высота профиля (R_z), нм	Контактный угол, град
Si-ГА на стальной подложке	87±10	445±23	104,39±1,5
Si-ГА на титановой подложке	1314±50	7676±75	92,4±1,6

Сопоставляя данные шероховатости и краевого угла смачивания, можно выявить зависимость между двумя этими параметрами. С увеличением шероховатости значения краевого угла смачивания уменьшаются. Si-ГА покрытия являются гидрофобными, что можно объяснить бимодальной шероховатостью, возникающей при формировании покрытия в процессе напыления. Однако, после 10 минут контактный угол достигает значение, благоприятного для распластывания фибробластов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф.-м.н. Сурменеву Р.А и коллеге к.ф.-м.н. Сурменевой М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОЙ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

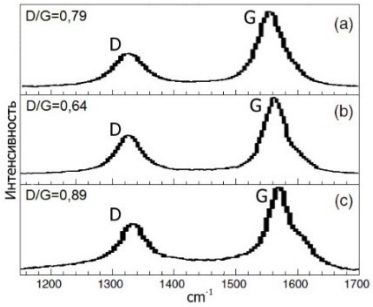
Горский С.Ю.

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия

e-mail: eshik_88@mail.ru

Углеродные нанотрубки (УНТ) применяют в составах различных композиционных материалов. Однако следствием неравномерности распределения углеродных нанотрубок в полимерах является их малая эффективность в составе композитов. Благодаря ковалентной функционализации поверхности УНТ возможно формирование химических связей на границе раздела со многими полимерами и образование относительно упорядоченной сетки в объеме нанокомпозитов. Достижению совместимости с полярными полимерными матрицами способствует пришивка к поверхности УНТ кислородсодержащих функциональных групп (например, карбоксильных и гидроксильных). Целью настоящей работы явилось исследование некоторых закономерностей газофазной окислительной функционализации углеродных наноматериалов серии «Таунит». Изучено влияние природы и расхода окисляющего реагента, температуры и продолжительности процесса на термическую стабильность и степень функционализации поверхности УНТ COOH-группами. Полученные функционализированные материалы исследованы методами Рамановской и ИК-спектроскопии.

Окисление в газовой фазе позволяет получать материалы с в 2-3 раза более высокой степенью функционализации, чем при обработке УНТ в средах жидких окисляющих реагентов. Но в ряде случаев воздействие паров окислителей при относительно высоких температурах является причиной деструктивного разрушения поверхности УНТ, что влечет снижение их полезных механических и электрофизических параметров. Согласно данным спектров комбинационного рассеяния (КР), по соотношению полос D/G которых можно оценить степень дефектности поверхностных графеновых слоев, длительность процесса окисления должна быть оптимальной для получения материалов с достаточной степенью функционализации и максимально сохраненной структурой атомных углеродных слоев. Дисперсный анализ водных суспензий и коллоидных растворов на основе УНТ показал уменьшение размеров частиц дисперсной фазы с ростом степени функционализации, что свидетельствует о дезагломерации карбоксилированных УНТ в полярной водной среде. В связи с этим, можно ожидать и равномерного распределения в других полярных растворителях и матрицах. Функционализация УНТ класса «Таунит» значительно расширяет номенклатуру реализуемой углеродной нанопродукции, адаптированной к условиям конкретного применения.



Спектры КР исходного «Таунита-М» (*a*) и после 10 (*b*) и 20 (*c*) часов обработки в парах азотной кислоты при 140 °С

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.х.н. Дьячковой Т.П. за помощь в проведении данной работы.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ LA5, LA7 И LA8 ФАЗ

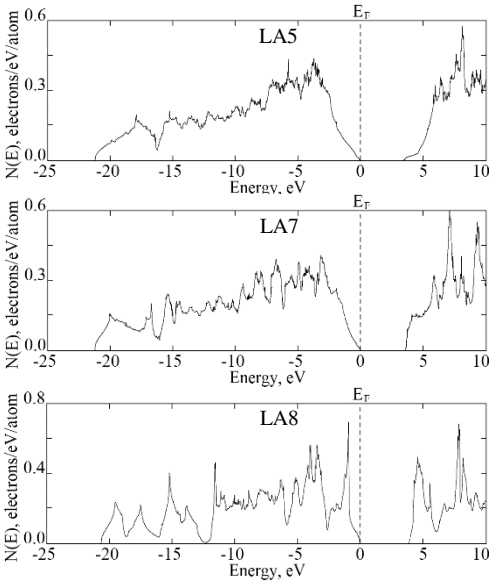
Грешняков В.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

e-mail: v.greshnyakov@yandex.ru

Углеродные алмазоподобные фазы – это фазы, в которых каждый углеродный атом так же, как в кубическом алмазе, находится в четырехкоординированном состоянии. Эти фазы могут иметь как аморфную, так и упорядоченную структуру. Фазы с упорядоченной структурой можно разделить две группы. К первой группе относятся фазы, состоящие из атомов в кристаллографически эквивалентных позициях. В данной работе приведены результаты исследования методами PM3 и LDA-DFT структуры и свойств трех новых полиморфных разновидностей кубического алмаза, которые получаются в результате сшивки графеновых слоев.

Модельно кристаллическая структура фазы LA5 получается в результате сшивки гексагональных (L_6) или тетрагональных (L_{4-8}) графеновых слоев. После сшивки слоев необходимо выполнить геометрическую оптимизацию полученной структуры. Аналогичным способом можно получить структуру фазы LA7 при сшивке слоев L_6 или L_{4-8}. Получение структуры фазы LA8 возможно только одним способом – в результате сшивки слоев L_{4-8}. Пространственные группы фаз LA5, LA7 и LA8: *Cmca*, *Cmcm* и 4_1*amd*, соответственно. Значения параметров элементарных ячеек фаз составляют: для LA5 – a = 4.353 Å, b = 5.034 Å, c = 4.357 Å; для LA7 – a = 4.935 Å, b = 4.715 Å, c = 4.416 Å; и для LA8 – a = 4.854 Å, c = 4.939 Å. Для этих фаз рассчитаны плотности, энергии когезии, объемные модули, электронные плотности состояний (рис.) и рентгенограммы. Энергии когезии LA5, LA7 и LA8 фаз меньше энергии когезии кубического алмаза на 2.3, 4.4 и 9.1 %, соответственно. Объемные модули предсказанных LA5, LA7 и LA8 фаз уступают объемному модулю кубического алмаза на 13, 23 и 29 %, соответственно. Ширина запрещенной зоны для алмазоподобных фаз меньше ширины запрещенной зоны в кубическом алмазе на 1.8 ÷ 2.1 эВ (рис.). Рассчитанные значения ширины запрещенной зоны указывают на то, что фазы LA5, LA7, LA8 являются широкозонными полупроводниками. В результате анализа данных установлено, что плотность, энергия когезии и объемный модуль алмазоподобной фазы линейно уменьшаются при увеличении параметра деформации. Значение ширины запрещенной зоны также уменьшается при увеличении значения *Def*, но зависимость в этом случае нелинейная. Возможный способ экспериментального получения LA5 и LA7 фаз – сильное сжатие кристаллов графита в области давлений ~ 18 ГПа. Теоретические рентгенограммы новых алмазоподобных фаз достаточно сильно отличаются от рентгенограмм кубического алмаза, гексагонального и ромбоэдрического графитов, поэтому их идентификация не должна вызвать затруднений.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д. ф.-м. н. Беленкову Е.А.

ИЗУЧЕНИЕ ОСТЕОГЕНЕЗА ПОКРЫТИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

Грибенников М.В

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: grmmvv@yandex.ru

В настоящее время одной из самых актуальных проблем материаловедения является задача создания биосовместимых покрытий для имплантатов. Наносимые покрытия должны быть нетоксичными, не должны вызывать иммунных реакций, не деградировать при взаимодействии с живой тканью, иметь высокую адгезию к поверхности, не создавать абразивный эффект в подвижных элементах.

Одним из материалов, наиболее широко используемых для синтеза покрытий медицинского назначения – является гидроксиапатит (ГА) – $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ со стехиометрическим отношением кальция к фосфору Ca/P=1.67, являющийся неорганической составляющей костного матрикса.

Объектами исследования данной работы служили покрытия, сформированные методом ВЧ-магнетронного распыления мишени приготовленной из ГА. Целью работы являлось исследование физико-химических свойств покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления, влияние рельефа искусственной поверхности на реакцию культуры клеток, а также изучение остеогенного потенциала полученных покрытий.

Для напыления покрытий использовалась промышленная установка 08ПХО-100Т-005 с магнетронным источником (5,28 МГц). Мишень для распыления приготовлена путем прессования и последующего спекания синтетического стехиометрического ГА на воздухе при температуре 1100°С. Для исследования цитотоксичности и жизнеспособности клеток использовались два вида клеточных культур: фибробласты линии NCTC L929 (из подкожной соединительной ткани мышей C3H/An) и первичные стромальные клетки Th-4, выделенные из непрорезавшегося зачатка третьего моляра, извлеченного хирургическим путем у здорового пациента 16 лет по ортодонтическим показаниям. Оценку жизнеспособности клеток проводили с помощью колориметрического МТТ-теста, основанного на восстановлении бесцветной соли тетразолия.

МТТ-тест дегидрогеназной активности клеток показал отсутствие угнетающего воздействия вытяжек материалов Ti-ГА на культуры клеток NCTC L929 и Th-4. Флуоресцентное окрашивание клеток на поверхности данных материалов также не выявило увеличение процента гибнущих клеток по сравнению с контролем, что говорит об отсутствии цитотоксического воздействия исследуемых материалов. Исследование взаимодействия клеток с поверхностью титановых материалов, покрытых слоем фосфатов кальция, показало зависимость способности материалов к поддержанию адгезии и роста субстратзависимых клеток от толщины покрытия: увеличение толщины покрытия ведет к увеличению количества и ростовой активности клеток. Предположительно это связано с увеличением степени кристалличности покрытия и оптимизацией его шероховатости для клеточной активности.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Сурменеву Р.А (Томский политехнический университет), Селезневой И.И. (Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино) за проведение биологических тестов, а также проф. М. Эппле (Университет Дуйсбург-Эссен) за содействие в анализе свойств биокомпозитов.

ОБРАТНЫЙ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ ТЕРФЕНОЛ – ЦИРКОНАТ-ТИТАНАТ СВИНЦА

Григорьев Е. С.
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: grigoryev_eu@mail.ru

Обратный магнитоэлектрический (МЭ) эффект заключается в появлении макроскопической намагниченности магнетоэлектрика M под действием электрического поля E. При изучении обратного МЭ эффекта к образцу прикладывают переменное напряжение U и регистрируют изменение магнитной индукции B образца. Для характеристики величины обратного МЭ эффекта используют коэффициент обратного МЭ преобразования

$$\alpha_B = \frac{B}{E} = \frac{U_{ind}}{N \cdot S_{FM} \cdot 2\pi f} \Big/ \frac{U}{b_{FE}},$$

где E – напряжённость электрического поля; U_{ind} – наведённое в намотанной на образец катушке индуктивности напряжение; N – число витков катушки индуктивности; S_{FM} – площадь поперечного сечения ферромагнитного слоя композита; f – частота электрического поля; b_{FE} – толщина пьезоэлектрического слоя композита.

Магнитоэлектрические измерения проводились на двухслойных композитах, содержащих склеенные между собой эпоксидным компаундом плоскопараллельные пластины ферромагнетика на основе $Tb_{0,12}Dy_{0,2}Fe_{0,68}$ (TDF) размерами 6 × 6 × d мм^3 (d = 0,3; 0,9; 1,5; 2,1) и пьезокерамики $PbZr_{0,53}Ti_{0,47}O_3$ (PZT) размерами 8 × 6 × 0,3 мм^3, на которые было намотано N = 200 витков катушки индуктивности.

При комнатной температуре на частотной зависимости в пределах (10 – 250) кГц для всех составов композитов наблюдаются 3 явно выраженных пика, максимумы которых соответствуют частотам электромеханических резонансов образцов.

При приложении к структурам продольного постоянного магнитного поля $H_=$ наблюдается резкий рост α_B от $H_=$ = 0 до $H_=$ = 720 Э, с дальнейшим ростом $H_=$ – плавное уменьшение коэффициента α_B.

В низкотемпературном диапазоне интерес представляет пик α_B при T = 253 K, проявляющийся для всех изученных образцов, который достигает максимального значения $2{,}01 \cdot 10^{-3}$ Гс·см/В для структуры с d = 0,3. Установленные закономерности связываются с особенностями изменения с температурой свойств терфенола.

Для описания обратного магнитоэлектрического эффекта применён метод эффективных параметров гетерогенной среды.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н., проф. каф. физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета Калинину Юрию Егоровичу за помощь в редактировании работы.

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ БОРАТОВ $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$

Гроссман В. Г.
Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
e-mail: grossmanv@mail.ru

Данная работа направлена на исследование двухкомпонентной системы $K_2Al_2B_2O_7$ – $Rb_2Al_2B_2O_7$ и оценку диапазона твердого раствора на основе структуры $K_2Al_2B_2O_7$ [1]. $K_2Al_2B_2O_7$ имеет нецентросимметричную структуру и проявляет хорошие нелинейные оптические свойства. С этой целью, методом твердофазного синтеза были синтезированы составы $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$. Методом порошкового рентгеноструктурного анализа определена зависимость параметров элементарной ячейки $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$ ($0<x<0.75$) от соотношения одновалентных элементов, а также установлен концентрационный предел существования структуры $K_2Al_2B_2O_7$ в твердых растворах $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$. Кристаллическая структура $KRbAl_2B_2O_7$ показана на рисунке 1. $KRbAl_2B_2O_7$ кристаллизуется в тригональной сингонии, пр. гр. *P*321, a = 8.6131(1) Å, c = 8.5870(2) Å, V = 551.68(2) Å^3. Экспериментально подтверждены нелинейно-оптические характеристики тригональных оксидов $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$, $0<x<0.75$. Методом РЭМ изучена микроморфология $KRbAl_2B_2O_7$.

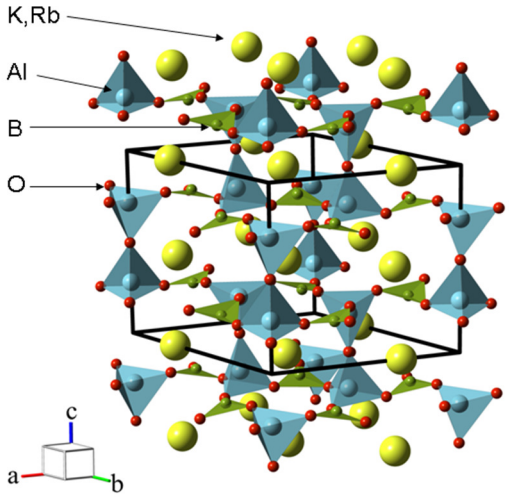


Рис. 1. Кристаллическая структура $KRbAl_2B_2O_7$ при комнатной температуре.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителям и соавторам Базаровой Ж.Г., Базарову Б.Г., Молокееву М. С., Доржиевой С.Г. и Атучину В.В.

Литература

1. Hu Z.-G., Higashiyama T., Yoshimura M., Yap Y. K., Mori Y., Sasaki T., A new nonlinear optical borate $K_2Al_2B_2O_7$ (KAB), Jpn. J. Appl. Phys. 37 (1998) L1093-L1094.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-03-00867а и №11-08-00681а), грантами Президента РФ МК-6247.2013.2, Президиума РАН №8.12 и Междисциплинарным интеграционным проектом СО РАН №28.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ПОВЕДЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Дайнеко Е.Б.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

e-mail: Caterine@i.ua

Современное состояние развития техники и технологии характеризуется широким использованием керамических и композиционных материалов, высокая востребованность которых объясняется уникальностью свойств. Как известно, свойства любого материала определяются его составом и структурой. Проблема проектирования новых керамических материалов с заданными свойствами и необходимость оптимизации технологии существующих выдвигает на первый план создание методологии прогнозирования их поведения в условиях воздействия интенсивных механических и тепловых нагрузок с использованием адекватных методов моделирования. Для реализации такого подхода необходимо решение ряда задач, таких как: моделирование процесса формирования материала при спекании, оценка изменения микроструктурных и прочностных характеристик и моделирование процесса разрушения материала; прогнозирование свойств готового изделия в зависимости от его основных структурных параметров и технологических особенностей процесса изготовления.

Одним из наиболее перспективных способов достижения поставленных задач является компьютерное моделирование процессов, основанное на численных методах, в частности на методе конечных элементов (МКЭ). Данный метод позволяет анализировать функционирование реального объекта по определённым параметрам модели, подвергаемой тепловым либо силовым нагрузкам.

При моделировании структуры керамических материалов применяли комплексный подход, базирующийся на использовании основных положений современной физики и физической химии твердого тела и компьютерного моделирования. Построение моделей, отражающих особенности структуры элементарного объема керамического материала, проводилось на основе анализа реально существующих объектов – керамик, отличающихся широким диапазоном соотношений различных фаз.

3D-моделирование процесса разрушения керамики осуществлялась с использованием пакета программ *Cosmos*, реализующих МКЭ, при динамическом (силовом и тепловом) нагружении системы «зерно – стеклопленка – зерно». При симуляции разрушения материала варьировали вид и концентрацию кристаллических фаз, а также состава и свойства стеклофазы. В результате исследовано напряженно-деформированное состояние системы: рассчитаны поля приведенных и главных напряжений, установлено распределение термосиловых напряжений для разных элементарных структур, что позволило определить условия, обеспечивающие минимальное разрушение материала при повышении механических и тепловых нагрузок. Полученные сведения использованы для выявления значимых факторов (элементов структуры и их связей), определяющих процесс разрушения керамики, анализа свойств материалов и прогнозирования их поведения в сложных условиях эксплуатации. Намечены пути управления структурой проектируемых материалов с целью оптимизации их свойств и повышения стабильности функционирования.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н. Федоренко Е.Ю. за помощь и консультации при проведении работ.

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Данилов М.Н.

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск, Россия

e-mail: danilov-m-n@ya.ru

Методики проектирования и расчета многослойных ограждающих конструкций, используемые предприятиями, выпускающими сэндвич-панели, требуют создания большого количества образцов и проведения испытаний на сложном дорогостоящем оборудовании, что связано со значительными материальными и временными затратами. Применение специальных программных комплексов для ЭВМ, позволяет значительно ускорить и удешевить процесс разработки и запуска в производство новых видов продукции.

В настоящей работе для расчета прочностных и теплоизоляционных свойств строительных сэндвич-панелей использован программный комплекс ANSYS. Основанный на методе конечных элементов программный комплекс позволяет проводить имитационное моделирование и оптимизировать проектируемую конструкцию.

Объектом исследования являлись стеновые и кровельные трехслойные панели со стальными обшивками и минераловатным средним слоем. На основе МКЭ создана расчетная модель с учетом нелинейных свойств материалов и конструктивных особенностей панелей, и проведены исследования прочностных и теплоизоляционных свойств сэндвич-панелей.

В результате исследования напряженно-деформированного состояния панели установлен характер распределения напряжений и перемещений в элементах трехслойной конструкции, влияние геометрических характеристик элементов конструкции на НДС панели, приоритетность параметров разрушения, а также определена критическая нагрузка при различных схемах работы конструкции.

В результате проведения теплового анализа панелей были получены температурные поля и определено приведенное сопротивление теплопередаче панелей различной толщины.

Результаты расчетов по предложенной модели на основе МКЭ удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, полученными лабораториями действующих предприятий. Предложенная методика расчета трехслойных панелей может применяться для проектирования композиционных конструкций.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю – Н.Н. Федоровой за помощь в работе и написании статьи.

Работа выполнена при поддержке программ: ЕЗН N8.2350.2011; ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (соглашения № 14.B37.21.0645, № 14.B37.21.1136).

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТОГО Ge МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Демьяненко-Мамонова В.А.

Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск, Украина

e-mail: dvika@ukr.net

Одну из основных ролей в полупроводниковой технологии играет Ge на сегодняшний день, который находит применение в изготовлении специальных фильтров и датчиков. Процесс порообразования изучен не достаточно, но описание получения пористого германия в литературе по электрохимии все же имеется [2,3].

В последнее время все чаще на основе германия используются наноструктуры, но его применение традиционно в различных областях техники. Электрохическое травление относится к тем методикам, которые развиваются достаточно успешно в последние несколько лет.

В работах [1, 4-5] с помощью электрохимического травления германий уже был получен, но данная морфология отличается от привычной пористой поверхности формой своих пор.

Микрофотография протравленного образца (рис.1) была получена с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6490. На ней представлены поры закрытого типа, которые были получены после травления кристалла германия в растворе 5% HCl, T=20°C;в течении 60 минут. Четко рассматривается на поверхности кристалла образование и форма пор.

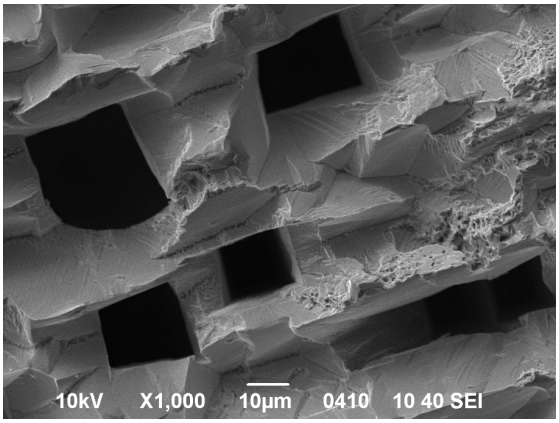


Рис. 1. СЭМ-изображение поверхности пористого *n*-Ge, время травления t=60 мин, электролит 5% HCl, напряжение порообразования 16-17 В; плотность тока создания пористой структуры *j*=5,4÷100 мА.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю доктору физико-математических наук, профессору Кидалову В.В.

Литература

1. Porous III-V Semiconductors: online book. Porous III-V Semiconductors by I. Tiginyanu, S. Langa, H. Foell and V. Ursachi

2. А.И. Чукавин, Р.Г. Валеев, А.Н. Бельтюков. СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ Структур на основе германия в матрице пористого оксида алюминия. вестник удмуртского университета. 2011. Вып. 2

3. S.Langa, J.Carstensen, M.Christophersen, K.Steen, S.Frey, I.M.Tiginyanu, and H.Föll. Uniform and Nonuniform Nucleation of Pores during the Anodization of Si, Ge, and III-V Semiconductors

4. S.-S.Chang,R.E.Hummel. Comparison of photoluminescence behavior of porous germanium and sparkprocessed Ge. Journal of Luminescence86(2000)33}38

5. S. Langa, M. Christophersen, J. Carstensen, I. M. Tiginyanu and H. Föll. Electrochemical pore etching in Ge. Rapid Research Note

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОГО ОБЪЕМНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Дербенев А.А.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия
e–mail: derbenev2004@mail.ru

Разработана комплексная методика построения экспериментальных зависимостей интенсивности напряжений от степени деформации на основании развития метода твердости. Предложено использовать в качестве деформационной характеристики показатель степени деформации, определяемый как сумма интенсивностей главных деформаций на отдельных операциях, а их значение рассчитывать с помощью микроструктурного метода, основанного на применении цифровой оптической микроскопии совместно со специализированным программным пакетом. Используемый микроструктурный метод, предложенный Г.А. Смирновым-Аляевым, был автоматизирован в расчетно-измерительной части, что значительно снизило его трудоемкость и позволило эффективно применять для определения компонентов напряженно-деформированного состояния, численного значения степени деформации на конкретных технологических переходах холодной высадки, оценки величины зерна по цифровым фотографиям микроструктуры металла.

Апробация предложенной методики приведена на примере холодной высадки шестигранной гайки из стали 20.

Построенные зависимости позволяют определить порог упрочнения металла, тем самым, в прикладном отношении, прогнозировать упрочнение металла в конкретных изделиях при ведении конструкторско-технологических расчетов.

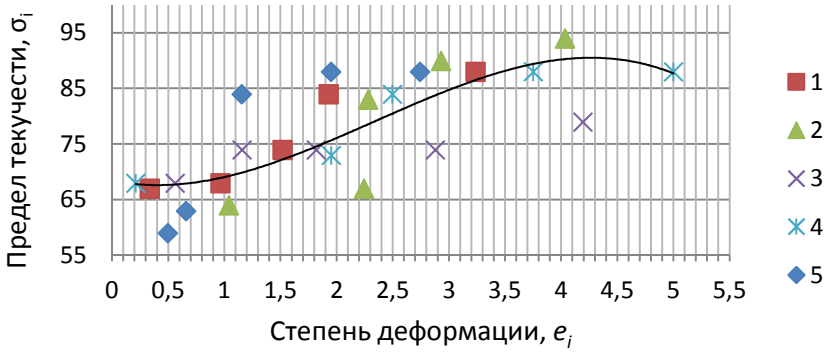


Рис. 1. Графики зависимости σ_i - e_i, построенные по результатам исследований переходов высадки шестигранной гайки из стали 20. 1-5 номера переходов высадки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, к. т. н., доценту В. В. Галкину и консультанту, аспиранту НГТУ им. Р. Е. Алексеева - С. А. Герасимову.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКОВКИ ИЗ СПЛАВА ВТ43

Динмухаметова Д.И.

ФГУП «ВИАМ», г. Москва, Россия

e-mail: din-diana@yandex.ru

В докладе рассматриваются технологические аспекты изготовления и термической обработки крупногабаритных поковок из высокопрочного титанового сплава ВТ43. С применением многостадийной термомеханической обработки возможно изготовление крупногабаритного полуфабриката (поковок сечением до 250 мм). Рассмотрено влияние степени деформации на последней стадии производства поковки на микроструктуру и механические свойства. Определено, что степень деформации на последней стадии должна составлять 30-50%. При этом установлено, что при ε=30% поковкам свойственна глобулярно-пластинчатая структура корзиночного плетения, а при ε=50% - глобулярная. В целях повышения трещиностойкости материала крупногабаритной поковки из сплава ВТ43, предпочтительна многостадийная термомеханическая обработка со степенью деформации на последней стадии 30%.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н, проф. Ночовной Н.А., д.т.н, проф. Хореву А.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ И ДИФФУЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТРОЙНЫХ СТЫКОВ ГРАНИЦ ЗЕРЕН В НИКЕЛЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Дмитриенко Д.В.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия
e-mail: gmpoletaev@mail.ru

Тройной стык зерен представляет собой линейный дефект, вдоль которого сопрягаются три различно ориентированных зерна или три зернограничных поверхности. Несмотря на то, что тройные стыки наряду с границами зерен являются основными дефектами поликристаллов, интерес к их изучению возник сравнительно недавно. В настоящее время остается открытым вопрос относительно отличия свойств тройных стыков и составляющих их границ зерен. Кроме того, остаются вопросы, касающихся как структуры и структурно-энергетических параметров тройных стыков, так и кинетики процессов, происходящих с их участием.

Настоящая работа посвящена исследованию с помощью метода молекулярной динамики атомной структуры и диффузионной проницаемости тройных стыков на примере никеля. Тройной стык границ зерен в молекулярно-динамической модели создавался в центре расчетного блока, содержащего около 40000 атомов. Межатомные взаимодействия описывались с помощью многочастичного потенциала Клери-Розато, построенного в рамках модели сильной связи. В работе рассматривались тройные стыки, образованные мало- и большеугловыми границами наклона <111> и <100>, и тройные стыки, образованные границами смешанного типа. Для приведения структуры расчетного блока в равновесное состояние (в данных условиях) проводилась динамическая релаксация структуры при температуре 1500 K с последующим охлаждением до 0 K. Полученные таким образом расчетные блоки являлись стартовыми при изучении структуры и моделировании самодиффузии.

Молекулярно-динамическое исследование показало, что равновесный тройной стык не является особым дефектом кристаллической структуры, в том смысле, что его энергия образования близка к нулю и он, по сути, является частью стыкующихся границ зерен. Более того, для многих рассмотренных в работе тройных стыков малоугловых границ наклона наблюдалось образование небольшой бездефектной области в центре тройного стыка. При исследовании самодиффузии вдоль тройных стыков, образованных большеугловыми границами наклона и границами смешанного типа было выяснено, что интенсивность диффузии вдоль тройных стыков имеет тот же порядок, что и интенсивность диффузии вдоль образующих эти стыки границ зерен. Диффузионный радиус, то есть эффективный радиус диффузионного канала, тройных стыков колеблется в пределах 3–5 Å в зависимости от типа образующих стык границ зерен. Эффективная диффузионная ширина рассмотренных границ зерен составила 5 Å. При этом интенсивность диффузии в границе, как правило, распределена неравномерно и выше в центре канала.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Полетаеву Г.М.

СТРУКТУРА ЛИТОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ БОРОМ

Дожделев А.М.
Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия
e-mail: Cordar@yandex.ru

Наплавка режущих кромок быстрорежущими сталями и сплавами является перспективным направлением при изготовлении биметаллического инструмента [1]. Наличие грубой сетки эвтектических карбидов в литой стали, с одной стороны, предохраняет материал от абразивного изнашивания, а с другой – снижает его ударную вязкость. Модифицирование стандартных быстрорежущих сталей различными химическими элементами наряду с охлаждением малых объемов наплавленной стали с большими скоростями является одним из перспективных направлений для решения данной проблемы [2]. Большой практический интерес вызывает легирование сталей бором, который образует с железом бориды Fe_2B и FeB, обладающие высокой твердостью, износостойкостью, жаростойкостью и коррозионной стойкостью [3]. Однако сведения, раскрывающие механизм действия этого элемента в быстрорежущих сталях практически отсутствуют. Целью настоящей работы явилось исследование микроструктуры наплавленной быстрорежущей стали, легированной бором. На полосу стали 30ХГСА наплавляли быстрорежущую сталь Р2М6, легированную бором. Наплавку производили неплавящимся электродом (вольфрам) в среде защитного газа (аргон) порошковой проволокой, в которую был введен карбид бора B_4C. Подготовленные микрошлифы исследовали с помощью металлографического микроскопа МИМ-8, а химический состав с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ).

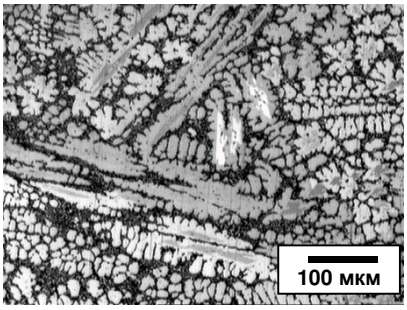


Рис. 1. Микроструктура наплавленной быстрорежущей стали Р2М6 легированной бором

В ходе выполнения работы получены микрофотографии структуры наплавленной быстрорежущей стали, легированной бором (рис. 1). Как видно из представленного рисунка, структура имеет вид ярко выраженной дендритной эвтектики со стержневой морфологией. Исследования химического состава различных участков показали обеднение металлической основы легирующими элементами (вольфрамом, молибденом) и преимущественную концентрацию их в первичных карбидах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доцентам кафедры «Технология металлов и материаловедение» Тверского государственного технического университета Ильяшенко С.Е. и Лаврентьеву А.Ю. за научное руководство и консультирование в процессе выполнения настоящей работы.

Литература

1. Шнейдер Е.А. Восстановление изношенного режущего инструмента из быстрорежущих сталей методом наплавки //Сварочное производство. 2009. № 2. С.31-32.

2. Чаус А.С., Рудницкий Ф.И. Структура и свойства быстроохлажденной быстрорежущей стали Р6М5 //МиТОМ. 2003. № 4. С.3-7.

3. Самсонов Г.В., Серебрякова Т.И., Неронов В.А. Бориды.М.: Атомиздат, 1975. 376 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ, ПРОЧНОСТНЫХ И УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.

Долгодворов А.В.
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия
e-mail: sanya_dvor@mail.ru

Композиционные материалы с углеродной матрицей, армированной углеродными волокнами, занимают особое место среди современных конструкционных материалов. Они появились как альтернативный вариант композиционным материалам с полимерной матрицей, обладающим низкой теплостойкостью. В этой связи перспективно выглядит углерод-углеродный материал (УУКМ) структуры 2D+1, где пространственное армирование образовано системой углеродных нитей утка и основы ткани (структура 2D) с последующей прошивкой пакета в перпендикулярном направлении (структура 2D+1) углеродной нитью. Среди отличительных свойств такого материала стоит отметить возможность изготовления деталей сложной формы, часто без проведения дополнительной механической обработки. Основные технологические переделы при изготовлении УУКМ включают следующие этапы: получение углепластика, карбонизация углепластика, высокотемпературная обработка карбонизованного углепластика, получение УУКМ.

Известно, что физические свойства конструкционных композитов во многом определяются их реальной структурой. В процессе изготовления материала происходит переход от одного вида микроструктуры к другому, при этом пористая структура, образующаяся при карбонизации углепластика, наследует основные особенности исходной структуры углепластика и характеризуется широким спектром величины пор, в том числе и определяемые структурой наполнителя. Поры, образованные в процессе карбонизации, способствуют повышению равномерности распределения пироуглеродной матрицы в объеме материала, очевидно, что процесс насыщения таких разномасштабных пор будет различаться и в конечном итоге определит остаточную пористость и структуру композита.

Физические свойства углерод-углеродного композита в значительной степени зависят от свойств матрицы и наполнителя. Свойства армирующих углеродных волокон хорошо известны и поддаются изучению вне композиционного материала. Изучение свойств матрицы на каких-либо образцах в чистом виде является проблематичным.

Поэтому основной целью проведенных экспериментов было сравнение свойств УУКМ композиционных материалов с одинаковым армирующим наполнителем, одинаковой структурой, но разной матрицей. В ходе эксперимента исследованы основные этапы формирования микроструктуры композита, образования межфазных дефектов, сегментных трещин и областей микрорасслоений.

Экспериментально определены упругие и прочностные характеристики УУКМ на основных этапах технологического цикла.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доктору физико-математических наук, профессору Андрею Алексеевичу Чекалкину

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НОВЫХ Ti – СОДЕРЖАЩИХ МОЛИБДАТНЫХ ФАЗ

Доржиева С.Г.

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: sdorzh@binm.bscnet.ru

В настоящей работе проведены синтез и структурные исследования соединений: $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Fe, Cr, Ga, Sc, In), определены их кристаллографические, термические и электрические характеристики.

Синтез поликристаллических образцов молибдатов проводился с использованием метода твердофазных реакций путем многостадийного отжига. Температура синтеза тройных молибдатов составила - 580°C. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре Advance D8 фирмы Bruker AXS (CuK_α-излучение, графитовый монохроматор). Впервые методом Ритвельда вычислены и уточнены кристаллографические характеристики (параметры элементарной ячейки, координаты атомов, основные межатомные расстояния и валентные углы) синтезированных поликристаллических образцов.

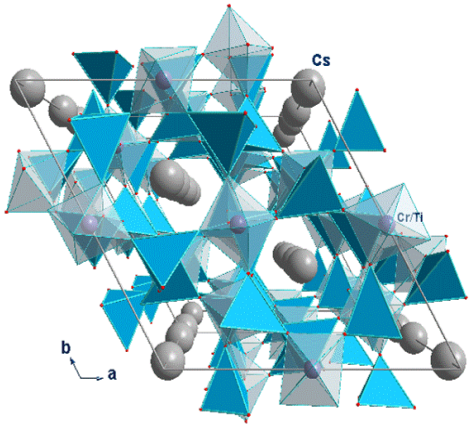


Рис. Кристаллическая структура $CsCrTi_{0.5}(MoO_4)_3$.

Установлено, что соединения $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ кристаллизуются в тригональной сингонии с пространственной группой $R\bar{3}$, Z = 6. Кристаллическая структура молибдатов представляет собой трехмерный смешанный каркас, состоящий из MoO_4 – тетраэдров и $(R,Ti)O_6$ – октаэдров, CsO_{12}– полиэдров, соединяющихся через общие кислородные вершины (рис). В образующихся больших полостях каркаса структуры размещаются катионы Cs. Отсюда следует, что при заселенности каналов в каркасных структурах такого типа соответствующими катионами с подходящими ионными радиусами могут реализовываться условия для ионного транспорта.

Электрические данные получены с помощью моста TESLA BM 431 E на частоте 1 МГц в интервале температур 25-700 °C с использованием платиновых электродов. Определены температурные зависимости проводимости и диэлектрической проницаемости, характеризующиеся наличием скачков при температуре выше 450 °C. Результаты исследований Cr-содержащих соединений показывают, что зависимость ε(T) испытывают скачок диэлектрической проницаемости, проводимость увеличивается до 10^{-2} См/см, что соответствует значениям проводимости суперионных проводников. Методом ДСК на термоанализаторе NETZSCH STA 449 C (Jupiter) определены фазовые переходы и температуры плавления синтезированных соединений.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность соавторам за совместный труд, обсуждение результатов Базарову Б.Г., Базаровой Ж.Г.

Работа поддержана грантами РФФИ (11-03-00867а, 11-08-00681а), грантом Президента РФ МК-6247.2013.2 и интеграционным грантом СО РАН № 28.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕАЛЬНЫХ СПЛАВОВ

Дубинец А. В.
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия
e-mail: dubinets@lemoi.phys.dvgu.ru

В данной работе осуществляется применение методов компьютерного моделирования к моделям реальных сплавов, для качественной и количественной оценки полученных результатов с ПЭМ для реальных сплавов. Были произведены исследования аморфных металлических сплавов системы CoP-CoNiP, полученные методом электролитического осаждения. Исследования образцов проводились методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения на просвечивающих электронных микроскопах Carl Zeiss Libra 200 FE и FEI Titan 80-300.

В ходе работы была сгенерирована исходная модель аморфного сплава Fe с размерами 512*512*512 Å и ортогональными осями. Далее с помощью собственного программного обеспечения AmorphGeo, в модель были добавлены структурные дефекты: перепад высот, удаление доли материала, создание флуктуаций плотности и внедрение кристаллических структур в образец. Затем для каждой модели составлялась проекция потенциалов, после чего с помощью собственного программного обеспечения TEMGPU с поддержкой GPGPU, полученные модели визуализировались как электронно-микроскопические изображения. С каждой модели получали серию дефокусировок и производили сравнение полученных изображений с экспериментальными данными.

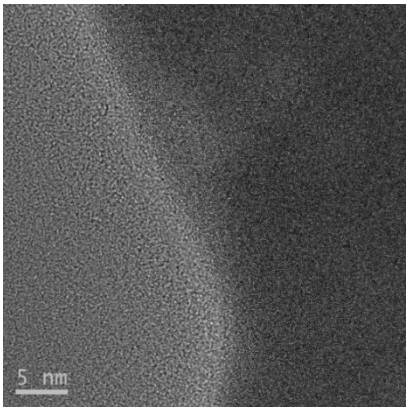


Рис. 1 Полученное изображение системы CoNiP с ПЭМ

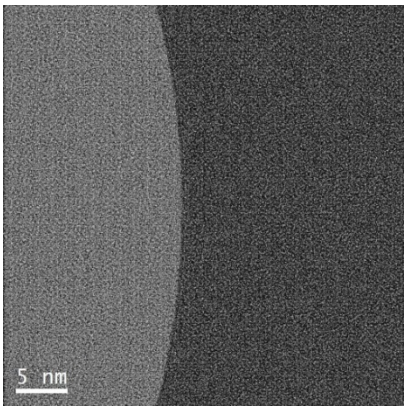


Рис. 2 Измененная модель аморфного сплава Fe

Использование компьютерного моделирования существенно облегчает задачу интерпретации полученных результатов эксперимента. Среднее время обработки, преобразования и визуализации модели на объемом 512*512*512 Å содержащей 23 миллионов атомов составляет 20 минут.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф.-м.н. Пустовалову Евгению Владиславовичу и зав. лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений ШЕН ДВФУ Плотникову Владимиру Сергеевичу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки, госконтракт № 16.552.11.7059, РФФИ и Программы «Научный фонд» ДВФУ.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЕЛЕНИДА ЦИНКА

Дяденчук А.Ф.

Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск, Украина

e-mail: Djadenchukalena@rambler.ru

Пористая форма полупроводников группы A^3B^5 экстенсивно изучалась на протяжении последнего десятилетия. Однако, относительно мало внимания было уделено получению и изучению пористой поверхности полупроводниковых соединений A^2B^6.

В работе исследованы морфологические особенности пористой поверхности селенида цинка полученного методом электрохимического травления. Пористый слой был получен на поверхности монокристаллического ZnSe *n*-типа проводимости при анодном травлении в электролитах $HF:HNO_3:HCl=2:3:3$, $HF:HNO_3:HCl=2:3:2$, $HF:HCl=2:2$, $HF:HNO_3=1:3$ в течение временного промежутка от 10 до 30 мин, при указанных составах и концентрациях компонентов электролитов плотности токов составляли от 30 до 270 мА/см^2. Эксперимент проводился при комнатной температуре в электролитической фторопластовой ванне, в качестве катода использовалась платина.

Процесс травления проводился в несколько этапов. Первый – очищение образцов в этиловом спирте. Следующий – процесс взаимодействия электролита с полупроводником. Завершающий этап – очистка поверхности от продуктов травления.

Фотографии морфологии пористого слоя селенида цинка были получены при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-6490. Наиболее качественная пористая структура была получена при использовании смеси $HF:HNO_3:HCl=2:3:3$ при плотности тока 150 мА/см^2.

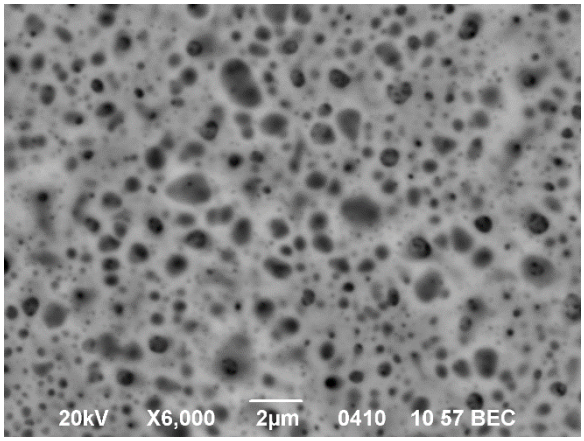


Рис. 1. СЭМ-изображение поверхности пористого *n*-ZnSe, t=20 мин.

Диаметр пор составил от 0,5 до 1,5 мкм. Поры расположены в хаотическом порядке по всей поверхности образца. Скол пористого слоя имеет сложную структуру, определили его толщину, которая составила 10 мкм. В некоторых участках наблюдались скопление массивных пор.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – доктору физико-математических наук, профессору Кидалову Валерию Витальевичу – за ценные консультации и помощь при постановке и выполнении этой работы.

АЛЮМОМАТРИЧНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, УПРОЧНЕННЫЙ ГРАФЕНОПОДОБНЫМИ СТРУКТУРАМИ

Евдокимов И.А.

Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, г. Троицк, Россия

e-mail: ivan_911@mail.ru

Традиционные материалы конструкционного и функционального назначения в значительной степени достигли предела своих физико-механических и технологических свойств. Одним из решений данной проблемы являются наноструктурные композиционные материалы с металлической матрицей, упрочненные различными углеродными наноструктурами. В данной работе рассмотрено влияние графеноподобных структур на физико-механические свойства наноструктурных композиционных материалов с алюминиевой матрицей.

В качестве исходных материалов применяли алюминиевый сплав АД0 (99,5 %) и чешуйчатый графит марки ГСМ-2. Механоактивационную обработку (МА) исходных материалов осуществляли в планетарной шаровой мельнице АГО-2У в течение 40 минут при частоте вращения центрального вала 900 об/мин. Для предотвращения окисления и протекания других нежелательных реакций все операции с порошками проводили в заполненном аргоном перчаточном боксе. Механоактивированные порошки спекали в камерах типа «поршень-цилиндр» под давлением 650 МПа, при температуре 280-300 °С и времени изотермической выдержки 7 минут.

Режимы МА обработки исходных материалов подбирались экспериментальным путем из условия обеспечения среднего размера кристаллитов алюминия менее 90 нм за минимальное время. При выбранных условиях МА частицы графита претерпевают деструкцию до графеноподобных структур, состоящих из 7-12 графеновых слоев, равномерно распределенных по границам кристаллитов алюминия. Для снижения степени агрегирования порошков и предотвращения налипания алюминия на рабочие поверхности мельницы в КМ с содержанием графита менее 5 об. % дополнительно вводили 1 вес. % стеариновой кислоты. После спекания механоактивированных порошков для полученных образцов проводились испытания на сжатие, определяли микротвердость и температуропроводность (табл. 1).

Таблица 1 – Механические свойства алюмоматричных КМ, упрочненных графеноподобными структурами

КМ	Условный предел текучести при сжатии, МПа / Микротвердость, HV					
	Концентрация графита в КМ с ПАВ, об. %				Концентрация графита в КМ без ПАВ, об. %	
	0	2	5	8	8	11
АД0 + Графит	215 / 100	250 / 114	400 / 129	525 / 167	365 / 156	430 / 167

Плотность спеченных образцов составляла 98-99 % от теоретической. Относительная деформация образцов при испытаниях на сжатие составила более 15 %. Температуропроводность КМ, содержащих 8 об. % графита, снизилась с 80 до 40 мм^2/с.

Полученные в результате испытаний данные говорят о том, что наноструктурирование алюминиевой матрицы в совокупности с армированием графеноподобными структурами является эффективным путем повышения механических свойств металлических материалов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Пивоварову Г.И., Ваганову В.Е., Бланку В.Д., Авдеевой Е.С., Решетняку В.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОПТИЧЕСКИМИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ.

Елеонский С.И.

Центральный Аэрогидродинамический Институт им. проф. Н.Е. Жуковского, г. Жуковский, Россия

e-mail: juzzepka@mail.ru

Рассматриваемый в данной работе новый способ «определения коэффициентов интенсивности напряжений и момента остановки трещины в поле напряжений по данным оптических интерференционных измерений» представляет собой модифицированную версию метода ПНДТ. Ключевым моментом модифицированной версии метода ПНДТ является возможность измерения локального деформационного отклика, вызванного удалением материала между двумя экспозициями, оптическими интерференционными методами в ограниченном числе точек. Подобный подход был ранее реализован при совместном применении метода сверления отверстия и оптических интерференционных измерений деформации контура зондирующего отверстия в направлении главных деформаций.

Наличие деформационных компонент перемещений, измеренных непосредственно на берегах трещины при малом приращении ее длины, открывает новые метрологические возможности для определения параметров механики разрушения. Данный факт, во-первых, означает, что необходимость в создании и верификации численной модели отпадает. Во-вторых, наличие картин интерференционных полос, зарегистрированных непосредственно в окрестности вершины трещины, служит надежным индикатором типа напряженного состояния. Это, в свою очередь, означает, что формулы для перехода от измеряемых величин к требуемым параметрам механики разрушения, которые не включают суммарную длину трещины, принимают достаточно простой и наглядный вид. Кроме того, рассматриваемый метод универсален по отношению, как к геометрической форме и материалу исследуемой конструкции, так и к этапу циклического нагружения. Таким образом, данный подход обеспечивает новый качественный уровень получения результатов, которые необходимы для надежного описания процесса распространения усталостной трещины в поле напряжений. Наличие подобной информации является необходимым условием для исследования процесса распространения трещины в перспективных сварных соединениях и конструкциях из КМ и создания на этой основе деформационных критериев разрушения. Отсутствие в настоящее время деформационных критериев разрушения существенно затрудняет применение сварных соединений и конструкций из КМ в процессе создания перспективных авиационных конструкций.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю ведущему научному сотруднику к.т.н Писареву В.С.

DFT МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТИЕВЫХ ИНТЕРКАЛЯТОВ СУЛЬФИДОВ МОЛИБДЕНА И НИОБИЯ

Еняшин А.Н.

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: enyashin@ihim.uran.ru

Интеркаляция слоистых сульфидов d-металлов атомами Li может использоваться для создания электродных материалов в источниках тока с высокой плотностью энергии. Несмотря на интенсивное экспериментальное исследование, богатые политипизм и фазовые превращения в литиевых интеркалятах сульфидов затрудняют понимание и целенаправленную модификацию электрохимических свойств ряда соединений. В данной работе методом функционала электронной плотности (DFT), как имплементировано в SIESTA 2.0, нами исследуются устойчивость, электронная структура и кристаллическое строение разных 2H и 1T фаз Li_xMoS_2 ($0 \le x \le 1$) и Li_xNbS_2 ($0 \le x \le 2$).

Результаты DFT расчётов свидетельствуют, что наблюдаемый экспериментально при интеркалировании MoS_2 фазовый переход 2H→1T должен иметь место при $x \approx 0.4$. Для NbS_2 нами предсказывается отсутствие такого перехода вплоть до $x \approx 1.6$, когда может иметь место восстановление NbS_2 до Nb_3S_4 (см. Рис.). Нами установлен приблизительно линейный характер увеличения объёма для обоих типов интеркалянтов с ростом x, при этом гексагональная структура 2H-Li_xMoS_2 должна переходить в орторомбическую. Все рассмотренные соединения имеют металлоподобный характер электронной структуры, за исключением стехиометрических 1T-Li_1MoS_2 и 2H-Li_1NbS_2, которые являются полупроводниками с шириной запрещённой щели 1.1 и 0.7 эВ, соответственно. Нами также оценены величины напряжения источников тока на основе интеркалянтов переменного состава, которые составляют ~2.1 В для Li_xMoS_2 и Li_xNbS_2 с $0 \le x \le 1$ и ~1.7-2.0 В для Li_xNbS_2 с $1 \le x \le 1.6$.

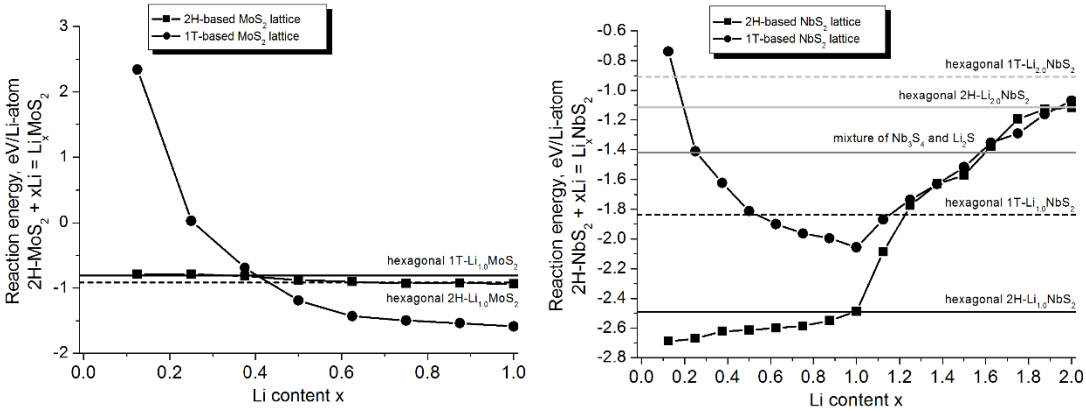


Рис. Рассчитанные энергии реакций образования литиевых интеркалятов Li_xMoS_2 и Li_xNbS_2 в разных аллотропных формах (2H, 1T) и с разной симметрией решётки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф. д.х.н. А.Л. Ивановскому (ИХТТ УрО РАН) за участие в обсуждении результатов.

Данная работа поддержана грантом РФФИ 11-03-00156-а.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОСРЕДСТВОМ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ

Ермензина Н.В.

ФГАОУ ВПО "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина", г. Екатеринбург, Россия

e-mail: lovelynat@mail.ru

В данной работе апробирована методика определения неметаллических включений с помощью растровой электронной микроскопии посредством построения карт распределения включений на поверхности исследуемого образца. В качестве материала исследования выбрана сталь 13ХФА, выплавленная по серийной технологии на ОАО «Северский трубный завод». Состав стали 13ХФА, масс.%: C-0,15, Mn-0,50, Si-0,25, P-0,010, S-0,005, Cr-0,52, Ni-0,13, Cu-0,20, V-0,05, Al-0,02, Mo-0,02, As-0,008, Ca-0,0014, N_2-0,010, ост. Fe.

При традиционной оценке неметаллических включений на нетравленом шлифе в оптическом микроскопе, предусмотренной ГОСТ - 1778, невозможно произвести точную оценку типов неметаллических включений, так как данный стандарт не оговаривает оценку сложных включений по составу (таких как оксисульфидных), а также точно определить размер включений.

Таким образом, была разработана методика с использованием растровой электронной микроскопии для построения карт распределения неметаллических включений на исследуемой поверхности для определения состава и распределения неметаллических включений по поверхности. Для этого на зеркально отполированном нетравленом образце определялось местоположение и химический состав включений. На рисунке 1 представлена карта распределения неметаллических включений по площади поверхности образца.

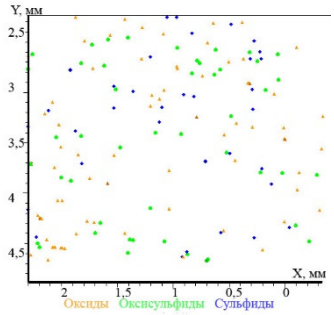


Рисунок 1. Карта распределения неметаллических включений по типам

После построения карты распределения неметаллических включений было оценено процентное содержание каждого типа включений. Было установлено, что сульфидные и оксисульфидные включения занимают равные доли от всего числа включений в образце. Нитридов очень мало, оксидные включения занимают 11,49 % от всех включений. Основную долю неметаллических включений составляют включения размером до 6,0 мкм.

Так применение растровой электронной микроскопии при определении включений имеет большее преимущество перед ГОСТ – 1778, так как дает более подробные результаты о химическом составе, размере, местоположении всех неметаллических включений на исследуемой поверхности образца.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.т.н., доц. Беликову С.В., к.т.н., доц. Карабаналову М.С.

АДГЕЗИЯ БИОПОЛИМЕРОВ НА ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Ермоленко И.С.
Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев, Украина
e-mail: oshkad@imp.kiev.ua

На основе междисциплинарных комплексных исследований развито концепцию, которая заключается в использовании метода атомно-силовой микроскопии для определения параметров адсорбции и агрегации белковых субстанций крови, в частности фибриногена, на поверхности твердых тел, позволяющая оценивать адгезионные силы взаимодействия между субстратом и интегринами эндотелиальных клеток, которые высаживаются на поверхности. Описано взаимодействие имплантатов с фибриногеном как процесс, протекающий на поверхности твердое тело-жидкость. Установлено, что силы адгезии на поверхности имлантатов определяют реакцию тромбоцитов и лейкоцитов при образовании тромба, что является важным при конструировании материалов для имплантатов неорганической природы. Получены новые данные по изменению молекулярной структуры биологических покрытий, в частности показано, что на поверхности субстратов наблюдаются две энергетически выгодные молекулярные конформации. Предложен метод повышения сил адгезии между первым и последующими слоями фибриногена с использованием химической прошивки, что улучшает плотность молекулярной упаковки в многослойном покрытии фибриногеном поверхности имплантатов. Впервые с помощью атомно-силовой микроскопии было визуалировано субмолекулярные особенности молекулы фибриногена и периодическую структуру биологического полимера (фибрилл-фибрина) с периодом 24.0±1.6 нм, а также определены условия появления этой периодической структуры. Экспериментальные результаты подтверждены методами компьютерного моделирования. Полученные расчеты структуры находятся в соответствии со структурой, описанной на основании экспериментальных методов электронной и атомно-силовой микроскопии. С целью повышения толерантности организма к имплантатам из неорганических материалов разработаны методы получения качественных покрытий, которые снижают возможность распознавания организмом инородного тела и его иммунную ответную реакцию. Это открывает путь к решению одной из проблемных задач имплантологии в использовании материалов медицинского назначения неорганической природы.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность член-корр. НАН Украины С.П. Ошкадерову.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИКОМПЛЕКСОВ ХИМОТРИПСИНА С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Ершов Д.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокомолекулярных соединений РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: serp-and-molot@mail.ru

В современной биотехнологии, фармации и медицине использование ферментов широко распространено. Тем не менее, интенсивно ведется поиск простых и недорогих средств, позволяющих наиболее полно и эффективно использовать природные возможности ферментов (субстратная специфичность, высокая каталитическая активность). В настоящее время эта проблема решается разработкой различных способов иммобилизации. Однако, большинство известных физических и химических методов иммобилизации многостадийны, дороги и, в конечном счете, позволяет сохранить, в зависимости от использованной методики, лишь около 60-80% от активности нативного фермента.

В докладе рассмотрен способ иммобилизации ферментов на наночастицах биогенных элементов (Se и Ag) и влияние природы наночастицы на ферментативную активность адсорбированного энзима. Кроме того, показано, что нанокомплексы способны проявлять собственную биологическую активность, отличающуюся от биологической активности компонентов, составляющих конъюгат.

Для получения поликомплексов использованы наночастицы Ag при C = 10^{-3}-1 масс. % и Se при C =10^{-2} - 1 масс. %, а в качестве фермента – α-химотрипсин (ХТ) при C = 10^{-3}-1 масс. %. Иммобилизация велась адсорбционным способом.

Методами спектрофотомерии, динамического светорассеяния подтверждено образование нанокомплексов Se-ХТ и Ag-ХТ. Модифицированным методом Кунитца (субстрат – казеинат натрия) получены pH-профили ферментативной активности иммобилизованного ХТ. Проведен анализ влияния pH и типа наночастиц на гидролитическую активность иммобилизованного фермента, а также на положение оптимума активности.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Боровиковой Л.Н., Ворошиловой Т.М., Кипперу А.И., Матвеевой Н.А., Писареву О.А. за помощь при выполнении работы.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Еськин С.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия

e-mail: vn.stanislav@gmail.com

Экономичным и простым способом получения тонких покрытий на различных подложках является золь-гель технология, в частности, метод адсорбции из раствора (dip coating).

Нами разработано многофункциональное покрытие на основе фрактальных наночастиц диоксида кремния для натриево-кальциевого силикатного стекла, а также кремниевых фотоэлектрических преобразователей.

Дисперсной фазой пленкообразующего раствора являлись фрактальные наночастицы SiO_2, имевшие фрактальную размерность d_f=1.5...2 и радиус гирации R_g=10...20 нм, дисперсионной средой – азеотропная смесь этанола (ω≈96%) и воды (ω≈4%). Толщина покрытия контролировалась изменением скорости вытягивания подложки из раствора, которая варьировалась от 10±5 до 300±5 мм/мин. Для увеличения адгезии покрытия к стеклу, «залечивания» поверхностных трещин и увеличения твердости покрытия осуществляли температурную обработку образцов в муфельной печи при температуре 500±5 °С. Кремниевые фотоэлектрические преобразователи с покрытием не подвергались термообработке.

Результаты исследований структуры и свойств покрытия при помощи рентгенофазового анализа, ИК-Фурье спектроскопии, эллипсометрии показали, что покрытие рентгеноаморфно, состоит из диоксида кремния и имеет показатель преломления ≈1.46 на длине волны λ=550 нм. Следовательно, обладая пониженным по сравнению со стеклом (n≈1.52 на λ=550 нм) показателем преломления, покрытие (нанесенное с обеих сторон подложки) толщиной 90±4 нм повышает оптическое пропускание натриево-кальциевого силикатного стекла приблизительно на 3% (при указанной длине волны) за счет интерференции отраженных волн.

При нанесении покрытия толщиной в диапазоне от 85 до 95 нм на флоат-стекло прочность последнего на центрально-симметричный изгиб повысилась на 26% как со стороны верхней, так и со стороны нижней поверхности.

Рассматриваемое покрытие толщиной приблизительно 130 нм позволяет снизить отражение от поверхности кремниевого фотоэлектрического преобразователя (более чем на 15% в диапазоне λ от 400 до 1200 нм). Более того оно может служить для поверхностной пассивации кристаллического кремния, а также нанесенных на него металлических контактов.

Таким образом, разработанное покрытие является многофункциональным, а сравнительно небольшая стоимость (обусловленная относительной простотой технологии получения) делает его конкурентоспособным.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим научным руководителям д.х.н. И.Д. Кособудскому и д.т.н. А.Б. Жималову, а также д.ф.-м.н. Н.М. Ушакову за помощь в научных исследованиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №11-08-00351-а.

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ С ВЫСОКОЙ ИЗНОСО- И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТЬЮ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Ешмеметьева Е.Н.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: victorm@crism.ru

В настоящее время интенсивно ведутся исследования в области получения защитных покрытий, обладающих повышенной износо- и коррозионной стойкостью благодаря особенностям их структуры, а именно – ее многослойности. Как правило, такие покрытия состоят из чередующихся твердых слоев (например, нитридов металлов) и более мягких (металл). Нами был предложен новый способ получения многослойных покрытий на основе титана или циркония, обладающих специальными защитными свойствами, с высокими адгезивными и когезивными характеристиками и с оптимальным сочетанием прочности и пластичности. Такого результата удалось добиться за счет устранения четких межфазных границ между металлическими и неметаллическими слоями, имеющими значительную разницу в коэффициентах термического расширения. Были получены многослойные градиентные покрытия методом магнетронного напыления по следующей схеме: сначала напылялся слой чистого металла, затем, без прекращения процесса, в камеру подавался азот, расход которого увеличивался по линейному закону; по достижении оптимальной толщины слоя нитрида давление азота уменьшалось по тому же закону и на поверхности формировался слой чистого металла. Далее процесс повторялся до получения многослойного покрытия. Полученные многослойные износостойкие покрытия обладают высокой прочностью сцепления с подложкой и существенно меньшим влиянием разницы коэффициентов термического расширения, а, следовательно, имеют более низкий уровень механических напряжений при термоциклических нагрузках.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим коллегам: Васильеву А.Ф., Быстрову Р.Ю., Белякову А.Н., Шолкиной М.Н.

ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ С УЧАСТИЕМ ГЕПАРИНА, АНТИБИОТИКОВ И БИОМЕТАЛЛОВ

Журавлев Е.В.

Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия

e-mail: evgen1y-zhuravlev@mail.ru

На сегодняшний день актуальной темой является прогнозирование возможного совместного использования в клинической медицине и терапии лекарственных веществ различной биологической направленности. Исследуя физико-химические взаимодействия в многокомпонентных модельных системах, включающих эти вещества, можно прогнозировать возможную биологическую активность композиций на их основе. Следовательно, целью работы является исследование ионных равновесий с участием гепарина и антибиотика пенициллинового ряда – ампициллина, которые часто применяются в комплексе.

Все расчеты моделей равновесий производились по разработанным алгоритмам, реализованным в универсальной компьютерной программе New DALSFEK (KCM Soft, 2000 г.). После обработки кривых титрования водного раствора NaAmp – NaCl – H2O и Na4Hep – NaCl – H2O в первом случае получена модель, включающая 3 протонированные формы: HAmp, H2Amp+, H3Amp2+, во втором – 1 протонированная форма HHep3-. Ионные равновесия с участием гепарина, ампициллина и биометалла исследованы по данным pH-метрического титрования системы Ca2+ - NaAmp - Na4Hep - NaCl - H2O в широком интервале pH. По расчетам составлена модель, включающая одну форму AmpHepCa3-.

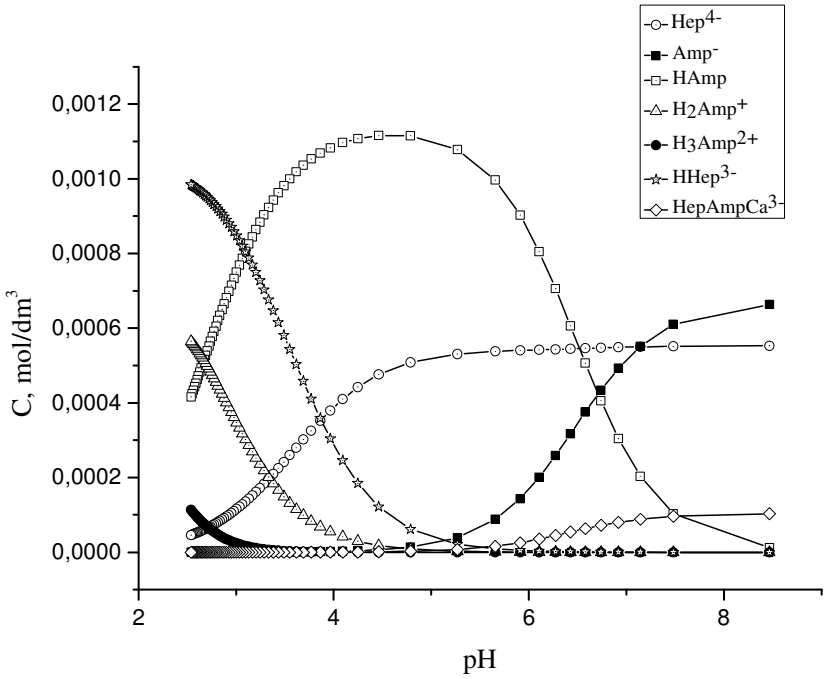


Рис.1. Концентрационная диаграмма распределения комплексных форм в системе Ca2+ - NaAmp – Na4Hep – NaCl – H2O

Методом математического моделирования по результатам pH-метрического титрования исследованы ионно-молекулярные равновесия в системе Ca2+ - ампициллин – гепарин в водном растворе при 37 °C на фоне 0.15 M NaCl. Обнаружено образование среднего комплекса HepAmpCa3- определена константа устойчивости, построена диаграмма распределения в широком интервале pH.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕЗОПОРИСТОЙ МЕЗОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ДИСПЕРСНОЙ МАТРИЦЫ SBA-15 ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОМАГНЕТИКОВ.

Земцова Е.Г.
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: ezimtsova@yandex.ru

Мезопористые мезоструктурированные материалы обладают высоко упорядоченными массивами пор различной геометрии с узким распределением их по размерам, что определяет интерес исследователей к данным объектам. Как правило, такие структуры необходимы для создания различных классов функциональных материалов. Значительный интерес представляет создание ферромагнитных наночастиц в мезопористых матрицах, поскольку они имеют расстояния между центрами пор от единиц до десятков нанометров. Создание на их основе композиционных магнитных материалов для записи информации могло бы значительно повысить ёмкость запоминающих устройств в силу малой площади требуемой для хранения бита и высокой упорядоченности. Это важно при существующих темпах развития электроники и программного обеспечения.

Регулирование геометрических параметров матрицы необходимо при создании матрицы для наномагнетиков, так как геометрия влияет на магнитные свойства материала и на аппаратные характеристики записывающего устройства. В мезопористых мезоструктурированных матрицах возможно регулирование диаметра пор при помощи мицелярных экспандеров, гидротермальной обработки, однако, рост диаметра пор приводит к истончению стенок их разделяющих. Таким образом, регулирование геометрических параметров оказывается весьма затруднённым в силу зависимости параметров друг от друга. При осуществлении синтеза в настоящее время нет возможности одновременно в широком диапазоне регулировать и диаметр пор и толщину их стенок одновременно.

В данной работе мы провели исследование, связанное с поиском пути регулирования геометрии матрицы, при котором не возникала бы трудность взаимосвязи диаметра пор и расстояния между их центрами. Впервые разработана методика тонкого регулирования радиуса пор и расстояния между наночастицами магнитного материала путём наращивания толщины стенок, разделяющих поры, методом молекулярного наслаивания (ML-ALD), что позволяет снижать диполь-дипольное взаимодействие отдельных магнетиков. Так же в нашей работе показана возможность получения частиц железа исключительно в поровом пространстве матрицы без использования метода электроосаждения металла, требующего применения электропроводящей подложки. Предложена формула для определения радиуса пор мезопористых мезоструктурированных материалов с гексагональноупакованными цилиндрическими порами модифицированных методом (ML-ALD) использующая в качестве входных параметров межплоскостное расстояние и удельную пористость.

Таким образом, нами предложен более широкий спектр варьирования магнитных и структурных свойств материалов для записи информации.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору кафедры ХТТ СПбГУ Смирнову В.М. и заместителю руководителя Ресурсного центра ИТКН химического факультета СПбГУ Арбенину А.Ю.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ КРАСНОГО ШЛАМА УРАЛЬСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Зиновеев Д.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук,
г. Москва, Россия
e-mail: ZinoveevIMET@yandex.ru

Количество накопленных в мире отходов производства глинозема по способу Байера – красных шламов, составляет более 2,7 млрд. т. Мировое накопление превышает 120 млн. т. шлама в год. Основное количество красных шламов не подвергается рециклингу, а складируется в шламохранилищах. Дальнейшее их накопление может привести к катастрофическим последствиям для окружающей среды.

Предложенные в настоящее время способы утилизации не позволяют рентабельно перерабатывать эти отходы в достаточном количестве. Такая ситуация связана с их сложными химико-минералогическим и гранулометрическим составами, что не позволяет использовать традиционные способы для их рециклинга.

Предложено использовать красный шлам в качестве комплексной железосодержащей добавки при производстве цемента. В Китае, Индии, Греции в последние годы широко исследовались возможности получения различных цементов на основе красных шламов в смеси с другими техногенными отходами.

Химический и фазовый составы красных шламов разных заводов отличаются весьма значительно, что обусловлено использованием для получения глинозема бокситов разных месторождений. В составе красного шлама Уральского алюминиевого завода преобладают оксиды железа (50% Fe_2O_3). Такое высокое содержание оксидов железа позволяет рассматривать эти шламы, прежде всего как сырье для черной металлургии. Однако наличие в их составе наряду с железом значительного количества алюминия, кремния, кальция и титана означает также и возможность их использования (после извлечения железа) для получения специальных цементов.

В последние годы в цементной промышленности наметился интерес к получению цементных клинкеров путем плавления. Полученные таким способом клинкеры обладают рядом важных строительно-технических свойств.

Проведенные экспериментальные восстановительные плавки красного шлама Уральского алюминиевого завода показали возможность получения из них чугуна и плавленного цементного клинкера.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность зав. лаб. №3, к.т.н. Дюбанову В.Г. и к.ф.-м.н. Корнееву В.П. за помощь при выполнении данной работы.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАЗНОЛИГАНДНОГО КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ НИКОТИНАТА НИКЕЛЯ (II)

Ибрагимова М.Р.

Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан

e-mail: afazilat@bk.ru

Расчет проводили в пакете программ HyperChem 8.07 полуэмпирическим методом в приближении PM3, расширенным способом Хартри-Фока при градиенте сходимости 0.05 ккал/моль/анг.

Нами произведен квантовохимический расчет координационного соединения состава $Ni(Hк\text{-}H)_2{\cdot}2ТА{\cdot}2АНК{\cdot}H_2O$. На основании ИК-, ЭСДО- спектроскопии и дериватографического анализа установлено координация тиокарбамида через атом серы, а никотинамида через атом азота пиридинового кольца (рис.1).

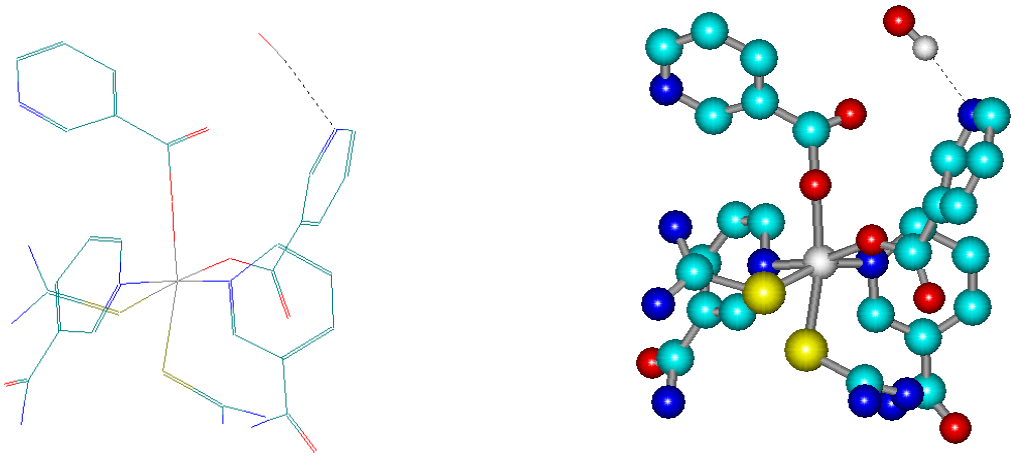


Рис. 1. Пространственная модель молекулы $Ni(Hк\text{-}H)_2{\cdot}2ТК{\cdot}2АНК{\cdot}H_2O$

Атом серы тиокарбамида и гетероатом азота пиридинового кольца в результате смещения электронной плотности к центральному атому приобретают частично положительный заряд, а атом никеля имеет отрицательный заряд.

Длины связей электронодонорных атомов с центральным ионом показывает, что удаленность атомов от центрального атома зависит от радиуса атома. Длины связей между атомами кислорода никотинамида и центральным ионом приблизительно одинаковы, в то время как связи между серой и центральным атомом значительно больше.

Таким образом, методом квантово-химического расчета предложена энергетически выгодная структура синтезированного соединения, рассчитаны длины связей и валентные углы между атомами.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту проф. Азизову Т.А. и доц. Хасанову Ш.Б. за помощь при подготовке тезиса.

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНОГО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.

Иванисенко В.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

e-mail: vic-vic@bk.ru

Для получения плотной керамики с высокой прочностью, а также изготовления катализаторов и сорбентов с высокой активной поверхностью необходимо в качестве исходных веществ использовать слабоагрегированные наноразмерные порошки высокой чистоты.

Комбинированным методом совместного осаждения и гидротермального разложения синтезированы нанокристаллические порошки $(Zr_{0.94}Y_{0.06})O_{1.88}$. Проведена аттестация гранулометрического состава, рентгенофазовый анализ, пикнометрическая плотность синтезированного порошка. Исследовано влияние параметров гидротермального разложения на гранулометрический состав получаемого порошка.

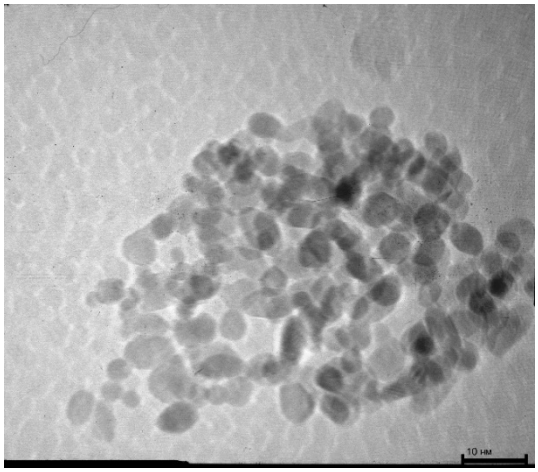


Рис. 1 ПЭМ изображение порошка $(Zr_{0.94}Y_{0.06})O_{1.88}$ после гидротермального разложения гидроксидов циркония и иттрия.

Установлено, что процесс гидротермального разложения гидроксидов циркония осуществляется в широком интервале температур и давлений, начиная с субкритического состояния паров воды 180 °C – 50 атм., до сверхкритического состояния, когда температуры и давление в реакторе достигают значений 400 °C – 250 атм. Фазовый состав и структуру синтезированного порошка диоксида циркония, стабилизированного иттрием, определяли методом рентгенофазового анализа (дифрактометр Rigaku Ultima IV (CuKα – излучение, Ni - фильтр). По данным картотеки ICDD полученный материал является однофазным твердым раствором $(Zr_{0.94}Y_{0.06})O_{1.88}$ и имеет тетрагональную кристаллическую решетку с пространственной группой P42/nmc. Для определения точного элементного состава материала был выполнен рентгеноспектральный анализ. Установлено, что состав синтезируемого материала соответствует требуемому составу. Исследование полученного порошка с использованием просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, микроскоп JEM-2100), показало, что порошок состоит из частиц сферической формы со средним размером 3-15 нм (Рис. 1).

Таким образом, комбинированный метод совместного осаждения и гидротермального разложения гидроксидов, позволяет получить слабоагломерированные наноразмерные порошки стабилизированного диоксида циркония высокой чистоты для изготовления керамических изделий с высокими эксплуатационными свойствами.

Исследование выполнено на оборудовании ЦКП «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» НИУ «БелГУ».

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф.-м.н. Сироте В.В.

АНАЛИЗ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА РУЛОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В УСТАНОВКЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ МРПНУ

Иванов А.Г.

ФГУП «НИИЭФА им.Д. В Ефремова», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: algivspb@mail.ru

Нанесение покрытий на рулонные материалы в вакууме широко используется в различных отраслях промышленности от производства конденсаторов до производства упаковки. Для нанесения широкого диапазона напыляемых покрытий (любые металлы, оксидные, нитридные и карбидные соединения) применяются магнетроны, принцип работы которых основан на распылении металлов в электрическом разряде и синтезе их соединений в среде активных газов. Основные достоинства процесса: возможность напыления практически любых соединений металлов при точном контроле толщины, однородности, структуры и стехиометрии покрытий на субстратах с линейными размерами до нескольких метров.

В рамках данной работы проведен анализ газовых потоков, на основе которого осуществлена оптимизация параметров технологического процесса нанесения Ti покрытия на полипропиленовую плёнку шириной 1200 мм (толщиной 50мкм) в крупномасштабной магнетронной рулоно - прокатной установке (МРПНУ), разработанной во ФГУП «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова» для Китайской аэрокосмической корпорации. Установка предназначена для нанесения функциональных покрытий на рулонные материалы (Kapton, FEP Teflon, Mylar) методом магнетронного распыления для термоизоляции космических систем и элементов.

Установка обеспечивает вакуумную откачку до давлений $5*10^{-4}$ Па, создание требуемой газовой среды, перемотку рулонов шириной до 1200 мм (с толщиной плёнки от 10 мкм до 200 мкм) со скоростью до 6,5 м/мин, ионную очистку рулонного материала, нанесение покрытия с диагностикой толщины в режиме реального времени. Для выбора оптимального режима вакуумной откачки предусмотрена возможность дросселирования затворов крионасосов, обеспечивающих высокий безмасляный вакуум. Введение дросселирования обусловлено с одной стороны условиями работы крионасосов (рабочее давление менее $5*10^{-2}$ Па), с другой стороны необходимостью обеспечения максимальной производительности магнетронов (которая реализуется в диапазоне давлений 1 – 5 Па).

Параметрами для оптимизации являлись: чистота процесса (отношение содержания рабочего газа и примесей), рабочий ток магнетронов (определяющий скорость нанесения покрытия), давление в крионасосах и вакуумной камере, парциальные давления рабочего газа и примесей. Проведен анализ газовых потоков в вакуумной камере, на основании которого, а также с учётом необходимости обеспечения максимальных производительности и чистоты процесса выбраны оптимальные технологические режимы и параметры установки.

Получены и исследованы образцы плёнок при различных параметрах процесса. Исследована зависимость скорости роста пленки от параметров технологического процесса.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проекта Карпову Д.А., консультанту Филиппову А.А.

СВС ЛИТЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ БОРИДОВ И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ ОСНОВЕ.

Икорников Д.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Черноголовка , Россия

e-mail: den@ism.ac.ru

Среди высокотвердых материалов бориды переходных металлов обладают набором многих востребованных характеристик и рассматриваются как одни из наиболее перспективных кандидатов для использования в качестве современных износостойких и высокопрочных материалов. Однако материалы на основе бинарных систем (Ti-B, Cr-B, W-B и т.д.) плохо поддаются спеканию, имеют высокую хрупкость, что делает их неприменимыми в широком использовании.

Для синтеза литых композитов был использован метод СВС-металлургии, основанный на высокоэкзотермичном взаимодействии (горении) СВС систем термитного типа. Ниже представлены схемы высокотемпературного химического взаимодействия:

$$MoO_3 + NiO + Al + B \Rightarrow [Mo_2NiB_2 - Ni] + Al_2O_3 + Q,$$

$$MoO_3 + Fe_2O_3 + Al + B \Rightarrow [Mo_2FeB_2 - Ni] + Al_2O_3 + Q,$$

$$WO_3 + C_3O_4 + Al + B \Rightarrow [W_2CoB_2 - Co] + Al_2O_3 + Q.$$

Использование высокоэкзотермических СВС-составов термитного типа, позволяет реализовать температуры достаточные для получения расплавов продуктов горения. Синтез проводили при перегрузках от 10 до 50g реализуемых на центробежных СВС-установках , при нормальном атмосферном давлении. Было исследовано влияние перегрузки и соотношения компонентов на формирование литых МКК. Получены литые МКМ Mo_2NiB_2/α Ni, Mo_2FeB_2 /αFe, W_2CoB_2 /αCo, где α (Ni, Fe, Co) варьировали от 0,03 до 0,45.

Исследования фазового состава и микроструктуры продуктов синтеза выявило, что литые материалы имеет композитную структуру, состоящую из пластичной матрицы на основе Ni (Fe или Co) в которой равномерно распределены бориды на основе комплексных соединений Mo_2NiB_2 (Mo_2FeB_2 или W_2CoB_2) соответственно.

На основе полученных композиционных материалов впервые осуществлена центробежная СВС-наплавка защитных покрытий на титановые и стальные подложки. Получено покрытие, равномерно распределенное по поверхности основы, толщиной 2-6 мм и с твердостью 1300-1400 Hv. Показано, что на границе основа / покрытие формируется переходная зона толщиной 0,1-0,3 мм, которая обеспечивает прочное сцепление покрытия с основой.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность в подготовке материала д.т.н. В.Н. Санину и д.т.н. В.И. Юхвиду.

Работа выполнена при Финансовой поддержке ФЦ, проводимых целевыми аспирантами (Грант № 14.132.21.1595)

ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА ВК10КС ТИТАНОМ И БОРОМ

Ионина А.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

e-mail: ani-vo@yandex.ru

Карбидовольфрамовые твёрдые сплавы, благодаря своим физико-механическим свойствам, продолжают оставаться одним из основных материалов при производстве различного инструмента, используемого в горнодобывающей отрасли. Износ твёрдосплавной вставки в период эксплуатации бурового и горнорежущего инструмента острыми кромками породы существенно зависит от абразивных свойств породы и твёрдости сплава. Большой резерв повышения долговечности твёрдосплавных изделий заключается в применении поверхностных методов упрочнения с использованием различных источников внешних высокоэнергетических воздействий. Один из способов такой обработки – электровзрывное легирование (ЭВЛ). Основная идея такой обработки состоит в оплавлении поверхностных слоёв и насыщении их продуктами взрыва с последующей самозакалкой путём отвода тепла в глубь материала и в окружающую среду. Целью настоящей работы явилось формирование упрочнённых слоёв на поверхности твёрдого сплава ВК10КС при электровзрыве углеграфитовых волокон, алюминиевой или титановой фольги с дополнительным легированием бором.

Инструментом теплового воздействия на поверхность и источником легирующих элементов при ЭВЛ является многофазная плазменная струя, сформированная из материала взрываемого проводника. В настоящей работе в качестве проводника служили углеграфитовые волокна, алюминиевые или титановые фольги, массы которых составляли 40 и 65 мг соответственно. При их использовании совместно с порошковой навеской бора, размещаемой в области взрыва, в поверхностном слое твердого сплава, куда они переносятся как в плазменном, так в конденсированном состоянии, возможно образование карбидов и боридов, имеющих высокую твёрдость. Масса порошка аморфного бора составляла 60 мг, размеры частиц достигали 5 мкм.

Облучение поверхности твёрдого сплава проводили в высокоэнергетическом режиме при интенсивности воздействия 6,0 ГВт/м^2, обеспечивающим оплавление поверхности и интенсивное конвективное перемешивание расплава, которое возникает из-за неоднородного давления, оказываемого плазменной струей на облучаемую поверхность.

Обработка образцов твёрдого сплава ВК10КС электровзрывом углеграфитовых волокон, алюминиевой или титановой фольги с навеской бора приводит к формированию упрочнённого слоя, толщина которого составляет 15...20 мкм. При этом незначительно увеличивается шероховатость поверхности до значения Ra = 2,0 мкм, которое находится в пределах технических требований.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., профессору Будовских Е.А., к.т.н., доценту Осколковой Т.Н. и д.ф.-м.н., профессору Громову В.Е. за обсуждение результатов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты № 11-02-91150-ГФЕН-а) и госзадания Минобрнауки №2.4807.2011.

ЯДЕРНО-ХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МЕЧЕННЫХ ТРИТИЕМ НОВЫХ БИОМАРКЕРОВ ДИАЗИНОВОЙ СТРУКТУРЫ

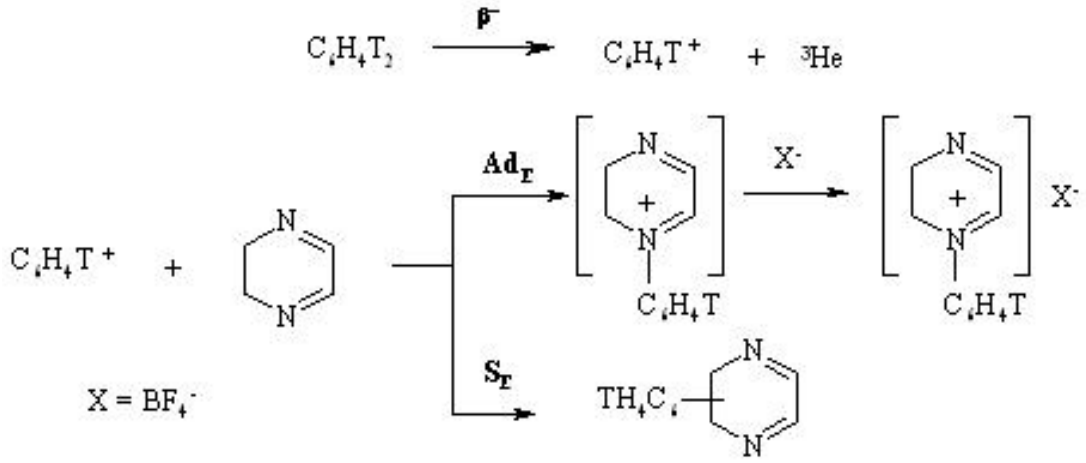
Исаева И.С.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия

e-mail: myamlik1@yandex.ru

Производные диазинов обладают широким спектром биологической и фармакологической активности, включая антибактериальную, противоопухолевую и противовирусную, в том числе в отношении вируса иммунодефицита человека. Интерес к 1,4-диазинам сохраняется крайне высоким и в последние годы. Это связано, главным образом, с тем, что пиразиновая система и ее производные являются фрагментами многих биологически важных соединений и медицинских препаратов. В связи с этим, одной из важных задач представляется поиск новых путей получения производных диазинов и синтез ранее неизвестных соединений пиразинового ряда. А также, разработка простых методов получения меченных тритием радиоактивных маркеров для изучения биохимических процессов.

Ранее ядерно-химическим методом была осуществлена неизвестная реакция фенилирования гетероциклического атома азота в различных производных пиридина, хинолина, изохинолина и успешно синтезированы в одну стадию меченные тритием *N*-фенильные ониевые соединения, радиоактивные маркеры для биологических исследований (Н.Е Щепина с сотр.).



В продолжение данных работ было проведено изучение ион-молекулярных реакций нуклеогенных (полученных в результате β-распада) фенил катионов с нуклефильными центрами пиразина. Схема исследованных ион-молекулярных реакций может быть представлена следующим образом:

Впервые обнаружена реакция прямого фенилирования атома азота в диазинах, получены кватернизированные соли *N*-фенилпиразиния, перспективные радиоактивные биомаркеры.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Н.Е. Щепиной, к.х.н., с.н.с., зав. НИЛ радиохимии ЕНИ ПГНИУ.

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ИК ДЕТЕКТОРЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С МНОГОЗАРЯДНЫМИ НАНОКЛАСТЕРАМИ

Исамов С.Б.

Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан.

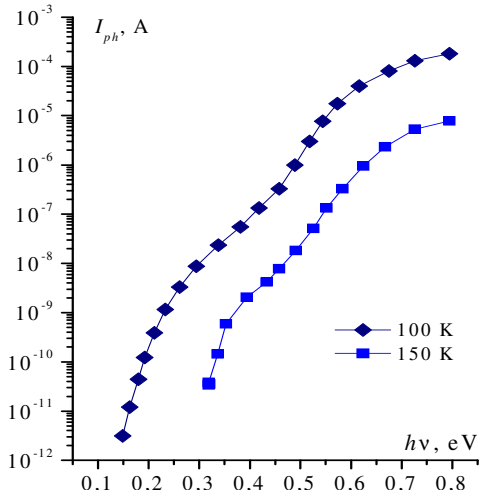
e-mail: sobir-i@mail.ru

Создание более чувствительных ИК фотоприемников для области λ=1,5÷8 мкм представляет большой практический интерес. Однако создание на основе кремния таких ИК детекторов, работающих при более высоких температурах *T*=100÷250 K практически невозможно. В связи с этим в данной работе представлены новые результаты по исследованию кремния с многозарядными нанокластерами атомов марганца для разработки и создания ИК детекторов для указанной области спектра.

Легирование кремния проводилась по новой технологии так называемой «Низкотемпературной диффузии». Нами в качестве исходного материала был использован монокристаллический кремний *p*-типа с ρ=5 Ом·см (при *T*=300 K). В результате легирования нами были получены образцы *p*-типа с удельным сопротивлением ρ= (6÷8)·10^3 Ом·см (при *T*=300 K) в которых практически все атомы марганца находятся в виде Mn^{++} и участвуют в формировании нанокластеров обладающих максимальной кратностью заряда $\left[(\mathrm{Mn})_4^{+8}\,\mathrm{B}^{-1}\right]^{+7}$.

В результате исследования было установлено, что в таких материалах фотоответ начинается при *h*ν=0,16 эВ (λ~8 мкм) и с увеличением энергии фотонов фототок непрерывно увеличивается и достигает своего максимального значения при *h*ν=0,8 эВ (λ~1,55 мкм) (рис.1), т.е. наблюдается аномально большая примесная фотопроводимость в области *h*ν=0,16÷0,8 эВ (λ~1,55÷8 мкм). В области температур *T*=77÷150 K, спектральная зависимость фотопроводимости существенно не меняется. В интервале температур *T*=150÷300 K, образцы обладают достаточно большой чувствительностью, но начало фотоответа смещается от *h*ν=0,16 эВ к *h*ν=0,4 эВ (λ~1,55÷8 мкм).

Полученные результаты объясняются созданием целого спектра достаточно глубоких донорных энергетических уровней кластеров в области $E=E_V+(1{,}6\div0{,}4)$ эВ. Такие центры обладают гигантским сечением захвата для электронов и соответственно маленьким сечением захвата для дырок. Эти экспериментальные данные показывают, что кремний с многозарядными нанокластерами атомов марганца, является перспективным материалом для создания чувствительных ИК датчиков для области λ=1,5÷8 мкм, и применения их в оптоэлектронике.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору М.К. Бахадырханову за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

Ишмуратов Ф.Г.

Институт органической химии Уфимского научного центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия

e-mail: insect@anrb.ru

Специфика нанотехнологий привела к необходимости зарождения и быстрого развития уникального направления в метрологии – нанометрологии, с которым связаны теоретические и практические аспекты «правильности» измерений. Особо важно то, что в нанотехнологиях приборно-аналитическая и технологическая составляющие работают на пределе возможностей. Это увеличивает вероятность ошибки, связанной, кроме того, с человеческим фактором [1]. В решении главной задачи метрологии – обеспечении единства измерений, т.е. достижении такого состояния измерительной инфраструктуры, при котором результаты измерений выражены в узаконенных единицах и их погрешности известны с заданной вероятностью – нанометрология опирается на меры, стандартные образцы состава, структуры, размера, свойств в обеспечение практически каждой единицы оборудования необходимым набором средств, которые воспроизводят нужную шкалу и позволяют осуществлять калибровку средств измерений, в том числе непосредственно в процессе измерений, что позволяет контролировать результаты каждого из них и обеспечивать их прослеживаемость к эталону соответствующей величины. Создание таких стандартных образцов и мер сопровождается разработкой соответствующих методик поверки и калибровки их самих и средств измерений с их применением, а также методик измерений параметров и характеристик объектов и продукции нанотехнологий и наноиндустрии с использованием указанных средств измерений. В России к настоящему времени создана основа метрологического обеспечения измерений длины в диапазоне 1–1000 нм, а именно разработаны: (1) методология обеспечения единства измерений в данном диапазоне, включающая принципы электронной и зондовой микроскопий, лазерной интерферометрии и рентгеновской дифрактометрии; (2) метрологический комплекс, обеспечивающий воспроизведение и передачу размера единицы длины с погрешностью 0,5 нм. Стандартизация в области нанотехнологий включает [2]: (1) понимание и управление процессами и свойствами материалов в нанометровом диапазоне, как правило, для размеров менее 100 нанометров по одной или более координат, где учет размерных явлений обычно приводит к новым применениям; (2) и/или использование свойств материалов нанометрового диапазона, которые отличаются от свойств как отдельных атомов и молекул, так и от свойств объемных материалов, для создания более совершенных приборов, систем и материалов, реализующих эти новые свойства. России в вопросах нанотехнологий приходится догонять другие страны, т.к. ее участие в международной и европейской стандартизации по-прежнему незначительно.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям – д.х.н. М.П. Яковлевой и д.ф.-м.н. И.В Александрову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тодуа П.А. Метрология в нанотехнологии.- Российские нанотехнологии. 2007, т.2, № 1-2, с.61-69.
2. Хохлявин С.А. Нанотехнологии и стандарты – неразрывный симбиоз. – Наноиндустрия, 2010, № 3, с. 32-36.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО ГИДРИРОВАНИЯ ТЕТРАХЛОРИДА ГЕРМАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ГЕРМАНИЯ

Кадомцева А.В.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний-Новгород, Россия
e-mail: alena-kad@rambler.ru

В настоящее время реализация технологии получения германия и моногермана связана с большими экономическими затратами, характеризуется многостадийностью и высокими энергозатратами.

В связи с этим, актуален вопрос создания нового технологического процесса получения высокочистого германия. Основными источниками высокочистого германия в микроэлектронике являются моногерман и его хлоропроизводные соединения. Существующие методы синтеза соединений германия приводят к загрязнению конечного продукта примесями.

В работе рассмотрен новый метод получения германия и его соединений, основанный на каталитическом гидрировании тетрахлорида германия, позволяющий сократить затраты, минуя промежуточные стадии, значительно снизив температуру проведения реакции.

В работе рассмотрен механизм протекания каталитического гидрирования тетрахлорида германия. С целью разработки технологии процесса, проведен термодинамический анализ процесса гидрирования $GeCl_4$ и образований соединения Ge с H_2, и металлами.

Используя термодинамические данные, были определены значения константы равновесия реакции в диапазоне температур 500-1000K. Проведенные расчёты, показали, что при температуре свыше 800K, происходит взаимодействие с катализатором. При температуре ниже 800K, константа равновесия реакции меньше единицы и продукт реакции германий не взаимодействует с катализатором.

Рассмотрена зависимость константы скорости реакции от температуры при каталитическом гидрировании тетрахлорида германия.

Рассчитана энтальпия образования эндотермической реакции, требующая на проведение больших затрат энергии.

Изучена зависимость энтальпии реакции с высотой активационного барьера с образованием нестабильных соединений германия. Установлено, что соотношение между энергией активации (E_a) и энтальпией реакции (ΔH) при наличии и при отсутствии катализатора существенно различаются. Наивысшее значение энергии определяет величину энергетического барьера. В присутствии катализатора энергии, которая необходима для начала реакции, значительно меньше. Использование каталитического гидрирования вместо традиционного высокотемпературного способа позволяет значительно снизить энергоёмкость и повысить рентабельность производства высокочистого германия.

На основании теоретического анализа, в работе была спроектирована установка для каталитического гидрирования тетрахлорида германия. Были определены типы катализаторов и разработана методика эксперимента.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Воротынцеву Владимиру Михайловичу, доктору химических наук, профессору, заведующему кафедрой физики и технологии материалов, и компонентов электронной техники

КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НЬЮБЕРИТА И СТРУВИТА

Казакова Г.К.

Лаборатория неорганического материаловедения МГУ им. Ломоносова, г. Москва, Россия

e-mail: skelet17@gmail.com

В современном мире значительное внимание уделяется созданию керамических материалов медицинского назначения, предназначенных для использования при реконструкции дефектов костных тканей, образующихся в результате патологических изменений в организме, обширных хирургических вмешательств или травм. Учитывая это, актуален регенерационный подход, где акцент делается на замещение биоматериала нативной растущей костью, а материалу отводят роль активного источника необходимых для построения костной ткани элементов. Ион магния является важным фактором метаболизма костей, формирования костной матрицы и ее минерализации. Влияет на активность остеобластов и остеокластов, то есть на скорость роста костной ткани. Поэтому актуально создание материалов содержащих фазы способные при растворении выделить ионы магния. Такими могут быть материалы на основе гидрофосфатов кальция и магния. Для получения фазы, содержащей гидроортофосфат магния, необходимо разработать метод получения порошков фосфата магния в соотношении Mg/P=1. Примерами таких отношений являются ньюберит ($MgHPO_4 \bullet 3H_2O$) и струвит ($(NH_4)MgPO_4 \times 6H_2O$).

В связи с этим целью данной работы является получение керамики на основе порошка ньюберита. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение синтеза трехводного гидрофосфата магния; исследование свойств синтезированного порошка по реакции (1) и получения керамики на его основе.

$(NH_4)_2HPO_4 + MgCl_2 + xH_2O \rightarrow MgHPO_4{*}3H_2O / NH_4MgPO_4 \times 6H_2O + NH_4Cl$ (1)

$Na_2HPO_4 + MgCl_2 + 3H_2O \rightarrow MgHPO_4{*}3H_2O + 2NaCl$ (1)

$K_2HPO_4 + MgCl_2 + 3H_2O \rightarrow MgHPO_4{*}3H_2O + 2KCl$ (1)

Синтез проводили путем сливания хлорида магния в гидрофосфаты калия, натрия, аммония и обратно при комнатной температуре. Полученные порошковые материалы были изучены с использованием таких методов исследования, как рентгенофазовый анализ, дифференциальный термический анализ и электронной микроскопии.

Таким образом, данные РФА порошков, полученных при различном порядке сливании хлорида магния и гидрофосфатов калия, натрия, аммония, свидетельствуют о том, что фазовый состав каждого порошка был представлен ньюберитом, струвитом или смесью двойного фосфата калия магния (KMgHPO4•6H2O). При сливании хлорида магния в гидрофосфаты калия, натрия, аммония частицы имеют крупные размеры, чем при обратном. Все синтезированные порошки могут быть использованы в качестве порошкового прекурсора для получения керамического материала, фазовый состав которого представлен ньюберитом и струвитом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям: к.т.н. Сафроновой Т.В. и к.х.н., доценту Путляеву В.И.

ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК АРОМАТИЧЕСКИХ КАРБОКСИЛАТОВ ТЕРБИЯ ИЗ РАСТВОРА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В OLED

Калякина А.С.

ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

e-mail: a.s.kalyakina@gmail.com

Высокий квантовый выход люминесценции координационных соединений редкоземельных элементов (КС РЗЭ), может достигать 100% даже при электролюминесценции, делает эти соединения перспективными материалами для использования в качестве эмиссионных слоев органических светоизлучающих диодов (organic light emitting diode – OLED). Среди таких материалов ароматические карбоксилаты занимают особое место благодаря сочетанию высокой УФ стабильности и высокой эффективности люминесценции. Однако для практических применений, таких как органические светоизлучающие диоды (OLED), необходимо наносить тонкие пленки люминесцирующих материалов. Это является препятствием в случае ароматических карбоксилатов, поскольку их полимерное строение приводит к низкой летучести и растворимости. В данной работе предложен принципиально новый подход для получения тонких пленок нелетучих нерастворимых ароматических карбоксилатов РЗЭ: метод образования и разложения разнолигандных комплексов [1]. Метод заключается в растворении ароматического карбоксилата за счет образования разнолигандного комплекса (РЛК), нанесении его тонкой пленки на подложку с последующим термическим разложением РЛК и образованием в пленке ароматического карбоксилата.

Апробация метода проводилась на примере получения пленок бензоата тербия $Tb(bz)_3$ и о-феноксибензоата тербия $Tb(pobz)_3$, которые обладают интенсивной фотолюминесценцией. В качестве нейтральных лигандов для образования РЛК были выбраны O,N- и O,O-донорные лиганды ацетилацетонимин (Hacim) и моноглим (MG), обладающие низкой температурой парообразования. Были впервые получены и охарактеризованы РЛК с этими нейтральными лигандами, и в качестве прекурсоров тонких пленок были выбраны РЛК состава $Tb(pobz)_3(Hacim)_2$, $Tb(pobz)_3(MG)(H_2O)_2$ и $Tb(bz)_3(Hacim)_2$. Оптимизация условий нанесения и термообработки пленок этих прекурсоров позволила предложенным методом получить гладкие сплошные пленки $Tb(pobz)_3$ и $Tb(bz)_3$ со среднеквадратичной шероховатостью ~2-4 нм. Показано, что изменяя концентрацию наносимых растворов прекурсоров, можно контролируемо варьировать толщину пленок в диапазоне 20-200 нм.

Полученные пленки были протестированы в структуре OLED, оптимизация которой проводилась на примере тонких пленок $Tb(pobz)_3$. При этом варьировали толщину эмиссионного слоя, а также состав дыркопроводящего и дыркоблокирующего слоев. В результате оптимизации был получен прототип OLED со структурой ITO/PEDOT:PSS/$Tb(pobz)_3$:TPD(1:1)/TAZ/Al, где в качестве прекурсора был использован РЛК $Tb(pobz)_3(MG)(H_2O)_2$, а толщина эмиссионного слоя составила 40 нм. Полученный OLED продемонстрировал напряжение включения 7В, а его спектр электролюминесценции полностью совпадал со спектром фотолюминесценции $Tb(pobz)_3$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.х.н. Уточникову В.В., проф. д.х.н. Кузьмину Н.П., к.ф.-м.н. Ващенко А.А.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Utochnikova, A. Kalyakina, N. Kuzmina Inorg. Chem. Comm., 2012, 16, 4 Катодная поляризация C, W и TiB_2 в расплаве $KF-NaF-AlF_3-Al_2O_3$

НОВЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ

Камалов.Х.У

Каракалпакский государственный университет, Республика Узбекистан

e-mail: kamalov-x@list.ru

Как было показано в работах [1,2] при определенных термодинамических условиях происходит самоорганизация формирования нанокластеров примесных атомов в полупроводниках. При формировании такие нанокластеры объеме кристалла в зависимости от природы примесных атомов и технологических условий могут быть электронейтральными, многозарядными и даже магнитными. Поэтому в кремнии с такими нанокластерами наблюдается ряд новых физических явлений, которых нет в кремнии с наноструктурами созданными методом МЛЭ. Одним из актуальных вопросов в этом плане является управление составом, размером, концентрацией, а также распределеним нанокластров примесных атомов в решетке, которое позволяет создать принципиально новые наноэлекроннные приборов на их основе.

В этом плане представляет большой научный и практический интерес исследование влияния всестороннего давления на кинетику формирования кластеров примесных атомов марганца в кремнии. Как показали результаты исследования наличие всестороннего давления существенно влияет на состояние атомов марганца в решетке кремния. С ростом давления участие отдельных ионов атомов марганца в формировании кластеров увеличивается и соответственно увеличивается концентрация кластеров в объеме (рис.1)

При давлении $P=9\cdot10^8$ Па нанокластеры включаю практически все введение атомы марганца в кремнии. Анализ показывает, что действие всестороннего давления $P=(8\div9)10^8$ Па полностью заменяет отжиг при температуре T=600-650 С. Но при этом следует отметить, что при дополнительном отжиге всегда генерируются термодоноры которые существенно изменяю параметры образца. Таким образом, всестороннее давление позволяет получить материал с заданной концентрацией и кратностью заряда нанокластеров а также управлять кинетикой их формирования.

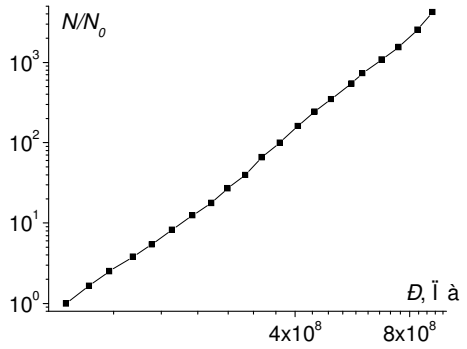


Рис. 1. Относительное измение концентрации кластеров атомов марганца в зависимости от давления.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за консультацию профессора кафедры «Электроника и микроэлектроника» ТашГТУ Х.М.Илиева.

Литература

1. Мильвидский М.Г., Чалдышев В.В. Наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках – новый подход к формированию свойств материалов // ФТП.1998. Т.32. №5. С. 513-518.

2. М.К. Бахадырханов, К.С. Аюпов, Х.М. Илиев, Г.Х. Мавлонов, О.Э. Сатаров. Влияние электрического поля, освещенности и температуры на отрицательное магнетосопротивление кремния, легированного по методу „низкотемпературной диффузии“. Письма в ЖТФ, 2010, Т.36, вып. 16, С. 11-18.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТОЙ ЦИРКОНИЙСОДЕРЖАЩЕЙ КЕРАМИКИ

Камышная К.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: ksene4ka.01@mail.ru

Благодаря высокой химической стабильности и нерастворимости спекаемые керамические массы считаются максимально приемлемым материалом в медицине. В настоящее время перспективным становится применение алюмоциркониевых оксидных смесей, так как керамика на основе такого сырья при сравнительно невысокой стоимости обладает комплексом необходимых физико-механических характеристик (высокой прочностью, высоким электросопротивлением, трещиностойкостью, износостойкостью) и пригодна для эстетической стоматологии (цветовые и оптические свойства).

Целью данного исследования является получение керамического материала на основе Al_2O_3 и ZrO_2 литьем водного шликера. Перспективность этого хорошо известного мобильного и нетрудоемкого метода в применении к нуждам имплантологии обусловлена возможностью получения конструкций различной сложности по индивидуальным моделям.

Для исследования влияния соотношения оксидов алюминия и циркония состав шихты подбирался экспериментально с изменением содержания ZrO_2 - 5, 30 и 100 масс. %. Формование производилось литьем шликера в стальную оснастку, расположенную на гипсовой пластине. Минимальное время сушки образцов после литья составляло 2 суток на воздухе. Обжиг проводился в среде воздуха со скоростью подъема температуры ~2 °С в минуту до 1580 °С или до 1550 °С и выдержкой при конечной температуре в течение 2 часов. Для определения плотности, пористости и водопоглощения использовался метод гидростатического взвешивания с вакуумированием.

Для изучения действия электролитов на текучесть шликера в смесь оксидных порошков с водой вводился по каплям раствор КМЦ или глюкозы для обеспечения прочности отливки, а также электролиты HCl или $C_6H_8O_7$ для достижения необходимой текучести.

В результате проведения исследования было выявлено, что в качестве электролита, увеличивающего текучесть шликера, лучший результат получен с $C_6H_8O_7$. Минимальная вязкость шликера фиксировалась (при помощи pH-метра и вискозиметра) в интервале pH = 3,3...3,7. При проведении РФА было установлено, что $C_6H_8O_7$ не вступает в реакцию с оксидами в отличие от HCl. Усадка образцов с $C_6H_8O_7$ в среднем на 3 % ниже, чем у образцов с HCl. Усадка образцов закономерно увеличивается с повышением температуры термообработки. В то же время плотность обожженных образцов, приготовленных с $C_6H_8O_7$, больше, чем образцов с HCl. При сравнении аналогичных образцов с использованием КМЦ было выявлено, что образцы, содержащие глюкозу, имеют лучшие характеристики (более высокая плотность, наименьшая пористость), чем образцы с КМЦ. Отмечено, что образцы, содержащие 30 % ZrO_2, обладают лучшими характеристиками (более плотные), чем образцы состава 5 % ZrO_2, причем отмечено, что количество глюкозы незначительно влияет на характеристики образцов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Хабас Т.А.

АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ СВС-МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ФУТЕРОВОК ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ В МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ

Капустин Р.Д.

ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН), г.Черноголовка, Россия

e-mail: kapustin-roman@mail.ru

Разработаны ЗАО НПКФ «МаВР» защитные огнеупорные покрытия с применением перспективной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Такие покрытия, нанесенные на поверхность огнеупоров, расширяют область их температурного применения, приводят к значительному уменьшению физико-химической и механической эрозии их поверхности, заметно (до 200 °С) повышают температурные ресурсы в условиях статических и динамических воздействий агрессивных сред и высокотемпературных газовых и пылевых потоков.

Применение таких покрытий ограничено по причине недостаточной исследованности процессов, происходящих при СВС. Кроме того, современные технологии не позволяют применять их в тех теплоагрегатах, где нет необходимых для инициирования процесса синтеза температур.

Цель работы – на основании экспериментально - теоретических исследований процесса синтеза муллитовых структур и корунда в тонких покрытиях на основе алюмосиликатных СВС-материалов (АС-материалов) усовершенствовать технологии получения алюмосиликатных огнеупорных композиционных материалов и изделий из них для защиты тепловых агрегатов от воздействия высоких температур.

Для достижения цели были проведены:

- Расчёты адиабатической температуры по известным методикам расчётов, в том числе с использованием специализированной компьютерной программы ISMAN-THERMO.

- Эксперименты по проведению СВС в покрытиях различными методами с исследованием продуктов синтеза методами рентгеноструктурного анализа и растровой электронной микроскопии.

На первом этапе методика проведённых экспериментов предусматривала обжиг образцов, представляющих собой композицию шамот ША+ОКП М-1 по различным ступенчатым тепловым режимам нагрева в лабораторной камерной электропечи.

Выяснилось, что, из-за значительного отвода тепла, для обеспечения синтеза муллитовых структур в тонком покрытии на основе АС-материала необходимо обеспечить его нагрев до температуры выше 1300 ºС, что не всегда технически возможно и экономически оправдано.

На втором этапе осуществлялся поверхностный нагрев термохимической лентой марки ЛТХ-100, которая обеспечивает при горении температуру 2000ºС.

Разработана технология изготовления композиционного материала шамот ША+М-1 с проведением поверхностного нагрева термохимической лентой марки ЛТХ-100 которая позволяет синтезировать в поверхностном слое муллитовые структуры и корунд, что позволяет повышать эксплуатационные характеристики композиции и значительно расширяет область её применения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность г.н.с. ИСМАН д.т.н. профессору Первухину Л.Б., а также Генеральному директору ЗАО НПКФ «МаВР» к.т.н. Мойзису С.Е.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПИИ ЭНЕРГИИ МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЫ НА ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В НАНОЛАМИНАТАХ МЕДЬ-НИОБИЙ

Картамышев А.И.

Научно-образовательный и инновационный центр «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

e-mail: firewitcher@mail.ru

Для определения энергии межфазных границ между кристаллическими материалами преимущественно используются методы компьютерного моделирования в силу ограничений современной экспериментальной базы. Вместе с тем достоверность результатов моделирования существенно зависит от используемых потенциалов взаимодействия между атомами.

Расчеты параметров решетки «из первых принципов» Cu и Nb и сопоставление полученных результатов с экспериментом проводились для тестирования соответствующих PAW-потенциалов. Наблюдается хорошее согласие полученных результатов с экспериментом.

Вычисление энергии когерентной межфазной границы «из первых принципов» $Cu_{ГЦК}\{111\}/Nb_{ГЦК}\{111\}$, а также сравнение полученных результатов с расчетами методом молекулярной динамики применялось для тестирования полуэмпирического потенциала Cu-Nb. Результаты, полученные для обоих методов, сопоставимы.

Все расчеты «из первых принципов» проводились с использованием программного пакета ABINIT. Для PAW-потенциалов Cu и Nb использовалось GGA (generalized gradient approximation) приближение для обменно-корреляционного функционала.

Для определения возможности реализации слоев меди с ОЦК структурой в наноламинатах Cu-Nb был проведен компьютерный эксперимент методом молекулярной динамики, состоящий из нагрева образца до 1200 K, выдержки, последующего охлаждения до 100 K и анализа получившейся структуры. Для этого использовался образец, состоящий из 9762 атомов (3 слоя Cu и 8 слоев Nb), в ориентации Курдюмова-Закса.

В итоге было установлено, что слои меди остаются в ГЦК структуре, несмотря термодинамическую выгодность ОЦК структуры меди в условиях ограниченности прилегающими слоями ОЦК ниобия, благодаря сильной анизотропии энергии межфазной границы Cu/Nb [1].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, заведующему лабораторией теоретических исследований и компьютерного моделирования, доктору физ.-мат. наук Липницкому Алексею Геннадьевичу.

Литература

1. Липницкий А.Г., Марадудин Д.Н., Картамышев А.И., Неласов И.В. Отрицательная энергия межфазной границы // Научные ведомости БелГУ. Серия: Математика. Физика. – 2012. – № 11(130). – Вып. 27. – С. 160-167.

ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛАХ $PbMoO_4$ И $PbMoO_4$:Nd^{3+}

Каурова И.А.

Московский Государственный Университет Тонких Химических Технологий им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

Московский Государственный Открытый Университет им. В.С. Черномырдина, г. Москва, Россия

e-mail: kaurchik@yandex.ru

Молибдат свинца - $PbMoO_4$ - акустооптический материал, принадлежащий семейству шеелита $CaWO_4$ (пр. гр. *I4₁/a, Z =4*), а введение ионов Nd^{3+} позволяет получать на них лазерную генерацию.

Цель работы - определение точечных дефектов в $PbMoO_4$ и $PbMoO_4$:Nd, выращенных методом Чохральского в Pt-тигле в направлении <001>, методами рентгено- (**РМ микрочастей**- STOE STADI VARI PILATUS-100K; λ=0.71Å) и нейтроноструктурного анализа монокристаллов (**НМ макрочастей –** 5C2, Orphee-реактор; λ=0.83Å) и измельченных в порошок ~100 мг образцов (**РП** - HZG-4; λ=1.54 Å). Ионы Nd^{3+} вводились в виде Nd_2O_3, $NdNbO_4$, $Nd_2(MoO_4)_3$ и $NaNd(MoO_4)_2$.

Результаты структурного исследования с кристаллохимическим анализом полученных данных позволили записать уточненный состав $PbMoO_4$ как $Pb(Mo^{6+}_{0.997(2)\ \ 0.003})O_4$ (**РП**) и $Pb(Mo_{0.992(4)\ \ 0.008})O_4$ (**РМ**) - с вакансиями ( ) в позиции молибдена ($V_{Mo}^{n'}$), $PbMo_{1.000(16)}O_{3.960(44)}$ (**НМ**) - практически стехиометрический (с учетом стандартного отклонения).

Найдено, что в зависимости от способа введения активатора-неодима, который является в данном случае гетерогенной примесью, меняется тип и концентрация точечных дефектов:

1. Уточненные составы $PbMoO_4 \times Nd_2O_3$ оказались $(Pb^{2+}_{0.970(2)}Nd^{3+}_{0.030})(Mo^{6+}_{0.995(2)\ \ 0.005})O_4$ (**РП**), $(Pb^{2+}_{0.970(4)}Nd^{3+}_{0.030})Mo^{6+}O_4$ (**РМ**), $(Pb^{2+}_{0.865(45)}Nd^{3+}_{0.085\ \ 0.050})Mo^{6+}O_4$ (**НМ**), т.е.ионы Nd^{3+} в позиции Pb^{2+} ($Nd_{Pb}^{\bullet}$) и вакансии в позиции Mo^{6+} - ($V_{Mo}^{n'}$) (**РП**) и в смешанной позиции (Pb,Nd) - ($V_{(Pb,Nd)}^{n'}$) (**НМ**).

2. В наиболее структурно совершенном кристалле $PbMoO_4 \times NdNbO_4$ обнаружены только дефекты типа ($Nd_{Pb}^{\bullet}$) и (Nb_{Mo}'): $(Pb^{2+}_{0.975(2)}Nd^{3+}_{0.025})(Mo^{6+}_{0.975}Nb^{5+}_{0.025})O_4$ (**РП**), $(Pb^{2+}_{0.980(6)}Nd^{3+}_{0.020})(Mo^{6+}_{0.980}Nb^{5+}_{0.020})O_4$ (**РМ**), $(Pb^{2+}_{0.968(16)}Nd^{3+}_{0.032})(Mo^{6+}_{0.970(20)}Nb^{5+}_{0.030})O_4$ (**НМ**).

3. В $PbMoO_4 \times Nd_2(MoO_4)_3$ выявлено присутствие дефектов ($Nd_{Pb}^{\bullet}$) всеми методами, а методами **РП** и **НМ** - вакансии ($V_{Mo}^{n'}$) и ($V_{(Pb,Nd)}'$), соответственно: $(Pb^{2+}_{0.980(2)}Nd^{3+}_{0.020})(Mo^{6+}_{0.997(2)\ \ 0.003})O_4$ (**РП**), $(Pb^{2+}_{0.980(4)}Nd^{3+}_{0.020})Mo^{6+}O_4$ (**РМ**), $(Pb^{2+}_{0.964(15)}Nd^{3+}_{0.025\ \ 0.011})Mo^{6+}O_4$ (**НМ**).

4. Уточненные составы $PbMoO_4 \times NaNd(MoO_4)_2$: $(Pb^{2+}_{0.954}Nd^{3+}_{0.035}Na^{+1}_{0.011})(Mo^{6+}_{0.996(2)\ \ 0.004})O_4$ (**РП**), $(Pb^{2+}_{0.960(6)}Nd^{3+}_{0.020(8)}Na^{+1}_{0.015})Mo^{6+}O_4$ (**РМ**), $(Pb^{2+}_{0.935(12)}Nd^{3+}_{0.033}Na^{+1}_{0.033})Mo^{6+}O_4$ (**НМ**) с $V_{Mo}^{n'}$ (**РП**).

В результате структурного исследования кристаллов $PbMoO_4$ и $PbMoO_4$:Nd, установлена возможная неоднородность составов по объему, о чем свидетельствуют разные (в ряде случаев) виды точечных дефектов, определенные на разных объемах образцов разными методами, и не исключается, что желтый цвет (оттенок) кристаллов обусловлен образованием центра окраски $(V_{Pb}^{n'}, nh^{\bullet})^{x}$ или (и) $(V_{Mo}^{n'}, nh^{\bullet})^{\times}$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф. Кузьмичевой Г.М., доц. Рыбакову В.Б., А. Куссону, Ю.Н. Горобец.

РЕНИЕВАЯ КИСЛОТА: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

Качалкина Л.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российская академия наук, г. Москва, Россия

e-mail: lidia.kim@mail.ru

Наиболее эффективным методом синтеза $HReO_4$ является электродиализный процесс, позволяющий получать растворы $HReO_4$ практически любой концентрации без дальнейшей упарки [1]. В отличие от других методов он обладает следующими преимуществами: одноступенчатость передела, минимальные потери рения при синтезе, высокое качество получаемой продукции, компактность установок и минимальные расходы реагентов.

Данная работа посвящена анализу полученных экспериментальных данных по синтезу $HReO_4$ и исследованию ее некоторых свойств.

Электродиализный синтез $HReO_4$ проводился в 3-х камерном аппарате специальной конструкции, описанном в работе [1]. Определен оптимальный режим электродиализного синтеза концентрированных растворов $HReO_4$: сила тока 1,5-2 А, напряжение 30-50 В, температура в анодной камере < 25°С, температура в средней камере 40-50°С. В ходе эксперимента получены концентрированные растворы $HReO_4$, содержащие до 65% (1200 г/л) $HReO_4$. Плотность данного раствора составила 1,95 г/см^3.

Физико-химические свойства растворов $HReO_4$ различных концетраций изучены с применением пикнометрических исследований, рефрактометрии и криоскопии. Зависимости концентрации $HReO_4$ от плотности и коэффициента преломления носят, в основном, прямолинейный характер, что свидетельствует об отсутствии влияния на данную систему процессов комплексообразования или полимеризации. Проведенные криоскопические исследования позволили рассчитать изотонический коэффициент и степень диссоциации. Установлено, что изотонический коэффициент при концентрациях от 100 до 1200 г/л $HReO_4$ имеет значения больше единицы, что так же свидетельствует об отсутствии каких-либо значимых эффектов полимеризации в растворах $HReO_4$, являющейся сильной минеральной кислотой [2,3]. Согласно теоретическим представлениям о поведении сильных электролитов, разработанных Хюккелем, подвижность ионов или групп ионов в таких растворах ограничивается образованием соответствующих сольватных оболочек. Для $HReO_4$ данные ионные пары могут быть представлены в следующем виде:$[H^+][ReO_4^-]$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д.т.н. Паланту А.А.

Литертура

1. Получение концентрированных растворов рениевой кислоты электродиализом / Палант А.А., Брюквин В.А., Левин А.М. и др.// Цв. металлы, 2010, № 11, С.62-64.

2. Металлургия рения / Палант А.А., Трошкина И.Д., Чекмарёв А.М. // М.: Наука, 2007, 298 с.

3. Электродиализ в технологии редких и радиактивных элементов / Трошкина И.Д., Майборода А.Б., Чекмарёв А.М.// М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010, 62 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СПЕКАНИЯ МИКРО- И НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ

Каченюк М.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: maxx@pm.pstu.ac.ru

В настоящее время нанопорошки металлов, по сравнению с керамическими, применяются в ограниченном количестве (не более 10% от общего объёма производства нанопорошков). Основная проблема заключается в том, что вопросы консолидации нанопорошков недостаточно изучены.

Целью исследований было изучение кинетики спекания микро- и нанопорошков железа и никеля.

Исследования кинетики усадки порошков при спекании проводились на термомеханическом анализаторе (дилатометр) Setaram (Франция). Нагревание образцов производили в атмосфере аргона под нагрузкой 0,07 МПа, со скоростью 18 град/мин до температур 900 и 1100 ^{0}С, с выдержками при этих температурах от 10 минут до 1 часа. Исследовали стандартные порошки железа карбонильного марки ВМ с размером частиц 5 – 10 мкм, в том числе измельченного; порошок карбонильного никеля ПНК-УТ3 с размером частиц 3 – 5 мкм, а также нанопорошки железа и никеля, восстановленные химико-металлургическим методом из соединений с размерами 50-100 нм.

Исследование кинетики усадки порошка никеля карбонильного при 900 и 1100 ^{0}С показали, что усадка происходит интенсивно при нагреве до температуры спекания и продолжается при изотермических выдержках, общая линейная усадка при 1100 ^{0}С составила 25 %; усадка порошков карбонильного железа начинается при 500 ^{0}С и сокращается при изотермических выдержках, общая усадка составила около 6 %. В измельченном железе усадка начинается при температуре примерно на 150 ^{0} и продолжается при дальнейшем нагреве до 1100 ^{0}С. Более низкая температура усадки, большая величина усадки обусловлены более дефектной и дисперсной структурой измельченного порошка. При исследовании кинетики усадки нанодисперсного порошка железа в интервале температур 500-800 ^{0}С (порядка 0,3Т плавления железа) наблюдали торможение усадки, вызванное, очевидно, рекристаллизационными процессами, сопровождающимися поворотом частиц. Исследование кинетики усадки нанодисперсного порошка никеля при 900 и 1100 ^{0}С показали, что усадка наиболее интенсивно происходит при нагреве до температуры спекания и продолжается при изотермических выдержках. Линейная усадка при 900 - 1100 ^{0}С составила 50 %, что в 2 раза больше, чем в карбонильном никеле. Анализ результатов показал, что для активации спекания нанопорошка железа целесообразно нагрев производить с более высокой скоростью для подавления межчастичной рекристаллизации и релаксации дефектов структуры на ранних этапах спекания. Нанодисперсные порошки никеля использованы для активации спекания порошковых карбидосталей и элинваров без приложения давления до плотности 98-99 % и свойствами, не уступающими литым сплавам.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику РАН Анциферову В.Н. за консультирование по теме доклада.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31521 мол_а.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Zr-Nb

Кедровский С. Н.

ФТЦ НАНУ, Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, Киев, Украина.
e-mail: sergey.ua88@mail.ru

В последнее время в медицине наблюдается тенденция применения различных функциональных материалов, не содержащих никеля. Известно сплавы системы Ti-Nb и Ti-Nb-Zr используются в стоматологии. Мартенситное превращение (МП) в сплавах системы Ti-Nb протекает в диапазоне концентраций 15-35 ат. % Nb, а в системе Zr-Nb – 7-17 ат. % Nb. Замена титана на цирконий, ввиду их принадлежности к одной группе элементов и подобных физических свойств, является перспективным направлением исследований.

Данная работа посвящена изучению МП и эффекта памяти формы (ЭПФ) в сплавах системы Zr-Nb в зависимости от содержания Nb и термоциклирования. Предметом исследования являлись сплавы: $Zr_{93,1}Nb_{6,9}$, $Zr_{86}Nb_{14}$, $Zr_{82}Nb_{18}$, $Zr_{81,5}Nb_{18,5}$, $Zr_{75}Nb_{25}$. Литые образцы исследовали после закалки от T=1000°C τ=5 мин. в воду комнатной температуры. ЭПФ был обнаружен только в сплавах $Zr_{86}Nb_{14}$ и $Zr_{93,1}Nb_{6,9}$, с соответствующими температурами начала прямого МП Ms=65°C и конца обратного МП Af=150°C (для сплава $Zr_{86}Nb_{14}$), и Ms=500°C и Af=630°C ($Zr_{93,1}Nb_{6,9}$). При термоциклировании через температурный интервал МП в сплаве $Zr_{93,1}Nb_{6,9}$ степень восстановления формы уменьшается, и после 5 циклов измерений восстановление формы практически не наблюдается.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Ю. Н. Ковалю за обсуждение результатов и предоставленные ценные замечания.

ОЦЕНКА ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНЯ И СПЛАВОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Киреев А.В.
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, Россия
e-mail: ariant-tp@mail.ru

Известны различные методы , позволяющего определять содержание газов в жидком и твердом металле. Однако для определения газосодержания в сплавах зачастую необходимо использовать дорогостоящее оборудование, что увеличивает стоимость готовой продукции литейного производства. На реальных предприятиях, где содержание газов необходимо определять лишь с целью недопущения брака продукции по газовой пористости, используются более простые и дешевые методы определения гозосодержания.

Существует два основных метода контроля: качественный и количественный. Для качественной оценки газонасыщенности расплава отливают специальные технологические пробы: о степени насыщения судят по внешнему виду проб после их затвердевания. При литье алюминиевых сплавов отливают пробы диаметром 65 - 80 мм и толщиной 10 - 15 мм в графитовые изложницы. Оценку газонасыщенности производят по внешнему виду открытой поверхности пробы. При затвердевании металла газы выделяются в атмосферу, оставляя на наружной поверхности пробы следы в виде пузыристых точек. Чем больше точек на единице поверхности, тем больше, следовательно, газов содержится в расплаве. Числовые значения степени пористости по цилиндрическим пробам можно определять по плотности образцов, для чего их взвешивают на воздухе и в воде. Чем меньше плотность пробы, тем выше газоусадочная пористость.

Для определения газовой пористости также используют темплеты, вырезанные из чушек или отливок, обработанные до шероховатости Ra ≤1,6 мкм. Контроль пористости проводят визуально, невооруженным глазом по количеству и размеру газовых пор по пятибалльной шкале ВИАМ.

Известен метод определения водорода в жидком металле – способ Дарделла-Гудченко. Пробы жидкого расплава поместили в вакуумную камеру при постоянной температуре и постоянном уменьшающемся отрицательном давлении до появления первого пузырька газа, выделившегося из расплава. Зная давление в приборе и температуру расплава в момент выделения первого пузырька, можно рассчитать содержание газа в расплаве.

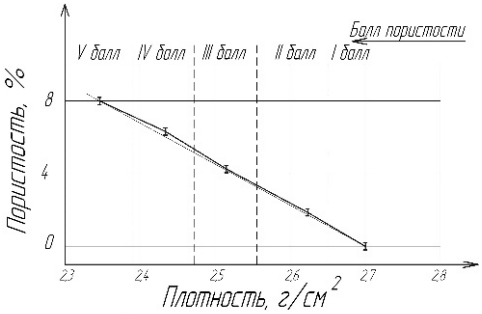


Рис. 1. Зависимость пористости от плотности для алюминия марки А85.

Методы газового анализа позволили установить для ряда сплавов, например для алюминиевых, предельно допустимые количества водорода, не вызывающие значительной пористости и не опасные для качества отливок. Например, по данным литературы, в различных алюминиевых сплавах количество растворенного водорода в металле, предназначенного для заливки, не должно превышать 0,1—0,2 см^3/100 г металла. На практике принимается допущения наличия пористости до II балла в неответственных отливках.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю зав. кафедрой ЛП и КМ ВлГУ, д.т.н. профессору Кечину Владимиру Андреевичу.

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Киреева Н.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии имени А.Н.Фрумкина РАН, г. Москва, Россия

e-mail: nkireeva@gmail.com

В этой работе метод генеративных топографических карт [1, 2] впервые предложен в качестве универсального подхода для визуализации данных и моделирования "структура-свойство" температуры плавления ионных жидкостей (ИЖ) [3], являющейся одним из наиболее важных физических свойств для разработки и применения ИЖ как "зеленых" растворителей. Визуализация данных является частью более общего понятия хемографии, являющейся относительно новой областью работающей с визуализацией химических данных, представлением химического пространства и навигации в нем и привлекающей в последнее время большое внимание, так как позволяет определить и проанализировать значимые молекулярные особенности и взаимосвязи. В этом исследовании, метод генеративных топографических карт впервые применяется в качестве универсального подхода, который может использоваться как для визуализации химического пространства ИЖ в соответствии с их значениями температуры плавления, так и для разработки классификационных моделей, позволяющих прогнозирование значений температур плавления. Расчеты выполнены на структурно разнородном наборе данных из 717 ИЖ, содержащих бромиды азотсодержащих органических катионов и включающих 126 бромидов производных пиридина, 384 бромида производных имидазола и бензоимидазола и 207 бромидов четвертичных аммониевых солей. Модели разрабатывались с использованием нескольких типов дескрипторов, было проанализировано влияние типа дескрипторов на прогностическую способность моделей. Для оценки эффективности разработанных классификационных и визуализационных моделей использовалась процедура пятикратной перекрестной валидации. Прогностическая способность моделей была подтверждена результатами на внешнем тестовом наборе данных.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю академику А.Ю.Цивадзе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bishop C.M. and M. Svensen, Neural Computation 10 (1998) 215-234
2. Kireeva N., Baskin I.I., Gaspar H.A., Horvath D., Marcou G., Varnek A. Molecular Informatics 31 (2012) 301-312
3. Kireeva N. , Kuznetsov S.L. and Tsivadze A.Yu. Industrial & Engineering Chemistry Research, 51, pp. 14337-14343 (2012)

При поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований РФФИ (гранты 11-03-00161а и 12-03-33086-молавед).

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА И МИНЕРАЛОВ СЕРПЕНТИНОВОЙ ГРУППЫ

Кириллина Ю.В.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

e-mail: kirillina_yv@mail.ru

Современные машины и механизмы насчитывают в конструкциях десятки, сотни и тысячи уплотнительных устройств, от работоспособности, надежности и долговечности которых зависит в значительной степени надежность функционирования всего механизма. В связи с этим разработка перспективных уплотнительных материалов с улучшенным комплексом физико-механических и триботехнических свойств является одним из актуальных направлений полимерного материаловедения.

Использование в качестве наполнителей слоистых силикатов, приведенных в активное состояние с использованием приемов механоактивации, является перспективным методом модификации политетрафторэтилена (ПТФЭ) для получения полимерных композиционных материалов. Получаемые из них частицы однородны по размерам и имеют хлопьевидную форму, что может способствовать повышению механических свойств композитов. Во-вторых, исходный материал является достаточно легкодоступным. В работе исследована возможность повышения износостойкости композитов без снижения механической прочности материала.

Показаны результаты исследования триботехнических испытаний, физико-механические показатели композиционного материала содержащего серпентинит, сунгулит, а также композита содержащего бинарный наполнитель – серпентинита и наношпинели магния (НШ). Композиты, содержащие серпентинит и НШ, показали наиболее высокие значения деформационно-прочностных характеристик и износостойкости до 2500 раз по сравнению с износостойкостью ПТФЭ. Для оценки влияния наполнителей на процессы трения и изнашивания композитов проведены исследования поверхностей трения методом ИК-спектроскопии. Показано, что в процессе трения в результате трибохимических реакций активные частицы наполнителя локализуются на поверхности трения и образуют высокоориентированный слой. Данный слой выполняет роль защитного экрана, предохраняющего материал от изнашивания. Методом РФА показано, что введение наношпинели магния приводит к исчезновению на рентгенограммах композитов межслоевых рефлексов силиката, что означает эксфолиацию частиц силиката на монослои под действием интеркаляции полимера в межслоевое пространство силиката. Методом РЭМ изучены надмолекулярная структура композитов в объеме материала. Композиты характеризуются образованием структурных форм, на границах раздела полимер-силикатная пластинка просматриваются связывающие «нити» из макромолекул полимера, которые могут быть сформированы вследствие влияния наношпинели магния.

Таким образом, разработаны новые материалы, характеризуемые повышенной износостойкостью и эластичностью. Показана эффективность использования комплексной модификации ПТФЭ для разработки триботехнических материалов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.т.н., доц. Слепцовой С.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ВОЗДУШНЫХ ФУРМ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБМАЗКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА

Кириллова Н.Л.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: kirillova@permanent.ru

В настоящее время проблема повышения стойкости воздушных фурм доменных печей и снижения тепловых потерь через их поверхность решается преимущественно нанесением газотермических покрытий на рабочую поверхность фурмы /1/. Для более эффективного решения проблемы целесообразно дополнительно использовать абразивостойкую огнеупорную обмазку на основе карбида бора /2/.

Обмазку на основе карбида бора B_4C наносили на рабочую поверхность фурмы сверху термообработанного алюминиевого газотермического покрытия. Согласно расчетам тепловых потерь через воздушные фурмы для условий ДП–5 ОАО «НЛМК», дополнительно нанесенная обмазка на основе B_4C дает снижение тепловых потерь на 1,4%. Снижение расхода кокса при выплавке одной тонны чугуна на ДП–5 в случае использования фурм с обмазкой на основе B_4C следует ожидать равной 0,07 кг/т.

Экспериментальные воздушные фурмы с покрытием и обмазкой были установлены на ДП–5 и ДП–6 ОАО «НЛМК». Стойкость экспериментальных фурм на ДП–5 составила 103 дня, а на ДП–6 – 234 дня. Обе фурмы вышли из строя по причине «трещина». Средняя стойкость серийных фурм на ДП–5, снятых по причине «трещина», за период эксплуатации экспериментальной фурмы составила 79 суток, а серийных фурм на ДП–6, снятых в 2011 г., – 161 сутки. Следовательно, стойкость экспериментальных фурм превысила стойкость серийных. Средние значения тепловых потерь, например, за декабрь 2011 г. на фурмах с обмазкой и без обмазки, установленных на ДП–6, составили 114,7 Мкал/ч и 119,0 Мкал/ч, соответственно, т.е. экономия тепла составила 3,6 %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям: профессору, д.т.н. А.Г. Радюку и профессору, д.т.н. С.М. Горбатюку за помощь при выполнении работы.

Литература

1. Пат. 2465333 РФ, C21B7/16. Способ подготовки к работе воздушной фурмы доменной печи / А.Г. Радюк, А.Е. Титлянов, Д.С. Васильев и др. (РФ). – №2011104102/02; заявлено 04.02.11; опубл. 27.10.12 – Бюл.№30.

2. Луканин В.Л., Орлов А.С., Удалова Е.В. Износостойкое керамическое покрытие, продлевающее эксплуатационный ресурс деталей, подвергаемых абразивному износу // Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано – до макроуровня: Сб. трудов 13–ой Международной научно–практической конф. –С.–П.: 2011. –Ч.2. –С.204–209.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПЛЕНОК ITO НА ПЭТФ ПЛЕНКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМИССИОННОГО ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Кисляков П.П..

ФГУП «ВИАМ», г. Москва, Россия

e-mail: pi0ner@inbox.ru

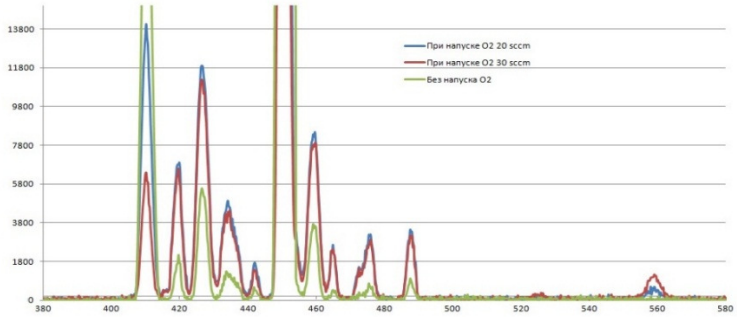
Современную технику невозможно представить без разнообразных устройств индикации, в конструкции которых используются прозрачные проводящие материалы. В качестве прозрачных проводящих пленок на гибких полимерных материалах в настоящее время используют пленки ITO (оксида индия, легированного оловом), которые наносятся реактивным магнетронным распылением индия и олова в среде, содержащей кислород или распылением керамической мишени.

Такие технологические параметры, как напряжение разряда, ток, общее давление, величина расхода газов при реактивном магнетронном распылении не могут однозначно характеризовать состав плазмы магнетронного разряда и, следовательно, состав и свойства получаемого покрытия. Одним из методов дополнительного контроля процесса реактивного магнетронного нанесения, является метод, базирующийся на оптической эмиссионной спектроскопии.

В настоящей работе изучена связь между функциональными свойствами наносимых покрытий ITO (удельной проводимостью и величиной светопропускания) и соотношением интенсивностей излучения возбужденных атомов индия и кислорода.

Исследования проводились на экспериментально-технологической установке на базе промышленной установки ВУ-1, оснащенной планарным магнетроном, системой напуска газа двумя регуляторами расхода газа MKS 1179A, подключенными к персональному компьютеру через блок управления PR4000F, и мини-спектрометром с волоконным входом FSD9 v2.0.

На рисунке приведены спектральные характеристики эмиссионного излучения разряда магнетрона с катодом из сплава индия и олова в смеси аргона и кислорода. Из рисунка видно, что при увеличении расхода кислорода увеличивается интенсивность излучения возбужденных атомов кислорода (длина волны 558 нм) и уменьшается интенсивность излучения возбужденных атомов индия (длина волны 410 нм).



Спектральные характеристики эмиссионного излучения реактивного магнетронного разряда индия и олова в среде смеси аргона и кислорода

В процессе исследований при удержании отношения интенсивностей эмиссионного излучения плазмы на 410 нм и 558 нм равном 20 были получены образцы ITO покрытия на ПЭТФ пленке толщиной 580 нм со значением светопропускания, равным 82 % и поверхностным сопротивлением 35 Ом/кВ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Березину Н.М., Богатову В.А., Хохлову Ю.А. за помощь в написании тезисов доклада и проведении экспериментов.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА ОКИСЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОНОСЕЛЕНИДА ОЛОВА

Клевец В.Ю.
Ужгородський национальный университет, г. Ужгород, Украина
e-mail: klevetsvyu@gmail.com

Одним из перспективных материалов, который в виде монокристаллов и тонких пленок применяется для создания устройств записи и хранения информации, оптических переключателей, сенсоров, солнечных элементов и т.д. является моноселенид олова. Поскольку, как известно, на реальной поверхности полупроводника в результате взаимодействия с внешней средой образуется окисленный слой, при разработке чувствительных элементов важна информация об энергетической диаграмме на границе раздела окисленный слой - поверхность полупроводника. В данной работе проведены квантово-механическое моделирование границы раздела SnSe-SnO с целью установления влияния внешней среды на энергетическую диаграмму.

Методика расчета энергетических зон базируется на методе, в котором объединены методы ЛКАО и псевдопотенциала [1,2]. Ранее данная методика применялась нами для расчета энергетических параметров и свойств бинарных и тройных халькогенидов [3-5]. Значения энергий определялись в центре зоны Бриллюэна. При построении диаграмм энергетических зон мы использовали атомные термы в приближении Хартри-Фока и величины энергии внутриатомного кулоновского отталкивания (U) [1]. Поверхностный изгиб энергетических зон рассчитывался как разница между энергией поверхностных состояний к реконструкции и уровня Ферми. Уровень Ферми определялся с учетом положения уровней образованных гомеополярными связями и гибридными орбиталями в соответствии с процедурой, описанной в работе. [5].

Рассчитаны нами значения ширины запрещенной зоны для SnSe и SnO количественно согласуются с экспериментальными значениями известными из литературы.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Сливка А.Г., Савченко Н.Д.

Литература

1. *Harrison W.A.* Elementary Electronic Structure.– New Jersey, London, Singapore, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific Publishing Co., 2004. – 838 p.

2. *Harrison W.A.* Theoretical Alchemy. Modelling Matter. – New Jersey, London, Singapore: World Scientific Publishing Co., 2010. – 196 p.

3. *Shchurova T.N., Savchenko N.D., Kondrat A.B., Opachko I.I.* Auger analysis and simulation of electronic states for $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$ - p-Si heterojunction // Surf. Interface Anal. – 2006. – V. 38. – P. 448–451.

4. *Shchurova T., Savchenko N., Kondrat A. et al.* Simulation of the surface bending of energy band for binary chalcogenide semiconductors // Photoelectronics. – 2008. – V. 17. – P. 104–107.

5. *Savchenko N.D., Shchurova T.N., Opachko I.I., Panait T.I., Popovic K.O.* Effect of oxygen and water adsorption on the gap states for GeS single crystals // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2011. – Т. 2. – № 3. – С. 249–252.

6. *Lefebvre I., Szymanski M.A., Olivier-Fourcade J., Jumas J.C.* Electronic structure of tin monochalcogenides from SnO to SnTe // Phys. Rev. B. – 1998. – V. 58 (4). – P. 1896–1906.

КАТАСТРОФИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕДИ

Климашин А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: xapoh@mail.ru

Высокая теплопроводность меди позволяет использовать ее в различных устройствах охлаждения, применяемых в жидкостных ракетных двигателях, где медь работает в непосредственном контакте с тугоплавким металлом в окислительной среде. Практика показала, что не все тугоплавкие металлы в контакте с медью обеспечивают достаточный ресурс охлаждающих устройств. Например, в системах Cu–Mo и Cu–V может происходить катастрофическое окисление меди. Установлено, что катастрофическое окисление инициируется образованием легкоплавких оксидов (MoO_3 или V_2O_5) и плавлением эвтектики в продуктах окисления. Однако механизм катастрофического окисления металлов изучен недостаточно. Так, по мнению одних исследователей катастрофическое окисление металлов происходит по механизму флюсования, по мнению других – по электрохимическому механизму.

В данной работе комплексом независимых методов исследовано высокотемпературное окисление меди в системах Cu–MoO_3 и Cu–V_2O_5. Термогравиметрическим методом установлены кинетические закономерности катастрофического окисления меди, покрытой MoO_3 или V_2O_5 на воздухе при 500-700°C и 600-800°C, соответственно. Показано, что процесс ускоренного окисления меди подчиняется параболическому временному закону. В системе Cu-MoO_3 с увеличением массы покрытия от 0,3 до 0,9 кг·м$^{-2}$ константа параболической скорости окисления возрастает от $9{,}2\cdot10^{-6}$ до $3{,}8\cdot10^{-5}$ кг^2·м$^{-4}$·с$^{-1}$, а в системе Cu-V_2O_5 с увеличением массы покрытия от $7{,}5\cdot10^{-2}$ до $22{,}5\cdot10^{-2}$ кг·м$^{-2}$ константа параболической скорости окисления возрастает от $3{,}4\cdot10^{-6}$ до $1{,}6\cdot10^{-5}$ кг^2·м$^{-4}$·с$^{-1}$ и превосходит константу параболической скорости окисления меди ($2{,}9\cdot10^{-7}$ кг^2·м$^{-4}$·с$^{-1}$) на два порядка величины при 700°C. Методами дифференциальной сканирующей калориметрии и растровой электронной микроскопии установлено, что катастрофическое окисление меди обусловлено образованием поперечных жидких каналов в оксидном слое. Газохроматографическим методом показано, что диффузия ионов кислорода по жидким каналам является лимитирующей стадией процесса. Развита диффузионная модель процесса катастрофического окисления меди. Рассчитанные в рамках этой модели константы параболической скорости окисления в системах Cu-MoO_3 и Cu-V_2O_5 совпадают по порядку величины с экспериментально полученными константами, что свидетельствует о согласии модели с экспериментом. Разработанная модель используется для оценки рабочего ресурса камер сгорания жидкостных ракетных двигателей, охлаждаемых жидким кислородом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность зав. лаб. № 31 ИМЕТ РАН д.ф.-м.н. В.В. Белоусову.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 11-08-00732-а.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА В ЖИЗНЕНОВАЖНЫХ ОРГАНАХ ПРИ АНТИПРОЛИФЕРАТИВНОМ ДЕЙСТВИИ НА ОПУХОЛЬ

Клименко О.В.

Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: klio18@bk.ru

Одна из основных задач медикаментозной терапии при лечении различного рода заболеваний – адресная доставка лекарственных средств к органам-мишеням. Актуальным является поиск лекарственных средств, дающих минимальные побочные явления, особенно при их применении для лечения онкологических заболеваний. Одной из целей работы было определение относительного количества наночастиц железа, накопленных в основных жизненоважных органах, в ходе лечения магнитной жидкостью злокачественных опухолей у крыс. Методом рентгенофлуоресцентного анализа было исследовано 4 группы образцов: МЖ 50 и МЖ 20 группы (водные растворы магнитных жидкостей с разной намагниченностью насыщения – 50 и 20 кА/м соответственно), соответствующих разной концентрации наночастиц железа; интактная группа (здоровые особи) и контрольная группа (животные-опухоленосители, не подвергаемые введению МЖ). Все четыре группы были исследованы для трех видов внутренних органов беспородистой крысы – почки, печень и селезенка. Высокая текучесть МЖ сочетается с высокой намагниченностью – в десятки тысяч раз большей, чем у обычных жидкостей. Инъекция магнитной жидкости вводилась при определении локализации опухоли у животных-опухоленосителей на расстояние 1,5 см с 4х сторон от опухоли. Изучение распределения концентрации накопленных наночастиц железа в органах-мишенях проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа. В результате проведенных исследований было получено сравнение количества аккумулированных в органах-мишенях наночастиц железа для различных групп. Было обнаружено:

- в почках наибольшая концентрация наночастиц железа аккумулируется при введении магнитной жидкости МЖ 50, концентрация железа при введении в область опухоли МЖ 20 и в интактном образце практически идентична;
- в печени наблюдается наибольшее накопление наночастиц железа при введении жидкости МЖ 50, в то время, как концентрация железа в интактном образце и при введении МЖ 20 практически идентично;
- в селезенке наблюдается наибольшее накопление наночастиц железа при введении МЖ 20; достаточно большие различия в концентрациях железа выявлены между образцами интактной группы, а так же образцами опухолей при введении жидкости МЖ 50 и МЖ 20.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.ф-м.н., доценту Яловега Г.Э. и консультанту, к.ф-м.н. Положенцеву О.Е., студентке 5го курса физического факультета Фалалеевой Ю.С.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР БОРИРОВАННОГО СЛОЯ, ПОЛУЧЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Князев С.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

e-mail: arktica51@qip.ru

Перспективной технологией химико-термической обработки является получение борированного слоя из паст с применением высокоскоростного нагрева (~ 500 – 1000 °С/с). Такой слой, по предварительным оценкам, должен обладать повышенной износо- и эрозионной стойкостью с сочетанием высокой пластичности, что важно в условиях кавитационного воздействия на поверхность деталей машин.

Целью работы являлось установление особенностей структурообразования борированных слоев в неравновесных условиях (с высокоскоростным нагревом и быстрым охлаждением). Данные такого характера помогут классифицировать слои предсказать и объяснить их свойства.

Анализ борированных слоев, полученных со скоростным нагревом токами высокой частоты, основан на результатах микроструктурного анализа (по оптическим и растровым изображением структур поверхностных структур), рентгеноструктурного анализа и измерениям микротвердости. Данные методики позволили определить особенности морфологии структуры слоя и ее изменения по глубине, фазовый состав. В ходе экспериментов по борированию фрагментов детали из стали 15Х11МФ с применением высокоскоростного нагрева были получены ряд структур с различной морфологией, изучение которых представляет научный и практический интерес.

Установлено, что на структурах, полученных при температуре порядка 1100 °С (3,5 с) наблюдается россыпь карбоборидов и включений с переходом в слабовыраженную переходную зону. Граница раздела между диффузионным слоем и слоем основного металла резко отличается от таковой на традиционных борированных слоях. При температуре порядка 1300 °С (3,5 с) на матричной структуре твердого раствора бора в железе наблюдаются дисперсные включения карбоборидов и боридов типа Fe_2B. С уменьшением интенсивности нагрева и, соответственно, увеличением длительности процесса насыщения, величина переходной зоны (свободной от частиц) увеличивается до половины диффузионного слоя. Эта структура состоит только из твердого раствора бора в железе, обладает пониженной микротвердостью и повышенной пластичностью. При увеличении продолжительности нагрева до 8 секунд с превышением температуры 1300 °С наблюдается появление ярко выраженной дендритной структуры с возможным оплавлением. Структуры богатые карбоборидами типа $Fe_2(B,C)$ имеют микротвердость на уровне 11400 МПа. Ожидается, что такие твердые структурные составляющие в сочетании с вязкой матрицей будут эффективно сопротивляться эрозионному разрушению.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Погребному Н. А.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ УГЛЕРОДОВ СЕРИИ УМ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН

Ковалева Л.А.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

e-mail: kovaleva-mitht@mail.ru

Электропроводящие резины широко востребованы во многих отраслях промышленности. Они используются для производства транспортерных лент, рукавов, клиновых ремней, высоковольтных и шахтных кабелей, различных датчиков, элементов катодной защиты трубопроводов и многих других изделий. Наиболее часто для получения электропроводящих резин используют электропроводные марки технического углерода, обладающие высокой дисперсностью, структурностью, пористостью.

В настоящее время предприятие ЗАО «ХимПласт» (г. Омск) выпускает в промышленных масштабах технические углероды новой серии УМ (марки УМ66, УМ76, УМ85) взамен электропроводного технического углерода П367Э, производство которого практически прекращено. Предварительные испытания технических углеродов серии УМ показали, что они могут быть использованы для изготовления электропроводящих резин и изделий.

Технические углероды серии УМ значительно превосходят технический углерод П367Э по показателю дисперсности, удельной адсорбционной поверхности, но имеют более низкую структурность, а также кислую реакцию водной дисперсии. В связи с этим, было проведено обстоятельное исследование влияния морфологических особенностей данной серии технических углеродов на электрические характеристики резин на основе каучуков общего и специального назначения.

Было получено, что резины на основе каучуков СКН-40КНТ, СКМС-30АРКМ-15 и СКЭПТ ЭНБ проводят электрический ток при введении в них уже 20 масс.ч. технического углерода серии УМ, а технический углерод П367Э в таком количестве обеспечивает получение электропроводящих резин только на основе СКН-40КНТ.

Рост дисперсности и удельной адсорбционной поверхности технических углеродов серии УМ в ряду УМ66-УМ76-УМ85 приводит к небольшому снижению значений ρ_v резин: наибольшей электропроводностью обладают резины, содержащие наиболее дисперсный технический углерод марки УМ85, однако композиции с техническими углеродами УМ66 и УМ76 незначительно уступают им по этому показателю.

При сравнении равнонаполненных резин с техническими углеродами серии УМ и техническим углеродом П367 следует отметить, что при использовании высокодисперсного технического углерода серии УМ при наполнении до 40 масс.ч. получаемые резины имеют более низкие значения ρ_v, т.е. более высокую электропроводность, чем в случае высокоструктурного технического углерода П367Э.

Таким образом, использование электропроводных марок технического углерода серии УМ в силу их особых морфологических характеристик позволяет получать резины, электропроводность которых выше электропроводности резин с техническим углеродом П367Э.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за оказанную неоценимую помощь и сотрудничество при проведении экспериментальных исследований и их анализе к.т.н., доц. Овсянникову Н.Я. и д.т.н., проф. Корневу А.Е.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ОСНОВОЙ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ.

Коваленко А.С.
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: tikhonov_p-a@mail.ru

Возможность создания керамических материалов нового поколения с принципиально новыми характеристиками «состав-структура-свойства» открывается при использовании в технологии их получения наноразмерных порошков. Среди многообразия керамических материалов особый интерес вызывает керамика на основе оксидов переходных металлов.

В связи с ростом цен на энергоносители вопросы энергоэффективности и энергосбережения в настоящее время становятся все более актуальными в различных областях электроники, электротехники, в электрических системах транспортных средств, в энергетике - в источниках бесперебойного электропитания. Создание суперконденсаторов является перспективным научным направлением в современном материаловедении. Они являются устройствами накопления и хранения энергии, сочетающие высокую удельную мощность и длительный срок службы с высокой энергоэффективностью.

Целью данной работы являлась разработка технологии получения электродного материала для суперконденсатора на основе систем: CoO-Nb_2O_5, CoO-Ta_2O_5, La_2O_3-MnO_2, NiO-MnO_2, а также In_2O_3, Fe_2O_3 с использованием низкотемпературного метода синтеза-химического осаждения гидроксидов. Методом совместного осаждения гидроксидов в системе CoO-Nb_2O_5 было получено соединение колумбита ниобия с орторомбической структурой $CoNb_2O_6$, в системе CoO-Ta_2O_5 – танталата кобальта с тетрагональной структурой $CoTa_2O_6$; в системах, содержащих оксид марганца – манганиты лантана и никеля $LaMnO_3$ и $NiMnO_3$ с моноклинной структурой. На первом этапе синтеза были подобраны оптимальные концентрации реагентов и скорость осаждения, а также установлено, что варьируя pH-осаждения и температуру процесса осаждения можно достигнуть необходимой степени химической, гранулометрической и фазовой однородности гидроксидов, а также снизить размер агломератов в осажденных гидроксидах до 0.7-1.0 мкм. На втором этапе синтеза, используя ультразвуковую и криохимическую обработку осажденных гидроксидов, было выявлено дальнейшее снижение степени агломерации продуктов осаждения и получены ксерогели с узким распределением частиц по размерам (100 - 300 нм). Это дало возможность сократить продолжительность процесса кристаллизации ксерогелей в два раза и получить нанокристаллические оксидные порошки-прекурсоры в интервале температур 500–600°C со средним размером кристаллитов ~ 10 - 12 нм.

При спекании вышеуказанных порошков получены нанокерамические материалы с размером зерен кристаллитов 60 - 70 нм и открытой пористостью 32-35 %. Разработанные нанокерамические материалы обладают высокими электрокаталитической активностью и псевдоемкостным эффектом за счет окислительно-восстановительных процессов, связанных с переменной валентностью Co, Ni, Nb, Ta, Mn, что делает их перспективными в качестве электродов суперконденсаторов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим руководителям: д.х.н. О.А.Шиловой и М.В. Калининой.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРНОГРАНИЧНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ СМАЧИВАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ В СПЛАВАХ Al–Mg

Когтенкова О.А.

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка, Россия

e-mail: koololga@issp.ac.ru

Формирование тонких прослоек другой фазы на границах зерен и в тройных стыках в мелкокристаллических и нанокристаллических материалах может привести к кардинальным изменениям свойств сплавов [1, 2], поскольку свойства наноструктурных материалов критически зависят от поведения и параметров внутренних границ раздела, объемная доля которых существенно возрастает по сравнению с крупнокристаллическими поликристаллами. Поэтому объектами наших исследований были выбраны крупнокристаллические и мелкокристаллические сплавы, полученные одним из методов интенсивной пластической деформации – кручением под высоким давлением (КВД).

При низких температурах в области линии объемного сольвуса в системе Al–Mg были изучены зернограничные фазовые переходы твердофазного смачивания в крупно- и мелкокристаллических поликристаллах с содержанием второго компонента 5 и 10 масс.% с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и высокоразрешающей электронной микроскопии. В образцах сплава Al–5 масс.% Mg после деформации на кривых ДСК наблюдается минимум при 275,1 °C. Температура 275,1 °C лежит на 25 °C выше линии объемного сольвуса фазовой диаграммы Al–Mg. Данный факт может свидетельствовать о том, что выше линии объемного сольвуса происходит растворение частиц второй фазы Al_3Mg_2, расположенных на границах зерен (в объеме этот процесс уже завершился при 241,2 °C). При 400 °C прослоек второй фазы уже не наблюдается. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии, в деформированных и недеформированных сплавах Al–10 масс.%Mg, нагретых в ДСК от 20 до 400°C, выше объемного сольвуса при 400 °C на границах зерен также наблюдались прослойки второй фазы Al_3Mg_2.

Таким образом, с помощью ДСК впервые удалось определить положение линии зернограничного сольвуса на фазовой диаграмме Al–Mg.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Страумалу Б.Б. и научному консультанту Протасовой С.Г.

Литература

1. W. Onreabroy, N. Sirikulrat, A.P. Brown et al., Sol. State Ionics **177**, 411 (2006).
2. R.H. French, H. Mullejans, D.J. Jones et al., Acta. Mater. **46**, 2271 (1998).

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С АТОМАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ВОДОРОДА

Кожевникова Т.А.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия

e-mail: entalpi@mail.ru

Открытие каркасных углеродных наноструктур – фуллеренов и нанотрубок - стимулировали поиск и получение на их основе наноматериалов с уникальными свойствами и сферой применения. Нанометровый масштаб и периодичность в одном измерении, присущая углеродным нанотрубкам (УНТ), обеспечило открытие в них интересных механических, химических и электрических свойств. Они могут послужить заменой функциональных частей в электронных и электромеханических компонентах электронной техники, быть основой для получения новых материалов, выступать в роли сорбентов и т.д.

В работе проводилось численном моделировании и последующее теоретическое определение физических параметров процесса сорбции водорода и переходных металлов на поверхность углеродных нанотрубок. Вычисления были проведены в рамках формализма функционала локальной плотности (DFT) [1-2] с использованием пакета VASP (Vienna Ab-initio Simulation Package) [3-5]. Для нахождения переходного состояния и потенциальных барьеров при перескоке атома металла по поверхности был применен метод упругой ленты (nudged elastic band) [6].

Для расчетов были выбраны ряд УНТ типа (n,n) и (n,0), переходные металлы (скандий, титан, ванадий) и водород. На первом этапе было проведено исследование особенностей взаимодействия одного атома металла или атома водорода с поверхностью различных УНТ, а именно, были рассмотрены геометрические и энергетические характерстики соединений. Для определения места и способа присоединения атомов были рассмотрены различные возможных положения этих атомов на поверхности нанотрубок. Затем были смоделированы процессы диффузии атомов по поверхности УНТ. Для каждого перехода были рассчитаны пути реакций и кинетические параметры – константы скорости, предэкспоненциальные множители и энергии активации.

Далее было проведено исследование систем, состоящих из УНТ и двух атомов металла. Были рассмотрены два наиболее вероятных положения атомов металла относительно друг друга. На следующем этапе атомы металлов располагали одним и двумя кольцевыми поясами вокруг нанотрубок для определения возможности образования металлического слоя на поверхности УНТ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям: Кузубову А.А. и Краснову П.О. за помощь в подготовке работы.

Литература

1. Hohenberg P., Kohn W. // Phys. Rev. 136, 864 (1964).
2. Kohn W., Sham L. J. // Phys. Rev. 140, 1133 (1965).
3. Kresse G., Hafner J. // Physical Review, 48, 13115 (1993)
4. Kresse G., Hafner J. // Phys. Rev. B. 49, 14251 (1994).
5. Kresse G, Furthmüller J. // Physical Review, 54, 11169 (1996)
6. Liu C., Fan Y.Y., Dresselhaus M.S. et al. // Science 1999. V. 286. P. 1127.

УЛЕТУЧИВАНИЕ ОКСИДА БОРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ZrB_2-SiC

Коловертнов Д.В.
ИХС РАН, г.Санкт-Петербург, Россия
e-mail: keckispasse@yandex.ru

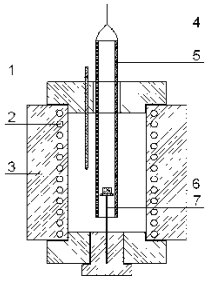


Рис. 1. Установка непрерывного взвешивания с уловителем B_2O_3
1 –термопара, 2 – платиновая обмотка, 3 – керамическая теплоизоляция, 4 – платиновый подвес, 5 – корундовая трубка (уловитель), 6 - образец, 7 – платиновая подставка с подсыпкой из диоксида гафния

Для авиационной и космической техники требуются новые высокотемпературные материалы. В связи с этим изучены процессы, проходящие при окислении композита ZrB_2-SiC на воздухе. При окислении борида циркония на воздухе образуются диоксид циркония и борный ангидрид. Материал имеет пористую и рыхлую структуру, за счет того, что при температуре выше 1000°C B_2O_3 имеет заметное давление пара, приводящее к его улетучиванию. Для определения улетучивания B_2O_3 была создана термогравиметрическая установка (рис.1), позволяющая количественно оценить конденсат борного ангидрида на корундовой трубке. Из рисунка 2 видно, что за 60 мин при 1300°C потеря массы образца за счёт улетучивания борного ангидрида составляет 50 % от общего привеса (кривая 3). Введение карбида кремния в композицию (рис. 3) способствует уменьшению привеса при окислении в пять раз (кривая 1), а также уменьшению улетучивания борного ангидрида (кривая 2), благодаря тому, что он участвует в образовании боросиликатного стеклообразующего расплава. Суммарный привес составляет, соответственно, 47 и 8 мг/см^2, а потери за счёт улетучивания борного ангидрида, соответственно, 24 и 2.5 мг/см^2. Полученные результаты позволяют прогнозировать устойчивость разработанных композиционных материалов к высокотемпературной коррозии.

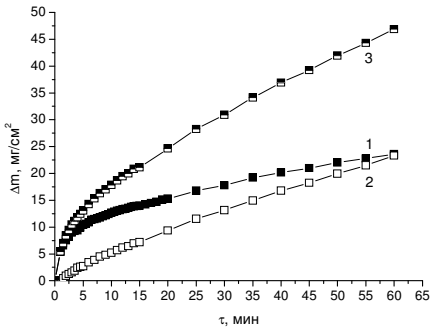


Рис.2. Влияние улетучивания B_2O_3 на кинетику окисления ZrB_2 при температуре 1300°C

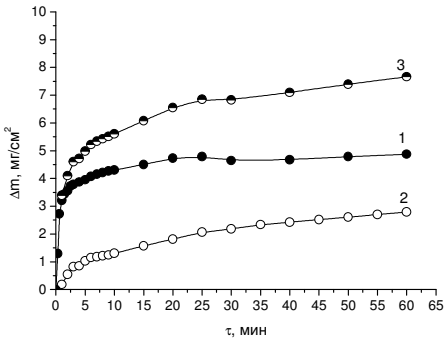


Рис.3. Влияние улетучивания B_2O_3 на кинетику окисления композита состава (масс.%) $70ZrB_2$-30SiC при температуре 1300°C

1 - без учёта улетучивания борного ангидрида, 2 - улетучивание борного ангидрида, 3 - с учётом улетучивания

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н. И.Б. Баньковской.

СИНТЕЗ НАНОПОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРОВ

Коломиец Т.Ю.
ИМЕТ РАН им Байкова, г. Москва, Россия
e-mail: kolomiets.timofey@gmail.com

В результате проведенных экспериментов были синтезированы наноразмерные порошки иттрий-алюминиевого граната (ИАГ) $Y_3Al_5O_{12}$:Nd^{+3} с 1 ат.% неодима. Прекурсоры были получены методом обратного соосаждения карбонатных соединений из смеси водных растворов $AlCl_3$, YCl_3 и $NdCl_3$ с использованием бикарбоната аммония в качестве осадителя.

Осаждение прекурсора ИАГ проводилось в интервале pH 6.9- 7.7 без использования ПАВ, при этом образующийся осадок сразу же отделялся от среды осаждения. Полученный данным способом прекурсор представлял собой рентгеноаморфный материал. После термообработки при температуре 1000 °С прекурсор превращался в монофазный порошок ИАГ с размером частиц ~ 65 нм. По данным ДТА, а также РФА можно сделать вывод, что фазовые превращения в процессе пиролиза аморфного прекурсора и формирования $Y_3Al_5O_{12}$:Nd^{+3} протекали по схеме:

$$\text{аморфный прекурсор} \xrightarrow{800^oC} YAlO_3 \xrightarrow{900^oC} Y_3Al_5O_{12}$$

с образованием твердого раствора $YAlO_3$ гексагональной модификации с параметрами ячейки a=0,3677 нм и c=1,0482 нм, но без образования промежуточных соединений (сложных оксидов $Al_2Y_4O_9$) (рис. 1). Порошок монофазного ИАГ:Nd получался при температуре 1000 °С (рис.2) (параметр ячейки a=1,2003 нм). Полученный материал отличался пониженной температурой спекания (~1500 °С) и плавления (1700°С) в вакууме.

Таким образом был синтезирован порошок $Y_3Al_5O_{12}$:Nd^{+3} с 1 ат.% неодима без использования ПАВ, хорошо спекаемый при температуре 1500°С, который может быть использован для создания активных элементов для твердотельных лазеров

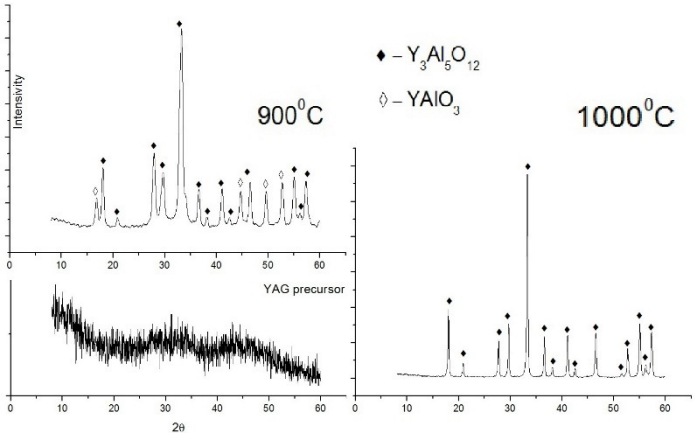


Рис.1 РЭМ изображение порошка после термообработки при 1000 °С

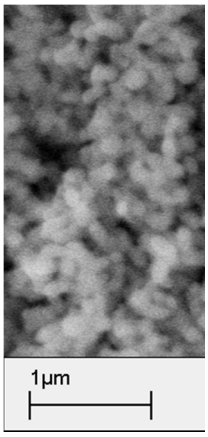


Рис.2 Спектры РФА полученных порошков

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику Солнцеву К.А., к.т.н. Тельновой Г.Б., к.х.н. Коновалову А.А. и к.т.н. Ашмарину А.А.

НАНОТРУБКИ ГАЛЛУАЗИТ – БИОСОВМЕСТИМЫЙ НАНОМАТЕРИАЛ ДЛЯ МИКРОИНКАПСУЛЯЦИИ КЛЕТОК ДРОЖЖЕЙ

Коннова С.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

e-mail: svetaka14@gmail.com

Начало стремительного развития бионанотехнологий в мире привело к увеличению исследований по микроинкапсуляции клеток разнообразными наноматериалами и изучению влияния их на клетки микроорганизмов. Одним из перспективных наноматериалов на настоящий день является галлуазит. Галлуазит (50 нм×900 нм) – это глинистый материал природного происхождения. По химической природе данный материал состоит из алюминия и кремния. При микроскопическом наблюдении частицы галлуазит представляют собой полые трубки с положительным зарядом внутренней полости ($Al(OH)_3$) и внешним отрицательным (SiO_2) зарядом, что в свою очередь придает им уникальные свойства и преимущества перед другими схожими материалами, например, перед углеродными нанотрубками, которые не несут на себе никакого заряда. Анализ литературы показал, что в настоящее время имеется ограниченное количество работ по исследованию токсического влияния нанотрубок галлуазит на клетки микроорганизмов. В связи с этим данная работа является началом изучения влияния частиц на жизнеспособность, рост и размножение клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

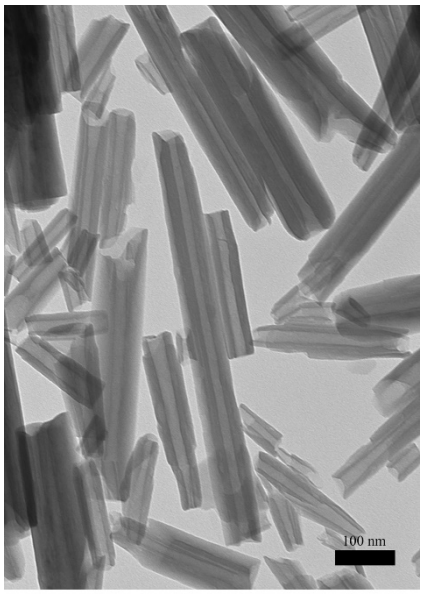


Рисунок. Просвечивающая электронная микроскопия нанотрубок галлуазит (шкала 100 нм)

В данной работе разработана методика покрытия клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* биосовместимым нанотрубками галлуазит с использованием полиэлектролитов. Клетки покрывали частицами, используя известный метод послойного нанесения (layer-by-layer). Показано, что при микроинкапсуляции частицами галлуазит с использованием полиэлектролитов клетки сохраняют первоначальную физиологическую активность. По полученным результатам флуоресцентной микроскопии, цитометрии и по измерению оптической плотности покрытых клеток дрожжей, выращиваемых в течение 60 часов, можно сделать вывод об отсутствии отрицательного влияния частиц на жизнеспособность, рост и размножение клеток.

Для детальной характеристики микроинкапсулированных клеток были использованы сканирующая и просвечивающая электронная микроскопии. По микрофотографиям, полученным с помощью просвечивающего электронного микроскопа, можно судить о непроницаемости клеточной стенки дрожжей для нанотрубок. Термической и кислотной обработкой инкапсулированных клеток получали полые капсулы на основе нанотрубок галлуазит, сохраняющие форму клеток.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Фахруллину Р.Ф., Яруллиной Д.Р., Львову Ю.М. и Деминой Т.А.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-03-93939-G8.

ОПТИКО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЗРАЧНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ Y_2O_3:Yb

Коновалов А.А.

ИМЕТ РАН им Байкова, г. Москва, Россия

e-mail: AK357@rambler.ru

Проведенные исследования свидетельствуют о структурных изменениях, происходящих в материале в процессе высокотемпературного обжига в вакууме. Полученная керамика методом вакуумного спекания непрозрачна и имеет характерную темную окраску от серого до черного цвета, исчезающую после дополнительного отжига образцов в воздушной атмосфере.

В процессе отжига керамики в воздушной атмосфере при температуре 1200-1400 °С происходит окисление активатора до Yb^{+3} и восстановление стехиометрии состава.

Разрушение F-центров при окислительном отжиге керамики приводит к ее «осветлению» и появлению прозрачности. На спектрах светопропускания «осветленных» прозрачных керамических образцов, полученных на основе допированного иттербием оксида иттрия, присутствуют узкие линии поглощения значительной интенсивности в ИК- области в интервале 900-1040 нм, связанные с переходами в 4f - оболочке иона Yb^{+3}. Приведенный на рис. 2 спектр поглощения, снятый при комнатной температуре, также подтверждает, что катион иттербия в прозрачной керамической матрице оксида иттрия присутствует в трехвалентном состоянии, о чем свидетельствует положение основной линии поглощения на длине волны 977 нм, характерной для поглощения катиона Yb^{3+} в матрице Y_2O_3. Широкая бесструктурная полоса в УФ области (λ = 255 нм) соответствует переносу электрона с орбитали, локализованной главным образом на лигандах, в 4f – оболочку иона Yb^{3+} или 4f – 5d переходу .

На спектре поглощения «не осветленного» образца керамики в УФ – области на фоне широкой полосы с длинноволновой стороны в интервале 270-400 нм наблюдаются слабо разрешенные колебательные серии иона Yb^{2+} (рис. 1). Аналогичные полосы поглощения в УФ- области были обнаружены в спектрах поглощения CaF_2: Yb^{2+}, SrF_2: Yb^{2+}, BaF_2: Yb^{2+}, а также в YAG: Yb^{2+} .

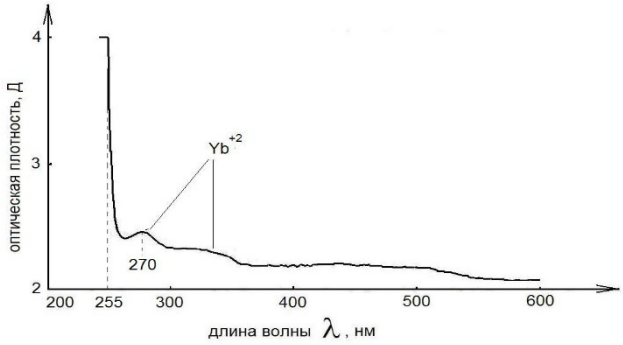


Рис.1-Спектр поглощения Yb^{2+} керамики на основе Y_2O_3:Yb после вакуумного спекания

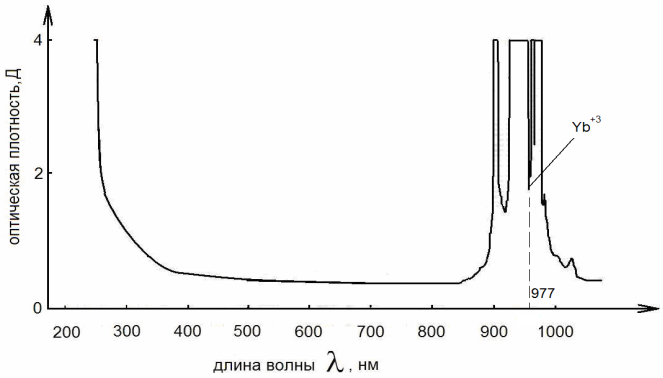


Рис.2-Спектр поглощения Yb^{3+} керамики на основе Y_2O_3:Yb после вакуумного спекания и последующего отжига на воздухе

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику Солнцеву К.А., к.т.н. Тельновой Г.Б., д.ф.-м.н. Буркову В.И.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЦИНКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ, АРМИРОВАННЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМИ ФАЗАМИ

Коробков М.Б.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, Россия

e-mail: imykorobkov@gmail.com

Литейные цинковые сплавы типа ЦАМ (система Zn-Al-Cu) получили широкое распространение в промышленности для изготовления подшипников скольжения. Решение проблемы повышения антифрикционных свойств цинковых сплавов позволит существенно расширить объемы их применения в различных отраслях техники. Известны такие подходы к решению этой актуальной проблемы, как поиск новых композиций цинковых сплавов и оптимизация составов существующих.

Необходимо отметить, что возможности повышения антифрикционных свойств традиционных сплавов к настоящему времени практически исчерпаны. Существенные резервы в повышении этих свойств открываются при реализации в материале принципа армированной гетерофазной структуры. Указанному требованию в полной мере отвечают металломатричные композиционные сплавы.

Предварительные экспериментальные исследования показали принципиальную возможность получения цинковых композиционных сплавов, армированных интерметаллидными фазами. Использован сравнительно простой с точки зрения реализации технологического процесса способ ввода дисперсной фазы в цинковые расплавы, основанный на применении высококонцентрированных лигатур. В качестве матричного сплава использовали стандартный сплав ЦАМ 10-5 ГОСТ 21437-95. Выбор сплава обусловлен широким его распространением для производства изделий антифрикционного назначения, а также достаточно высоким содержанием алюминия, позволяющим использовать принцип интерметаллидного армирования. Для формирования заданных эндогенных армирующих фаз в объеме матричного расплава использовали порошок титана, который добавляли в лигатуру Al-Cu на этапе ее приготовления. Полученную тройную лигатуру Al-Cu-Ti вводили в расплав цинка марки Ц0 при температуре 480±10°С, выдерживали до полного растворения и заливали готовый сплав в металлическую изложницу.

Применение описанной методики позволило получить цинковый композиционный сплав ЦАМ 10-5 + 1,5 масс.% Ti. Решение задачи увеличения доли армирующей фазы сопряжено с повышением содержания алюминия в цинковом сплаве, что потребует применения в качестве матрицы новых композиций сплавов и проведения комплексных исследований.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., профессору В.А. Кечину и к.т.н., доценту Е.С. Прусову за помощь в проведении исследований и полезные советы при обсуждении изложенных вопросов.

ПОЛИМЕРНЫЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Костаков А. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), г. Владимир, Россия

e-mail: effers90@mail.ru

В последнее время проблема поглощения излучения становится все острее. В связи с этим возникает потребность в материалах способных поглотить данное излучение.

В работе приведен комплекс исследований по изучению кремнийорганических полимеров, наполненных соединениями свинца. Применение кремнийорганических полимеров обусловлено их высокой тепло- и морозостойкостью, влагостойкостью и малым изменениям физических характеристик при широком диапазоне температур [1]. Так полимерное покрытие на основе синтетического каучука может выдерживать температуры от -60 до 250°С.

При облучении полимеров, наполненных мелкодисперсными металлами, поглощенная энергия может неравномерно распределяться между обоими компонентами системы [2]. На распределение поглощенной энергии между металлом и полимером влияет и размер и количество частиц, а также тормозные способности компонентов. По мере увеличения энергии первичного электрона вероятность упругих столкновений и ионизации атомов возрастает [3]. Но в настоящее время нет однозначного мнения о возможном механизме влияния тяжелых наполнителей на радиационно-химические превращения в полимерах.

Одним из самых эффективных поглотителей является свинец. Именно его введение должно придавать смеси полимер-свинец высокую поглощающую способность. Так введение порошкообразного оксида свинца в полимер позволяет получить твердое покрытие с поглощением излучения от 30 до 70 % β^--частиц (в зависимости от толщины слоя образца).

Однако повышенное содержание свинца представляет существенную опасность для здоровья человека. Поэтому применяется свинец в стеклокристаллической форме, путем введения измельченного свинцового стекла в полимер. Такое полимерное покрытие относительно безопасно для окружающей среды и эффективно при поглощении излучения. Количество вводимого свинцового стекла не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства получаемого изделия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., проф. Чухланову В.Ю. за помощь в планировании и проведении экспериментов.

Литература

1. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. М.: Химия, 1985, с.7.

2. Махлис Ф. А. Радиационная физика и химия полимеров. М.: Атомиздат, 1979, с.122.

3. Е.В. Малиновский, Б.Б. Колупаев, В.В. Кривцов // Поглощение бета-излучения наполненным поливинилхлоридом // Пластические массы, 2012, №7 с.39.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ТОНКИХ ПЛЕНОК КОБАЛЬТА

Котвицкий А.Н.
ДВФУ, г. Владивосток, Россия
e-mail: letyun@mail.ru

Введение. В настоящее время использование методики фокусированного ионного пучка является важным инструментом, позволяющим изготавливать объекты наноразмерного диапазона. Однако необходимо учитывать влияние на структуру материала, которое оказывает данный метод. Облучение ионами является причиной разнообразных процессов в твердом теле. В одних случаях они затрагивают лишь приповерхностную область, подвергающуюся непосредственному воздействию облучающего потока, в других — распространяются на макроскопические глубины.

Целью данного исследования является анализ изменения магнитного состояния тонких пленок кобальта подвергнутых облучению различными дозами ионов Галия.

Образцы и методы исследования. В качестве образцов исследования использовались эпитаксиальные пленки Co, выращенные на кремнии с прослойкой меди. Образцы подвергались облучению ионами Галия с энергией 30кЭв в камере двулучевого растрового электронного микроскопа Carl Zeiss Crossbeam 1540 XB. Магнитное состояние образцов изучалось посредством магнито-оптического эффекта Керра на приборе nanoMOK. Структурное состояние образцов исследовалось посредством просвечивающего электронного микроскопа Carl Zeiss Libra 200 FE.

Результаты и выводы. В результате исследования магнитного состояния облученных образцов пленок Co была получена зависимость поля коэрцитивной силы от дозы облучения, рис.1. Проведенные исследования выявили существенное влияние, оказываемое на магнитные свойства пленок Co, облучением ионами Ga+. При этом показано, что производимая обработка приводит к уменьшению магнитной жесткости исследуемых объектов, а при максимальной выбранной дозе приводит к полному уничтожению ферромагнитных свойств облучаемых объектов. Электронно-макроскопические исследования позволили точно идентифицировать влияние облучения на состав и размеры зерен образующихся фаз. Было показано, что при высокой дозе облучения происходит разрушение буферного слоя меди и образование соединений Co с Si, которые обладают парамагнитными свойствами.

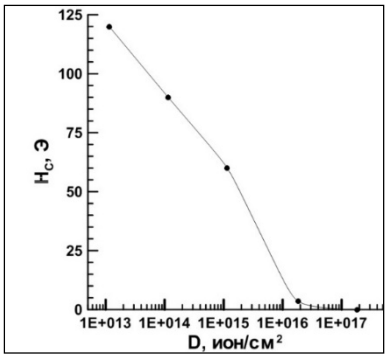


Рис.1. Зависимость поля коэрцитивной силы от дозы облучения в пленках Co

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений ШЕН ДВФУ, зав. лаб. Плотникову Владимиру Сергеевичу. Также выражает благодарность лаборатории тонкопленочных технологий ШЕН ДВФУ, зав. лаб. Огневу Алексею Вячеславовичу, и лично Ермакову Константину Сергеевичу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки, госконтракт № 16.552.11.7059, РФФИ и Программы «Научный фонд» ДВФУ.

СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ БИОСТОЙКОЙ ФАСАДНОЙ КЕРАМИКИ

Коц Л.С.
Университет технологии, бизнеса и дизайна (Hochschule Wismar), г. Висмар, Германия
e-mail: lev.koss@hs-wismar.de

Причиной биодеградации строительных конструкций при эксплуатации зданий и сооружений являются биохимические процессы, протекающие в поверхностном слое материалов, подвергшихся биозаражению. Продукты метаболизма различных микроорганизмов оказывают необратимое воздействие на физические свойства и химический состав строительных материалов, что приводит к развитию биокоррозии. Размножение микроскопических водорослей, слизей и грибов многократно ускоряется при длительном сохранении влажности материалов, что в свою очередь зависит от характера смачивания их поверхности водой, источником которой служат, прежде всего, осадки, а также влага, конденсирующаяся на поверхности стен.

Исследования биологической стойкости проводились для керамических фасадных материалов, степень спекания которых изменялась в широких пределах (водопоглощение от 0,1 до 10,0 %). Эксперимент позволил установить, что для рассмотренного класса материалов, поверхность которых является гидрофильной, основным фактором, определяющим процесс их смачивания водой, является пористость материала и связанный с нею микрорельеф поверхности.

Исследование топографии поверхности фасадной керамики проводилось путем лазерного 3D сканирования и последующей обработки данных с применением программы *VK Analyzer Plus* (рис.1).

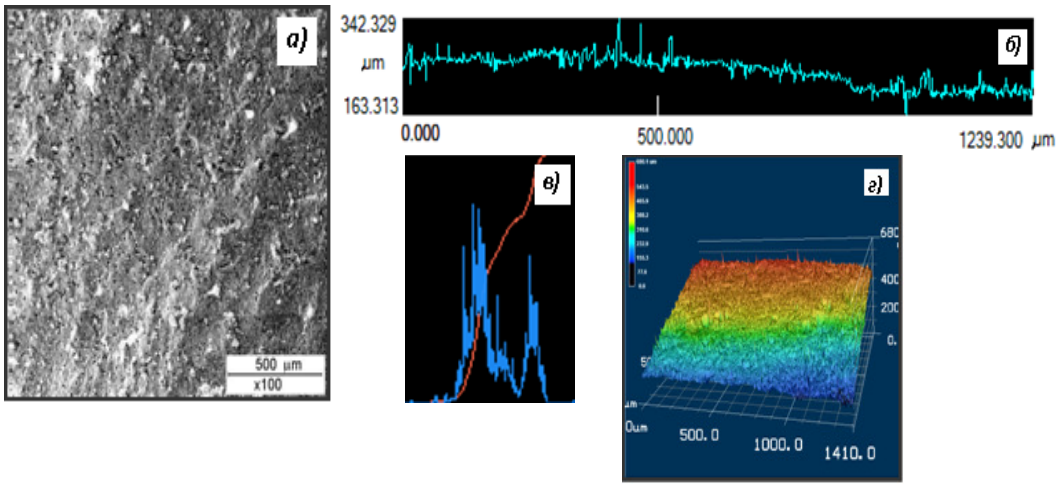


Рисунок 1 Топография поверхности биостойкой плотноспеченной фасадной керамики:
а) электронно-микроскопический снимок фасадной керамики; б) профилограмма образца;
в) распределение неоднородностей поверхности по высоте; г) 3D-изображение поверхности

Полученные данные позволили проанализировать влияние основных топографических характеристик поверхности керамических образцов на их устойчивость к биологическим загрязнениям. Результаты исследований легли в основу разработки безбиоцидных керамических материалов для облицовки фасадов зданий, эксплуатируемых в условиях влажного климата.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям: д.т.н. Федоренко Е.Ю. (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина) и к.т.н. Лесных Н.Ф. (Висмарский университет технологии, бизнеса и дизайна, Германия) за всестороннюю помощь.

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ОКСИДА МОЛИБДЕНА

Коцарева К.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: kotsareva.k@gmail.com

В последнее десятилетие неуклонно растет интерес исследователей и разработчиков новых материалов к ультрадисперсным порошкам оксида молибдена, промышленное получение которых необходимо для производства электродов, защитных покрытий, катализаторов нефтехимической промышленности, сенсорных материалов и электрохромных устройств.

В представленной работе сообщается о синтезе модифицированным золь-гель методом ультрадисперсного порошка оксида молибдена. Тетрагидрат молибдата аммония $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\times 4H_2O$ был использован в качестве источника металла, ацетилацетон как комплексообразователь, а также гексаметилентетрамин и N,N–диметилоктиламин - в качестве стабилизаторов золя. Термообработку полученных гелей проводили при 500ºС в течение 1ч. Для исследования текстуры и морфологии полученных порошков были использованы рентгеновская дифракция, адсорбция-десорбция N_2, просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и сканирующая лазерная микроскопия.

По данным рентгеновской дифракции, все порошки были хорошо окристаллизованы и на 100% состояли из MoO_3 со средним размером кристаллитов 80-600 нм при доле микродеформаций, не превышающей 0,16%. Установлено, что размер и форма частиц MoO_3 зависят от следующих условий синтеза: величин мольных отношений стабилизатор/металл и комплексообразователь/металл, а также режима термообработки геля. Рис. 1 демонстрирует разнообразие формы и размеров частиц ультрадисперсных порошков MoO_3, синтезированных в условиях модифицированного золь-гель метода в данной работе. По данным ПЭМ, это могут быть и так называемые «круглые» кристаллы с размером менее 60 нм (Рис. 1*а*), и стержни с размерами до нескольких сотен нм (Рис. 1*б*).

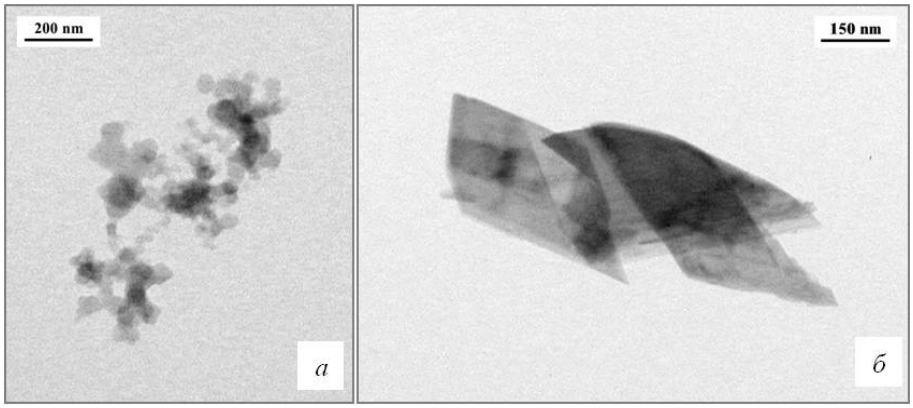


Рис. 1. Микрофотографии синтезированных порошков MoO_3 (EM-301-Philips).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Е.А. Трусовой, а также С.А. Писареву, Е.В. Шелехову, И.Ю. Сапронову и С.В. Куцеву за проведение инструментального анализа полученных порошков.

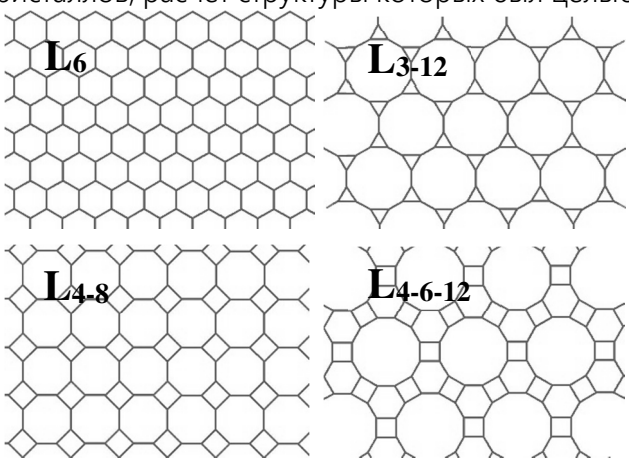
СТРУКТУРА ГРАФЕНОВЫХ СЛОЕВ И ТРЕХМЕРНЫХ КРИСТАЛЛОВ ГРАФЕНА

Коченгин А.Е.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

e-mail: belenkov@csu.ru

Графеновые слои состоят из трехкоординированных атомов углерода. Всего возможно четыре основных структурных разновидностей слоев графена: L_6, L_{4-8}, L_{3-12} и L_{4-6-12} (рис.). Из слоев графена возможно формирование трехмерных кристаллов, расчет структуры которых был целью данной работы. Расчеты структуры слоев выполнены полуэмпирическим квантово-механическим методом AM1, трехмерная структура рассчитана с использованием межатомных потенциалов. Соседние слои в трехмерных кристаллах графена сдвинуты друг относительно друга на вектор S. Значения векторов сдвига, выраженные в долях от векторов элементарных трансляций равны: (2/3, 1/3) – слой L_6; (1/2, 1/2) – слой L_{4-8}; (2/3, 1/3) – слой L_{3-12}; (1/2, 1/2) – слой L_{4-6-12}. Численные значения межслоевых расстояний d_S равны 3.35654, 3.33946, 3.30163 и 3.34372 Å для слоев L_6, L_{4-8}, L_{3-12} и L_{4-6-12} соответственно. Минимальные удельные энергии межслоевых связей приходящихся на один атом (E_S): -4476.25, -4074.24, -3206.14 и -3637.66 ккал/моль для слоев L_6, L_{4-8}, L_{3-12} и L_{4-6-12} соответственно. Таким образом, наиболее прочно слои связаны между собой в кристаллах гексагонального графена, менее прочные связи в кристаллах из слоев L_{4-8} и L_{4-6-12}, самыми слабо связными в кристаллах являются слои L_{3-12}.



В результате расчетов установлено, что кристаллы из слоев графена L_6, L_{3-12}, L_{4-6-12} имеют кристаллические решетки, относящиеся к гексагональной сингонии, а кристаллическая решетка кристаллов из графеновых слоев L_{4-8} относится к тетрагональной сингонии. Численные значения векторов элементарных трансляций составляют: a = b = 0.2471 нм, c = 0.67131 нм (для L_6); a = b = 0.3429 нм, c = 0.6679 нм (для L_{4-8}); a = b = 0.5134 нм, c = 0.6603 нм (для L_{3-12}); a = b = 0.6713 нм, c = 0.6687 нм (для L_{4-6-12}). В элементарных ячейках трехмерных кристаллов графена содержится: 4, 8, 12, 24 атома для структурных разновидностей L_6, L_{4-8}, L_{3-12} и L_{4-6-12} соответственно. По расчетным значениям векторов элементарных трансляций были вычислены объемы элементарных ячеек для кристаллов графена, со структурой различных полиморфов. По этим значениям была вычислена теоретическая плотность кристаллов графена. Самая высокая расчётная плотность 2.247 г/см^3 наблюдается для кристаллов гексагонального графена (что хорошо соответствует экспериментальному значению плотности графита 2.23 г/см^3). Для графена L_{4-6-12} плотность минимальна ρ=1,588 г/см^3. В полиморфных разновидностях графена L_{3-12} и L_{4-6} наблюдается промежуточные значения плотности 1,834 и 2,031 г/см^3 соответственно.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д. ф.-м. н. Беленкову Е.А.

ВЛИЯНИЕ ТИПА УГЛЕРОДНЫХ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ЕМКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ *β* – ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ

Кравчук Д.М.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: kravchukdmytro@gmail.com

Цель работы – изучение влияния количества и типа токопроводящей углеродной добавки на электрохимическое поведение в области потенциалов заряда/разряда и электрохимическую емкость электродов из гидроксида никеля (ГН).

В электрохимических исследованиях использовали порошок аккумуляторного β-$Ni(OH)_2$ с размером частиц ≤40 мкм. В качестве токопроводящих добавок при изготовлении электродов были использованы высокодисперсные сажи марки FS-5, PureBlack 205, а также многостенные углеродные нанотрубки (НТр) диаметром 100-150 нм (MER Corporation) и их смеси. Активная масса электродов содержала от 81 до 96 мас. % $Ni(OH)_2$, от 1 до 16 мас. % углеродных добавок и 3 мас. % ПТФЕ.

При аттестации порошков исследуемых объектов использовании методы рентгеновской и электронной спектроскопии. Электрохимические исследования электродов проводили с использованием потенциостата-гальваностата PGSTAT4-16 и станции тестирования Arbin BT2000. В таблице представлены сведенные результаты, полученные на электродах ГН с разным составом.

Тип и количество токопроводящей добавки, мас. %		Емкость по ГН, мА*ч/г	Коэффициент использования активной массы, %	Емкость электрода, мА*ч/г
Промышленный электрод		191,87	66,39	130,47
16% FS-5		208,71	72,22	169,14
16% PureBlack 205		188,64	65,27	152,80
10% PureBlack 205		43,45	15,03	37,80
5% нанотрубки		171,38	59,30	157,67
3% нанотрубки		159,50	55,19	149,93
8% - НТр : PureBlack 205	1:7	85,00	29,41	75,65
	3:5	211,72	73,26	188,43
	5:3	186,67	64,59	166,14
8% - НТр : FS-5	3:5	193,58	66,98	172,29
	5:3	180,61	62,49	160,74

Установлено, что введение в ГН углеродного композита (НТр+сажа), в котором наносажа PureBlack 205 заменена на сажу FS-5 (размер частиц ~ 5 мкм), приводит к уменьшению разрядной емкости электродов при одновременном снижении стабильности процесса разряда, независимо от соотношения (НТр:сажа) в углеродном композите.

Показано, что введение 8% углеродного композита (НТр+сажа), при соотношении в нем компонентов 3:5 и 5:3, позволяет сохранить кинетику процессов окисления-восстановления и электрохимическую емкость электродов ГН не хуже, чем при введении 16% обоих типов сажи. Предложено, что при введении углеродного композита создается объемная токопроводящая система, которая позволяет снизить общее сопротивление в ГН электроде, особенно при разряде и, как следствие, повысить скорость протонного и электронного переноса в электроде.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.х.н Л.Г. Щербаковой и д.ф.-м.н. Ю.М. Солонину.

ИЗМЕРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДОЙ РАЗОРИЕНТИРОВАННОЙ ФАЗЫ ФУЛЛЕРИТА C_{60}

Кравчук К.С.

ФГБНУ ТИСНУМ, г. Троицк, Россия

e-mail: kskrav@gmail.com

Проведено исследование твёрдой фаза фуллерита C_{60} , полученной при высоких давлениях (до 8 ГПа) и температуре (800-1400 °С). Для синтеза использовалась камера давления типа тороид [1]. Поверхность образца подвергалась механической полировке алмазной пастой (размер зёрен 0,1мкм). Измерение механических свойств проводилось на сканирующем нанотвердомере «Наноскан-3D» [2] методами измерительного индентирования и царапания, применялся алмазный наконечник в форме пирамиды Берковича. Твёрдость материала по методу индентирования составила 14±2 ГПа, модуль упругости 116±15 ГПа в диапазоне нагрузок 2-100 мН. Материал обладает высоким коэффициентом упругого восстановления – более 98%. Получены СЗМ-изображения в области нанесения уколов. Показано, что на поверхности не остаётся отпечатка после укола, что не позволяет определить твёрдость классическим методом.

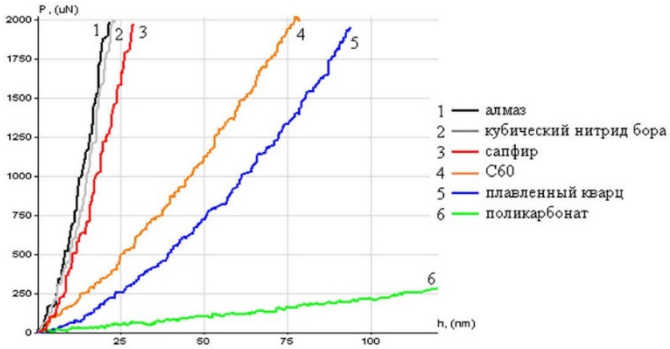


Рис. 1 Зависимости нагрузки от глубины внедрения наконечника для различных материалов

Экспериментально показано, что некоторые участки образца оставляют царапины на поверхности сапфира, что говорит о твёрдости превышающей твёрдость сапфира (Н=23 ГПа). Для анализа однородности образца была проведена серия из 300 индентов с нагрузкой 2 мН. Построена гистограмма распределения модуля упругости по поверхности образца. Распределение близко к нормальному, что говорит о высокой однородности образца. Стандартное отклонение 10%, асимметрия 0.2, эксцесс 1.3.

Относительно низкие измеренные значения твердости и модуля упругости, возможно, обусловлены процессом обработки поверхности. Вероятно, при механической полировке происходит выкрашивание с поверхности более твёрдых частиц. Механизмы, обуславливающие твёрдость и модуль упругости, а также особенности структуры полученного материала требуют дальнейшего изучения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность М. Ю. Попову, Л.Ф. Соловьёвой за приготовление и подготовку образца и А.С. Усеинову за обсуждение результатов.

Литература

1. V.D. Blank, V.N. Denisov, A.N. Ivlev et al./ Carbon -1998, Vol.36, No.9. pp.1263-1267.
1. A. Useinov, K. Gogolinskiy, V. Reshetov // Int. J. Mater. Res. 2009, No 7, pp.968-972

РАФИНИРОВАНИЕ ТАНТАЛОВОГО ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ, ОТ МАГНИЯ И КИСЛОРОДА

Крыжанов М.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Россия

e-mail: kryzhanov@chemy.kolasc.net.ru

В условиях скоротечного восстановления пентаоксида тантала магнием возможно образование нерастворимого в кислоте танталата $Mg_4Ta_2O_9$ в результате взаимодействия образовавшегося оксида магния с исходным пентаоксидом. В связи с этим, в полученных данным способом танталовых порошках зафиксировано повышенное содержание кислорода и магния [1, 2].

В настоящей работе выполнена проверка возможности очистки порошка, полученного в режиме горения от магния и кислорода путём дополнительного магниетермического восстановления.

В качестве исходного материала использовали продукты горения с удельной поверхностью 0.6–1.0 $м^2·г^{-1}$ с содержанием магния 4.8-5.3 мас. % [1]. Соответствующая расчётная концентрация $Mg_4Ta_2O_9$ – на уровне 30 мас.%; кислорода – на уровне 8 мас.%. Восстановление вели в смеси с порошком магния при температуре 800 или 900 °С и давлении аргона 110 кПа или парами магния при температуре 800 °С. Подробное описание методики восстановления в смеси с магнием или его парами приведено в работе [2].

Дополнительное восстановление первичных порошков позволило снизить содержание магния до уровня менее 0.01 %. Путём термообработки в смеси с магнием при температуре 900 °С с выдержкой 4 ч получен порошок тантала с содержанием магния $2.0·10^{-3}$ масс.%. Содержание кислорода в полученных порошках не превышало его количества в естественном поверхностном оксиде ($3·10^{-3}$ $г·м^{-2}$). Установлено аномальное увеличение удельной поверхности танталового порошка в процессе дополнительной термообработки. Удельная поверхность полученных порошков, в зависимости от условий процесса, составила 4-11 $м^2·г^{-1}$. Данный эффект может быть следствием образования при восстановлении $Mg_4Ta_2O_9$ порошка с удельной поверхностью более 30 $м^2·г^{-1}$. Вклад поверхности новообразованных частиц в величину общей удельной поверхности компенсирует и превышает уменьшение поверхности исходного порошка, обусловленное спеканием частиц.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность заведующему лабораторией металлургии редких элементов ИХТРЭМС КНЦ РАН, д.т.н. Орлову В.М. за помощь в постановке работы и обсуждении результатов.

Литература

1. В.М. Орлов, М.В. Крыжанов Магниетермическое восстановление оксида тантала в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза //Металлы. – 2010. – №3. – С.18-23

2. В.М. Орлов, М.В. Крыжанов, В.В. Сухоруков Магниетермическое восстановление пентаоксида тантала // Перспективные материалы. – 2011. – Спец. выпуск (13). – С. 231-237.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-03-98802 р_север_а и гранта «Ведущие научные школы» (проект НШ 1937.2012.3).

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ОКСИДА ТИТАНА МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Крынин А.Г.

ФГУП «ВИАМ», г. Москва, Россия

e-mail: kryninalex@mail.ru.

Уникальные свойства пленок оксида титана, такие как высокий коэффициент преломления, широкая запрещенная зона, стойкость к химическому воздействию нашли широкое применение в технике, в частности, в производстве светофильтров, селективных теплозащитных покрытий, антиотражающих покрытий для солнечных элементов. Прозрачные пленки диоксида титана получают разными методами, наиболее распространенными из которых являются золь-гель технология, спрей-пиролиз, химическое осаждение, испарение электронным лучом и магнетронное напыление. В нашей работе проводились исследования режимов реактивного магнетронного нанесения тонкопленочных покрытий (<100нм) оксида титана с минимальным коэффициентом поглощения на полимерную подложку.

В зависимости от условий осаждения оксид титана можно получить с разными структурными, механическими и оптическими свойствами. Мы стремились получить оптическое покрытие оксида титана с коэффициентом поглощения, не превышающем величину 0,01. В этом случае, оптические свойства для большинства, реализуемых на практике, интерференционных покрытий с оксидом титана зависят только от его показателя преломления. Причем для создания интерференционных покрытий разного назначения практический интерес представляет разработка технологических режимов, позволяющих получать тонкие пленки оксида титана с разными показателями преломления.

В данной работе исследовалось влияние соотношения расходов активного и инертного газов в процессе нанесения на величину показателя преломления тонких пленок оксида титана.

Все эксперименты проводились при постоянном общем рабочем давлении (0,2 Па) и токе разряда магнетрона (8А). На рисунке 1 и 2 приведены спектральные зависимости показателей преломления тонких пленок оксида титана и скорости осаждения, от изменения соотношения расходов кислорода и аргона в диапазоне $q(O_2)/q(Ar)$ = 0,099 – 0,106.

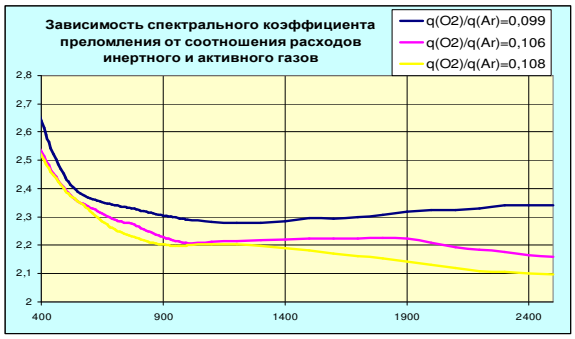


Рис.1. Спектральная зависимость коэффициента преломления пленки оксида титана от соотношения расходов активного и инертного газов.

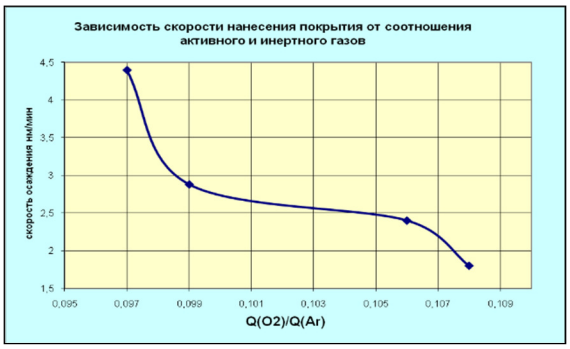


Рис.2. Зависимость скорости осаждения покрытия от соотношения активного и инертного газов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю Хохлову Ю.А. за помощь в проведении экспериментов и написании тезисов, а также консультантам Березину Н.М., Кислякову П.П.

ПРОТЕКТОРНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Крюков А.А.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

e-mail: aleksey902@mail.ru

Основным конструктивным материалом в судостроении является сплав железа с углеродом – сталь. Она применяется как в конструкции корпуса, так и конструкции судовых систем и устройств. Такая многосторонняя применяемость объясняется высокой прочностью, жаростойкостью и относительной не дороговизной материала.

Коррозионная стойкость — способность материалов сопротивляться коррозии, определяющаяся скоростью коррозии в данных условиях. Для оценки скорости коррозии используются как качественные, так и количественные характеристики. Изменение внешнего вида металла, изменение его микроструктуры являются качественной оценки скорости коррозии.

Стандартный потенциал железа равен – 0,44В, его стационарный потенциал в морской воде составляет около – 0,4 В. Высокий отрицательный потенциал железа в морской воде указывает на его относительно низкую стойкость в этой коррозионной среде.

Первичным продуктом коррозии железа в морской воде являются ионы двухвалентного железа. Его растворимость составляет $1{,}64*10^{-3}$ г/л, он образуется при pH раствора выше 5,5.

Электрохимическая коррозия возникает при контакте металла с электролитом. Простейшая модель электрохимической коррозии – происходят в элементе батареи для карманного фонаря. Такой элемент состоит из двух электродов: угольного — катода и цинкового — анода, разделённых электролитом. Электрическая энергия образуется за счёт химических реакций, протекающих на каждом электроде. На катоде химическое восстановление, а на аноде — окисление, при этом цинк превращается в ионы Zn^{2+}. Чтобы такие процессы протекали, необходимо замкнуть цепь гальванический элемента. Однако растворение цинка возможно и в разомкнутой цепи, в этом случае роль катода выполняют мельчайшие примеси, находящиеся в цинке. Такие элементы называют микрокоррозионными. Они играют важную роль в организации процессов электрохимической коррозии.

В растворе электролита сплав становится – «короткозамкнутым аккумулятором». Между цинком и железом возникает разность потенциалов и разрушается – цинк, железом и медью разрушается железо.

В результате следует вывод, что коррозировать начнёт более активный металл, то есть металл стоящий левее в электрохимическом ряде металлов. Такими в данном примере являются – цинк и хром.

Основной металл не будет коррозировать, пока в нем имеются эти элементы. Наличие менее активных элементов, таких как медь и никель, способствует коррозии этих элементов, и улучшают физические свойства основного металла. Данный процесс напоминает процесс протекторной защиты металлов и сплавов, то есть нанесения на поверхность основного сплава более активного металла с целью его разрушения и защиты основного. Легирования стали более активными металлами является основным методом получения так называемых нержавеющих сталей. Они нашли своё применения во многих отраслях промышленности и хозяйства.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю - д.т.н. Минаеву А.Н., профессору кафедры судовой энергетики и автоматики.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Крючков Д.И.
ФГБУН ИМАШ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: kru4koff@bk.ru

Разработан моделирующий комплекс для реализации экспериментально-аналитического метода инженерного анализа и оптимизации процессов пластического деформирования неоднородных материалов с целью совершенствования технологий и машин обработки металлов давлением. Комплекс интегрирует пакеты расширения SimulaTMP[1] с CAE-системой Abaqus, разработку программных модулей и управляющей подсистемы с использованием языка высокого уровня Python. Преимущества такого подхода заключается в том, что расширяются возможности анализа процессов и повышается точность проектных решений, открывается возможность параметрического моделирования сложных технологических процессов.

В число задач решаемых с использованием моделирующего комплекса включены инженерный анализ и оптимизация процессов прямого и обратного прессования, углового прессования, прессования через ступенчатую матрицу, гидромеханического и гидростатического прессование. Решаются задачи оптимизации процессов прессования неоднородных компактных материалов и некомпактных порошкообразных материалов.

При разработке программного обеспечения в ходе тестирования решена задача инженерного анализа и оптимизации по критерию обеспечения минимальной поврежденности деформируемого материала для процесса прессования биметалла Ti+Cu.

Эффективность разработанного комплекса в сравнении с существующими подходами к моделированию и оптимизации технологических процессов, заключается в снижении трудоемкости процесса моделирования, например автоматизации процесса создания эскизов, задании граничных условий, расчета и накопления данных. Это позволяет значительно экономить время, а также сокращается влияние случайной ошибки при обработке данных.

Программный комплекс может быть использован для научных исследований, для совершенства процессов обработки металлов давлением и в образовательных целях.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н. Залазинскому А.Г.

Литература

1. Бывальцев С. В., Залазинский А. Г. Программный комплекс математического моделирования процессов обработки металлов давлением // Государственный фонд алгоритмов и программ. – № 50200702222; 24.10.2007.

ПОЛУЧЕНИЕ БИДОМЕННЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НИОБАТА ЛИТИЯ

Кубасов И.В.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: kubasov.ilya@gmail.com

Устройства для осуществления малых перемещений с высокой точностью находят широкое применение в различных областях науки и техники. В качестве актюаторов для микро- и наноперемещений часто используют биморфы – структуры, состоящие из двух соединенных пластин сегнетоэлектрика с разнонаправленными векторами электрической поляризации.

Используемая для изготовления современных устройств позиционирования PZT-пьезокерамика не позволяет использовать манипулятор при температуре выше 150 °C, имеет большой гистерезис и нелинейность перемещений. Это ограничивает применимость таких актюаторов и затрудняет калибровку их параметров.

Такими недостатками не обладают кристаллы ниобата лития ($LiNbO_3$). Для создания биморфа необходимо сформировать в монокристаллической пластинке бидоменную структуру, которая представляет собой два сегнетоэлектрических домена с противоположно направленными векторами электрической поляризации и общей границей.

Для этого в образце методом внешнего светового нагрева создавалось неоднородное тепловое поле с экстремумом температуры посередине толщины. Доменная структура выявлялась по косым шлифам при помощи селективного травления в кипящей смеси азотной и плавиковой кислот. Затем, для создания устройства точного позиционирования, на полярные грани полученного биморфа методом магнетронного распыления наносились медные электроды.

В ходе работы показана возможность формирования заданной доменной структуры в образцах $LiNbO_3$, разработана технология получения кристаллов с заданным положением междоменной границы. Получены бидоменные монокристаллы ниобата лития. Изготовлены образцы биморфных актюаторов. Проведены электромеханические испытания актюаторов, произведены измерения микроперемещений, которые составили ~±20 мкм при приложенном напряжении ±300 В.

Актюаторы из ниобата лития могут применяться в устройствах сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), позволят проводить прецизионную настройку квантовых оптических резонаторов, использоваться в качестве волноводов с прецизионно изменяемыми размерами и геометрическими характеристиками.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.ф.-м.н. Малинковичу М.Д., Быкову А.С. за общее руководство и ценные советы, без которых данная работа не могла бы быть выполнена.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Кудашов О.С.
Воронежский Государственный Университет, химический факультет, кафедра материаловедения и индустрии наносистем. г. Воронеж, Россия
e-mail: kudashoff07@gmail.com

Кристаллы YAG, как правило, синтезируют посредством твердофазной реакции между оксидами иттрия и алюминия, что требует высоких температур (1600 ˚С и выше) и длительного времени нагрева. Такие условия обработки приводят к образованию частиц довольно крупного размера, нежелательных фаз и дефектов, обогащению примесями. Для синтеза нанокристаллов при относительно низкой температуре применяют химическое осаждение из растворов, золь-гель метод, жидкофазное восстановление, микроэмульсионный и криохимический синтез. Особое внимание уделяется методу химического осаждения, поскольку он сочетает высокую однородность и чистоту синтезированного соединения, узкий диапазон распределения частиц по размерам и не требует сложного оборудования. Таким образом, целью настоящей работы явился синтез нанокристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ методом химического осаждения и установление размера полученных частиц.

Для синтеза порошка исходными реагентами послужили $Y(NO_3)_3*6H_2O$, $Al(NO_3)_3*9H_2O$ и NH_4HCO_3 в роли осадителя (все вещества марки «х.ч.»). Методом химического осаждения 100 мл 1,5 М раствора NH_4HCO_3 добавляли по каплям с постоянным перемешиванием магнитной мешалкой в водный раствор, содержащий 20 мл 0,15 М $Y(NO_3)_3$ и 40 мл 0,15 М $Al(NO_3)_3$. После старения (1 ч) суспензию фильтровали всасывающим фильтром, промывали дистиллированной водой и сушили при 20 ℃ в течение 24ч. Высушенный осадок растирали в фарфоровой ступке, помещали в фарфоровый тигель и прокаливали при 950˚С в течение 1ч.

Фазовый состав синтезированных нанопорошков $Y_3Al_5O_{12}$ контролировали методом рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре ДРОН-4. Используя полученные дифрактограммы по формуле Дебая-Шеррера был оценен средней размер зерен. Диапазон размера зерен синтезированных образцов составил 20 – 60 нм. Полученные значения размеров синтезированных нанокристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ определяли также методами динамического и статического рассеяния света (спектрометр Photocor Complex, He – Ne лазер, λ = 633 нм) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, ЭВМ-100 БР).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору кафедры материаловедения и индустрии наносистем ВГУ д.х.н. Миттовой И.Я., ассистенту кафедры материаловедения и индустрии наносистем ВГУ Самсонову А.А.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФОТОННОЙ ОБРАБОТКИ АМОРФНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Канныкин С.В.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: svkannykin@gmail.com

Цель работы – исследование влияния импульсной фотонной обработки на механические свойства аморфного металлического сплава на основе железа в процессе его кристаллизации.

Исходный аморфный сплав состава (Fe – 78 ат.%, P – 20 ат%, Si -2 ат.%) был получен методом закалки из жидкого состояния. Импульсную фотонную обработку (ИФО) сплава проводили в вакууме p=10-3 Па излучением ксеноновых ламп (λ=0,2-1,2 мкм) при энергии поступающего на образец излучения (ЕИ)=5-40 Дж/см2 (время обработки 0,25-2 с соответственно) на установке УОЛ.П-1М.

Исследование механических свойств производили методом наноиндентирования на приборе Nano Hardness Tester фирмы CSM Instruments (Швейцария). При наноиндентировании использовали линейный режим нагружения и разгрузки индентора; скорость нагружения составляла 0,02 Н/мин, выдержка при максимальной нагрузке 1 с, скорость разгрузки 0,03 Н/мин. Индентирование производили с максимальной нагрузкой на индентор 15 мН и 30 мН. Значения твердости по Мейру и модуля Юнга поверхностного слоя образцов определяли по методу Оливера и Фарра. Для каждой нагрузки средние значения определялись по результатам не менее десяти измерений.

Морфологию поверхности в окрестности отпечатков индентора Берковича исследовали методом АСМ на сканирующем зондовом микроскопе Solver P47.

Установлено, что твердость сплава не зависит от величины максимальной нагрузки на индентор. Показано, что до обработки сплав имел твердость H=8,0±0,3 ГПа и модуль Юнга E=130±10 ГПа. В диапазоне Еи=5-15 Дж/см2 ИФО не приводила к существенным изменениям механических свойств сплава. При ЕИ, соответствующей порогу кристаллизации (20 Дж/см2) твердость и модуль Юнга увеличивались соответственно до 14±0,7 ГПа и 182±10 ГПа. Дальнейшее увеличение дозы приводило к уменьшению H и E и при ЕИ=40 Дж/см2 (полная кристаллизация) их величины соответствовали исходным. Эта закономерность согласуется с соотношением твердости аморфных, нанокристаллических и микрокристаллических структур [1].

Анализ морфологии поверхности в окрестности отпечатков индентора для аморфного и кристаллизованного сплавов позволяет сделать заключение о большей вязкости последнего.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному консультанту – академику РАН, д.ф.-м.н., профессору Иевлеву В.М.

Литература

1. О.К. Белоусов, Н.А. Палий, В.Т. Заболотный. К вопросу о максимальной прочности металлов и сплавов в кристаллическом, аморфном и нанокристаллическом состояниях / Металлы, 2011, №1, с.39-54

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СПЕКАНИЯ МИКРО- И НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ

Каченюк М.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: maxx@pm.pstu.ac.ru

В настоящее время нанопорошки металлов, по сравнению с керамическими, применяются в ограниченном количестве (не более 10% от общего объёма производства нанопорошков). Основная проблема заключается в том, что вопросы консолидации нанопорошков недостаточно изучены.

Целью исследований было изучение кинетики спекания микро- и нанопорошков железа и никеля.

Исследования кинетики усадки порошков при спекании проводились на термомеханическом анализаторе (дилатометр) Setaram (Франция). Нагревание образцов производили в атмосфере аргона под нагрузкой 0,07 МПа, со скоростью 18 град/мин до температур 900 и 1100 0С, с выдержками при этих температурах от 10 минут до 1 часа. Исследовали стандартные порошки железа карбонильного марки ВМ с размером частиц 5 – 10 мкм, в том числе измельченного; порошок карбонильного никеля ПНК-УТ3 с размером частиц 3 – 5 мкм, а также нанопорошки железа и никеля, восстановленные химико-металлургическим методом из соединений с размерами 50-100 нм.

Исследование кинетики усадки порошка никеля карбонильного при 900 и 1100 0С показали, что усадка происходит интенсивно при нагреве до температуры спекания и продолжается при изотермических выдержках, общая линейная усадка при 1100 0С составила 25 %; усадка порошков карбонильного железа начинается при 500 0С и сокращается при изотермических выдержках, общая усадка составила около 6 %. В измельченном железе усадка начинается при температуре примерно на 150 0 и продолжается при дальнейшем нагреве до 1100 0С. Более низкая температура усадки, большая величина усадки обусловлены более дефектной и дисперсной структурой измельченного порошка. При исследовании кинетики усадки нанодисперсного порошка железа в интервале температур 500-800 0С (порядка 0,3Т плавления железа) наблюдали торможение усадки, вызванное, очевидно, рекристаллизационными процессами, сопровождающимися поворотом частиц. Исследование кинетики усадки нанодисперсного порошка никеля при 900 и 1100 0С показали, что усадка наиболее интенсивно происходит при нагреве до температуры спекания и продолжается при изотермических выдержках. Линейная усадка при 900 - 1100 0С составила 50 %, что в 2 раза больше, чем в карбонильном никеле. Анализ результатов показал, что для активации спекания нанопорошка железа целесообразно нагрев производить с более высокой скоростью для подавления межчастичной рекристаллизации и релаксации дефектов структуры на ранних этапах спекания. Нанодисперсные порошки никеля использованы для активации спекания порошковых карбидосталей и элинваров без приложения давления до плотности 98-99 % и свойствами, не уступающими литым сплавам.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику РАН Анциферову В.Н. за консультирование по теме доклада.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ОКТК.

Ковалев И.А.

Учреждение Российской академии наук Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова, г. Москва, Россия

e-mail: vankovalskij@mail.ru

Одним из способов получения сотовых керамических носителей является Окислительное Конструирование Тонкостенной Керамики (ОКТК). Таким образом, также были изготовлены сотовые конструкции для каталитической очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, монолитные керамические фильтры для очистки раскаленных газов, керамические теплообменники, другие тонкостенные и ажурные керамические изделия. Важными характеристиками керамического сотового монолита являются свойства стенки получаемого блока, в частности, ее газовая проницаемость.

Смоделированные плоские пластины рутильной керамики выбирали из образцов компактного рутила, полученного на различных стадиях окисления титановых преформ в печи со свободным доступом воздуха при 750, 800, 875, 920, 1000°С. Кинетику окисления контролировали термогравиметрическим методом. Газовую проницаемость изготовленных пластин рутила исследовали методом газовой хроматографии с помощью хрономатографа «Кристалюкс 4000М» при нормальных условиях. Структуру поперечного скола керамики исследовали с помощью РЭМ.

Рис.1 Зависимость средних значений коэффициентов газовой проницаемости кислорода через образцы рутила, полученных при различной температуре окисления титановых преформ

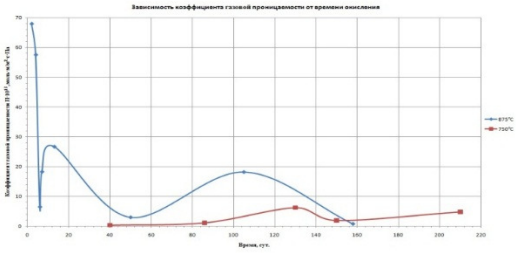


Рис.2. Изменение коэффициентов газовой проницаемости образцов рутила.
* относительная погрешность измерений 5-6%

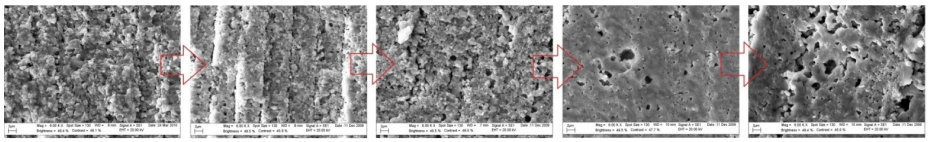


Рис.3 Пример изменения структуры одной из зон в керамике, полученной при 750°С, через 40, 86, 130, 150, 210 суток соответственно

Изучение газовой проницаемости модельных образцов рутила выявило нелинейную закономерность ее изменения относительно кислорода в зависимости от времени и температуры окисления преформы. Что может быть объяснено изменением структуры, наблюдаемой в процессе окисления. Исследование структуры поперечного скола образцов рутила с помощью РЭМ позволило подтвердить данные газовой хроматографии.

На протяжении всего окисления титановых преформ для различных температур проведения процесса наблюдали чередование снижения и роста значений коэффициентов газовой проницаемости образовавшейся компактной керамики. Наиболее проницаемая керамика образуется в результате окисления титана при 875°С.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю академику Солнцеву К.А. и всем сотрудникам лаборатории №27 НТК ИМЕТ РАН.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИОННОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Ковалько Н.Ю.

Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: kovalko.n.yu@gmail.com

Керамика на основе тетрагональной модификации диоксида циркония (t-ZrO2), представляет интерес для реставрационной стоматологии, так как обладает комплексом уникальных свойств: химической стабильностью, высокими трещиностойкостью, твердостью и светопроницаемостью. Керамика из t-ZrO2 не вызывает аллергии и является биосовместимой со слизистой оболочкой и тканями полости рта. Основными производителями порошка t-ZrO2, для стоматологии являются зарубежные фирмы Tosoh (Япония), Sax IBS Ceramic Applications (Германия), Zirkonzahn (Италия), однако используемая ими технология имеет существенные недостатки: длительность и многостадийность (8 стадий), большие энергетические затраты, невозможность производить без дополнительной очистки химически чистый и высокодисперсный порошок t-ZrO2.

Цель работы заключалась в разработке инновационной технологии, позволяющей получать химически чистые и высокоактивные нанопорошки на основе t-ZrO2 с требуемой морфологией и размерной однородностью частиц, которые можно будет использовать при создании специальных материалов для реставрационной стоматологии.

Предлагаемая технология базируется на методе химического осаждения. В результате экспериментальных исследований подобраны оптимальные условия для процесса осаждения: концентрации исходных реагентов, pH-осаждения, температура и скорость осаждения, интенсивность перемешивания осадка, время нахождения осадка в маточном растворе. Осадки подвергали замораживанию при –25оС, полученные ксерогели имели рентгеноаморфную структуру и узкое распределение частиц по размерам. Твердые растворы t-ZrO2 образуются при 600оС (средний размер кристаллитов ~6-8 нм, площадь удельной поверхности ~110 м2/г). Подобран режим спекания порошков и получена плотная нанокерамика (70-80 нм) на основе t-ZrO2 со следующими характеристиками: прочность на изгиб – 1000-1100 МПа, твердость по Викерсу – 13-14 ГПа, трещиностойкость K1C – 10-11 МПа·м½, теплопроводность – 2-3.

Разработанная технология синтеза t-ZrO2 имеет ряд неоспоримых достоинств по сравнению с технологией импортных производителей: 1–обеспечивает гомогенное распределение исходных реагентов, что способствует получению нанопорошков с размерной однородностью и заданным химическим составом; 2 – снижает температуры синтеза и спекания нанопорошков; 3 – является достаточно простой и экономичной, не требует дорогих реагентов и может быть осуществлена на типовом оборудовании; 4–количество стадий процесса снижается до 4; 5 – низкая себестоимость получаемого продукта и возможность синтезировать порошки в больших количествах; 6 – предварительные расчеты позволяют предположить, что ориентировочная стоимость керамики на основе t-ZrO2, будет на 15 – 20% ниже стоимости материала зарубежного производства.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим руководителям: д.х.н. О.А.Шиловой и Л.В. Морозовой.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ВОЛОКОН АЛЮМИНИЕВОГО КОМПОЗИТА

Кочкина Г.В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет, г. Красноярск, Россия

e-mail: kochkina@sibsau.ru

Материал, полученный с помощью запатентованной технологии, представляет собой композит, полученный прессованием композиции, состоящей из частиц алюминия или алюминиевых деформируемых сплавов и нанопорошков (НП) высокопрочных химических соединений. Данный материал имеет структуру в виде протяженного профиля разного сечения с волокнистой структурой. В данной работе предлагается оценить материал на прочность с точки зрения пористой структуры. Механические свойства пористых металлокомпозитов тесно связаны с пористостью и размером пор, их формой и распределением.

Пористость может быть получена непосредственно по формуле:

$$P = \left(1 - \frac{M}{V\rho_s}\right) \times 100\% \qquad (3)$$

где M – масса образца, V – объем образца; ρ_s – плотность волокна, г/см^3. Для того, чтобы определить размер пор количественно, эквивалентный диаметр пор определяется как промежуток между волокнами. Измерения могут быть выполнены под оптическим микроскопом с помощью программного обеспечения Image Pro Discovery. Таким образом, распределение размеров пор определяется с помощью математической статистики измерений.

Волокна металлокомпозита являются своего рода пористыми металлами, их механические свойства сильно зависят от пористости. Из (1-2) следует:

$$\frac{E^*}{E_s} \approx \left(\frac{\rho^*}{\rho_s}\right)^2 \qquad (4)$$

$$\frac{\sigma^*}{\sigma_s} = 0{,}3\left(\frac{\rho^*}{\rho_s}\right)^{\frac{3}{2}}. \qquad (5)$$

Уравнения Гибсона-Эшби были получены из простого соотношения напряжений с учетом открытой клеточной структуры под давлением. Эти соотношения также применимы для линейной упругой стадии для большинства пористых материалов при растяжении. Для нелинейной упругой стадии установлено изменение соотношений с учетом значения деформаций и оси вращения для одноосного растяжения:

$$\frac{\sigma^*}{E_s} = 1{,}1\left(\frac{\rho^*}{\rho_s}\right)^2 \varepsilon + 3{,}74\left(\frac{\rho^*}{\rho_s}\right)^2 \varepsilon^2 + 0{,}0343\left(\frac{\rho^*}{\rho_s}\right)\varepsilon^3. \qquad (6)$$

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю проф., д.т.н. Г. Г. Крушенко.

СИНТЕЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ В ДИМЕТИЛФОРМААМИДЕ

Кузнецова В.Ю.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: vikvikk90@gmail.com

В работе синтезированы железосодержащие наночастицы при воздействии ультразвукового излучения на раствор пентакарбонила железа. Синтез наночастиц осуществлялся в N,N-диметилформаамиде и системе N,N-диметилформаамид с диоктилсульфосукцинатом натрия (ПАВ). Полученные образцы были исследованы методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгенофазового анализа (РФА) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Согласно результатам исследований ПЭМ, частицы, синтезированные без использования ПАВ агломерируют и наблюдается сильная дисперсия по размерам, среднее различие в диаметре между частицами составляет 4,3 нм; при использовании ПАВ распределение размерам более узкое: разброс по размерам частиц составляет 1,0 нм при среднем диаметре частиц 5 нм.

Были проведены исследования магнитных свойств, показано, что частицам характерно супрепарамагнитное поведение. Дифрактограммы малоинформативны: интенсивность сигналов низкая, что может быть связано с малым размером частиц и тем, что частицы являются рентгеноаморфными. Наиболее сильные рефлексы относятся к фазам оксидов железа Fe_2O_3 и Fe_3O_4. Получение аморфных наночастиц характерно для метода ультразвукового синтеза – при коллапсе кавитационных пузырьков скорость локального охлаждения раствора в месте коллапса достигает 10-9 К•с-1, и столь короткого промежутка времени не хватает для построения упорядоченной кристаллической структуры.

Были синтезированы наночастицы оксидов железа (II) и (III) методом ультразвукового разложения пентакарбонила железа. Полученные наночастицы были охарактеризованы методом ПЭМ, установлено, что средний размер наночастиц составил 5 нм. Методом РФА было показано, что полученные наночастицы состоят из оксидов железа Fe_2O_3 и Fe_3O_4. Магнитное поведение характерно для супрепарамагнитного состояния частиц.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., доц. Юркову Г.Ю.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований проект № 12-08-31317-мол_а.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО СОУДАРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузьмин Е. В.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: e.v.kuzmin@yandex.ru

При проведении экспериментов в качестве материалов исследования применяли сталь ВСт.3сп толщиной 2 мм и медь М1 толщиной 3,5 мм в состоянии после отжига. Сварку взрывом при одновременном воздействии ультразвука на неподвижную пластину производили в броневой камере Волгоградского государственного технического университета по двум схемам: с встречно-направленным и перпендикулярно-направленным распространением продольных ультразвуковых колебаний относительно направления сварки. Для сравнения полученных результатов исследования одновременно производили сварку взрывом тех же пар металлов на идентичных режимах без воздействия ультразвука.

Установлено, что при воздействии ультразвуковых колебаний как у стальных, так и медных образцов наблюдается уменьшение параметров волн и увеличение микротвердости металла околошовной зоны по сравнению с образцами, полученными без применения ультразвука. Так, при воздействии встречно-направленных продольных ультразвуковых колебаний (при такой схеме их приложения наблюдается больший эффект) параметры волнового профиля границы соединения стальных образцов уменьшились почти в 2 раза и составили в среднем $2a \approx 0{,}04$ мм, $\lambda \approx 0{,}13$ мм, в то время как контрольные образцы получили размах волны $2a \approx 0{,}10$ мм и длину волны $\lambda \approx 0{,}27$ мм.

Аналогичный эффект проявился и при сварке взрывом медных образцов с воздействием ультразвуковых колебаний. Так, на режимах «верхней границы» (при скорости соударения V_c = 407 м/с и энергии, затраченной на пластическую деформацию W_2 = 0,7 МДж/м^2): размах волны составил $2a \approx 0{,}06$ мм, длина волны $\lambda \approx 0{,}17$ мм против $2a \approx 0{,}22$ мм и $\lambda \approx 0{,}33$ мм на контрольных образцах; при сварке взрывом на режимах «нижней границы» (V_c = 255 м/с; W_2 = 0,4 МДж/м^2) разница в параметрах волн менее существенна: размах волны составил $2a \approx 0{,}05$ мм, длина волны $\lambda \approx 0{,}13$ мм против $2a \approx 0{,}12$ мм и $\lambda \approx 0{,}30$ мм на контрольных образцах.

Таким образом, полученные результаты в области обработки металлов взрывом с одновременным воздействием ультразвука являются принципиально новыми, а механизм взаимодействия ударных волн с ультразвуковыми колебаниями в соударяющихся пластинах недостаточно ясен, что требует проведения детального исследования данного процесса.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность чл.-корр. РАН, заведующему кафедрой “Оборудование и технология сварочного производства” Волгоградского государственного технического университета В. И. Лысаку и к.т.н., доценту кафедры “Оборудование и технология сварочного производства” Волгоградского государственного технического университета А. П. Пееву за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕДНЫХ КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ С ОДНОВРЕМЕННОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

Кузьмин Е. В.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: e.v.kuzmin@yandex.ru

Целью данной работы являлось исследование влияния ультразвуковых колебаний в условиях сварки взрывом на структуру и свойства получаемых соединений.

Первые результаты проведенных исследований показали, что одновременное воздействие ультразвуковых колебаний на свариваемые материалы в условиях сварки взрывом оказывает существенное влияние на структуру и свойства полученных соединений по сравнению со сваркой взрывом модельных образцов без применения ультразвука.

Фазовый рентгеноструктурный анализ показал, что соотношение интенсивностей рентгеновских отражений отличается от табличных и свидетельствует об изменении текстуры. Так у отожженной меди после ультразвуковой обработки наблюдается уменьшение физического уширения рентгеновских линий по всем характерным кристаллографическим плоскостям (111), (200), (220), (311), (222) и периода решетки с 2400 ангстрем до 526 ангстрем в сравнении с отожженной медью. При этом уровень напряжений второго рода, несмотря на предварительный отжиг, достигает 458 МПа. Изменение характеристик тонкой структуры привело к увеличению микротвердости с 1470 МПа до 1580 МПа и прочности на разрыв с 240 МПа до 284 МПа, соответственно, что удовлетворительно коррелируется с литературными данными. Однако столь значимое изменение характеристик меди после обработки ультразвуком при последующем взрывном нагружении не приводит к изменению морфологии структуры в сравнении с контрольными образцами. Следовательно, ключевое воздействие на кинетику формирования соединения оказывают именно одновременное воздействие ультразвуковых колебаний и ударных волн при сварке взрывом.

Стоит отметить, что кинетическая энергия метаемой пластины в обоих случаях была одинаковая, однако ярко выраженное изменение кинетики формирования сварных соединений указывает на то, что её диссипация после соударения происходит по разным механизмам. Кроме этого, на вышеуказанные процессы, возможно, оказывает изменение размера кристаллитов в результате предварительного ультразвукового воздействия на металл.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность чл.-корр. РАН, заведующему кафедрой “Оборудование и технология сварочного производства” Волгоградского государственного технического университета В. И. Лысаку и к.т.н., доценту кафедры “Оборудование и технология сварочного производства” Волгоградского государственного технического университета А. П. Пееву за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

ПОЛУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА, ЛЕГИРОВАННОГО ЦЕРИЕМ

Кузнецова Д.Е.
ФГУП «ИРЕА», г. Москва, Россия
e-mail: daria_kyznecova@inbox.ru

Системы освещения на основе светоизлучающих диодов (СИД) последнее десятилетие развиваются и внедряются всё увеличивающимися темпами. Источники света на основе СИД уже сравнились по эффективности энергопреобразования с компактными люминесцентными лампами (превосходя их при этом в долговечности и компактности), и их эффективность продолжает увеличиваться благодаря интенсивным исследованиям. Источники освещения белого света на основе СИД получают, комбинируя эффективный светодиод на основе InGaN, излучающий синий свет (максимум излучения в области 460-470 нм), и люминофор, преобразующий синий свет в излучение с большими длинами волн. Наибольшее применение в СИД получили люминофоры на основе алюмоиттриевого граната, легированного трехвалентным церием, $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG:Ce, АИГ:Ce) и родственных твердых растворов, преобразующие синий свет светодиода в желтый.

Для люминофора принципиально важными характеристиками являются эффективность преобразования света (яркость люминофора) и эффективность способа его получения (влияющая на стоимость конечного продукта). На настоящий момент продолжаются активные исследования, направленные на оптимизацию этих характеристик люминофора на основе АИГ:Ce.

Распространенными способами получения алюмоиттриевых гранатов являются твердофазный синтез, золь-гель технология, метод совместного осаждения. Метод соосаждения позволяет получать порошки с контролируемым размером частиц и при этом может быть масштабирован для промышленного производства. В данной работе порошки АИГ:Ce получали методом совместного осаждения из азотнокислых растворов Y^{3+}, Al^{3+}, Ce^{3+}, используя в качестве осадителей NH_4OH и NH_4HCO_3. Продукт осаждения высушивали и нагревали до 1000-1600°C для формирования фазы граната. Полученные порошки исследовали методами оптической и сканирующей электронной микроскопии, РФА, люминесцентной спектроскопии, лазерной дифракции.

Как было показано в работе, люминесцентные характеристики АИГ:Ce зависят от множества факторов (перечислены основные): увеличение размера частиц и температуры термообработки приводит к увеличению яркости фотолюминесценции; замещение иттрия в матрице $Y_3Al_5O_{12}$ на РЗЭ большого радиуса приводит к смещению максимума спектра излучения в длинноволновую область; соотношение Y/Al и концентрация Ce^{3+} имеют оптимальные значения по отношению к яркости люминофора. Размер частиц получаемых порошков, в свою очередь, определяется выбором осадителя, методикой осаждения и температурой термообработки. В результате данной работы были получены порошки АИГ:Ce с размерами частиц от 50 нм до 50 мкм и интенсивной фотолюминесценцией.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим коллегам: Г.А. Досовицкому, К.Б. Богатову, Д.В. Котову, П.А. Волкову, А.Л. Михлину, А.Е. Досовицкому.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ ПРИ НАГРЕВЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Nb-H

Куликова М.А.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия

e-mail: lspivak@psu.ru

Предложенная в 1965 году Шобером диаграмма состояния Nb-H изначально носила качественный характер м при ее построена с использованием различных методов исследования таких как измерение электросопротивления, рентгеноструктурный анализ, γ-дифрактометрия, металлография и дифференциальный термический анализ. Как правило, перечисленные методы анализа использовались только при охлаждении из области существования твердого раствора Nb-H (300 °C). Не обнаружено какой-либо информации о поведении таких сплавов при нагреве.

В настоящей работе впервые с использованием высокоразрешающей калориметрии и термогравитационного анализа исследовано поведение при нагреве некоторых сплавов системы Nb-H. Проволочные образцы ниобия отжигали при 900 °C в вакууме. Дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC) осуществлена на высокочувствительном калориметре STA 449 “Jupiter” фирмы Netzsch. Атмосфера печи – высокочистый аргон. Водород в образцы ниобия вводили с помощью термостатируемой электролитической ячейки с использованием электролита на основе 1N H_2SO_4. Анодом служила платиновая проволока, катодом – образец. Плотность катодного тока (i_c) варьировалась в диапазоне 50÷150 А/м^2. Продолжительность (t) насыщения водородом составляла 30-240 мин.

В ходе исследования обнаружены на DSC кривых две группы эндотермических пиков. Первая группа наблюдается в интервале температур 80 –150 °C и связана с переходом критической точки (тройная точка) на диаграмме состояния Nb-H. Обычно тепловой эффект такого перехода не превышает 30 Дж/г. В области существенно более высоких температур (400 – 600 °C) тепловой эффект эндотермического превращения в несколько раз превышает тепловой эффект в низкотемпературной области кривой DSC. Если при прохождении интервала температур 60-300 °C не отмечается изменение массы нагреваемого сплава, то в районе температур наблюдения высокотемпературного эндотермического процесса наблюдается заметная потеря массы нагреваемого образца. После нагрева выше температуры реализации высокотемпературного эндотермического процесса, при последующем охлаждении до комнатных температур и и последующем нагреве каких либо особенностей на кривых DSC не наблюдается. Все это позволяет связать природу высокотемпературного эндотермического пика с выходом водорода из матрицы сплава. Анализ данных дифференциальной калориметрии позволяет считать, что притекающие при высокой температуре эндотермические процессы можно интерпретировать как фазовые переходы первого рода. Структура низкотемпературных пиков имеет более сложный характер и представляет собой наложение фазовых переходов первого и второго рода.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Л.В. Спиваку, доктору физ.-мат. наук, профессору кафедры физики твердого тела Пермского государственного национального исследовательского университета

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ЛИСТОВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С

Кулицкий В.А.

Лаборатория механических свойств и наноструктурных материалов, НИУ БелГУ, г. Белгород, Россия

e-mail: kulickiy.v@mail.ru

Сварка трением с перемешиванием - относительно новый метод соединения материалов, получивший большое распространение благодаря возможности получения швов с высокими механическими характеристиками и не содержащих дефекты, характерные для традиционных методов сварки.

Целью данной работы является изучение статических свойств (предел текучести, предел прочности, относительное удлинение) сварного шва при комнатной температуре листов холоднокатаного алюминиевого сплава 1570С толщиной 2,4 мм после сварки трением с перемешиванием. После гомогенизации при 360°С в течении 8 часов сплав подвергли горячей экструзии при 380°С с обжатием ~50%. Затем из слитка вырезали пластины, которые были прокатаны при комнатной температуре со степенью обжатия ~80% таким образом, что направления экструзии и прокатки совпадали. Для сварки трением с перемешиванием холоднокатаных листов применяли инструмент с диаметром плечиков 12,5 мм, диаметром и длиной пина 4,8 и 2,2 мм, соответственно. Скорость вращения инструмента составляла 500 об/мин. Скорость сварки варьировалась от 76 до 381 мм/мин. Листы сваривали вдоль направления прокатки. Образцы для механических испытаний вырезали поперек сварного соединения. Механические свойства основного материала и сварных соединений представлены в таблице.

Таблица

Влияние параметров СТП на механические свойства сплава 1570С

Состояние	Скорость сварки, мм/мин	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	Место разрушения
Основной материал	-	440	520	5,0	-
Сварное соединение	75	265	385	6,9	ЗТВ
	230	340	410	6,0	ЗТВ
	380	340	410	7,2	ЗТВ

Механические испытания показали, что наилучшими прочностными свойствами обладают сварные швы, выполненный при скорости сварки 230 и 380 мм/мин. Коэффициент эффективности соединения данных швов составляет 0,77 и 0,79, для предела текучести и предела прочности, соответственно. Пластичность всех трех соединений практически одинакова.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Кайбышеву Р.О. и консультанту Малофееву С.С.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП НИУ «БелГУ» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт № 14.A18.21.0760.

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ НА МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ С TWIP-ЭФФЕКТОМ

Кусакин П.С.

ФГАОУ ВПО НИУ «БелГУ», г. Белгород, Россия

e-mail: Kusakin@bsu.edu.ru

Одним из наиболее перспективных материалов автомобилестроения являются стали с т.н. TWIP-эффектом (Twinning Induced Plasticity – Пластичность, Наведённая Двойникованием), т.е. основным механизмом её деформации является двойникование. Эти стали имеют высокую пластичность (до 100%) и удовлетворительный предел текучести [1].

В работе исследована эволюция микроструктуры высокомарганцевой стали Fe-23Mn-0.3C-1.5Al при холодной прокатке. Горячекатаный лист толщиной 10 мм был подвергнут холодной прокатке с обжатием от 20 до 80% (с шагом в 10% за проход). Микроструктура была исследована с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEOL JEM 2100 при ускоряющем напряжении в 200 кВ. Образцы для ПЭМ были вырезаны вдоль направления прокатки поперёк плоскости листа.

Было установлено, что зависимость плотности образовавшихся деформационных двойников (количество двойников на см^2) от степени деформации имеет нелинейный характер и достигает максимума при 60% обжатия (ρ_{tw} ~ 2,5x10^{-6} см$^{-2}$) (Рис. 1).

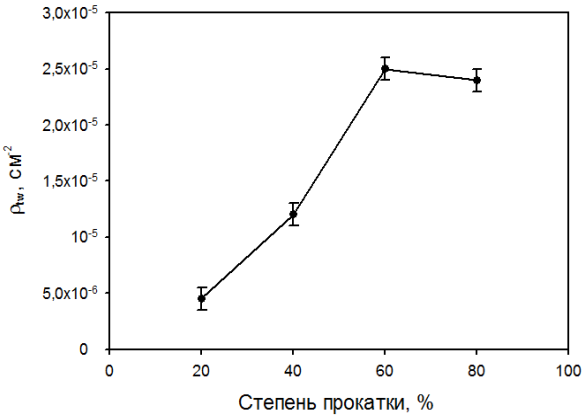


Рис. 1. Зависимость плотности двойников стали от степени деформации при прокатке.

Средняя толщина деформационных двойников составляет ~20 нм и в процессе прокатки не изменяется.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н. Кайбышеву Рустаму Оскаровичу.

Литература

1. B. C. De Cooman – High Mn TWIP Steels for Automotive Applications (Edited by Marcello Chiaberge)// Vehicle Engineering, 2011, 28 p.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Развитие научного потенциала высшей школы" на 2012-2014гг (грант № 7.3252.2011)

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ КАРБИДОВ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОДЛОЖКИ ИЗ ИОННЫХ РАСПЛАВОВ

Кучмезова Ф.Ю.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

e-mail: fatima.kuchmezova.86@mail.ru

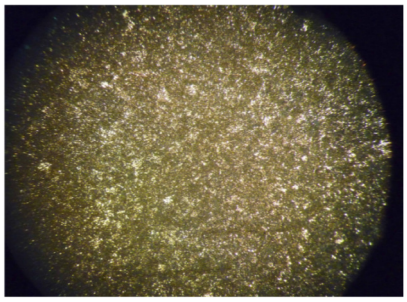
Известно, что нанесение тугоплавких металлов и их карбидов на металлические и неметаллические поверхности резко увеличивает стойкость материалов и изделий к износу и коррозии.

Целью данной работы является электрохимическое получение покрытий карбидов тугоплавких металлов на металлические подложки из ионных расплавов.

Механизм совместного электровосстановления ионов молибдена, вольфрама и углерода, а также электрохимического синтеза карбидов вольфрама и молибдена исследовали с помощью комплекса современных электрохимических методов исследования и анализа, полученных продуктов электролиза: потенциостатический и гальваностатический электролиз, рентгенофазовый метод изучения фазового состава продуктов электролиза, рентгенофлюоресцентный элементный анализ.

Исходя из закономерностей электроосаждения молибдена, вольфрама и углерода из различных расплавов, термодинамического анализа напряжений разложения молибденсодержащих (вольфрамсодержащих) кислородных соединений и карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов был выбран оксидный вольфрамат-молибдат-карбонатный расплав.

Процесс нанесения покрытий карбида вольфрама и молибдена включает в себя соосаждение вольфрама, молибдена и углерода, при совместном восстановлении соответствующих ионов и взаимодействие элементов на катоде с образованием карбида молибдена (вольфрама) (Mo_2C, W_2C) в виде сплошного осадка. Проведение процесса не требует защитной атмосферы. Методами рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализа установлен фазовый и элементный состав получаемых покрытий.



Снимок образца покрытий карбида вольфрама и молибдена на медной подложке, выполненный на оптическом микроскопе с увеличением 200 раз

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф. Кушхову Х.Б. и консультанту ст. преподавателю Адамоковой М.Н. за помощь в выполнении работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации с использованием оборудования ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов».

ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ВИСМУТА И СУРЬМЫ ИЗ СМЕСИ МИКРО- И НАНОПОРОШКОВ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ

Лаврентьев М.Г.

ОАО «Гиредмет» ГНЦ РФ, г. Москва, Россия

e-mail: lavrentev.mihail@gmail.com

Традиционно, начиная с 50-х годов прошлого столетия, получение термоэлектрических материалов (ТЭМ) осуществлялось преимущественно методами кристаллизации из расплава. Вместе с тем весьма технологичен и перспективен метод горячей экструзии, который позволяет получать стержни термоэлектрического материала нужной конфигурации с достаточно высокими механическими и термоэлектрическими свойствами [1].

Технологический процесс экструзии включает в себя достаточно много последовательных операций: синтез твердых растворов заданного состава, измельчение и рассеивание порошка микронных размеров, приготовление брикета методом холодного прессования порошка, отжиг брикета, собственно процесс горячей экструзии, отжиг экструдированных стержней. Одним из факторов, ухудшающих термоэлектрические свойства ТЭМ, является взаимодействие материала с кислородом, т.е. окисление. Поэтому все операции с порошками проводили в инертной среде.

В данной работе исследовано получение экструдированных материалов из смеси микро- и нанопорошков. В настоящей работе порошки твердого раствора $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ *p*-типа получали механоактивационной обработкой исходного синтезированного материала в планетарной шаровой мельнице. Были получены смеси порошков «микро-нано» следующего гранулометрического состава:

1) 90 вес. % «микро» – 10 вес. % «нано»;
2) 80 вес. % «микро» – 20 вес. % «нано»;
3) 70 вес. % «микро» – 30 вес. % «нано»;

С помощью металлографических и рентгенодифрактометрических методов проведено исследование структуры экструдированного стержня твердого раствора $Bi_xSb_{2-x}Te_3$. Выявлены основные закономерности формирования структуры экструдированного материала [2].

На экструдированных образцах были проведены измерения термоэлектрических свойств методом Хармана.

Результаты исследований показали, что термоэлектрическая эффективность ТЭМ *p*-типа при комнатной температуре составляет $Z = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ K^{-1}. Механическая прочность при комнатной температуре составляет не менее 150 МПа. Таким образом, экструдированный материал, полученный из смеси микро- и нанопорошков, соответствует современному мировому уровню.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю Освенскому В.Б., сотрудникам ОАО «Гиредмет» ГНЦ РФ Воронову М.В. и Трофимову Ю.С., а также сотрудникам НИТУ «МИСиС» Бублику В.Т. и Табачковой Н.Ю. за помощь при выполнении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сабо Е.П. // Термоэлектричество. 2005. № 3. С. 52-68.
2. Лаврентьев М.Г., Освенский В.Б., Меженный М.В и др. // Термоэлектричество. 2012. № 4. С. 36-42.

(EXCEL+ACAD)-ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ T-X-У-Z ДИАГРАММ

Ламуева М.В.

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

С помощью графического пакета AutoCAD и табличного процессора Excel воспроизведена ручная графика Д.А. Петрова для аддитивного контура гиперповерхностей диаграммы состояния системы A-B-C-D с шестью эвтектическими разрывами растворимости. Для этого после автоматического пересчета в Excel барицентрических координат точек в декартовы, обращаемся к программе AutoCAD и с помощью команды *Line* восстанавливаем z-проекции основных линий диаграммы. Возможности графического редактора позволяют просматривать созданную трехмерную модель, не только в основной проекции как у Д.А.Петрова, но и с различных точек зрения (рис.1).

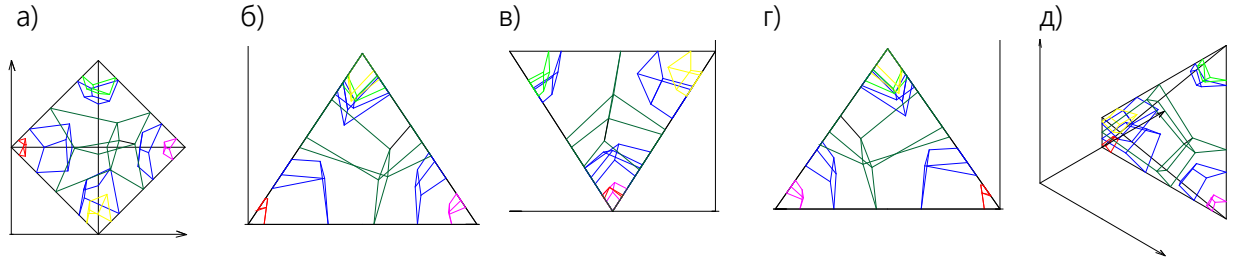


Рис. 1. Представление z-проекций базовых поверхностей фазовой диаграммы четверной системы с шестью эвтектиками средствами AutoCAD с разных точек зрения: сверху (а), вид спереди (б), вид слева (в), ЮЗ-изометрия (г), СВ-изометрия (д)

Для построения изотермических сечений в Excel создаем таблицу (рис.2), для нахождения изотермических точек всех линий в столбцах G, H, I вводим формулы:

$$x_3 = x_1 + (T_A - T_{IZ}) \cdot \frac{x_2 - x_1}{T_A - T_B};\ y_3 = y_1 + (T_A - T_{IZ}) \cdot \frac{y_2 - y_1}{T_A - T_B};\ z_3 = z_1 + (T_A - T_{IZ}) \cdot \frac{z_2 - z_1}{T_A - T_B}\ .$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Температура изотермического сечения =					800				
2	№	начало линии		конец линии		изотерм. точка	декартовы координаты изотерм. точки			пересекает ли изот. сечение линию
3		номер точки	темпе-ратура	номер точки	темпе-ратура		x	y	z	
4	1	1	1000	5	650	A-Eab	34,29	84,29	48,49	да
5	2	1	1000	6	450	A-Eac	60,91	89,09	55,28	да
6	3	1	1000	7	560	A-Ead	50,00	75,45	70,71	да
7	4	2	800	5	650	B-Eab	0,00	50,00	0,00	да
8	5	2	800	8	450	B-Ebc	0,00	50,00	0,00	да
9	6	2	800	9	590	B-Ebd	0,00	50,00	0,00	да
10	7	3	600	6	450	C-Eac	126,67	23,33	-37,71	нет
11	8	3	600	8	450	C-Ebc	160,00	50,00	0,00	нет
12	9	3	600	10	440	C-Ecd	130,00	80,00	-42,43	нет
13	10	4	700	7	560	D-Ead	50,00	-32,86	70,71	нет
14	11	4	700	9	590	D-Ebd	72,27	-22,27	102,21	нет
15	12	4	700	10	440	D-Ecd	40,00	-10,00	84,85	нет
16	13	5	650	11	410,4	Eab-Eabc	-1,60	77,82	39,34	нет
17	14	5	650	12	528,7	Eab-Eabd	5,19	100,94	7,34	нет

Рис. 2. Применение Excel для построения изотермического сечения

С помощью графического пакета AutoCAD используя Excel-расчет можно построить любые изотермические сечения. Высокая скорость и простота создания рисунка позволяет существенно сократить время, по сравнению с черчением вручную.

Таким образом, разработанная (Excel+AutoCAD) - технология позволяет исследовать различные фазовые диаграммы четырехкомпонентных систем.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.х.н., профессору Луцыку В.И.

ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ В ТОЧНОМ СТАЛЬНОМ ЛИТЬЕ

Леушина Л.И.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: lubotschka@yandex.ru

Литье по выплавляемым моделям (точное литье) применяется для получения литых заготовок деталей машин самой высокой сложности. Одним из главных преимуществ литья по выплавляемым моделям является высокая точность геометрии получаемых отливок, позволяющая минимизировать затраты на их последующую механическую обработку до получения готовых деталей. Однако существует ряд недостатков, препятствующих широкому распространению перспективному виду литья. К числу недостатков можно отнести: высокие трудо-, материало- и энергоемкость технологических операций и переходов, длительность производственного цикла изготовления отливок и необходимость серьёзной подготовки производства. Технология стального литья по выплавляемым моделям включает следующие стадии: изготовление многослойных оболочковых форм (включая послойное нанесение на блок выплавляемых моделей огнеупорной суспензии, обсыпку зернистым материалом, вытопку моделей, сушку и прокаливание), плавку стали и заливку её в форму, охлаждение формы, финишные операции (включая отбивку керамики с блоков, отрезку отливок от стояка, очистку поверхности отливок, предварительную термическую обработку) и передачу отливок на технический контроль. В качестве предварительной термообработки стальных отливок традиционно используется нормализация, позволяющая устранить крупнозернистость структуры, получаемую в литье.

Автором предлагается использовать термостатирование оболочковых форм: на время заливки и охлаждения оболочковую форму помещать в тонкостенный кожух, внутренняя поверхность которого представляет собой экран-отражатель, эквидистантно охватывающий форму. После заливки формы, помещенной в такое термостатирующее устройство, происходит формирование и охлаждение отливок. При этом большая часть тепла отводится от залитой формы излучением, но не теряется безвозвратно, рассеиваясь в атмосфере цеха, а частично отражается стенкой термостатирующего устройства и направляется обратно к форме. Образующийся таким образом отраженный тепловой поток замедляет охлаждение формы и способствует выравниванию распределения температур в теле отливок.

Эксперименты в условиях производства показали, что в случае применения термостатирующего устройства может быть получена мелкозернистая структура литых заготовок. На наш взгляд, данный факт можно объяснить снижением скорости роста зародышей при одинаковых начальных условиях (равенство числа зародышей в стальном расплаве для вариантов использования термостатирующего устройства и без него), что в полной мере соответствует основным положениям теорий кристаллизации и литейных процессов. Термостатирование оболочковых форм позволяет полностью отказаться от предварительной термической обработки, исключив затраты на неё, без ущерба для качества получаемых стальных отливок.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.т.н., проф. Ульянову В.А.

ОБ ОТРИЦАТЕЛЬНОМ СРЕДНЕМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ПУАССОНА. АУКСЕТИКИ В СРЕДНЕМ

Лисовенко Д.С.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва, Россия

e-mail: lisovenk@ipmnet.ru

Анизотропия свойств различных кристаллов опирается на разнообразие их зависимостей от ориентации кристаллических образцов относительно кристаллографической системы координат. При параметризации этой ориентации тремя углами Эйлера, в случае одноосной деформации растяжения кристалла наиболее простой оказывается зависимость от угла ψ, описывающая поворот кристалла в поперечной по отношению к направлению растяжения плоскости. Общая структура угловых зависимостей отношения коэффициента Пуассона $\nu(\varphi,\theta,\psi)$ к модулю Юнга $E(\varphi,\theta)$ имеет вид

$$-\frac{\nu}{E} = A(\varphi,\theta)\cos^2\psi + B(\varphi,\theta)\cos^2\psi + D(\varphi,\theta)\cos\psi\sin\psi$$

$$A = -\nu/E\big|_{\psi=0}, \qquad B = -\nu/E_{\psi=\pi/2}, \qquad D + A + B = -\nu/E\big|_{\psi=\pi/4}.$$

Кристаллы будут являться полными ауксетиками (кристаллами с отрицательным коэффициентом Пуассона) если $A+B-R>0$ или $4AB>D^2$ при $A>0$, $B>0$, где $R=\sqrt{(A-B)^2+D^2}$. Для неауксетиков (кристаллов с положительным коэффициентом Пуассона) аналогичные условия имеют вид $A+B+R<0$ или $4AB>D^2$ при $A<0$, $B<0$. Эти условия представляют собой необходимые и достаточные условия. Для частичных ауксетиков характерна смена знака коэффициента Пуассона при различных ориентациях. Следовательно, с учетом границы ауксетичности $\nu=0$ необходимое и достаточное условие будет иметь вид $-R \le A+B \le R$.

Аналогичный анализ можно провести для среднего по поперечным направлениям коэффициента Пуассона. Кристаллы будут полными ауксетиками в среднем по поперечным направлениям при $A+B>0$. Для неауксетиков в среднем имеет место обратное неравенство $A+B<0$. Для частичных ауксетиков в среднем характерно условие $A+B=0$. Представленные выше условия являются необходимыми и достаточными.

С помощью анализа экспериментальных данных удается выявить 11 ауксетиков при полном осреднении, у которых обнаруживается отрицательный средний коэффициент Пуассона. Это три тетрагональных кристалла ($(K_{1/6}Na_{1/6}Sr_{1/2}Ba_{1/6})Nb_2O_6$, $FeGe_2$, RbH_2AsO_4) и восемь кубических кристаллов (Ba, $Sm_{0.7}Y_{0.3}S$, $Sm_{0.75}Y_{0.25}S$, $Sm_{0.75}La_{0.25}S$, $Sm_{0.65}La_{0.35}S$, $Sm_{0.75}Tm_{0.25}S$, $Tm_{0.99}Se$, TmSe). Среди этих кристаллов имеется пять кристаллов, которые являются частичным ауксетиками, но после осреднения по всем трем углам становятся ауксетиками. К этим кристаллам относятся $(K_{1/6}Na_{1/6}Sr_{1/2}Ba_{1/6})Nb_2O_6$, $FeGe_2$, RbH_2AsO_4, $Tm_{0.99}Se$ и TmSe.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям член-корр. РАН Р.В. Гольдштейну и проф. В.А. Городцову.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 25 и МК-565.2012.1.

УПРУГИЕ СВОЙСТВА И ДИНАМИКА РЕШЕТКИ ГПУ РУТЕНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Луговской А.В.

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»,
г. Москва, Россия
e-mail: andrey.lugovskoy@gmail.com

Исследуется возможность деформационного фазового перехода под давлением в рутении. Эти переходы обусловлены длинноволновой неустойчивостью кристаллической решетки и характеризуются понижением симметрии при увеличении сжатия. Анализ проводится в рамках теории Ландау и нелинейной теории упругости. С этой целью дано определение эффективных упругих постоянных n-ого порядка (n≥2), характеризующих упругие свойства нагруженного кристалла. Получены соотношения между эффективными упругими постоянными второго и третьего порядка и соответствующими постоянными типа Браггера для ГПУ кристалла при давлении P. Условия устойчивости ГПУ решетки при давлении P к однородным сдвиговым деформациям выражены через эффективные постоянные второго порядка. Дана методика расчета эффективных упругих постоянных ГПУ кристалла при гидростатическом давлении. В рамках теории функционала электронной плотности (реализация с помощью пакета VASP) рассчитаны уравнение состояния и упругие постоянные 2 и 3 порядка в интервале давлений 0 – 800 ГПа. В этом же интервале давлений с помощью метода возмущённого функционала плотности (пакет Quantum ESPRESSO) найдены законы дисперсии фононов в высокосимметричных направлениях в ГПУ Ru. При атмосферном давлении результаты расчета хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными. С помощью полученных результатов проведен анализ механической и динамической устойчивости ГПУ решетки Ru под давлением. Показано, что в исследованном интервале давлений эффективные сдвиговые упругие постоянные ГПУ Ru монотонно возрастают (т.е. смягчения постоянных не наблюдается, и условия устойчивости выполняются в интервале 0 – 800 ГПа). На кривых дисперсии фононов отсутствуют характерное для такого рода переходов смягчение фононных частот вблизи центра зоны Бриллюэна.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководитиелю проф, д.ф.-м.н Векилову Ю. Х. и с.н.с., д.ф.-м.н. Красильникову О. М., а так же участнику проекта к.ф.-м.н Белову М. П..

Исследования выполнено в рамках проекта, поддержанного грантом Российского Фонда фундаментальных исследований № 10-02-00156-а и Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.A18.21.0893.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКОМПОЗИЦИИ СИСТЕМЫ Al – C – N – O, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВА ПРОВОДНИКА

Лужкова И.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского Отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: key703@yandex.ru

Методом электровзрыва алюминиевой проволоки диаметром 0,44 мм в атмосфере азота с пропусканием бутана были получены композиции системы Al – C – N – O в нанокристаллическом состоянии, которые исследовались методами рентгенофазового анализа (Shimadzu XRD – 7000, Япония) и просвечивающей микроскопии высокого разрешения (JEOL JSM – 2100, Япония).

В ходе исследований было показано, что с точки зрения рентгенографии электровзрывные порошки представляют собой гетерогенную смесь, в которой присутствуют: металлический алюминий, нитрид (AlN, пр.гр. *P63mmc*), карбонитриды ($Al_7C_3N_3$, пр.гр. *P63mmc*; $Al_6C_3N_2$, пр.гр. *R3m*; Al_5C_3N, пр.гр. *P63mc*; $Al_7C_3N_3$, пр.гр. *Cmc21*), оксикарбонитриды (Al_4CN_3O, пр.гр. *Cmc21*) и оксид алюминия в виде поверхностной пленки.

Методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМВР) изучена морфология электровзрывных порошков. Наночастицы имеют форму от сферической до сложной ограненной, склонные к агломерации. Особое внимание следует обратить на частицы нанопорошка в виде вискеров, обладающих ярко-выраженной огранкой, подтвержденной с помощью Фурье-анализа изображений (Рис.1 б1). Фазовый состав нанопорошков дополнительно подтвердился ПЭМВР.

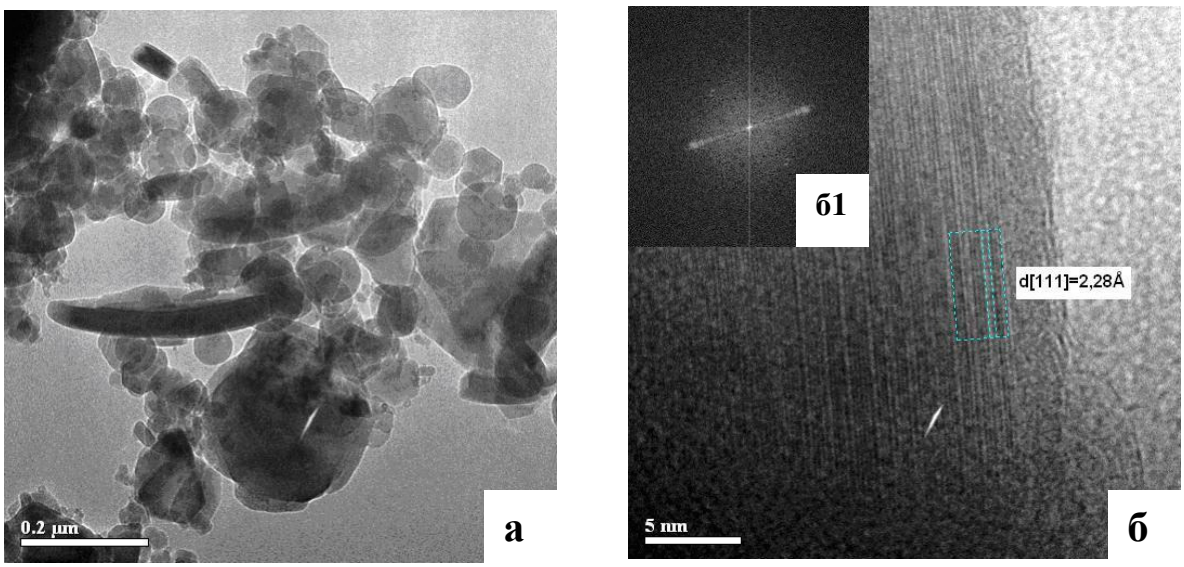


Рис. 1 ПЭМ-изображения электровзрывного нанопорошка системы Al – C – N – O: а – общий вид наночастиц; б – наночастица в виде вискера с межплоскостным расстоянием 2,28 Å, соответствующим плоскости [111] AlN (пр. гр. *Fm3m)*; б – Фурье – анализ огранки вискера.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.х.н. Ермакову А.Н., д.х.н. Зайнулину Ю.Г., Григорову И.Г., Багазееву А.В., к.ф.-м.н. Мурзакаеву за помощь в выполнении эксперимента и обработке его результатов.

ВЫБОР РЕЖИМА АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛИ 04Х13Н4МС

Лукьянов В.В.
ФГБОУ Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия
e-mail: lukianovv@bk.ru

Наиболее простым способом получения полых конструкций является сварка изделия из нескольких более простых по форме элементов – спинка, корыто, входная и выходная кромки. Самым качественным и приемлемым видом сварки является аргонодуговая сварка. Благодаря защитной атмосфере аргона она обеспечивает хорошее качество и формирование сварных швов, так же позволяет точно поддерживать глубину проплавления металла, что очень важно при одностороннем доступе к поверхности изделия.

Для получения качественного сварного соединения необходима отработка режимов сварки. Сварной шов является самым слабым местом в подобных конструкциях, и правильно подобранный режим сварки обеспечивает оптимальные свойства сварного соединения.

В связи, с чем целью настоящей работы является поиск оптимальных режимов аргонно-дуговой сварки стали 04Х13Н4МС для технологии изготовления полой лопатки паровой турбины АЭС.

На всех образцах сварка корневого шва происходила при одном постоянном токе. При неизменном угле разделки кромок было четыре различных режима сварки для провара основного шва. Это два тока в постоянном режиме и два тока в импульсном режиме. Угол разделки кромок был выбран: 60°, 70°, 80°, 90°.

В результате выполнения работы было установлено:

1. Увеличение силы тока и применение постоянного режима тока вместо импульсного режима вызывает увеличение тепловложения, что в свою очередь вызывает рост среднего размера зерна ЗТВ и размеров дендритной колонии литой зоны. Это происходит потому, что с увеличением температуры скорость роста зерен начинает преобладать над скоростью появления зародышей.

2. Было замечено, что при малых тепловложениях в сварном шве образуются дефекты, такие как несплавления и непровары. Это вызвано недостаточным прогревом материала и следовательно не полным расплавлением металла в сварочной ванне, что негативно сказывается на свойствах сварного соединения в целом.

3. Оптимальным режимом сварки являются режимы, на которых наблюдалось малое количество дефектов. В частности это режим постоянного тока, минусами которого являются большие тепловложения в сварное соединение, но исправимые при окончательной ТО, в отличие от дефектов макроструктуры, исправить которые практически невозможно. Для исключения перегрева сварного соединения лучше использовать малые токи и малые углы разделок кромок.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору, д.т.н. Смыслову Анатолию Михайловичу., доценту, к.т.н. Бердину Валерию Кузьмичу.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОЙ АВИАЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ И СВОБОДНОГО СПЕКАНИЯ

Лукьянова О.А

«Центр конструкционной керамики и инженерного прототипирования» Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

e-mail: sokos100@mail.ru

На данный момент в порошковой металлургии значительный интерес представляет исследование керамики на основе нитрида кремния. Широкий спектр областей применения данного материала объясняется удачным сочетанием физических и эксплуатационных свойств. А именно, керамика на основе нитрида кремния качественно отличается от других видов технической керамики, прежде всего, высокой прочностью и твердостью, низким коэффициентом термического расширения, высокой теплопроводностью, термостабильностью, стойкостью к воздействию окислительных сред а также кислот и расплавов. Нитридо-кремниевая керамика широко используется в таких областях как двигателестроение, атомная и химическая промышленность, авиакосмическая промышленность, металлургия и машиностроение [1].

В данной работе для приготовления шихты использовались субмикронные и наноразмерные порошки Si_3N_4, Al_2O_3 и Y_2O_3 (суммарное массовое содержание добавок Al_2O_3+Y_2O_3 не превышало 15 %). Перемешивание порошков осуществлялось с помощью дисковой мельницы Retsch RS-200. Компактирование осуществлялось методом холодного изостатического прессования в эластичных силиконовых пресс-формах с помощью пресса производства фирмы EPSI. Прессование производилось при давлении 200 МПа. Спекание проводилось по особому режиму в среде азота при температуре 1650°С в высокотемпературной печи Nabertherm. Механические испытания проводились с использованием испытательной машины фирмы Instron. Микротвердость по Виккерсу измерялась с помощью прибора Instron 402MVD.

На основании приведенной технологии был получен плотный беспористый керамический материал с повышенными механическими свойствами, в частности, с пределом прочности не ниже 1500 МПа, микротвердостью не ниже 1313 HV и ударной вязкостью 3,24 КДж/м^2.Плотность полученного изделия составляла 94 % от теоретической плотности.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, директору Центра конструкционной керамики и инженерного прототипирования, кандидату физ.-мат. наук Сироте Вячеславу Викторовичу.

Литература

1. Р.А. Андриевский, Нитрид кремния-синтез и свойства, Успехи химии 64 (4) 1995.

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА КАК ДОБАВКИ ПРИ ПОЛИОЛЬНОМ СИНТЕЗЕ НА РАЗМЕРЫ ФОРМИРУЮЩИХСЯ НАНОСТЕРЖНЕЙ ГЛИКОЛЯТОВ ТИТАНА

Лучинина М.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

e-mail: lychinina.n@gmail.com

Управление формой и структурными характеристиками наночастиц является актуальным направлением современной химии. Изменение формы и структуры наночастиц приводит к интересным эффектам в диэлектрических фотофизических магнитных характеристиках материалов. Наностержни диоксида титана обладают высокой фотокаталитической активностью и могут быть использованы при проведении экологического катализа. В данной работе изучены особенности золь-гель синтеза наностержней диоксида титана с использованием полиольного метода. Особенностью синтеза являлось его проведение в присутствии поливинилпирролидона с различными молекулярными массами 10000, 55000 и 13000000. Установлено, что рост молекулярной массы вводимого в систему поливинилпирролидона приводит к закономерным изменениям в длине и толщине формируемых наностержней. При этом с ростом молекулярной массы ПВП длина наностержней увеличивается, а диаметр уменьшается. Приведены результаты исследования размеров и форм наночастиц методами оптической и электронной микроскопии, а также результаты ренгтенофазового анализа, ИК спектроскопии, термического анализа полученных структур.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю Агафонову А.В. (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКИСЛЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА.

Лысов Д.В.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: lysovdv@gmail.com

В настоящее время получение и использование наноматериалов находит все большее применение в различных отраслях промышленности. При использовании наноматериалов необходимо учитывать их специфические свойства для безопасного хранения, перевозки и внедрения.

В связи с этим целью данного исследования является изучение условий получения нанопорошков никеля и кобальта на процессы их окисления.

В работе были исследованы нанопорошки никеля и кобальта, полученные методом химического диспергировании с последующем восстановлении в печи в токе водорода. Исходными материалами служили водные растворы нитрата кобальта (II) и никеля и гидроксида натрия. После осаждения и отмывки, образцы высушивали в сушильном шкафу. Далее, полученные образцы восстанавливали в токе водорода при температурах 200, 300, 400 °С.

Изучение свойств образцов проводили методами рентгеновской дифракции, низкотемпературной адсорбции азота, электронной микроскопии, термогравиметрическими исследованиями.

В ходе работы была изучена кинетика окисления нанопорошков на воздухе при нормальных условиях, т.е. временная стабильность. Были произведены расчеты толщины оксидной пленки на поверхности нанопорошков, которая образуется в процессе их пассивации. Также полученные материалы были исследованы на пирофорность и склонность к самовозгоранию, было произведено измерение скорости распространение пламени по ГОСТ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, к.т.н. Дзидзигури Элле Леонтьевне.

ФЕРРОМАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ КРЕМНИЯ С МАГНИТНЫМИ КЛАСТЕРАМИ АТОМОВ МАРГАНЦА

Мавлонов Г.Х.

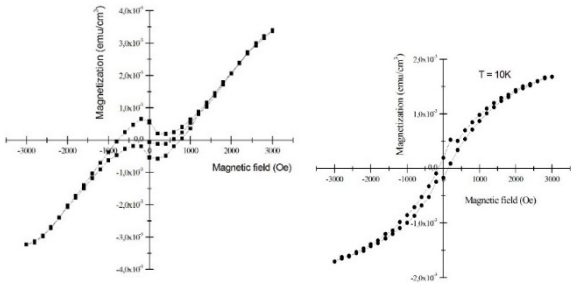
Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан.

e-mail: mavlonov_g@mail.ru

В данной работе приводятся результаты исследования кремния с магнитными кластерами атомов марганца (Mn_4). В образцах, при комнатной температуре наблюдается достаточно высокое отрицательное магнетосопротивление (ОМС) значение которого достигает $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho} \sim 100\ \%\right)$.

Интересные явления были обнаружены при исследовании намагниченности таких образцов в области низких температур. Намагниченность образцов исследовалась на установке СКВИД – магнетометр. Результаты исследования зависимости намагниченности от магнитного поля в образцах кремния с различной концентрацией нанокластеров атомов марганца представлены на рис.1. при температуре *T*=10 K. Как видно из рисунка в области низких температур (*T*<40 K) в образцах, где наблюдается максимальное значение ОМС при *T*=300 K, в зависимости намагниченности от магнитного поля имеется гистерезисный характер, свидетельствующий о ферромагнитном состоянии кремния с нанокластерами (рис.1, а). С уменьшением концентрации кластеров гистерезисный характер зависимости намагниченности от магнитного поля *H* ослабляется (рис.1, б.). Однако в образцах кремния в которых атомы марганца не образуют кластеры не были обнаружены такие явления. Установлено, что ферромагнитное состояние кремния с нанокластерами атомов марганца с ростом температуры ослабляется, а при *T*~40÷50 K практически исчезает.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты показывают, что формирование магнитных нанокластеров атомов марганца существенно влияет на магнитные свойства кремния. Управляя концентрацией таких кластеров в области *T*=230÷330 K можно обнаружить аномально высокое ОМС. А в области низких температур T<40 K кремний с магнитными нанокластерами переходит в новое фазовые состояние, т.е. в ферромагнитное состояние.



а) б)

Рис 1. Зависимость намагниченности кремния с нанокластерами атомов марганца от магнитного поля (гистерезис) *T*=10 *K*.

Эти данные позволяют использовать кремний с нанокластерами атомов марганца для создания принципиально новых магнитных приборов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору М.К. Бахадырханову за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

ПРИМЕНЕНИЕ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАГНИТОМЯГКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ

Мазеева А.К.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: victorm@crism.ru

Реальное повышение интенсивности вторичных магнитных полей негативно сказывается на работе электронных и электротехнических средств, на жизнедеятельности биологических объектов, в том числе человека. Поэтому всё более актуальной становится задача создания систем электромагнитной защиты, работающих в диапазоне от постоянных магнитных полей до электромагнитных полей сверхвысоких частот. Традиционные кристаллические материалы уже не удовлетворяют требованиям современной техники в данной области. Наиболее перспективными, благодаря своим аномально высоким магнитным свойствам, являются аморфные и нанокристаллические сплавы на основе кобальта и железа. Учитывая актуальность проблемы, на базе ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» создан специализированный участок по изготовлению композиционных экранирующих материалов на основе кобальтовых и железных магнитомягких нанокристаллических сплавов. В институте реализуются два основных направления создания подобных материалов: создание магнитных экранов на основе аморфных и нанокристаллических лент сплавов АМАГ-172 (на основе кобальта) и АМАГ-200 (на основе железа), а также создание электромагнитных экранов на основе получаемых порошковых материалов из исходных лент.

Разрабатываемые магнитные экраны позволяют экранировать слабые постоянные магнитные поля и поля промышленной частоты. Совместно с ФГУ им. В.А.Алмазова проводятся исследования влияния напряжённости, частоты и времени воздействия магнитного поля на живые организмы, и выявлено негативное влияние длительного воздействии полей различной напряжённости на живые организмы.

Для создания радиоэкранирующих композиционных материалов используется порошок, полученный из исходных аморфных и нанокристаллических лент методом дезинтеграторного размола. Универсальная ударно-дезинтеграторно-активаторная (УДА) обработка позволяет получать порошок требуемой фракции с сохранением исходной аморфной или нанокристаллической структуры материала. Созданные металл-полимерные композиты с применением полученных порошков, позволяют экранировать высокочастотные поля в диапазоне от 100 МГц до 10 ГГц с эффективностью не хуже -10 дБ.

Указанные разработки нашли реальное практическое применение в элементах систем управления, связи, в кабельной промышленности, в прецизионных навигационных комплексах, а также для решения медицинских проблем.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.т.н., доценту Фармаковскому Б.В.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК Al_2O_3 НА СВОЙСТВА КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2

Макарова Е.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: katimak59@gmail.com

Керамика на основе диоксида циркония обладает уникальным сочетанием свойств – высокой прочностью, вязкостью разрушения, химической устойчивостью. Отсутствие реакций с живым организмом позволяет применять биоинертную керамику на основе ZrO_2 в парах трения искусственных суставов и в зубном протезировании. Основой материалов с мелкозернистой структурой и высокими прочностными характеристиками является 3Y–TZP (тетрагональный поликристаллический диоксид циркония, стабилизированный 3 мол. % оксида иттрия).

Керамические имплантаты на основе 3Y–TZP устойчивы к медленному росту трещин. Но в последнее время отказываются от использования данного состава из-за присутствия эффекта «старения» – деградации поверхности и свойств керамики в процессе работы в контакте с тканями организма. «Старение» является следствием фазового перехода диоксида циркония из тетрагональной модификации в моноклинную, локализованного, как правило, на поверхности керамики. Это явление сопровождается увеличением объема материала и возникновением микротрещин на его поверхности, что, в свою очередь, приводит к ухудшению механических свойств. Известно, что устойчивость 3Y–TZP к низкотемпературному «старению» во влажной среде улучшают добавки CeO_2. Частичное замещение оксида церия оксидом иттрия в Ce–TZP приводит к уменьшению размера зерен керамики, повышает термодинамическую стабильность. Аналогичный эффект некоторые исследователи отмечают и при введении оксида алюминия.

В качестве объектов исследования использовали образцы материалов с составом ZrO_2–$2Y_2O_3$–$4CeO_2$ с добавлением 1 и 3 масс. % оксида алюминия. Порошки для изготовления образцов получали осаждением аммиаком из свежеприготовленных водно-спиртовых растворов оксихлорида циркония и соответствующих солей. Проведены исследования деструкции коагулятов методом дифференциально-термического анализа. Установлено влияние добавки оксида алюминия на смещение положения пика экзотермического эффекта (440→550 ^{0}C).

Методом рамановской спектроскопии определен фазовый состав получившихся порошков. Изучены и оптимизированы процессы компактирования методом полусухого прессования. Показано влияние введения оксида алюминия на спекаемость композиций. Подготовлены образцы и проведены исследования изменения структуры материалов при введении малых добавок оксида алюминия. Установлены зависимости физико-механических характеристик и деградации поверхности от содержания оксида алюминия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доценту кафедры Порошковое материаловедение и наноматериалы, к.т.н. Кульметьевой Валентине Борисовне за постановку задачи и помощь в проведении исследований, доценту кафедры Порошковое материаловедение и наноматериалы, к.т.н. Сметкину Андрею Алексеевичу за помощь в проведении исследований микроструктуры материалов.

СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВАКУУМНЫХ КОНДЕНСАТОВ ТВЁРДОГО РАСТВОРА PdInRu

Максименко А.А.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

e-mail: rnileme@mail.ru

Использование вакуумных технологий для получения тонкой фольги сплавов на основе Pd используемой при глубокой очистки водорода – один из возможных путей повышения их производительности.

Цель работы - установление закономерностей изменения субструктуры и морфологии поверхности от толщины, скорости конденсации и температуры подложки вакуумных конденсатов (ВК) сплава Pd-In-Ru.

ВК толщиной 0,1...6 мкм получены методом магнетронного распыления (рабочий газ аргон 1·10-1 Па) сплавной мишени Pd 93.5%In6%Ru0.5% и последующей конденсации на поверхности пластин окисленного кремния (SiO_2/Si) и фторфлогопита (ФФ) при температуре подложки (Тп) 300 и 700К. Скорость конденсации (ωк) составляла 0,5, 1 и 2 нм/с. Пленки исследовали методами ПЭМ (ЭМ-125), ДБЭ (ЭГ-100М), АСМ (Solver P47) и РД (ДРОН-4).

Анализ электронограмм показал, что ВК сплава Pd-In-Ru однофазные. Фазовый состав соответствует ГЦК фазе твердого раствора Pd-In-Ru с параметром решетки а = 0,389± 0.001нм близким к параметру решетки Pd, что указывает на незначительное содежание Ru и In в объеме зерен твердого раствора (менее 1%). Фазовый состав ВК соответствует составу мишени, при этом несколько меньшее значение параметра кристаллической решетки сплава в ВК может свидетельствовать об ограниченной растворимости In при низкой температуре. Структура тонких (0,1мкм) ВК нанокристаллическая. В тонких ВК характерно ослабление текстуры <111> и незначительное увеличение размера ОКР с увеличением температуры подложки.

Темнопольный анализ показал, что в тонких ВК кристаллиты состоят из нанозерен и блоков субзерен. Размер зерен и блоков ВК Pd-In-Ru, полученных при увеличении ωк, от 0,48 до 2нм/с увеличивается в среднем в 2 раза (от 5-10 до 10 – 20нм для ТП=300К, подложка - SiO_2/Si; и от 10 – до 20нм для ТП=300К, подложка - ФФ). При Тп=700К увеличение размеров кристаллитов с увеличением ωК менее выражено и составляет 1,5 – 2 раза (от 15 до 30нм) и на SiO_2/Si и ФФ.

Шероховатость свободной поверхности тонких ВК, сконденсированных на SiO_2/Si и ФФ на не нагретой подложке, находится в пределах 11-14 и 9-13нм соответственно, что не превышает 0.35% толщины фольги. При ТП=700К шероховатость поверхности ВК сформированных на ФФ в 1.5-2 раза меньше, чем на SiO_2/Si. и составляет 0,5 % от толщины плёнки.

В процессе роста ВК на подложке (SiO_2/Si) происходит формирование градиентной зеренной субструктуры, проявляющееся в многократном увеличении размера зерен с увеличением анизотропии их формы. С ростом толщины ВК происходит усиление аксиальной текстуры <111>, шероховатость поверхности толстых ВК составляет ~1% вне зависимости от ωк.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2013 годы» (ГК №16.513.11.3150).

НЕКОТОРЫЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОЗОЛЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ Al И Zn

Малова А.В.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

e-mail: mlvanastasija@yandex.ru

Для получения высокодисперсных частиц соединений цинка и алюминия использовали метод химического осаждения с последующей пептизацией при кипячении и обработкой ультразвуком при комнатной температуре. Установлено, что использование ультразвуковой обработки приводит дополнительной стабилизации синтезированных гидрозолей.

Данным методом был синтезирован золь с мольным соотношением Al:Zn 5:1. В ходе исследований был определен интервал pH агрегативной устойчивости золя, который составил почти две единицы (от 4,10 до 6,02) . Растворение частиц золя наблюдается при pH< 3,5, а при pH>6,2 происходит резкий рост оптической плотности, в результате коагуляции частиц дисперсной фазы.

Заряд поверхности частиц дисперсной фазы был определен методом макроэлектрофореза. На рисунке 1 представлена зависимость электрофоретической подвижности ($U_{эф}$) частиц золя от pH дисперсионной среды (заряд частиц положительный). Максимальное значение $U_{эф}$ сдвинуто в область значений pH 6,10 – 6,35, что не соответствует области агрегативной устойчивости, по-видимому, из-за наличия гидратных оболочек на частицах дисперсной фазы.

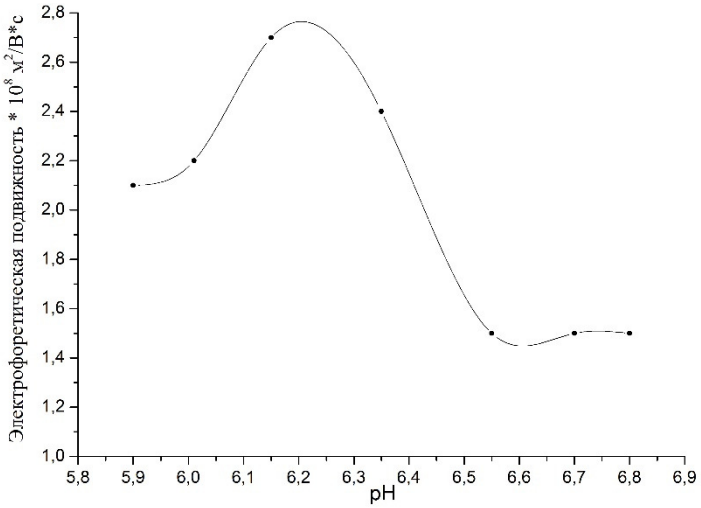


Рис. 1. Зависимость электрофоретической подвижности частиц дисперсной фазы гидрозоля кислородсодержащих соединений Al^{3+} и Zn^{2+} от pH среды.

Исследования коагуляции проводили в присутствии однозарядного (NaCl) и двухзарядного (Na_2SO_4) электролитов, при этом исходный золь разбавляли в 10 раз. При добавлении хлорида натрия порог коагуляции составил 30 ммоль/л, для ионов сульфата - всего 9 ммоль/л.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.х.н., доц. Беловой И.А., консультантам к.х.н., доц. Киенской К.И., Марченко И.Н.

СОВМЕСТНОЕ ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ ВОЛЬФРАМА И КРЕМНИЯ В ХЛОРИДНО-ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Мамхегова Р.М.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

e-mail: ruzana_mam@mail.ru

Повышенный интерес к вопросам разработки новых эффективных методов получения силицидов вольфрама продиктован возможностью их использования для нужд современной техники.

На основе термодинамического анализа и вольтамперометрических измерений в расплавленной системе NaCl – KCl – CsCl –Na3WO3F3 – Na2SiF6 при температуре 550 °C показано, что ВЭС силицидов вольфрама можно осуществить только в кинетическом режиме, когда сначала выделяется более электроположительный компонент (W), а затем на его поверхности выделяется второй компонент (Si). Последующая реакционная диффузия продуктов электролиза приводит к образованию на катоде различных по составу силицидов вольфрама, вплоть до высшего WSi2.

Установлено, что при наличии в фоновом расплаве только фтороксивольфрамат - ионов на катодной части наблюдаются два пика, соответствующие электровосстановлению частицам: WO2F42- и WOF62-. Добавление фторсиликат - ионов приводит к смещению равновесия в сторону образования фтороксивольфрамат- иона WOF62- с потенциалом электровосстановления (-1,2 В относительно платино-кислородного электрода сравнения) и фторсиликата кремния с потенциалом электровосстановления (-1,6 ÷1,7 В).

Нами изучено влияние состава расплава, плотности тока, напряжения на ванне на состав катодных осадков. Найдены оптимальные условия получения однородного продукта дисилицида вольфрама WSi2 в виде ультрадисперсных порошков.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов» КБГУ. Номер госконтракта 16.552.11.7074

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Кушхову Х.Б. и консультанту старшему преподавателю Адамоковой М.Н. за помощь в выполнении работы.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ Ti-Nb-C СО СВЯЗКОЙ: СОСТАВ, СТРУКТУРА, СВОЙСТВА

Манакова О.С.

Национальный Исследовательский Технологический Университет "МИСиС", г. Москва, Россия

e-mail: manakova_ol@mail.ru

На сегодняшний день композиционные керамические материалы, в частности, на основе TiC, широко используются во многих областях промышленности. Активно ведутся работы по разработке керамических материалов, пригодных к эксплуатации в условиях одновременно высоких температур, механических нагрузок и коррозионных сред.

Из литературы известно [1-2], что материалы системы Ti-Nb-C, обладая твердостью около 14 ГПа, характеризуются повышенной хрупкостью, высокой пористостью, недостаточной жаростойкостью. В данной работе рассмотрены материалы системы Ti-Nb-C с добавлением металлической связки на основе Ni, полученные по технологии силового СВС- компактирования. Комплексные материаловедческие исследования позволили определить: пористость, твердость, прочность, жаростойкость и фазовый состав.

Структура синтезированных сплавов Ti-Nb-C со связкой является многофазной и состоит из зерен полиэдрической формы твердого раствора на основе сложного титан-ниобиевого карбида, окруженные связкой. Размер карбидных зерен уменьшается от 13.0 мкм до 1.0 мкм с увеличением количества связки от 5 до 30 %. Толщина прослойки связки уменьшается с 5.3 мкм до 1.0 мкм.

Рентгеноструктурный анализ показал, что для образцов системы Ti-Nb-C со связкой основной фазой является твердый раствор нестехиометрического сложного карбида (Ti,Nb)C.

На основании полученных результатов установлено, что добавление металлической связки на основе никеля привело к увеличению прочности в несколько раз, износостойкости и жаростойкости, за счет уменьшения на порядок пористости.

Разработанный композиционный керамический материал состава Ti-23%Nb-C с 30% связки был рекомендован для применения в качестве электродов для нанесения износостойких и жаростойких покрытий на титановые сплавы электроискровым легированием.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за оказанную помощь на всех этапах работы проф., д.т.н. Левашову Е.А. и доценту, к.т.н. Курбаткиной В.В.

Литература

1. Kurbatkina V.V., Levashov E.A., Patsera E.I., Rupasov S.I., Zaitsev A.A., Zubavichus Ya., Viligzhanin A. Promising Dispersion Hardening Ceramic Materials Produced by SHS. Proceedings of the 3rd Vienna International Conference Nano-Technology /Edited by Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bratz, Prof. Dipl-Ing Dr. Fridrich Franek, March 18-20, 2009, Vienna, Austria, p. 467-477

2. Levashov E.A., Kurbatkina V.V. Regularities of Composite Materials with Micrograded Grain Structure Formation // Materials (FGM 2004) held in Leuven, Belgium, 11-14 July 2004/ Edited by Omer Van der Biest, oth., Trans Tech. Publication Ltd., Materials Science Forum, , V. 492-493, P. 615-620

РАЗРУШЕНИЕ СТРУКТУРЫ НИОБАТА ЛИТИЯ ПОД ВОЗДЕЙТСВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА

Мануковская Д.В.

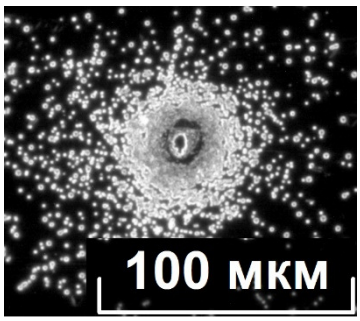
Институт химии и технологии редкоземельных элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, Кольский научный центр Российской академии наук, г. Апатиты, Россия

e-mail: deenka@yandex.ru

Монокристаллы ниобата лития (НЛ) состава $LiNbO_3$ являются перспективными в качестве материалов электронной техники.

Вследствие особенностей фазовой диаграммы, НЛ сильно неоднороден. Одним из наиболее интересных, но наименее изученных явлений, связанных с объемной подрешеткой дефектов, является фоторефрактивный эффект (ФРЭ), проявляющийся как фоторефрактивного рассеяния света (ФРРС). Раскрытие слоев ФРРС зависит от энергии, поступающей в кристалл с лазерным излучением, увеличение мощности которого приводит к пробою – появлению сквозного отверстия в месте прохождения сквозь кристалл лазерного луча [1,2]. То есть структура НЛ изменяется сначала обратимо, потом необратимо (для данных внешних условий), и затем разрушается.

Рисунок 1. Изображение выжженных в поверхности первого и второго слоя ФРРС в монокристалла НЛ легированного Cu [0,57 мас.%] Cd [0,07 мас.%] по схеме, изображенной на рисунке 2.



Нами впервые зарегистрировано выжигание в поверхности монокристалла НЛ легированного Cu [0,57 мас.%] Cd [0,07 мас.%], вырезанного из средней части були, после воздействия лазерного излучения видимой длины волны (λ=514,5 nm) в течение длительного времени (более 2 часов) картины ФРРС. Картина (рис 1) представляет собой рельеф, в месте воздействия лазерного луча образовался кратер со ступенчатыми краями, переходящий в кольцо слитых воедино отдельных точек, которые к краям распадаются на группы точек и отдельные точки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в получении и интерпретации полученных данных академика Калинникова В.Т., д.ф.-м.н. Сидорова Н.В., д.т.н. Палатникова М.Н., к.ф.-т.н. Макаровой О.В.

Литература

1. N.V. Sidorov, M.N. Palatnikov, A.A. Janichev a, P.G. Chufyrev, K.Bormanis, MICROSTRUCTURES IN FERROELECTRIC LITHIUM NIOBATESINGLE CRYSTALS, Lithuanian Journal of Physics, Vol. 52, No. 1, pp. 39–43 (2012)

2. Н.В. Сидоров, Т.Р. Волк, Б.Н. Маврин, В.Т. Калинников Ниобат лития:дефекты, фоторефракция, колебательный спектр, поляритоны. – М.: Наука, 2003. – 255 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРУГИХ ВОЛН НА ПОРУ В КРИСТАЛЛЕ

Маркидонов А.В.

Филиал Кузбасского государственного технического университета в г. Новокузнецке, г. Новокузнецк, Россия

e-mail: markidonov_artem@mail.ru

Известно, что при радиационном облучении материала наблюдается его распухание, что является одной из основных причин выхода из строя конструкций, эксплуатирующихся в условиях ионизирующих излучений. Распухание обусловлено развитием радиационной пористости вследствие распада пересыщенного раствора вакансий в металле. Кроме этого, образование каскада атомных смещений при радиационном облучении материала может вызывать образование ударных волн, получивших название послекаскадных [1].

Цель данной работы заключается в исследовании процессов структурных превращений вакансионных пор при воздействии на них упругих волн, которые сопровождают процессы облучения кристаллических структур.

Исследование проводилось с кристаллом золота по методу молекулярной динамики при помощи пакета XMD. Взаимодействие между атомами описывалось потенциалом, рассчитанным в рамках EAM. Моделирование проводилось при постоянной температуре. Волны создавались путем присвоения атомам скорости вдоль направления <110>.

Проведенное исследование показало, что начиная с температуры $0.45 \cdot T_{пл}$ пора перестраивается в тетраэдр дефектов упаковки. При более низких температурах пора остается стабильной. В случае прохождения через кристаллическую матрицу звуковых волн, начиналась перестройка пор в тетраэдр дефектов упаковки даже при низких температурах. При прохождении ударной волны через пору, крайние атомы, образующие поверхность поры, выбиваются на расстояния, превышающую ее радиус. В результате чего от поры отщепляется около третьей части вакансий, которые начинают смещаться в направлении, противоположном направлению распространения волны. При этом если температура расчетной ячейки составляет 300 K, то «родительская» пора остается на месте, а в случае температуры равной 600 K она начинает разрушаться.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н., проф. Старостенкову М.Д. за ценные замечания при выполнении работы

Литература

1. Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. 2008. Т.178, №9. - С.991-1001.
2. XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics // [Electronic resource]. Mode of access: http://xmd.sourceforge.net/about.html.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ДИПИРРОЛИЛМЕТЕНОВ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ

Марфин Ю.С.

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия

e-mail: ymarfin@gmail.com

Наличие протяженной лабильной π-электронной системы обуславливает выраженные хромофорные и флуоресцентные свойства координационных соединений на основе дипиррольных лигандов. Комплексы дипирролилметенов в настоящее время используются в качестве интенсивных хромофорных и флуоресцентных меток и сенсоров, а также маркеров в биохимических исследованиях. Однако вследствие органической природы лиганда, данные соединения разрушаются под действием различных факторов среды: высокой температуры, интенсивного излучения, химических агентов различной природы. В связи этим, получение гибридных материалов, в которых координационные соединения дипирролилметенов стабилизированы за счет иммобилизации в полимерную матрицу, является актуальной и перспективной задачей. В докладе авторы обсуждают методы получения гибридных материалов, спектральные, фотофизические свойства и устойчивость полученных материалов.

В качестве матриц для иммобилизации были использованы полиметилметакрилат и оксид кремния. В последнем случае гибридные пленки получали золь-гель методом. Несмотря на большое число работ по синтезу хромофор-содержащих гибридов, в литературе отсутствует описание методов синтеза подобных материалов. В связи с этим, в работе проведен анализ влияния условий синтеза и введения различных добавок и условий получения пленок на структурно-морфологические и спектральные характеристики материалов.

Спектральные свойства гибридных материалов анализировали в сравнении с характеристиками хромофоров в органических растворителях. Установлено, что в составе полимерных матриц металлокомплексы дипирролилметенов сохраняют интенсивную флуоресценцию. Исследована устойчивость синтезированных материалов к действию УФ-излучения. Иммобилизация приводит к стабилизации комплексов – наблюдаемые константы скорости фотохимической деструкции уменьшаются в 1.2–1.5 раза. В докладе также обсуждается возможность использования мезо-фенилзамещенного борфторидного комплекса дипирролилметена, как агента для контроля процесса полимеризации матрицы гибридного материала путем флуориметрического определения вязкости, за счет проявления им свойств молекулярного ротора.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность кандидату химических наук, доценту Румянцеву Евгению Владимировичу и доктору химических наук, профессору Антиной Елене Владимировне.

Выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы», соглашение № 14.132.21.1448.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ МИКРОКАНТИЛЕВЕРА ИЗ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Матисон Н.Л.

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва, Россия

e-mail: natalia.matison@gmail.com

Теория колебаний таких устройств как микрокантилевер из анодного оксида алюминия (АОА) осложняется структурой материала: пористость оксида затрудняет использование классических методов теории упругости. Поэтому данная работа была посвящена разработке математической модели резонансных колебаний микрокантилевера с использованием конечно-элементного метода.

Для разработки конечно-элементной модели кантилевера были использованы возможности проведения модального анализа в программном комплексе конечно-элементного анализа «ANSYS». В качестве конечного элемента для разбиения построенной по рабочим чертежам трёхмерной модели использовался конечный элемент SHELL281. Для расчета использовались значения модуля Юнга, плотности и коэффициента Пуассона соответственно 140ГПа, 3950кг/м^3 и 0,22. Результаты моделирования показали, что спектр колебаний микрокантилеверов из пористого АОА можно рассчитывать по известным формулам теории упругости, если использовать понятие эффективных модулей упругости, величина которых в K_E раз меньше модулей объемного (непористого) оксида. Величина расчетного коэффициента K_E в функции пористости оказалась очень близка к опубликованным ранее экспериментальным данным других авторов.

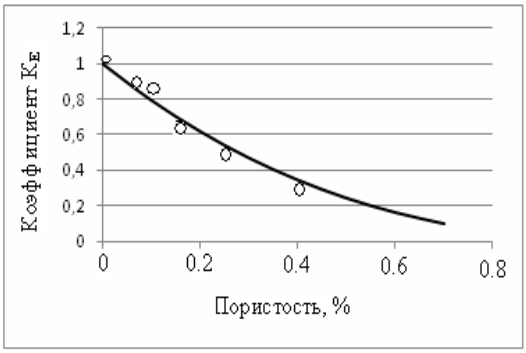


Рис.1. Сравнение результатов данной работы (сплошная линия) с экспериментом (круглые точки).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Симонову В.Н. (НИЯУ МИФИ) за научное руководство, а также Бойцовой О.В. и Напольскому К.С. (МГУ) за предоставленные экспериментальные данные.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-07-0079а и №13-07-0417а.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ГОРЯЧЕМ ПРЕССОВАНИИ НАНОПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ЧАСТИЧНО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ С ПРОПУСКАНИЕМ ВЫСОКОАМПЕРНОГО ТОКА

Мельник О.М.

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина

e-mail: melnik@ro.ru

В настоящее время на рынке используются нанопорошки частично стабилизированного диоксида циркония различных производителей. Эти порошки имеют различную удельную поверхность и морфологию, что в конечном итоге влияет на структуру полученного после горячего прессования материала. Одним из главных факторов, влияющих на свойства полученных материалов, является образование агломерированных зерен.

С этой точки зрения можно отметить, что нанопорошки различных производителей отличаются разной склонностью к агломерации. Использование различных добавок для получения композиционного материала позволяет деагломерировать наноразмерные зерна диоксида циркония. Также высокая плотность компактов может быть обеспечена путем введения модифицирующих добавок. Так, добавки низкорастворимого Al_2O_3 к основному оксиду ZrO_2 дает возможность получить мелкокристаллическое строение материала и прогнозировать высокие свойства получаемого. Оксид алюминия тормозит рост наноразмерных зерен при нагреве, способствуя образованию шпинелей на границах фаз, что способствует увеличению прочности. Добавки порошков монокарбида вольфрама влияют на трансформационные процессы диоксида циркония, способствуя снижению температурного порога перехода тетрагональной фазы в моноклинную. Варьируя различным содержанием добавок, можно найти оптимальные параметры, позволяющие получить материал с высокими механическим свойствами.

Метод электроконсолидации позволяет получить объемные образцы субмикронной керамики составов ZrO_2 – n мас.%Al_2O_3 (n=10, 20, 30) с плотностью до 99% от теоретической и масштабом микроструктуры порядка 270 нм. Такие данные о структуре больше характерны для порошков с формой зерен в основном изометричным (близких к округлым). Порошки чешуйчатой формы обладают меньшей прессуемостью, а получение объемных материалов на их основе требует увеличение температуры компактирования, что в свою очередь провоцирует укрупнение зерна выше субмикронного размера. Большинство образцов характеризуется гетерогенной структурой, а добавки метастабильных нанопорошков Al_2O_3 вызывают сдвиг начала усадки тетрагонального YSZ к высоким температурам, оказывают влияния на снижение размера зерна тетрагонального YSZ до 170-200 нм.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Геворкяну Э.С. и к.т.н., доц. Чишкале В.А. за обсуждение результатов и ценные советы в ходе работы.

ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА ЭФИРОВ ОТ ПЕРЕКИСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Менькова П.С.
ГНЦ ФГУП ГНИИХТЭОС, г. Москва, Россия
e-mail: menkova-polina@yandex.ru.

Простые эфиры широко применяются в микроэлектронике, полупроводниковой промышленности, для синтеза различных органических и неорганических соединений. Использование эфиров сильно затруднено из-за склонности к образованию большого количества перекисных соединений. Целью работы являлась разработка методов глубокой очистки алифатических, циклических и гликолевых эфиров от перекисей. Для очистки использовали цеолиты марки NaA, три вида щелочи: LiOH, NaOH, KOH. Очистку проводили при трех температурных режимах.

1. Очистка дибутилового эфира (ДБЭ). Содержание перекисей в исходном ДБЭ составляло 0,1029масс.%. Наиболее глубокой очистки ДБЭ от перекисных соединений можно достигнуть при использовании KOH при 50^0C (до $5\cdot10^{-5}$масс.%).Выдержка над щелочью дает те же результаты за двое суток. С помощью цеолитов снизили содержание перекисных соединений до ≈ $1\cdot10^{-3}$масс. %.

2. Очистка диэтилового эфира (ДЭЭ). Содержание перекисей в исходном ДЭЭ составляло 0,0122масс.%. При использовании KOH при перемешивании удалось снизить содержание перекисей до 10^{-6}масс.%. При выдерживании над щелочами удалось снизить содержание до $1\cdot10^{-4}$масс.%.

3. Очистка тетрагидрофурана (ТГФ). Содержание перекисных соединений в исходном ТГФ составляло $6{,}47\cdot10^{-2}$масс.%. Полной очистки от перекисей удалось достигнуть при перемешивании с KOH при 50^0C. При использовали стандартного метода [1] удалось добиться снижения содержания перекисных соединений в ТГФ только до уровня $3\cdot10^{-3}$масс.%.

4. Очистка диэтилового эфира диэтиленгликоля (диглима).Содержание перекисных соединений в исходном диглиме составляло $1{,}8\cdot10^{-2}$масс.%. При перемешивании диглима с LiOH в случае всех трех температурных режимов удалось достигнуть полной очистки растворителя от перекисных соединений.

5. Энергия активации. На основании результатов проведенных исследований были рассчитаны значения энергий активации [2] реакций разложения перекисей над щелочами различной природы. Установлено, что наименьшей энергией активации характеризуется реакция разложения перекисей над LiOH.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность в выполнении настоящей работы научному руководителю проф., д.х.н. Стороженко П.А, соруководителю к.х.н. Шутовой О.Г.
Публикации: П.А. Стороженко, П.С. Менькова, О.Г. Шутова. Химическая промышленность. 2012, 89 (6), 267.

Литература

1. Armarega W.L.F., Perrin D.D. Purification of laboratory chemicals. Butterworth & Heinemann, 2009. P. 334;
2. Герасимов Я.И., Древинг В.П., Еремин Е.Н., Киселев А.В., Лебедев В.П., Панченков Г.М., Шлыгин А.И. Курс физической химии, том II. М: «Химия», 1966. С. 43.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТОЙКОСТЬ К ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ ВЫСОКОАЗОТИСТЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ 07Х16АГ13М3 И 06Х18АГ19М2

Меркушкин Е.А.
УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
e-mail: evgenmerk89@mail.ru

Одним из основных преимуществ высокоазотистых аустенитных сталей (ВАС) является то, что азот, находящийся в твердом растворе, повышает их стойкость к общей и локальным видам коррозии, в частности, к питтинговой коррозии (ПК).

Целью работы было исследование влияния холодной пластической деформации разных схем нагружения на стойкость ВАС 07Х16АГ13М и 06Х18АГ19М2 к ПК. Перед деформацией сталь подвергали горячей пластической деформации при 1200–1240 °С с последующим отжигом в течение 1 часа при температуре 1150 °С и закалкой в воде (Исходное состояние - ИС). Были использованы следующие деформационные обработки: **(а)** холодная пластическая деформация прокаткой в калибры со степенями ε = 0,2; 0,4 и 0,8 (ХПД); **(б)** поверхностная фрикционная обработка методом трения скольжения полусферическим индентором из нанокристаллического кубического нитрида бора при нагрузке 147 Н со степенью деформации ε = 5 (ФО); **(в)** равноканальное угловое прессование с углом пересечения каналов 120° в несколько проходов по маршруту Вс, в результате чего были получены степени деформации ε = 2,4; 4,8 и 9,6 (РКУП).

Исследования коррозии проводили в 3,5%-NaCl комнатной температуры с использованием электрохимической лаборатории VoltaLab 10-PGZ100 в соответствии с ГОСТ 9.912-89.

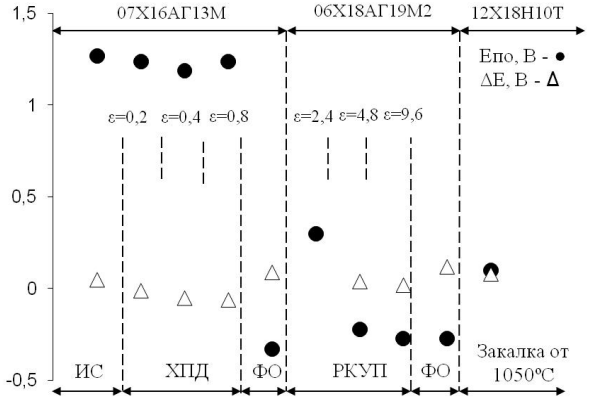


Рис. 1. Потенциал питтингообразования (Епо) и разность потенциалов (ΔЕ = Епо – Ер, где Ер – потенциал репассивации) в зависимости от режимов обработки сталей

Показано, что, **(а)** исследованные стали после закалки способны к глубокой пассивации, которая нарушается с образованием питтингов только при потенциале $E_{по}$ ≈ 1,3 В, в то время как у хромоникелевой стали 12Х18Н10Т (рис.) питтинги образуются уже при потенциале около 0,1 В; **(б)** ХПД стали 07Х16АГ13М не снижает сопротивления стали ПК; **(в)** РКУП стали 06Х18АГ19М2 тем значительнее снижает $E_{по}$, чем выше степень деформации, причем, при ε =2,4 ВАС по-прежнему превосходит сталь 12Х18Н10Т по этому параметру; **(г)** ФО для обеих сталей также снижает потенциал $E_{по}$ до значений порядка – 0,30 В.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в подготовке статьи научному руководителю профессору, д.т.н. Березовской В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХОЛОДНОКАТАНОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ОАО «ММК»

Мешкова А.И.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

e-mail: Nuta_Meshkova@/bk.ru

В листопрокатном цехе № 11 на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», являющимся самым высокотехнологичным подразделением комбината, в линии непрерывного отжига (АНО) укрупнение рулонов проводят методом лазерной сварки. Отсутствие опыта лазерной сварки рулонного металлопроката в технологических потоках вызвало необходимость проведения ряда металлографических исследований для обеспечения формирования качественного сварного шва.

Целью работы является исследование кристаллических зон и твердости сварных соединений, полученных при лазерной сварке и после рекристаллизационного отжига полосы. Работа выполнялась на образцах низкоуглеродистой стали марок DC04 и 08Ю (ВОСВ) толщиной около 0,7 мм, прошедших полную обработку на агрегате АНО. Комплекс металлографических исследований был проведен с использованием светового микроскопа Meiji Techno при увеличении от 50 до 1000 крат. Испытания микротвердости осуществляли на твердомере Buehler Micromet.

С помощью металлографического анализа выявлены особенности микроструктуры сварного шва и околошовной зоны после осуществления лазерной сварки полосы без проведения предварительной и окончательной термической обработки (нагрева) области шва, а также после рекристаллизационного отжига. Установлен характер кристаллических зон и их протяженность в сварном соединении непосредственно после сварки полосы. Показано влияние режимов рекресталлизационного отжига на характер кристаллических зон и размер зерна в зоне сварного шва. Выявлена закономерность распределения микротвердости в сварном соединении при различных условиях сварки и режимах отжига.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Копцевой Н.В.

Литература

1. Дубровский Б.А., Шиляев П. В., Ласьков С. А., Горбунов А.В., Лукьянов С.А., Голубчик Э.М. Освоение технологий производства проката в новом комплексе холодной прокатки. // Сталь. 2012. № 2. С. 63-65.

2. Голубчик Э.М., Копцева Н.В., Ефимова Ю.Ю., Никитенко О.А., Мешкова А.И. Исследование процесса лазерной сварки металлопроката в условиях комплекса холодной прокатки ОАО «ММК». Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч тр./под ред. проф. М.В. Чукина. М Магнитогорск: Изд-во.Магнитогорск. гос. техн.ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Вып. 38 – С.58-65.

Работа проведена в рамках реализации программы стратегического развития университета на 2012 – 2016 гг. (конкурсная поддержка Минобразования РФ программ стратегического развития ГОУ ВПО), а также гранта в форме субсидии на поддержку научных исследований (соглашение № 14.B37.21.0068)

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ФЕРРИТА ВИСМУТА: ПРИЧИНЫ И ПУТИ УСТРАНЕНИЯ

Миллер А.И.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: iaverbenko@sfedu.ru

Феррит висмута является одним из наиболее изучаемых сегнетоэлектриков. Он обладает высокими значениями температур сегнетоэлектрического (T_c~810°C) и магнитного (T_N~370°C) упорядочений. Но его широкому применению препятствует структурная неустойчивость. Она является следствием пограничного положения в структурном типе перовскита; высокой проводимости и термической нестабильности, связанна с близостью температур спекания ($T_{сп.}$) и инконгруэнтного плавления, а также спин-модулированной структурой, препятствующей магнитоэлектрическому взаимодействию. Структура феррита висмута критически зависит от термодинамической предыстории (условий получения). Она обусловлена узким концентрационным интервалом существования фазы $BiFeO_3$, весьма широкими областями кристаллизации соединений $Bi_2Fe_4O_9$ и $Bi_{25}FeO_{39}$, летучестью Bi_2O_3 и сложностью реакции в эквимолярной смеси Bi_2O_3/Fe_2O_3. Это приводит к образованию в процессе его синтеза и спекания довольно заметного (~10%) количества трудноустранимых «балластных» фаз, в том числе, и непрореагировавших исходных компонентов. Лабораторные методы получения однофазного $BiFeO_3$ не могут применяться в промышленности. Диэлектрические свойства $BiFeO_3$ также нестабильны по отношению к температурным воздействиям. Таким образом, выявление причин такой нестабильности и возможных путей ее устранения в рамках общедоступных методов, позволяющих масштабирование производства в промышленных условиях, является целью настоящей работы.

Анализ результатов показал, что «$BiFeO_3$» является естественнокомпозиционной структурой на базе, как минимум, пяти Bi- и Fe-содержащих соединений. Именно поэтому, все бифуркации (неустойчивые состояния), свойственные им, находят свой отклик в макросвойствах анализируемого мультиферроика. Определены режимы получения $BiFeO_3$ со стабильными диэлектрическими свойствами в высокотемпературной области. Сделано предположение, что с применением механоактивации, призванной уменьшить размеры и увеличить объемную площадь реагирующих веществ. «Закалка» способна «заморозить» дефекты и устранить эффект инконгруэнтного плавления. Таким образом большее количество вещества вступает в полноценную реакцию и не выпадает в виде аморфных фаз.

Полученные данные могут быть использованы при разработке устройств спинтроники, используемых в гидроакустике.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Ларисе Андреевне.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (НИР № 2.5940.2011; № 2.5930.2011), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0587) на оборудовании ЦКП «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твёрдых тел» НИИ физики ЮФУ.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТОДОМ СВС – МЕТАЛЛУРГИИ ЛИТЫХ ОКСИКАРБИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В КАЧЕСТВЕ РЕЖУЩЕЙ КЕРАМИКИ

Милосердов П.А.

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук, г. Черноголовка, Россия

e-mail: yu_group@ism.ac.ru

В промышленности для обработки высокопрочных сталей широко используются режущие керамико-металлические пластины, спеченные из порошков на основе корунда (Al_2O_3) с добавками карбидов титана и хрома (TiC, TiCN, Cr_3C_2 и TiC – Cr_3C_2). В промышленности такие материалы получают методами порошковой металлургии.

В данной работе показана возможность синтеза литых оксикарбидных материалов методом СВС - металлургии для использования их в качестве сырья для производства резцов. С целью увеличения механико-физических свойств оксидной матрицы вместо Al_2O_3 синтезировали твердый раствор Al_2O_3 – Cr_2O_3 с содержанием Cr_2O_3 от 5 до 7% – «Рубин». При этом во время синтеза в оксидную матрицу вводили карбиды титана и хрома в расчете получения следующих конечных продуктов:

(I) Al_2O_3 – Cr_2O_3 x TiC и **(II)** Al_2O_3 – Cr_2O_3 x Cr_3C_2 с равномерным распределением карбидов в оксидной матрице.

Для синтеза использовали 3 основные химические схемы:

$CrO_3 + Al \rightarrow Cr_2O_3 + Al_2O_3$ ($T_г$ = 4131K)

$TiO_2 + Al + 3C \rightarrow TiC + Al_2O_3$ ($T_г$ = 2326 K)

$Cr_2O_3 + Al + C \rightarrow Cr_3C_2 + Al_2O_3$ ($T_г$ = 2326 K)

Для получения кермета **I** использовались схемы **1** и **2**. В «холодную смесь» **2** добавляли высоко-экзотермическую смесь **1** для получения плавленого продукта без фазоразделения.

Для получения кермета **II** использовались схемы **1** и **3**. При этом для предотвращения фазоразделения и снижения температуры горения в процессе синтеза, в исходную смесь дополнительно добавляли инертный разбавитель Al_2O_3.

Синтез целевых продуктов проводили в СВС реакторе (V=3л) под избыточным начальном давлением инертного газа (Рн = 4 МПа.). После синтеза продукт извлекали из реактора и измельчали в порошок с размером частиц менее 10 мкм. Затем порошок спекали и из спеченных образцов изготовляли режущие пластины типа SNGN20408.

Состав и свойства образцов исследовали следующими методами:

1. Качественный рентгенофазовый анализ; 2. Определение гранулометрического состава порошков; 3. Определение плотности; 4. Определение предела прочности при изгибе; 5. Определение твердости по Виккерсу; 6. Определение трещиностойкости индентационным методом; 7. Диагностика микроструктуры.

В проведенном исследовании были получены следующие наиболее важные результаты:

1. На данном этапе работы удалось реализовать идею получения методом СВС-металлургии литых оксикарбидных материалов, в которых в оксидной матрице (Al_2O_3 – Cr_2O_3) равномерно распределены зерна карбидов титана и хрома с последующим их измельчением в мелкодисперсные порошки и спеканием режущих пластин;

2. проведенные испытания подтверждают успешное использование полученных образцов при обработке стальных изделий твердостью до HRC-49;

3. целью увеличения эксплуатационных свойств конечных продуктов в дальнейшем предполагается провести исследования по получению литых композиционных материалов на основе оксидного твердого раствора (Al_2O_3 – Cr_2O_3) с наноразмерной и субмикронной структурой.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям д.т.н. Горшкову В.А. и д.т.н. Юхвиду В.И. за содействие в подготовке материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №13-08-00864.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА ПАРАМЕТРЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПОРОШКОВ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА

Минин М.Г.

Уральский федеральный университет, НОЦ НАНОТЕХ, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: m.minin@e1.ru

Гексагональный нитрид бора (h-BN) – один из перспективных материалов для твердотельной электроники, оптоэлектроники и дозиметрии. Высокая термическая и химическая стабильность, а также широкая запрещенная зона делают его уникальным для многих областей применений [1,2]. Для целей практического использования h-BN необходимо улучшение его оптических свойств за счет повышения эффективности фотолюминесценции (ФЛ).

Исследуемый порошок h-BN был синтезирован по плазмохимической технологии. Исходный материал подвергался различному по времени отжигу при температуре 800 °C в атмосфере воздуха. В настоящей работе исследовались следующие образцы: не проходившие термический отжиг, после 30 минут и после 60 минут отжига. После остывания естественным образом изучалась фотолюминесценция материала. Эксперименты проводилось с помощью спектрометра Perkin Elmer LS55. Возбуждение материала осуществлялось монохроматическим светом ксеноновой лампы (5,76 эВ), а регистрация ФЛ выполнялась в диапазоне 2,1 – 4,0 эВ.

Показано, что в исследуемом участке спектра наблюдается широкий ФЛ пик с положением максимума E_m = 3,57 эВ. Для всех образцов указанная полоса может быть представлена в виде суперпозиции трех независимых компонент гауссовой формы с близкими значениями спектральных параметров. Установлено, что с увеличением времени отжига значительно возрастает интенсивность ФЛ в изучаемом порошке h-BN – в ≈ 4 раза после 60 минут высокотемпературной выдержки на воздухе. Рост свечения может быть связан с изменением концентрации примеси кислорода и формированием различных люминесцирующих комплексов с участием катионных или анионных вакансий в ходе термического воздействия. Результаты проанализированы на основе сравнения с данными независимых исследований оптических свойств материалов на основе нитрида бора. Обсуждаются перспективы использования вышеуказанного повышения люминесцентной эффективности в отожженных порошках гексагонального нитрида бора для решения некоторых прикладных задач твердотельной дозиметрии ультрафиолетового излучения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь при выполнении работы асп. Махера А., доц. Вохминцева А.С. и. проф. Вайнштейна И.А.

Литература

1. I. Weinstein et al. // Radiation Measurements, 2013, Volume 49 (in press) DOI: 10.1016/j.radmeas.2012.12.017;
2. O. Mshima, K. Era //Electronic and Refractory materials, Yokohama National University, Japan, 2000, pp. 495–556;

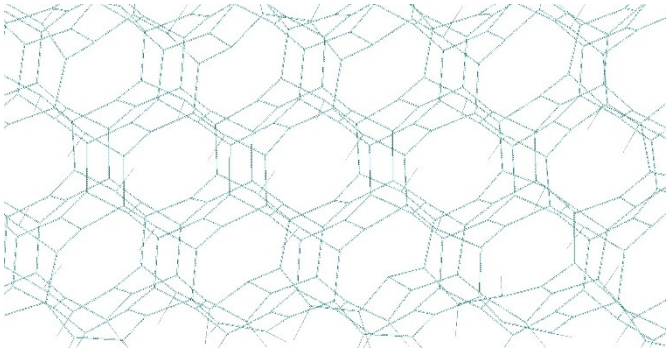
КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА 3D-ГРАФИТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ АЛМАЗОПОДОБНОЙ ФАЗЫ TA1

Миннибаев И.Н.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

e-mail: belenkov@csu.ru

Атомы углерода могут находиться в различных гибридизированных состояниях: основных - sp, sp^2, sp^3, и промежуточных sp^m, sp^n (где $1<n<2$, $2<m<3$). Поэтому возможно существование различных структурных разновидностей углерода. Основным гибридизированным состояниям соответствуют карбин (sp), графит (sp^2), алмаз (sp^3). В промежуточных состояниях атомы углерода находятся в фуллеренах, нанотрубках, гибридных углеродных фазах. Если атомы углерода находятся в промежуточном состоянии близком к sp^2, возможно существование трехмерных жесткосвязанных структур, называемых 3D-графитами. По механическим свойствам 3D-графитовые фазы должны превосходить алмаз и алмазоподобные фазы, т.к. межатомные связи в графитоподобных фазах имеют порядок 1,33 и они более прочные, чем одинарные связи в алмазе. Какова возможная структура различных 3D-графитовых фаз до сих пор остается неясным. В данной работе рассмотрен модельный механизм получения 3D-графитовых фаз из алмазоподобных фаз путем удаления по одной связи у каждого из атомов, на примере алмазоподобной фазы TA1. Геомертически оптимизированная структура фазы TA1 была рассчитана полуэмпирическим квантово-механическим методом PM3. У исходной фазы TA1 все атомы находятся в кристаллографически эквивалентных состояниях, поэтому всего может быть 4 различных межатомных связи, отличающихся длинной. Однако структура фазы TA1 такова, что различных связей всего 3, т.к. разными являются 1 и 2 связи, а 3 и 4 связи эквивалентны. В результате возможны различные способы удаления межатомных связей так, что бы вновь получаемая структура состояла из атомов в эквивалентных состояниях. Первый способ – когда у каждого атома удаляется 1 связь. В этом случае после удаления связей и геометрической оптимизации получается жгут углеродных лент. Второй способ – разрезание 2 связи приводит к формированию жгута углеродных нанотрубок (2,2). Третий способ – разрезание только 3 или только 4 связей приводит к формированию стопки графеновых слоев L_{4-8}. Формирование кристалла 3D-графита происходит при поочередном разрезании 3 и 4 связей в алмазоподобной фазе TA1. Структура этой фазы, геометрически оптимизированная методом MM+, изображена на рисунке. Элементарная ячейка этой фазы относится к триклинной сингонии. В ячейке содержится 18 атомов. Вектора элементарной трансляции a=0.401 нм, b=0.533 нм, c=0.544 нм. Аналогичным образом можно получить и другие 3D-графитовые фазы, и описать все возможные структурные разновидности 3D-графита.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф., д. ф.-м. н. Беленкову Е.А.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИОНОВ ПЛАЗМЫ В УСЛОВИЯХ ПАРНЫХ УПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Мисник И.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: ivmisnik@gmail.com

Поток напыляемых частиц, сформированный вакуумным электродуговым методом состоит из ионов, электронов, нейтральных атомов и микрокапель. Кроме того, в объеме вакуумной камеры присутствуют хаотично перемещающиеся атомы и молекулы остаточного и технологического газа. Поток металлической плазмы, проходя объем камеры взаимодействует с изделием, образуя покрытие. Качество сформированного покрытия будет определяться составом потока, особенностями его транспортировки через вакуумную камеру и взаимодействия с поверхностью изделия. В связи с этим необходима модель, описывающая процесс транспортировки плазмы к поверхности напыления.

Цель – разработка модели транспортировки ионов плазмы в условиях парных упругих взаимодействий с молекулами технологического газа.

Для описания процессов вакуумно-плазменного осаждения наиболее перспективно применение метода статистических вычислений. При столкновении ускоренной частицы с атомом часть ее кинетической энергии передается всему объему атома (упругое столкновение), а часть расходуется на изменение внутренних электронных состояний (неупругое столкновение).

Исходной точкой траектории движения частицы является поверхность катода. Процесс испарения идет в катодных пятнах, которые хаотично и с большой скоростью перемещаются по торцевой поверхности катода. В этих условиях можно считать, что на поверхности катода все параметры усредняются. Для задания координаты начальной точки в сферической системе координат необходим угол $\varphi = 2\pi\xi$ и радиус $r = R_0\sqrt{\xi}$, где ξ - случайное число в интервале [0,1], R_0 - радиус катода. Далее переходим к выбору направления вектора скорости частицы, который будет определяться двумя углами: $\psi = 2\pi\xi$ и $\theta = \arcsin\sqrt{\xi}$. Расстояние, пройденное частицей до столкновения, будет определяться диной свободного пробега: $\lambda = \lambda_0 \ln(1-\xi)$, где λ_0 - средняя длина свободного пробега. В точке столкновения частица будет менять направление вектора скорости. Новое направление вектора будет определяться двумя углами Ψ и Φ, равномерно распределенными в интервале от 0 до π: $\Phi = 2\pi\xi$ $\Psi = 2\pi\xi$. Величина энергии, теряемой заряженной частицей в момент ее соударения, будет равна энергии, приобретаемой атомом: $E = \mu\overline{W}\sin^2(\chi/2)$, где $\mu = 4m_1m_2/(m_1+m_2)^2$ - приведеная масса; $\overline{W}$ - средняя энергия налетающей частицы перед взаимодействием; χ - угол рассеивания (между конечным направлением движения частицы и начальным). После столкновения частицы процесс повторяется. Моделирование производится до момента попадания частицы на поверхность изделия, либо до момента пересечения частицей пределов вакуумной камеры. Далее расчет повторяется для следующей частицы. В докладе представлены результаты расчетов по предложенному алгоритму.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – доктору технических наук, профессору Иванову Игорю Аркадьевичу.

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЫЖКОВОЙ ПРОВОДИМОСТИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

Митин Д. М.

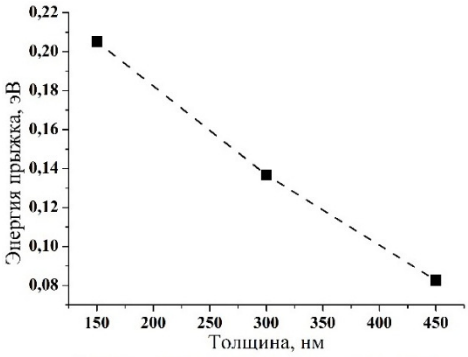
Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

e-mail: d1_man26@mail.ru

В последние годы вновь усилился интерес к получению и исследованию аморфного кремния, однако, практическая реализация приборов на основе тонких плёнок аморфного кремния значительно затруднена из-за отсутствия ясных сведений о свойствах неупорядоченных полупроводников, включая сведения о механизмах проводимости [1].

Данная работа посвящена изучению параметров прыжковой проводимости в тонких плёнках аморфного кремния, синтезированных методом магнетронного распыления на постоянном токе.

Плёнки кремния были синтезированы на стеклянных подложках толщиной 1 мм. Параметры синтеза: давление $4 \cdot 10^{-4}$ Торр, ток разряда 100 мА. Варьируемый параметр – время напыления, 5/10/15 мин. Для проведения электрофизических измерений на поверхность полученных плёнок кремния методом термического испарения в вакууме наносились алюминиевые контакты.



Зависимость энергии прыжка от толщины

С помощью профилометра были определены толщины плёнок, которые составили 150, 300 и 450 нм (в порядке увеличения времени напыления). Для определения механизмов проводимости было проведено измерение зависимости проводимости плёнок от температуры. Эксперимент проводился в вакуумной камере, где образцы нагревались до 800 К, при этом на них подавалось постоянное напряжение 60 В.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о том, что в плёнках кремния существует несколько механизмов проводимости, типичных для аморфных материалов. В области комнатных температур преобладает прыжковая проводимость, в области высоких температур – зонная проводимость [2]. Из закона Мотта вычислена средняя энергия прыжка [3] при 300 К, Δ = 0.21, 0.14, 0.08 эВ (в порядке увеличения времени напыления).

Таким образом, проведённые исследования позволили установить механизмы проводимости в тонких плёнках аморфного кремния при различных температурах. Определена характерная энергия прыжка, которая уменьшается с ростом толщины плёнки. Полученные результаты могут оказаться полезными при использовании синтезированных плёнок кремния в микроэлектронных приборах, в частности, терморезисторах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н. Сердобинцеву А.А.

Литература

1. Шерченков А.А., Будагян Б.Г., Мазуров А.В. // ФТП. 2005. Т. 39. Вып. 8. С. 964-969.
2. Машин А.И., Хохлов А.Ф. // ФТП. 1999. Т. 33. Вып. 11. С. 1384-1387.
3. Парфенов О.Е., Шклярук Ф.А. // ФТП. 2007. Т. 41. Вып. 9. С. 1041-1045.

Работа была выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 12-07-31241).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУБСТРУКТУРЫ НАНОПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМА РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Михайлова А.Б.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: Sasham1@mail.ru

Рентгенографические методы широко применяются для определения таких важных характеристик функциональных материалов, в том числе нанопорошков, как величина областей когерентного рассеяния (ОКР) и микродеформации. Появление в последние годы высокоскоростных детекторов значительно сокращает время, необходимое для сбора экспериментальных данных. Однако при установке высокоскоростных детекторов вносятся изменения в рентгенооптическую схему, что может сказываться на результатах анализа. Целью данного исследования было установить влияние типа детектора и величины щели ограничивающей расходимость падающего пучка на значения ОКР и микродеформаций при расчете по одному рентгеновскому дифракционному пику.

Объектами исследования служили порошки вольфрама, полученные методом плазмохимического синтеза (W1 и W2) и методом восстановления из вольфрамовой кислоты (W3 и W4). Регистрация рентгенодифракционных спектров проведена на рентгеновском дифрактометре «Ultima IV» фирмы “Rigaku” в CuKα излучении с высокоскоростным детектором «D/teX» и сцинтилляционным детектором. Для расчета размеров ОКР и микродеформаций были использованы программный пакет “WinFit” в котором алгоритм расчета основан на анализе профиля каждого отдельного пика, аппроксимируемом функцией Пирсона и программный комплекс «PDXL» с использованием метода Вильямсона –Холла по нескольким пикам.

Из результатов расчета видно, что для нанопорошков вольфрама, полученных методом плазмохимического синтеза, средние значения ОКР, вычисленные рентгеновскими методами близки к значениям средних размеров частиц, вычисленных по методу газовой адсорбции (БЭТ). Для нанопорошков вольфрама, полученных методом восстановительного синтеза, они в одном случае (W3) мало отличались от рассчитанных по методу БЭТ, а в другом (W4) были значительно меньше. Такое расхождение связано, по-видимому, с большим размером исследуемых частиц (W4) и вследствие этого малым уширением дифракционных линий по сравнению со стандартным образцом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь и советы своим коллегам к.х.н. Сиротинкину В.П. и д.ф-м.н. Шамраю В.Ф.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Михайловская А.В.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: mihaylovskaya@misis.ru

Сверхпластическая формовка листовых заготовок с ультрамелкозернистой структурой является одним из перспективных направлений совершенствования технологии листовой штамповки при производстве тонкостенных деталей в виде оболочек из конструкционных алюминиевых сплавов в условиях мелко- и среднесерийного производства. Расширить возможности метода позволит появление материала, обладающего сверхпластичностью при пониженных температурах и скоростях деформации порядка 10^{-2} $с^{-1}$, не требующего при этом, значительных пластических деформаций и сложных энергоемких технологических операций.

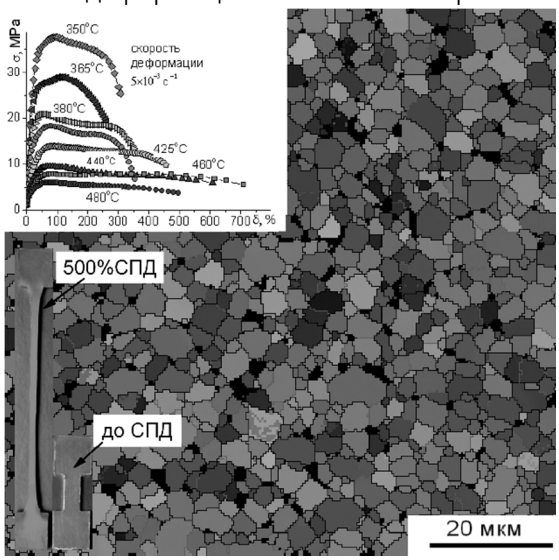


Рис.1. Микроструктура сплава после 500% СПД (EBSD-анализ). Врезка: Зависимость напряжения течения от степени деформации для разных температур СПД.

Для получении листового полуфабриката нового сплава на основе системы Al-Zn-Mg, дополнительно легированного переходными металлами, использовали традиционные технологии – кристаллизацию со скоростью 5-15 К/с, пластическую деформацию и термическую обработку. Сплав имеет перед началом сверхпластической деформации (СПД) частично нерекристаллизованную структуру, рекристаллизующуюся во время деформации, благодаря чему сплав сверхпластичен при температурах 350-480°С. При поддержании постоянной скорости деформации в интервале 2 10^{-3} – 1 10^{-2} $с^{-1}$ сплав показывает удлинения от 350 до 900% в зависимости от температуры и скорости деформации. Например, относительное удлинение 900% было получено в образцах при температуре 460°С, скорости деформации 1 $10^{-2}с^{-1}$, скорости кристаллизации слитка 15 К/с. При этом, в образцах доведенных до разрушения сохраняется мелкозернистая с размером зерна 2-4 мкм (рис. 1). Малое напряжение течения 2-12 МПа при температурах выше 440°С обеспечит низкое давления газа при формовке. Предел текучести сплава при комнатной температуре выше 550МПа. Такие показатели позволят изготавливать из листа цельные изделия сложной конфигурации методом сверхпластической формовки. Использование которой, например, для авиа- и ракетостроения обеспечивает снижение массы деталей и их качества за счет уменьшения числа соединений, и как следствие, приводит к экономии топлива.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф., д.т.н. Портному В.К. за научные консультации по работе и асп. Котову А.Д. за помощь в проведении экспериментальных исследований.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ и Гранта Президента РФ (договор №14.125.13.232-МК).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СПЛАВА ТИПА АА5083

Михайловская А.В.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: mihaylovskaya@misis.ru

Сплав АА5083 самый популярный сплав для сверхпластической формовки за рубежом, мелкозернистая структура сплава формируется благодаря введению переходных металлов, образующих частицы дисперсоидов. Мнения исследователей о доминирующем механизме сверхпластической деформации (СПД) разных сплавов и АА5083 в том числе расходятся. Присутствие дисперсоидов может сдерживать зернограничное скольжение (ЗГС), которое является основным механизмом деформации для большинства сверхпластичных сплавов, его вклад в общее удлинение доходит до 80%. При малом вкладе ЗГС возможен значительный вклад других механизмов деформации – внутризеренной дислокационной и диффузионной ползучести, из-за чего неизбежно значительное вытягивание зерен, и их деление в процессе деформации – процессы динамической полигонизации и рекристаллизации. Цель работы – анализ динамики структурных исзменений в процессе СПД и определение вклада ЗГС в общее удлинение при сверхпластической деформации сплавов, содержащих дисперсные частицы. В работе сравнивали два сплава близких по составу к АА5083: Al–4,9 % Mg–0,6 %Mn и Al–4,9 %Mg–0,6 % Mn–0,25 % Cr. Материал получали в лабораторных условиях. Показано, что хром обеспечивает более мелкое зерно перед началом сверхпластической деформации: 8 мкм против 15 мкм в сплаве без хрома. Хром также формирует более стабильную во время СПД структуру: после 100% СПД среднее значение размера зерна в сплаве без Cr увеличивается до 22 мкм, а в сплаве с Cr только до 15 мкм. При этом в сплаве с Cr в процессе СПД до 50 % происходит вытягивание зерен в направлении деформации, далее размер зерна практически не меняется, в сплаве без хрома зерно непрерывно растет во всех направлениях. EBSD анализом обнаружены признаки динамической полигонизации в процессе СПД сплава Al-4.9Mg-0.7Mn-0.2Cr. Доля субзерен в сплаве без хрома постоянна, составляет 15% (за 200 %). В сплаве с Cr доля субзерен увеличивается с 17 % до 34 % (за 300 %). EBSD анализом обнаружено появление новых мелких зерен во время СПД сплава с хромом, а анализ тонких фольг в ПЭМ обнаружил повышенную плотность дислокаций в сплавах после СПД, что, вероятно, может говорить о действии динамической рекристаллизации во время СПД. В процессе СПД на поверхности образцов образуются ориентированные вдоль оси деформации складчатые зоны - в сплаве с хромом в «мантии» зерна, а в сплаве без хрома на всей поверхности зерен. В деформированных образцах наблюдали вытягивание зерен, смещение царапин по границам зерен и развороты зерен, в сплаве с хромом на поверхности появляются новые границы зерен. При увеличении истинной деформации с 0,14 до 0,8 вклад зернограничного скольжения, оцененный по смещению маркерных царапин, уменьшается с 26 до 5% в сплаве с марганцем, и с 14 до 2,5% в сплаве с хромом и марганцем.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф., д.т.н. Портному В.К. за научные консультации по работе и студ. Яковцевой О.А. за помощь в проведении экспериментов.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ (№12-03-31164) и при поддержке Гранта Президента РФ (№14.125.13.232-МК).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ В ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ НА СТАДИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Михайловский К.В.

ФГБОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

e-mail: konst_mi@mail.ru

В настоящее время в ракетно-космической технике востребованы конструкции из керамоматричных композиционных материалов (ККМ) способные работать в широком интервале рабочих температур и силовых нагрузок (носовые обтекатели, кромки крыльев, тормозные щитки, камеры сгорания, насадки сопел и т.п.). Столь ответственные конструкции, подвергающиеся воздействию окислительной и эрозионной среды при высоких температурах, изготавливают из ККМ газофазным методом осаждения керамической составляющей матрицы в пористое пространство каркаса заготовки.

Процесс газофазного осаждения зависит от температуры, давления, характеристик подложки, размера пор в каркасе, химического состава реагента, особенностей тепло- и массообмена в реакционном объеме и, как следствие, производство однородной керамической составляющей матрицы является очень трудной технологической задачей. Однако, именно на стадии газофазного осаждения формируются окончательные теплофизические, физико-механические, оптические свойства, а также окислительная и эрозионная стойкость конструкций из ККМ. Экспериментальная отработка технологических параметров процессов газофазного осаждения для изготовления деталей из ККМ требуемого качества приводит к значительным экономическим и временным затратам.

В связи с чем, замысел настоящей работы состоит именно в детальной проработке технологических параметров процесса газофазного осаждения на основе сочетания многостадийного математического моделирования с экспериментальными исследованиями. Разработанный математический аппарат базируется на уравнениях Навье-Стокса для многокомпонентной реагирующей газовой смеси, а также на уравнениях химической кинетики (в частности, учитывает уравнение Аррениуса на реакционных поверхностях). Рассматривается иерархический подход к описанию структурных особенностей заготовки материала для моделирования на макро и микро уровне с учетом внутренней неоднородности порового пространств. На основе структурных, порометрических исследований с использованием метода осреднения и выделения структурной ячейки удалось построить представительные микрообъемы исходного материала заготовки для последующего математического моделирования процесса газофазного осаждения керамической составляющей матрицы. Предложенный многоуровневый подход математического моделирования позволяет спрогнозировать и адаптировать технологические параметры процесса газофазного осаждения на стадии окончательного производства деталей из ККМ необходимой структурной однородности.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.т.н., профессору Резнику Сергей Васильевичу за консультацию при выполнении данной работы.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке по гранту Президента Российской Федерации МК-6573.2013.3.

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЖАРОПРОЧНОЙ МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ 10Х10К3В2МФБР В ПРОЦЕССЕ ПОЛЗУЧЕСТИ

Мишнев Р.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

e-mail: mishnev91@mail.ru

Проблема повышения КПД энергоблоков за счет повышения параметров пара до сверхкритических (T=650°C, P=30-35 МПа) в настоящее время достаточно актуальна, это требует внедрения новейших жаропрочных материалов. Повышение характеристик жаропрочности сталей возможно на основе новых принципов легирования, при которых неравновесная структура сохраняет свою стабильность при высоких температурах и напряжениях за счет устойчивых к коагуляции наноразмерных частиц вторичных фаз, подавляющих миграцию межзеренных границ.

В данной работе проводилось исследование перспективной стали мартенситного класса 10Х10К3В2МФБР, созданной на основе широко используемой стали P92 за счет модификации химического состава (добавление 3% Co, повышение содержания B до 0,008%, а также снижение содержания N с целью предотвращения образования нежелательной фазы BN).

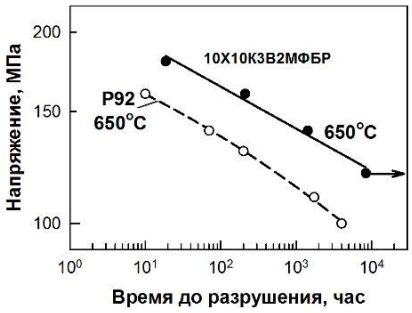


Рис. 1. Зависимость времени до разрушения от приложенного напряжения для стали 10Х10К3Ф2МФБР и стали P92 [1].

Установлено, что сталь модифицированного химического состава демонстрирует более высокое сопротивление ползучести при T=650°C, чем сталь P92 (рис.1). Линейная зависимость времени до разрушения от напряжений исследуемой стали свидетельствует о действии единого механизма ползучести при всех исследуемых напряжениях 180-120 МПа. Так, даже при 120 МПа сталь 10Х10К3В2МФБР не демонстрирует деградации прочностных свойств.

Проведение структурных исследований позволило предположить, что высокое сопротивление ползучести стали обусловлено повышенным твердорастворным и дисперсионным упрочнением по сравнению со сталью P92. Так, легирование кобальтом обеспечивает твердорастворное упрочнение. Бор замедляет коагуляцию наноразмерных карбидов $M_{23}C_6$ (70 нм), входя в их состав, что повышает стабильность карбидов во время ползучести, сдерживающих миграцию межзеренных и реечных границ. Кроме того, стабильные карбонитриды NbC (30 нм) обеспечивают упрочнение внутри мартенситных реек.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф.-м.н. Дудовой Н.Р.

ТРИАНГУЛЯЦИЯ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ С ТВЕРДЫМИ РАСТВОРАМИ

Моглоева С.Н.

Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

Согласно В. Гюртлеру (Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. 1978, с. 214), при наличии двух бинарных соединений возможны два варианта триангуляции тройной системы. Между тем, Р. Коннел (J. Phase Equilibria. 1994. Vol. 15, No 1. pp. 6-19.) отрицает образование квазибинарного разреза бинарными соединениями. Для прояснения ситуации строились диаграммы и анализировались матбалансы (рис.1).

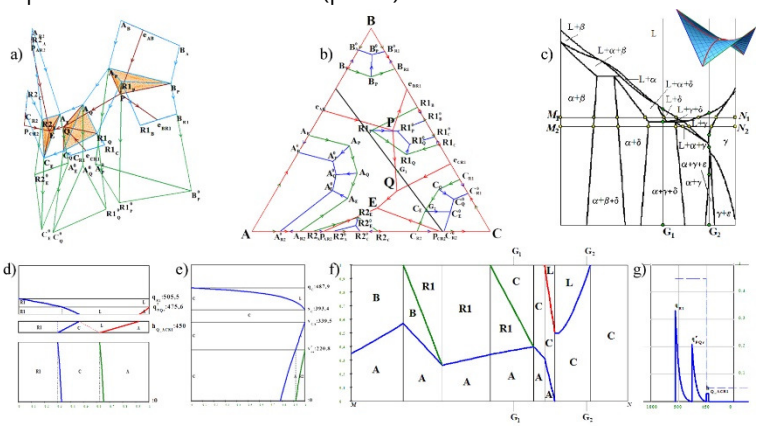


Рис 1. Трехфазные области (*a*) и проекции нелинейчатых поверхностей (*b*) диаграммы $e_{AB}>p_{AR2}>p_{CR2}>P>e_{BR1}>e_{CR1}>Q>E$ с матбалансами изоплеты M(0.3;0.7;0)N(0.2;0;0.8) (c) при T=430° (f); вертикальные матбалансы для составов G_1(0.242;0.289) (*d*) и G_2(0.215;0.105) (*e*); имитация спектров ДТА и электропроводности для G_1 (g)

Для формирования контуров поверхностей ликвидуса, солидуса и сольвуса первой диаграммы (рис. 1,*b*) соответствующие им элементы контуров на линейчатых поверхностях (рис. 1,*a*) дополнялись точками плавления фаз и обозначениями твердофазной растворимости при начальной температуре. От первого температурного ряда (рис.1) очередность инвариантов второй диаграммы ...$>e_{BR1}>Q2>e_{CR1}>Q1>E$ (рис.2,*a*) отличается сменой типа верхнего четырехфазного комплекса P на Q. В третьей диаграмме все четырехфазные инварианты квазиперитектические (рис.2,*b*).

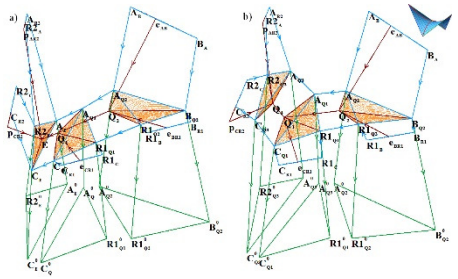


Рис 2. Трехфазные области T-x-y диаграмм с изменениями ...$e_{BR1}>Q_2>e_{CR1}>Q_1>E$ (*a*) и ...$Q_3>e_{BR1}>Q_2>Q_1>e_{CR1}$ (*b*) исходного температурного ряда (рис.1)

Таким образом, триангуляция тройных систем с граничными растворами на основе компонентов и соединений, по сути, сводится к разбиению их изотермических разрезов на фазовые области с различным числом твердых фаз.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., профессору В.И. Луцыку.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Молчанов Е.С.

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

e-mail: molchan_n.f@mail.ru

В настоящее время углепластики (УП) на основе термореактивных связующих являются наиболее перспективными конструкционными материалами для применения в авиакосмической технике, автомобилестроении, судостроении, медицинской технике. Они наиболее полно отвечают комплексу требований, включающему одновременное сочетание в себе высокой прочности и жесткости, хорошей стойкости к динамическим нагрузкам и малой массой, обладают высокими значениями длительной прочности и обеспечивают повышенную надежность конструкции. Недостатки УП на основе термореактивных связующих, а именно хрупкость и невысокие значения трансверсальной и сдвиговой прочности, могут быть устранены созданием многокомпонентных материалов или композитов комбинированного наполнения, в которых непрерывное углеродное волокно сочетается с термореактивным связующим, в объеме которого равномерно распределены наночастицы.

В данной работе было изучено влияние наночастиц различной структуры (углеродные или силикатные) и морфологии (плоские или трубчатые) на механические свойства эпоксидных связующих, а также УП на их основе.

Результаты исследований показали перспективность модификации добавками наночастиц эпоксидных связующих для повышения эксплуатационных свойств армированных пластиков, в частности углепластиков, и технологии их получения. Модификация связующего наночастицами – монтмориллонит (ММТ), галлуазит (НТ), углеродные нановолокна (УНВ) или наноконусы (СС) позволило получить достаточно равномерное и эффективное распределение наночастиц в объеме полимерной матрицы. Однако, высокая степень адгезионного взаимодействия силикатных наночастиц к эпоксиполимеру приводит, с одной стороны, к повышению упругих характеристик полимера при его наполнении и, соответственно, модулю упругости при сдвиге углепластика, а с другой – к его заметному охрупчиванию, что приводит, в конечном счёте, с снижению вязкости межслоевого разрушения углепластика. Для углеродных наночастиц типа УНВ или СС характерным является (данные электронной микроскопии) более слабое в сравнении с силикатными частицами адгезионное взаимодействие с эпоксидной матрицей, что обуславливает более высокие значения G_{1C}. Механизм действия наночастиц на свойства волокнистых композиционных материалов на основе таких нанокомпозитных матриц требует, тем не менее, дополнительных исследований.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям д.ф.-м. наук Юдину В.Е. и д.х.н. Кыдралиевой К.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ЗЕРЕН В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОМ ТИТАНЕ МАРОК ВТ1-0 И GRADE 4

Морозова А.И.

НОИЦ «Наноструктурные материалы и нанотехнологии», ФГАОУ ВПО НИУ«БелГУ», г. Белгород, Россия

e-mail: generator_idey@mail.ru

Наноструктурированный (НС) технически чистый титан находит всё большее применение в качестве материала для изготовления имплантатов в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и травматологии.

В настоящей работе исследована кинетика роста зерен и определены величины энергий активации собирательной рекристаллизации наноструктурированного титана марок ВТ1-0 и Grade 4. Наноструктурированное состояние в материалах получено воздействием интенсивной пластической деформации (поперечно-винтовая прокатка). После деформации материалы подверглись отжигу для снятия внутренних напряжений. Исследуемые образцы отжигали при температурах 580-803 К от 15 минут до 700 часов. Величина элементов зеренно-субзеренной структуры рассчитывалась методом секущей с использованием изображений сканирующей просвечивающей электронной микроскопии. Установлено, что кинетика и температурная зависимость роста зерен подчиняется закону $D^n - D_0^n = A_n t \exp(-\frac{Q}{RT})$, D_0- исходный размер зерна, D - конечный, Q - энергия активации рекристаллизации, R, A - постоянные, T - абсолютная температура. Экспериментально определенная величина степенного показателя n=3. Совмещенные температурные зависимости скорости роста зерен в НС титане марок Grade 4 и ВТ1-0 при n= 3 приведены на рисунке 1.

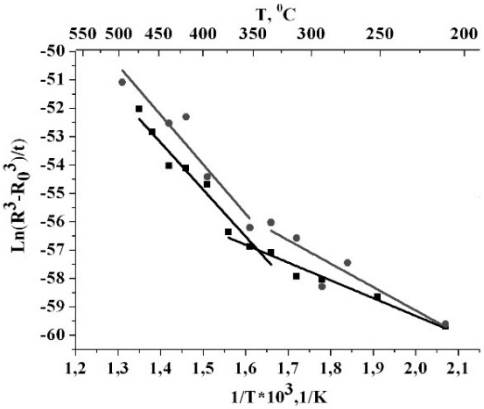


Рис. 1. Температурная зависимость скорости роста зерен в Grade 4 (круглые точки) и ВТ1-0 (квадратные точки).

Низкотемпературный диапазон роста зерен (T<623K) характеризуется величиной энергии активации 51±4 кДж/моль и 62±11 кДж/моль титана марки ВТ1-0 и Grade 4 соответственно. В интервале температур 623-723 К рост зерен можно считать нормальным, при этом определяемая из эксперимента энергия активации для ВТ1-0 составляет 150±10 кДж/моль, а для Gr4 – 150±30 кДж/моль. Выше указанного интервала температур развиваются процессы вторичной рекристаллизации.

Основное отличие в марке титана Grade 4 от ВТ1-0 – повышенное содержание кислорода, как упрочняющего элемента (0,38 все. % против 0,14 вес. %). Повышенное содержание кислорода не приводит к снижению скорости роста зерен или повышению термостабильности титана. Кроме того, снижение в 2,5 раза энергии активации роста зерен при температурах ниже 600 К в НС состоянии по сравнению с крупнозернистым оказывается одинаковым для двух исследованных материалов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Иванову М.Б., Манохину С.С., Колобову Ю.Р.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания вузам №2.3315.2011.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ, ТИТАНА И ЖЕЛЕЗА

Мошков А.В.

Владимирский Государственный Университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ), г. Владимир, Россия

e-mail: parkourblaze@mail.ru

В настоящее время наноструктурирование или создание на основе различных металлов нанокомпозитов наиболее перспективные пути повышения физико-механических свойств материалов конструкционного и функционального назначения.

Одним из перспективных направлений в этой области является создание новых наноструктурных композиционных материалов с металлической матрицей упрочненных и модифицированных углеродными наноструктурами: нанотрубками и нановолокнами.

В качестве основы были выбраны порошковые материалы: титан(Ti), медь(Cu) и железо(Fe), химический состав которых соответствует технически чистым материалам.

Смешение порошков металла с углеродными нанотрубками осуществлялось в планетарной мельнице в течение 15 минут при скорости вращения 400 оборотов в минуту. Полученная смесь спекалась в печи, в атмосфере воздуха, при температуре 1200°С. Из полученных заготовок, после механической обработки, изготавливались образцы для проведения механических испытаний и структурных исследований.

Установлено, что введение УНТ в медь приводит к повышению твердости в среднем на 50-60%. (эталонный образец имел твердость 41 HB, медь модифицированная наноуглеродом 67 HB) при, практически, одинаковых значениях плотности образцов имеющей значение 7,88 -8,19 г/см3

Механические испытания образцов на растяжение, изготовленных из нанокомпозитов на основе титана, также показали перспективность введения наноуглерода. На модифицированном титане с различным содержанием углеродной фазы (от 0,24% до 0,5%) были достигнуты значения предела прочности: 600-670 МПа, соответствующие промышленному сплаву марки ОТ4-1, обладающего высокой коррозионной стойкостью, но при этом низкой прочностью.

При создании композита на основе железа была выбрана концентрация наноуглерода 4,5% по массе. После спекания достигнуто значение микротвёрдости от 250 до 370 HV кгс/ мм2. Исходя из этого можно сказать, что в процессе спекания формирование композитной структуры возможно только в интервале температур ниже температуры образования жидкой фазы.

В дальнейшем планируется продолжить исследования в данном направлении и добиться более высоких показателей эффективности композиционных материалов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Захарову В.Д., Ваганову В.Е., Подлесному А.В., Мишину В.А., Зотову О.Ю.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЕМ В ИНДУКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ НАГРЕВА ВРАЩЕНИЕМ

Муратов А.А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: sanyamuratov@yandex.ru

В промышленности применяют различные технологии горячей обработки цветных металлов давлением. Одним из методов горячей обработки давлением является прессование профилей. Перед прессованием заготовку нагревают от комнатной температуры до 400 – 500 °С, что способствует повышению пластичности металла. В установках для получения алюминиевого профиля широко используются индукционные нагреватели, которые предварительно нагревают алюминиевые заготовки перед экструзией. КПД обычного индукционного нагревателя не превышает 50-60 %. Существенно увеличить КПД (до 90 %) индуктора можно путем использования технологии нагрева заготовок вращением в постоянном магнитном поле. Вращение заготовки в постоянном магнитном поле приводит к индукции вихревого тока и тепловой энергии в ней. На данный момент в мире уже существует несколько установок, использующих вышеописанный метод, но в них не предусмотрена возможность управления температурным полем.

Оптимальный процесс нагрева нуждается в точном проектировании индуктора или постоянных магнитов. Математическое моделирование является удобным инструментом для оптимального проектирования нагревателей и включает в себя преобразование инженерного описания проблемы в четкую математическую постановку, разработку модели, используя численный метод [1].

Для электромагнитного и теплового анализа индукционных систем нагрева заготовок вращением в постоянном магнитном поле была создана трёхмерная численная модель, включающая скорость вращения и все нелинейные физические свойства материалов. Полученные результаты показывают, что температурное поле вращательной симметрии будет окончательно сформировано только за счет вращения заготовки и может быть сильно неоднородным по ее длине. При рассмотрении индукционной системы электромагнитные краевые эффекты приводят к перегреву концов заготовки. Результаты трёхмерного моделирования показали, что однородный температурный профиль может быть получен за счет специального набора активных и пассивных средств управления температурным полем.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за научное руководство и консультации в процессе выполнения работы заведующему кафедрой электротехнологической и преобразовательной техники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» д.т.н., проф. Блинову Ю.И. и к.т.н., доц. Галунину С.А.

Литература

1. Галунин С.А., Никаноров А.Н., Муратов А.А., Блинов Ю.И., Орлов А.С. Исследование методов управления температурным полем в системах нагрева алюминия перед прессованием / Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». № 9/2012. С. 87-93.

РЕЦИКЛИНГ ПОЛИСТИРОЛА

Мусафирова Г.Я.
Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь
e-mail: musafirova_gy@grsu.by

В настоящее время практически нет ни одной отрасли народного хозяйства где бы не нашли применения полимерные материалы. Рост объемов производства и потребность в таких материалах приводит к постоянному увеличению полимерных отходов, но у этих синтетических продуктов есть серьезный недостаток: они, в отличие от многих природных материалов, выполнив свои функции, не уничтожаются под действием окружающей среды, а продолжают существовать в виде долгоживущих отходов, причиняя непоправимый ущерб природе.

Из различных способов рециклинга вторичных полимеров широко применяются – сырьевой рецикл, деградация, сжигание и материальный рецикл, который является наиболее оптимальным для нашей страны.

С использованием оригинального метода подбора взаимодействующих компонентов по признаку термодинамической совместимости разработаны материалы защитно-герметизирующего назначения на основе вторичного полистирола, каучука синтетического натрийбутадиенового и нефтяного битума, обладающие высокой герметизирующей способностью, адгезией к металлу, дереву, бетону, стойкостью в средах, а также клеи на основе вторичного полистирола и отходов пенополистирола с высокой адгезионной способностью к дереву и бетону.

Разработанные герметики представляют собой растворенную (совмещенную) при стандартных условиях смесь вторичного ударопрочного полистирола (отходов пенополистирола) и каучука синтетического натрий бутадиенового в соотношении (2-3):1 [1], а также отходы пенополистирола (в. т.ч. вторичный ударопрочный полистирол, каучук синтетический натрийбутадиеновый и нефтяной битум – в соотношении (6,5-7):(2-2,5):1 [2]. Эффект совмещения разных по физико–химической природе полимеров достигается за счет рассчитанных графическим методом оптимально-совместимых смесей экологически безопасных растворителей [1, 2].

Полученные материалы прошли опытно-промышленную проверку на отечественных строительных и машиностроительных предприятиях: «Завод сборного железобетона №5» (г. Гомель), «Транспортный РУП» (г. Гомель), «Опытно – механический завод» (г. Пинск), ОАО «Гидросельмаш» (г. Пинск). Проведенная на предприятиях опытно-промышленная проверка разработанных материалов, показала их конкурентоспособность, ресурсосберегаемость, способствовала утилизации отходов полистирола и пенополистирола и внедрению разработанных материалов и технологических регламентов на их изготовление, что подтверждается актами о внедрении.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору А.С. Неверову.

Литература

1. Патент РБ № 7687 от 16.08.2005 г. по заявке № a20020400. // Полимерная композиция для защитно–герметизирующих покрытий / Мусафирова Г.Я., Неверов А.С. (BY)
2. Патент РБ № 10284 от 28.09.2007 г. по заявке № a20050163. // Полимерная композиция для защитно–герметизирующих покрытий / Мусафирова Г.Я., Неверов А.С. (BY)

МИКРОПЛАСТИЧЕСКАЯ И ЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПРИ РАЗНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 03Н18К9М5Т-ЭЛ

Мыльников В.В.
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия
e-mail: mrmylnikov@mail.ru

Многочисленные исследования по микропластической и циклической деформации металлов и сплавов не дают достаточной информации о природе и кинетике их взаимодействия. В настоящее время не удается предвидеть всех сложных физических явлений, происходящих в инструментальных сталях при различных видах нагружения.

Целью работы являлось определение закономерностей изменения показателя сопротивления и предела усталости с параметрами микропластической деформации при различных температурах отпуска стали 03Н18К9М5Т-ЭЛ.

Испытания на циклическую нагрузку образцов прямоугольного сечения 5х22 мм с рабочей длинной равной 43 мм проводили на резонансном электромагнитном стенде с частотой 240 Гц. Кроме предела усталости (σ_{-1}), показателем сопротивления циклическому нагружению считался наклон левой ветви кривой усталости к оси циклов.

Прочность стали уменьшается с понижением температуры отпуска после закалки с 550 ^{0}С до 300 ^{0}С. Предел усталости изменится при этом от 730 МПа при температуре отпуска 550 ^{0}С до 480 МПа при температуре 300 ^{0}С, но при 200 ^{0}С предел усталости составил 525 МПа. Монотонность снижения параметра σ_{-1} была нарушена. Предел усталости увеличивается за исключением некоторых «выпадов».

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим учителям и коллегам профессору Шетулову Д.И. и профессору Чернышову Е.А.

ФРАГМЕНТАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ НИКЕЛЕВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИСФИТА ФАЗ

Назаркин Р.М.

ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, г. Москва, Россия

e-mail: admin@viam.ru

Контроль качества отливок - важная задача при производстве изделий из монокристаллических сплавов. Несовершенство монокристалла может приводить к ошибкам при определении параметров кристаллических решеток фаз жаропрочных сплавов.

Мисфит (несоответствие параметров кристаллических решеток γ - твердого раствора и γ'-интерметаллидной фазы), занял место среди критериев оценки свойств материала.

Влияние рефлексов-сателлитов (от фрагментов) на дифракционную картину экспериментального (222) Fe Kα рефлекса, как показано на рис. 1 и 2, может иметь различную форму, имитируя дублет K_α излучения; а фрагментарность объекта рис.2, выражена менее чётко, но проявляется в неравенстве для левого синглета соотношения интенсивностей дублета.

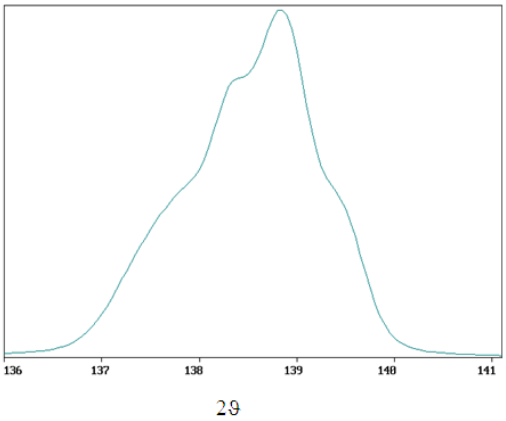


Рис.1. Дифрактограмма: Сплав ВЖМ4.

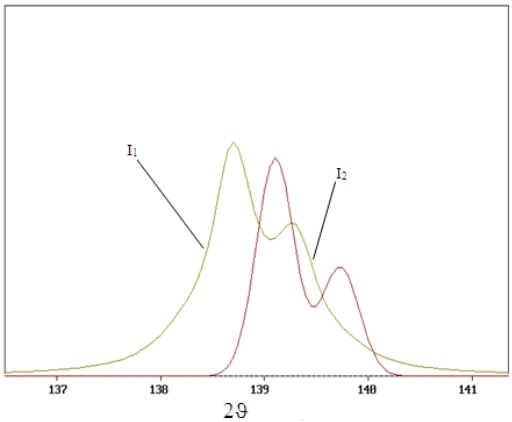


Рис.2. Дифрактограмма. Сплав ЖС32.

Достоверность результата определения мисфита может быть обеспечена анализом всего спектра рефлексов фрагментов, образующих монокристалл. Процедура записи рефлексов от фрагментов, состоит в следующем. При неподвижном детекторе дифрактометра, установленном в положении угла Брегга для рефлекса 2ϑ (222) или 2ϑ (004)), сканируется интенсивность зоны отражений (I >0) в интервале $\vartheta \pm \alpha$, где α - граница зоны рассеяния для направления роста кристалла (обычно (111) или (001)). В процессе сканирования образец вращается в собственной плоскости в дифрактометрической приставке и вокруг оси гониометра. Когда фрагментация монокристалла обнаружена и оценена, определение мисфита выполняется посредством стандартной методики для фрагмента монокристалла с самой совершенной субструктурой.

Методика позволяет решать две задачи, возникающие при производстве жаропрочных сплавов: определение качества литой заготовки – выявление фрагментации монокристалла; определение параметров кристаллической решетки γ - и γ'- фазы, что необходимо для вычисления мисфита фаз и прогнозирования поведения жаропрочного сплава.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику РАН Е.Н. Каблову за научное руководство, д.т.н. А.И. Самойлову за ценные методические рекомендации и д.т.н. Н.В. Петрушину за предоставленные жаропрочные сплавы.

БИОСОВМЕСТИМЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ «ПОДЛОЖКА/ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ» НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА

Насакина Е.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: nacakina@mail.ru

Никелид титана известен своими уникальными механическими свойствами, подобными поведению живых тканей, однако содержит в своем составе никель, способный вызывать неблагоприятные реакции организма, что ограничивает возможности его применения в качестве медицинского материала. Актуальным способом решения этой проблемы является создание одномерных композитов «подложка — нитинол/ поверхностный слой из материала с высокой коррозионной стойкостью и биосовместимостью».

В данной работе были получены образцы композитов с танталовыми поверхностными слоями и основой из нитинола методом магнетронного распыления в газовой среде аргона при остаточном и рабочем давлении ~ $6x10^{-3}$ Торр и ~ $2,7x10^{-3}$ Торр, соответственно, и температуре подложки ~ 100 ^{o}C. Аксиальный магнетрон с мишенью из химически чистого тантала работал при дистанции напыления порядка 10 и 15 см на постоянном токе 863 мА при напряжении ~ 400 В в течение 2 ч при напряжении смещения 1000 В. Перед напылением подложки подвергались предварительному ионному травлению (очистка, активация и полировка поверхности при бомбардировке ионами аргона). Химический, структурный и фазовый состав образцов определяли с помощью рентгеновской дифрактометрии и сканирующей электронной микроскопии.

Образцы отличались наличием четко выраженного, равномерного по структуре танталового слоя без примесей, толщина которого зависела от дистанции напыления: при расстоянии в 10 см был получен слой ~ 6,5 μм, при 15 см - 4 μм. При этом небольшое содержание тантала наблюдалось до глубины ~ 11 μм, что свидетельствует о наличии переходного слоя, обеспечивающего хорошую адгезию поверхностного слоя и нитиноловой подложки.

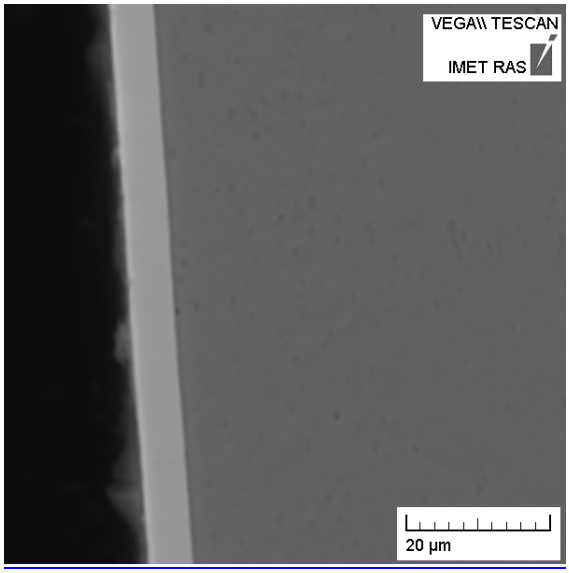


Рис. 1. Поверхностный слой из Та на нитиноле, полученный при дистанции напыления 10 см

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность А.Г. Колмакову, В.Т. Заболотному, А.Б. Гончаренко.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО БИОМАТЕРИАЛА

Насакина Е.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: nacakina@mail.ru

Наноматериалы обладают уникальными свойствами, и потому находят сейчас все более широкое применение, в том числе и в медицине. Однако это же отличие от макроструктурных материалов требует к себе внимательного отношения и тщательного изучения.

В данной работе материалом исследования служил наноструктурированный нитинол (в макроструктурном состоянии — популярный медицинский материал с уникальными механическими свойствами, очень схожими со свойствами живых тканей (сверхэластичность, эффект памяти формы, закон запаздывания)) состава 55,91 вес. % Ni – 44,03 вес.% Ti в виде проволоки диаметром 280 мкм. Для коррозионных испытаний использовались образцы трех видов: исходного нитинола, его же после термической (отжиг при 450 ^{o}C) и механической (поверхностной) обработки; которые помещались в растворы имитирующие кислотность нескольких физиологических жидкостей в статических условиях. Были подобраны соответствующие стандартные буферные растворы с pH 1,68, 3,56, 4,01 и 9,18 и «природный» 0,9 масс % раствор хлорида натрия (или физраствор, pH ~ 7). Замеры концентрации элементов в исследуемых растворах производились через 10, 25, 45, 60, 75, 236, 287, 704 и 754 дней от начала эксперимента (т.е. внесения образцов в буферные растворы). Анализ проб проводился на последовательном атомно–эмиссионном спектрометре с ИП «HORIBA Jobin Yvon».

Согласно результатам исследований всех образцов в растворе с pH 9,18 выход металлов в раствор ниже или равен пределу обнаружения за все время исследования (но есть). В растворах с кислотностью 1,68 – 7,39 в случае всех образцов нитинола концентрация ионов металлов со временем увеличивается, но зависимость носит нелинейный ступенеобразный характер: стравливание металлов с поверхности идет активно и относительное увеличение концентрации понижается незначительно в областях 0 - 45 и 75 - 290 дней, между ними почти устанавливается плато, после 290 дней рост концентрации также незначителен. Во всех средах выход ионов никеля больше, чем титана, но незначительно, и выход ионов никеля много меньше значений, приводимых по нитинолу микроструктурному, данных о выходе ионов титана - нет. Можно высказать предположение, что наличие наноструктуры оказывает двоякое влияние на коррозионную стойкость нитинола: поврежденные наноразмерные зерна на поверхности при «вымывании» из них никеля, разрушаясь, выпускают в раствор и большие количества титана. При сравнении влияния вида обработки на коррозионную стойкость образцов весьма заметно, что наиболее коррозии подвержены образцы после отжига, а вот механическая обработка сильно увеличивает коррозионную стойкость исходного нитинола (как и ожидалось). Закономерность сохраняется во всех средах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность А.Г. Колмакову, В.Т. Заболотному, А.Б. Гончаренко.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ТИТАНА ВТ1-0, ПОЛУЧЕННОГО СОЧЕТАНИЕМ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ И ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТОК

Нарыкова М.В.

ФГБУН ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: Maria.Narykova@mail.ioffe.ru.

В данной работе приводятся результаты исследования двух партий (601 и 801) субмикрокристаллического (СМК) технического титана ВТ1-0, полученных с использованием метода интенсивной пластической деформации (ИПД), сочетающего поперечно-винтовую и продольную прокатки в [1]; исходным перед ИПД для партии 801 являлось горячекатаное радиально-сдвиговой прокаткой состояние, а для партии 601 – волочение.

Структурные исследования показали, что в прутках партий 801 и 601 было сформировано СМК состояние со средним размером элементов зеренно-субзеренной структуры 0.18±0.01 и 0.19±0.06 мкм соответственно. Результаты изучения механических свойств и плотности партий 601 и 801 ВТ1-0 представлены в таблице.

Партия	d, мкм	ρ, г/см^3	σ_B, МПа	σ_s, МПа	Hv	$\sigma_{о.в.}$, 10^7, МПа
801	0.18	4.5026	850	670	270	252
601	0.19	4.4930	900	722	270	214

Формирование СМК структуры в ВТ1-0 с использованием указанного метода приводит к значительному (почти в два раза) повышению предела прочности и текучести по сравнению с исходным состоянием (460 и 376 MPa). При этом указанные механические характеристики для партий 601 и 801 отличаются менее чем на 10%, а размер зерен (d) практически одинаков. В то же время предел ограниченной выносливости ($\sigma_{о.в}$) партии 801 заметно больше, чем для партии 601.

Существенное различие по плотности партий 801 и 601 ($\Delta\rho/\rho$=0.2%) связано, очевидно, с тем, что для партии 601 характерна более высокая концентрация нанопор, которые образуются в СМК металлах при ИПД [2, 3]. Действительно, исследования, проведенные методом малоуглового рентгеновского рассеяния, свидетельствуют о повышенном количестве неоднородностей электронной плотности партии 601 в сравнении с 801, характерный размер которых составляет около 20 нм. Как было показано в [2], на характеристики «кратковременной» прочности (предел прочности, микротвердость) нанопористость практически не влияет, но существенно понижает долговечность микрокристаллических материалов. С этой точки зрения более низкое значение $\sigma_{о.в}$ для партии 601 относительно 801 связано именно с более высокой концентрацией нанопор, развитие которых при длительных испытаниях и ведет к существенному снижению работоспособности.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н., проф. Бетехтину В.И. и д.ф.-м.н., зав. лаб. физики прочности ФТИ им. А.Ф. Иоффе Кадомцеву А.Г. за научные консультации.

Литература

1. Иванов М.Б., Пенкин А.В., Колобов Ю.Р. и др.// Деформация и разрушение материалов. 2010. №9. С. 13-18.
2. Бетехтин В.И., Sklenicka V., Кадомцев А.Г. и др. // ФТТ. 2010. Т.52. В.8. С.1517-1523.
3. Бетехтин В.И., Колобов Ю.Р., Нарыкова М.В. и др. // ЖТФ. 2011.Т.81. В. 11. С. 58-63.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-02-31575 «мол_а».

ВЛИЯНИЕ АНТИПИРЕНОВ – ГИДРОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И МАГНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ НА СТРУКТУРУ, ГОРЮЧЕСТЬ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕН-ДИЕНОВОГО КАУЧУКА (ЭПДК)

Наумов И.С.

ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, г. Москва, Россия

e-mail: isn_ariam@mail.ru

Резины на основе этилен-пропилен-диеновых каучуков (ЭПДК) обладают повышенной стойкостью к тепловому, озонному и световому старению, а также хорошей морозостойкостью при сохранении приемлемого уровня физико-механических показателей. Это позволяет рекомендовать их к широкому использованию для создания уплотнительных профилей различного назначения для строительной, автомобильной и авиационной промышленности.

Однако, все резины на основе ЭПДК обладают низкой огнестойкостью (являются сгораемыми материалами, согласно Авиационным правилам АП-25). Это обстоятельство, в свете ужесточения требований к авиационным материалам по пожарной безопасности, может привести к дальнейшему запрету на использование уплотнительных резин на основе ЭПДК в узлах конструкции летательных аппаратов.

Использование антипиренов на основе гидроксидов металлов (алюминия, магния), в отличие от других антипиренов (в частности, галогенсодержащих), не наносит вреда здоровью человека вследствие отсутствия в их составе летучих канцерогенных соединений. Их антипирирующее действие основано на эндотермическом отщеплении молекул воды при воздействии пламени. Образующийся водяной пар, в свою очередь, препятствует доступу кислорода к зоне горения. Однако, несмотря на столь ощутимое достоинство, гидроксиды металлов обладают двумя существенными недостатками – крупным размером частиц (как правило, десятки микрон) и необходимостью их введения в больших дозировках для достижения эффекта самозатухания материала. Это приводит к резкому ухудшению физико-механических характеристик полимерных материалов.

В данной работе было изучено влияние антипиренов – гидроксидов алюминия и магния – стандартных и тонкодисперсных (новых марок) на структуру, горючесть и физико-механические характеристики уплотнительной резины на основе ЭПДК. Показано, что наилучшее сочетание структуры и свойств демонстрирует резина, наполненная гидроксидом магния со структурированной поверхностью марки «Экопирен 3,5С» от отечественного производителя.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность компаниям: ГК «ЕТС» и ООО «Русское горно-химическое общество» за любезно предоставленные образцы антипиренов, научному руководителю, д.т.н., проф. А.П. Петровой за оказанную поддержку в работе, руководству ИНОЦ «Новые материалы, композиты и нанотехнологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана за активное соучастие в работе (электронные микрофотографии образцов резины).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ СМАЗОЧНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Нгуен Х.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: nguyenhuynh@mail.ru

Наноразмерные компоненты присадок к моторным и трансмиссионным маслам, так называемые "реметализанты" составляют заметный сегмент современного рынка автохимии, хотя их качество в зависимости от состава, производителя и условий испытаний могут значительно отличаются. В связи с этим, представляется актуальным проведение научных исследований и испытаний в сопоставимых условиях для выявления влияния наночастиц мягких металлов, их сплавов и смесей на функциональные и, прежде всего, смазочные свойства моторных, и трансмиссионных масел.

Объектами исследования в настоящей работе являлись товарные препараты, содержащие порошки металлов: «Resurs - T», «R1metal – T», «R1metal», «RiMET Nano», «Plamet». В качестве основы металлоплакирующих смазочных материалов использованы вазелиновое масло, моторные масла (синтетическое масло Castrol Manatex 5w-40 C3 и полусинтетическое Castrol Manatex 10w-40 A3/B4) и трансмиссионное масло Castrol ATF. Физико-химические исследования размеров и формы частиц металлоплакирующих компонентов смазочных материалов и поверхностей трения, а также триботехнические испытания выполнены на современном оборудовании с использованием стандартных методов.

Результаты седиментационного анализа позволяют утверждать, что все исследованные продукты содержат в своем составе частицы со средним диаметром около 100 нм. По данным рентгенофлуоресцентного анализа все исследованные препараты в качестве основного компонента содержат Cu, достоверно идентифицируются Sn, что соответствует анонсам производителей, а также S и Mo (возможно из неуказанного в составе MoS_2), в тоже время, наличие Ag, указанного в спецификациях на Resurs-T, R1metal-T, R1metal и RiMET Nano не подтверждается результатами анализа. Триботехнические исследования показали, что добавление реметализантов, в различные по своей природе масла, независимо от геометрии фрикционного контакта, не приводит к образованию визуально наблюдаемой медной пленки, не компенсирует износа, хотя и приводит к увеличению нагрузки сваривания – P_c по ГОСТ 9490 – 75. Триботехническая эффективность всех исследованных металлоплакирующих добавок зависит от природы смазочной основы и усиливается при переходе в ряду: вазелиновое масло, трансмиссионное масло, синтетическое и полусинтетическое моторное масло.

Предварительные исследования топографии поверхности трения методом сканирующей АСМ и физико-механических свойств методом наноиндентирования на образцах полученных при больших концентрациях металлоплакирующих добавок, позволяют связать механизм смазочного действия с реализацией эффекта безызносности при трении за счет ее (пленки) наноструктуры с необычным сочетанием механических свойств: сверхтвердостью на сжатие и сверхпластичностью на сдвиг.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Кужарову А.С.

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИК НАГРЕВА

Нгуен Хонг Вьет

НИТУ "МИСиС", г. Москва, Россия

Полиакрилонитрила обладает уникальными физико-химическими свойствами, которые могут сильно изменяться в зависимости от состава, способа получения и выбора модифицирующих элементов Типы гибридизации sp^1, sp^2 и sp^3 химических связей атомов С и присутствие атомов N в углеродном материале (УМ) на основе термообработанного полиакрилонитрила (ПАН) предполагает возникновение новых перспективных физических и химических свойств для использования в устройствах электроники.

Цель работы заключается в исследовании влияния [N] и [H] в УМ на стабильность химической структуры при ИК-нагреве.

ПАН ($M\eta=1x10^5$), синтезированной по окислительно-восстановительной методике, с помощью ИК нагрева на установке QHC-P610CP превращали в УМ. Полуэмпирическая схема MNDO использована для расчета молекулярной структуры УМ с помощью 03 программного пакета GAUSSIAN. Элементный анализ образцов проводили с помощью методов атомно-абсорбционной спектроскопии и пиролизной хроматографии на спектрометре AAS-30 и на хроматографе “Carlo Erba”, соответственно. При ИК нагреве в ПАН происходят химические и структурные превращения с образованием УМ, содержащего атомы С, N и H. Представляет интерес для контролируемого синтеза УМ с перспективными физико-химическими свойствами стабильность структуры УМ на основе ПАН от содержания атомов N и H. Рассмотрены четыре возможных варианта монослоя УМ $C_{46}N_{14}H_{10}$, $C_{44}N_{16}H_{12}$, $C_{44}N_{16}H_{22}$, $C_{42}N_{18}H_{14}$, содержащие различное количество атомов N и H. С помощью моделирования установлено, что увеличение содержания N в УМ от 14 до 18 атомов приводит к уменьшению $E_{св}$ от 517,95 до 508,91 эВ; и увеличению ΔI, ΔΘ от 0,176 Å; 12,00 и 0,487 до 0,238 Å; 20,80 и 0,613, соответственно, и способствует искривлению структуры УМ и уменьшению Есв; увеличение содержания H в УМ от 12 до 22 атомов приводит к изменению Есв,ΔI, ΔΘ от 512,54 эВ; 0,234 Å; 15,00 и 0,607 до 512,21 эВ ; 0,230 Å; 17,00 и 0,547, соответственно и повышению химической активности, что предполагает возможность использования углеродного материала в качестве сенсора на присутствие углекислого газа CO_2.

Квантово-химические расчеты подтверждены экспериментальными данными элементного анализа. Увеличение интенсивности ИК-нагрева от 150 до 900^0С способствует уменьшению [N] и [H] от 25 и 6 до 2 и 0,5 масс.%, соответственно.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доценту, д.т.н. Козлову В.В. за руководство по теме работы.

XRD И XANES ИССЛЕДОВАНИЯ Pt/C НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЯЧЕЕК

Невзорова Н.М

Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: nikifor6363@mail.ru

Нанокомпозитные материалы на основе Pt на данный момент являются наиболее перспективными катализаторами для протонно-обменных мембранных топливных ячеек (PEMFC). Pt/C катализаторы были синтезированы методом электрохимической дисперсии и жидкофазного синтеза путем восстановления прекурсоров платины со средним размером частиц 3-30nm. Все полученные образцы Pt/C катализаторов были исследованы методом XRD и электрохимическими методами.

Рентгеноструктурные исследования полученных образцов Pt/C катализаторов проводились на Швейцарско-Норвежской линии Европейского центра синхротронного излучения (SNBL ESRF) с длиной волны λ=0.72287 Å. «In situ» комбинированное (SAXS + WAXS) изучение процессов нуклеации/роста Pt/C наночастиц в области температур 373-573 K было проведено на Датско-Бельгийской линии (DUBBLE, ESRF) и экспериментальные EXAFS спектры были получены в Курчатовском центре синхротронных исследований и нанотехнологий (СТМ, Москва) по выходу флуоресценции.

Экспериментальные спектры XANES за L_3 краем поглощения Pt были получены для наночастиц платины различного размера. Была установлена зависимость спектров поглощения от размера кластеров. Теоретический анализ спектров поглощения был проведен на основе метода многократного рассеяния, реализуемого в программном комплексе Feff 8.2.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.ф-м.н., доценту Яловега Г.Э., консультанту к.ф.-м.н., доценту И.Н.Леонтьеву, д.х.наук, проф. Н.В.Смирновой.

Работа поддержана Российским Фондом Фундаментальных исследований (грант 12-08-01193-а).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРБИДА БОРА С ГЕКСАБОРИДАМИ ЛАНТАНОИДОВ

Несмелов Д.Д.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: dnesmelov@yandex.ru

Ранее было показано, что гетерофазные композиционные термокатодные материалы на основе $Ln B_6$ обладают рядом преимуществ перед однофазными (высокая термостойкость, механическая прочность, плотность тока эмиссии, более низкая температура спекания). Рациональный выбор компонентов, термодинамически и химически совместимых с РЗМ, базируется на информации о фазовых отношениях в квазибинарных системах $Ln B_6$-X, где X – компонент, совместимый с LaB_6: SiC, $Me B_2$, B_4C и др. В большинстве указанных систем установлен эвтектический тип взаимодействия, характеризующийся наличием температурного минимума и формированием специфической структуры эвтектики. Это позволяет получать плотные композиционные материалы методом свободного спекания при более низких температурах ($T_{сп} \geq 0{,}8T_{эвт}$), чем однофазные материалы, получаемые, как правило, горячим прессованием при T>2100°C. Для ряда применений, связанных с повышенной радиационной стойкостью материала, представляют интерес системы $Ln B_6$-B_4C. Карбид бора – высокотвёрдое, тугоплавкое ковалентное соединение, обладающее высоким сечением захвата тепловых нейтронов. Ранее исследована система LaB_6-B_4C [1], описываемая эвтектической диаграммой состояния с $T_{эвт}$=2240±20 и содержанием компонентов (мольные %): 70 B_4C и 30 LaB_6.

Учитывая сходство электронного строения La и Gd и однотипность кристаллической решётки соединений LaB_6 и GdB_6, было сделано предположение, что взаимодействие GdB_6 (обладающего самой низкой работой выхода среди всех лантаноидов – 2,05 эВ) и B_4C также относится к эвтектическому типу при температурах ниже плавления B_4C (2450°C) и перитектического разложения $GdB_6 \rightarrow GdB_4$+Ж (2510°C). Для экспериментальной проверки этого предположения по стандартной керамической (порошковой) технологии были приготовлены образцы в широком интервале концентраций компонентов, определена их температура плавления. Установлено, что концентрационная зависимость температуры плавления имеет минимум. По данным металлографического анализа, сплаву с минимальной $T_{пл}$ соответствует типично эвтектическая структура. Взаимная растворимость компонентов в твёрдом состоянии рентгенографически не зафиксирована. Микротвердость фазовых составляющих соответствует справочным величинам (B_4C - 49 ГПа, GdB_6 - 18,5 ГПа). Таким образом, разрез B_4C-GdB_6 системы Gd-B-C является условно квазибинарным, а описывающая его диаграмма состояния относится к эвтектическому типу с $T_{эвт}$=2100°C и составом эвтектики 61 мол. % B_4C и 39 мол. % GdB_6. Эвтектика, по сравнению с разрезом B_4C-LaB_6, обогащена гексаборидом. Можно отметить корреляцию между $T_{эвт}$ в системах B_4C-GdB_6 и B_4C-LaB_6, температурой плавления и энергией связи B-B соответствующих боридов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность С.С. Орданьян

Литература

1. Орданьян С.С, Юрченко О.В., Вихман С.В. Политермический разрез B_4C-LaB_6 тройной системы La-B-C// Журнал прикладной химии. – 2005. - Т.78, №2. - С. 338-340.

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА Sr-ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕРРОМАНГАНИТОВ РЗЭ.

Нигьматуллина И.И.

Казанский (Приволжский) Федеральный университет, г. Казань, Россия

e-mail: nigmatullina88@yandex.ru

Исследованы структурные и магнитные свойства $Tm_{0.65}Sr_{0.35}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ (x = 0.3–0.4), $YbMnO_3$. $Yb_{0.82}Sr_{0.18}MnO_3$ и твердых растворов $Yb_{0.82}Sr_{0.18}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ (x = 0.1–0.2) методами рентгеноструктурного анализа (РСА), магнитного резонанса (ЭПР), мессбауэровской спектроскопии (ЯГР) и дифференциального термомагнитного анализа (ДТМА). Образцы $Tm_{0.65}Sr_{0.35}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ и $Yb_{0.82}Sr_{0.18}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ приготовлены по стандартной керамической технологии из смеси оксидов A_2O_3 (A= Tm, Yb), Mn_2O_3, Fe_2O_3 и углекислого стронция $SrCO_3$. Железосодержащие образцы обогащались изотопом 57-Fe. Синтез выполнялся в три этапа с промежуточными помолами шихты. Общее время синтеза каждого из образцов - 30 часов.

РСА синтезированных ферроманганитов показал, что все образцы имеют структуру ильменита. В мёссбауэровских спектрах $Tm_{0.65}Sr_{0.35}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ уже при комнатной температуре кроме дублетов наблюдается магнитная СТС, которую мы связываем с магнитным фазовым расслоением. В ЯГР спектрах $Yb_{0.82}Sr_{0.18}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ подобное расслоение наблюдается только при низких (80K) температурах.

Измерения спектров ЭПР $Tm_{0.65}Sr_{0.35}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ и $Yb_{0.82}Sr_{0.18}Mn_{1-x}Fe_xO_3$ в *X*-диапазоне при температурах от 100 до 400K показали, что спектры состоят из двух линий с различным температурным поведением. В области низких температур ширина линии уменьшается, а резонансное значение поля растет при повышении температуры, т.е наблюдается поведение, типичное для суперпарамагнитных частиц (рис.1).

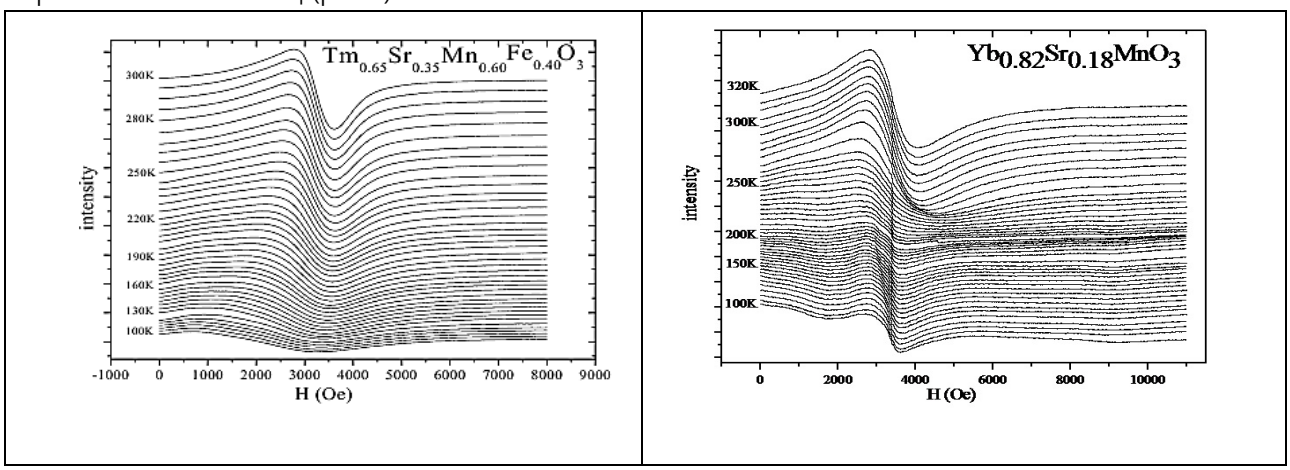


Рис.1. Температурная зависимость положений линий в спектре магнитного резонанса $Tm_{0.65}Sr_{0.35}Mn_{0.6}Fe_{0.4}O_3$ и $Yb_{0.82}Sr_{0.18}MnO_3$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Парфенову В.В. – профессору кафедры ФТТ Института физики К(П)ФУ, Ереминой Р.М. – д.ф.-м.н., снс лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков КФТИ КазНЦ РАН, Ибрагимову Ш.З. – доценту Института экологии и географии К(П)ФУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ ИМПОРТНОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Никитенко О.А.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

e-mail: olganikitenko@list.ru

Развивающаяся высокими темпами промышленность уже давно оценила по достоинству сварку и сварочный процесс. Чтобы осуществлять этот процесс качественно и в оптимальные сроки, множество предприятий трудится над производством многочисленного сварочного оборудования, сварочных электродов и других необходимых при сварке материалов. Таким материалом можно назвать сварочную проволоку. На современном этапе развития предприятия предъявляют все более жесткие требования к качеству сварочной проволоки. По мнению многих потребителей на сегодняшний день отечественная проволока по показателям качества уступает импортной. В связи с этим была поставлена цель: провести комплексное металлографическое исследование сварочной проволоки отечественного и импортного производства.

Комплекс металлографических исследований был проведен с использованием светового (Meiji Techno) и растрового электронного (JSM-6490LV) микроскопов. Микрорентгеноспектральный анализ проводился с использованием системы INCA Energy. Механические свойства определяли на универсальной испытательной машине SHIMADZU AG-50kNICD. Испытания микротвердости осуществляли на твердомере Buehler Micromet.

Анализ результатов механических свойств показал, что оба образца имеют примерно одинаковый уровень прочности (1100 - 1200 Н/мм^2), однако в образце отечественного производства пластичность ниже, что связано с его особенностями микроструктуры – присутствием бейнито-мартенситных участков (БМУ), что ухудшает технологичность и может явиться причиной обрывности при волочении. Образцы импортного производства отличаются от отечественного металла и по химическому составу: более высоким содержанием углерода, что обеспечивает им более высокую прочность; более высоким содержанием кремния, что обеспечивает дополнительную жесткость (упругость) проволоки; более низким содержанием марганца, что обусловливает отсутствие или уменьшение количества БМУ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Копцевой Н.В.

Литература

1. Полякова М.А., Гулин Е.А., Данилова К.С., Кулик К.С., Мишина М.Ю. Анализ требований стандартов на низкоуглеродистую проволоку // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. проф. М.В. Чукина. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та. им. Г.И. Носова, 2012. Вып. 38. С. 75.

Работа проведена в рамках реализации программы стратегического развития университета на 2012 – 2016 гг. (конкурсная поддержка Минобразования РФ программ стратегического развития ГОУ ВПО), а также гранта в форме субсидии на поддержку научных исследований (соглашение - № 14.B37.21.0068)

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНА, ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СРЕДЫ

Никифорова Д. К.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

e-mail: dinan.88@mail.ru

Фуллерены обладают уникальными физическими и химическими свойствами, что связано с особенностями их электронной и атомной структуры. Если в классических плоских ароматических структурах s- и p- связи геометрически ортогональны, то в фуллеренах за счет ненулевой кривизны поверхностей, – нет. Эта неортогональность и определяет практически все многообразие их свойств.

Т.А. Романова и П.В. Аврамов, рассматривая фуллерен как молекулу, предприняли попытку объяснить аномалии, пользуясь классическими теориями электронного строения молекул. В молекуле C_{60} вследствие кривизны ее поверхности происходит перекрывание атомных орбиталей, лежащих в плоскости поверхности молекулы ($p_{\parallel}$), и атомных орбиталей, располагающихся по нормали к молекулярной поверхности ($p_{\perp}$). В фуллеренах отсутствуют уровни, имеющие четко выраженный σ - или π - характер, свойственный плоским молекулам. Добавление электронов или образование электронных вакансий на углеродной сфере приводит к существенному изменению относительных вкладов $p_{\perp}$ и $p_{\parallel}$ электронов во всю электронную структуру: любое изменение количества электронов в системе приводит к увеличению σ -компоненты, что и определяет изменение всех физических свойств производных фуллеренов. Если рассматривать фуллерены как молекулы, то проявление магнитных свойств фуллеренами при определенных условиях и потеря их при изменении этих условий, не поддается строгому правилу и теоретические предположения сталкиваются с серьезными противоречиями на практике.

Рассматривая фуллерен как нанокластер, который в отличие от молекулы, образуется не только при химическом синтезе, но и в процессе самоорганизации, можно объяснить аномальные свойства, проявляемые фуллеренами. Фуллерен как кластер имеет нулевую мерность, а потеря мерности проявляется в приобретении объектом нового физического свойства. Таким образом, фуллерен должен проявлять весь комплекс физических свойств и его формирование в системе предопределяет дальнейшее структурирование этой системы. Этому утверждению имеется ряд доказательств: в работе Мекаловой были проведены исследования с помощью термодинамических расчетов, показывающие, что фуллерены проявляют аномальные свойства в растворах, не свойственные молекулярному состоянию вещества.

Формирование фуллеренов C_{60} и C_{70} при кристаллизации железоуглеродистых сплавов по должно оказывать существенное влияние на структурирование и свойства этих сплавов. Установлено, что фуллерены оказывают влияние на коррозионные свойства железоуглеродистых сплавов, а, следовательно, и на их электронную структуру. Изменение электронного строения материала должно приводить к изменению его электромагнитных характеристик. Установив зависимости электромагнитных характеристик от количественного содержания фуллеренов, появится возможность в экспресс-анализе фуллеренов в составе железоуглеродистых сплавов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту – к.т.н. Поповой С.В.

БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ В АСФАЛЬТОБЕТОНАХ

Николаева Л.А.
ФГБУН ИПНГ СО РАН, г. Якутск, Россия
e–mail: lirakka@mail.ru

В настоящее время для укладки асфальтобетонных покрытий используются высокомарочные дорожные битумы, которые хоть и отвечают требованиям ГОСТ, но эксплуатационные характеристики и долговечность дорожного покрытия из них остаются крайне невысокими. Одним из наиболее эффективных методов улучшения свойств связующего, позволяющим оптимизировать основные технологические свойства в направлении повышения адгезионной активности, механической устойчивости, является структурно-химическая модификация связующего путем введения наполнителей [1-2].

В связи с этим, целью работы является разработка асфальтобетона высокого качества с использованием вторичных полимерных отходов. В качестве объектов исследования были выбраны: щебень; в качестве связующего вещества - нефтяной битум марки БНД 90/130; в качестве структурно-активных добавок – вторичный полиэтилен низкого давления (ПЭНД) и полиэтилен высокого давления (ПЭВД). Установлено, что значение прочности при сжатии образцов при содержании ПЭВД в битуме 20% повышается в 1,7 раза, с ПЭНД в битуме в количестве 10 мас.% от массы связующей композиции - 2,3 раза по сравнению с образцами, содержащими исходный битум. Водопоглощение асфальтобетонов с модифицированным связующим составляет 0,25% для образцов с ПЭВД, для образцов с ПЭНД -0,28 , что в 2,4 и 2,1 раза соответственно, ниже, чем в исходном образце. Остаточная пористость образцов асфальтобетонов с исходным битумом равна 10,25%, тогда как с модифицированным связующим - всего 7,24 и 7,05 %. Значение модуля упругости образцов асфальтобетонов с модифицирующим связующим, при 20° С равно 509,62 МПа и 552,35 МПа, больше значения модуля упругости образцов с исходным связующим на 43% и 47,4% соответственно. Потеря прочности при сжатии образцов после испытания на морозостойкость составила 30,4% для исходных образцов, 18,9% для образцов, содержащих 20% ПЭВД от массы связующего и 17% для образцов, содержащих 10% ПЭНД от массы связующего. На основании проведенных исследований показана возможность использования полимерного модификатора при создании связующей композиции на основе битума для производства асфальтобетонов с улучшенными техническими харакетристиками.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.т.н. Попову С.Н.

Литература

1. Кищинский, С.В. Модификация битумов и асфальтобетонов комплексной добавкой на основе вторичного полиэтилена [электронный ресурс]. http://www.balticroad/ru

2. Николаева, Л.А. Влияние органо-минеральных добавок на свойства связующего и асфальтобетона [Текст] / Л.А. Николаева, Буренина О.Н., Копылов В.Е. //Высокие технологии, фундаментальные исследования, экономика: мат. межд. науч.-практ. конф; Санкт-Петербург, 2011.Т.2. – С. 361-365.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Li_xNa_{1-x}Ta_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ (x=0÷0.16), $Li_{0.12}Na_{0.88}Ta_yNb_{1-y}O_3$(y=0.2÷0.5) и $Li_{0.03}Na_{0.97}Ta_yNb_{1-y}O_3$ (y=0.05, 0.4)

Обрядина Е. Ю.
ИХТРЭМС КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия
e-mail: obryadina@chemy.kolasc.net.ru

По спектрам комбинационного рассеяния света (КРС), температурной зависимости проводимости и ширины линий спектров КРС и методом рентгеноструктурного анализа (РСА) исследованы структура, свойства и характер подвижности ионов в сегнетоэлектрических (СЭ) твердых растворах (ТР) $Li_xNa_{1-x}Ta_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ (x=0÷0.16), $Li_{0.03}Na_{0.97}Ta_{0.05}Nb_{0.95}O_3$, $Li_{0.12}Na_{0.88}Ta_yNb_{1-y}O_3$(y=0.2÷0.5)и $Li_{0.03}Na_{0.97}Ta_{0.4}Nb_{0.6}O_3$.

Периоды элементарных ячеек a и b ТР $NaTa_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ и ТР с x=0.05÷0.16 схожи, а период c и объем элементарной ячейки ТР $NaTa_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ в сравнении с ними увеличены вдвое, что можно объяснить удвоением элементарной ячейки. Рентгенограммы ТР $NaTa_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ и $NaNbO_3$ качественно схожи. По спектрам КРС было подтверждено, что строение кислородных октаэдров ТР $NaTa_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ и $NaNbO_3$ также сходно, и структуре данного ТР соответствует пространственная группа Pbcm. Были изучены спектры КРС ТР $Li_xNa_{1-x}Ta_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ (x=0÷0.05). Линии в области колебаний кислородных октаэдров практически совпадают с линиями в спектре $NaNbO_3$. Рентгенограммы ТР с x=0.05, 0.1 и 0.16 качественно сходны и не содержат отражений второй фазы. Периоды и объемы элементарных ячеек данных ТР и $NaTaO_3$ близки по значениям, а их структуре соответствует пространственная группа Pbnm. Однако по спектрам КРС было установлено, что строение кислородных октаэдров ТР $Li_xNa_{1-x}Ta_{0.1}Nb_{0.9}O_3$ (x=0.05,0.1,0.16) соответствует строению кислородных октаэдров $NaNbO_3$. Был сделан вывод, что периоды и объем элементарных ячеек данных ТР близки по значениям к периодам и объему элементарной ячейки полярной фазы СЭ $NaNbO_3$, и структура описывается пространственной группой Pbnm. По данным РСА было показано, что структура ТР $Li_{0.03}Na_{0.97}Ta_{0.05}Nb_{0.95}O_3$ сходна со структурой $NaNbO_3$и описывается пространственной группой Pnma.

По изменениям в спектрах КРС и температурной зависимости проводимости показано, что в ТР $Li_{0.12}Na_{0.88}Ta_yNb_{1-y}O_3$(y=0.2÷0.5) при t=400-460°C наблюдается фазовый переход (ФП) в суперионное (СИ) состояние. При этом низкочастотная область спектра уширяется, размываясь в крыло линии Рэлея. СИ ФП предшествует размытый ФП сегнетоэлектрик – антисегнетоэлектрик (АСЭ), сопровождающийся приобретением элементарной ячейкой центра симметрии и существенным разупорядочением структуры, увеличивающим геометрические возможности для транспорта ионов Li. Перестройки структуры, характерные для СИ ФП, также наблюдались в температурных спектрах КРС ТР $Li_{0.03}Na_{0.97}Ta_{0.4}Nb_{0.6}O_3$ при температуре 320°C, что может указывать на возникновение при более высоких температурах состояния с высокой ионной проводимостью. Было произведено уточнение спектра в области колебаний катионов Li^+ и Na^+ (120-180 $см^{-1}$). По зависимости ширин лини от температуры было установлено, что линия с частотой 118 $см^{-1}$ соответствует колебаниям ионов Li^+, а с частотой 142 $см^{-1}$- Na^+.

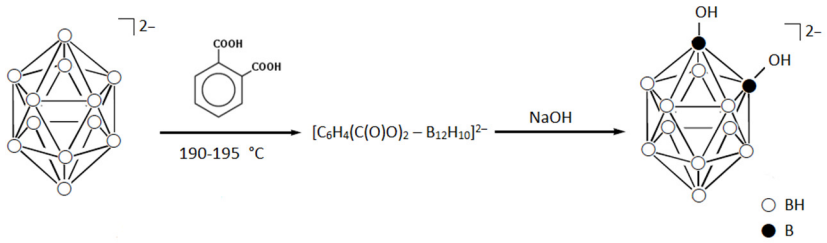
Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.ф.- м.н. Сидорову Н.В. и к.ф - м.н. Тепляковой Н.А.за помощь в анализе результатов.

СИНТЕЗ ГИДРОКСОЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДОДЕКАГИДРО-КЛОЗО-ДОДЕКАБОРАТ (2-) АНИОНА

Огарков А.И.
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия
e-mail: ogarkov_al@rambler.ru

Разработан одностадийный метод введения гидроксильной группы в монозамещенные производные кластерного аниона бора $[B_{12}H_{11}\mathbf{X}]^{2-}$(**X** = SCN, I, $OC(O)CH_3$). Установлено, что взаимодействие монозамещенных производных $[B_{12}H_{11}\mathbf{X}]^{2-}$ с уксусной кислотой в присутствии кислорода и влаги воздуха приводит к образованию гидроксопроизводных $[B_{12}H_{10}\mathbf{X}(OH)]^{2-}$ в одну стадию без получения ацетоксопроизводных. В случае (ацетоксо)ундекагидро-*клозо*-додекаборат (2–) аниона в рассматриваемых условиях синтеза происходит превращение группы $–OC(O)CH_3$ в группу –OH. В виде индивидуальных веществ получены 1,7-$Cs_2[B_{12}H_{10}(SCN)(OH)]$, 1,7-$K_2[B_{12}H_{10}I(OH)]$ и 1,7-$((C_4H_9)_4N)_2[B_{12}H_{10}(OH)_2]$. Идентификация синтезированных соединений проведена на основе элементного анализа, ИК- и ^{11}B ЯМР-спектроскопии. Исходя из экспериментальных данных предложен механизм процесса. Показано, что реакция аниона $[B_{12}H_{11}\mathbf{X}]^{2-}$ с уксусной кислотой в присутствии кислорода и влаги воздуха носит региоселективный характер; заместители –SCN, –I и $–OC(O)CH_3$ являются *мета*-ориентантами по отношению к вводимой OH-группе.

Разработан оригинальный метод синтеза водорастворимого производного кластерного аниона бора 1,2-$[B_{12}H_{10}(OH)_2]^{2-}$ посредством щелочного гидролиза продукта взаимодействия бис(тетрабутиламмония) додекагидро-*клозо*-додекаборат (2–) с расплавом бензол-1,2-дикарбоновой кислоты при температуре 190-195°C в атмосфере сухого аргона:



В рассматриваемой реакции бензол-1,2-дикарбоновая кислота выступает в роли как реагента, так и растворителя. Синтез проводили с использованием тетрабутиламмониевой соли, которая достаточно хорошо растворима в бензол-1,2-дикарбоновой кислоте. Установлено, что нуклеофильная атака борного остова молекулой бензол-1,2-дикарбоновой кислоты осуществляется практически одновременно по двум позициям с образованием лишь дигидроксопроизводного. Атака субстрата более чем одной молекулой бензол-1,2-дикарбоновой кислоты ограничена температурой плавления (с разложением) самой кислоты. Показано, что региоселективность в рассматриваемых условиях синтеза определяется геометрией выбранного реагента – бензол-1,2-дикарбоновой кислоты.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю академику Солнцеву К.А.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-03-31355 мол_а.

КЕРАМИКА ИЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Омаров А.Ю.

ФГБОУ ВПО Московский государственный индустриальный университет, г. Москва, Россия

e-mail: asif.omarov@yandex.ru

Целью данного работы является получение и изучение керамик спеченных из порошков гидроксида алюминия полученных химическим диспергированием алюминиевых сплавов. На данном этапе работы можно сказать, что порошки полученные данным методом имеют наноразмерный диапазон.

Химическое диспергирование Al сплавов осуществляли путем его обработки 20% водным раствором едкого натрия. Процесс диспергирования проводили в емкости из термостойкого и химически стойкого стекла при непрерывном теплоотводе (с помощью водяной бани) и перемешивании. Полученный осадок отфильтровывали из маточного раствора и многократно отмывали дистиллированной водой путем вакуумной фильтрации с использованием воронки Бюхнера и колбы Бунзена. Сушку осадка проводили на воздухе при температуре 60°С до нулевой влажности. Термообработку осадка проводили на воздухе при температуре 1400°С в течение 1 часа. Шихту приготавливали путем смешивания порошкового продукта, полученного в соответствии с предыдущей технологической операцией, с 10% водным раствором поливинилового спирта (ПВС) марки MOWIOL 4-88. Прессование образцов проводили в стальной пресс-форме на гидравлическом прессе П-50, давление прессования составляло 200 МПа. Выжиг органической связки (ПВС) проводили в сушильном шкафу СНОЛ -3,5 на воздухе при температуре 350°С в течение 5 часов. Спекание образцов проводили на воздухе при температуре 1500°С в течение 1 часа.

Для исследования и сравнения керамик спеченных из порошков оксидов алюминия полученных методом химического диспергирования алюминиевых сплавов таких как: АК12, АМг 6, АМг 12 и для сравнения полученных результатов был взят промышленно производимый оксид алюминия, полученный по методу Байера (Al_2O_3 – ГОСТ 11841 – 76, классификация - чда).

Значения механических свойств материалов, спеченных из порошковых оксида алюминия полученных химическим диспергированием превышают таковые для материала полученного из промышленно производимого оксида алюминия. Это объясняется более высокой активностью к спеканию порошков полученных химическим диспергированием. При этом материалы демонстрирует максимальные показатели по прочности, трещиностойкости и ударном изгибе, достигается увеличение прочности при растяжении в 3 – 5 раз, при изгибе – в 10-15 раз, при сжатии – в 15 – 30 раз; увеличение трещиностойкости в 2,5 – 4 раза, прочности при ударном изгибе в 2,5 – 3 раза.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, проректору по научной работе, доктору технических наук, профессору Шляпину Анатолию Дмитриевичу

ГИДРОЛИЗНЫЙ ЛИГНИН КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КАТОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Опра Д.П.
Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
e-mail: ayacks@mail.ru

Недавно, зарубежными учеными было показано, что окисленный сульфатный лигнин может быть использован в качестве активной составляющей органического электрода электрохимического источника тока [1]. Одновременно с европейскими исследователями применение лигнина в ЛИТ было предложено отечественными учеными [2]. Настоящая работа является логическим продолжением исследований, осуществляемых в Институте химии ДВО РАН [2] и направлена на изучение характеристик литиевых источников тока, в которых в качестве катодного материала впервые использован гидролизный лигнин (ГЛ). С помощью сканирующей электронной микроскопии в настоящей работе установлено, что размеры частиц ГЛ меняются в пределах от 5 до 30 мкм, а сама частица имеет на поверхности развитую систему микро- и макропор. Согласно результатам, полученным методом энергодисперсионной спектроскопии и литературным данным, в состав ГЛ помимо основных элементов (C, H и O) входят примеси (менее 5 масс.%), преимущественно Si и Na. Согласно исследованиям, проведенным с использованием метода импедансной спектроскопии, гидролизный лигнин обладает удельной электронной проводимостью близкой к 10^{-11} См/см. Разрядные параметры источника тока Li/ГЛ оценены методом гальваностатического разряда при различных нагрузках и комнатной температуре с помощью системы Solartron Analytical Celltest System. Удельная разрядная емкость, рассчитанная при $U_{кон}$=0.9 В, составила в результате разрядки при 25 и 75 мкА/см^2 элементов Li/ГЛ, сконструированных в дисковом исполнении, соответственно 445 и 185 мА·ч/г. Поведение литиевых источников тока на основе ГЛ, во время разряда было изучено посредством электрохимической импедансной спектроскопии в диапазоне частот от 10 мГц до 1 МГц. Путем моделирования экспериментальных импедансных спектров с использованием соответствующих эквивалентных электрических схем были оценены параметры исследуемых литиевых источников тока. Полученные результаты в совокупности с крайне низкой себестоимостью ГЛ позволяют предполагать эффективность и экономичность использования Li/ГЛ элементов для питания различных устройств малой мощности наряду с традиционными солевыми и щелочными Zn/MnO_2 системами, практическая разрядная емкость которых в цилиндрическом исполнении составляет около 25 и 130 мА·ч/г, соответственно.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам Института химии ДВО РАН за содействие в выполнении данной работы, а именно д.х.н., профессору С.В. Гнеденкову, к.х.н., доценту С.Л. Синебрюхову, к.х.н. А.К. Цветникову, к.х.н. В.Г. Курявому, д.ф.-м.н. А.Ю. Устинову, к.х.н. Н.В. Поляковой.

Литература

1. Milczarek G., Inganäs O. // Science. 2012. V. 335. P. 1468.
2. Опра Д.П., Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Цветников А.К., Сергиенко В.И. // Вестник ДВО РАН. 2012. №. 2. С. 111.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННОГО КРИСТАЛЛА ВЫСШЕГО СИЛИЦИДА МАРГАНЦА

Орехов А.С.

ФГБУН Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: andrey.orekhov@gmail.com

В настоящее время в связи с ростом энергопотребления и недостатком существующих источников электроэнергии поиск и разработка энергосберегающих технологий является наиболее актуальной задачей. В связи с этим, вновь возрос интерес к исследованию термоэлектрических материалов в который при приложении градиента температур, возникает электрических ток. Среди термоэлектрических материалов высший силицид марганца интересен тем, что у него достаточно высокая термоэлектрическая добротность в диапазоне 300-900K. Для достижения более высоких значений добротности применяется легирование.

В настоящей работе исследованы сложнолегированные (Al, Ge, Mo) кристаллы высшего силицида марганца (ВСМ) с общей формулой $(Mn_{0.98}Mo_{0.02})[(Si_{0.98}Ge_{0.02})_{1.75}]_{0.99}Al_{0.01}$., выращенные по модифицированному методу Бриджмена.

Морфология, микроструктура, химический и фазовый состав образцов исследовались в растровом электронном микроскопе Quanta 200 3D (FEI, Netherlands), при ускоряющих напряжениях от 5 до 30 кВ в режимах вторичных и обратно рассеянных электронах. Элементный анализ проводился методом рентгеновской энерго-дисперсионной спектроскопии, регистрация и интерпретация картин дифракции обратно рассеянных электронов выполнялись с помощью системы OIM (TSL System). Образцы для исследования приготавливались методом механической шлифовки алмазными пастами с размерами зерен от 30 до 1 мкм с последующей полировкой порошком оксида алюминия с размерами частиц 50 нм. Нарушенный в результате механической полировки приповерхностный слой удалялся ионами Ar^+ при ускоряющем напряжении 1-2 КэВ на установке Leica EM TXP (Germany).

В результате анализа полученных данных выяснено, что матричный кристалл имеет состав Mn_4Si_7 (тетрагональная сингония, параметры элементарной ячейки a=5,52, c=17,5). Он представляет собой блочный кристалл с разориентацией ~1.5°-2°. Легирующие примести частично встраиваются в решетку матричного кристалла и образуют выделения размерами от десятков нм до сотен микрон. Концентрация примесей в решетке ВСМ в среднем составляет 0,5 ат.% Al и Mo и 1,5 ат.% Ge. Монокристаллические выделения твердого раствора Si-Ge преимущественно единообразно ориентированны в матричном кристалле. Выделения $MoSi_2$ имели крупноблочную поликристаллическую структуру. Проведенный текстурный анализ вдоль направления [001] Mn_4Si_7 показал наличие многокомпонентной текстуры.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н. Е.И. Суворовой

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №12-02-31444 и гранта НШ-2883.2012.5.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДАМИ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОВСКОГО ЭНЕРГО-ДИСПЕРСИОННОГО МИКРОАНАЛИЗА

Орехов А.С.

ФГБУН Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: orekhov.anton@gmail.com

Мембраны на основе полиэлектролитных комплексов (ПЭК) являются перспективными материалами для первапорационного разделения водно-органических смесей жидкостей, благодаря ускоренному транспорту воды через системы тонких заряженных слоев.

В данной работе для создания первапорационных мембран с планарным включением ПЭК –слоя были выбраны два наиболее комплиментарных противоположно заряженных полисахарида: хитозан (ХЗ) и сульфоэтилцеллюлоза (СЭЦ), сформированные в виде полиионных слоев путем послойного нанесения раствора одного полиона на гелеподобную пленку другого, как в виде самонесущих пленок, так и на инертной коммерческой подложке. Мембраны ХЗ - СЭЦ тестировали в условиях первапорации при разделении водно-спиртовых смесей жидкостей. Обнаружено, что транспортные свойства мембран зависят от количества положительно заряженных групп хитозана (–NH3+) и отрицательно заряженных групп сульфоэтилцеллюлозы (–SO_3-). Полученные результаты привели к необходимости подробного изучения структуры формируемых комплексов с привлечением современных методов исследований для понимания как процесса формирования ПЭК , так и для дальнейшего целенаправленного создания композитных мембран с заданными свойствами..

Впервые для структурного исследования таких материалов применены методы: рентгеновской дифракции на отражение на дифрактометре ДИФРЭЙ-401, растровой электронной микроскопии (РЭМ) и энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (ЭДРМА). Показано, что независимо от последовательности нанесения слоев при формировании мембранной пленки, ее структурные характеристики одинаковы. Из анализа рентгенограмм следует, что в процессе образования полиэлектролитных комплексов между положительно заряженными группами хитозана (-NH_3^+) и отрицательно заряженными группами сульфоэтилцеллюлозы (-$S0_3$) реализуется упаковка хитозановых цепей. С использованием СЭМ и ЭДС микроанализа были получены изображения поверхностей составляющих композит слоев, из которых следует, что после взаимодействия ХЗ и СЭЦ контактная поверхность на границе модифицирована; оценка элементного состава поверхностей СЭЦ-ПЭК-ХЗ и ПЭК-ХЗ показала, что на границе ХЗ/СЭЦ образуется тонкий слой, содержащий и азот и серу, то есть действительно при контакте СЭЦ и ХЗ происходит формирование слоя, содержащего ПЭК. Измерения толщин слоев на изображениях поперечных сколов композита и результаты ЭДС микроанализа показали, что толщина сформированного слоя ПЭК составляет от 0.5 до 1 мкм.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н., проф. Клечковской В.В.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта НШ-2883.2012.5.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, ЭЛЕКТРО- И ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ ФЕРРИТА ВИСМУТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Павелко А.А.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: aapavelko@sfedu.ru

Феррит висмута является одним из наиболее известных сегнетомагнетиков – материалов, одновременно сочетающих магнитные и сегнетоэлектрические свойства [1]. Соединения на основе феррита висмута привлекательны не только в прикладном плане благодаря высоким значениям электрического (T_c ~ 1083 K) и магнитного (T_N ~ 643 K) упорядочений, но и с фундаментальной точки зрения, ввиду того, что в них наблюдается сильная взаимосвязь структуры с магнитными и электрическими свойствами [2]. Однако, как известно, эта взаимосвязь возможна лишь при условии подавления пространственно-модулированной магнитной структуры, чего, в свою очередь, можно добиться путем замещения Bi редкоземельными элементами (РЗЭ). Данный метод позволяет извлекать информацию о магнитоэлектрическом взаимодействии в объектах, основываясь на изучении корреляционных связей между их электро- и теплофизическими свойствами в области протекания магнитных и сегнетоэлектрических фазовых переходов (ФП). Кроме того, коэффициент температуропроводности, один из наиболее важных фундаментальных параметров, практически не исследовался в объектах, представленных в данной работе, в связи с чем, результаты изучения и сопоставления диэлектрической проницаемости, электро- и температуропроводности керамических образцов твердых растворов (ТР) феррита висмута, замещенного Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Tm и Lu различной концентрации можно считать пионерскими в области изучение природы наблюдаемых в нем эффектов.

Объектами исследования являлись ТР бинарных систем состава $Bi_{1-x}Re_xFeO_3$ (где Re = Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Tm, Lu, x = 0.05÷0.20, Δx = 0.05). Образцы получены по обычной керамической технологии, включающей двухстадийный синтез с последующим спеканием без приложения давления [3]. Изучены зависимости диэлектрической проницаемости, электропроводности и температуропроводности всех полученных ТР от температуры и состава x. Установлены корреляции вышеуказанных свойств в окрестности T_N. Показано, что T_N не испытывает значительного смещения в независимости от РЗЭ, замещающих Bi, и их концентраций. Выявлены также аномалии тепловых свойств, соответствующие, по-видимому, температурам ромбоэдрически-орторомбического и орторомбически-кубического ФП.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – д.ф.-м.н., проф. Резниченко Л.А., зав. лаб. НИИ физики ЮФУ к.х.н. Разумовской О.Н. и с.н.с. Института физики ДНЦ РАН к.ф.-м.н. Гаджиеву Г.Г. за помощь в организации эксперимента и обсуждении полученных результатов.

Литература

1. Звездин А.К., Пятаков А.П. УФН. Т. 174. С. 465. (2004)

2. Звездин А.К., Звездин К.А. Природа. Т. 9. С. 9. (2001).

3. Вербенко И.А. Сб-к матер. VII Межд. науч.-технич. конф. «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC – 2009). М. МИРЭА: ЦНИИ «Электроника». С. 126-131, (2009)

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИК МУЛЬТИФЕРРОИКОВ НА ОСНОВЕ $PbFe_{0.5}Nb_{0.5}O_3$, ПОЛЯРИЗОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Павленко А.В.

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: AntVPR@mail.ru

Одним из наиболее распространенных способов поляризации сегнетоэлектрических (СЭ) материалов является метод "горячей" поляризацию (ГП), при котором к образцу в заданном температурном интервале прикладывается постоянное электрическое поле. В свою очередь, для создания и исследования поляризованного состояние в монокристаллах классических сегнетоэлектриков простого состава ($LiNbO_3$, $BaTiO_3$ и др.) иногда используют поляризацию облучением электронным зондом (ЭЗ). В связи с этим представляется актуальным сравнить вышеуказанные методы поляризации в случае керамических СЭ на основе сложных оксидов, что и стало целью настоящей работы.

Объектами исследования явились керамики ферониобата свинца, модифицированного 1 масс. % оксида марганца (PFNM) и карбоната лития (PFNL), вводимых сверх стехиометрии основного состава на стадии синтеза. ГП образцов проводили в постоянном электрическом поле напряженностью ~ 4 кВ/мм. Поляризацию облучением ЭЗ выполняли на растровом электронном микроскопе Камебакс-микро. Измерения электрофизических параметров ($\varepsilon_{33}^{T}/\varepsilon_0$ - относительной диэлектрической проницаемости поляризованных образцов, tg δ – тангенса угла диэлектрических потерь, $|d_{31}|$ и d_{33} – пьезомодулей, K_p – коэффициента электромеханической связи планарной моды колебаний, $Q_м$ – механической добротности) исследуемых керамик при комнатной температуре проводили в соответствии с ОСТ 11 0444-87 с помощью прецизионного анализатора импеданса Wayne Kerr 6500 B и измерителя YE2730A d_{33} METER.

Рентгенографически установлено, что полученные керамические образцы однофазны, практически беспримесны и при комнатной температуре имеют ромбоэдрическую структуру. В таблице приведены основные электрофизические характеристики керамик PFNL и PFNM, поляризованных различными методами.

Таблица

Основные электрофизические характеристики поляризованных керамик PFNL и PFNM

	Метод	$\varepsilon_{33}^{T}/\varepsilon_0$	tg·δ	K_p	Q_M	$\lvert d_{31} \rvert$,·пКл/Н	d_{33},·пКл/Н
PFNL	ЭЗ	2257	0.010	0.33	230	91	289
	ГП	2235	0.017	0.30	262	82	230
PFNM	ЭЗ	2567	0.018	0.20	233	58	204
	ГП	2712	0.026	0.20	223	59	150

Видно, что электрофизические характеристики керамик PFNL и PFNM, поляризованных ЭЗ в большинстве случаев сопоставимы, а в некоторых – имеют более высокие значения (например, K_p, $|d_{31}|$ и d_{33} в PFNL), чем параметры объектов, поляризованных методом ГП. Это позволяет говорить о достаточно высокой эффективности метода поляризация ЭЗ и в случае керамических материалов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Л.А. и научным консультантам к. ф.- м. н. Шевцовой С.И. и д. ф.- м. н., проф. Козаков А.Т. за помощь в постановке эксперимента и обсуждении результатов.

МИКРОПЛАЗМЕННОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

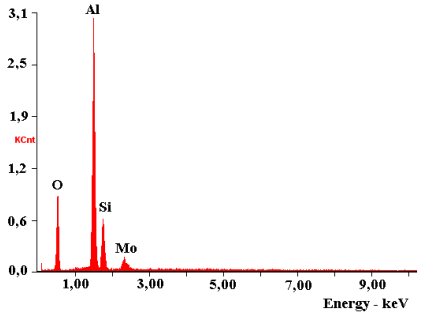
Паненко И.Н.

Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), г. Новочеркасск, Россия

e-mail: ilyapanenko@mail.ru

Анодное окисление под действием микроплазменных разрядов представляет собой многообещающую альтернативу для формирования каталитически активных оксидных слоев на твердых металлических подложках [1]. Метод микроплазменного оксидирования (МПО) ввиду своих специфических особенностей позволяет получать композиционные покрытия с уникальными свойствами, так как они состоят из окисленных форм элементов основы и составляющих электролита, что дает возможность вводить в состав композиционных оксидных покрытий любой нужный химический элемент. Высокие эксплуатационные свойства электродных материалов и, прежде всего катодных, могут быть обусловлены наличием в структуре композиционного материала наиболее перспективных ионов переходного металла (V, Cr, Mn, Mo, Co, Fe) с высоким RedOx-потенциалом.

В настоящей работе представлены результаты исследований возможности получения катодного материала для литий-ионных аккумуляторов методом МПО. Формирование МПО-покрытий на поверхности алюминиевого сплава Д16 осуществляли с помощью лабораторной установки тиристорного типа в импульсном анодно-катодном режиме из базового силикатно-щелочного электролита. Наиболее распространены каталитические материалы на основе оксидов молибдена, так как они стабильны, обладают значительной активностью и селективностью в различных процессах. Для получения молибденсодержащих МПО-покрытий в состав базового электролита вводили парамолибдат аммония [$(NH_4)_6Mo_2O_7 \cdot 4H_2O$]. Факт соосаждения оксидов молибдена с покрытием был подтвержден методами растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Основными фазами МПО-покрытий являются Mo_2O_3, MoO_3, Mo_4O_{11}. Все указанные оксиды обладают высокими каталитическими свойствами, особенно MoO_3. Исследование электрохимических характеристик разработанных МПО-покрытий показали, что их разрядные емкости составляют 696,3 мА·ч/г. Таким образом, микроплазменное оксидирование можно рассматривать как перспективный метод получения электродных материалов для практической электрохимии.



Спектр элементного состава МПО-покрытия

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.х.н., доц. Беспаловой Ж.И.

Литература

1. Patcas F., Krysmann W. // Applied Catalysis A: General. 2007. Vol. 316. P. 240-249.

СОЗДАНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ ПРИ ОБРАТИМОМ ЛЕГИРОВАНИИ ВОДОРОДОМ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Панин П.В.

ФГУП «ВИАМ», г. Москва, Россия

e-mail: admin@viam.ru

В работе исследовали влияние термоводородной обработки (ТВО), совмещенной с пластической деформацией, на структуру и свойства титановых сплавов ВТ5 и ВТ20.

Проведенные исследования показали, что ТВО в сочетании с пластической деформацией в наводороженном состоянии позволяет создавать в полуфабрикатах субмикрокристаллическую (СМК) гетерофазную структуру с размером структурных составляющих 300–500 нм, причем в сплаве ВТ5 это $(\alpha+\alpha_2)$-структура, а в ВТ20 – $(\alpha+\alpha_2+\beta)$-структура. Следует отметить, что для однофазных сплавов (ВТ5) с помощью ТВО удалось получить двухфазную «композитную» структуру, что принципиально недостижимо при использовании традиционных видов обработки. На основании выявленных закономерностей была разработана опытная технология, сочетающая термоводородную и термомеханическую обработки, и позволяющая получать листовые полуфабрикаты с СМК-структурой. Технология включает насыщение полуфабрикатов водородом, прокатку в верхнем температурном интервале $(\alpha+\beta)$-области в условиях водородного пластифицирования и низкотемпературный вакуумный отжиг. Полученные таким образом листовые образцы из сплавов ВТ5 и ВТ20 были подвергнуты испытаниям на сверхпластичность (начальная скорость деформации составляла $3\cdot10^{-4}$ $с^{-1}$). Результаты проведенных испытаний приведены ниже, в таблице.

Сплав	Температура испытаний, °С	Структура	Относительное удлинение, %	Напряжение течения, МПа
ВТ5	725	МК*	280	93
		СМК**	1190	29
ВТ20	750	МК*	310	140
		СМК**	630	36

* МК – микрокристаллическая структура с размером структурных составляющих 1–3 мкм (промышленная технология).

** СМК – субмикрокристаллическая структура с размером структурных составляющих 300–500 нм (разработанная опытная технология).

Показано, что применение разработанной технологии позволило в 3–4 раза понизить напряжение течения при деформации и до 5 раз увеличить относительное удлинение.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о возможности использования листовых полуфабрикатов из титановых сплавов ВТ5 и ВТ20, полученных по разработанной опытной технологии, для сверхпластической формовки при пониженных температурах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим учителям и научным руководителям: академику РАН А.А. Ильину, д.т.н., проф. С.В. Скворцовой, д.т.н., проф. Н.А. Ночовной.

ТРОЙНАЯ СИСТЕМА С ДВУХФАЗНОЙ ОБЛАСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ, ОБРАЗУЮЩИХ БИНАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Парфенова М.Д.

Восточно-Сибирская государственная академия культуры и искусств, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

Диаграмма необычна тем, что допускает наличие области $\alpha+\beta$ из твердых растворов на основе исходных компонентов, образующих бинарное соединение AB [1, 2]. Для построения T-x-y диаграммы взята последовательность температур $C>A>B>R>e_{BC}>e_{RC}>e_{AB}>e_{AC}>e_{AR}>E_1>E_2$. Максимумы e_{AC}, A_C, C_A на направляющих кривых $A_{E1}A_CA_{E2}$, $E_1e_{AC}E_2$, $C_{E1}C_AC_{E2}$ линейчатых поверхностей q^r_{AC}, q^r_{CA}, s^r_{AC} на границах трехфазной области $L+A+C$ принадлежат прямой линии $A_Ce_{AC}C_A$, но коноды областей $L+A$, $L+A$, $A+C$ не принадлежат разрезу A_CC_A.

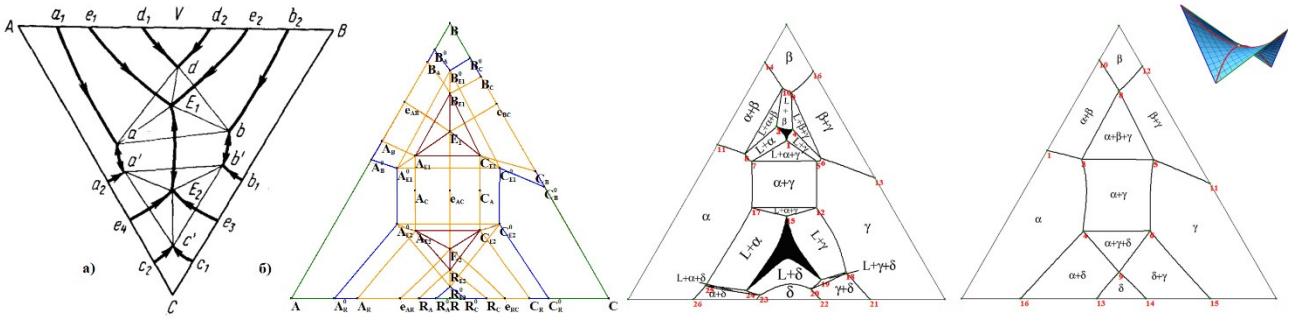


Рис 1. T-x-y диаграммы: а) проекция [1]; б) проекция и разрезы модели

Диаграмму образуют 4 ликвидуса *q*, 4 солидуса *s*, 10 сольвусов *v* и 8 симплексов *h* в составе двух горизонтальных комплексов: q_A ($Ae_{AB}E_1e_{AC}E_2e_{AR}$), q_B ($Be_{AB}E_1e_{BC}$), q_C ($Ce_{BC}E_1e_{AC}E_2e_{RC}$), q_R ($Re_{AR}E_2e_{RC}$), s_A ($AA_BA_{E1}A_CA_{E2}A_R$), s_B ($BB_AB_{E1}B_C$), s_C ($CC_BC_{E1}C_AC_{E2}C_R$), s_R ($RR_AR_{E2}R_C$), v_{AB} ($A_BA^0{}_BA^0{}_{E1}A$), v_{BA} ($B_AB^0{}_AB^0{}_{E1}B_{E1}$), v_{BC} ($B_CB^0{}_CB^0{}_{E1}B_{E1}$), v_{CB} ($C_BC^0{}_BC^0{}_{E1}C_{E1}$), v_{AR} ($A_RA^0{}_RA^0{}_{E2}A_{E2}$), v_{RA} ($R_AR^0{}_AR^0{}_{E2}R_{E2}$), v_{RC} ($R_CR^0{}_CR^0{}_{E2}R_{E2}$), v_{CR} ($C_RC^0{}_RC^0{}_{E2}C_{E2}$), v_{AC} ($A_{E1}A_CA_{E2}A^0{}_{E2}A^0{}_{E1}$), v_{CA} ($C_{E1}C_AC_{E2}C^0{}_{E2}C^0{}_{E1}$), h_{ABC} ($A_{E1}B_{E1}C_{E1}$), h_{ABE1} ($A_{E1}B_{E1}E_1$), h_{BCE1} ($B_{E1}C_{E1}E_1$), h_{ACE1} ($A_{E1}C_{E1}E_1$), h_{ACR} ($A_{E2}C_{E2}R_{E2}$), h_{ARE2} ($A_{E2}R_{E2}E_2$), h_{ACE2} ($A_{E2}C_{E2}E_2$), h_{CRE2} ($C_{E2}R_{E2}E_2$).

Пересечения нелинейчатых поверхностей являются направляющими линиями для образования линейчатых поверхностей (10 q^r, 5 s^r, 6 v^r): q^r_{AB}($A_Be_{AB}E_1A_{E1}$), q^r_{BA}($B_Ae_{AB}E_1B_{E1}$), q^r_{BC}($B_Ce_{BC}E_1B_{E1}$), q^r_{CB}($C_Be_{BC}E_1C_{E1}$), q^r_{AR}($A_Re_{AR}E_2A_{E2}$), q^r_{RA}($R_Ae_{AR}E_2R_{E2}$), q^r_{RC}($R_Ce_{RC}E_2R_{E2}$), q^r_{CR}($C_Re_{RC}E_2C_{E2}$), q^r_{AC}($E_1e_{AC}E_2A_{E2}A_CA_{E1}$), q^r_{CA}($E_1e_{AC}E_2C_{E2}C_AC_{E1}$), s^r_{AB}($A_BB_AB_{E1}A_{E1}$), s^r_{BC}($B_CC_BC_{E1}B_{E1}$), s^r_{AC}($A_{E1}C_{E1}C_AC_{E2}A_{E2}A_C$), s^r_{AR}($A_RR_AR_{E2}A_{E2}$), s^r_{CR}($C_RR_CR_{E2}C_{E2}$), v^r_{AB}($A_{E1}B_{E1}B^0{}_{E1}A^0{}_{E1}$), v^r_{BC}($B_{E1}C_{E1}C^0{}_{E1}B^0{}_{E1}$), v^r_{AR}($A_{E2}R_{E2}R^0{}_{E2}A^0{}_{E2}$), v^r_{CR}($C_{E2}R_{E2}R^0{}_{E2}C^0{}_{E2}$), $v^r_{AC(E1)}$($A_{E1}C_{E1}C^0{}_{E1}A^0{}_{E1}$), $v^r_{AC(E2)}$($A_{E2}C_{E2}C^0{}_{E2}A^0{}_{E2}$).

47 поверхностей образуют границы 20-ти фазовых областей: 3 I, 3 L+I, 3 L+I+J, 3 I+J, где I(J)=A(B,C); R, L+R, L+R+A, L+R+C, R+A, R+C, A+B+C, A+B+R. Разрезы диаграммы можно декодировать [3]. Несмотря на отсутствие среди реальных систем рассмотренного варианта равновесий, сборка ее из геометрических элементов и анализ строения весьма актуальны.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., профессору В.И. Луцыку.

Литература

1. Петров Д.А. Двойные и тройные системы. М.: Металлургия, 1986. С. 225.

2. Prince A. Alloy Phase Equilibria. Elsevier, 1966. P. 204.

3. Луцык В.И., Зырянов А.М., Зеленая А.Э. Конструирование T-x-y диаграмм кинематическими поверхностями: уч. пособие. Улан-Удэ: Изд. Бурятского госуниверситета, 2007. 78 с.

СПЕКАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ SiC-AlN-Y_2O_3

Перевислов С.Н.

ОАО «ЦНИИМ», г. Санкт-Петербург, Россия

e–mail: perevislov@mail.ru

Жидкофазно-спеченые материалы чаще всего спекают с различными оксидными многокомпонентными добавками (Y_2O_3-Al_2O_3; MgO-Al_2O_3; Al_2O_3-CaO и др.). При длительной высокотемпературной выдержке происходит интенсивный рост зерен SiC, что снижает механические свойства материалов оксинитридные спекающие добавки можно формировать структуру SiC-материала с различными физико-механическими свойствами.

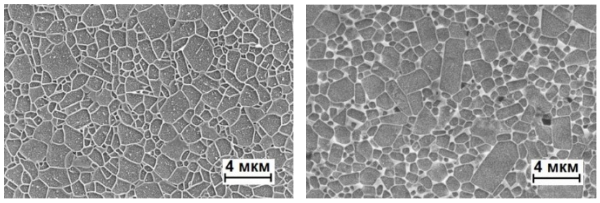
В качестве исходных материалов использовали порошки: α-SiC (измельченный на струйной мельнице до размера $d_{0,5}$ = 0,75 мкм); β-SiC фирмы «Starck», Германия ($d_{0,5}$ = 1,2 мкм);Y_2O_3 марки «Ч», AlN марки «ОСЧ» размером $d_{0,5}$ = 1,4 мкм. Соотношение компонентов: 90 % масс. α-SiC + 7 % масс. Y_2O_3 + 3 % масс.AlN (состав 1); 90 % масс. α-SiC + 7 % масс. Y_2O_3 + 3 % масс.AlN (состав 2)

Шихту подготавливали отдельным перемешиванием оксинитрида и SiCи затем совместным перемешиванием в барабанном смесителе в среде этилового спирта, пластифицировали 2% раствором органического связующего. Прессование образцов осуществляли в металлических формах при давлении P = 100 МПа. Спекали образцы в вакуумной печи при температуре 1800°С в атмосфере N_2 при изотермической выдержке 1 и 4 часа.На спеченных образцах изучались физико-механические свойства (таблица).

Таблица – Физико-механические свойства LPSSiC-материалов

№ состава	Выдержка, час	$\rho_{отн}$ (±0,2), г/см^3	П (±0,3), %	Длина/диаметр (L_{max}/d_{max}), мкм	$E_{упр}$ (±10), ГПа	$\sigma_{изг}$ (±15), МПа	HV (±0,3), ГПа	K_{1C} (±0,2), МПа·м$^{1/2}$
1	1	98,5	1,7	2,3/2,0	410	620	20,3	4,6
	4	97,5	2,3	4,0/4,0	390	520	21,1	4,0
2	1	98,2	1,9	2,9/3,6	395	550	20,5	4,5
	4	97,0	3,1	5,4/2,4	380	490	21,0	5,5

Механические свойства материала зависят от дефектов структуры (пористости). Для материалов с высокой плотностью и низкой пористостью зафиксированы высокие значения $E_{упр}$, $\sigma_{изг}$, K_{1C}.



а) б)

Рисунок 1 – Микроструктуры материалов на основе SiC.

а) состав 1; б) состав 2. Выдержка при спекании 4 часа

В процессе спекания происходит β→α-фазовый переход SiC сопровождающийся интенсивным ростом частиц α-SiC. Процесс фазового перехода полностью заканчивается при длительной выдержке (≥ 4 часов). При небольшой высокотемпературной выдержке формируется мелкозернистая структура материала (β→α-фазовый переход SiC небольшой). Однако, введение в композиционный материал нитридной составляющей в виде AlN тормозит рост зерен карбида кремния и β→α-фазовый переход (см. таблицу) и даже при 4 часовой высокотемпературной выдержке получается материал состоящий из мелкозернистой структуры включениями крупных округлых и вытянутых зерен (см. рисунок).

В работе показана связь микроструктуры и физико-механических свойств жидкофазно-спеченных композиционных материалов в системе SiC-AlN-Y_2O_3.

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ШТАМПА ДЛЯ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Периг А. В.

ДГМА, г. Донецк, Украина

e–mail: olexander.perig@gmail.com, alexander.perig@dgma.donetsk.ua

Постановка задачи. Найти оптимальную кривую $x=f(y)$ для варьируемой линии *AEB* в случае равноканального углового прессования (РКУП) металлического изделия через штампы на рис. 1.

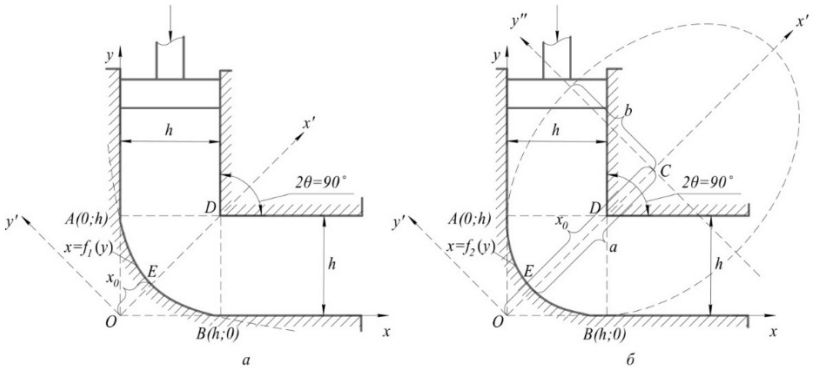
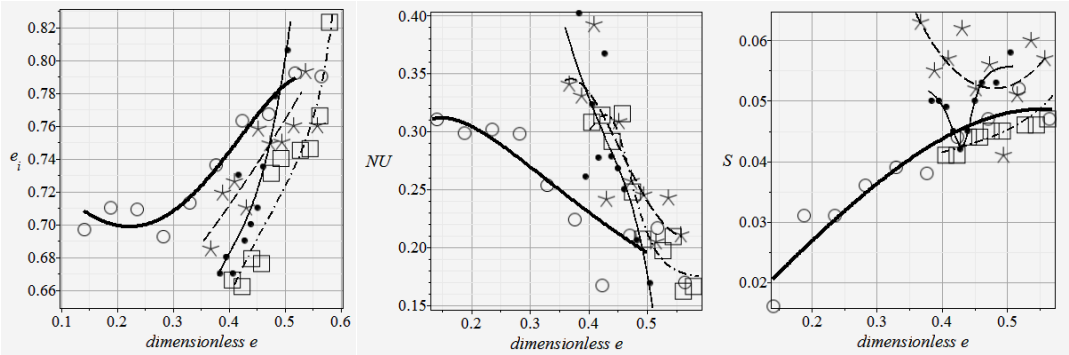


Рис. 1. Схемы обобщенных угловых штампов для осуществления РКУП с варьируемыми внешними контактными поверхностями *AEB* в виде варьируемых семейств гипербол, парабол и цепных линий $x=f_1(y)$ (*а*), а также в виде варьируемых семейств эллипсов $x=f_2(y)$ (*б*).

Результаты. Рекомендуется выполнение внешней контактной поверхности *AEB* углового штампа в виде дуги гиперболы (■,○), что обеспечивает достижение высоких интенсивностей логарифмических деформаций *0,692…0,792* при минимальных неравномерностях деформаций *0,167…0,310* и минимальных технологических отходах за каждый проход деформирования (рис. 2).



а *б* *в*

Рис. 2. Характер влияния безразмерной характеристики формы *e* исследуемых кривых второго порядка на усредненную интенсивность $<e_i>$ (*а*) и неравномерность $(e_{imax}-<e_i>)/e_{imax}$ (*б*) деформаций, а также на относительную площадь нестационарного участка заготовки S_{fore}/S (*в*) при РКУП заготовок из меди М1 в угловых штампах с варьируемыми внешними стенками в виде семейств парабол (■ ■ ■, ★), гипербол (■■■,○), эллипсов (■■■■■, □) и цепных линий (—— , ●).

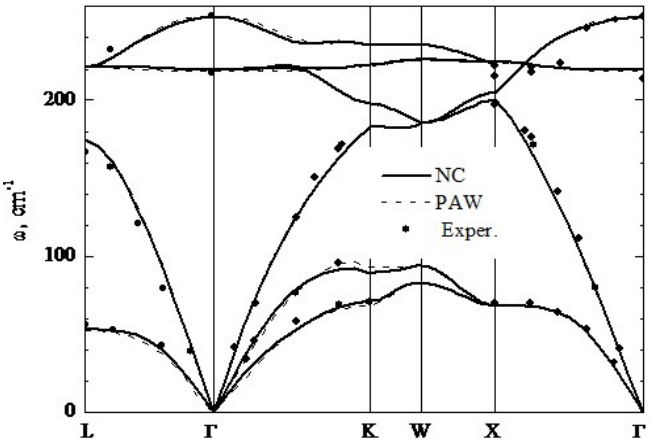
Выражение благодарности. Автор выражает благодарность и признательность научному руководителю к.т.н., доц. Подлесному С. В.

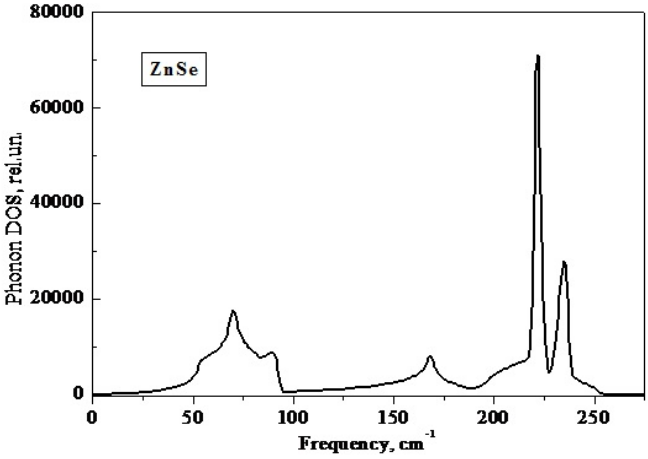
ПЕРВОПРИНЦИПНЫЕ РАСЧЕТЫ ДИНАМИКИ РЕШЕТКИ КРИСТАЛЛА ZnSe

Перминова М. Е.
Институт спектроскопии РАН, г. Троицк, Россия
e-mail: maria_perminova@mail.ru

Широкозонный полупроводник ZnSe (цинковая обманка) применяется в оптоэлектронике и в мощной ИК лазерной технике, благодаря химической инертности и прозрачности в ИК области (до 14 мкм). В данной работе приведены результаты первопринципных расчетов дисперсии акустических и оптических фононов в зоне Бриллюэна, плотностей одно- и двухфононных состояний и ряда физических параметров кристалла ZnSe, а также исследовано влияние выбора псевдопотенциалов (сохраняющих норму и в приближении проекционных присоединенных волн) на дисперсию фононов. Расчеты проводились в приближении метода функционала плотности (DFT), локальной плотности (LDA) и в базисе плоских волн.

Вычисленные дисперсии фононов (Рис., слева) имели хорошее согласие с экспериментом по неупругому рассеянию нейтронов. Зависимость дисперсии от типа псевдопотенциала оказалась слабой (отклонение ~ 1 см$^{-1}$). Из-за близости масс атомов вклады Zn и Se в плотность фононных состояний (Рис., справа) оказались почти одинаковыми. Плотность двухфононных состояний имела заметный вклад на частотах оптических колебаний, что может быть главной причиной затухания оптических мод.





Вычисленные скорости звука на поперечных и продольных модах в различных направлениях и их значения систематически превышали экспериментальные на ~ 10 %. Вычислены диэлектрическая проницаемость и эффективные заряды Борна атомов. Благодаря ионности связи Zn-Se, заряды оказались близкими к валентным значениям (~ ± 2e). В Дебаевском приближении вычислена температура Дебая $T_{Деб}$. Поскольку $T_{Деб}$ оказалась близкой к $T_{комн}$, следует ожидать заметный вклад ангармонизма в динамику решетки при температурах $T \geq T_{комн}$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н. Маврину Б.Н. за постановку задачи и помощь в проведении вычислений.

КАТОДНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВИНЦА В ОКСИХЛОРИДНОМ РАСПЛАВЕ LiCl – KCl – $PbCl_2$ – PbO

Першин П.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: paffka19@yandex.ru

При электрорафинировании свинца в электролите обязательно присутствует оксид свинца PbO, поскольку рафинирование ведется в открытых ваннах. Данные по кинетике электродных процессов электровосстановления свинца из хлоридных расплавов противоречивы, а сведений о катодном поведении свинца в оксидно-хлоридных системах в литературе нет.

В настоящей работе изучен процесс восстановления ионов Pb^{2+} на молибденовой подложке в расплаве LiCl-KCl-$PbCl_2$-PbO в интервале температуры 450 – 550 °C при концентрации хлорида свинца 1,06 и 2,10 мол. % и оксида свинца 0,54; 1,20 и 1,78 мол. % методом отключения тока из стационарного состояния в гальваностатическом режиме. Предельная плотность тока выделения свинца в хлоридном расплаве возрастает при увеличении температуры и концентрации $PbCl_2$. При концентрации $PbCl_2$ 1,06 мол. % и температуре 450 °C, предельная плотность тока составляет 0,22 А/см^2, при температуре 500 и 550 °C – 0,34 и 0,48 А/см^2. С увеличением концентрации $PbCl_2$ до 2,10 мол. % предельная плотность тока при температуре 450 °C увеличивается до 0,52 А/см^2. На первом участке при увеличении катодной плотности тока происходит незначительное отклонение потенциала от равновесного значения, т.е. восстановление ионов свинца по реакции: $Pb^{2+} + 2e = Pb^0$ (1).

На втором участке при достижении плотности тока 0,18; 0,32 и 0,41 А/см^2 для температуры 450, 500 и 550 °C происходит восстановление щелочного металла по реакции: $Li^+ + e = Li°$ (2).

Поляризационные кривые в расплаве LiCl-KCl-$PbCl_2$-PbO показывают, что предельный ток первого электродного процесса при концентрации PbO 1,20 мол. % в 2,5 раза ниже, чем в хлоридном. Добавка PbO в хлоридный расплав приводит к понижению концентрации ионов Pb^{2+}. Так же понижение предельного тока связано с уменьшением коэффициента диффузии ионов свинца в оксихлоридном расплаве. Установлено, что при добавлении оксида свинца к расплаву, содержащему хлорид свинца, протекает реакция: $PbCl_2 + PbO = Pb_2OCl_2$ (4).

При достижении плотности тока 0,19; 0,21 и 0,26 А/см^2 для температуры 450, 500 и 550°C происходит сдвиг потенциала в отрицательную область до значений -0,06; -0,19; -0,27 В соответственно. На этом участке происходит восстановление сложного оксидного иона Pb_2O^{2+} по реакции: $Pb_2O^{2+} + 2e = PbO + Pb^0$ (5). Дальнейшее увеличение плотности тока приводит к плавному смещению потенциала электрода в отрицательную область до выделения щелочного металла по реакции (2).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность соавторам Халимуллиной Ю.Р. и Архипову П.А., а так же научному руководителю Зайкову Ю.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Петров Е.В.

ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Черноголовка, Россия

e-mail: petrow-ewgeni@mail.ru

Полосы локализованной деформации или адиабатические полосы сдвига, наблюдаются во многих высокоскоростных процессах. Полосы являются источником разрушения в процессе эксплуатации изделия. Это привело к огромному количеству исследований, посвященных проблеме локализации деформации. Исследования показали, что толщина полос локализованной деформации не превышает 5–20 μm, зерна в полосе равноосные размером 0,05–0,2 μm. Измерение микротвердости обнаруживает в центральной части полосы существенное возрастание, по сравнению с микротвердостью периферийных участков полосы и соседним материалом. Причиной локализации деформации является потеря устойчивости пластического течения, возникающего в результате эффекта термического разупрочнения. Несмотря на многочисленные исследования, в настоящее время нет представлений о механизме зарождения и развития процесса локализации деформации, отсутствует общее представление о зависимости критических параметров начала локализации от исходных структур. В настоящее время накопилось достаточно экспериментального материала, противоречащему термопластической модели локализации: наличие пор в полосах сдвига, прохождение полос сдвига по недеформированному материалу, отсутствует подтверждение разупрочнения в полосах.

Данная работа направлена на установление причины возникновения полос сдвига. В работе исследуются медные цилиндрические образцы двух видов. Первый вид образцов высотой 70 мм, внешним Ø 20 мм и внутренней полостью Ø 6 мм обжимался скользящей детонацией заряда ВВ Ø 60 мм. Трещины, переходящие в полосы сдвига, возникали на стадии разгрузки, в то время как деформированное состояние материала - на стадии прохождения ударной волны, что свидетельствует о независимости процессов поврежденности от деформированного состояния. Образование откольных трещин между выступами рельефа свидетельствует об откольной природе локализации деформации. Полосы локализованной деформации при импульсных нагрузках являются результатом интерференции волн разгрузки, в зоне которой величина отрицательных напряжений не превышает прочности материала. Второй вид образцов высотой 10 мм и Ø 40 мм помещался в металлическую обойму и заряд ВВ разгонял ударник из алюминиевой пластины толщиной 2 мм и Ø 60 мм. Одномерные откольные разрушения позволили обнаружить перерождение откольных трещин в полосы локализованной деформации, что также подтверждает откольную природу локализации.

Следует обратить внимание на контролируемые условия образования полос сдвига согласно откольной модели локализации, в отличие от термопластической модели, где места возникновения полос сдвига определяются эмпирически.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н. Буравовой С.Н. за помощь в выполнении работы.

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований РАН «Фундаментальные проблемы механики и смежных наук в изучении многомасштабных процессов в природе и технике».

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА СУБСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ TiN

Пинчук Н.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

e-mail: spiritnata@ya.ru

Повышенный интерес, проявляемый исследователями за последнее десятилетие к покрытиям нитрида титана (TiN), связан с удачным сочетанием в них высокой твердости с износостойкостью и химической стабильностью, что сделало такие покрытия весьма перспективными для промышленного использования. К сожалению, физико-механические характеристики получаемых при этом покрытий весьма существенно различаются (иногда на порядки величин) в зависимости от техники осаждения и конкретных параметров процесса роста.

В данной работе TiN покрытия были получены метод осаждения при ионной имплантации (способ PBIID) при использовании модернизированной вакуумно-дуговой установки «Булат-6», которая была дополнительно обеспечена генератором высоковольтных импульсов.

Как известно физико-механические свойства зависят от структурного состояния материала, а такое состояние для вакуумно-дуговых TiN покрытий в значительной степени определяется давлением в камере в процессе осаждения. Поэтому большой интерес представляет выяснение связи между давлением азота в камере и субструктурными характеристиками покрытий, что и является целью данной работы. В процессе осаждения давление в камере изменялся в диапазоне от 10^{-4} до $5{\cdot}10^{-3}$ Па, а также для сравнительного анализа покрытия были получены при действии постоянного отрицательного потенциала -200 В без влияния высоковольтных (1 кВ), высокочастотных (7 кГц) импульсов и при их действия.

Обнаружено закономерное увеличение размера кристаллитов (от 30 до 70 нм) и уменьшение величины микродеформации (от 0,45 до 0,28%), а также увеличение степени совершенства текстуры роста (111) при возрастании давления азота в камере соответственно. Надо отметить, что такая тенденция изменения субструктурного характеристик наблюдается как для покрытий, полученных по обычной схеме без подачи дополнительных высоковольтных импульсов на подложку в процессе осаждения так и с наложением таких импульсов. Однако по абсолютным значениям как микродеформации, так и макродеформация (a-$\sin^2\psi$-метод) при импульсной стимуляции были ниже по сравнению со стандартной схемой.

Такую закономерность можно объяснить тем, что в процессе осаждения происходит локальный отжиг в каскаде столкновений, который приводит к более равновесных условий формирования приповерхностного слоя покрытия.

С увеличением давления в рабочей камере повышается эффективность взаимодействия атомов титана и азота за счет увеличения количества ионов и их подвижности на поверхности роста, что приводит к увеличению размера кристаллитов и релаксация микронапряжений.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф. Соболю Олегу Валентиновичу.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ХОЛОДНОКАТАНЫХ ЛИСТОВ ИЗ В – СПЛАВА ТИТАНА МАРКИ ТС6

Подобедова А.М.

ОАО «ЦНИИМ», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: anna-anye-anna@yandex.ru

В настоящее время титановые сплавы находят все более широкое применение в ряде быстро развивающихся областей техники - авиационной, ракетной, космической, судостроении, химическом машиностроении и других. По комплексу физико-механических и технологических свойств наиболее перспективны высокопрочные термически упрочняемые титановые сплавы с метастабильной β – фазой.

Типичным представителем сплавов этой группы является разработанный в ОАО «ЦНИИМ» сплав ТС6 (Ti - основа; 10, 5%Cr – 7%V – 4% Mo – 3% Al – 1% Zr; K_β = 2,5), который используют как пружинный материал, в частности при изготовлении тарельчатых пружин. Сочетание высоких прочностных и упругих свойств, низких модулей упругости (E=108ГПа, G=39,2 ГПа) и малой плотности (ρ=4,95 г/см^3) обеспечивает высокие характеристики энергоемкости (способность производить в 2-2,5 раза большую работу на единицу объема или массы пружин по сравнению со стальными), а также способность гасить ударные и вибрационные нагрузки. Пружины из титанового сплава марки ТС6 коррозионностойки и релаксационностойки.

В данной работе исследования выполняли на холоднокатаном нагартованном с обжатием 50% листе сплава марки ТС6 толщиной 4,6 мм серийной поставки ОАО «ВСМПО - АВИСМА». Оценено влияние длительности старения (до 50 часов) при температурах 450°С и 480°С и предварительного (перед старением) вакуумного отжига (полигонизационного, рекристализационного) на механические свойства материала, твердость и количество α-фазы. Для всех режимов термомеханической обработки исследована микроструктура, наглядно иллюстрирующая интенсивность выделения α -фазы.

Установлено, что старение деформированного материала обеспечивает получение $\sigma_B^{изг} \geq$ 2800 МПа. После проведения перед старением промежуточного полигонизационного и рекристализационного отжига - $\sigma_B^{изг} \geq$ 2600 МПа и 2000 МПа соответственно.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. Я.М. Виторскому и к.т.н. О.П. Шаболдо, под чьим руководством проводилась работа.

ВКЛАД ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ АТОМОВ В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНЕНИЙ Ti-Si

Полетаев Д.О.

Научно-образовательный и инновационный центр «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

e-mail: darken_rhal@mail.ru

Тонкодисперсные включения соединений Ti-Si могут эффективно упрочнять титановые сплавы и тормозить рост зерен, стабилизируя тем самым наноструктурное состояние в титане [1]. Возможность формирования включений Ti-Si определяется в первую очередь термодинамической выгодностью образования соответствующих соединений Ti-Si. В данной работе впервые рассчитаны вклады тепловых колебаний атомов кристаллической решетки в термодинамические характеристики образования соединений Ti-Si.

Энергии образования соединений Ti-Si из чистых Ti и Si в их стабильных структурах при T=0 K рассчитывались методом функционала зарядовой плотности в программном пакете ABINIT [2], реализующего базис спроецированных присоединенных волн (PAW), в рамках обобщенного градиентного приближения для обменно-корреляционной энергии. Наборы k-точек в зоне Бриллюэна и условие обрезания базиса (параметр ecut=700 эВ в пакете ABINIT) выбирались так, что ошибка в расчете полной энергии не превышала 1 мэВ. Расчеты термодинамических характеристик связанных с тепловыми колебаниями атомов проводились в рамках гармонического приближения, реализованного в программном пакете Phonopy [3]. Частоты фононов были получены из собственных значений динамической матрицы, которая строилась прямым методом из силовых постоянных, рассчитанных на основе сил, вычисленных в модели сверхячейки в программном пакете ABINIT, используя малые смещения величиной 0.01 Å в наиболее симметричных направлениях. При этом максимальная сила, действующая на каждый атом в релаксированных сверхячейках, не превышала 2.5 мэВ/Å.

Расчеты показали, что вклад энергии тепловых гармонических колебаний атомов в полную энергию образования соединений в системе при T=300 K составил несколько процентов от полной энергии образования.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность заведующему лабораторией теоретических исследований и компьютерного моделирования, доктору физ.-мат. наук Липницкому Алексею Геннадьевичу и аспиранту Картамышеву Андрею Игоревичу.

Литература

1. Handtrack D., Sauer C., Kieback B. // Journal of Materials Science. 2007. № 43. P. 671–679.
2. Gonze X. et al. // Computational Materials Science. 2002. № 25. P. 478–492.
3. Togo A., Oba F., Tanaka I. // Physical Review B. 2008. № 78. P. 134106.

УВЕЛИЧЕНИЕ УСТАЛОСТНОГО РЕСУРСА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ОБЛУЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ

Полуносик Е.А.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

e-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

Повышение усталостного ресурса нержавеющих сталей связывают с применением концентрированных потоков энергии, модифицирующих поверхность материала. Одним из перспективных методов целенаправленной модификации структурно-фазового состояния поверхностного слоя металлов и сплавов является электронно-пучковая обработка.

Цель настоящей работы- выявление закономерностей формирования структуры, фазового состава и дефектной субструктуры рельсовой стали, подвергнутой электронно-пучковой обработке в различных режимах.

Режим электронно-пучковой обработки: энергия электронов eU=18кэВ; длительность импульса воздействия пучка электронов =50мкс; количество импульсов воздействия N=3; частота следования импульсов f=0,3с$^{-1}$;плотность энергии пучка электронов E_s =10 и 20 Дж/см^2

Усталостные испытания проводили на специальной установке по схеме циклического ассиметричного консольного изгиба. Напряжение циклической нагрузки-20МПа; частота нагружения 20-циклов/с; температура испытания-296К; число циклов перед разрушением стали 2.16*10^5.Образцы стали, обработанные электронным пучком E_s =10 и 20 Дж/см^2 выдерживали в 1,6 и в 2,4 раза больше циклов.

Исследования структурно-фазового состояния стали осуществляли методами сканирующей и просвечивающей дифракционной (метод тонких фольг) электронной микроскопии. Исследование структуры, фазового состава и дефектной субструктуры стали осуществляли путем анализа фольг, расположенных на расстоянии 10 и 100мкм от лицевой поверхности, и фольг, полученных из слоя, прилегающего к лицевой поверхности.

Облучение стали с E_s =10Дж/см^2 формирует в поверхностном слое поликристаллическую структуру со средним размером зерен α-фазы примерно 5мкм, содержащую пакетный и пластинчатый мартенсит. В объему ячеек зерен с ячеистой кристаллизацией (размер ячеек 0,25-0,55 мкм) формируются кристаллы мартенсита наноразмерного диапазона.

В слое, расположенном на глубине примерно 10 мкм (зона термического влияния), формируется многофазная структура, представленная мартенситом, пакетной и пластинчатой морфологии, остаточный аустенитом и цементитом преимущественно глобулярной морфологии. На глубине примерно 10 мкм выявлена структура, подобная структуре исходного состояния.

Облучение поверхности с плотностью энергии пучка электронов 20Дж/см^2 приводит к формированию в поверхностном слое морфологически и равномерно однородной структуры пакетного мартенсита. Размеры пакетов изменяются в пределах 0,8-1,0 мкм; поперечные размеры кристаллов мартенсита 80-200 нм. В небольшом количестве выявляется пластинчатый мартенсит, остаточный аустенит, в стыках границ ячеек обнаружены частицы графита.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим руководителям- докторам физико-математических наук, профессорам В.Е.Громову и Ю.Ф.Иванову.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО ПОРОШКА ЖЕЛЕЗА НА УПЛОТНЯЕМОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАГОТОВОК

Поляков П.А.

ГСП-207 Институт Машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: smokie84@mail.ru

Современные тенденции в области порошковой металлургии связаны с получением материалов и изделий с улучшенными или принципиально новыми свойствами, и следовательно, с созданием структуры, обеспечивающей повышенные физико-механические и магнитные свойства материалов. Например, для повышения прочности и твердости спеченного железа, в железный порошок при приготовлении порошковой смеси вводят легирующие добавки (медь, хром, никель и другие), добавка фосфора к железному порошку позволяет получать магнитомягкие материалы, железографитные композиции обладают антифрикционными свойствами и.т.д.

Исследованы порошковые композиции, полученные механической активацией ванадийсодержащих порошков железа в смеси с Zn, Cu, P, C в количестве 1,5 мас. % на измельчителе вибрационном ИВ-микро.

Наименьшая уплотняемость при давлении $p = 400 МПа$ у порошков без добавок и с фосфором, лучше других уплотняется порошок с графитом. Что касается композиций с добавками цинка и меди, кривые уплотнения для них практически совпадают. Добавки меди, цинка и графита, являясь более мягкими по сравнению с основой, способствуют лучшему уплотнению на данной стадии прессования, в том числе за счет того, что выступают в качестве смазки для контактных поверхностей частиц. При этом лучшая уплотняемость достигается для порошка с добавкой графита.

При увеличении плотности основную роль в процессе уплотнения начинает играть пластическая деформация частиц, сначала в приконтактных областях, а затем охватывая объем всей частицы. При этом характер уплотнения порошков в зависимости от добавок меняется, лучше уплотняются более пластичные материалы. Таким образом, степень уплотнения при изменении давления от 400МПа до 1000МПа характеризует пластичность порошковой композиции.

Максимальное изменение плотности при увеличении давления от 400МПа до 1000МПа наблюдается для порошков чистого, с цинком, и с медью, несколько меньше для порошка с фосфором, а минимальное для железографитной композиции. Таким образом, порошок с добавлением графита является наименее пластичным.

По результатам измерения твердости НВ выполнена сравнительная оценка прочностных свойств неспеченных заготовок. Показано, что наибольшей прочностью на растяжение обладают исходный порошок и порошок с добавкой фосфора, а наименьшей порошок с добавкой графита.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., профессору А.Г. Залазинскому, д.т.н., Полякову А.П., за постоянное внимание и поддержку при написании работы, а также за высказывание ряда полезных замечаний и рекомендаций.

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ В ПОЛИКРИЛАМИДНОЙ ОБОЛОЧКЕ И ИХ СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА

Помогайло Д.А.

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

e-mail: DimanPom@bk.ru

Газовые сенсоры являются химическими сенсорами, что подтверждается появлением электрического отклика при химическом взаимодействии с поверхности сенсоров с газами. Из литературных данных известно, что существующие сенсоры обладают двумя главными недостатками, первое, низкая чувствительность и второе, высокая рабочая температура. Высокоселективные сенсоры имеют высокую чувствительность и работают при повышенной рабочей температуре, которая требует большей потребляемой энергии. С другой стороны, некоторые сенсоры работают при низкой температуре с недостаточной чувствительностью для обнаружения сжиженных нефтяных газов (СНГ).

Для решения данных проблем синтезированы нанокомпозиты на основе оксида и сульфида кадмия в полиакриламидной оболочке. Для их получения использован метод фронтальной полимеризации, как путь синтеза: 1) полиакриламидного комплекса нитрата кадмия, и 2) сульфида кадмия в полимерной матрице с использованием в качестве исходных реактивов -нитрат акриламидного комплекса кадмия и тиомочевины (как сульфидирующего агента). Полученные материалы охарактеризованы с использованием различных физико-химических методов. Методом рентгеновской дифракции показано, образование наночастиц сульфида кадмия в полиакриламиде. КР-спектры подтверждают образование малых частиц сульфидов кадмия в нанокомпозите CdS/PAAM. Методом сеткографии после прокаливания при 450ºС в течение 2-х часов получены толстые пленки из них и исследованы их свойства при воздействии на них СНГ. Проведено сравнительное изучение чувствительности и отклика этих пленок при комнатной температуре. Фотографии, сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа, показали наличие пористой чувствительной поверхности, которая реагирует с СНГ. Результаты воспроизводимы через месяц на 97%. Повторные оклики сенсора, хорошая чувствительность и стабильность сенсоров позволяют рекомендовать его для применения, в качестве сенсорного элемента для детектирования и обнаружения СНГ в промышленности и мониторинга окружающей среды.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н. Кыдралиевой К.А. и консультантам д.х.н. Джардималиевой Г.И. и к.х.н. Помогайло С.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Пономарев А.П.
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия
e-mail: antonpon@mail.ru

Целью работы является комплексное изучение свойств, приобретаемых металлоизделием в результате обработки его поверхности электроразрядной плазмой в процессах очистки и совмещённых процессах очистки и формирования функциональных покрытий.

В Лаборатории слоистых композиционных материалов и покрытий были созданы установки для плазменно-электролитной обработки и нанесения металлических покрытий, на которых были получены образцы с цинковым покрытием и без, подвергнутые в дальнейшем различным испытаниям для определения приобретённых ими в результате обработки свойств.

Исследования по определению коррозионных свойств показали значительное увеличение коррозионной стойкости образцов после плазменно-электролитной обработки. Для образцов из низкоуглеродистой марки стали очистка электроразрядной плазмой позволила перевести их из группы «пониженно-стойкие» (7 баллов по шкале коррозионной стойкости (ГОСТ 5272-68)) в группу «стойкие» (4 балла), к которой относятся и некоторые марки нержавеющих и легированных сталей. Для образцов с цинковым покрытием, полученным плазменно-электролитным способом, также наблюдается рост коррозионной стойкости. По результатам испытаний в течение 720 часов в камере нейтрального соляного тумана (ГОСТ 9.308-85) было установлено, что при одинаковой поверхностной плотности покрытия скорость коррозии образцов с цинковым покрытием, нанесённым с помощью электроразрядной плазмы, в 3 раза ниже, чем у образцов с гальваническим покрытием, и равна скорости коррозии образцов с покрытием, полученным горячим способом, у которых поверхностная плотность покрытия была в 2 раза больше.

Существенные изменения наблюдаются и в механических свойствах металла. Испытания на проволоке и ленте из различных марок стали показали, что в результате плазменно-электролитной обработки при сохранении временного сопротивления на уровне до обработки относительное удлинение возрастает практически в 2 раза по сравнению с необработанными образцами. Микротвёрдость поверхности, очищенной электроразрядной плазмой, в 2,8 раза больше, чем у металла, не подвергнутого такой обработке.

Сама поверхность после плазменно-электролитной обработки имеет сложный микрорельеф, что обеспечивает высокие адгезионные свойства покрытия (и металлического, и полимерного) к основе.

Полученные результаты указывают на перспективность исследований и разработок, направленных на повышение качества широкого ассортимента продукции металлургической, машиностроительной и других отраслей.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за неоценимую помощь в проведении исследований своему научному руководителю профессору Валерию Леонтьевичу Стеблянко.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ДОБАВКИ В ТОПЛИВА

Пономарев Е.В.

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

e-mail: evgenijponomaref@yandex.ru

В условиях повышения экологических требований к качествам масел и топлив, задача поддержания в работоспособном состоянии отечественной и подержанной импортной техники в определенной степени решается за счет применения технологий безразборного сервиса, в том числе на основе нанотехнологий, наноматериалов.

Наноструктурированная добавка предназначена для увеличения детонационной стойкости, повышения стабильности работы двигателя и эксплуатационных свойств автомобильных бензинов, снижения расхода бензина (~ на 15-20 %), а также исключает смолообразование и обеспечивает существенное снижение токсичных выбросов (CO, CH) автомобильного транспорта. Не содержит в составе металлического компонента, значительное снижение детонационной активности достигается благодаря оптимальному соотношению компонентов. Подходит для улучшения качества любых бензинов.

Добавка представляет собой высокодиспергированный коллоидный раствор углеродного наноматериала серии «Таунит» в изопропиловом спирте. Для получения создана уникальная установка.

Установка представляет собой комплекс из 3 аппаратов, связанных между собой технологическими трубопроводами. Высокоэффективное измельчение возможно лишь в присутствии поверхностно-активных веществ, снижающих поверхностную энергию диспергируемых тел и работу диспергатора.

Изопропиловый спирт при помощи погружного насоса поступает в ёмкость V ~ 1 м^3 для хранения спирта. Из ёмкости спирт электронасосом подаётся в установку, состоящую из аппарата с мешалкой и рубашкой V ~ 0,12...0,15 м^3, ультразвукового проточного диспергатора, насоса, размещённых на общей раме.

Принцип действия установки для получения присадок в бензины заключается в следующем. В аппарат с мешалкой и рубашкой подаётся ~120 л изопропилового спирта. Через отверстие в крышке аппарата засыпается порция углеродного наноматериала серии «Таунит» и ПАВ, в течение 10...15 минут они перемешиваются. Затем около 60 минут смесь изопропилового спирта и наноматериала несколько раз проходит через ультразвуковой проточный диспергатор при помощи насоса (мешалка не выключается), в результате чего образуется устойчивая суспензия УНМ серии «Таунит» и ПАВ в спирте. Во время работы диспергатора в рубашку аппарата подаётся вода для охлаждения смеси, температура суспензии регистрируется термопреобразователем. Готовый продукт электронасосом подаётся в аппарат с мешалкой, откуда затем разливается по канистрам.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Тарову В.П.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ИЗГИБОМ НА СВОЙСТВА МАГНИЕВО-АЛЮМИНИЕВОГО КОМПОЗИТА

Пономарева И.А.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: mv@vstu.ru

Слоистые металлические композиционные материалы (СКМ), в том числе магниево-алюминиевые, применяются в машиностроении для изготовления переходников, предназначенных для сварки различных конструкций из разнородных металлов, корпусов, узлов. Для применения в различных конструкциях и узлах сваренные листовые заготовки СКМ, часто подвергают технологическим переделам, таким как прокатка, гибка, штамповка. Целью данной работы являлось исследование процессов деформации изгибом на свойства магниево-алюминиевого композита МА2-1 – АД1 после сварки взрывом (СВ), а также определение достоверности получаемых результатов при моделировании изгиба данного композита с использованием пакета программ *SIMULIA/Abaqus*.

Влияние напряженно–деформированного состояния на характер упрочнения околошовной зоны (ОШЗ) сваренного взрывом магниево-алюминиевого композита исследовали на специально подготовленных образцах с нанесенными реперными линиями. Далее одну серию образцов подвергали деформированию изгибом в холодном состоянии в сторону МА2-1, другую – в сторону АД1 с максимальной нагрузкой 80 кН. По изменению базовых расстояний между реперными линиями рассчитывали пластические деформации образцов.

Установлено, что при изгибе образцов со стороны МА2-1 с оправкой диаметром 20 мм деформации на границе соединения композита незначительны. На удалении от границы 4,5 мм степень деформации увеличивается до 11 % по слою магния, и до 22 % по слою алюминия. При изгибе с радиусом оправки 10 мм деформация в зоне соединения композита составляет 16 %, и достигает 27 % по слою магния, 9 % по слою алюминия на удалении 4,5 мм от границы соединения. При изгибе со стороны АД1 с радиусом оправки 20 и 10 мм в зоне максимальной деформации на границе соединения композита значения составляют 15-16%. На удалении от границы 4,5 мм степень деформации увеличивается до 26-28 % по слою алюминия, и до 9-10% по слою магния.

С помощью программного комплекса *Abaqus* удалось смоделировать поведение двухслойного композита МА2-1-АД1 при трехточечном изгибе. Близость расчетных и экспериментальных значений пластической деформации подтверждает возможность применения программного комплекса *SIMULIA/Abaqus* для моделирования поведения данного композита при различных схемах деформирования. Анализ распределения микротвердости в околошовной зоне показал, что при деформации ε = 7 - 14% имеются участки локального разупрочнения. Повышение микротвердости МА2-1 до 2500 ГПа, АД1 - до 1900 ГПа наблюдается при ε = 15- 17% в случае, когда магний находится в сжатом состоянии, а алюминий в растянутом. В случае, когда нагрузка прикладывалась со стороны алюминия, микротвердость приграничной зоны при ε=17% составила по АД1 – до 2500 ГПа, МА2-1 – до 900 ГПа.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность канд. тех. наук В.Н. Арисовой за консультации и помощь, оказанные при проведении исследований.

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГРАФЕНА

Попова В.А.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

e-mail: vera27525@mail.ru

С точки зрения формальной топологии, два концептуальных термина, а именно, соединительность и соседствование (connectivity and adjacency) определяют ‘качество’ C-C связей в sp^2 наноуглеродах. Очевидно, что внешние воздействия, например, механическая деформация, будут влиять на ‘качество’ C-C связей и приводить к топологическим эффектам. В данной работе описываются эффекты, вызванные одноосным растяжением молекулы графена. Деформация молекулы рассматривается как механохимическая реакция. На основе молекулярной теории графена, эффекты объясняются как механической нагрузкой, так и как химической модификацией краевых атомов молекулы. Показано, что механическое поведение не только сильно анизотропно по отношению к направлению приложения нагрузки, но и сильно зависит от химической модификации краевых атомов молекулы, обнаруживая, таким образом, топологический характер деформации графена.

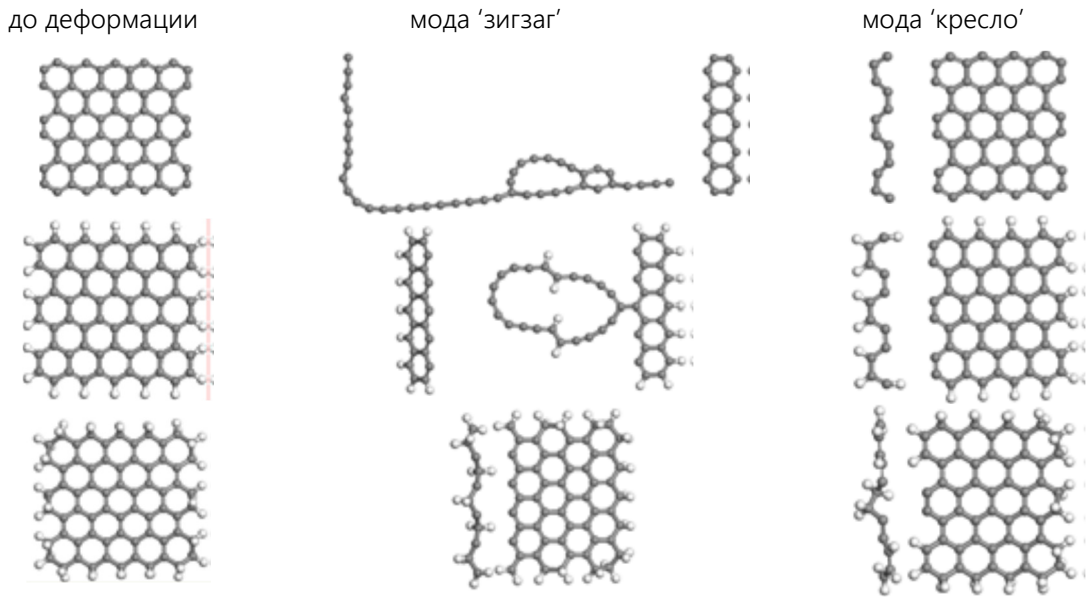


Рисунок 1. Равновесные структуры (5,5) нанографена с различной химической модификацией краевых атомов до и после деформации растяжения в двух деформационных модах. Свободные концы (верхняя панель), края терминированы одним атомом водорода (средняя панель), края терминированы двумя атомами водорода (нижняя панель)

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору Шека Елене Федоровне.

Литература

1. V. Popova, N. Popova, E. Sheka arXiv:1301.0944 [cond-mat.mtrl-sci] 2013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ: ИНДУСТРИАЛЬНОЕ МАСЛО – ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИЙ ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ – УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Попова М.Н.

Ивановский государственный университет, НИИ Наноматериалов, г. Иваново, Россия

e-mail: maiapopova7@gmail.com

Известно, что холестерические жидкие кристаллы (ЖК) проявляют себя как эффективные присадки к смазочным маслам, поскольку оказывают структурирующее воздействие на граничный слой трибосопряженных деталей. Способность ЖК адсорбироваться на поверхностях в процессе динамического контакта и послойное упорядочение, при котором наблюдается легкое течение одного слоя относительно другого, лежат в основе механизма смазочного действия ЖК и ЖК-присадок.

С целью улучшения трибологических характеристик индустриального масла И-20А нами была предпринята попытка использования в качестве присадок холестерических эфиров карбоновых кислот с добавлением углеродных нанотрубок. На первом этапе исследований была проведена большая работа по подготовке трехкомпонентных смесей, пригодных для трибологичских испытаний. В качестве присадок к маслу были взяты: 1) холестериловый эфир стеариновой кислоты – Х-7 (2%) и 0, 0001% углеродных натотрубок, 2) холестериловый эфир пропионовой кислоты – Х-10 (2%) и 0, 0001% углеродных натотрубок и 3) холестериловый эфир тридекановой кислоты – Х-20 (2%) и 0, 0001% углеродных натотрубок. Исследование трибологических свойств смазочных композиций проводилось на машине трения 2070 СМТ – 1, по схеме «вращающийся диск – неподвижный шар». В ходе исследований нами были получены величины коэффициентов трения и износные показатели (площадь пятна износа). Было установлено, что введение выше упомянутых присадок в индустриальное масло И-20А, хоть и незначительно, но способствует уменьшению коэффициента трения. Однако при этом наблюдалось некоторое понижение показателей износостойкости пар трения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность: д х.н., проф. Усольцева Н.В., д.т.н., проф. Березина Е.В.

ОКСИД ГРАФЕНА В РАМКАХ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ТЕОРИИ

Попова Н. А.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

e-mail: nad.3785@mail.ru

Молекулярная теория графена применена к оксиду, согласно которой он рассматриваются как полипроизводный продукт окисления молекулы графена в присутствии набора оксидантов. Конечный вид оксида графена участием этих оксидантов в процессе постепенного формирования поли производного графена. Структура оксида графена получена с помощью пошагового алгоритмического расчета [1]. В расчетах учтена изначальная радикальность молекулы графена, и корреляция ее 'лишних' электронов [2]. Полученные результаты позволили по-новому взглянуть на наиболее важные проблемы химии оксидов графена и предложить надежные модели их химического окисления и восстановления.

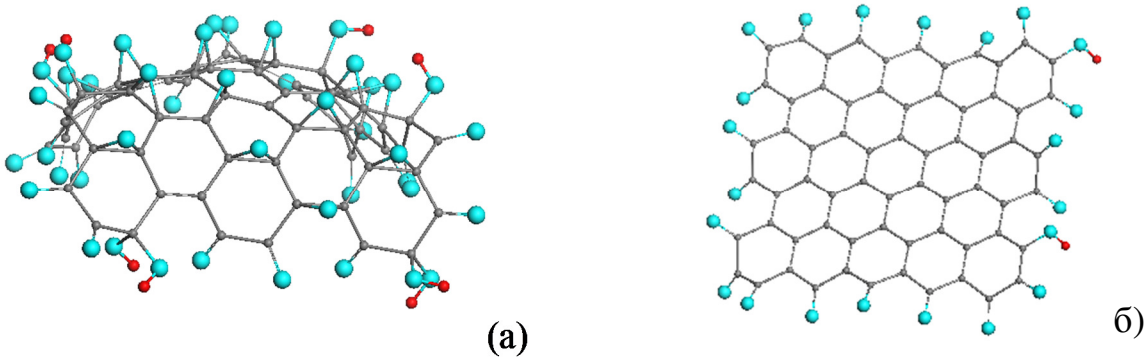


Рисунок 1. Структурные модели оксида графена (а) и восстановленного оксида графена (б)

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Шека Елене Федоровне.

Литература

1. E.F.Sheka, N.A.Popova, arXiv:1212.6413 [cond-mat.mtrl-sci].
2. E.F.Sheka, Int. J. Quant. Chem. 2012, 112, 3076.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Порталов М.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: maksimpo1989@mail.ru

Элинвары получили широкое применение в приборостроении для изготовления упругих чувствительных элементов тончайшей контрольно-измерительной аппаратуры без применения термостатирования и компенсации. Порошковые элинвары пока не имеют масштабного производства ввиду того, что порошковые изделия обладают достаточно высокой остаточной пористостью, а свойства данного материала существенно зависят от чистоты и гомогенности структуры.

Целью исследования являлось получение порошкового сплава, близкого по свойствам к литому сплаву марки 44МХТЮ, - с низкими значениями пористости, высокими значениями прочности и модуля упругости и низким ТКЧ.

В качестве основы сплава использованы порошки железа распыленного марки ПЖРВ 2.200.28 с размером частиц 160 – 200 мкм, карбонильного марки ВС с размером частиц 3 – 5 мкм и порошка распыленного железа, измельченного в шаровой мельнице 24 часа, с размером частиц 3 – 5 мкм. Для активации процесса спекания с целью понижения пористости и повышения механических свойств порошкового сплава использовали дисперсные порошки, в том числе нанопорошки: титан вводили в виде гидрида титана, который при температуре > 550 ^{o}C разлагается на Ti с размером частиц ≈ 50 нм и $H_{2,}$, а также вводили порошок никеля с размерами не более 100 нм. Смеси порошков прессовали при давлении 600 МПа и спекали при температуре 1300 ^{o}C в вакууме, затем проводили закалку от температуры 910 ^{0}C и старение при 600-700 ^{0}C, 3 часа. Механические характеристики сплава определяли на испытательной машине Instron 5882, микроструктуру исследовали на оптическом микроскопе МЕТАМ ЛВ-31, микротвердомере ПМТ-3 и аналитическом автоэмиссионном растровом электронном микроскопе ULTRA 55/60 Carl Zaiss с разрешением 1 нм.

Результаты исследований показали, что наименьшую пористость (2 %) и, максимальные значения механических свойств имели образцы на основе карбонильного железа. Добавление в исходную шихту нанодисперсного порошка никеля с размером частиц 50-70 нм в количестве 10 масс. % повысило механические свойства материала - микротвердость сплава увеличилась на 20 %, прочность – на 5 %. Рентгенофазовым и микроструктурным анализами исследована структура элинваров – твердый раствор $Fe_{0.64}Ni_{0.36}$ с двойниковыми образованиями, дисперсная фаза, и небольшое количество интерметаллида Ni_3Ti, дисперсная фаза, выделившаяся при старении, представляет собой пакеты пластин размером ~45 нм. На основании исследованных закономерностей формирования структуры получен порошковый элинвар с близкими к литому сплаву свойствами: с плотностью 98 %, модулем упругости до 190 ГПа, пределом прочности 1100 МПа, относительным удлинением до 13 %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику РАН Анциферову В.Н. и д.т.н., проф. Оглезневой С.А.за консультирование по теме доклада.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31521 мол_а.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ ИЗ СМЕСЕЙ «МЕТАЛЛ-ФУЛЛЕРЕН»

Потапова И.Н.

Россия, Москва, Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: ino1985@yandex.ru

Металломатричные композиционные материалы (КМ) синтезированы из порошков металлов (Fe, Co) с 5 и 10 вес. неразделенной смеси фуллеренов С60/70. Термобарические условия синтеза (800 - 1000 С, 5 - 8 ГПа) обеспечивали коллапс фуллереновых молекул и превращение фуллеренов в частицы сверхупругой твердой углеродной фазы. Такие частицы представляют большой интерес для армирования износостойких композиционных материалов, поскольку они характеризуются следующими свойствами: твердость Н = 12-15 ГПа, модуль Юнга Е = 70 – 90 ГПа, упругое восстановление при индентировании R > 90%.

Металлическая матрица при коллапсе фуллереновых молекул играет роль пластичной среды, передающей давление, и не оказывает существенного влияния на структуру и свойства образующегося сверхупругой и твердой углеродной фазы.

Согласно результатам микрорентгеноспектрального анализа, атомы металла в процессе синтеза КМ не проникают в углеродную частицу, которая вплоть до межфазной границы содержит 100% углерода, тогда как углерод активно диффундирует в металл. Содержание углерода в железе плавно снижается до нуля на расстоянии ~80 мкм, а в кобальте на расстоянии ~10 мкм от межфазной границы. Снижение интенсивности диффузии углерода в кобальте по сравнению с железом обусловлено меньшим сродством кобальта к углероду. Матрица КМ на основе железа содержит весь спектр твердых растворов углерода в железе (мартенсит, аустенит, феррит) и карбиды Fe3C, твердость матрицы составляет 7-9 ГПа.. КМ на основе кобальта содержит карбид кобальта Co3C. Твердость матрицы в КМ на основе кобальта составляет 4 ГПа.

Испытания трибологических свойств и сопротивления абразивному изнашиванию КМ показали, что при длительных испытаниях по схеме кругового движения коэффициент трения КМ (Fe + 10% СТФ из СЭ) является стабильно низким (0,14). Армирование кобальта частицами СТФ повышает абразивную износостойкость в ~60 раз, при этом коэффициент трения снижается в ~3 раза. Сверхупругие твердые углеродные частицы являются уникальным армирующим материалом, обеспечивающим эффект одновременного повышения износостойкости и снижения коэффициента трения металломатричных композитов.

Повышение твердости армирующих частиц вследствие предварительной механоактивации фуллеренов при сохранении высокого упругого восстановления способствует повышению износостойкости композиционных материалов, полученных из смеси Co+10 вес. % C60 в 10 раз при снижении в 2 раза коэффициента трения КМ, а по сравнению с матричным кобальтом износостойкость возрастает более, чем в 100 раз при снижении коэффициента трения в 3,5-4 раза.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику О.А. Банных, к.т.н. Черногоровой О.П. и к.т.н. Дроздовой Е.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ШИХТЫ И ФОРМЫ НА УСВОЕНИЕ: C, Al, Cu, Mn, Si, Cr, Ni В СТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ТЕРМИТНОГО ПЕРЕПЛАВА

Предеин В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Машиноведения и Металлургии дальневосточного отделения Российской академии наук,

г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

e-mail: zhilin@imim.ru

В основу разрабатываемого технологического процесса положена экзотермическая реакция, в ходе которой происходит восстановление железа из термитной смеси, с получением сортовой стали. Исходной шихтой для получения такой стали и изделий из нее служит смесь порошков алюминия, окалины, стальной стружки и наполнителей, в качестве которых использованы различные легирующие добавки для обеспечения требуемого химического состава стали. Добавки снижают температуру экзотермической реакции, вследствие чего, последняя проходит не полностью, что приводит к браку получаемой отливки. Наполнитель является одним из самых дорогостоящих компонентов термитной композиции и для того, чтобы уменьшить его содержание в смеси необходимо определить температурные параметры шихты и формы, при которых происходит оптимальное усвоение химических элементов расплавом.

Расчетами установлено влияние предварительного нагрева термитных композиций при получении расплава металла на тепловой эффект и температуру реакции. Определена минимальная температура термитной реакции, необходимая для эффективного разделения металла и шлака. Определено поведение основных химических элементов, входящих в состав шихты, их распределение между шлаковой и металлической фазами в зависимости от их концентрации и температуры протекания алюмотермитного процесса. Экспериментальные исследования проводились с изменением температуры подогрева шихты ($T_ш$) и формы ($T_ф$) от 20 до 1000 ^{0}C с шагом равным 100 ^{0}C и неизменным составом термитной смеси. При исследовании химического состава металла по таким компонентам, как: C, Al, Cu, Mn, Si, Cr, Ni определено: содержание таких элементов, как Al, Cu, Mn, Si, Cr, Ni значительно выше в стали, полученной при $T_ф$ = 20 ^{0}C и $T_ш$ = 700 – 800 ^{0}C; содержание C в такой стали, полученной при $T_ш$ = 700 – 800 ^{0}C значительно ниже, чем при $T_ш$ = 20 ^{0}C и соответствует высокоуглеродистым сталям конструкционного назначения. При $T_ш$ > 800 ^{0}C содержание Al, Cu, Mn, Si, Cr, Ni и объёмный выход стали сокращаются.

Установлено, что этот диапазон $T_ш$ обеспечивает равномерное распределение Al, находящегося в расплавленном состоянии и площадь зоны контакта между частицами возрастает. Экспериментально установлено, что полнота восстановления элементов при прохождении экзотермической реакции возрастает с повышением температуры реакции, а на интенсивность процесса оказывают влияние: $T_ф$ и соотношение компонентов в термитных смесях, управление которыми позволяет регулировать интенсивность реакции. Время образования жидкого металла в результате термитных реакций возрастает при увеличении количества компонентов и сокращается с повышением $T_ф$ при равных исходных объемах, вступающих в реакцию термитных смесей.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Сапченко Игорю Георгиевичу и консультанту Комарову Олегу Николаевичу за помощь в подготовке материалов работы.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО РОСТА ПЛЕНОК Cu и Ni НА (001)Ag

Прижимов А.С.

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Росиия

e-mail: andreypriz@mail.ru

Методом молекулярной динамики выявлены общие закономерности формирования атомной структуры пленок Cu и Ni на поверхности (001) монокристалла Ag, т.е. в системах с запредельной величиной размерного несоответствия, характеризующихся ограниченной взаимной растворимостью и нерастворимостью. Методика моделирования изложена в работе [1].

Установлено, что в исследуемых системах реализуется слоевой эпитаксиальный рост, сопровождающийся активным обменом атомов пленки и атомов двух верхних монослоев подложки. Формирование в верхних слоях подложки эпитаксиально-стабилизированной твердорастворной фазы с концентрацией компонентов 65 ат. % Cu – 35 ат. % Ag и 59 ат. % Ni – 41 ат. % Ag обеспечивает ориентированный рост пленок в виде твердых растворов со средней концентрацией 75 ат. % Cu и 76 ат. % Ni. Наименьшая концентрация атомов конденсата достигается в поверхностном пятом и зародившемся вследствие выноса на фронт роста атомов Ag шестом слоях: для системы Cu/Ag – 61 и 74 ат. % соответственно (заполнены на 79% и 23% соответственно); для системы Ni/Ag – 72 и 68 ат. % соответственно (заполнены на 75% и 20% соответственно).

Наблюдаемая закономерность, с одной стороны, показывает возможность формирования тонких слоев твердых растворов во взаимно нерастворимых системах, с другой – обеспечивает параллельную эпитаксию при запредельном размерном несоответствии.

Для обеих систем происходит смещение параметров твердого раствора в сторону параметра кристаллической решетки Ag, обеспечивающее когерентное сопряжение кристаллических решеток пленки и подложки. Это объясняется микродеформационной подстройкой малоатомных кластеров «субрешеток» Cu и Ni к кластерам «субрешетки» Ag. Знак микродеформаций обусловлен тем, что подстройка кластеров Ag (с обратным знаком микродеформации) увеличивала бы энергию системы вследствие ангармонизма.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту академику РАН, д.ф.-м.н. Иевлеву В.М.

Литература

1. Особенности сопряжения на межфазной границе при конденсации Cu на поверхность (001)Ag (молекулярная динамика) / А.С. Прижимов, В.М. Иевлев, А.В. Евтеев // Конденсированные среды и межфазные границы, 2012. – Т. 14. – №2. – С. 229-232.

Работа поддержана грантом РФФИ №11-08-01257.

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ТОРСИОНОВ

Просвирнин Д.В.

ИМЕТ РАН, г. Москва, Россия

e-mail: imetran@yandex.ru

Для ответственных деталей авиационной техники, используются высокопрочные коррозионностойкие трип – стали. В технической литературе, практически отсутствуют публикации по характеристикам усталостной прочности холоднокатанной ленты из коррозионностойкой аустенитной трип – стали. В настоящей работе стояла задача исследовать усталостную прочность и механизмы разрушения образцов из холоднокатанной ленты коррозионностойкой аустенитной стали марки 23Х15Н5АМ3 - Ш, которая используется для изготовления торсионов, а также изучение статических механических свойств и усталостной прочности образцов, вырезанных из торсионов, бывших в эксплуатации.

Исследованы характеристики механических свойств при статическом и циклическом деформировании (повторное растяжение с различной асимметрией цикла нагружения) коррозионностойкой трип – стали марки 23Х15Н5АМ3-Ш (ВНС 9-Ш). Также изучено изменение механических свойств материала торсионов несущих винтов вертолетов, изготовленных из этой стали, в процессе эксплуатации.

Показано, что, происходящие в процессе эксплуатации структурные изменения в материале торсионов, связанные с накоплением структурных повреждений (поры, микротрещины и т.п.) и проявлением трип – эффекта, приводят к снижению предела прочности материала и понижению его предела выносливости. В то же время наблюдается повышение предела текучести и пластичности. Предел выносливости, образцов вырезанных из материала торсионов после их эксплуатации вдали от места разрушения составляет значении 700 – 750 МПа, в то время как предел выносливости исходной ленты составляет 800 МПа.

В случае сильного отклонения, поставляемой ленты, от химического состава, то с точки зрения усталостного ресурса эксплуатации более предпочтителен материал с большим содержанием более пластичной фазы – аустенита. Проведенные исследования по влиянию асимметрии цикла нагружения на усталостную прочности стали 23Х15Н5АМ3-Ш (ВНС 9-Ш) показали, что для тестовых построений кривых усталости модельных образцов можно рекомендовать асимметрию цикла нагружения R = 0,14

Фрактографические картины поверхностей усталостного разрушения имеют различия между исходным материалом и материалом, вырезанным из торсионов, выработавших свой ресурс. В последнем случае наблюдается более вязкий характер усталостного разрушения, а размер вязких ямок при статическом доломе уменьшается.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н., проф. В.Ф. Терентьеву.

Литература

1. Olson G. B, Chait R., M. Azrin M. et. al. Fatigue Strength of TRIP Steels // Metallurgical Transactions A, 1980, vol. 11 A, june, p. 1069 -1071.

2. Терентьев В.Ф., Кораблева С.А. Усталостная прочность высоколегированных коррозионно – стойких трип – сталей (обзор) // Деформация и разрушение материалов, 2009, №12, с. 25 – 26.

3. Терентьев В.Ф., Алексеева Л.Е., Кораблева С.А. и др. Статическая и усталостная прочность трип – стали системы C – Ni – Cr // Деформация и разрушение материалов, 2013, № 3, с. 25 – 26.

4. Алексеева Л.Е., Баев А.С., Буржанов А.А. и др. Механизм усталостного разрушения трип – стали при воздействии циклических нагрузок // Деформация и разрушение материалов, 2009, №12, с. 25 – 26.

5. Кузнецов Г.И., Касьяников В.А. Взлет по вертикали. – М.: 00 ИИГ «ПОЛИГОН-ПРЕСС», 2008, 215 с.

6. Алексеева Л.Е., Буржанов А.А. Панкова М.Н. и др. Роль структуры коррозионностойкой трип – стали в повышении эксплуатационной надежности холоднокатаной ленты // Проблемы черной металлургии и материаловедения, 2011, № 1, с. 48 – 56.

7. Терентьев В.Ф. Усталостная прочность металлов и сплавов. – М.: Интермет Инжиниринг. 2002. – 288 с.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА КОБАЛЬТ - СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАТАЛИЗЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Проскоченко К.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина», г. Москва, Россия

e-mail: al57@rambler.ru

Методом темплатного золь-гель синтеза получены новые мезопористые аморфные кобальт-силикатные материалы с различным массовым содержанием кобальта. Синтезированные материалы проявили себя как эффективные катализаторы окислительной конверсии метана в синтез-газ.

Целью исследования являлось изучение изменений структуры и фазового состава полученных материалов после проведения каталитических экспериментов для оценки стабильности материалов и перспектив их практического использования. Изучались образцы катализаторов, содержащие 1,2, 5 и 20% мас. кобальта. Общая удельная поверхность определялась методом низкотемпературной адсорбции-десорбции аргона (прибор Сорбтометр, ЗАО «Катакон», Россия). Методом рентгеновской дифрактометрии (РФА, дифрактометр Rigaku MiniFlex 600, Япония) изучалась кристаллическая структура образцов. Структура поверхности изучалась на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) высокого разрешения Mira LMU (фирма Tescan, Чехия).

Материал, содержащий 1% Co получен в виде прозрачных синих частиц, тогда как материалы с 2, 5 и 20%Co имели черную окраску. По данным РФА материалы, содержавшие 1,2 и 5% Co имели аморфную структуру, наличие узкого пика в малоугловой области указывало на наличие мезопористой структуры. В случае 20% Co на дифрактограмме помимо диффузной области аморфного материала фиксировались пики, свидетельствующие об образовании кубического Co_3O_4. Исследования на СЭМ показали, что катализаторы, содержащие 1 и 2% Co сохраняют стабильную мезопористую структуру и содержат аморфные частицы оксида кобальта преимущественно в кремнеземной матрице и лишь частично на ее поверхности. Катализатор 20% Co содержит на поверхности SiO_2 значительное количество хорошо закристаллизованного кубического Co_3O_4, равномерно распределенного на поверхности. После каталитического эксперимента аморфная структура кремнеземной матрицы сохраняется у всех образцов. Происходит существенное изменение пористой структуры, особенно в образце 20% Co. Оксид кобалта на поверхности данного катализатора после реакции восстанавливается до металлического кобальта, который после окислительной регенерации преобразуется в агломераты кристаллического кубического Co_3O_4. Таким образом, показано, что увеличение содержания кобальта, введенного в мезопористый SiO_2, способствует существенному изменению морфорогии и структуры катализатора после проведения каталитических экспериментов.

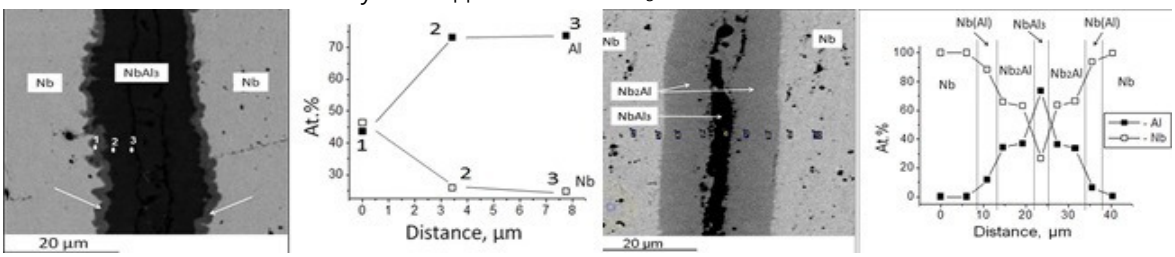
Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н. Локтеву А.С.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МИКРОСТРУКТУРУ ДИФФУЗИОННЫХ ЗОН В СЛОИСТЫХ NB-AL ЖАРОПРОЧНЫХ КОМПОЗИТАХ

Прохоров Д.В.
Институт физики твёрдого тела РАН, г. Черноголовка, Россия,
e-mail: prohorov@issp.ac.ru

Настоящая работа посвящена исследованию влияния температуры на микроструктуру диффузионных зон слоистых Nb-Al жаропрочных композитов, полученных диффузионной сваркой (ДС) многослойных пакетов, собранных из фольг ниобия и алюминия. Сварку осуществляли в вакуумной камере. Пакеты помещали между двумя прокладками из высокопрочного графита. Давление создавалось гидравлическим прессом с максимальным усилием 50 Т. и передавалось через пуансоны из такого же графита. Нагрев осуществлялся в два этапа. На 1-м этапе температура не превышала температуру плавления алюминия (~680°С), чтобы исключить его вытекание при более высоких температурах, но была достаточна, чтобы связать весь алюминий в интерметаллическое соединение $NbAl_3$, температура плавления которого равнялась 1680°С и который согласно диаграмме состояний Nb-Al образовывал при 1590°С эвтектику с Nb_2Al – другим интерметаллическим соединением.

В подтверждение этому на рис. 1 (а) показан фрагмент слоистой структуры многослойного пакета после ДС при 500°С под давлением 20 МПа. Пакет собирался из 19 Nb-фольг толщиной 40 мкм, 20 Al-фольг (10 мкм) и двух Nb-фольг (95 мкм), расположенных снаружи. Видно, что между Nb-слоями, т. е. на том месте, где находился алюминий, образовался слой темного цвета толщиной 14-17.5 мкм. По данным локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА) в слое содержалось ~75 ат.%Al. Что соответствует соединению $NbAl_3$.



а б

Рис. 1. Микроструктура диффузионной зоны и результаты ЛРСА пакета Nb/Al после ДС при: 500°С в течение 2 *ч* под давлением 20 *МПа* (6 *Т*) - (а); 500°С, 2 *ч* + 850-950°С, 1 *ч* под давлением 30 МПа – (б)

В реальных экспериментах по ДС многослойных пакетов Nb/Al непосредственно после первого этапа следовало дальнейшее повышение температуры. И уже в зависимости от температуры 2-го этапа отслеживалось изменение структуры диффузионной зоны. На рис. 1 (б) представлен фрагмент микроструктуры поперечного сечения пакета с температурой на втором этапа в интервале 850-950°С в течение 1 *ч* под усилием пресса 6 *Т*.

По данным ЛРСА диффузионная зона после ДС с таким режимом содержала два слоя толщиной ~8 мкм из интерметаллического соединения Nb2Al, содержащих около 33 ат.%Al, и прерывающегося NbAl3-слоя толщиной от 4 мкм до нуля с концентрацией алюминия, равной 75 ат.%. В областях, где слой NbAl3 прерывался, толщина слоя Nb2Al равнялась ~18 мкм. Диффузия алюминия в ниобий и образование твердого раствора на основе ниобия при таких температурах и времени выдержки не наблюдалась.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в выполнении данной работы: Коржову В.П., Карпову М.И. и Некрасову А.Н.

СПЕКАНИЕ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ Si_3N_4-Y_2O_3

Прямилова Е. Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: pryamilova.en@gmail.com

Материалы на основе нитрида кремния перспективны в области конструкционного применения. Жидкофазное спекание нитрида кремния протекает в присутствии интенсифицирующих уплотнение добавок, образующих стеклообразную фазу по границам зерен, из-за чего механические свойства материала при высоких температурах резко снижаются. Спекание нитрида кремния с добавкой оксида иттрия сопровождается образованием тугоплавкой зернограничной фазы, поэтому система Si_3N_4-Y_2O_3 представляет интерес для изучения. [1]

Исследовали спекание композиций нитрида кремния с различным содержанием оксида иттрия: Si_3N_4 – 4, 6, 8 масс % Y_2O_3, а также Si_3N_4 – 8 мол % Y_2O_3. Смешивание и измельчение проводили до равномерного распределения добавки в шихте и разрушения конгломератов. Гранулометрический анализ порошков проводили с помощью лазерного анализатора размеров частиц Analysette 22 NanoTec, а также высокоскоростной дисковой центрифуги CPS Disc Centrifuge. После измельчения анализ показал наличие фракций менее 1 мкм. Предварительно спрессованные образцы спекали при температуре 1750 °С, выше температуры образования жидкой фазы в системы Y_2O_3 – SiO_2 – Si_3N_4. Спекание композиции Si_3N_4 – 8 масс % Y_2O_3 также проводили при 1780, 1800 °С и методом горячего прессования. Плотность определяли методом гидростатического взвешивания. С увеличением массового содержания оксида иттрия плотность спеченного материала возрастает (рис.1.1). При увеличении температуры спекания композиции Si_3N_4 – 8 масс % Y_2O_3 происходит более сильное уплотнение (рис.1.2), однако, процент пористости остается высоким ~ 18 % (1800 °С). Размер макропор на поверхности шлифа от 1 до 10 мкм. Лучшие результаты после обычного спекания показала композиция Si_3N_4 – 8 мол % Y_2O_3 плотностью 3,21 г/см^3 и твердостью 12,9 ГПа. После режима горячего прессования плотность нитрида кремния составила 3,27 г/см^3, твердость – 15,0 ГПа.

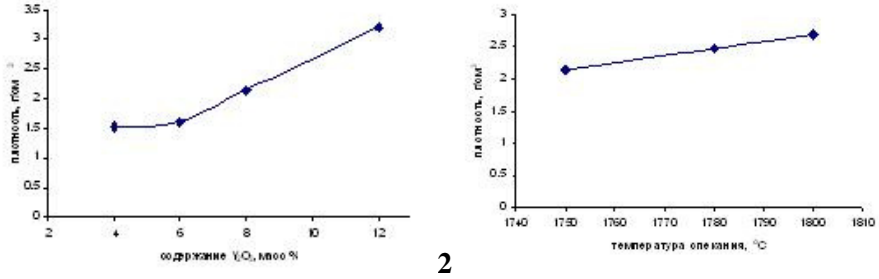


Рис. 1. Зависимости изменения плотности нитрида кремния от содержания оксида иттрия (1) и температуры спекания (2).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю академику РАН Анциферову В.Н.

Литература

1. Шевченко В.Я., Баринов. С.М. Техническая керамика // М: Наука. – 1993. – 187с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МАГНИТОТВЕРДОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Fe-Cr-Co

Пудовкина И.С.

Учреждение Российской академии наук Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: pudovkina_is@mail.ru

Магнитотвердые сплавы на основе системы Fe-Cr-Co отличаются сочетанием высоких магнитных свойств с прочностью, коррозионной стойкостью и пластичностью в определенных структурных состояниях. Известно, что на Fe-Cr-Co сплавах с 3-5 масс.% Co получены высокие магнитные свойства ($(BH)_{макс.} \geq 40$ кДж/м^3, $B_r > 1{,}3$ Тл, $H_{св} > 45$ кЭ). Время ТМО отличается значительной продолжительностью (около 150 час). Представляет интерес разработка магнитотвердых деформируемых сплавов с содержанием кобальта на уровне 8-10 масс.% для достижения наибольшей экономической эффективности.

Цель работы: изучить взаимосвязь магнитных свойств и структуры сплава Fe-26Cr-13Co, дополнительно легированного Ti, Si, Mo, Nb, V и Ni.

Исходными материалами служат литые образцы состава: Fe-основа, 25,7%Cr, 13,1%Co, 2,03%Ti, 1,24%Si, 0,98%Mo, 0,84%V, 0,75%Nb, 0,70%Ni.

Образцы длиной 20 мм получали из сортового проката диаметром 14 мм путем токарной обработки на диаметр 12 мм. Термическую обработку проводили в муфельных печах, оборудованных системами автоматического и программируемого регулирования температуры, ТМО осуществляли в лабораторной установке с панцирным электромагнитом, обеспечивавшим напряженность магнитного поля H=320 кА/м.

Магнитные гистерезисные свойства образцов измеряли на гистерезисографах Permagraph L и УИ.ФИ-400\5-003. Травление шлифов для выявления микроструктуры проводили царской водкой (1 часть HNO_3 и 3 части HCl). Исследование структуры – на металлографическом микроскопе «Olympus Gx51». Съемка дифракционных спектров проводилась на дифрактометре ДРОН-4. Полученные спектры использовали для проведения фазового анализа.

Оптимизацию магнитных гистерезисных свойств сплава проводили методом планирования эксперимента, обработку результатов осуществляли с помощью пакета программ Statgraphics Plus 5.1. Образцы подвергались ТМО по следующему режиму: закалка от 1150ºС в воду, нагрев до температуры T_1(700 ºС), выдержка в течение 60 мин, охлаждение в магнитном поле со скоростью v_1 в интервале температур T_2 - T_3(600ºС), выдержка 20 мин, охлаждение до температуры T_4(500ºС) со скоростью v_2 без магнитного поля. Выявлена оптимальная ТМО, состоящая в охлаждении со скоростями v_1 около 80 ºС/ч и v_2 8 ºС/ч.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении работы сотрудникам ИМЕТ РАН д.т.н. Миляеву И.М.

Литература

1. Chin G.L., Green M.L., Sherwood R.C., Wernick J.H. Low-Cobalt FE-CR-CO Permanent Magnet Alloy Processing // United States Patent No 4,311,537, C21D ¼; 148/108. Filed: Apr, 22, 1980. Jan.19, 1982.

ТОПОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДНЫХ И ОКСИНИТРИДНЫХ ПЛЕНОК ТИТАНА И ПОВЕДЕНИЕ КЛЕТОК IN VITRO

Пустовалова А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: a.a.pustovalova@yandex.ru

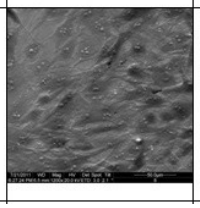
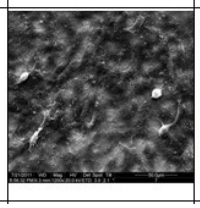
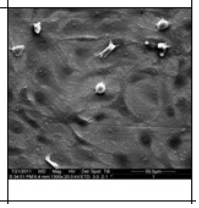
Биомедицинские имплантаты для сердечнососудистой хирургии должны соответствовать определенным требованиям, включающим оптимальный набор физико-механических свойств. Применение биосовместимых пленок на основе оксидов и оксинитридов титана способны улучшить антитромбогенные свойства сердечнососудистых имплантатов. Топография поверхности покрытия играет важную роль при взаимодействии имплантата с кровью и окружающей тканью. Одним из эффективных методов формирования биомедицинских покрытий является магнетронное распыление, позволяющее получать покрытия с контролируемым составом и структурой.

Целью работы является изучение топографии поверхности биосовместимых покрытий на основе оксидов и оксинитридов титана, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления на поведение клеток человека на данных покрытиях.

Пленки наносились при помощи установки магнетронного распыления УВН-200МИ на стальные подложки (12Х18Н10Т). В качестве материала мишени использовался технически чистый титан. Шероховатость поверхности покрытий определялась с помощью прибора Talysurf 5M. Смачиваемость поверхности определялась по контактному углу методом «сидячей капли» с помощью прибора EasyDrop. Для исследования на цитотоксичность и адгезию использовалась клеточная линия остеобластподобной остеосаркомы MG63 человека. Длительность исследования составила 7 дней.

В таблице 1 приведены результаты исследований шероховатости, контактного угла смачивания и клеточной адгезии.

Таблица 1. Значения шероховатости, смачиваемости TiO_2 и Ti-O-N покрытий и клеточной адгезии.

Покрытие	Ra, нм	Θв,°	Адгезия клеток	Покрытие	Ra, нм	Θв,°	Адгезия клеток	Покрытие	Ra, нм	Θв,°	Адгезия клеток
Сталь	32	73,7±2		TiO_2	39	99±2		Ti-O-N	54	108±2	

По результатам экспериментов покрытия имеют высокий класс шероховатости, а так же низкое значение гидрофобности. Концентрация клеток на поверхности стали и оксинитрида титана выше, чем на поверхности покрытия оксида титана. Наиболее благоприятной для «приживания» клеток является поверхность стали, в то время как покрытия TiO_2 и Ti-O-N токсичны для данных клеток.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю: Пичугину В.Ф. и своим коллегам Сурменевой М.А., Морозовой Н.С.

РОСТ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОПЛЕНОК

Рабинович О.И.

Национальный исследовательский технологический университет «Московский Институт Стали и Сплавов», Москва, г. Москва, Россия

e–mail: rawork2008@mail.ru

Для получения структур с самоорганизованными квантово-размерными точками используют различные методы роста, например молекулярно-лучевую эпитаксию или газофазную эпитаксию из металлоорганических соединений [1, 2].

Целью настоящей работы было апробирование относительно нового метода выращивания полупроводников- метод инконгруэнтного испарения. Пленки получали методом инкогруэнтного испарения пленок заданного состава и толщины. На окисленные подложки кремния марки КДБ-10 (111) осаждали пленки толщиной 0.5 мкм и состава $A_{1-x}Se_x$, где A-Ge или Se (x=0.9 ат. долей). Осаждение пленок проводили методом взрывного испарения малых навесок соответствующего сплава. Исходные структуры помещались в испарительную ячейку с индивидуальным разогревом, которая размешалась в вакуумной камере. Испарение пленочных структур проводились при температуре, отвечающей температуре ликвидуса сплава и давлении аргона в вакуумной камере 30 кПа и 100 Па.

Конструкция нагревателя, используемого в эксперименте, представлена на рисунке.

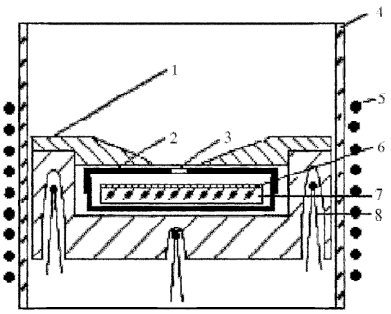


Рис. Конструкция испарительной ячейка: 1-крышка; 2- эффузионная ячейка; 3-эффузионный канал; 4- кварцевый экран; 5- вольфрамовый нагреватель; 6-пленка; 7-подложка; 8-термопары

Конструктивно ячейка дает дополнительные возможности по управлению скоростью отбора конденсата G в диффузионном режиме за счет изменения диаметра эффузионного канала 3. Измерение температуры образца во время процесса проводили с помощью хромель - алюмелевых термопар 8, предварительно отградуированных по реперным точкам эталонных веществ. Контроль завершения отбора конденсата фиксировали по стабилизации сопротивления "подложки-спутника" расположенного в зоне сбора конденсата. Средняя скорость испарения составляла 10^{-6} г/см^2•с, а время полного исчезновения маточной фазы составляло от 50 до 150 с.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.ф.м.н. доц. каф. Полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ МИСиС Диденко Сергею Ивановичу.

Литература

1. *Morkoc H*. Handbook of nitride semiconductors and devices (V. 1-3). Wiley-VCH, 2008. 3563 p.
2. *Асрян Л.В., Сурис Р.А.* // ФТП. 2004. Т. 38. № 1. С. 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАСТАБИЛЬНОГО СПЛАВА Fe-Ni-TiC

Ребрий С.М.

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет, г. Пермь, Россия

e-mail: sophiiie@mail.ru

С появлением дифференциальной сканирующей калориметрии высокого разрешения, появилась возможность определения термодинамических характеристик различных материалов. Впервые были определены термоактивные параметры сплавов (значения энтальпии и энтропии), полученных методом порошковой металлургии, содержащих по 8 % (масс.) карбида титана, 6-12 % (масс.) Ni, 0,2-0,3 % (масс.) C, остальное – Fe.Сплавы были получены смешением порошков с размерами частиц 3-5 мкм, холодным прессованием при давлении 400-600 МПа и последующим спеканием в атмосфере водорода при 1000 ^{0}C. Данные сплавы используются для изготовления связки алмазного инструмента. Наиболее важными свойствами связки из порошкового сплава являются прочность, упругость, а также состав, структура, коэффициент трения и теплофизические характеристики. Повышение служебных характеристик инструмента достигается путем создания термодинамически неравновесной структуры. Один из путей создания неравновесной структуры -формирование в связке метастабильных фаз, которые при фазовом превращении при любом механическом воздействии способствуют упрочнению связки и закреплению алмазных зерен. В сталях после спекания была сформирована феррито-аустенитная структура с различным количеством аустенита: при содержании никеля 6, 9, 12 % аустенита было соответственно 6, 20, 50 %.

В работе использовался прибор STA 499C NETZSCH, скорость нагрева 10 ^{0}/мин., среда высокочистого Ar.

В результате были определены следующие параметры сталей при нагреве:

для образца с 6 % (масс.) Ni: ΔH (энтальпия) = 959.4 Дж/моль; ΔS (энтропия) = 1.003 Дж/(мольK), A (площадь) $_{пика}$ = 17.0 Дж/г; T (максимальная температура) $_{пика}$ = 683.5^{0}C;

для образца с 9 % (масс.) Ni: ΔH = 931. 7 Дж/моль; ΔS = 1.00 Дж/ (мольK); A $_{пика}$ = 16.4 Дж/г; T $_{пика}$ = 652.4 ^{0}C;

для образца с 12 % (масс.) Ni: ΔH = 541.0 Дж/моль; ΔS = 0.60 Дж/ (мольK); A $_{пика}$ = 9.6 Дж/г; T $_{пика}$ = 632.4 ^{0}C.

Таким образом, с увеличением концентрации Ni смещается положение пиков, а тепловые эффекты превращения снижаются, что связано с уменьшением объема, участвующего в превращении материала.

При испытаниях на трение по абразиву наилучшие свойства показал образец стали, содержащий 12 % никеля и 50 % метастабильного аустенита с объемом фазового аустенитно-мартенситного превращения 18 %; в сталях с 6-9 % никеля при трении объем фазового превращения был незначителен и износ был высоким.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н., проф. Л.В. Спиваку и д.т.н., проф. С.А Оглезневой С.А.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-08-31521 мол_а.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ МЕДИ НА КОМПОЗИТНЫЕ ЛЕНТЫ «СЕРЕБРО – НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ»

Ревазов В.В.

«Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский Институт», г. Москва, Россия

e-mail: Revazov@bk.ru.

Длинномерные ленты на основе высокотемпературных сверхпроводников второго поколения (ВТСП) являются основой сильноточных изделий, промышленное производство которых в настоящее время осваивается в России. Эти ленты представляют собой композитные слоистые материалы, как правило, на подложках из нержавеющей стали. Наружный шунтирующий (стабилизирующий) слой композитной ленты изготавливается из меди, наносимой гальваническим способом или ламинированием.

Электроосаждение меди на длинномерные ленты из нержавеющей стали достаточно трудно осуществить, поскольку это требует специальной тщательной предподготовки поверхности, например, путем электрохимической обработки в растворах серной или соляной кислот различной концентрации, что обусловлено плохой адгезией металла с поверхностью изделия [1-2]. Задача многократно усложняется, когда одна сторона ленты покрыта серебром, как в случае ВТСП лент.

Настоящее исследование посвящено отработке режимов электроосаждения меди толщиной до 40 мкм на ленту из высокотемпературной нержавеющей стали, содержащей 24-26 % хрома и 19-22 % никеля (производство Германии) - аналог нержавеющей стали марки 20Х23Н18. Образцы полированной и неполированной ленты размером 2,5×0,4 см и толщиной 0,1 мм активировали в растворах соляной кислоты при катодной плотности тока 3-5 А/дм^2 в течение 5-10 минут с последующим осаждением подслоя никеля при плотности тока 5 А/дм^2 в течение 5-10 минут, а также в растворах серной кислоты сначала при анодной, а затем при катодной плотностях тока 5,0 А/дм^2 в течение 5-10 минут. Электроосаждение меди на активированную поверхность ленты проводили из пирофосфатного ($CuSO_4 \cdot 5H_20$ – 40 г/л, $K_4P_2O_7$ – 150 г/л, Na_2HPO_4 – 85 г/л, pH 8,8) и сернокислого ($CuSO_4 \cdot 5H_20$ – 165-185 г/л; H_2SO_4 – 50-70 г/л) электролитов при температуре 20-30°С в течение 30-60 мин.

Показано, что электроосаждение меди на активированной ленте из пирофосфатного и сернокислого электролитов при плотностях тока 1,0 - 5,0 А/дм^2 протекает с образованием светлых равномерных покрытий меди, которые не отслаиваются при изгибе и выдержке в термостатируемом шкафу при температуре 200 °С в течение 1часа, что указывает на хорошую их адгезию с поверхностью подложки. Однако при толщине медного осадка более 50 мкм наблюдается отслаивание покрытия от основы. Таким образом, предложенная нами с учетом литературных данных методика электрохимической активации поверхности ленты из нержавеющей стали как в растворе соляной (50-310 г/л), так и серной (5,0 -18,5 %) кислотах является вполне приемлемой для получения качественных медных покрытий на ленте. Важным моментом после активации поверхности ленты является последующее осаждение на нее подслоя никеля толщиной не более 1,0 мкм. В большей степени это сказывается на выходе меди по току.

Из полученных результатов следует, что при электрохимической активации как в солянокислой, так и сернокислой средах предпочтительно гальваническое осаждение меди на ленту проводить в сернокислом электролите меднения. Это обусловлено использованием более высоких плотностей тока 3-5 А/дм^2 по сравнению с пирофосфатным электролитом – не более 1,0 А/дм^2, что делает процесс меднения более производительным, сохраняя при этом сравнительно высокий выход меди по току 74,7-79,1 % и качество медного покрытия. Однако увеличение плотности тока выше 5,0 А/дм^2 нецелесообразно из-за уменьшения выхода меди по току вследствие увеличения доли дока на побочную реакцию – выделение водорода. Так, увеличение плотности тока с 3,0 до 5,0 А/дм^2 уже приводит к снижению выхода меди по току с 78,0 до 74,7 %.

Найденные нами оптимальные условия катодной активации поверхности ленты перед гальванопокрытием были апробированы на укрупненных образцах из нержавеющей стали марки Х18Н10Т. При этом осаждение меди в сернокислом электролите протекает с выходом металла по току 95,0-97,9 %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Конареву А.А., Круглову В.С., Давлатьян Т.А. и Шавкину С.В. за помощь в проведении работы.

Литература

1. Заявка Японии 62-12315, МПК C25D5/26 , опубл. 18.03.87, бюл. 3-308
2. Патент РФ № 2201478, МПК C25D5/36 опубл. 27.03.2003

ВНЕРЕАКТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТОВ ТВЭЛ С ОБОЛОЧКАМИ ИЗ СПЛАВА Zr1Nb В УСЛОВИЯХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПЕРЕХОДНЫЕ РЕЖИМЫ И АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ.

Редкина А.П.

Научно технический комплекс Ядерно-топливный цикл Харьковский физико-технический институт НАНУ, г. Харьков, Украина

e-mail: gordaya@kipt.kharkov.ua

В данной работе представлены внереакторные испытания макетов твэлов с оболочками из сплавов *Zr1Nb* и Э110 в условиях, которые имитируют переходные режимы и аварийные ситуации. Эксперименты проводились по разработанным в НТК ЯТЦ ННЦ ХФТИ методикам на «свежих» необлученных оболочках, с помощью нагрева образцов прямым пропусканием электрического тока в паре до температур разрушения с различной скоростью нагревания (до 150°С/с) и различным исходным давлением под оболочкой 0,1-3,5 МПа.

В работе представлены методики испытаний, основные результаты по окислению и деформации, диапазоны температур разрушения в зависимости от скорости нагревания оболочки и внутреннего давления под оболочкой, а также механические характеристики оболочек до и после испытаний.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за консультацию в вопросах изучения циркониевых сплавов кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику Черняевой Татьяне Павловне.

РАЗРАБОТКА СХЕМ ПЕРВИЧНОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ (ЗАКАЛКИ) ДЛЯ СПЛАВОВ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА СИСТЕМЫ Fe-Ni.

Редькина Н.В.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

г. Нижний Новгород, Россия

e-mail: rednatvik@gmail.com

В работе исследованы различные схемы первичной термоциклической обработки (ТЦО) железо-никелевых сплавов аустенитного класса системы Fe-Ni, которые представлены на рис.1.

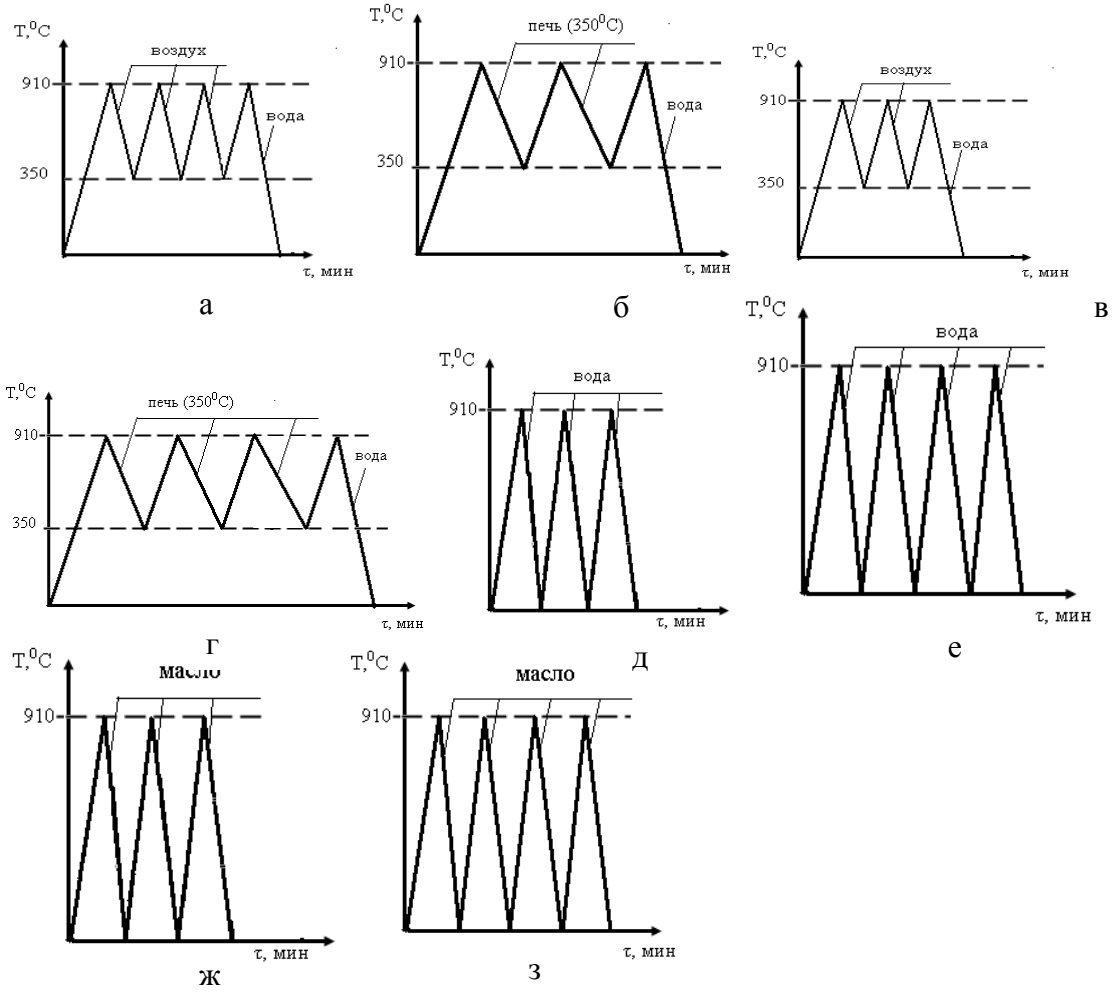


Рисунок 1.Схемы первичной термоциклической обработки железо-никелевых сплавов аустенитного класса системы Fe-Ni на примере 44НХТЮ

Объектом исследования служил сплав 44НХТЮ.

Из рис.1. видно, что существует множество вариантов первичной ТЦО. Термоциклирование закалки проводилось по предложенной Федюкиным В.К классической схеме ТЦО для железо-никелевых сплавов (рис.1.а,б,в,г), а также по новым схемам(рис.1д,е,ж,з), в которых был расширен интервал циклирования.

Результаты исследования показали, что наиболее мелкую однородную структуру при ТЦО ($d_з$≈1мкм) можно получить при количестве циклов - 3, при этом необходимо расширить интервал термоциклирования и увеличить скорость нагрева и охлаждения (рис.1 д).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору, д.т.н. Скуднову В.А.

ВЛИЯНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДСТУЖИВАНИЯ НА НАСЫЩЕНИЕ УГЛЕРОДОМ И АЗОТОМ И СТРУКТУРУ УПРОЧНЕННОГО НИТРОЦЕМЕНТОВАННОГО СЛОЯ

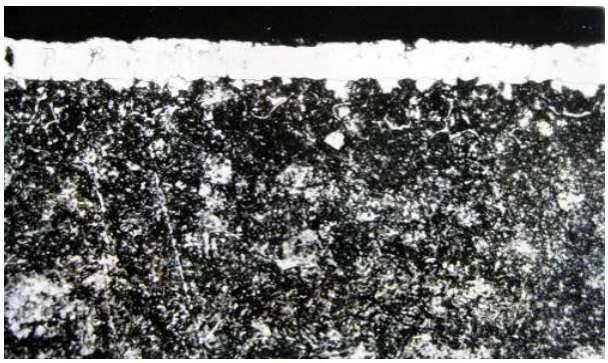
Релмасира К.Д.

ФГБОУ ВПО "Тульский государственный университет", г. Тула, Россия

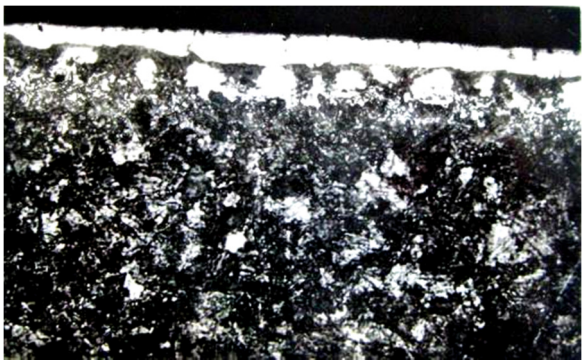
e-mail: winnerclass@gmail.com

Известно, что азот ускоряет процесс диффузии углерода, но при высокой температуре азот испаряется в атмосфере. Исследование влияния неизотермических условий в процессе подстуживания на насыщение углеродом и азотом и структуру упрочненного нитроцементованного слоя является актуальной задачей исследования. Исследование проводили на стали 20ХНР, упрочненной по разным режимам.

В результате проведенных исследований установлено, что на поверхности образуется нитроцементованный слой состава $Fe_{2-3}N(C)$, обладающий меньшей хрупкостью, чем чисто азотистая ε-фаза. Нитроцементованный слой состоит из карбонитридной поверхностной зоны в виде «белой» нетравящейся полосы и диффузионного подслоя – так называемой зоны внутреннего азотирования. Фазовая перекристаллизация и полиморфное превращение, происходящие при охлаждении ниже эвтектоидной температуры системы Fe-N (ниже Ar_1) способствовали большему насыщению поверхности азотом и получению больших слоев. При охлаждении до 700 ^{0}С для стали 20ХНР «белый» слой имеет толщину до 12 мкм, прерывистый местами браунит выходит на поверхность (рис. 1,б). Диффузионный подслой состоит из смеси браунита и участков азотистого аустенита. При охлаждении до 550 ^{0}С (ниже Ar_1) «белый» слой сплошной, толщиной 16-20 мкм (рис. 1,а).



(а)



(б)

Рисунок 1 – Микроструктура упрочненного слоя образцов из стали 20ХНР после травления в 4% - ном спиртом растворе HNO_3, х400

По сравнению с изотермическими условиями формирования «белого» слоя, для неизотермических условий формирования упрочненного слоя в ε-фазе после охлаждения до 550 ^{0}С в процессе фазовой перекристаллизации и полиморфного превращения содержится повышенное количество дефектов и она стала менее стабильной. Кроме того, быстрое охлаждение фиксирует пересыщенный по углероду твердый раствор ε-фазы, особенно вблизи границ зерен, вследствие преобладания доли граничной диффузии над объемной в процессе охлаждения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.т.н., доценту Пегишевой С.А. (Волгоградский государственный технический университет, факультет технологии конструкционных материалов, кафедра «Технология материалов»)

ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Романов А.Д.
НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия
e-mail: t763@yandex.ru

Горение металлов, у которых температура кипения окисла существенно превышает температуру кипения металла, происходит преимущественно в паровой фазе. Частицы таких металлов, как магний и алюминий, горят в диффузионном режиме и время, необходимое для полного выгорания частиц, пропорционально квадрату их диаметра. При соответствующем подборе длины камеры дожигания и дисперсности частиц металлов можно добиться удовлетворительной полноты сгорания. Смесь алюминия с оксидами металлов применяют для получения некоторых металлов и сплавов, в зажигательных боеприпасах, в качестве ракетного топлива.

Идею использования алюминия в качестве горючего еще в 1924 г. предложил Ф.А. Цандер. В 40е годы, М.А. Рудницкий разработал паротурбинную силовую установку на основе алюминиевого сплава с сжиганием в среде газообразного кислорода. Также была предложена ЭУ конструкции Иванова, топливом для парового котла служила алюминиевая проволока. В 1950-х гг. в НИИ-24 проводились исследования по созданию активно-реактивных снарядов с твердым высокометаллизированным топливом СН-1, это создало предпосылки к созданию скоростной подводной противолодочной ракеты для подводных лодок "Шквал". Воздухонезависимые ЭУ на основе газо-паротурбинных установок замкнутого цикла с использованием различных комбинаций топлива и окислителя ($Mg + CO_2$, $Al + CrO_3/S/Fe_2O_3$, $Li + CrO_3$ и др) исследовались в Военно-морском инженерном институте. В настоящее время ФГУП РНЦ «Прикладная химия» разработало установка непрерывного получения водорода методом гидротермального окисления порошков алюминия. В качестве альтернативы специальным энергетическим установкам на основе радионуклидных термоэлектрических генераторов, использующих в качестве источника тепла радиоактивные изотопы, были разработаны «специальные энергетические установки» на основе «химических источников теплоты» на основе паровой турбины замкнутого цикла или двигателя Стирлинга.

В основу данной работы положены эксперименты по высокотемпературной переработке углеводородного сырья в жидкометаллическом теплоносителе и исследование запроектных аварийных ситуаций, в ходе экспериментов были получены результаты по окислению теплоносителя свободным и химически связанным кислородом с выделением тепловой энергии и образованием оксидов, а также исследовательские работы по разливке алюминиевых сплавов в среде кислорода. Разрабатываемая технология основана на элементе высокометаллизированного топлива сжигание которого осуществляется путем подачи газообразного окислителя, изменение интенсивности горения, производится регулированием подачи окислителя. При этом продукты сгорания не отводятся из топливного элемента. Регенерация топлива (топливного элемента) происходит на базе.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю и консультанту Чернышову Евгению Александровичу.

НОВЫЙ ТЕМНОЦВЕТНЫЙ ПИГМЕНТ С МАКСИМАЛЬНЫМ ОТРАЖЕНИЕМ В БЛИЖНЕЙ ИК-ОБЛАСТИ

Ротермель М.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твёрдого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: Rotermel@ihim.uran.ru

Пированадат марганца запатентован как пигментный чёрный материал с высоким коэффициентом отражения в ИК-области спектра [1], что снижает ИК-индуцированное накопление тепла в покрытом пигментом веществе. Однако очевидным препятствием для практического применения материала на основе $Mn_2V_2O_7$ является наличие фазового перехода I рода вблизи комнатной температуры [2]. Кроме того, в ходе работы нами показано, что коэффициент объемного термического расширения (ОКТР) низкотемпературной триклинной фазы α-$Mn_2V_2O_7$ при нагреве от -180° до 20°С составляет $\alpha_V = 2.37 \cdot 10^{-5}$ 1/град, для высокотемпературной моноклинной модификации в интервале от 50° до 1000°С $\alpha_V = 4.25 \cdot 10^{-5}$ 1/град. Значительное различие в ОКТР и резкое изменение объема кристаллической ячейки означает, что при циклических колебаниях температуры покрытия с использованием пигмента $Mn_2V_2O_7$ будут разрушаться. Цель настоящего исследования – реализация возможности практического применения материала на основе $Mn_2V_2O_7$ за счет значительного повышения температуры фазового перехода без изменения пигментных и спектральных характеристик. Для этого в работе синтезирована серия твердых растворов замещения в катионной подрешетке $Mn_{2-2x}M_{2x}V_2O_7$, где M = Ni, Co. Методами высокотемпературного РФА (дифрактометр D8 ADVANCE, $Cu_{K\alpha}$-излучение, β-фильтр, позиционно-чувствительный детектор VANTEC), ядерного магнитного резонанса (модифицированный спектрометр широких линий ЯМР «Tesla BS 567 A», резонансная частота f_r = 22 МГц) и дифференциального термического анализа (термоанализатор SETSYS Evolution (Setaram, Франция) в воздушной среде при скорости изменения температуры 10°С/мин) определено, что протяжённость твёрдых растворов $Mn_{2-2x}M_{2x}V_2O_7$ составляет (27±3) мол.% $M_2V_2O_7$, а температура фазового превращения α ↔ β повышается с ростом концентрации никеля или кобальта до x = 0,27 от 25° до (160±5)°С. Исследование спектральных характеристик («Spectrum-One» Perkin Elmer) выявило оптимальные спектральные характеристики для марганец-никелевого ванадата. Показано, что коэффициент отражения в диапазоне 1000 – 2000 нм (ИК диапазон) составляет 70 – 90%. Получены композиты с участием $Mn_{2-2x}Ni_{2x}V_2O_7$ на основе поливинилового спирта, эпоксидной смолы с отвердителем, лака «Цапон», $CaMgSiO_4$, демонстрирующие улучшенные характеристики отражения в инфракрасной области наряду с высокими прочностными показателями [3].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность чл.-корр. РАН Бамбурову В.Г., д.х.н. Красненко Т.И., д.х.н. Медведевой Н.И., инж. Соколовой Л.Л., к.х.н. Самигуллиной Р.Ф.

Литература

1. Swiler D.R. // United States Patents US 6,485,557 B1, МКИ C01G 45/00, 2002.
2. Liao J.-H., Leroux F., Payen C. et al. // J. of Solid State Chem. 1996. V. 121. P. 214.
3. Красненко Т.И. Заявка № 2011123950 от 16.06.11, решение о выдаче патента от 16.08.2012.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 11-03-00779-а.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕКУРСОРОВ НА МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОЛИБДАТА ЖЕЛЕЗА

Румянцев Р. Н.

«Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия

e-mail: RNR86@yandex.ru

Основным компонентом железомолибденового катализатора является молибдат железа $Fe_2(MoO_4)_3$. В настоящее время технология его приготовления основывается на методе осаждения. К недостаткам этого способа относятся большое количество сточных вод и газовых выбросов, которые необходимо утилизировать. Избежать перечисленных недостатков можно используя метод механохимического синтеза (МХС), который позволяет исключить использование растворителей, избежать загрязнения синтезируемого продукта, сократить число технологических стадий и тем самым обеспечить высокую экономиность и экологичность процесса приготовления катализатора. Кроме того, использование данного метода позволяет существенно расширить сырьевую базу. Поэтому целью работы является исследование влияния прекурсоров на механохимический синтез молибдата железа.

МХС осуществлялся в ролико-кольцевой вибрационной мельнице с частотой колебания 930 мин$^{-1}$ и достигаемом ускорении 3g путем совместной механической активации (МА) стехиометрических смесей порошков MoO_3 с α-Fe, MoO_3 с α-Fe_2O_3, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$*$4H_2O$ с α-Fe_2O_3. Методом рентгенофазового анализа установлено, что на начальном этапе (5-15 мин.) МА смеси α-Fe и MoO_3 наблюдается интенсивное окисление фазы металлического железа и образование α-Fe_2O_3. Дальнейшее увеличение времени МА до 90 мин. приводит к постепенному исчезновению рефлексов фаз железа и гематита и уменьшению интегральной интенсивности рефлексов оксида молибдена. Можно предположить, что на данной стадии образуется аморфный молибдат железа, прокаливание которого сопровождается совершенствованием кристаллической структуры и образованием однофазного $Fe_2(MoO_4)_3$ при 300-400°С. При активации смеси MoO_3 с α-Fe_2O_3 происходит уменьшение характерной интегральной интенсивности рефлексов как оксида молибдена, так и оксида железа. При этом происходит уменьшение размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) и увеличение величины микродеформаций. Так, размер ОКР MoO_3 уменьшается с 26 нм до 10 нм после 75 мин. механообработки, а величина микродеформаций увеличивается с 0.3 до 0.55 %. Прокаливание механоактивированной смеси при 400°С в течение 5 часов приводит к образованию кристаллического молибдата железа. С помощью метода рентенофазового анализа установлено, что в процессе активации $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$*$4H_2O$ с α-Fe_2O_3 происходит разложение $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$*$4H_2O$ до $(NH_4)_2Mo_4O_{13}$ и выделение NH_3 в газовую фазу, кроме того протекает параллельный процесс взаимодействия гематита с выделившимся аммиаком в результате чего наблюдается образование магнетита. Прокаливание активированной смеси при 300-400°С приводит к образованию кристаллической фазы молибдата железа.

Таким образом, установлено, что МА является перспективным способом получения молибдата железа, а наиболее подходящим прекурсором для его получения, вследствие своей доступности, относительной дешевизны и простоты исполнения технологического процесса, являются MoO_3 и α-Fe.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за ценные советы данне при выполнении работы к.т.н., доц. Ильину А.А. и д.т.н. проф. Ильину А. П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ МЕТАЛЛОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИАРИЛАТОВ ПОСЛЕ ВЗРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Рыжова С. М.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: mvpol@vstu.ru

Взрывное прессование (ВП) позволяет не только получать полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе трудноперерабатываемых термостойких полимеров, но и реализовывать условия получения композитов с различными физико-механическими свойствами, что открывает перспективы применения таких материалов при создании деталей и узлов повышенной надежности и долговечности.

В качестве исследуемых материалов применялись ПКМ (50 % об.) на основе полиарилата ДВ с порошками алюминия, железа, меди, никеля и вольфрама. С целью достижения необходимого уровня физико-механических свойств обработанные скользящей ударной волной (УВ) при плоском нагружении с давлением прессования 0,67 ГПа образцы металлонаполненного полиарилата были подвергнуты спеканию при температуре 260 ^{0}С. Микроструктурные исследования производили методом оптической микроскопии на микроскопе Olympus 61BX в отраженном свете при 200 кратном увеличении. Измерение электрического сопротивления ПКМ проводили по четырехпроводной системе с использованием мультиметра типа 2000.

Анализ результатов исследования электропроводящих свойств металлонаполненного полиарилата показал, что ВП скользящей УВ сопровождается ростом электропроводимости ПКМ в зависимости от вида металлического наполнителя: наибольшей электропроводимостью обладает композиция полиарилата с медью (γ от $98 \cdot 10^3$ до $190 \cdot 10^3$ См/м), а наименьшей - с железом (γ от $18 \cdot 10^3$ до $30 \cdot 10^3$ См/м). При этом наблюдается анизотропия электропроводимости: вдоль направления распространения УФ она значительно выше (на 40-60 % в зависимости от вида металлического наполнителя), чем в поперечном направлении. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными по электропроводимости применяемых металлов, а различия в электропроводимости вдоль и поперек распространения УФ подтверждаются микроструктурными исследованиями композиций. Вдоль направления распространения УФ наблюдается значительная деформация металлических частиц независимо от вида металла, способствующая их ориентации, сварке в местах контакта, что обеспечивает беспрепятственное прохождение электрического тока через частицы металла.

Таким образом, взрывная обработка металлонаполненных полиарилатов скользящей УВ обеспечивает интенсивную деформацию металлических частиц, их межчастичное взаимодействие, что сопровождается ростом электропроводимости ПКМ. Это приводит к анизотропии электропроводимости ПКМ, связанной с образованием контактов между металлическим наполнителем за счет деформации частиц вдоль направления распространения УФ, их сварки по границам контакта с образованием электропроводящих каналов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.т.н., профессору Нине Александровне Адаменко за участие в работе и обсуждение полученных результатов.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $Pb_{1-p}La_p[Zr_{0.9}Mg_{(0.1+p)/3}Nb_{(0.2-p)/3}]O_3$

Рюш И.О.

Южный Федеральный Университет, г. Ярославль, Россия

e-mail: rjush-irina@rambler.ru

В работе изучены температурные и полевые переходы в керамических твердых растворах (ТР), состав которых может быть выражен формулой $Pb_{1-p}La_p[Zr_{0.9}Mg_{(0.1+p)/3}Nb_{(0.2-p)/3}]O_3$, где $0 \le p \le 0.3$.

В результате исследования кристаллической структуры ТР методом порошковой рентгеновской дифракции, а также на основе изучения температурных зависимостей относительной деформации и диэлектрических характеристик установлено, что в данной системе стабилизируются четыре фазовых состояния с разным характером упорядочения дипольных моментов: две сегнетоэлектрические (СЭ) ромбоэдрические фазы: низкотемпературная **FE(R)$_{LT}$** и высокотемпературная **FE(R)$_{HT}$** (обе известны по системе ЦТС) и две антисегнетоэлектрические (АСЭ): орторомбическая фаза **AFE(O)**, изоструктурная чистому цирконату свинца, и новая высокотемпературная – **AFE$_{HT}$**. Природа выявленных фаз уточнялась по виду петель диэлектрического гистерезиса. В области малых ***p***

В процессе охлаждения через T_C возникает высокотемпературная СЭ-кая фаза **FE(R)$_{HT}$**, которая при ***p***≤0.0125 сохраняется вплоть до комнатных температур. При дальнейшем охлаждении в образцах с ***p***=0.0 и ***p***=0.005 обнаруживаются новые слабые аномалии макроскопических свойств, свидетельствующие о дополнительном структурном переходе без потери макроскопической поляризации. Это может быть признаком перехода между двумя СЭ-кими фазами, что позволяет предполагать появление в отрицательной области температур фазы **FE(R)$_{LT}$**.

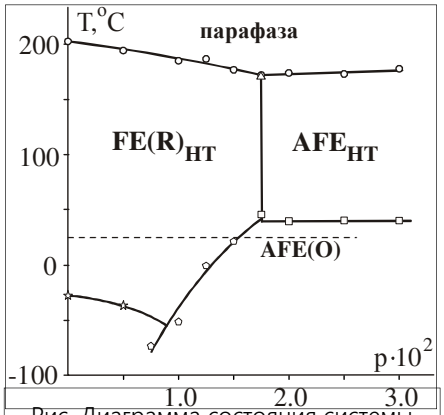


Рис. Диаграмма состояния системы $Pb_{1-p}La_p[Zr_{0.9}Mg_{(0.1+p)/3}Nb_{(0.2-p)/3}]O_3$

В остальном интервале изученных концентраций при T=25°C в результате двух структурных переходов стабилизируется фаза **AFE(O)**, характерная при комнатных температурах и для чистого цирконата свинца. На основе анализа порошковых дифрактограмм установлено, что структура АСЭ-ких ТР при комнатной температуре зависит от их температурной предыстории. Например, после предварительного охлаждения образцов до 77K в них более четко сформирована сверхструктура, объем элементарных ячеек оказывается занижен по сравнению с образцами, отожженными выше точки Кюри. Природа этого явления требует дальнейшего исследования, но данный результат подтверждает ранее высказанное предположение, что АСЭ-кое состояние при $T \ll T_C$ формируется в неравновесном режиме [1].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Э.А.Бикяшеву, М.И.Толстунову, Е.А.Решетниковой, Т.Г.Лупейко

Литература

1. Бикяшев Э.А., Решетникова Е.А., Лисневская И.В., Лупейко Т.Г. Фазовые превращения в твердых растворах $Pb_{0.995}La_{0.005}[Zr_{0.95-y}Sn_{0.05}(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_y]O_3$ // Неорг. Матер. 2008. т.44. №6.С.1-8.

ТРЕНИЕ И ИЗНОС ПОВЕРХНОСТИ С ПОКРЫТИЕМ ПРИ КОНТАКТЕ С ДЕФОРМИРУЕМЫМ ТЕЛОМ

Рябкова В.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия

e-mail: vvryabkova@mail.ru

Формирование покрытий на основе нитридов и карбидов металлов является одним из способов повышения эксплуатационных свойств контактных поверхностей деталей машин и технологического инструмента. Для рационального использования покрытий, обеспечивающих повышение стойкости технологического инструмента и снижение рабочих усилий за счет уменьшения работы трения, представляет интерес изучение процесса взаимодействия контактных поверхностей с покрытиями и деформируемого тела, то есть обрабатываемого материала.

Целью данной работы является изучение взаимодействия контактной поверхности с покрытием и алюминия.

Экспериментальные исследования проведены для нитридных ((TiAl)N и (CrAl)N) и карбидных (nc-TiC/a-C(Al) и nc-CrC/a-C(Al)) покрытий, полученных методом магнетронно-ионного реактивного распыления на подложки из стали 40Х. Исследования морфологии поверхности полученных покрытий показали, что оба типа покрытий имеют схожую глобулярную структуру. Средний размер зерен колеблется от 40 до 100 нм. Исследования физико-механических свойств показали, что для полученных покрытий наблюдался значительный разброс твердости от 23 ГПа до 41 ГПа. Наименьшая твердость – 23...25 ГПа, соответствует карбидным покрытиям. Сравнительный анализ величины твердости подложки и покрытий показал, что покрытия имеют твердость, превышающую твердость подложки до нанесения покрытия в 3,5–7 раз. Анализ значений величины критического давления приводящего к отслоению покрытия от подложки и характеризующего адгезионную прочность исследуемых покрытий показал, что величина критического давления для всех покрытий колеблется от 1290 до 1541 МПа. В результате трибологических испытаний установлено, что коэффициент трения по алюминию рассмотренных вариантов нитридных покрытий при V=0,005 м/с и нагрузке 15 Н в 5 раз выше, чем коэффициент трения карбидных покрытий. Увеличение V от 0,005 до 0,4 м/с приводит к уменьшению значений коэффициента трения нитридных покрытий на 20-30% и увеличению в 2 раза коэффициента трения карбидных покрытий. На основе визуального анализа поверхностей трения и изучения их химического состава определено, что для нитридных покрытий при контакте с алюминием характерен адгезионный, а для карбидных адгезионно-абразивный механизмы износа. Сравнительная оценка износостойкости покрытий показала, что при нормальной температуре величина интенсивности объемного износа изменяется в диапазоне от $2{,}03 \cdot 10^{-5}$ мм^3/м до $3{,}77 \cdot 10^{-5}$ мм^3/м. Повышение температуры испытаний до 300°С снижает износостойкость покрытий. В меньшей мере это проявляется для хромосодержащих покрытий.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту к.т.н. доценту Аборкину А.В.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №12-08-97556-р_центр_а, 12-08-31140-мол_а.

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЗ ПРИВЛЕЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ПРИМЕРЕ НИОБИЯ

Савельев В. Н.

Научно-образовательный и инновационный центр «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» Белгородского Государственного Национального Исследовательского Университета, г. Белгород, Россия

e-mail: firesnake21@mail.ru

Компьютерное моделирование на атомном уровне в настоящее время широко используется для описания и прогноза термодинамических и кинетических характеристик и установления механизмов процессов в материалах. Основу такого моделирования составляет построение потенциалов межатомных взаимодействий. К настоящему времени развит ряд подходов к построению классических потенциалов межатомных взаимодействий (классические силовые поля, потенциалы Стиллингера-Вебера, Терсоффа, Финниса-Синклера, Леннарда-Джонса, метод погруженного атома (МПА) и различные модификации этих подходов). Общим недостатком этих подходов является ограниченность их аналитического вида приближениями моделей химической связи.

Для преодоления этой ограниченности в последнее десятилетие разработан подход к построению потенциалов, основанный на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС) [1]. ИНС потенциалы не привязаны к моделям химической связи, поэтому позволяют моделировать различные атомные системы, в том числе кластеры и отдельные молекулы. Однако схема построения ИНС потенциалов является достаточно сложной и требует значительных компьютерных ресурсов для реализации в сравнении с модельными потенциалами.

В настоящем докладе представлен оригинальный подход к заданию классических потенциалов на основе известного разложения энергии системы в ряд n-частичных взаимодействий. Установлены приближения, сводящие ряд n-частичных взаимодействий к виду МПА. В рамках нового подхода построены потенциалы для описания взаимодействия между атомами ниобия, которые описывают трехчастичные взаимодействия и учитывают взаимодействия более высокого порядка на основе установленных приближений МПА. Показано преимущество новых потенциалов в сравнении с опубликованными потенциалами при описании температуры плавления, модулей упругости, фононов, дефектов кристаллической решетки и других характеристик ниобия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, заведующему лабораторией теоретических исследований и компьютерного моделирования, доктору физ.-мат. наук Липницкому Алексею Геннадьевичу.

Литература

1. J. Behler and M. Parrinello, Physical Review Letters 98, 1 (2007).

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НАНОПОРОШКОВ ГИДРОКСИАПАТИТА

Садчикова Я.В.

Воронежский Государственный Университет, химический факультет, кафедра материаловедения и индустрии наносистем, г. Воронеж, Россия

e-mail: yana.sadchikova@mail.ru

При экстенсивном исследовании процессов синтеза ГА целесообразна оптимизация процессов. Поэтому цель данной работы – оптимизация процесса, направленная на снижение временных затрат и увеличение массового выхода конечного продукта.

Методика получения. В основу процесса положена следующая реакция:

$$10Ca(NO_3)_2 + 6(NH_4)_2HPO_4 + 8(NH_4)OH = Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 20NH_4NO_3 + 6H_2O.$$

В реакционную ёмкость объёмом 1 л помещали 200 мл раствора $Ca(NO_3)_2$ с концентрацией 0,6 моль/л , при постоянном перемешивании магнитной мешалкой приливали 100 мл 25%-ного раствора $(NH_4)OH$ и 100 мл раствора $(NH_4)_2HPO_4$ концентрацией 0,1 моль/л капельным распылением. Перемешивание производили в течение 1 часа магнитной мешалкой, со скоростью 300 об/мин, поддерживая постоянный pH. Осадок промывали декантацией дистиллированной водой до pH промывных вод 7-8, затем этиловым спиртом из расчёта 50 мл на 10 г порошка для избежания образования агломератов. Выдерживали в сушильном шкафу при 120 градусах. Прокаливали в муфельной печи при 700 градусах в течение 1 часа. В дальнейшем условия варьировались – концентрации и объём реагентов остались теми же, а остальные параметры синтеза задавались в некоторых интервалах - время старения осадка – от 1 до 4 суток, температура и время прокаливания в сушильном шкафу – 120 - 150°C и 4 - 6 часов, в муфельной печи 600- 800 градусов и 4 - 6 часов.

Методы исследования конечных продуктов. Рентгенофазовый анализ (РФА), дифракция электронов и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)

Фазовый состав. Выявлено, что исходный продукт реакции - это АФК (аморфный фосфат кальция), далее в процессе нагревания до 600 градусов происходило образование β –ТКФ и ГА, при нагревании до 800 градусов и последующем охлаждении происходит полный синтез ГА.

Размер и форма частиц. Средний размер частиц нанопорошка составил порядка 3-10 мкм. Частицы имели шарообразную форму. Определяли размер частиц однофазного порошка ГА. Он составил 10-15 мкм. Кристаллы имели форму параллелепипедов.

Трёхкратное уменьшение скорости перемешивания, а также сокращение времени старения до 3 суток, прокаливания - до 4 часов в сушильном шкафу и до 1 часа в муфельной печи позволило получить почти тот же фактический результат, только с большим массовым выходом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении исследований к.ф-м.н. Канныкину С.В., к.ф-м.н. Солдатенко С.А.

Литература

1. Руководство по неорганическому синтезу: в 6 т.: /под ред. Брауэра. Пер. с нем. – М.:Мир. – 1985. – Т2. – 657с.

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОСТРУКТУРАМИ

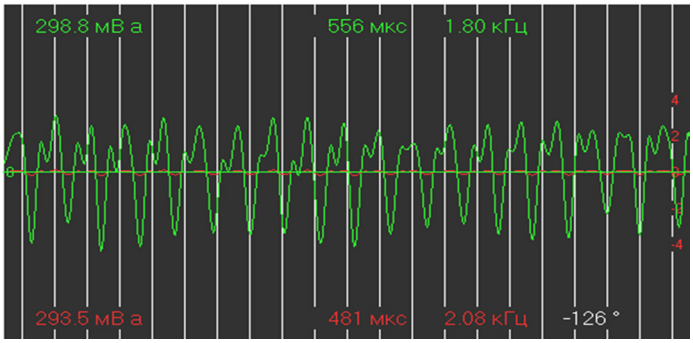
Садыков У.Х.

Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

e-mail: usm.hoja111@mail.ru

Автоколебания тока наблюдались во очень многих полупроводниковых материалах. Основные недостатки возбуждения автоколебания при этом является достаточно большие пороговые напряжения (E > 100 В наличие света с определенной длины волны, а самое главное это такие автоколебания появляется в области низких температуры (T ≤77K). Поэтому использования этих колебаний в качестве генератора представляет затруднения.

В данной работе приводятся оригинальные экспериментальные исследование автоколебания в образцах кремния с нанокластерами примесных атомов Se и S при комнатной температуре. Пороговое электрическое поле для возбуждения регулярных стабильных автоколебаний составляет E ~ 10 В/см. Преимущество обнаруженных автоколебаний заключается в следующем: автоколебания возбуждаются при наличии света достаточно низкой интенсивности как интегрального так и монохроматического света с hν > 0,6 эВ. Управляя интенсивности (мощности) падающего излучения можно управлять частоты автоколебания в интервале $f=10 \div 10^4$ Гц, а амплитуда $I = 10^{-6} \div 10^{-3}$ А. Нами на основе новых полученных материалов т.е с кластерами примесных атомов серы и селена разработаны твердотельные генераторы с размерами $V=1x1x1мм^3$ с пороговым поля возбуждения E=10 В/см. Исследования изменения параметров таких генераторов показали, что они работают в интервале температур T = 250 ÷ 350 K, при этом частоты автоколебания увеличивается практически линейно. Рабочая электрическая напряжения E= 10 ÷ 15 В/см, необходимой интенсивности интегрального освещения J ≥ 200 люкс, с повышением интенсивности света частота и амплитуда увеличивается.



При комнатной температуре, электрическое поле и интенсивности света параметры генератора достаточно стабильные. Разработанного прибора можно использовать в качестве передачи светового сигнала электрически с частотно-амплитудными характеристиками. На рисунке представлены формы колебания таких твердотельных генераторов полученных на основе материала, кремния легированного по новой низкотемпературной диффузионной технологии, позволяет формирования нанокластеров атомов серы и селена в решетке кремния.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным консультантам проф. М.К.Бахадырханову и доцент К.С.Аюпову.

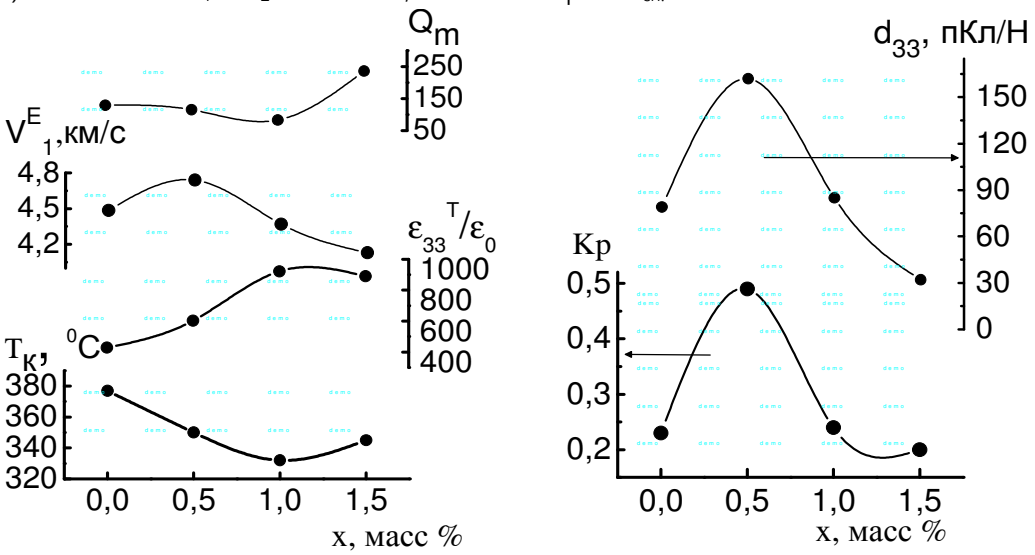
ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ (Bi_2O_3+Fe_2O_3) НА ПЬЕЗОАКТИВНОСТЬ БЕССВИНЦОВЫХ СЕГНЕТОКЕРАМИК МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ (Na,K,Li)(Nb,Sb,Ta)O_3

Садыков Х.А.

НИИ Физики Южного Федерального Университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: hasadykov@sfedu.ru

Основу подавляющего большинства современных сегнетопьезокерамических материалов, серийно освоенных мировой практикой, составляют свинецсодержащие оксиды, наиболее распространённая технология которых неизбежно приводит к эмиссии токсичного элемента (свинца) в окружающую среду. В связи с этим актуальным становится исключение свинца из состава пьезоматериалов. Объектами исследования стали керамики твёрдых растворов системы $[(K_{0,5}Na_{0,5})_{1-x}Li_x](Nb_{1-y-z}Ta_ySb_z)O_3$, модифицированные ($Bi_2O_3$ + Fe_2O_3). Добавки вводили сверх стехиометрии в количествах (0,5; 1; 1,5) масс. % (x). Синтез осуществляли в две стадии при температурах: $T_{синт.1,2}$ = (1123 ÷ 1143) K в течение $\tau_1 = \tau_2$ = 6 часов; спекание при - $T_{сп.}$ = 1470 K в течение 2 час.



На рисунке показаны зависимости основных электрофизических характеристик керамик (относительной диэлектрической проницаемости поляризованных($\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$) образцов, пьезомодуля d_{33}, коэффициента электромеханической связи планарной моды колебаний (K_P), механической добротности ($Q_м$), и скорости звука (V_E^1)). Видно, что пьезоэлектрические характеристики испытывают максимум при содержании модификатора 1,5 масс %, что, вероятно, связано с близостью морфотропной фазовой границы. Высокие значения пьезоэлектрических коэффициентов (K_p ~ 0,5, d_{33} ~ 160 пКл/Н) позволяют рассматривать указанные материалы как перспективную основу для создания высокоэффективных пьезоматериалов работающих, как в режиме приёма (звукосниматели, датчики перемещения), так и в силовых режимах (пьезодвигатели).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-м. н., проф. Резниченко Ларисе Андреевне.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (НИР № 2.5940.2011; № 2.5930.2011), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № 16.740.11.0587) на оборудовании ЦКП «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твёрдых тел» НИИ физики ЮФУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ И ДИФФУЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЫ NI-AL МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Санников А.В.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

e-mail: gmpoletaev@mail.ru

На границе фаз может возникнуть ситуация, качественно аналогичная той, которая имеет место на границе кристаллов одной фазы, то есть на границах зерен. В связи с этим в определенных условиях возможно ускорение диффузионного переноса вещества вдоль межфазных границ, что имеет подтверждение в экспериментальной практике. Дислокации, характерные для межфазных границ, образуются не только в результате разориентации контактирующих кристаллов (как в случае границ зерен), но и вследствие несоответствия параметров решеток фаз (так называемые дислокации несоответствия).

Настоящая работа посвящена исследованию методом молекулярной динамики атомной структуры межфазной границы Ni-Al и механизма диффузии вдоль нее в условиях твердофазного контакта. Рассматривались ориентации межфазной границы в плоскостях (100) и (111). Значительное отличие параметров решеток контактирующих фаз (3,52 и 4,05 Å для Ni и Al соответственно) приводит к формированию высокой плотности дислокаций несоответствия на границе раздела Ni-Al.

Межфазная граница создавалась в центре расчетного блока, содержащего около 20000. Расчетный блок имел форму близкую к форме куба с длиной граней 7 нм. Для приведения структуры расчетного блока в равновесное состояние (в данных условиях) проводилась структурная релаксация. Моделирование диффузии проводилось в условиях твердофазного контакта, то есть при температурах ниже температуры плавления Al.

При исследовании атомной структуры межфазной границы Ni-Al было выяснено, что на ней формируется сетка краевых дислокаций несоответствия (квадратная из двух систем дислокаций для границы (100) и треугольная из трех систем для границы (111)), играющих ключевую роль в диффузии вблизи межфазной границы при твердофазном контакте. Как показало компьютерное моделирование, атомы мигрируют преимущественно вдоль ядер дислокаций несоответствия, причем атомы Al диффундируют вдоль границы интенсивнее, чем атомы Ni.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Полетаеву Г.М.

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННОЙ ДОБАВКИ CaF_2 НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ Ti-(Al)-C-N

Сачко Н.С.

Национальный Исследовательский Технологический Университет МИСиС, г. Москва, Россия

e-mail: nataliya_sachko@mail.ru

В настоящее время в области разработок антифрикционных покрытий получила распространение концепция, подразумевающая создание композиционного материала, состоящего из твёрдой износостойкой нанокристаллической фазы (TiC, CrN, TiB2 и др.) и одной или нескольких аморфных фаз (DLC, MoS2, WO3, Ag и др.), обеспечивающих пониженный коэффициент трения в заданных условиях: при высокой/низкой влажности, на воздухе/в вакууме, при сухом трении/в жидкости. Целью данной работы является исследование покрытий на основе карбонитрида титана с добавкой фторида кальция, известного своими высокими антифрикционными свойствами при повышенных температурах.

Мишени $TiC_{0,5}$ и Ti_3AlC_2 для магнетронного распыления были получены методом силового СВС – компактирования. Для введения смазывающей фазы в состав было применено два подхода: ввод порошка CaF_2 в зону эрозии мишени и последующее совместное распыление, или ввод в материал мишени на этапе СВС-синтеза. Работа велась в атмосфере Ar и N_2, рабочие токи составляли 1,5 А, напряжение смещения на подложке – 250 В. Температура подложки была постоянной в диапозоне 350-400 С. Микроструктуру покрытий исследовали на электронном микроскопе Hitachi S-3400N и дифрактометре Bruker, состав был определён на спектрометре Horiba JY Profiler 2, исследование механических и трибологических свойств было выполнено с помощью наноиндентирования и испытаний на приборе Tribometer, CSM Intruments по схеме шарик-диск.

Было установлено, что покрытия имеют плотную равноосную структуру и содержат кристаллиты ГЦК-фазы на основе TiCN, а также фазу CaF_2 в количестве до 20%. Твёрдость покрытий превышала 20 ГПа, было зафиксировано понижение коэффициента трения в два раза. Проведён сравнительный анализ полученных покрытий с базовыми системами TiCN, TiAlCN без добавок.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю доц. к.т.н Кирюханцеву-Корнееву Ф.В.

ТРОЙНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА СОЕДИНЕНИЙ В РАССЛАИВАЮЩЕМСЯ РАСПЛАВЕ

Сенотрусова Е.И.

Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

Новый метод технологии и исследования взаимодействия элементов в расслаивающихся металлических системах (immiscibility gap method) обладает рядом преимуществ по сравнению с обычным раствор-расплавным методом (flax method) [1]. В таких системах исходные реагенты могут растворяться в обоих слоях и, взаимодействуя между собой на границе расслоения, образовывать необходимые соединения. Взаимодействие протекает благодаря встречной диффузии и конвекции растворяющихся в обоих слоях исходных частиц реагентов. Для распространения метода на тройные системы необходим детальный анализ соответствующих T-x-y диаграмм.

T-x-y диаграмму с моновариантным синтектическим равновесием (рис.) образуют купол расслоения, 4 ликвидус-солидусные пары, 5 пар сольвусов, два горизонтальных комплекса при тройных эвтектиках E_i и 24 линейчатые поверхности: $3i^r+10Q^r+5S^r+6V^r$. Солидус $S_R(m_ARn_Bn_{E2}rm_{E1})$ имеет складку RR' (R' располагается при температуре минимальной точки k^0 купола) и точку максимума r. Поверхности $Q_R(e_{AB}mk^0ne_{BA}E_2e_rE_1)$ и $S_C(Cc_Ac_{E1}c_rc_{E2}c_B)$ имеют максимумы e_r и c_r.

Переход синтектического равновесия $L_1+L_2 \rightleftarrows R$ в монотектическое ($L_1 \rightleftarrows L_2+R$ или $L_2 \rightleftarrows L_1+R$) происходит в области L_1+L_2+R [2]. В этом случае две линейчатые поверхности двухфазных реакций имеют общую коноду k^0R' (рис. b).

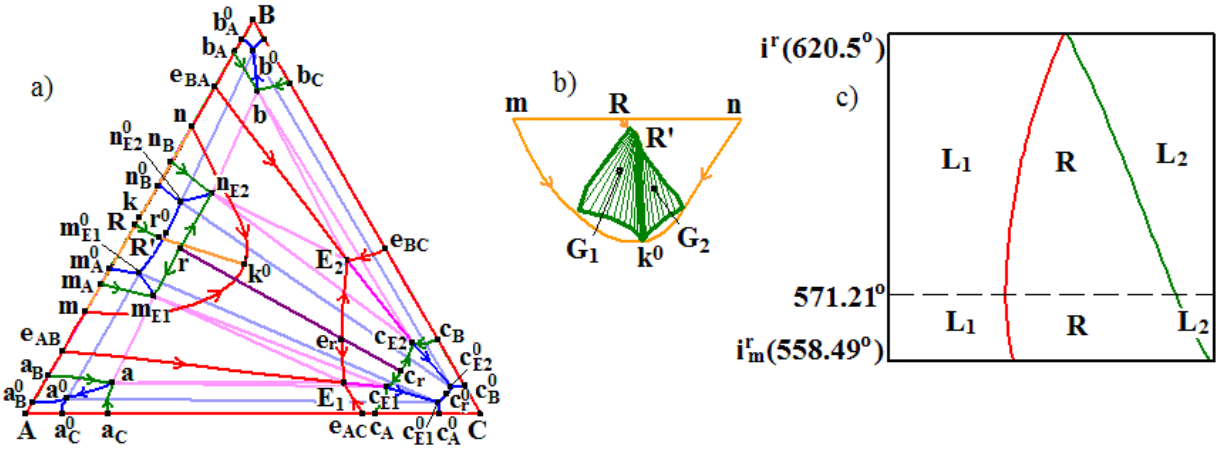


Рис. Проекция T-x-y диаграммы с моновариантным синтектическим равновесием (a), поверхности двухфазных реакций в области L_1+L_2+R (b) и материальный баланс для состава G_1 (c)

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям, д.х.н., профессору Луцыку В.И. и к.ф.-м.н. Зеленой А.Э.

Литература.

1. Гурин В. Н., Гринь Ю., Буркхардт У., Коновалов М. В.. Физико_химические особенности бинарных расслаивающихся металлических систем в новом методе синтеза и кристаллизации // Известия РАН. Серия физическая. 2009, том 73, № 10, с. 1470–1474.

2. Lutsyk V. I., Zelenaya A. E., Zyryanov A. M. Specific features of the crystallization of melts in systems with a transition from syntectic equilibrium to monotectic equilibrium // Crystallography Reports. 2009, № 7, P. 1300–1307.

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ЛАТУНИ ЛМцАЖН НА РОСТ ЗЕРНА β-ФАЗЫ ПРИ ШТАМПОВКЕ

Святкин А.В.
ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия
e-mail: AV.Svyatkin@vaz.ru

Ранее нами были рассмотрены вопросы влияния химического состава и примесей трещинообразования двухфазной сложнолегированной латуни ЛМцАЖН при штамповке [1, 2]. При серийных наблюдениях при переработке промышленных партий установлено, что в отдельных случаях отмечается резкий рост зерен β-фазы при нагреве под штамповку.

Поскольку рост зерен в двухфазных латунях обусловлен фазовым наклёпом было высказано предположение, что рост зерна может быть обусловлен количеством α-фазы в исходном металле. Количество α-фазы в исходном металле оценивали металлографическим методом. Расхождения в оценке не превышали 3%. Далее образцы подвергались провоцирующему нагреву при температуре штамповки - 780°С, время выдержки в печи составляло 12 мин. Установлено, что при содержании α-фазы более 20% на отдельных участках образцов происходит резкий рост зёрен β-фазы, увеличение времени выдержки также приводит к росту зерна. В то же время, расчетный метод прогнозирования фазового состава ЛМцАЖН позволил установить, что сплав эквивалентен сплаву медь-цинк с содержанием цинка ~ 43,2...45,3%, что значительно затрудняет дополнительное сужение требований по химическому составу. Однако, в этом интервале содержания цинка разница температуры перехода сплава в однофазное состояние (α+β′) ↔ β (β′ при температуре менее 454°С) составляет ~ 115°С. Таким образом, в рамках допустимых интервалов элементов химического состава, при установленных технологических параметрах (прежде всего температурах нагрева перед прессованием труб или горячей штамповки заготовок) степень перегрева от температуры фазового перехода различных партии сплава будет значительно отличаться.

С целью снижения степени перегрева перед штамповкой было предложено понизить температуру до 750° С. В этом случае рост зерна на подконтрольных партиях металла не отмечался. Таким образом, при нагреве сплава ЛМцАЖН до температуры 780°С, при исходном содержании α-фазы более 20% весьма вероятен рост зерна β-фазы. С целью снижения риска возникновения трещин напряжения после штамповки целесообразно снизить температуру нагрева под штамповку до 750° С.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность начальнику отдела ОМиТО УЛИР – Герасину А.П.

Литература

1. Святкин, А.В. Применение статистических методов при оценке причин возникновения дефектов сложнолегированных латуней. Сб. докладов V Всероссийской конференции молодых ученых [Электронный ресурс]. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2012. – С. 2-50 – 2-53.

2. Святкин А.В., Герасин А.П. Формирование безконфликтных технических требований к сплаву ЛМцАЖН 59-3,5-2,5-0,5-0,4 / Сб. материалов Всероссийской молодежной научной школы "Химия и технология полимерных и композиционных материалов". Москва. 26-28 ноября 2012г. – М.: ИМЕТ РАН, 2012. С. 266.

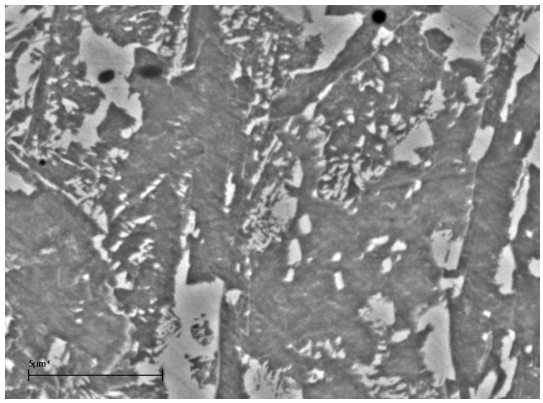
ЗЕРНИСТЫЙ БЕЙНИТ В КОНСТРУКЦИОННЫХ ЦЕМЕНТУЕМЫХ СТАЛЯХ АВТОМОБИЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Святкин А.В.

ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия

e-mail: AV.Svyatkin@vaz.ru

До настоящего времени зернистый бейнит является малоизученной структурой. За последнее время можно выделить работы посвященные исследованию данной структуры в стали 20Х2НАч [1], ограниченно использовавшейся в отечественной промышленности. Однако многолетние наблюдения за структурным состоянием металлопроката сталей АС14ХГН, АС19ХГН, 18ХГ позволяют сделать вывод, что при определенных условиях производства металлопроката данных марок в структуре помимо феррита и пластинчатого перлита зачастую присутствуют мелкодисперсные трудноразрешимые структуры. В этом случае размер зерен структурных составляющих различен. Согласно атласу микроструктур [2] данной трудноразрешимой структурой является зернистый бейнит, образующийся при непрерывном охлаждении с температуры окончания прокати прутков. Такой прокат, как правило, имеет повышенную твердость. В этом случае, даже при непродолжительном нагреве с целью снижения твердости на 10…20 ед. НВ происходит образование точечного зернистого перлита, что негативно сказывается на механической обработке. Для понимания природы данной проблемы образцы стали 18ХГ (0,21% C; 1,03% Mn; 1,07% Cr; 0,24% Si; 0,18% Ni; 0,14% Cu; 0,013% Al) с характерной структурой состоящей из феррита и предположительно зернистого бейнита были подвергнуты рентгеноспектральному анализу. В результате изучения при увеличении х20000 установлено, что микроструктура стали состоит из феррита, остаточного аустенита и мелкодисперсных карбидных включений размером ~ 100…500 нм глобулярной и пластинчатой формы (рис. 1). Локальный химический анализ подтвердил наличие обогащенной углеродом α-фазы, названной в работе [1] мезоферритом.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность начальнику отдела ОМиТО УЛИР – Герасину А.П.

Литература

1. Свищенко В.В. и др. Образование мезоферрита и зернистого бейнита в низкоуглеродистой низколегированной стали. Металловедение и термическая обработка металлов. 2004 г., №8. С. 7-11.

2. Металлография железа: В 3-х т. Пер. с англ. / Под ред. Ф.Н. Тавадзе. М.: Металлургия, 1972. Т. 1. 246 с.

ВЛИЯНИЕ МЕЖФАЗНОГО СЛОЯ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ НАПОЛНЕНИЯ

Сенатова О.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: senatova2@rambler.ru

В простейших математических моделях не учитывается характер взаимодействия различных фаз в композиции. В первом приближении свойства объемных фаз меняются скачкообразно на разделяющей их поверхности. На самом деле, при введении армирующих частиц в матрицу нарушается случайный характер расположения молекул матрицы в окрестности включения. Образуется область с переходными свойствами между матрицей и наполнителем, так называемый межфазный слой (МФС). [1] По различным оценкам толщина МФС составляет величину порядка 1/10 от радиуса включения, а модуль упругости примерно вдвое больше, чем у матрицы. [2] В работе рассматривается случай одноосного растяжения плоской пластины с равномерно распределенными включениями и межфазным слоем вокруг них. Принимаются условия периодичности структуры дисперсно наполненной композиции. Задача решается при помощи метода конечных элементов. Разбиение расчетной области делается таким образом, чтобы узлы конечно-элементной сетки приходились на границы раздела фаз, были использованы треугольные симплекс-элементы. Для удобства расчетов компактное включение круглой формы заменяется восьмиугольником. При этом ошибка линеариазии окружности меньше ошибки, возникающей при "схлапывании" элементов у границы включения. Расчетная область представляет собой квадратную пластину с четырьмя равномерно распределенными включениями восьмиугольной формы. Вычислительный алгоритм представляет собой конечно-элементную реализацию вариационного принципа Лагранжа. Система линейных алгебраических уравнений, к которой приводится задача теории упругости при использовании метода конечных элементов, решается методом Гаусса. [3] В результате работы была показана зависимость изменения модуля упругости композиционного материала при учете межфазного слоя при различных степенях наполнения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Люкшину Б.А., научному консультанту Бочкаревой С.А.

Литература

1. Оценка влияния межфазного слоя на деформационные и прочностные характеристики полимерного композиционного материала: тез. Актуальные проблемы физики. Таганрог, 2012. О.А. Сенатова.

2. В.В. Васильев. Механика конструкций из композиционных материалов. М: Машиностроение, 1988..-271 с.

3. Люкшин Б.А. Компьютерное конструирование наполненных полимерных композиционных материалов: монография // Б.А Люкшин, С.В. Панин, С.А. Бочкарева, П.А. Люкшин, Н.Ю. Матолыгина, Ю.В. Осипов; под общ. ред. Б.А. Люкшина. — Томск: Томск.гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007.-216 с.

ТРОЙНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА СОЕДИНЕНИЙ В РАССЛАИВАЮЩЕМСЯ РАСПЛАВЕ

Сенотрусова Е.И.

Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

Новый метод технологии и исследования взаимодействия элементов в расслаивающихся металлических системах (immiscibility gap method) обладает рядом преимуществ по сравнению с обычным раствор-расплавным методом (flax method) [1]. В таких системах исходные реагенты могут растворяться в обоих слоях и, взаимодействуя между собой на границе расслоения, образовывать необходимые соединения. Взаимодействие протекает благодаря встречной диффузии и конвекции растворяющихся в обоих слоях исходных частиц реагентов. Для распространения метода на тройные системы необходим детальный анализ соответствующих T-x-y диаграмм.

T-x-y диаграмму с моновариантным синтектическим равновесием (рис.) образуют купол расслоения, 4 ликвидус-солидусные пары, 5 пар сольвусов, два горизонтальных комплекса при тройных эвтектиках E_i и 24 линейчатые поверхности: $3i^r+10Q^r+5S^r+6V^r$. Солидус $S_R(m_ARn_Bn_{E2}rm_{E1})$ имеет складку RR' (R' располагается при температуре минимальной точки k^0 купола) и точку максимума r. Поверхности $Q_R(e_{AB}mk^0ne_{BA}E_2e_rE_1)$ и $S_C(Cc_Ac_{E1}c_rc_{E2}c_B)$ имеют максимумы e_r и c_r.

Переход синтектического равновесия $L_1+L_2 \rightleftarrows R$ в монотектическое ($L_1 \rightleftarrows L_2+R$ или $L_2 \rightleftarrows L_1+R$) происходит в области L_1+L_2+R [2]. В этом случае две линейчатые поверхности двухфазных реакций имеют общую коноду k^0R' (рис. b).

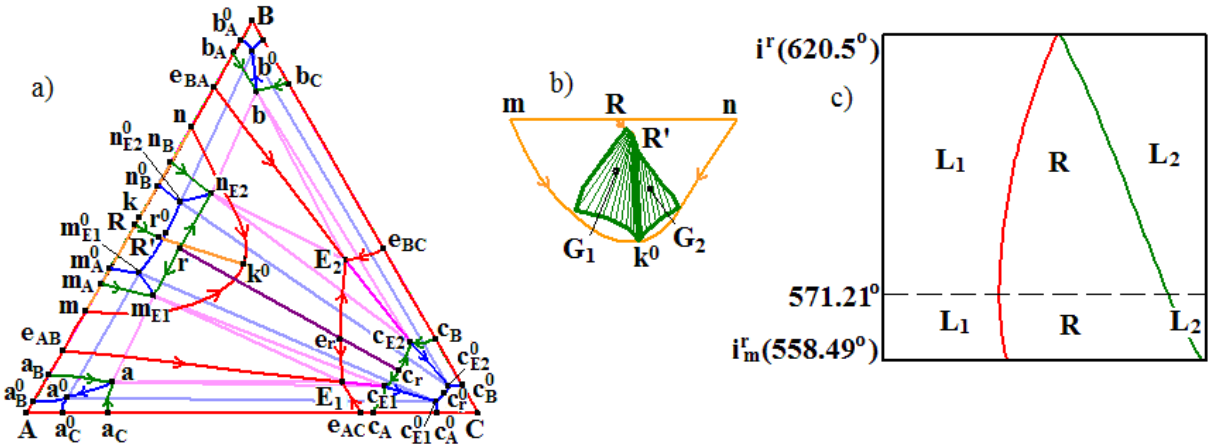


Рис. Проекция T-x-y диаграммы с моновариантным синтектическим равновесием (a), поверхности двухфазных реакций в области L_1+L_2+R (b) и материальный баланс для состава G_1 (c)

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям, д.х.н., профессору Луцыку В.И. и к.ф.-м.н. Зеленой А.Э.

Литература

1. Гурин В. Н., Гринь Ю., Буркхардт У., Коновалов М. В.. Физико_химические особенности бинарных расслаивающихся металлических систем в новом методе синтеза и кристаллизации // Известия РАН. Серия физическая. 2009, том 73, № 10, с. 1470–1474.

2. Lutsyk V. I., Zelenaya A. E., Zyryanov A. M. Specific features of the crystallization of melts in systems with a transition from syntectic equilibrium to monotectic equilibrium // Crystallography Reports. 2009, № 7, P. 1300–1307.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕРИВАТОГРАФИИ

Сизов С.В.

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

e-mail: darkrain68@mail.ru

Дериватография – комплексный метод исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в веществе в условиях программированного изменения температуры. Основана на сочетании дифференциального термического анализа (ДТА) с одним или несколькими физическими или физико-химическими методами, например, с термогравиметрией, термомеханическим анализом (дилатометрия), масс-спектрометрией и эманационным термическим анализом. Прибор, регистрирующий одновременно термические и термогравиметрические изменения, называется дериватографом. В дериватографе, действие которого основано на сочетании ДТА с термогравиметрией, держатель с исследуемым веществом помещают на термопару, свободно подвешенную на коромысле весов. Такая конструкция позволяет записывать сразу 4 зависимости разности температур исследуемого образца и эталона, который не претерпевает превращений, от времени *t* (кривая ДТА), изменения массы *Dm* от температуры (термогравиметрическая кривая), скорости изменения массы, т.е. производной *dm/dt*, от температуры (дифференциальная термогравиметрическая кривая) и температуры от времени. При этом удается установить последовательность превращений вещества и определить количество и состав промежуточных продуктов.

Чувствительность дериватографии зависит от скорости изменения температуры, массы исследуемого образца, размеров частиц в нем, формы держателя, от атмосферы, в которой находится образец. Дериватографически можно измерять тепловые эффекты с точностью до 0,05-0,1 Дж/моль и изменения массы с точностью до 0,2-0,3 % (в дилатометрии – до 0,05-0,1 %).

Определение термических характеристик наноматериалов в процессе синтеза является одним из наиболее важных аспектов исследования характеристик наноматериалов. Наибольшее распространение в настоящее время находят методы термогравиметрии, деривативной термогравиметрии, дифференциального термического анализа, термомеханического анализа.

По своей сущности термогравиметрия является количественным методом анализа, поскольку с ее помощью можно точно определить изменение массы. При исследовании углеродных наноструктурированных волокнистых материалов дериватография применяется для исследования термостабильности, т.е. способности сохранять неизменным химическое строение при повышении температуры получаемых наноматериалов. Термостойкость зависит от природы вещества и определяется прочностью химических связей в нем, механизмом и кинетикой термических реакций. Из анализа термогравиметрических кривых можно получить значение потери массы в температурном интервале. Также с помощью дериватографии определяется термический коэффициент линейного расширения, показывающий относительное изменение длины тела в интервале температур.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Туголукову Е.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Симонова О.С.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: ossimonova@mail.ru

Россия характеризуется самым высоким уровнем централизованного теплоснабжения. Протяженность тепловых сетей составляет примерно 366 тыс. км в однотрубном исчислении и по данному показателю наша страна занимает первое место в мире. В настоящее время 80% трубопроводов тепловых сетей превысили срок безаварийной службы более 30% находятся в аварийном состоянии и требуют ремонта.

Основные причины катастрофического состояния тепловых сетей заключается в массовом применении канальной прокладки трубопроводов и использовании недолговечных теплоизоляционных материалов, не отвечающих стандартам нормативной документации СНиП 2.04.14-88 «Тепловая защита оборудования и трубопроводов». Скорость коррозионных процессов в трубопроводах тепловых сетей во многом зависит от выбора основного конструкционного материала стали от низколегированных до высоколегированных. При эксплуатации трубных систем в результате термических и физико-химических воздействий возникают фазовые превращения, которые изменяют свойства сталей и приводят к резкой неоднородности внутренних зональных напряжений.

Главным направлением повышения эффективности тепловой изоляции должна быть модернизация устаревших конструкций низкого качества с использованием тонковолокнистых базальтовых, муллитокремнеземистых и других материалов высокой эффективности. Кроме того, ужесточение требований к поверхностной плотности теплового потока через изоляцию с учетом современных рыночных цен на тепловую энергию и теплоизоляционные материалы также позволит получить ощутимую экономию топливно-энергетических ресурсов.

Для решения вопроса по сокращению тепловых потерь рассматривалась возможность использования в качестве теплоизоляционного материала пенополиуретан, обладающего целым рядом преимуществ, по сравнению с теплоизоляцией из стекловаты. Сотрудниками кафедры «Теоретической и промышленной теплотехники» ТПУ совместно с ОАО «Урал Морган Карбон» (г. Екатеринбург) проводились работы по внедрению пенополиуретана, на территории завода.

Отличительной особенностью теплоизоляции из пенополиуретана является зависимость ее коэффициента теплопроводности λ от плотности материала $\rho(x)$. В зависимости от технологии нанесения теплоизоляции ее плотность может меняться в широких пределах. Соответственно, меняется и коэффициент теплопроводности λ .

Тепловые потери для изоляции трубопроводов, проложенных надземным способом, при температуре теплоносителя 150^0С и температуре окружающей среды -26^0 С составляют менее 80 Вт/м, что является хорошим показателем. Трубопроводы надежно защищены от коррозии, и им не страшны атмосферные осадки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н. профессору кафедры Теоретической и промышленной теплотехники В.С. Логинову.

ВЫСОТА БАРЬЕРА ШОТТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗОВОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГЕТЕРОСТУКТУР В СИСТЕМЕ Pt-Ni-Si

Синецкая Д.А.
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия
e-mail: da_sine@mail.ru

Диоды Шоттки – перспективный класс полупроводниковых приборов, которые благодаря высокому быстродействию и малому падению напряжения нашли широкое применение в качестве элементной базы силовой электроники. Наиболее распространенные материалы для создания диодных гетероструктур являются силициды металлов платиновой группы, в особенности PtSi, имеющий. максимальную высоту потенциального барьера с кремнием n-типа проводимости (0,82 эВ). Недостатком гетроструктур PtSi-Si является низкая стабильность формируемых контактов вследствие сохранения на межфазной границе слоя естественного оксида. Технологически решить эту проблему удается, используя реакцию силицидообразования в системе Pt-Ni-Si. Однако недостаточная изученность фазообразования в тройной системе обуславливает неопределенность в прогнозировании величины барьера Шоттки.

Целью работы – определение высоты барьера Шоттки в гетероструктурах силицид – кремний системы Pt-Ni-Si в зависимости от фазового и элементного состава пленок силицидов, формирующихся в различных температурных режимах.

Исходные пленки Pt и Ni (с соотношением толщин металлов 1,6), наносили на Si подложки последовательным ионно-плазменным распылением и конденсацией металлов на установке “УРМ-040”. Термический отжиг исходных гетероструктур производили при температурах 350, 440, 540 и 700 ^{0}C в течение 30 минут в вакууме 10^{-3} Па.

Установлено, что в температурном интервале 440 ^{0}C - 540 ^{0}C при соотношении толщин металлов 1,6 образуется два силицида, распределённых послойно следующим образом: (111)Si / $Ni_{1-y}Pt_ySi$ / $Pt_{1-x}Ni_xSi$.

Выявлено, что при увеличении температуры в результате взаимной диффузии атомов платины и никеля происходит выравнивание содержаний этих элементов в слоях силицидов. Также выяснено, что поверхностное сопротивление с повышением температуры обработки возрастает. Это можно объяснить тем, что силицид на основе никеля имеет более высокую проводимость, чем силицид на основе платины. А так как его толщина уменьшается при возрастании температуры, поверхностное сопротивление растёт.

Для определения высоты барьера Шоттки были сняты вольт-амперные характеристики (ВАХ) и вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Установлено, что высота барьера Шоттки увеличивается с повышением температуры обработки. Это связано с увеличением концентрации платины в слое, контактирующем с кремнием. При дальнейшем увеличении температуры образуется только однофазный гомогенный силицид на основе платины с её максимально возможной концентрацией для данного соотношения исходных плёнок металлов. Но перекристаллизация, происходящая при этой температуре, нарушает качество контакта «силицид-кремний», диодная гетероструктура деградирует.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в подготовке материала Солдатенко С.А.

ВЛИЯНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Скрипняк Н.В.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: Natali.skrp@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований влияния распределения зерен по размерам на прочность и усталость в малоцикловой области. Испытания проведены на сервогидравлическом испытательном стенде Instron VHS 40/50-20 Национального Исследовательского Томского государственного университета. Полученные результаты свидетельствуют о том, что формирование в алюминиевых и магниевых сплавах ультрамелкозернистой структуры позволяет повысить усталостную прочность и малоцикловую долговечность на 20 – 25 %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-мат. наук, профессору Скрипняку В.А.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ ПРИ ВЫСОКИХ СКОРОСТЯХ ДЕФОРМАЦИИ

Скрипняк Н.В.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: Natali.skrp@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований закономерностей деформации субмикрокристаллических сплавов АМг6 и Ма8-1 в диапазоне скоростей деформации от 10^{-3} до 10^{2} $с^{-1}$. в условиях растяжения- сжатия. Испытания выполнены на сервогидравлическом испытательном стенде Instron VHS 40/50-20 Национального Исследовательского Томского государственного университета [1]. Исследования проведены на образцах листового проката толщиной 1,6 мм алюминиевого сплава АМг6 и 2 мм толщины для магниевого сплава Ма8-1. Представлены результаты исследования закономерностей деформационного упрочнения и величины эффекта Баушингера в широком диапазоне скоростей деформации сплавов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. ф.-мат. наук, профессору Скрипняку В.А.

ЗОЛЬ – ГЕЛЬ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, АРМИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Скрозникова В.В.

РХТУ им Д.И. Менделеева, Кафедра ХТСИС, г. Москва, Россия

e-mail: skroznikova_v@mail.ru

Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) представляют собой цилиндрические структуры, обладающие высокой электрической проводимостью. Большинство покрытий на основе УНТ получают на основе полимеров, обладающих низкой стойкостью к воздействию высоких температур и агрессивных сред. Применение химически и жаростойких композиций в качестве покровного слоя для покрытий, содержащих МУНТ, позволяет улучшить свойства данных покрытий.

Работа заключалась в нанесении покрытия методом вытягивания подложки из суспензии диспергированных МУНТ с последующей термообработкой и нанесением покровного (защитного) слоя SiO_2, полученного по золь-гель методу. В качестве ПАВ был выбран цетилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ), так как его применение придает суспензии высокие смачивающие свойства. В работе использовались МУНТ с зольностью 1,39%. В качестве прекурсоров SiO_2 использовался ТЭОС. Катализатором гидролиза ТЭОС служила HCl. Молярным отношение реагентов для приготовления золя составляло H_2O:ТЭОС 3:1. В качестве растворителя использовался этанол.

Процесс создания покрытия включал в себя следующие этапы:

1. УЗ-обработка суспензии МУНТ (0,5%(масс) МУНТ и 1%(масс) ЦТАБ) при частоте 18кГц в течении 20 минут

2. Нанесение покрытия из суспензии МУНТ методом вертикального вытягивания подложки

3. Сушка при комнатной температуре в течении 20 минут и термообработка при 300 ^{0}C

4. Нанесение защитного слоя из золя SiO_2 методом вертикального вытягивания подложки при вязкости η = 3 мПа×с, со скоростью извлечения из золя 5см/мин.

5. Сушка в течении 20 минут в сушильном шкафу при 70 ^{0}C, термообработка при 450 ^{0}C в течении 20 мин со скоростью нагрева 15 град/мин в последующим остыванием с печью

Полученное таким методом однородное двустороннее покрытие сохраняет прозрачность с величиной пропускания при длине волны λ=550нм на уровне 70 ± 2,5% (светопропускание стеклянной подложки – 89,2% при λ=550нм). Величина светопропускания определялась на спектрофотометре Specord M400. Данное покрытие обладает электрической проводимостью на уровне 10^{-5} - 10^{-4} См/см^2. Термообработка при 450^{0}C не приводит к кристаллизации SiO_2. Об этом можно судить по рентгенограммам, снятых на приборе ДРОН 3М, так как после ТО сохраняется аморфное гало. Применение МУНТ в покрытиях приводит к повышению микротвердости: микротвердость покрытия из SiO_2 без МУНТ H_v = 627±20 кг/мм^2, для покрытия с МУНТ H_v = 715±20 кг/мм^2. Микротвердость измерялась на микротвердомере Microhardness Tester HVS-1000.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за неоценимую помощь научным руководителям: к.т.н. профессору Орловой Л.А, к.х.н., доценту Попович Н.В, и д.т.н., профессору Винокурову Е.Г..

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ МНОГОСЛОЙНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Смирнов Е.В.

Владимирский государственный Университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, Россия

e-mail: call33@mail.ru.

В настоящее время активное развитие нанотехнологий в строительном материаловедении направлено не только на повышение основных физико-механических и эксплуатационных характеристик цементных композитов, но и связано с приданием рассматриваемым материалам новых функциональных свойств. Особое внимание уделяется электротехническим показателям бетонов.

Известно, что армирование матрицы углеродными нанотрубками (УНТ) способствует повышению прочности результирующего композита, а так же улучшению его электропроводящей способности. Предполагается, что сверхэлектропроводные УНТ создают в объеме бетона перколяционную сетку, при этом в случае возникновения каких-либо нежелательных дефектов структуры происходит изменение показаний электропроводности материала. Данный подход может быть взят за основу при разработке нового метода диагностики внутренних напряжений и деформаций изделий и конструкций на основе цементных композитов [2].

Исследованию были подвергнуты образцы мелкозернистого бетона, модифицированные многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ). МУНТ добавлялись в раствор воды затворения с поликарбоксилатным пластификатором, после чего обрабатывались ультразвуком.

Синтезируемые цементные композиты использовали для измерений параметров электропроводности по методике описанной в работе [3]. На основании полученных данных были построены графики R(U) по постоянному току и частотные характеристики импеданса активной и емкостной части сопротивления, емкости и тангенса угла потерь в диапазоне до 10 МГц. Установлено, что введение в состав бетона УНТ не меняет ход анализируемых зависимостей. В то же время обнаружено, что бетон с МУНТ имеет более чем в 2 раза меньшее удельное сопротивление и примерно в 1,5 раза меньшую диэлектрическую проницаемость.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение концентрационных зависимостей, а также влияния деформационных воздействий на диэлектрические свойства.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Петрунину С.Ю., Киму Б.Г., Ваганову В.Е. за полезные советы.

Литература

1. Wen “Electric polarization in carbon fiber reinforced cement” Cement and concrete Research 2001, 31 (1) 141-147

2. Wen “Effects of strain and damage on strain-sensing ability of carbon fiber cement” Journal of materials in civil engenering” 2006, 18 (3) 355-360

3. Joshua A.Hoheneder. Smart carbon nanotube/fiber and PVA fiber reinforced composites for stress sensing and chloride ion detection. Theses and dissertation 12-1-2012. University of Wisconsin-Milwaukee.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ СТАЛЕАЛЮМИНИЕВОГО КОМПОЗИТА С ДИФФУЗИОННЫМ БАРЬЕРОМ

Снежко Ю.В.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

e-mail: Snouers@yandex.ru

Композиционные сталеалюминиевые материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности в качестве переходных контактных элементов, деталей и узлов силового и электрометаллургического оборудования. В большинстве случаев эти материалы работают в условиях воздействия высоких температур, динамических нагрузок и агрессивной среды. Однако особенности физико-химического взаимодействия алюминия с железом накладывают определенные ограничения на максимально допустимые температуры нагрева такого композита из-за образования на границе сварного соединения хрупких интерметаллидных соединений. Целью данной работы являлось создание высококачественного термостойкого сталеалюминиевого композиционного материала с диффузионным барьером и исследование свойств полученных соединений.

Результаты проведенных исследований показали, что введение между алюминием и сталью тонкой прослойки хрома позволяет обеспечить условия для замедления протекания диффузионных процессов в полученном сваркой взрывом сталеалюминиевом композите, т. е. создать диффузионный барьер, что в конечном итоге позволяет сместить температурный интервал начала образования в зоне соединения хрупких интерметаллидов в область более высоких температур.

Экспериментально установлено, что оптимальная толщина прослойки хрома, предварительно (до сварки взрывом) наносимой гальваническим путем на стальную поверхность, находится в диапазоне 30...70 мкм. При этом следует отметить, что введение между алюминием и сталью прослойки хрома позволяет повысить прочность композита после сварки взрывом по сравнению с биметаллом алюминий+сталь без прослойки, полученном на идентичных режимах взрывного нагружения. Это связано с тем, что изначально (после гальваники) очень хрупкий слой хрома в результате воздействия высоких давлений начинает пластически деформироваться, создавая новую мелкозернистую наноструктурированную прослойку, обладающую высокими пластичными и прочностными свойствами и препятствующую образованию на границе соединения алюминия со сталью хрупких оплавов, снижающих прочность композита. Чрезмерное повышение толщины хромированной прослойки в результате высокоскоростного соударения металлов приводит к появлению в ней трещин, а следовательно и к снижению прочности сварного соединения, т. к. в этом случае хром уже выступает в качестве самостоятельно работающего очень хрупкого материала, имеющего очень низкую пластичность. Полученный с помощью сварки взрывом новый композиционный сталеалюминиевый материал с диффузионным барьером позволяет существенно повысить термостойкость и электро-физические свойства композита, сохраняя равнопрочное работоспособное сварное соединение при температурах нагрева до 550...570 °С, в то время как для традиционного биметалла алюминий +сталь (без диффузионного барьера) эта температура не превышает 400...450 °С.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям – к.т.н., доценту Кузьмину В.И. и чл.-корр. РАН, профессору Лысаку В.И.

РАЗРАБОТКА НОВОГО РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Соколенко И. В.

ФБОУ ВПО Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

e-mail: sokol_iggor@mail.ru

Перспектива пилотируемых межпланетных полетов предполагает использование совершенно новых источников энергии, причем на первый план выходит применение ядерных энергетических установок. В данном случае к внешнему космическому излучению прибавляется излучение самого реактора, которое не может эффективно поглощаться обшивкой корабля. Следовательно, возникает необходимость разработки нового легкого и эффективного радиационно-защитного материала. При этом наиболее перспективна разработка композиционных материалов на основе полиимида, армированного модифицированными нанотрубчатыми волокнами.

Выбор материала матрицы основан на таких характеристиках полиимида, как: высокая термостойкость, термостабильность в диапазоне от -200 до +300°С, радиационная стойкость свыше 10-20 Мрад, а также высокие показатели механических и диэлектрических свойств. Подобное сочетание свойств полимера позволяет применять композиты на его основе как радиационно-защитный, так и одновременно конструкционный материал.

Для улучшения эксплуатационных характеристик композита предложено ввести в его структуру гидросиликатные нанотрубки хризотила, природного либо искусственного происхождения. Преимуществом синтетических нанотрубок является возможность регулирования как химсостава, так и их геометрии путем изменения параметров гидротермального синтеза. К примеру, возможно замещение ионов Mg^{2+} в структуре гидросиликатов на элементы ряда Fe – Co – Ni, имеющие высокие показатели коэффициента ослабления гамма-излучения.

Дополнительно повысить защитные характеристики материала следует введением в нанотрубки солей тяжелых металлов. Особое внимание следует уделить соединениям Pb, W, Bi, имеющим высокую массовую долю содержания металла. Внедрение данных соединений может осуществляться как за счет действия поверхностных сил, так и путем хемосорбции.

Таким образом, для осуществления поставленной задачи необходимо решить следующие вопросы: отработка технологии синтеза гидросиликатных нанотрубчатых волокон; подбор соединения тяжелого металла и методики его введения в нанотрубки; разработка технологии изготовления композиционного материала, обладающего высокими показателями радиационно-защитных, термических и механических свойств.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за оказание помощи при проведении исследований научному руководителю, д-ру техн. наук, профессору Павленко В.И.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.132.21.1577.

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПИННИНГА ВТСП ЛЕНТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Сотникова А.П.

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», г. Москва, Россия

e-mail:

Одним из успешных направлений использования ВТСП лент второго поколения является электроэнергетика. В идеале ВТСП проводник должен обладать высокой токонесущей способностью при любых ориентациях магнитного поля, так как почти во всех электротехнических устройствах магнитное поле на краю обмотки имеет значительную перпендикулярную компоненту. Одной из важных характеристик, влияющих на критический ток, является сила пиннинга. В связи с этим проводятся исследования зависимости критического тока и силы пиннинга от магнитного поля.

В данной работе исследовались ВТСП ленты второго поколения с различной архитектурой: ВТСП лента на магнитной подложке фирмы AMSC и ВТСП лента на немагнитной подложке фирмы SP. Были проведены измерения вольтамперных характеристик данных лент в магнитном поле от 0 до 8 Тл, которое создавалось с помощью Биттеровского магнита, при температуре жидкого азота 77 К. Измерения проводились в двух ориентациях магнитного поля: параллельно плоскости ленты (H||ab) и перпендикулярно плоскости ленты (H||c). Из полученных данных был найден критической ток для каждой ориентации магнитного поля и рассчитана сила пиннинга. Было показано, что при H||ab, в диапазоне от 0 до 1 Тл лента фирмы AMSC показывает больший критический ток, а в полях больших 1 Тл ленты обеих фирм демонстрируют примерно одинаковые значения критического тока. При H||c, в диапазонах от 1 Тл лента фирмы SP имеет большие значения критического тока, что объясняется значительными различиями сил пиннинга для этих лент в больших полях. В малых же полях силы пиннинга для обеих ориентаций полей и для обеих лент имеют примерно одинаковые значения, расхождение значений начинаются в более высоких полях (больше 2 Тл), что сказывается и на зависимостях критического тока обеих лент.

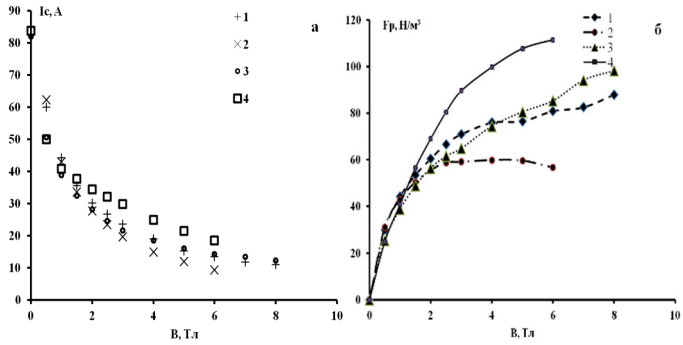


Рисунок 1 – а) Зависимость критического тока от магнитного поля, б) Зависимость силы пиннинга от магнитного поля: 1 – AMSC – H || ab, 2 – AMSC – H || c, 3 - SP – H || ab, 4 - SP – H || c

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю И.А. Рудневу.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение № 14.A18.21.0349.

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМОТИРОВАННЫХ И ДЕСИЛИКАТИЗИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ZSM-5

Спесивцев Н.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина», г. Москва, Россия

e-mail: genchem@gubkin.ru

Высококремнеземные цеолиты структуры ZSM-5 служат эффективными катализаторами процессов алкилирования, диспропорционирования, получения бензина из метанола, ароматических углеводородов из легких алканов. Достижение оптимальных результатов в указанных реакциях возможно при промотировании цеолитов ZSM-5 ионами различных металлов. Кроме того, для использования в катализе целесообразно формировать в структуре цеолитов ZSM-5 дополнительные транспортные мезопоры, облегчающие диффузию реагентов к активным центрам и отвод продуктов реакции. При этом важно, чтобы процедуры промотирования и формирования мезопор не приводили к изменению кристаллической структуры цеолита. Исследованные в работе материалы готовились на основе промышленного цеолита структуры ZSM-5, производимого Новосибирским заводом химконцентратов. Промотирование цеолитов проводилось методом полного влагопоглощения с использованием водных растворов нитратов цинка и хрома. Пропитанный цеолит высушивался и прокаливался для разложения нитратов. Формирование дополнительных мезопор в структуре цеолита проводилось путем выщелачивания раствором NaOH. Общая удельная поверхность катализаторов определялась методом низкотемпературной адсорбции-десорбции аргона (прибор Сорбтометр, ЗАО «Катакон», Россия), кристаллическая структура контролировалась рентгеновским дифрактометром Rigaku MiniFlex 600 (Япония). Катализаторы испытывались в реакции превращения пропана технического в кварцевом реакторе при атмосферном давлении. После реакции проводилась окислительная регенерация катализаторов в токе воздуха при 650-700 °С. Показано, что процедура введения промотора и последующая процедура окислительной регенерации приводят к увеличению удельной поверхности катализаторов. В то же время, анализ дифрактограмм показал, что введение промоторов и процедуры катализа и окислительной регенерации не приводят к изменению кристаллической структуры цеолитов, которая соответствует ZSM-5 (структурный тип MFI – mordenite framework inverted). Формирование мезопор методом десиликатизации также не привело к изменению типа кристаллической структуры, но вызвало существенное уменьшение интенсивности характеристических пиков на дифрактограмме, что говорит о частичном разрушении кристаллов цеолита. Это явление улучшает каталитические свойства непромотированного цеолита, но приводит к уменьшению конверсии технического пропана при введении промоторов при сохранении селективности по целевым продуктам.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям д.х.н. Локтеву А.С. аспирантке Левченко Д.А.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОДОРОДСОРБИРУЮЩЕГО ГАЗОРАСПЫЛЕННОГО СПЛАВА $(La+Mm)Ni_{3.5}Co_{0.7}Al_{0.35}Mn_{0.4}Zr_{0.05}$

Сподарик М.И.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: poshtamary@ukr.net

Сплавы типа AB_5 широко используются в качестве материалов для никель-металлогидридных аккумуляторов. Известно, что такие факторы как состав сплава и способ его получения могут существенно изменять рабочие характеристики водородсорбирующих сплавов. Быстрое охлаждение порошков сплава при методе газораспыления сплава в инертной атмосфере позволяет получать его гомогенный состав, что не требует дополнительного отжига сплава перед его механическим измельчением. Именно скорость охлаждения сплава при данной технологии обеспечивает особенную неравновесную структуру, которая способна улучшать рабочие характеристики электрода и дает широкий спектр размера полученных порошков сплава.

Водородсорбирующий сплав $(La+Mm)Ni_{3.5}Co_{0.7}Al_{0.35}Mn_{0.4}Zr_{0.05}$ был получен с использованием метода газораспыления сплава в инертной атмосфере. В этой работе представлены результаты исследования структуры, фазового состава, состояния поверхности данного сплава в зависимости от размера частиц (фракции: ≤50 мкм; 630–1000 мкм; 1000–1600 мкм). При исследовании порошков сплава использовались методы рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии, рентгеновой фотоэлектронной спектроскопии, а для исследования электродов из порошков сплава в 30% KOH использовали ряд электрохимических методик, которые осуществлялись с помощью потенциостата-гальваностата PGSTAT4-16. Результаты изучения электрохимических и емкостных характеристик электродов, изготовленных из газораспыленных порошков с добавлением в качестве токопроводящей добавки порошка электролитической меди, представлено в таблице.

Фракция, мкм	Состояние поверхности	Коэффициент диффузии водорода, $см^2/с$	Емкость при токе разряда, мА·год/г	
			75 мА/г	300 мА/г
≤50	Исходная	$2\cdot10^{-12}$	-	-
	Активированная	$1.5\cdot10^{-10}$	135	54
630–1000	Исходная	$5.7\cdot10^{-11}$	210	-
	Активированная	$3.7\cdot10^{-9}$	220	215
1000–1600	Исходная	$1.8\cdot10^{-11}$	205	-
	Активированная	$4.0\cdot10^{-9}$	220	207

Результаты показали, что электродам из данного сплава для эффективной работы необходима предварительная химическая активация в горячем электролите. После активации электроды легче разрабатываются, показывают лучшую кинетику при электролитическом поглощении водорода материалом и обладают более высокой разрядной емкостью (220 мА·год/г). Были также рассчитаны коэффициенты диффузии водорода в сплаве для всех исследуемых сплавов. Показана способность электродов из порошков крупных фракций к высокоскоростному разряду.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.х.н. Щербаковой Л.Г. и д.ф.-м.н. Солонину Ю.М.

Работа выполнена в рамках проекта УНТЦ № 5335.

ТЕРМОУСТОЙЧИВЫЕ ПКМ ДЛЯ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Станкой М.А.

ФГБОУ ВПО "МАТИ-Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского", г. Москва, Россия

e-mail: marina_stankoi@mail.ru

Известно, что для теплонагруженных конструкций силовых установок и мотогондол звукопоглощающего назначения используют стеклопластики, как правило, на основе фенольных связующих, рабочие температуры которых не превышают 200^{0}С. На современном этапе для получения термоустойчивых материалов разработаны жесткоцепные сетчатые полиимидные матрицы АПИ (АПИ-3, АПИ-3Т), которые получают путем синтеза на поверхности наполнителя из смеси имидообразующих мономеров (метод ПМР). Однако, поверхность оксидных наполнителей может оказать существенное влияние на направление реакций синтеза сетчатого полиимида, т.к. оксидные стеклянные или базальтовые волокнистые наполнители (СВН, БВН) характеризуется высокой поверхностной энергией и содержат большое количество гидроксильных групп. Методом механической спектрометрии было установлено, что в присутствии СВН и БВН процессы образования ОИ и его отверждения незначительно сдвигаются в область более высоких температур (на 5-10^{0}С) по сравнению с составами на основе углеродных волокнистых наполнителей (УВН), однако длительность процессов увеличивается более значительно (в 1,5-2,0 раза), что связано, в первую очередь, с уровнем теплопроводности используемых наполнителей. Термоокислительная стойкость составов на основе СВН и БВН не изменяется по сравнению с составами на основе УВН. Потери массы даже при 500 ^{0}С не превышают 11 и 14 % для АПИ-3 и АПИ-3Т соответственно.

На основе имидных связующих АПИ и стеклоткани Э1/1-100П разработаны стеклосотопласты (ССП) с плотностью от 84 до 109 кг/м^3 на основе АПИ-3 и от 74 до 103 кг/м^3 на основе АПИ-3Т и трехслойные панели (ТСП). Результаты испытаний показали, что введение эластификатора в состав матрицы АПИ повышает прочность при сжатии ССП-АПИ-3Т на 20 %, прочность при разрыве на 3-6 % по сравнению с ССП-АПИ-3 с аналогичной плотностью. Разрушающее напряжение при разрыве для ССП-АПИ-3Т не менее 4,7 МПа, что выше, чем для, например, ПСП-1-2.5-64 (2,3-2,5 МПа). По уровню прочностных и звукопоглощающих свойств стеклосотопласты ССП-АПИ-3Т практически не уступают аналогам на основе фенольной матрицы, но работоспособны вплоть до 400-450 ^{0}С. ТСП с ССП-АПИ (с ячейкой 2,5 мм, плотностью 74-109 кг/м^3) и обшивками из имидостеклопластика АПИ имеют разрушающие напряжения при сжатии 2,6-3,9 МПа и отрыве обшивки от сотового заполнителя 2,0-2,6 МПа, в зависимости от плотности ССП, коэффициент звукопоглощения разработанных ТСП-АПИ варьируется от 1,0 при 500-2000 Гц и 4500 Гц до 0,7 при 5500 Гц (в зависимости от вида образца и схемы испытания).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителям: д.т.н., профессору Бухарову С.В., к.т.н., доценту Мийченко И.П.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Степанов С.В.

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

e–mail: dimultiplexor@mail.ru

Микродуговое оксидирование (далее МДО) является одним из наиболее перспективных видов поверхностной обработки металлов, используемых для создания многофункциональных покрытий с уникальными характеристиками. МДО представляет собой электрохимический процесс модификации поверхности вентильных металлов и их сплавов в электролитной плазме.

Исследование закономерностей протекания МДО, разработку и отладку новых технологических режимов можно осуществить путем регистрации формовочных кривых напряжения; измерения динамических вольтамперных характеристик; измерения импеданса структуры электрод-покрытие-электролит; контроля выработки и температуры электролита; контроля характеристик электрических разрядов.

Целью данной проекта является разработка установки, позволяющей проводить комплексные автоматизированные исследования процесса МДО путем контроля параметров технологического режима оксидирования.

При исследовании параметров МДО используется гальваническая ячейка, состоящая из анода и катода, погруженных в раствор электролита. Электроды подключаются к управляемому источнику технологического тока (далее ИТТ). Все режимы работы ИТТ (соотношение анодно-катодных составляющих тока; форма, частота, длительность импульсов тока; временные зависимости плотности тока) задаются в разрабатываемой установке от ПК. Также регистрируются зависимости мгновенных значений тока и напряжения от времени в течение анодно-катодного цикла (динамическая ВАХ), зависимости анодного и катодного напряжения от времени МДО процесса (формовочные кривые).

Мониторинг качества электролита в установке планируется осуществляться с помощью измерения его температуры и выработки (путем учета удельного количества электричества, прошедшего через него; измерения импеданса; измерения мутности оптическим способом).

Измерение составляющих комплексной проводимости системы электрод-электролит будет производиться на переменном сигнале малой амплитуды в диапазоне частот непосредственно в процессе получения покрытия. По экспериментальным данным рассчитывается средняя толщина и пористость покрытия, а также удельная проводимость электролита.

При контроле электрических разрядов предполагается регистрация интегральной яркости свечения поверхности образца, динамических характеристик отдельных разрядов и спектральной характеристики излучения.

Таким образом, разработка автоматизированной установки для МДО позволит отрабатывать новые технологические процессы получения покрытий с заданными свойствами при производстве изделий с целью улучшения их характеристик и расширения областей их применения.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Печерской Р.М., доценту Карпанину О.В., к.т.н., доценту Метальникову А.М.

МОДЕЛЬ ПЕРКОЛЯЦИИ МИКРОПОВРЕЖДЕНЙ В НАГРУЖЕННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Степанова В.Э.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

e-mail: valentina_step@mail.ru

В материалах повышенной и высокой прочности, находящихся под нагрузкой, основным механизмом релаксации на микроуровне является рост плотности нераспространяющихся субмикротрещин в условиях их сильного взаимодействия. При достижении критической плотности дефектов происходит перколяция, приводящая к образованию дефектов мезоуровня – микротрещин.

Основу для построения модели перколяции составили:

1. Управляющее уравнение модели. Эволюция плотности субмикротрещин в процессе деструкции материала описывалась на основе использования начального участка машинной кривой релаксации приложенного к образцу напряжения и предположения, что этот участок кривой соответствует процессу накопления повреждений на микроуровне. Изменение во времени свободной энергии нагруженного материала происходит вследствие затраченной на образование дефектов текущей работы пластической деформации. Исходя из этого получено уравнение эволюции в виде

$$\rho(t) = \Delta\sigma^2(t) / (u_d \gamma_p E) \qquad (1)$$

где $\Delta\sigma(t)$ – текущая релаксация напряжений; u_d – энергия образования субмикротрещины; γ_p – относительная податливость образца; E – модуль упругости.

2. Размер субмикротрещин. Зарождение субмикротрещины обусловлено потерей устойчивости заблокированного дислокационного скопления за счет слияния его ведущих дислокаций с образованием в голове скопления зародыша разрушения в виде сверхдислокации мощности $2b$ (b – вектор Бюргерса). Последний, едва возникнув, самопроизвольно растет за счет поглощения до полного исчерпания дислокаций скопления. В результате образуется неспособная к залечиванию субмикротрещина протяженностью $0{,}5 \cdot n^2 \cdot b$ и шириной $n^2 \cdot b$ (n – мощность скопления). При $b = 2{,}88 \cdot 10^{-8}$ см, $n = 30$ протяженность и ширина дефекта составят: $l_{sub} \approx 1{,}3 \cdot 10^{-5}$ см, $h = 0{,}87 \cdot 10^{-6}$ см.

3. Шаг перколяции Δ_p – критическое расстояние между дефектами, достижение которого приводит к их слиянию. Величина Δ_p, определяемая по эпюре растягивающих напряжений между ближайшими концами дефектов с использованием критерия Новожилова, составила примерно $2l_{sub}$.

4. Функция распределения дефектов в выделенной области. В качестве модельной области рассматривалась прямоугольная область между границами двух зерен.

По разработанному алгоритму перколяции выполнено компьютерное моделирование для среднелегированной конструкционной стали 30ХГСА с механическими свойствами: $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа, $G = 0{,}79 \cdot 10^5$ МПа, $\sigma_в = 1450$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1270$ МПа, $\delta_{5d} = 7$ %, $\psi = 19$ %. Энергия u_d, рассчитанная по дислокационной модели, составила $1{,}93 \cdot 10^{-18}$ Дж.

По результатам моделирования для различных уровней растягивающего напряжения построены временные зависимости числа кластеров по размерам, порог и длительность перколяции, а также размер соединяющего кластера. Последний представляет микротрещину, эволюция которой должна описываться на основе закономерностей роста малых трещин.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Баранову В.П.

ТЕРМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НАНОПОРИСТЫХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНКАХ НА ПОРОШКОВОМ СПЛАВЕ ТИТАН-АЛЮМИНИЙ

Степанова К.В.

Карельская Государственная Педагогическая Академия, г. Петрозаводск, Россия

e-mail: lady.cristin4ik@yandex.ru

Было показано, что при анодировании жаропрочного сплава Ti-40%Al на его поверхности образуется устойчивая нанопористая оксидная пленка, имеющая аморфную структуру. Из литературных данных, посвященных изучению нанотрубчатых анодно-оксидных пленок на титане, известно, что переход от аморфного состояния к поликристаллическому со структурой анатаза, происходит усиление каталитической способности пленок. Целью работы было проведение изучение влияния термообработки на структуру нанопористой оксидной пленки (НПОП) на порошковом сплаве Ti-40%Al с применением комплекса экспериментальных методов: сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии (СЭМ, АСМ), инфракрасной Фурье спектроскопии (ИКФС) и рентгеноструктурного анализа (РСА). Объектами исследования являлись НПОП, сформированные на образцах из спеченного порошка сплава Ti-40%Al, до и после отжига на воздухе и в вакууме (10^{-5} мм.рт.ст.) в диапазоне T = 280 – 820°C.

Показано, что в результате термического воздействия как на воздухе, так и в вакууме кристаллизация аморфной НПОП происходит в диапазоне температур T=700-820°C. Методом РСА установлено, что фазовый состав пленки после кристаллизации на воздухе отвечает совокупности фаз: TiO_2 - анатаза и рутила, Al_2O_3 (α- Al_2O_3 и γ- Al_2O_3), дополнительно присутствуют следы и других фаз. При отжиге до 820°C не происходит механического разрушения объектов и сохраняется регулярная нанопористая структура поверхности. Вакуумный отжиг при T=820°C не вызывает образование рутила, в структуре образца отмечается только анатаз. Присутствие в составе образцов, отожженных в вакууме, оксидных структур типа TiO и Ti_2O_3 может быть обусловлено процессом ухода кислорода из оксидной пленки в подложку. Изучение изменений мезоскопической структуры пленок в результате отжига в вакууме при T= 820°C с использованием СЭМ и АСМ показало, что наблюдается увеличение площади поверхности образца более, чем в 20 раз. Таким образом, с применением комплекса методов показано, что в результате термического воздействия на воздухе и в вакууме при T=700-820°C происходит кристаллизация аморфной НПОП, сформированной на порошковом сплаве Ti-40%Al, с образованием совокупности кристаллических модификаций диоксида титана - анатаза и рутила (после отжига на воздухе) и только анатаза (после отжига в вакууме), а также и оксидов алюминия - α- и γ-Al_2O_3 при сохранении целостности и нанопористой структуры пленки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н., проф. КГПА Яковлевой Наталье Михайловне за помощь в выполнении работы, а также ведущему инженеру НИЛ «ФНСОПП» КГПА Кокатеву А.Н.; главному физику ИГ КНЦ РАН Сазоновой И.С.

МИКРОЕЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЛЕЧЕБНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ.

Стребкова О.А.

Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: oshkad@imp.kiev.ua

При разработке сплавов для медицины перед материаловедами ставится задача увеличить максимальное время их пребывания в организме и предельно снизить риски возможного нежелательного взаимодействия неживой материи с тканями организма. В частности, это аллергизация, развитие воспалительных процессов, возникновение металлоза и гальваноза, пирогенное и канцерогенное воздействие, биодеструкция тканей с последующим их некрозом и многие другие явления, вызывающие осложнения при лечении.

Развитие технологии лечения с использованием имплантатов из неорганических материалов, рассчитанных на функционирование в организме на весь срок его жизнедеятельности, вызвало острую проблему создания материалов с неограниченными сроками функционирования. Задача состоит в том, чтобы предельно снизить фактор отрицательного воздействия материалов протезов при длительном их пребывании в организме. В результате изучения биокорозии металлов с накоплением со временем элементов экзогенного происхождения и кинетики их резорбции в организме возникли вопросы, ответы на которые должны решить задачу о сроках допустимого безопасного применения материалов в зависимости от их химических составов и свойств.

Основной принцип создания медицинских материалов связан со учетом роли каждого из шестидесяти биогенных и экзогенных элементов в жизнедеятельности организма. Все искусственные медицинские материалы служат источником экзогенного поступления элементов в организм, что нарушает природный баланс микроэлементов в организме в целом, вызывая дисфункцию отдельных органов. Металлы, как и другие микроэлементы экзогенного генезиса, оказывают влияние на гормональную и иммунную систему человека и при нарушении допустимых санитарных норм вызывают определенные патологические сдвиги, подобные эндемическим заболеваниям.

Научным руководителем работы Ошкадьоровым С.П. была поставлена цель повысить толерантность организма к материалам имплантатов путем использования технологии покрытия их поверхности белками крови реципиента (альбумином или фибриногена), названной нами как метод «биомимикрии». Такие покрытия делают поверхность имплантатов не распознаваемой организмом как инородная за счет сходности белковых составов покрытия и тканей. Тем самым заметно снижается реакция организма на имплантируемый материал, а также решается одна из основных проблем в восстановительной и реконструктивной медицине.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность член-корр. НАН Украины С.П. Ошкадерову.

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Nb-Si, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Строганова Т.С.

Институт физики твёрдого тела РАН, г. Черноголовка, Россия

e-mail: stroganova@issp.ac.ru

Для создания высокоэкономичного газотурбинного двигателя и повышения его эффективности необходимы материалы, работающие при температуре рабочего газа более

1300 – 1400°C. Такими материалами могут стать сплавы на основе Nb – Si. Благодаря своей высокой температуре плавления 1920°C, созданные из них конструкционные материалы будут способны работать при более высоких температурах, чем широко применяемые в настоящее время никелевые сплавы.

Сплав Nb – 18,7 ат.% Si сначала получали в виде цилиндрических слитков методом плавки во взвешенном состоянии в атмосфере Ar, после чего разливали в массивную медную изложницу. Далее слитки переплавляли в тигле из ZrO_2 в вакуумной индукционной печи. Тигель с образцом помещали на специальном держателе в рабочую зону, сплав расплавляли, после чего выводили тигель в холодную зону со скоростью 3 – 9 мм/мин. За счет этого возникал градиент температуры, что приводило к направленной кристаллизации сплава.

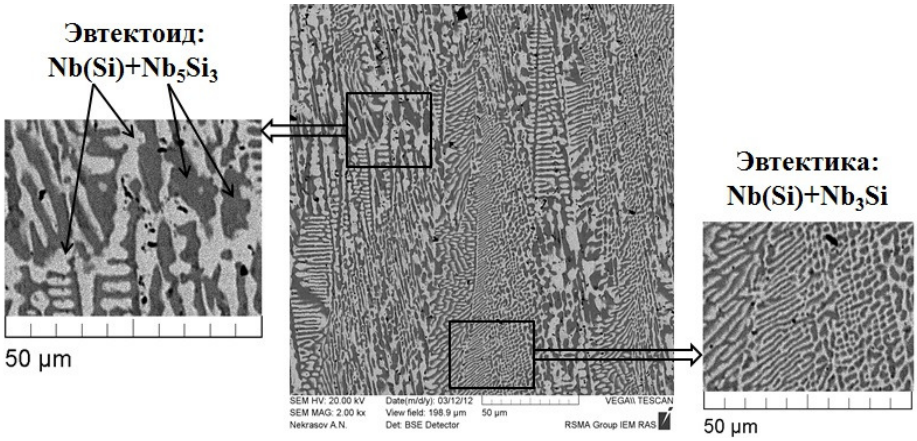


Рис.1 – Микроструктура участка продольного сечения образца сплава Nb – 18,7 ат.%Si, охлаждённого со скорость 9 мм/мин.

На рис.1 видно, что структура полученного сплава состоит из чередующихся эвтектической и эвтектоидной структур. Двухфазная эвтектика представлена интерметаллидной матрицей Nb_3Si темного цвета, в которой располагаются светлые выделения твердого раствора Si в Nb. Эвтектоидная структура состоит из двух фаз: твердого раствора Si в Nb и интерметаллида Nb_5Si_3. Результаты испытаний образцов на 3-точечный изгиб показали, что кратковременная прочность при температуре 1200 – 1250°C равна ~ 800 МПа, а при 1350°C – ~600 МП. Достигнутый уровень прочности свидетельствует о перспективности материалов, созданных на основе Nb–Si.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность чл.-корр., д.т.н. Карпову М.И., к.т.н. Коржову В.П., к.т.н. Внукову В.И., Прохорову Д.В., Желтяковой И.С., к.т.н. Кийко В.М., Некрасову А.Н. за активное участие в работе.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Стружков П.В.
ВоГТУ, г. Вологда, Россия
e-mail: y529ec@mail.ru

Машиностроение является, в основном, потребителем объемных наноструктурированных материалов (стали, титан, алюминиевые сплавы, керамика, пластмассы и композиционные материалы), материалов с «памятью», порошковых материалов и комплектующих наноизделий. Существенный эффект ожидается от внедрения технологических процессов нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты, штампы, а также износостойких покрытий, жаростойких и водоотталкивающих покрытий деталей машин. Важное значение имеет наноструктурированная продукция триботехнического направления и оборудование для обработки деталей с нанометровой точностью и для нанесения нанопокрытий. При этом улучшение соответствующих качественных показателей (прочность, твердость, пластичность, коррозионная стойкость) может быть достигнуто как посредством введения того или иного технологического процесса (литье, прессование, нанесение покрытий) получения нанопорошков, нанотрубок, фуллеренов, так и за счет соответствующих технологических режимов изготовления заготовок и изделий (равноугольное прессование, термомеханическая обработка). Сами по себе наноматериалы в чистом виде, например, углеродные трубки, не нужны: серьезные положительные изменения в экономику в том числе и в машиностроение, внесут макроматериалы из нанотрубок или содержащие нанотрубки.

По прогнозам американской ассоциации National Science Foundation мировой объем рынка товаров и услуг с использованием нанотехнологий может в ближайшие 10-15 лет вырасти до 1 трлн. долл. В том числе в промышленности материалы с высокими заданными характеристиками, которые не могут быть созданы традиционными способами, могут в ближайшие 10 лет занять рынок объемом 340 млрд. долл.

К 2015 году будет происходить формирование рынка потребителей наноматериалов и псевдонаноматериалов. Появится большое число потребительских нанопродуктов, в которых тем или иным образом используются нанотехнологии, конструкционные композитные материалы на базе высокопрочных волокон (углеродных нанотрубок) для промышленного применения, например, в авиастроении, автомобильной и военной технике; увеличится применение нанопорошков и нанопокрытий, в том числе в машиностроении, применение нанотехнологий для производства абразивных материалов, буровых и металлообрабатывающих инструментов.

Отечественный уровень научнотехнологических разработок в этих областях соответствует мировому, а порой и превосходит его. Исследования по данной проблеме проводятся в рамках академических институтов, частично вузов, входят отдельными разделами в отраслевые программы, но, как правило, не заканчиваются практическим внедрением результатов. Сотни российских специалистов работают в иностранных фирмах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю – д.т.н. А.Н. Швецову

ТЕРМОЛЮМИНОФОРЫ НА ОСНОВЕ БОРАТОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Субанаков А.К.

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: subnakov@binm.bscnet.ru

Целью работы явилось изучение интенсивности термолюминесценции MgB_4O_7:Dy и MgB_4O_7:Dy,Li при замещении магния на двухвалентные металлы (A=Sr, Cd, Ba, Ca).

Замещение магния в MgB_4O_7:Dy двухвалентными металлами (A=Sr, Cd, Ba, Ca) оказывает различное влияние на термолюминесцентные свойства образцов $Mg_{1-x}A_xB_4O_7$:Dy (x=0.1, 0.5, 1). Составы $Mg_{1-x}A_xB_4O_7$:Dy (A=Sr, Cd, Ba) показали понижение интенсивности термолюминесценции при увеличении содержания двухвалентного металла, а в случае $Mg_{1-x}Ca_xB_4O_7$:Dy интенсивность термолюминесценции растет при увеличении содержания Ca (Табл.1а). Следует отметить, что положение термолюминесцентного пика остается неизменным, что указывает на один тип ловушек в данных образцах. Термолюминесценция образцов $Mg_{0.9}Ca_{0.1}B_4O_7$:Dy, $Mg_{0.5}Ca_{0.5}B_4O_7$:Dy, CaB_4O_7:Dy, $Mg_{0.9}Cd_{0.1}B_4O_7$:Dy, $Mg_{0.5}Cd_{0.5}B_4O_7$:Dy выше уровня термолюминесценции эталонного образца ТЛД–580. Изучено влияние химической природы вторых допирующих агентов на термолюминесцентные свойства MgB_4O_7:Dy,*M* и CaB_4O_7:Dy,*M* (*M*=Li, Na, Tl). В CaB_4O_7:Dy,*M* в отличие от MgB_4O_7:Dy,*M* при кодопировании образуется второй низкотемпературный термолюминесцентный пик вне зависимости от допирующего элемента, связанный с образованием дополнительных аддитивных центров окраски (Табл. 1б). В ряду от лития к таллию интенсивность термолюминесценции MgB_4O_7:Dy,*M* падает. В CaB_4O_7:Dy,*M* максимальная интенсивность термолюминесценции наблюдается при допировании натрием.

Таблица 1.

Относительная интенсивность термолюминесценции образцов: а) $Mg_{1-x}A_xB_4O_7$:Dy (A=Sr, Ca, Cd, Ba; x=0.1, 0.5, 1) и б) MgB_4O_7:Dy,M и CaB_4O_7:Dy,M (M=Li, Na, Tl)

а)

	Sr	Ca	Cd	Ba
x=0.1	$Mg_{0.9}Sr_{0.1}B_4O_7$	$Mg_{0.9}Ca_{0.1}B_4O_7$	$Mg_{0.9}Cd_{0.1}B_4O_7$	$Mg_{0.9}Ba_{0.1}B_4O_7$
$I_{отн}$,%	37	132.3	113	78
x=0.5	$Mg_{0.5}Sr_{0.5}B_4O_7$	$Mg_{0.5}Ca_{0.5}B_4O_7$	$Mg_{0.5}Cd_{0.5}B_4O_7$	$Mg_{0.5}Ba_{0.5}B_4O_7$
$I_{отн}$,%	10.8	148.7	111.6	31.2
x=1	SrB_4O_7	CaB_4O_7	CdB_4O_7	BaB_4O_7
$I_{отн}$,%	0	166.3	49.6	0

б)

	MgB_4O_7:Dy,*M*	CaB_4O_7:Dy,*M* (1-ый пик)	CaB_4O_7:Dy,*M* (2-ой пик)
M=Li	187	62.6	148.4
M=Na	118	110	150
M=Tl	68	49	94

Таким образом, получены термолюминофоры MgB_4O_7:Dy,Li CaB_4O_7:Dy,Li с высокой интенсивностью термолюминесценции.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям Базаровой Ж.Г. и Базарову Б.Г.

Работа выполнена при поддержке грантов: РФФИ № (11-03-00867а, 11-08-00681а), Президента РФ МК-6247.2013.2 и Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН №28.

КАТОДНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ C, W И TiB_2 В РАСПЛАВЕ $KF-NaF-AlF_3-Al_2O_3$

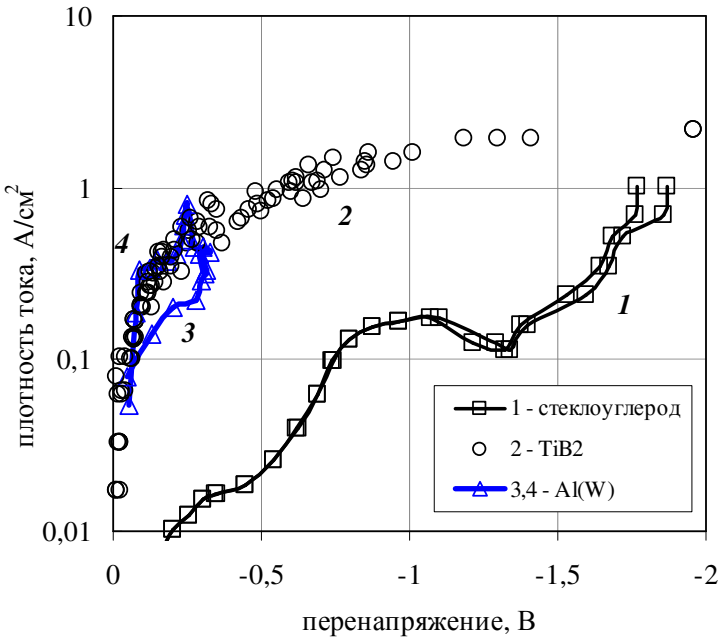
Суздальцев А.В.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: suzdaltsev_av@mail.ru

Расплавы на основе солевой системы $KF-NaF-AlF_3-Al_2O_3$ являются перспективными с точки зрения их применения при низкотемпературном (750-850°C) электролитическом получении алюминия (Al). В настоящее время в мировом масштабе активно исследуется поведение кислород-выделяющих анодов, катодное поведение графита (C) и диборида титана (TiB_2), а также взаимодействие материалов с расплавом $KF-NaF-AlF_3-Al_2O_3$. Показана принципиальная возможность использования TiB_2 в качестве защитного покрытия катодной подины при электролизе $KF-NaF-AlF_3-Al_2O_3$, но механизм катодного процесса как на TiB_2, так и на C исследован недостаточно.

В данной работе проведено исследование стационарной катодной поляризации C, W и TiB_2 относительно Al в трех-электродной графитовой ячейке на воздухе при 800°C в расплаве (мас.%) $35{,}6KF-11{,}6NaF-49{,}6AlF_3-3{,}2Al_2O_3$. Полученные поляризационные зависимости представлены на рисунке. Поляризацию C (кривые *1*) характеризуют высокое перенапряжение, пик при 0,7-1,3 В, по всей видимости связанный с образованием Al_4C_3 и выделение щелочного металла при 0,5-0,6 А/см^2 (1,7-1,8 В). На TiB_2 (кривые *2*) наблюдаются колебания перенапряжения при 0,5-0,8 А/см^2, связанные с предельной плотностью тока выделения Al. Предельная плотность тока совместного выделения Al и щелочного металла на TiB_2 достигает 2 А/см^2; выше этой плотности тока затруднения процесса могут быть вызваны электрическими характеристиками и природой TiB_2. Предельная плотность тока выделения Al на W (кривая *3*) составляет 0,4-0,6 А/см^2 (четкий перегиб на кривой). При повторной поляризации W (кривая *4*) наблюдается снижение катодного перенапряжения, что может являться следствием частичного заполнения его поверхности Al и деполяризацией в связи со сплавообразованием.



Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Зайкову Юрию Павловичу.

МОДИФИКАЦИЯ ОКСИДА МОЛИБДЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТА

Суровая В.Э.

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия

e-mail: sur.vik@mail.ru

В работе представлены результаты исследований процессов, протекающих в условиях атмосферы в наноразмерных слоях MoO_3 различной толщины (d = 5 - 54 нм) при облучении их светом λ = 320 нм различной интенсивностью (I = 1,5 – $7 \cdot 10^{15}$ квант $см^{-2} \cdot с^{-1}$).

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2 \cdot 10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких (d = 5-54 нм) слоев MoO_3 на подложки из стекла (ГОСТ 9284 – 59), используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М». Источниками света служили ртутная (ДРТ-250) и ксеноновая (ДКсШ-1000) лампы. Для выделения требуемого участка спектра применяли монохроматор МСД-1 и набор светофильтров. Регистрацию эффектов до и после облучения образцов осуществляли методом оптической спектроскопии (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700»).

В результате облучения пленок MoO_3 светом одинаковой интенсивности по мере увеличения толщины образцов наблюдается последовательное возрастание эффектов изменения оптической плотности в диапазоне λ = 400-1100 нм. При воздействии на предварительно облученные при λ = 320 нм пленки MoO_3 светом λ = 870 нм наблюдается уменьшение значений оптической плотности в диапазоне λ = 400-1100 нм с максимумом λ = 870 нм. Одновременно наблюдается смещение края полосы поглощения в длинноволновую область спектра, которое связано с увеличением оптической плотности в коротковолновой области спектра λ = 310-400 нм с максимумом λ = 350 нм.

Для выяснения закономерностей протекания стимулированного светом λ = 320 нм процесса в пленках оксида молибдена (VI) были рассчитаны и построены кинетические кривые степени превращения $\alpha = f(\tau)$ при λ = 870 нм в зависимости от толщины пленок MoO_3 и интенсивности падающего света. Степень фотохимического превращения центра T_1 в центр T_2 независимо от толщины пленок MoO_3 и интенсивности падающего света при увеличении времени облучения возрастает. Установлено, что при облучении образцов светом из области собственного поглощения по мере увеличения толщины пленок MoO_3 степень превращения уменьшается. Увеличение интенсивности падающего света (при постоянной толщине пленок MoO_3) приводит к возрастанию скорости фотохимического превращения. При облучении пленок MoO_3 светом λ = 870 нм наблюдается уменьшение оптической плотности в диапазоне λ = 400-1100 нм с максимумом λ = 870 нм и смещение края полосы поглощения MoO_3 в длинноволновую область спектра.

Мы полагаем, что уменьшение максимума поглощения при λ = 350 нм, а также формирование максимума поглощения при λ = 870 нм в процессе облучения пленок MoO_3 взаимосвязанные процессы и являются результатом стимулированного светом из области собственного поглощения оксида молибдена (VI) преобразования центра T_1 ($[(V_a)^{++}\ e]$).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям к.х.н., доценту Бугерко Л.Н., д.х.н., профессору Суровому Э.П., д.х.н., профессору Черкасовой Т.Г.

ПОРИСТЫЙ ФОСФИД ИНДИЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Сычикова Я.А.

Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск, Украина

e-mail: yanasuchikova@mail.ru

Хорошо известно, что основными глобальными проблемами современного мира являются следующие: загрязнение окружающей среды и ограниченность ресурсов. Неотъемлемой частью вышеперечисленных глобальных проблем являются энергетические проблемы, которые имеют прямую взаимосвязь со всеми сторонами жизни человечества. Одна из основных проблем использования солнечной энергии для центрального отопления состоит в том, что солнечного тепла достаточно в тот сезон, когда меньше всего требуется отопление. Наоборот, отопление требуется тогда, когда дневное солнечное излучение составляет всего несколько часов. Таким образом, чтобы использовать солнечную энергию тогда, когда она действительно нужна, она должна быть не только собрана, но и сохранена. Использование системы солнечного отопления с кратковременным хранением энергии означает, что около 50-70 % этой энергии может быть сэкономлено в зависимости от климатических условий и инженерных конструкций.

Возможные пути преодоления этих проблем – создание гибридных устройств, которые будут состоять из солнечного элемента и накопителя энергии. Причем в качестве накопителя энергии нами предлагается использование суперконденсаторов – пластина диэлектрика с обкладками, в которых роль обкладок выполняет пористое тело с огромной поверхностью, диэлектрика – гель (ионная жидкость), который заполняет полости на поверхности, и зарядов – ионы, которые находятся в геле. За счёт того, что поверхность велика, ёмкость суперконденсатора может быть намного больше ёмкости обыкновенных конденсаторов. В качестве пористого тела традиционно используют пористый уголь. Как вариант активно рассматриваются полупроводниковые кристаллы, а именно пористые структуры, выращенные на их основе. Особое место в этом ряду занимает фосфид индия благодаря простоте получения пористых слоев на его основе и легкостью управления морфологическими свойствами.

Производство таких структур имеет ряд преимуществ – простота технологии, низкая стоимость, невысокие температурные режимы, низкая токсичность производства.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н., проф. Кидалову В.В.

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ РОСТА ПОР НА ПОВЕРХНОСТИ InP (111) И (100) ОРИЕНТАЦИИ

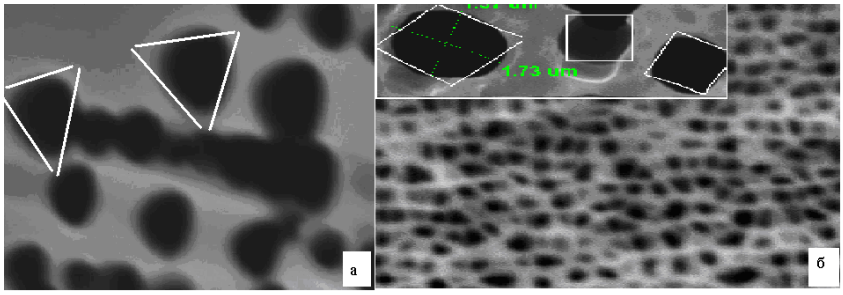
Сычикова Я.А.

Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск, Украина

e-mail: yanasuchikova@mail.ru

Пористый фосфид индия – перспективный материал микроэлектроники, который получают методом электрохимического травления. Пористый фосфид индия и процессы его формирования представляют также и самостоятельный интерес с точки зрения материаловедения и электрохимических процессов на поверхности соединений A^3B^5.

Исходным материалом для получения слоев пористого фосфида индия служили пластины *n*-InP (100) и *n*-InP (111), которые были изготовлены методом Чохральского в лаборатории компании «Molecular Technology GmbH» (г. Берлин, Германия). Образцы пористого фосфида индия изготовлялись методом анодного электрохимического травления. Массивы пор, имеющих треугольную форму, были сформированы на кристаллах *n*-InP с ориентацией поверхности (111) в водно-фторидном растворе (рис. *а*). Размер пор составляет от 0,05 до 1 мкм, что обозначает формирование макропористого слоя фосфида индия. В некоторых местах наблюдается более плотное скопление пор. В кристаллах с ориентацией поверхности (100) ямки травления имеют форму, близкую к квадратной (рис. *б*). Некоторые поры в данном случае демонстрируют круглое поперечное сечение. На рисунке можно видеть упорядоченный ансамбль пор, который образовался на подложке из монокристаллического фосфида индия. Поры проросли по всей поверхности слитка. Размер пор составляет в среднем 40 нм, что свидетельствует о том, что данная структура является наноразмерной.



Самоорганизация роста пор на поверхности фосфида индия:
а – ориентация (111), *б* – ориентация (100)

Как показывает эксперимент, форма пор практически не зависит от условий травления, а определяется кристаллографической ориентацией исходного кристалла.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.ф.-м.н., проф. Кидалову В.В.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $NaNbO_3$-$KNbO_3$-$CuNb_2O_6$

Таланов М.В.

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: mvtalanov@sfedu.ru

Свинецсодержащие пьезокерамики на основе бинарных систем Pb(Zr, Ti)O_3, Pb($Mg_{1/3}Nb_{2/3}$)O_3-$PbTiO_3$ и Pb($Zn_{1/3}Nb_{2/3}$)O_3-$PbTiO_3$ являются широкоиспользуемыми материалами при создании различного рода преобразователей, актюаторов и датчиков. Однако они содержат более 50 мас. % свинца – крайне токсичного элемента. На сегодняшний день создание альтернативных пьезоэлектрических материалов, не содержащих свинец, является одной из ключевых задач физического материаловедения. Одними из перспективных бессвинцовых пьезоэлектрических материалов являются керамики на основе бинарной системы (Na, K)NbO_3 (KNN), характеризующиеся относительно высокими значениями пьезоэлектрических коэффициентов (d_{33} ~ 100 пКл/Н). Однако, для применения в устройствах силовой пьезотехники и УЗ-приборах необходимо значительное повышение механической добротности (Q_m) этих материалов. Одним из возможных путей решения указанной проблемы является модифицирование керамик. Так, в [1] сообщалось, что введение 1 мол. % $CuNb_2O_6$ в твердые растворы KNN позволяет получить керамики с сочетанием высоких параметров пьезоэлектрической активности и механической добротности. Целью данной работы явилось установление особенностей формирования электрофизических характеристик керамик трехкомпонентной системы $NaNbO_3$-$KNbO_3$-$CuNb_2O_6$ в области больших концентраций $CuNb_2O_6$ (2,5-7,5 мол. %).

Образцы керамик изучаемой системы получены по обычной керамической технологии двухстадийным синтезом. Спекание проведено при температуре (1100÷1170) ˚С (в зависимости от состава). Рентгенографически установлено отсутствие следов пирохлорной фазы в исследуемых образцах. Измерительный образцы представляли собой диски диаметром 10 мм и толщиной 1 мм с нанесенными на торцевые части серебросодержащими электродами. Измерения диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристик осуществленно при комнатной температуре в соответствии с ОСТ 11 0444 87. При этом определяли относительные диэлектрические проницаемости поляризованных($\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$) и неполяризованных($\varepsilon/\varepsilon_0$) образцов, пьезокоэффициенты –d_{31} и d_{33}, коэффициент электромеханической связи планарной моды колебаний (Kp), Q_m, модуль Юнга (Y^E_{11}), скорость звука (V^E_1).

Результатом работы явилось выявление наиболее перспективных составов керамик с высокими значениями целевых параметров Kp=0,21÷0,32, Q_m =500÷1000, $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$=250÷350, d_{33}= 60÷88 пКл/Н. Полученные материалы могут быть использованы в электронной технике, устройствах медицинской диагностики, системах УЗ-отчистки и в промышленных системах розжига.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н., проф., Резниченко Л.А.

Литература

1. M.-R. Yang, S.-Y. Chu, C.-C. Tsai.J. Alloys Comp. 507 (2010) 433–438.

ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ In_2O_3 ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ АВТОВОЛНОВЫМ ОКИСЛЕНИЕМ

Тамбасов И.А.

Институт физики СО РАН, г. Красноярск, Россия

e-mail: tambasov_igor@mail.ru

Благодаря своим свойствам пропускать видимый свет и проводить электрический ток, пленки In_2O_3 используются в газовой сенсорике, тонкопленочных прозрачных транзисторах, плоских дисплеях, электрохромных устройствах, солнечных элементах и т.д. [1]. В настоящее время развиваются низкотемпературные и простые методы получения In_2O_3 пленок [2].

Недавно нами были исследованы In_2O_3 пленки, полученные в режиме автоволнового окисления, имеющим низкую температуру инициирования (180°C) [3].

Представляют особый интерес для практического применения исследования влияния температуры и ультрафиолетового (УФ) облучения на сопротивления In_2O_3 пленок, полученных различными методами.

В данной работе представлены результаты исследования комплексного воздействия УФ облучения (254 – 435 нм) и температуры на сопротивления пленок оксида индия, полученных автоволновым окислением. Показано, что при облучении УФ светом происходит резкое уменьшение электрического сопротивления (~ 23 %) пленок оксида индия при комнатной температуре. При уменьшении температуры во время облучения уменьшается электрическое сопротивление (~ 40 %). После прекращения облучения электрическое сопротивление пленки релаксирует с двумя скоростями ~ 15 Ом/сек первые 30 секунд и ~ 7 Ом/сек в последующее время.

Установлено, что коэффициент пропускания в диапазоне длин волн 5 – 20 мкм уменьшается после облучения УФ светом. На длине волны 6.3 мкм изменение составляло 3,1 % при комнатной температуре. После прекращения облучения наблюдалась релаксация коэффициента пропускания со скоростью ~ 0.006 % /сек.

Показано, что релаксация электрического сопротивления и коэффициента пропускания пленок оксида индия имеют одинаковый характер, что подтверждает предположение о генерации дополнительных носителей заряда за счет механизма фотовосстановления.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю с.н.с. ИФ СО РАН, д.ф.-м.н. В.М. Мягкову за постановку цели данного исследования и за помощь в интерпретации полученных результатов, а также выражает благодарность н.с. ИФ СО РАН, к.ф.-м.н. А.А. Иваненко за помощь в организации проведения исследований.

Литература

1. C.G. Granqvist. Sol. Energy Mater. Sol. Cells, **91**, 1529 (2007).

2. M.G. Kim, M.G. Kanatzidis, A. Facchetti, T.J. Marks. Nat. Mater., **10**, 382 (2011).

3. И.А. Тамбасов, В.Г. Мягков, А.А. Иваненко, И.В. Немцев, Л.Е. Быкова, Г.Н. Бондаренко, Ю.Л. Михлин, И.А. Максимов, В.В. Иванов, С.В. Балашов, Д.С. Карпенко. ФТП, **47**, 546 (2013).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВО-СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПЛЁНОК $Fe_{98-48}Zr_{2-34}N_{0-18}$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Теджетов В.А.

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: velmurad@yandex.ru

Плёнки ферромагнитных сплавов системы Fe-Zr-N, получаемые методом магнетронного напыления, способны в соответствующем фазово-структурном состоянии обеспечить комплекс свойств, предъявляемый сегодня к плёночным материалам для их применения в перспективной микроэлектронике [1]. При этом, важнейшей задачей при получении плёнок методом магнетронного напыления является обеспечение воспроизводимости химического и фазового состава материала плёнки, определяющих её магнитные свойства.

В этой связи, целью настоящей работы было изучить фазово-структурное состояние плёнок $Fe_{98-48}Zr_{2-34}N_{0-18}$, полученных методом реактивного (DC) магнетронного распыления по новой технологии[1] мишеней $FeZr_X$ (x=2,4; 5,3 и 13,4 %) на стеклянные подложки в атмосфере Ar, Ar+5 % N_2 и Ar+15 % N_2, а также его изменение после вакуумного отжига при 400 ºС.

Рентгеновский анализ фазового состава и тонкой структуры плёнок в исходном и отожжённом состоянии проводили на дифрактометре RIGAKU Ultima IV в геометрии Брэгга-Бретано, оснащенном графитовым монохроматором. В качестве источника использовалось излучение Cu-Kα. Первоначальная обработка экспериментальных данных, а также качественный и количественный фазовый анализ осуществлялись в программах OUTSET, PHAN и PHAN% на основе базы данных JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards). Для определения параметров решётки, и размеров зерен, использовалась среда Origin 7.5.

Показано, что фазовый состав и структура плёнок в исходном состоянии меняются с изменением параметров магнетронного напыления и зависят от состава мишени, состава и давления газовой среды, температуры подложки. В зависимости от тех или иных параметров напыления в плёнках, полученных в атмосфере Ar+N_2, образуются в различном сочетании следующие нанокристаллические фазы: ОЦК на основе α-Fe, γ-Fe_4N, ε-Fe_3N и ZrN с размерами зерен от 5 до 38 нм. В пленках, полученных в атмосфере Ar, помимо нанокристаллической ОЦК-фазы на основе α-Fe, образуется рентгеноаморфная фаза, центрированная по линиям, соответствующим интерметаллиду $FeZr_2$. Отжиг при температуре 400 ºС приводит к незначительным изменению фазово-структурного состояния.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Шефтель Е.Н.

Литература

1. Шефтель Е.Н. Магнитомягкие нанокристаллические плёнки сплавов Fe-тугоплавкая фаза внедрения для применения в устройствах магнитной записи // Материаловедение. 2009. № 4. С. 10.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИИМИДНОЙ ПЛЕНКИ МЕТОДОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Телятников Е.Д.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: telytnikov@bk.ru

В настоящее время для определения физико-механических свойств в наношкале используется наноиндентирование, в основе которого лежит определение и анализ зависимостей глубины внедрения индентора от прикладываемой нагрузки. Известно, что при исследовании материалов в нанодиапазоне, проявляются размерные эффекты и свойства материала, физико-механические в частности, существенно отличаются от макроскопических. На данный момент эта область практических знаний мало изучена, т.к. получение информации об особенностях физико-механических характеристик, таких, как твердость или пластичность, связанно с использованием уникальных и финансово затратных технологий и оборудования.

В представленной работе исследованы пленоки полиимида толщиной 13 нм, полученные методом Ленгмюра-Блоджетт на поверхности кремния. Образцы полиимида представлены Голоудиной С.И. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЕТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Измерение твердости в нанодиапазоне проводились на нанотвердомере Nanotest 600 Platform 3 фирмы Micromaterials (Англия) в диапазоне нагрузок 0.3-1 мН по аттестованной методике измерения.

Результаты, полученные при наноиндентировании нанометровой полиимидной пленки на поверхности кремния, позволяют сделать вывод, что вклад нанометровой полиимидной пленки в твердость наносистемы «полиимид-кремний» становиться больше с увеличением процентного отношения глубины погружения от толщины нанопленки. На кривых зависимостей глубины индентирования от нагрузки заметно изменения вида кривой в области 10-15нм, что свидетельствует о преодолении индентором границы раздела полиимид-кремний. Такое изменение кривой нагрузки свидетельствует о более высоких значениях твердости кремния с полиимидной пленкой, чем чистого кремния. Наноиндентирование bulk структуры полиимида при тех же нагрузках показало более низкие значения твердости. Такое упрочнение может быть связанно с размерными эффектами, в частности с увеличение границы раздела полиимида по сравнение с его толщиной, изменением ближнего порядка в полимере и т.д. Оценка экспериментальных значений модуля Юнга при различных нагрузках показывает, что при уменьшении нагрузки свойство системы упруго восстанавливаться после пластических деформаций растет экспоненциально, что так же являться проявлением размерных эффектов, влияющих на физико-механические свойства системы «полиимид-кремний».

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Кужарову А.С., Кужарову А.А., Голоудиной С. И.

АДСОРБЦИЯ ФОСФАТ-ИОНОВ НА КРАСНОМ ШЛАМЕ

Терехова М.В.

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), г. Москва, Россия

e-mail: mashavasiljeva@yandex.ru

В данной работе экспериментально исследована возможность использования красного шлама для адсорбции фосфат-ионов из водных растворов. Определено влияние pH и конечной концентрации фосфатов в растворе на величину адсорбции.

В исследовании применяли красный шлам, произведенный на Уральском алюминиевом заводе. Активацию красного шлама проводили следующим образом: дважды промывали его бидистиллированной водой и нейтрализовали раствором соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л. Концентрацию фосфат-ионов в растворе определяли спектрофотометрическим методом по окраске молибденовой сини.

Экспериментальные результаты представлены на рис.1 и 2.

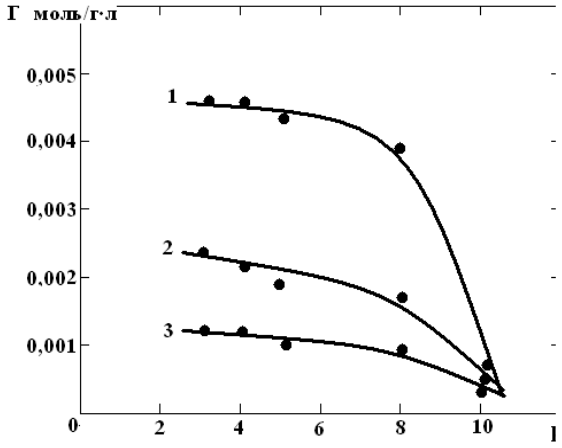


Рис. 1 Зависимость адсорбции фосфат-ионов на активированном красном шламе от pH при разных начальных концентрациях раствора: 1 – 0,005; 2 – 0,0025; 3 – 0,0015 моль/л.

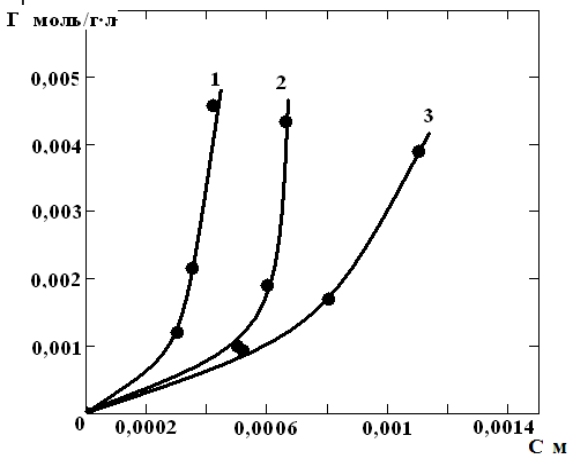


Рис. 2 Зависимость адсорбции фосфат-ионов на активированном красном шламе от конечной концентрации фосфатов в растворе при различных pH: 1 – pH=4; 2 – pH=5; 3 – pH=8.

Как видно из рис.1, с увеличением pH при равной начальной концентрации фосфат-ионов в растворе их адсорбция постепенно уменьшается. Наибольшее значение адсорбции наблюдается при pH в диапазоне 3–4. При pH меньше 10 величина адсорбции снижается и стремится к нулю.

Из анализа данных рис. 2 следует, что увеличение равновесной концентрации фосфат-ионов при постоянном pH приводит к росту адсорбции.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за ценные советы по вопросам проведения эксперимента и обработке полученных данных своему научному руководителю профессору кафедры «Общая химия» Университета Машиностроения Горичеву Игорю Георгиевичу.

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ/ДЕСОРБЦИИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ДИФФУЗИИ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ОТКРЫТОЙ СУБМОНОСЛОЙНОЙ ПЛЕНКИ

Терехова Ю.В.

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины, г. Донецк, Украина

e-mail: tmv.dn@yandex.ru

В данной работе рассмотрено взаимное влияние процессов адсорбции/десорбции и поверхностной диффузии на кинетику формирования субмонослойной пленки при осаждении частиц из газообразной (паровой) фазы на холодную подложку. Рассмотрен случай, когда латеральное взаимодействие частиц на подложке имеет характер притяжения. В данной модели предполагалось, что адсорбционная пленка является открытой системой по отношению к резервуару частиц, находящихся в газообразной фазе. Подробно изучены две предельные ситуации, а именно: когда процесс формирования пленки лимитируется процессами адсорбции/десорбции, и когда определяющим является процесс поверхностной диффузии.

Цель работы проанализировать возможные сценарии эволюции структуры субмонослойной пленки в случае, когда предварительно изготовленная пленка быстро охлаждается до температур ниже критической. Рассмотрен случай неглубокой закалки адсорбционной пленки, когда средняя степень покрытия в субмонослое близка к 50 %. Поскольку непосредственно после закалки пленки флуктуации степени покрытия распределяются по подложке случайным образом, то для описания кинетики формирования пленки использовался статистический подход. На основе данного подхода проведен корреляционный анализ релаксации степени покрытия.

Проведен анализ эволюции дисперсии покрытия на ранних и поздних этапах эволюции субмонослойной пленки. На ранних стадиях эволюции покрытия выявлено существование инкубационного периода в развитии неоднородностей, длительность которого зависит от скорости адсорбции. При этом численные расчеты показали, что при некотором соотношении между параметрами адсорбции/десорбции и поверхностной диффузии адсорбированной пленки может наблюдаться промежуточная асимптотика, состоящая в том, что происходит кинетическое торможение процесса расслоения на спинодальных значениях покрытия. Кроме того, установлено, что расслоение адслоя происходит так, что неоднородности субмонослойной пленки на поздних стадиях процесса в любом случае выходят на равновесные значения степени покрытия.

Найдена зависимость корреляционной радиуса от времени на всех стадиях эволюции покрытия. Установлено, что на ранних стадиях эволюции средний размер неоднородностей растет по линейному закону, а на промежуточных стадиях (для случая, когда превалирует поверхностная диффузия) – ведет себя немонотонно, на поздних же стадиях – нарастает по корневому закону. При этом ширина переходной области, между обогащенными и обеднёнными участками плёнки на больших временах убывает со временем по закону обратного корня.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н., проф. Фельдману Э.П. и д.ф.-м.н. Стефановичу Л.И. за плодотворные дискуссии и обсуждение результатов работы.

СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СПЕКАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Терещенко А.В.

ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: victorm@crism.ru

В начале 1980-х годов получили интенсивное развитие методы формирования трехмерных объектов не путем удаления материала (фрезерование, точение) или изменение формы заготовки (ковка, штамповка, прессовка), а послойного наращивания (добавления) материала или изменение фазового состояния вещества в заданной области пространства. В англоязычной литературе такие технологии называются Rapid Prototyping, что в переводе означает быстрое прототипирование. Технологии RP – это очень емкое понятие, включающее в себя все многообразие средств получения прототипа изделия по 3D-CAD-модели.

Технологии быстрого прототипирования с развитием мощной вычислительной техники, с помощью которой можно оперировать 3D-CAD-моделями, а также успехами, достигнутыми в разработке лазерных технологий обработки материалов, стали стремительно развиваться в области послойного изготовления трехмерных объектов практически любой формы сложности с габаритами на сегодняшний день до 1 м^3 при точности не менее 0,025 мм.

Данный метод позволяет применять в качестве строительного материала практически любые металлы и сплавы (Al, Ti, Ni, Fe, Cu, W), которые могут быть расплавлены лазерным лучом без испарения. За счет сверхбыстрой кристаллизации создаваемые детали имеют ультрамелкозернистую или даже аморфную структуру. Таким образом по своим механическим свойствам эти детали не только не уступают, но в ряде случаев значительно превосходят изделия, получаемые из аналогичных сплавов традиционными производственными методами (литье, штамповка).

На базе ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» создан комплекс для изготовления изделий сложной формы как из металлических порошков, так и из фотополимерного материала на основе методов селективного лазерного спекания и стереолитографии соответственно.

В докладе представлены примеры использования данных технологий для получения готовых изделий, а также примеры восстановительного ремонта изношенных рабочих элементов деталей и узлов (турбинные колеса для компрессорного оборудования, пресс-формы сложной геометрии, восстановление режущих кромок бур-фрез и изношенных элементов фильер).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своим коллегам: Фармаковскому Б.В., Савину В.И., Бобырь В.В.

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА, С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.

Тимофеев А.М.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия
e-mail: andrejtm@mail.ru

Литейное производство занимает важное место в решении таких проблем промышленности, как повышение эксплуатационной надёжности и долговечности частей механизмов и машин, работающих в различных природных условиях, в частности, при отрицательных температурах (до минус 80°С).

Одним из материалов, широко применяемого взамен дорогого стального литья, поковок, штамповок является высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Это материал, при правильном подборе различных технологических схем обработки которого, способен достичь высоких технико-экономических показателей.

Целью исследования было, в условиях массового производства, разработать такую технологию обработки сплава, которая позволила бы, не теряя гибкости процесса, производить отливки со специальными свойствами.

В работе было проведено исследование влияния количества модификатора, легирующих элементов и способа их ввода. За основу был взят процесс внутриформенной обработки расплава.

Новизна состоит в том, чтобы совместить внутриформенное модифицирование и мокролегирование (проводимое также внутри формы) чугуна, с последующей его термообработкой. При этом, термообработка заключатся не в отжиге в специальных установках, а в самоотжиге – выдержке в форме, то есть обработка с минимальными затратами энергии и времени.

Данная технология позволила получить высокопрочный чугун с шаровидным графитом и ферритной металлической структурой (содержание феррита близко к 100%), что привело к повышению ударной вязкости сплава не только при комнатной, но и при отрицательной температуре.

В заключение хочется отметить, что, в условиях жёсткой конкуренции, новые технологии в литейном производстве должны не просто приводить к поставленной цели, но приводить с минимальными затратами ресурсов. Это может обеспечить лишь максимально гибкая технология – внутриформенная обработка расплава с последующим самоотжигом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Леушин И.О., проф., д.т.н., зав.кафедрой Литейно-металлургических процессов и сплавов ФМВТ НГТУ им. Р.Е.Алексеева, консультанту к.т.н. Зиновьеву Ю.А.

УПРОЧНЕНИЕ ЖЕЛЕЗА СИНТЕЗИРОВАННЫМ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫМ ПОРОШКОМ НА ОСНОВЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

Тимошенко Я. Г.

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: Timoshenko_ya@ukr.net

Целью работы является упрочнение железа при использовании синтезированных дисперсных порошковых продуктов в системе SiC – Fe_2O_3 в качестве лигатуры, а также исследования их механических характеристик.

В качестве исходных компонентов использовали синтезированный порошковый материал, со средним размером частиц 150 – 300 нм, образованный при взаимодействии наноразмерного нестехиометрического карбида кремния (SiC-C) с оксидом железа (пигмент (α-Fe2O3)) и спеченным концентратом железной руды (СКЖР) (ТУ 14-9-385-92). В составе синтезированных композиционных материалов основными фазами являются: (SiC-C) и силициды железа (ε-FeSi, Fe3Si, Fe5Si3), отличие состоит лишь в процентном содержании этих фаз. Металлокомпозиты формировали на основе порошкового железа марки ПЖР4М3. Сплавления порошковых смесей системы Fe – 7% лигатуры (продукт взаимодействия в системе (SiC-C) – Fe2O3) проводили в индукционной печи T = 1700 °C, 40 мин. Полученные сплавы проковывали при температуре 900 °C.

Установлено, что добавление лигатуры к порошковому железу повышает механические характеристики металлокомпозита более чем в 4 раза по сравнению с промышленной конструкционной углеродистой сталью обыкновенного качества Ст3сп (табл. 1).

Показано, что замена порошковой лигатуры системы (SiC-C) – Fe2O3 на (SiC-C) – СКЖР к существенным изменениям в формировании механических характеристик не приводит (табл. 2).

Таблица 1. Механические характеристики металлокомпозита системы Fe – 7% лигатуры ((SiC-C) – Fe2O3)

№ состава лигатуры *	Плотность, ρ, г/см^3	Микротвердость, $HV_{0.2}$, ГПа	Предел текучести, σ_{02}, МПа
2	7,43	4,81	902
3	7,58	4,86	983
4	7,60	4,36	927
5	7,72	4,56	1181
6	7,76	4,94	1103
Ст3сп	7,85	1,32	235

*- исходный состав лигатуры перед термообработкой, масс.%: 2. - 80(SiC-C) – 20Fe_2O_3; 3. - 70(SiC-C) – 30Fe_2O_3; 4. - 60(SiC-C) – 40Fe_2O_3; 5. - 50(SiC-C) – 50Fe_2O_3; 6. - 40(SiC-C) – 60Fe_2O_3

Таблица 2. Механические характеристики металлокомпозита системы Fe – 7% лигатуры ((SiC-C) – СКЖР)

№ состава лигатуры *	Плотность, ρ, г/см^3	Микротвердость, $HV_{0.2}$, ГПа	Предел текучести, σ_{02}, МПа
2	7,42	4,82	942
3	7,50	4,94	994
4	7,65	5,35	1067
5	7,74	5,10	1181
6	7,79	4,39	1157
Ст3сп	7,85	1,32	235

*- исходный состав лигатуры перед термообработкой, масс.%: 2. - 80(SiC-C) – 20СКЖР; 3. - 70(SiC-C) – 30СКЖР; 4. - 60(SiC-C) – 40СКЖР; 5. - 50(SiC-C) – 50СКЖР; 6. - 40(SiC-C) – 60СКЖР

Таким образом, введение синтезированных дисперсных порошковых продуктов в системе SiC – Fe2O3 в качестве лигатуры при формировании металлокомпозитов на основе железа способствует повышению предела текучести и твердости.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н. Гадзыре Н.Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ И ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ РАСПЛАВОМ ПОЛОСТИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЛИТЬЯ С ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ РАСПЛАВА

Тимошин П.В.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир, Россия

e-mail: volff198@yandex.ru

Современный уровень развития технологии литья с использованием внешних воздействий на расплав, элементов быстрого прототипирования позволяет получать сложнопрофильные отливки из любых материалов высокого качества и в кратчайшие сроки. Однако, ошибки при выборе технологических параметров процесса литья на этапе разработки конструкций литниковых систем, могут привести к плохой заполняемости литейных форм, браку отливок по недоливу.

В результате анализа известных литературных и патентных данных установлено, что совершенствованию конструкций элементов литниковых систем посвящено множество изобретений и патентов, однако проблема заполняемости литейных форм еще до конца не решена, в настоящее время серьезные научно-исследовательские работы в данной области практически не ведутся.

Наиболее важной проблемой, при конструировании литниковой системы, является обеспечение достаточной пропускной способности коллектора. С целью оптимизации его конфигурации были проведены экспериментальные исследования свободного истечения потока из металлоприемника. На основании полученных данных выявлена траектория движения потока и установлено, что коллектор, ось которого выполнена по данной кривой, имеет максимальный коэффициент расхода, за счет обеспечения наименьшего сопротивления потоку расплава. Однако, проблема с возникновением безнапорного режима течения в данном коллекторе еще не до конца решена. В связи с этим, в данном направлении планируется провести дополнительные экспериментальные исследования позволяющие обеспечить необходимый режим течения и положительное давление расплава в каналах литниковой системы. Проведён подробный анализ модельных составов и разработаны основополагающие требования, обеспечивающие возможность проведения всесторонних исследований особенностей формирования режима течения расплава, расходных и скоростных характеристик. С учетом указанных требований был разработан комплексный модельный состав на основе очищенного парафина и специальных контрастных включений различной дисперсности, позволяющих оценить граничные условия турбулентного режима течения.

Полученный комплекс исследований позволит разработать общие закономерности для проектирования конструкций элементов литниковых систем при литье с центрифугированием, обеспечивающих высокую заполняемость и благоприятный режим течения расплава по каналам и в полости формы, гарантирующих стабильное качество отливок.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.т.н., доценту В.Н. Шаршину, д.т.н., профессору В.А. Кечину и к.т.н., доценту Е.В. Сухоруковой за помощь в проведении исследований и полезные советы при обсуждении изложенных вопросов.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТОЙ БИОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА

Товстоног А.Б.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

e-mail: ADemida@i.ua

Среди всего разнообразия материалов, используемых в современной медицине для лечения костных дефектов различного происхождения (а это – металлы, керамические и композиционные материалы, полимеры), наиболее востребованными и перспективными являются фосфаты кальция (гидроксиапатит и трикальцийфосфат), а также различные композиты на их основе. Такое выделение кальцийфосфатной керамики из ряда материалов медицинского назначения обусловлено тем, что гидроксиапатит является самым близким аналогом природного минерала кости по своему химическому составу и кристаллической структуре. Большое количество работ посвящено разработке методики получения имплантатов на основе фосфатов кальция со структурой и свойствами максимально приближенными к тем же параметрам натуральной кости, поскольку решение этой задачи позволит минимизировать время регенерации и восстановления у пациентов, перенесших хирургическое вмешательство для устранения различных дефектов костей. В этой связи, исследование процесса микроволнового спекания керамики на основе гидроксиапатита, как перспективного метода повышения биологических и механических свойств имплантатов, является важным заданием современного материаловедения.

В данной работе исследовался процесс микроволнового спекания образцов из биогенного гидроксиапатита с размером частиц менее 160 мкм, полученных методом двустороннего прессования при давлении 200 МПа. Образцы были спечены в высокотемпературной микроволновой муфельной печи при температуре 1000°С с временем выдержки 5, 10, 15, 20 и 30 минут.

Полученные образцы исследовались методами сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа, определялись объемная усадка и потеря массы при спекании, их пористость и прочность на сжатие. Проведены исследования in vitro.

Установлено, что объемная усадка полученных образцов незначительно возрастает при увеличении времени выдержки от 2,3 % до 3,6 %, а потеря массы – от 1,5 % до 1,7 %. Однако, общая пористость не зависит от времени выдержки при спекании керамики и составляет 39,5 ± 0,5 %, при этом общая пористость доминирует и составляет около 95% от общей. Прочность на сжатие полученных образцов сопоставима с прочность губчатой кости человека и составляет 32-40 МПа.

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения пористой гидроксиапатитной керамики достаточным является время выдержки 5 мин., что является и более экономически выгодным.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю акад. НАН Украины, д.т.н, проф. Скороходу В.В. и научному консультанту к.т.н. Сыч Е.Е.

ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРЕДЕЛЬНУЮ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ 12Х18Н10Т И АРМКО-ЖЕЛЕЗА, ДЕФОРМИРОВАННЫХ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 20-300°С

Токтогулова Д.А.

Институт ядерной физики НЯЦ РК, г. Алматы, Казахстан

e-mail: nallika@gmail.com

В процессе облучения или пластической деформации вплоть до разрушения материал поглощает подводимую извне энергию. Когда в локальном объеме материала плотность внутренней энергии достигает критической величины, то появляется микротрещина критических размеров, происходит резкая локализация деформации и последующее разрушение. Таким образом, критерием разрушения служит предельная плотность внутренней энергии, Wc, которая не зависит от условий нагружения и является фундаментальной характеристикой сопротивления материала разрушению [1]. Gillemot F. показал [2], что энергию, поглощенную единицей объема при деформации до разрушения, можно площадь под «истинной» кривой пластического течения.

Исследовали армко-железо (Fe – осн., C–0.04, Cr – 0.017, Ni – 0.038, Si – 0.06, Mn – 0.017 вес.%) и аустенитную сталь 12Х18Н10Т (Fe – осн., C–0.1, Cr – 17, Ni – 10.66, Ti – 0.5, Si – 0.34, Mn – 1.67 вес.%) в необлученном и облученном нейтронами на реакторе ВВР-К (E>0.1МэВ, Тобл<80°С) состояниях. Испытания на одноосное растяжение проводили на универсальной испытательной машине «INSTRON 1195» в высокотемпературной камере в интервале температур 20-300°С и скоростей деформации 8,3·10-4 — 1,7·10-3 с-1. «Истинные» локальные кривые пластического течения получали с использованием методики «цифровой маркерной экстензометрии» [3].

Получены «истинные» характеристики деформационно-пластического поведения стали 12Х18Н10Т и армко-железа, облученных нейтронами до флюенса 1,3·1020н/см^2 и деформируемых в диапазоне температур 20-300°С. Рассмотрено применение уравнений Холломона, Свифта и Людвига к описанию «истинных деформационных кривых». Показано, что наилучшим является уравнение Людвига с показателем степени n ~ 0,5 (что означает дислокационную кинетику упрочнения). С применением данных просвечивающей микроскопии и величины Wc определена критическая плотность дислокаций, при которой в объеме возникают трещины.

Получена и анализируется температурная зависимость величины предельной плотности энергии деформации облученных образцов армко-железа и нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.ф.-м.н. О.П. Максимкину.

Литература

1. Иванова В.С., Гуревич С. Е., Копьев И. М. Усталость и хрупкость металлических материалов. - М.: Наука.– 1968. – 215 с.

2. Gillemot L.F. Criterion of Crack Initiation and Spreading // Engineering Fracture Mechanics.–1976.–V.8.–pp.239-253.

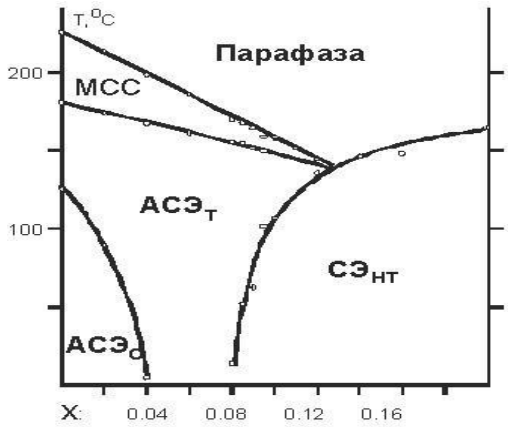
3. Максимкин, О.П., Гусев, М.Н., Осипов, И.С. Деформационная экстензометрия при механических испытаниях высокорадиоактивных металлов и сплавов // Вестник НЯЦ РК. – 2005. – №1. – С. 46-52.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант 0610/ГФ).

ВЛИЯНИЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО КОЛИЧЕСТВА ИОНОВ СВИНЦА НА СВОЙСТВА ТВЕРДОГО РАСТВОРА СОСТАВА $Pb_{0.9975}[Zr_{0.495}Sn_{0.4}Ti_{0.1}Nb_{0.005}]O_3$

Толстунов М.И.
Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: miftol@yandex.ru

Для исследования влияния содержания оксида свинца в системе цирконат-станнат-титанат свинца был выбран состав из одного богатого оловом сечений $Pb_{0.9975}[Zr_{0.595-x}Sn_{0.4}Ti_xNb_{0.005}]O_3$. Ранее на кафедре были изучены температурные переходы и построена температурно-композиционная фазовая диаграмма данного сечения при избытке свинца 2 % (рис. 1) [1,2].



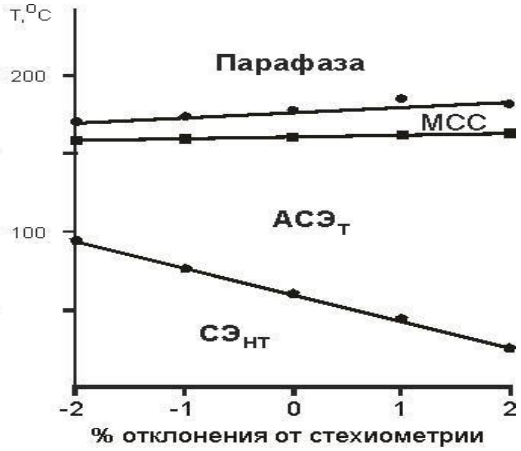


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы $Pb_{0.9975}[Zr_{0.595-x}Sn_{0.4}Ti_xNb_{0.005}]O_3$ [2]

Рис. 2. Влияние стехиометрии по PbO на положение межфазных границ состава $Pb_{0.9975}[Zr_{0.495}Sn_{0.4}Ti_{0.1}Nb_{0.005}]O_3$

Для решения целей данной работы был выбран состав $Pb_{0.9975}[Zr_{0.495}Sn_{0.4}Ti_{0.1}Nb_{0.005}]O_3$, поскольку в данном случае в процессе охлаждения стабилизируются фазы с разным вариантом дипольного упорядочения, что дает возможность изучить влияния стехиометрии по PbO на их относительную стабильность. Как видно из рис.2, содержание оксида свинца в составе реакционной смеси особенно сильно повлияло на температуру перехода между сегнето- и антисегнетоэлектрическими фазовыми состояниями. Этот результат согласуется с тем фактом, что при недостатке PbO в продуктах обжига рентгенографически обнаруживается примесь ZrO_2. Соответственно, керамика обогащается ионами титана, что способствует стабизизации фазы с макроскопической поляризацией. Введение дополнительного количества PbO позволяет скомпенсировать его потери в процессе высотемпературных обжигов, полней вовлечь ZrO_2 в синтез твердого раствора. Как следствие, расширяется температурный интервал существования фазы АСЭ$_T$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность кафедре ОНХ ЮФУ, в частности Бикяшеву Э.А.

Литература

1. Шварцман В.В., Фазовые состояния и сегнетоэлектрические свойства керамики $Pb(Zr,Sn,Ti)O_3$ [Текст] / Шварцман В.В. Аксенов С.Е., Политова Е.Д. // Журнал технической физики. - 2000. - т.70. - №11.

2.Решетникова Е.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук./ Краснодар. 2011 г.

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЛЕГИРОВАННОГО ТИТАНА МАРКИ ВТ1-0 В УЛЬТРАМЕЛЕОЗЕРНИСТОМ СОСТОЯНИИ

Торганчук В.И.

Белгородский национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

e-mail: torganv@mail.ru

Применение методов пластической деформации позволяет для многих металлов и сплавов расширить область их применения. При формировании ультрамелкозернистой структуры (УМЗ) методами пластической деформации, удается достичь более чем двух кратное увеличение условного придела прочности (σ_B) в технически чистом титане марки ВТ1-0, который из-за хорошей биосовместимости используется в медицинской промышленности, в качестве имплантатов. Как правило, имплантаты работают в кислой среде организма человека, и как следствие, при длительной эксплуатации происходит насыщение водородом приповерхностного слоя, с последующим образованием гидридной фазы. Существуют работы, в которых указывается на преждевременное разрушение имплантатов при эксплуатации. Исходя из диаграммы состояния Ti-H, водород обладает малой растворимостью в α – титане (для чистого титана 6,73 ат. %), при увеличении критической концентрации гидридообразования, происходит выделение гидридной фазы, что в свою очередь ведет к снижению способности материала к пластической деформации. Важно также отметить, что поведение водорода в ультрамелкозернистых материалах представляет огромный научный и практический интерес. В ряде работ показано, что после воздействия методами пластической деформации, материал способен поглотить большее количество водорода, не характерное для исходного крупнозернистого состояния.

Для изучения пластических свойств (статическое испытание на одноосное сжатие цилиндрических образцов) титанового сплава ВТ1-0 с сформированной УМЗ структурой, была проведена серия отжигов в атмосфере водорода (наводораживание) при температурах от 325 до 425°С, температура выбиралась с учетом сохранения УМЗ структуры. Как показали результаты, после наводораживания, наблюдается увеличение пластичности относительно исходного титанового сплава ВТ1-0 в УМЗ состоянии подвергшегося отжигу на воздухе в том же температурном – временном интервале. Более высокие значения пластичности УМЗ титана наблюдается вплоть до 400°С. При этом с увеличением температуры эффект пластификации уменьшается.

В данной работе было выявлено, что при наводораживании, в зависимости от исходного структурного состояния (крупнозернистое и УМЗ) наблюдается различный характер типа выделений гидридной фазы. Как известно, изменение пластических свойств напрямую зависит от формы и характера распределения гидридов, в связи с чем, данная работа требует дополнительных исследований структурно-фазового состояния после наводораживания.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д. ф.-м. н. Колобову Ю.Р. за помощь в проведении исследовательской работы и подготовке данных тезисов, а так же благодарность за помощь в обсуждении результатов к.ф.-м.н. Голосову Е.В. и к.х.н. Тарасову Б.П..

СТАБИЛЬНЫЕ КОЛЛОИДЫ НА ОСНОВЕ МАГНИТОТВЁРДЫХ НАНОЧАСТИЦ ГЕКСАФЕРРИТА СТРОНЦИЯ

Трусов Л.А.

Факультет наук о материалах МГУ, г. Москва, Россия

e-mail: trusov@inorg.chem.msu.ru

Интерес к магнитным коллоидам высококоэрцитивных однодоменных наночастиц вызван их существенными отличиями от обычных магнитных жидкостей на основе суперпарамагнитных окислов железа. Наночастицы гексаферрита стронция $SrFe_{12}O_{19}$ имеют сильно анизотропную пластинчатую форму и характеризуются интенсивным взаимодействием с магнитными полями вследствие наличия у них большого постоянного магнитного момента. Это открывает перспективы применения таких жидкостей в медицине для направленной доставки лекарств, разрушения опухолей и МРТ-диагностики, в магнитооптике для визуализации магнитных полей и управления световыми потоками, а также в качестве прекурсоров для получения магнитных покрытий и разнообразных наноструктур. Формирование стабильных коллоидов на основе магнитотвёрдых частиц осложнено тем, что такие частицы даже в отсутствие внешнего магнитного поля испытывают сильное взаимное притяжение вследствие магнитных сил, приводящее к быстрой агрегации. Для решения этой проблемы было предложено стабилизировать в коллоидном состоянии изначально изолированные друг от друга частицы, формирующиеся при кристаллизации боратных стёкол.

В работе были изготовлены стёкла в системе Na_2O-SrO-Al_2O_3-Fe_2O_3-B_2O_3, изучены процессы их термической кристаллизации и особенности формирования наночастиц $SrFe_{12-x}Al_xO_{19}$ (x = 1). Далее частицы были выделены из боратной матрицы при одновременной стабилизации в водном коллоидном растворе. Электронная микроскопия показала, что коллоидные частицы имеют пластинчатую форму со средним диаметром от 30 нм до 200 нм в зависимости от условий синтеза. При этом средняя толщина пластинок составляет около 5 нм. Наночастицы имеют намагниченность насыщения 45 – 50 э.м.е./г, а коэрцитивная сила находится в интервале 2500 – 5600 Э.

Стабильность полученных коллоидов гексаферрита стронция была исследована методом динамического светорассеяния в зависимости от различных факторов: показателя pH и ионной силы среды, морфологии и магнитных свойств частиц, а также концентрации. Показано, что частицы были электростатически стабилизированы в водной среде при pH = 2 – 5 со значениями ξ-потенциала 40 – 60 мВ, а при pH > 5 происходит их необратимая коагуляция.

Также в работе изучены магнитные и магнито-оптические свойства коллоидов в постоянном и переменном магнитном поле. Коллоидные частицы обладают высокой чувствительностью к магнитному полю: кривые намагничивания достигают насыщения при напряженности поля менее 100 Э. Это происходит из-за того, что частицы гексаферрита имеют большой постоянный магнитный момент и способны свободно вращаться в растворе при приложении внешнего поля. Этим также обусловлены магнито-оптические свойства: оптическая плотность растворов зависит от величины и направления приложенного магнитного поля.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному консультанту профессору П.Е. Казину.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТОМЯГКИХ ПОКРЫТИЙ Fe-Zr-N МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Труханов П.А.
НИТУ «МИСиС», г. Москва, Россия
e-mail: trukhanovpavel@yandex.ru

Одними из наиболее востребованных материалов современной микроэлектроники являются магнитомягкие пленки на основе железа. Покрытия Fe-Zr-N обладают уникальными характеристиками благодаря тому, что добавки N способствуют снижению магнитокристаллической анизотропии и повышению магнитомягких свойств, а Zr – их сохранению при повышенных температурах. Осаждение пленок методом магнетронного распыления связано со значительными трудностями из-за противодействия магнитного поля мишени магнитному полю магнетрона. В данной работе для решения этой проблемы использовался перегрев мишени выше температуры Кюри. В результате такого воздействия мишень или ее нагретая часть переходит в немагнитное состояние благодаря тому, что магнитные области мишени переориентируются в случайных направлениях, и магнитное поле магнетрона может пройти через мишень к ее поверхности.

В данной работе Fe-Zr-N пленки были получены из Fe-Zr мишеней, представлявших собой Fe диск с равномерно распределенными по нему прутками Zr. Для получения покрытий с различным содержанием Zr количество прутков менялось. В камере магнетрона происходило вакуумное плавление Zr, который затем растекался по зоне эрозии. Полученная Fe-Zr мишень перегревалась выше температуры Кюри, что делало возможным процесс напыления. Осаждение велось в газовых смесях Ar+N_2 при общем давлении 0,1-0,2 Па. Содержание N_2 варьировалось в пределах 5-15%. В качестве подложек использовались пластины из стекла и Ni сплава. После напыления покрытия подвергались отжигу при T=400 ºC в вакууме в течение 1 ч для анализа их термической стабильности. Химический состав и морфология покрытий изучались методами оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда, рентгеноспектрального микроанализа и растровой электронной микроскопии. Оценка фазового состава проводилась при помощи рентгеноструктурного анализа. Магнитные свойства пленок определялись с использованием вибрационного магнитометра.

Результаты исследований показали, что использованный в работе метод распыления магнитных мишеней позволяет получать покрытия с плотной малодефектной структурой и равномерно распределенными по толщине основными компонентами. В зависимости от параметров осаждения были получены образцы с содержанием Zr – 2-30 ат.%, N – 1-11 ат.%. В покрытиях были обнаружены фазы α-Fe, γ-Fe_4N, ZrN, ε-Fe_3N. Размеры кристаллитов неотоженных образцов находились в пределах 5-22 нм. После отжига их размеры изменились незначительно за исключением фазы ε-Fe_3N, размеры кристаллитов которой увеличились более чем в 1,5 раза. Магнитные свойства пленок в значительной мере зависели от их фазового состава. До отжига их максимальная намагниченность насыщения составляла 2,14 Тл, а после отжига – 2,04 Тл. Пленки Fe-Zr-N обладали высокой адгезией к подложкам из стекла до температуры 400 ºC.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении работы к.т.н. Кирюханцеву-Корнееву Ф.В. и д.т.н. Шефтель Е.Н.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА WO_3 В СИСТЕМАХ $Cr\text{-}WO_3$

Тургенева А.В.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово

e-mail: tanyzaikonnikova@mail.ru

Устройства на основе WO_3 могут быть рекомендованы к использованию в качестве электрохромных и фотохромных дисплеев, электрохромных зеркал или светоперераспределяющих фильтров, сенсоров для контроля содержания газов в атмосфере. Хром и его соединения активно используются в металлургии, химической, огнеупорной промышленности [1]. В настоящей работе приведены результаты исследований, направленные на выяснение природы и закономерностей процессов, проходящих в условии атмосферы в наноразмерных слоях оксида вольфрама (VI), хрома и гетеросистем на их основе до и после теплового воздействия при T=773 K.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2\cdot10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких слоев Cr (24-113 нм) и WO_3 (6-65 нм) на подложки из стекла, используя вакуумный универсальный пост ВУП-5М. Двухслойные системы $Cr\text{-}WO_3$ готовили путем последовательного нанесения слоев WO_3 на слой Cr. Толщину пленок WO_3 и Cr определяли спектрофотометрическим (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700») и гравиметрическим (кварцевый резонатор) методами. Образцы подвергали термообработке в сушильном шкафу «Тулячка – 3П» при температуре 773 K в течение 0.08 – 150 минут в атмосферных условиях. Регистрацию эффектов до и после термической обработки образцов осуществляли спектрофотометрическим методами в диапазоне длин волн 190…1100 нм, используя спектрофотометр «Shimadzu UV-1700» [2].

В результате исследования оптических свойств наноразмерных индивидуальных пленок WO_3 и Cr, а также двухслойных систем на их основе было установлено, что спектры поглощения образцов до термической обработки в значительной степени зависят от толщины каждого из слоев WO_3 и Cr. По мере увеличения толщины пленок хрома, при постоянной толщине пленок WO_3, наблюдается увеличение оптической плотности системы $Cr\text{-}WO_3$ во всем исследуемом диапазоне. При увеличении толщины пленок WO_3, при постоянной толщине пленок хрома, оптическая плотность системы $Cr\text{-}WO_3$ также возрастает, однако, в большей степени проявляется полоса поглощения в коротковолновой области спектра. В ходе исследования было установлено, что скорость термического превращения в индивидуальных пленках WO_3 меньше, чем пленок WO_3 в системах $Cr\text{-}WO_3$. Предложена модель термического превращения пленок WO_3 в системах $Cr\text{-}WO_3$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю – д.х.н., профессору Суровому Э. П. и консультанту по экспериментальной части - аспиранту Заиконниковой Т.М.

Литература

1. Салли А., Брендз Э. Хром. Изд-е 2-е переработанное /А. Салли, Э. Брендз. – М.: Металлургия, 1971. – 360 с.

2. Заиконникова Т.М., Кожухова Т.Ю. Влияние хрома на оптические свойства оксида вольфрама (VI) // Ползуновский вестник. 2013. №1. С.96

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСКОВ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГТД МЕТОДОМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕРНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ВГНК

Туркин М. В.

ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», г. Москва, Россия

e-mail: mt404@mail.ru

Наиболее актуальна задача развития малотоннажного производства экономичных и качественных малоразмерных заготовок дисков ГТД из современных и перспективных жаропрочных никелевых сплавов. Такие высокожаропрочные сплавы для дисков ГТД, как ЭК79, ЭК151, ЭП975, ЭП975А, ВЖ175 являются труднодеформируемыми, традиционные методы изготовления заготовок дисков из прессованного прутка промышленного производства на мощных прессах в штамповом инструменте, подогретом до температуры 400-500 ºС, не обеспечивают эффективности процесса в первую очередь из-за крайне низкого коэффициента использования металла (КИМ) и высокой трудоемкости последующей механической обработки штамповок.

Более перспективными оказываются технологические процессы, разработанные на базе специализированных гидравлических изотермических прессов с пониженной рабочей скоростью инструмента и оборудованных системой нагрева штампового инструмента до температуры деформации. Использование специализированных изотермических прессов для производства заготовок дисков дает ряд существенных преимуществ: позволяет использовать в качестве исходных заготовок наиболее жаропрочные, и, как следствие, наиболее труднодеформируемые сплавы; за счет малой скорости деформирования и нагрева штампов ограничивается усилие штамповки и обеспечивается возможность использования маломощных прессов; за счет повышения допустимой степени деформации сокращается число штамповых переходов и расходы на штамповую оснастку; обеспечивается возможность получения штамповок с минимальным припуском на механическую обработку, что снижает затраты на материал и механическую обработку.

Во ФГУП “НПЦ газотурбостроения “Салют” совместно с ФГУП “ВИАМ” разработана инновационная технология изотермической штамповки малогабаритных заготовок дисков ГТД с применением в качестве исходной заготовки мерных литых заготовок, получаемых методом высокоградиентной направленной кристаллизации (ВГНК).

Процесс производства точных деформированных заготовок малоразмерных дисков из литых заготовок ВГНК включает три основные стадии:

- получение мерной литой заготовки ВГНК;
- изготовление из литой заготовки посредством ковочного передела на маломощном изотермическом прессе в специальном штамповом инструменте поковки с подготовленной структурой и оптимальным соотношением диаметра к высоте;
- окончательная штамповка точной заготовки диска на изотермическом прессе.

Преимущество данной технологии это повышение КИМ на 30–40 % и снижение трудоемкости в 1,5–2 раза по сравнению с традиционным методом изготовления заготовок дисков ГТД.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д. т. н., профессору Кутину А.А.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ РАКЕЛЯ НА ТОЛЩИНУ И ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ОТПЕЧАТКОВ ПАСТ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКА BATIO3 С РАЗНЫМИ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Умерова С.А.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина
e-mail: SaideshaShine@mail.ru

Развитие современной электроники идет по пути уменьшения габаритных размеров устройств. В связи с этим появилась возможность повышения емкости многослойных керамических конденсаторов за счет повышения количества электродов и увеличения их активной площади наряду с уменьшением толщины диэлектрических слоев. С этой точки зрения, перспективным является применение метода трафаретной печати, позволяющей получать слои толщиной 100 мкм – 100 нм.

Для приготовления паст с разным содержанием твердой фазы в виде исходного материала был использован нанопорошок $BaTiO_3$, с размером частиц 20 – 25 нм. В качестве растворителя и органического связующего использовали терпинеол и этилцеллюлозу. Отпечатки диэлектрических паст были получены методом трафаретной печати на интервале давления ракеля от 0,078 – 0,098 МПа. Толщина и параметры рельефа поверхности определялись при помощи бесконтактного интерференционного 3D профилографа “Micron-Alpha”.

Полученные пасты проявили различные реологические свойства: псевдопластические реопексные с относительно высокой вязкостью и менее вязкие псевдопластические тиксотропные при скорости сдвига 0,1 $с^{-1}$. Давление ракеля не оказывает влияния на изменение толщины и параметров рельефа поверхности отпечатков тиксотропных паст на всем диапазоне давлений, причем, чем большее напряжение сдвига выдерживает система до начала разрушения, тем в меньшей степени проявляется зависимость. Однако, для реопексных систем проявляется противоположная особенность– с увеличением давления ракеля значения исследуемых характеристик возрастают, причем, чем больше величина сдвигового напряжения, при котором начинается процесс структурообразования, тем большее влияние оказывает давление.

Таким образом, установлено, что:

1. Тип структуризации существенно влияет на поведение системы при действии сдвиговых напряжений;
2. Оптимизация параметров рельефа поверхности и уменьшение толщины отпечатков возможны за счет регулирования реологических свойств паст;
3. Давление ракеля не оказывает заметного влияния на рассмотренные характеристики тиксотропных систем.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителям работы м.н.с. Дулиной И.А. и д.т.н., чл.-кор. НАН Украины Рагуле А.В. за консультации и помощь в работе.

РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ИПД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО АЛЮМИНИЕВОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Фахретдинова Э.И.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

e-mail: yelka89@mail.ru

В последние годы отмечается активное развитие новых методов ИПД (интенсивной пластической деформации) с целью масштабирования получаемых объемных заготовок, приближения процесса получения к условиям промышленного производства. Одним их таких методов является равноканальное угловое прессование с параллельными каналами (РКУП-ПК), где происходит одновременная реализация сдвиговой деформации в двух очагах, соответствующих двум последовательным пересечениям каналов в оснастке. Данная схема имеет недостаток – невозможность получения длинномерных заготовок. В этой связи, целью работы является создание и исследование нового метода ИПД - Мульти-РКУП-Конформ для получения алюминиевых полуфабрикатов высокого качества.

Основной особенностью данной разработки является совмещение разновидности метода РКУП в параллельных каналах и непрерывного процесса РКУП-Конформ, приводящее к значительному изменению схемы деформации на этапе прессования по сравнению с другими способам ИПД. При этом используемая сдвиговая схема обработки позволяет за один цикл обработки получать накопленную истинную деформацию в диапазоне 4...5, что, как правило, обеспечивает формирование УМЗ структур в конечных изделиях[1].

Технология работает следующим образом: металлическую заготовку в виде прутка подвергают непрерывному угловому прессованию путем подачи ее на вход рабочего канала, образованного между вращающимся валком с П-образным гравюрой и неподвижной ограничивающей основой (башмак), окружающей вращающийся валок и покрывающей часть длины канавки. Посредством вращения валка и возникающих между гравюрой и заготовкой сил трения обеспечивают продвижение заготовки через рабочий канал в направлении к выпускному отверстию.

Анализ предложенной схемы Мульти-РКУП-Конформ на первом этапе исследования был проведен с использованием математического моделирования в программном комплексе DEFORM-3D. Материал исходной заготовки – алюминий Al-1100 (аналог АД1), размеры исходной заготовки 11x11x200 мм, диаметр конечной продукции - «катанки» 10 мм.

В работе проведены исследования напряженно-деформированного состояния заготовки, характер течения металла и анализ температурного поля заготовки. Полученные результаты послужили основой для дальнейших исследований в направлении создания более технологичных условий деформационной обработки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов научному руководителю д-ру техн.наук, доценту Раабу Георгию Иосифовичу.

Литература

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства Монография. - М.: Академкнига, 2007. - 398 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПОГРАФИИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Федоренко Д.О.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

e-mail: dima_fedorenko@mail.ru

При эксплуатации алмазных кругов происходит затупление абразивных зерен в результате образования площадок износа. Одновременно навблюдается загрязнение пор круга отходами шлифования (частицами абразива, связки и материала обрабатываемой детали). Как результат резко ухудшается режущая способность алмазно-абразивного инструмента и снижается эффективность шлифования [1, 2]. Для восстановления режущей способности осуществляют принудительную правку абразивного инструмента. В то же время, при шлифовании возможно самопроизвольное удаление затупившихся зерен со шлифующей поверхности круга, реализующееся при работе круга в режиме самозатачивания.

Интенсивность самозатачивания алмазно-абразивного инструмента зависит от степени сопротивления связки выкрашиванию зерен. Наиболее эффективное использование круга наблюдается в том случае, если связка удерживает зерна только до момента потери ими режущей способности. На этапе теоретических исследований разработана и реализована методология моделирования процесса шлифования в режиме самозатачивания [3] с использованием програмных пакетов *CosmosWorks* и *LS-Dyna*. В результате планирования эксперимента определены оптимальные параметры алмазного круга, позволяющие реализовать при шлифовании режим самозатачивания инструмента, что позволит существенно увеличить срок службы шлифовальных кругов.

Экспериментальные исследования топографии рабочей поверхности алмазных кругов проводилось на сканирующем лазерном 3D микроскопе *VK-9700K*. Лазерная конфокальная микроскопия позволяет одновременно фиксировать до 30 выбранных параметров топографии объекта исследований в соответствии со стандартом JIS D 0601:2001 (ISO 4287: 1997). При этом точность измерений составляет 0,001 мкм. Существенным достоинством выбранной методики является возможность компьютерной обработки результатов сканирования с использованием программы VK Analyzer Plus, позволяющей определить важнейшие топографические характеристики поверхности: высоту и закон распределения неровностей; среднее квадратичное отклонение профиля, значение параметра шероховатости образца и др.

Такой подход позволил визуализировать 3D изображение рабочей поверхности алмазного круга, оценить ее трансформацию при варьировании режима шлифования и определить характер распределения высоты алмазных зерен над уровнем связки при шлифовании в режиме самозатачивания инструмента.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному сотруднику Коцу Л.С. (Университет технологии, бизнеса и дизайна, г. Висмар) за помощь в проведении исследований.

Литература

1. Минимизация засаливания шлифовальных кругов / Л. В. Худобин, А.Н. Унянин; под. ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 298 с.

2. Мишнаевский Л. Л. Износ шлифовальных кругов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 192 с.

3. Федоренко Д.О. Разработка методологии 3d моделирования процесса шлифования в режиме самозатачивания / Д.О. Федоренко, Д.В. Ромашов, В.А. Фадеев, В.Ф. Федорович // Сучасні технології в машинобудуванні : Збірнік наукових праць. – Харків, НТУ «ХПІ». Вип. 6. 2011. — С. 135 – 140.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПЛЕНОК CoP ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЧАСТОТЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Федорец А.Н.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

e-mail: fedorec.an@dvfu.ru

Аморфные и нанокристаллические металлические сплавы с их механическими и магнитными свойствами представляют в настоящее время большой практический интерес. Важное место в исследовании сплавов занимают методы, основанные на прямом наблюдении их структуры методами растровой электронной микроскопии. Значительный прикладной и научный интерес имеют исследования зависимости структуры от технологических условий получения сплавов.

В данной работе была исследована структура поверхности аморфных пленок системы CoP осажденных на слое золота, напыленного на ситалл, на начальных этапах роста. Электроосаждение пленок производилось методом импульсного электролиза с частотами 10, 100, 1000, 10000 Гц и временем осаждения 20 секунд. Исследования проводились на двулучевом электронном микроскопе Carl Zeiss CrossBeam 1540 XB и растровом электронном микроскопе Carl Zeiss ULTRA 55 Plus.

В результате работы было исследовано влияние частоты осаждения на качество пленки на начальных стадиях осаждения. При частоте 10 Гц на поверхности наблюдаются участки размером до 100 нм, не покрытые сплавом. Увеличение частоты осаждения до 100 Гц приводит к формированию однородных областей круглой формы размером до 4 мкм на фоне неоднородной структуры основной части пленки (Рис. 1). При частоте осаждения 1000 Гц общая структура пленки становится более плотной, диаметр круглых образований увеличивается до 7 мкм и на них появляются отверстия размером до 70 нм. Данные дефекты представляют собой результат развития газовых полостей в процессе выделения водорода на электроде. Осаждение пленок при частоте 10000 Гц приводит к образованию бесформенных областей с выделяющейся, на общем фоне, равномерной структурой.

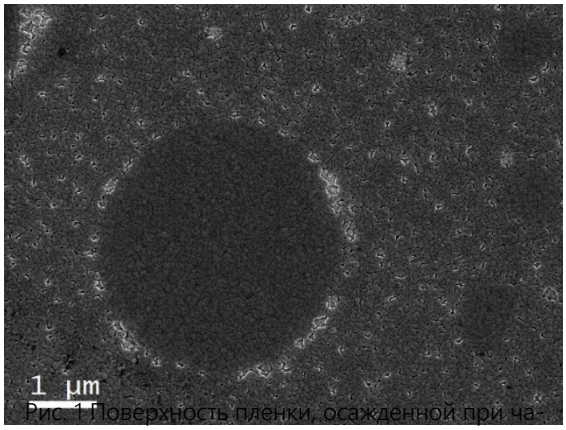


Рис. 1 Поверхность пленки, осажденной при частоте 100 Гц

Проведенные исследования позволяют выявить оптимальные параметры получения сплава, способствующие повышению однородности структуры.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н. Пустовалову Евгению Владиславовичу и лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений ШЕН ДВФУ, зав. лаб. Плотников Владимир Сергеевич. Также благодарю объединенный институт ФТТиП НАН Беларуси в лице Грабчикова Сергея Степановича за предоставленные образцы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки, госконтракт № 16.552.11.7059, РФФИ и Программы «Научный фонд» ДВФУ.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ МОТОРНЫМ МАСЛОМ КОМПОЗИТА ИЗ ПТФЭ И БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Федоров А.Л.

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск, Россия

e-mail: gelvirb@mail.ru

В данной работе представлены результаты исследований модифицированных моторным маслом полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе ПТФЭ и базальтовых волокон.

В качестве объектов исследования выбраны композиты на основе ПТФЭ, наполненные 5 масс. % базальтовых волокон со значениями средней длины 100 мкм и диаметра 10 мкм, полученных прессованием при удельных давлениях прессования, соответствующих 12,5 и 25 МПа. В роли модификатора использовано синтетическое моторное масло марки Motul SAE 5W30.

Показано, что износостойкость модифицированного моторным маслом ПКМ, содержащего базальтовое волокно, в 2 раза выше, чем у композита без модифицирования моторным маслом. Некоторое повышение значений коэффициента трения маслонаполненного композита, равно как и повышение температуры в зоне трения указывает на повышение адгезионного взаимодействия композита с контртелом.

Исследованиями поверхностей трения с помощью электронной микроскопии с приставкой элементного анализа показано, что на поверхностях трения образца без модифицирования моторным маслом хорошо наблюдается слой, состоящий из продуктов изнашивания контртела и базальтовых волокон. Между тем, при масломодифицировании композита поверхность трения становится практически свободной от продуктов истирания контртела и базальтовых волокон, что свидетельствует о том, что абразивное действие композита намного смягчается либо исключается.

Кроме триботехнических испытаний были проведены физико-механические испытания базальтосодержащих композитов и масломодифицированных композитов на их основе. Установлено, что при модифицировании моторным маслом базальтосодержащего ПТФЭ происходит значительное снижение относительного удлинения при разрыве, но в то же время прочность при разрыве практически не изменяется. Снижение относительного удлинения при разрыве связано с тем, что масломодифицированные композиты имеют большее количество внутренних напряжений по сравнению с композитами без масла. Вызванные при переработке, вследствие термической деструкции масла в объеме композита, внутренние напряжения могут служить местами образования преждевременных трещин, по которым, при дальнейшем нагружении, может происходить разрушение.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение о том, что применение моторного масла в качестве модификатора для повышения износостойкости композитов является эффективным технологическим приемом.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.т.н. Петровой П.Н.

ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРО- И МАССОПЕРЕНОСА В КОМПОЗИТАХ ZnO – Bi_2O_3 С ЖИДКОКАНАЛЬНОЙ ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

Федоров С.В.
ИМЕТ РАН, г Москва, Россия
e-mail: fedserv@rambler.ru

Плотные оксиды металлов с высокой смешанной ионно-электронной проводимостью применяются в качестве материалов для ионно-транспортных мембран (ИТМ) в таких электрохимических устройствах как сепараторы кислорода, керамические мембранные реакторы и др. Однако, традиционно применяемые керамические материалы (перовскиты, флюориты, керметы и др.) обладают рядом существенных недостатков (термодинамическая и механическая неустойчивость, хрупкость, высокая себестоимость и др.). Альтернативой керамическим материалам могут стать композиты с жидкоканальной зернограничной структурой (ЖЗГС). Композиты с ЖЗГС состоят из твердых зерен и химически совместимого расплава, образующего непрерывную сеть межзеренных жидких каналов. Наличие межзеренных жидких каналов обеспечивает композиту с ЖЗГС высокую ионную проводимость и механическую пластичность. В последнее время были предложены композиты $BiVO_4$ – V_2O_5 и ZrV_2O_7–V_2O_5 с ЖЗГС для ИТМ, которые обладают высокой селективной проницаемостью по кислороду и механической пластичностью.

В данной работе исследованы микроструктура и транспортные свойства композитов ZnO – 15, 20, 25, 30 масс.% Bi_2O_3 с ЖЗГС при 760-820 °C (электропроводность, числа переноса, проницаемость по кислороду) и установлена лимитирующая стадия процесса переноса кислорода. Исследование микроструктуры образцов, охлажденных от 760-800 °C, показало, что в композитах выше температуры плавления эвтектики (740 °C) формируется ЖЗГС. В работе установлено, что исследуемые композиты с ЖЗГС обладают высокой смешанной ионно-электронной проводимостью (например, от 0,18 $Ом^{-1}·см^{-1}$ при 760 °C до 0,3 $Ом^{-1}·см^{-1}$ при 800 °C для композита ZnO – 30 мас.% Bi_2O_3). При этом доля кислород-ионной проводимости композитов (число переноса ионов кислорода) повышается с ростом температуры и содержания Bi_2O_3 от 0,12 до 0,32. Это повышение обусловлено увеличением объемной доли жидкой фазы, обладающей преимущественно ионной проводимостью. Установлено, что композиты ZnO – Bi_2O_3 обладают высокой селективной проницаемостью кислорода по отношению к азоту. Показано, что с увеличением содержания Bi_2O_3, разницы парциальных давлений кислорода по обе стороны мембраны, объемной доли жидкой фазы и температуры массоперенос кислорода через композиты ZnO – 15, 20, 25, 30 масс.% Bi_2O_3 с ЖЗГС возрастает. При этом максимальная величина удельного потока кислорода через композит ZnO – 30 масс.% Bi_2O_3 достигает $4{,}0·10^{-8}$ $моль·см^{-2}·с^{-1}$ при 820 °C, а перенос кислорода через композит осуществляется в смешанном диффузионно-кинетическом режиме в соответствии с моделью Бурграфа-Боувмейстера. Значения проницаемости по кислороду находятся на одном уровне с известными керамическими материалами ИТМ. Поэтому композит может найти применение в качестве материала ИТМ для выделения кислорода из воздуха.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Белоусову В.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-08-00748).

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ НАНОПРОВОЛОК Cu/(Co+Cu)

Федоров Ф. С.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., г. Саратов, Россия

e-mail: fedorov_fs@daad-alumni.de

Структуры на основе мультислоев металлов Co и Cu являются наиболее перспективными для использования в сенсорах магнитных полей, поскольку обладают максимальными значениями эффекта гигантского магнитного сопротивления (ГМС) [1]. Электрохимическое осаждение данных структур в пористую мембрану организованного оксида алюминия (ООА) представляет собой уникальный метод получения мультислойных нанопроволок Co(Cu)/Cu с высоким соотношением геометрических размеров. Подобные нанопроволоки, в отличие от пленочных структур показывают улучшенные магнеторезистивные свойства, что является следствием их геометрии, позволяющей реализовать направление тока перпендикулярно к плоскости слоев.

Данная работа посвящена изучению особенностей электрохимического осаждения нанопроволок Co(Cu)/Cu для применения в сенсорах магнитного поля. В результате исследования выявлено сильное влияние компонента локальной сферической диффузии на осаждение меди, которое приводит к увеличению скорости осаждения ионов меди и увеличенному содержанию меди в магнитном слое, что нарушает мультислойную структуру. Разделение слоев (рис. 1a) и уменьшение содержания меди в магнитном слое достигается только при потенциалах осаждения ионов кобальта (осаждаются с кинетическим контролем) в интервале от -1700 до - 1800 мВ.

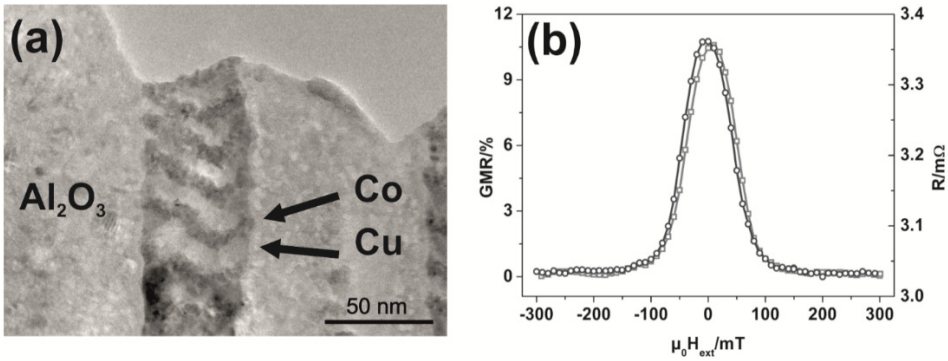


Рис. 1. Результаты просвечивающей электронной микроскопии (a), исследование сопротивления полученных нанопроволок в зависимости от напряженности магнитного поля (b).

Высокое значение эффекта ГМС (примерно 12%, рис. 1b) было получено на образце с нанопроволоками с неоптимизированной толщиной слоев – $[Co(Cu)\ (9\ нм)/Cu\ (11\ нм)]_{380}$, что позволяет рассматривать электрохимическое осаждение в мембраны ООА перспективным способом производства мультислойных нанопроволок для применения в ГМС сенсорах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д-ру М. Улеманн и д-ру И. Мёнх (Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden) за помощь в проведении исследования.

Литература

1. I. Bakonyi, L. Péter, Progress in Materials Science. 55 (2010) 107–245.

ЭВОЛЮЦИЯ ФАЗ ЛАВЕСА В ЖАРОПРОЧНОЙ СТАЛИ 02Х9К3В2МФБР В ПРОЦЕССЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ПРИ 650°С

Федорова И.Ф.

НИУ БелГУ, г. Белгород, Россия

e-mail: fedorova_i@bsu.edu.ru

Работа посвящена детальным исследованиям эволюции частиц фазы Лавеса в стали 02Х9К2В2МФБР испытания на ползучесть при 650°С в течение 500, 1500, 6000 и 16000 часов. Образцы стали 02Х9К3В2МФБР после нормализации с 1050°С были подвергнуты горячей ковке при температуре 1050°С, охлаждению на воздухе и отпуску при температуре 750°С в течение 3 часов.

Тонкая структура стали 02Х9К3В2МФБР после отпуска детально описана в работе [1]. Ни одной частицы фаз Лавеса выявлено не было. Микроструктура обработанной стали состоит из реечного мартенсита с высокой плотностью дислокаций около 4×10^{14} м$^{-2}$. Среднее расстояние между высокоугловыми границами составляет 5 мкм, средний поперечный размер реек – 240 нм. Микроструктура стали после испытания на ползучесть характеризуется увеличением размеров структурных составляющих, формированием и укрупнением частиц фазы Лавеса [2] (рис. 1).

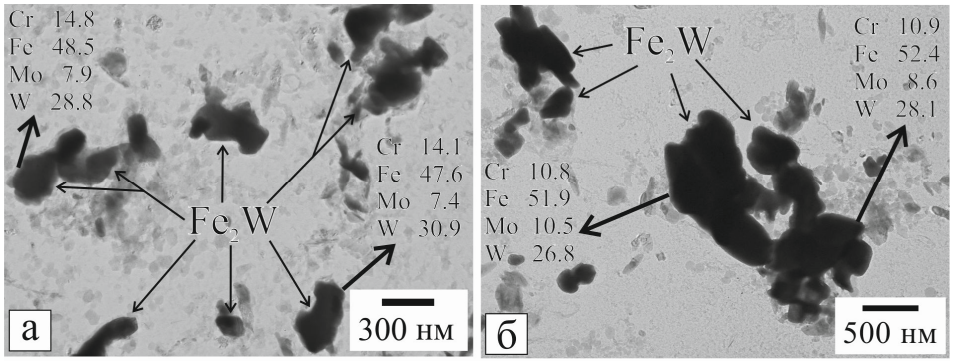


Рис. 1 – Фазы Лавеса, сформировавшиеся в рабочей части образцов стали 02Х9К3В2МФБР после испытания на ползучесть при 650°С в течение: а-500ч, б-16000ч. Содержание основных элементов в частицах указано в атомных %-х.

Диапазон распределения частиц по размерам и средний размер частиц увеличиваются с увеличением длительности испытания. К примеру, если после 500 часовой ползучести средний размер фаз Лавеса в захвате составляет ~150 нм, а в рабочей части ~160 нм, то после 16000 часовой ползучести средний размер в захвате и в рабочей части образца достигает ~400 нм и ~500 нм, соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Структурные параметры стали 02Х9К3В2МФБР

Состояние	Ползучесть, 500 ч	Ползучесть, 1500 ч	Ползучесть, 6000 ч	Ползучесть, 16000 ч
Захват, нм	150 ± 80	161 ± 58	285 ± 40	399 ± 159
Раб. часть, нм	155 ± 55	167 ± 65	330 ± 55	491 ± 161

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, к. ф.-м. н., Белякову А.Н.

Литература

1. Fedorova I, Yanushkevich Z. и др. «Microstructure and deformation behavior of a hot forged 9%Cr creep resistant steel» Advanced Materials Research, Volume 409, 2012

2.Fedorova I., Kipelova A. и др. Microstructure Evolution in an Advanced 9pct Cr Martensitic Steel during Creep at 923 K (650 C) // Metallurgical and Materials Transactions A. 2013.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИСФИТА ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Федосеев С.Н.

Юргинский технологический институт (филиал), г. Юрга, Россия

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

e-mail: fedoseevsn@list.ru

Современное материаловедение авиационного двигателестроения требует создание новых материалов и сплавов для газотурбинных двигателей. Основной интерес при создании литейных жаропрочных сплавов составляют жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС) на основе интерметаллида Ni_3Al, т.к. обладают высокой температурой плавления, пониженной плотностью и термической стабильностью структуры до температуры плавления. Важную роль в сопротивлении высокотемпературной ползучести ЖНС играют периоды кристаллических решеток γ- и γ′-фаз и их размерное несоответствие δ или γ/γ′-мисфит, на ряду с такими факторами как γ′-фаза, физико-химические и механические свойства γ- и γ′-фаз.

Мисфит γ/γ′ зависит от таких факторов как морфологические изменения, происходящие в структуре сплава, обусловленные химической неоднородностью; дефекты самой структуры сплава – наличие дислокаций на межфазных границах, а также перераспределение легирующих элементов (ЛЭ) в фазах ЖНС. Различают нестесненный и стесненный мисфит. Нестесненный мисфит характеризует несоответствие периодов кристаллических решеток γ- и γ′-фаз в нестесненном (изолированном) состоянии и является важной характеристикой сплава, определяющей эффективность дисперсионного упрочнения γ-твердого раствора выделениями γ′-фазы. Стесненный мисфит характеризуется в стесненном (неизолированном) состоянии.

Влияние ЛЭ на размерное несоответствие γ- и γ′-фаз определяется теми элементами, которые наиболее сильно увеличивают период решетки γ-твердого раствора. ЛЭ Al, Ti, Ta, Nb, Pt, Hf преимущественно растворяются в γ′-фазе и поэтому их называют γ′-образующими. Элементы V, Co, Cr, Mo, Re, Ru, Ir главными образом растворяются в γ-матрице и относятся к γ-стабилизирующим элементам. Величина γ/γ′-мисфита может значительно изменяться в пределах дендритной ячейки вследствие остаточной дендритной ликвации легирующих элементов.

В литературе существует путаница относительно мисфита, по причине разного определение знака мисфита и отсутствие информации о том, какой мисфит исследуется: стесненный или нестесненный. Поэтому возникает необходимость изучения мисфита ЖНС с целью изучения его характеристик и установления его влияния на свойства и параметры ЖНС, для улучшения их рабочих характеристик.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Лычагин Д.В., д.ф.–м.н., (Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия), и доктору Герштейну Г. (Институт Материаловедения Ганноверского университета им. Лейбница, г. Ганновер, Германия) за предоставленные экспериментальные результаты и их обсуждение.

ВЛИЯНИЕ ВОЛЬФРАМА НА СТАБИЛЬНОСТЬ КАРБОНИТРИДОВ MX В ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЯХ МАРТЕНСИТНОГО КЛАССА В ПРОЦЕССЕ ПОЛЗУЧЕСТИ

Федосеева А.Э.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

e-mail: Fedoseeva@bsu.edu.ru

Высокохромистые стали нашли широкое применение в тепловой энергетике в качестве материала изготовления элементов котлов и паропроводов. Материал исследования – высокохромистые стали мартенситного класса с различным содержанием вольфрама (0.1C – 9.4Cr – 3.0Co – 0.5Mo – 0.2V – 0.05 Nb – 0.005B – 0.05N – 1.8 (3.0)W). Стали были подвергнуты стандартной термической обработке (нормализация с 1050°C + отпуск при 750°C). Испытания на ползучесть проводились по стандартной методике при T= 650°C в интервале напряжений 220 – 100 МПа.

В процессе ползучести при высоких напряжениях (>140 МПа, ~2 000 час) было обнаружено 4 типа частиц вторых фаз: карбиды $M_{23}C_6$ (*d*=92-120 нм), карбонитриды MX (*d*=60 нм), которые делятся на нитриды VN и карбиды NbC, и фаза Лавеса Fe_2(W, Mo) (*d*=97-170 нм).

Однако при более низких напряжениях (<120 МПа, ~5 000 час) в стали с 1.8%W были обнаружены частицы Z-фазы (CrVN). Как известно, образование Z-фазы оказывает крайне негативное влияние на сопротивление ползучести сталей. Это связано с тем, что эта фаза, как более стабильная, замещает мелкие нитриды VN, а, следовательно, и убирает дисперсионное упрочнение от этих частиц. При напряжении 120 МПа было зафиксировано начало трансформации ванадиевых частиц в Z-фазу. Исходный размер Z-фазы составляет около 50 нм, и располагается она на тех же участках, где и нитриды VN. Объемная доля этой фазы очень мала, ее можно оценить только приблизительно как 3 – 5% от объемной доли ванадиевых частиц ($F_{v(MX)}$= 0.28вес%). Химический состав Z-фазы: (Fe+Cr)=50%, (V+Nb)=50%. При напряжении 100 МПа (~ 10 000 час) в стали с 1.8%W отсутствуют частицы нитридов VN, они полностью заменены на частицы Z-фазы. Необходимо отметить, что размер Z-фазы в этом состоянии составляет около 270 нм. В стали с 3%W при ползучести при напряжении 100 МПа (~ 15 000 час) подобная трансформация также возникает, однако в отличие от стали с 1.8%W, мелкие нитриды VN сохраняются. Средний размер Z – фазы в стали с 3%W составляет около 170 нм.

Напротив, карбиды NbC на протяжении всех испытаний на ползучесть не изменяются и сохраняют свой размер в нанодиапазоне, что говорит о высокой стойкости к укрупнению этой фазы при высокой температуре.

Таким образом, при испытаниях на ползучесть добавление дополнительно 1% вольфрама позволяет отсрочить выделение Z-фазы с 5 000 до 15 000 часов. С другой стороны, увеличение содержания вольфрама с 1.8 до 3 % поспособствовало выделению нитрида Cr_2N через 15 000 часов испытания. Обе эти фазы носят крайне негативный характер на сопротивление ползучести.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф.-м.н. Дудовой Н.Р.

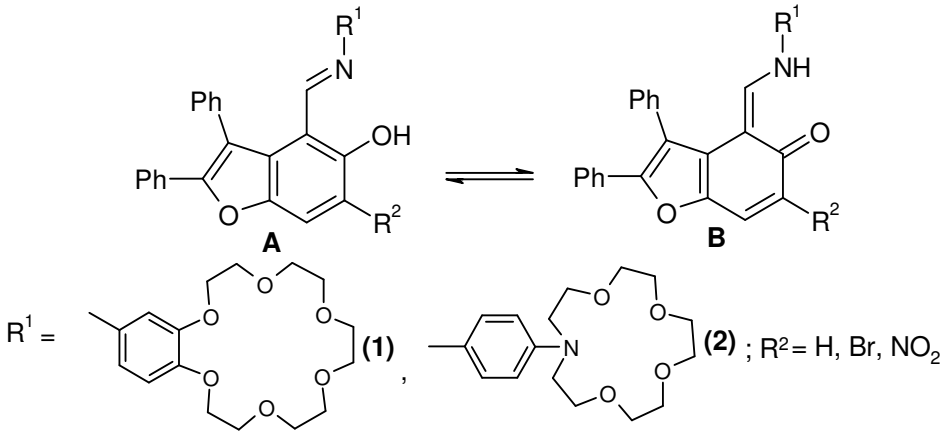
ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ХЕМОСЕНСОРНЫЕ ТАУТОМЕРНЫЕ КЕТОЕНАМИНЫ РЯДА БЕНЗО[B]ФУРАНА

Федянина А. Ю.

Научно-исследовательский институт физической и органической химии ЮФУ,
г. Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: aled@ipoc.rsu.ru

Полимерные материалы, содержащие органические функциональные молекулы, широко применяются для создания сенсорных систем, ионных жидкостей, OLED-материалов, жидких кристаллов. Потребность в сенсорах, контролирующих химическую природу различных объектов, диктуется необходимостью постоянного мониторинга (анионного, катионного и молекулярного) состава гидросферы, литосферы, атмосферы.

Нами были получены и исследованы полиметилметакрилатные пленки, содержащие иммобилизованные имины ряда бензо[*b*]фурана **1, 2**. Методами ^{1}H ЯМР, электронной спектроскопии поглощения и испускания установлено наличие таутомерии между гидроксиениминной **(A)** и кетоенаминной **(B)** формами.



Усиление электроноакцепторных свойств заместителя R^2 для соединения **1** приводит к увеличению содержания кетоенаминного таутомера **B**. Соединения **1, 2** обладают ярко выраженной флуоресценцией в области 530-560 нм и 540-605 нм соответственно. Полиметилметакрилатная пленка, содержащая соединение **2** (R^2 = NO_2), проявляет свойства селективного чувствительного хемосенсора на высокотоксичные ионы бария, что проявляется в значительном уменьшении интенсивности флуоресценции в области 594 нм.

Таким образом, обнаружен эффективный и селективный полимерный хемосенсор для определения катионов бария.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. х. н., гл. н. с. Дубоносову А. Д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект №12-03-00120-а) и Совета по грантам при Президенте РФ (НШ-927.2012.3).

РАЗРАБОТКА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ И УПРОЧНЕНИЯ ЛЕНТЫ ТОЛЩИНОЙ 0,2 ММ ИЗ В - СПЛАВА ТИТАНА МАРКИ ТС6

Филиппова Н.А.

ОАО «ЦНИИМ», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: filipposha@yandex.ru

Сплавы титана с термически нестабильной β – фазой в последнее время находят достаточно широкое применение в разных областях машиностроения. Наиболее перспективным сплавом этой группы является высокопрочный титановый сплав марки ТС6 (Ti – 10,5Cr – 7V – 4Mo – 3Al – 1Zr), разработанный ОАО «ЦНИИМ», который обеспечивает в результате термомеханической обработки высокий уровень прочностных ($\sigma_в \geq 1500$ МПа), упругих ($\sigma_{пц} \geq 1200$ МПа) и пластических ($\delta \geq 4\%$) характеристик. Благодаря сочетанию высоких упругих свойств, низких модулей упругости (E = 108ГПа, G = 39,2 ГПа) и малой плотности ($\rho = 4{,}95$ г/см^3), сплав обеспечивает самые высокие из всех известных металлических материалов характеристики энергоемкости пружин (по занимаемому ими объему и массе). Кроме того, титановые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью.

На ОАО «Корпорация «ВСМПО-АВИСМА» освоено производство листов сплава титана марки ТС6 с минимальной толщиной 0,8 мм. Для производства высокочувствительных упругих элементов необходима лента толщиной до 0,2 мм.

В данной работе исследованы свойства и микроструктура листов толщиной 1,5 мм из сплава марки ТС6 в деформированном, полигонизованном и рекристаллизованном состоянии и выбраны температуры рекристаллизации, обеспечивающие максимальную пластичность и минимальный размер зерен для дальнейшей прокатки листов.

При отработке режимов прокатки полос толщиной 1,5 мм из титанового β - сплава марки ТС6 на ленту толщиной 0,2 мм за 5 термомеханических циклов, включающих максимальные суммарные деформации до 50%, и промежуточные разупрочняющие рекристаллизационные и полигонизационные отжиги установлено, что в результате чередования таких циклов происходит измельчение рекристаллизованных зерен со среднего диаметра 50 - 80 мкм до 20 - 28 мкм.

По результатам исследования предложены 2 варианта ТМО при прокатке лент толщиной 0,2 мм, которые обеспечивают высокий комплекс как прочностных, так и пластических свойств при испытаниях на растяжение: $\sigma_в \geq 1400$ МПа, $\delta \geq 6\%$.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. Я.М. Виторскому и к.т.н. О.П. Шаболдо, под чьим руководством проводилась работа.

КОЛЛОИДНЫЙ СЕЛЕН ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Фолманис Ю.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: folm@imet.ac.ru

Развитие общества в условиях бурного роста населения и сложившейся экологической обстановке невозможно без развития инновационных технологий, где ведущая роль, безусловно, принадлежит нанотехнологиям.

К настоящему времени накоплено множество данных о том, что селен один из самых токсичных элементов, определяет активность целого ряда важных ферментов. Источником селена для человека являются как продукты растительного происхождения, содержание селена в которых колеблется от 20 до 80 мкг/100 г продукта, так и – животного.

Важнейшим достоинством наноразмерного селена является его низкая токсичность, позволяющая увеличивать суточное потребление без значительного вреда для здоровья. Также наноразмерный селен обладает повышенной биодоступностью и биологической активностью. В ряде работ, по преимуществу китайских авторов [1,2], обсуждаются свойства наночастиц элементарного селена. Именно в Китае был впервые поставлен вопрос об обогащении биодоступными формами селена продуктов массового спроса.

Целью наших исследований явилось создание способа получения водных коллоидных растворов нерастворимых в воде химических элементов, в первую очередь - селена. Исследовалась токсичность полученного нами коллоидного раствора селена с концентрацией 3,7 мг/л [3]. Проведено исследование параметров острой токсичности на лабораторных животных - нелинейных мышах обоего пола массой 19-23 г. Суммарная доза препарата составила 300 мл/кг. Учитывали внешнее состояние мышей, особенности их поведения, интенсивность и характер двигательной активности, состояние волосяного и кожного покрова. Регистрировали сроки развития интоксикации и гибели животных. Результаты показали, что ЛД50 коллоидного раствора наноразмерного селена с содержанием 3,7 мг/л или 1,11 мг/кг.

Вывод. Приготовлен и исследован водный коллоидный раствор селена с полулетальной дозой ЛД50 равной 1,11 мг/кг.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность руководителю работ проф., д.т.н. Коваленко Л.В.

Литература

1. Wang H., Zhang J., Yu H. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: comparison with selenomethionine in mice. // Free Radic. Biol. Med., 2007, V.42, N.10, P. 1524-1533.

2. Peng D., Zhang J., Liu Q., Taylor E.W. Size effect of elemental selenium nanoparticles (Nano-Se) at supranutritional levels on selenium accumulation and glutathione S-transferase activity // J. Inorg. Biochem., 2007, V.101, N.10. - P.1457-1463.

3. Н.В. Картамышева, В.В. Коровина. Параметры токсичности новой формы наноселена. Материалы конференции «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения». Пятнадцатая международная научно - производственная конференция. Белгород, 2011. Издательство Белгородской ГСХА, с. 73.

НОВЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фомичёв Д.С.

Ивановский институт ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия

e-mail: dsf81@mail.ru

Известно, что исследования физико-химических свойств смазочных композиций ограничиваются не только такими распространенными методами как реологические и электронографические исследования, изучение термической стабильности, поверхностной активности, но и исследованием оптических свойств смазочного материала с помощью поляризационной микроскопии, которая дает возможность получать качественную картину наблюдаемых эффектов. Наличие двулучепреломляющих текстур в объеме смазочного материала позволяет предполагать повышенную склонность к самоорганизации граничного смазочного слоя на поверхности.

Принципиально новый подход к изучению влияния молекулярных ориентационных эффектов на реологические свойства смазочных композиций реализуется в устройстве типа «поляризационный трибометр», позволяющем использовать взаимодействие поляризованного луча света со смазочным веществом, в котором происходит сдвиг.

Принцип действия прибора основан на взаимном вращательном перемещении плоскопараллельных оптических окон с заданным зазором, в котором находятся испытываемые образцы. Оптические окна имитируют пару трения. В процессе испытания регистрируется момент трения, фототок, появляющийся в анизотропной среде и скорость вращения оптических окон. Имеется возможность бесступенчатого регулирования угловой скорости одного из тел трения и регулирования величины зазора в широких пределах с помощью микрометрического винта.

Для отработки методики поляризационной трибометрии была проведена серия экспериментов. В качестве тестовых объектов для испытаний нового прибора использовали два типа жидкотекучих мезогенных смазочных материалов – на масляной и водной основе. В частности, растворы олеиновой кислоты в минеральном масле и водные растворы неионогенных ПАВ.

Установлено, что исследуемые смазочные материалы показывают схожие картины изменения момента силы и величины светопропускания при регистрации результатов на поляризационном трибометре, причем момент силы имеет тенденцию к возрастанию, а величина интенсивности фотосигнала снижается с возрастанием линейной скорости на данном радиусе оптического окна.

Таким образом, используемый в работе поляризационный трибометр является эффективным инструментом для исследования оптических свойств смазочных композиций, что подтверждают адекватные результаты, полученные на наиболее широко используемых смазочных композициях, а также при введении в дистиллированную воду ПАВ.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Годлевскому В.А. и научному консультанту д.т.н., доц. Берёзиной Е.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ SiO_2CuO_x: ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ

Фуник А.О.

Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: afounique@gmail.com

В настоящей работе были проведены исследования многокомпонентных неорганических оксидных материалов, имеющих нанокристаллическое строение и используемых для создания различных приборов электронной техники, включая сенсоры газов. Для улучшения указанных параметров необходим контроль электрофизических и физико-химических свойств ГЧМ обеспечивающих высокие газочувствительные характеристики.

В данной работе был исследован ряд материалов состава SiO_2CuO_x синтезированных золь-гель методом и применяемых для производства газочувствительных сенсоров. Подробная технология формирования описана ранее в работе. Синтез ГЧМ проводится в два этапа: 1. синтез нанопорошков, 2. формирование из данных порошков пленок – сенсоров.

Фазовый состав и оксидное состояние ГЧМ были исследованы методом рентгеновской спектроскопии поглощения и фотоэлектронной спектроскопии. Экспериментальные спектры поглощения (NEXAFS) за K-краем Cu были получены на линии КМС-2, фотоэлектронные спектры и спектры поглощения за $L_{2,3}$- краем поглощения меди получены на Российско-Германском канале синхротронного излучения (RGBL) электронного накопителя Бэсси II (Берлин).

На основе анализа экспериментальных данных был определен фазовый состав и оксидное состояние ГЧМ на разных стадиях технологического процесса, а так же получены оптимальные параметры синтеза ГЧМ материалов наиболее соответствующих по своим характеристикам поставленной задаче.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.ф-м.н., доценту Яловега Г.Э., консультанту к.т.н., доценту Т.Н. Назаровой, мнс В.А.Шматко.

ПАРАМЕТРЫ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК $Fe_{78-94}Zr_{2-4}N_{4-18}$

Харин Е.В.

ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: harin-eugene@ya.ru

Нанокристаллические плёнки квазиэвтектических сплавов Fe-ZrN являются новым классом магнитомягких ферромагнитных материалов, характеризуемых высокой намагниченностью насыщения и термической стабильностью [1]. Магнитомягкость нанокристаллических ферромагнетиков в настоящее время объясняется с помощью модели случайной магнитной анизотропии, в рамках которой намагниченности отдельных зёрен могут быть описаны автокорреляционной функцией намагниченности. Важным параметром этой функции является магнитная корреляционная длина $2R_L$ – характерный размер магнитной микроструктуры (стохастический домен), на котором намагниченность относительно однородна. Модель применима в случаях, когда $2R_L$ больше размера зерна D и между зёрнами есть обменное взаимодействие.

В настоящей работе исследованы пленки, полученные реактивным магнетронным распылением на постоянном токе мишеней Fe с различным содержанием Zr в атмосфере $Ar+N_2$. Средний химический состав плёнок, в зависимости от условий напыления равный Fe – 78-94 ат.%, Zr - 2-4 ат.%, N – 4-18 ат.%, определён методами энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда. По данным рентгеновской дифракции плёнки в исходном состоянии и после отжига (400°C, 1 ч.) содержат фазы α-Fe, Fe_4N и Fe_3N с различными соотношениями объёмных долей и размерами зерна D = 4-19 нм, зависящими от условий напыления. Магнитные свойства измерены на вибрационном магнитометре Lakeshore в полях до 16 кЭ при комнатной температуре. Магнитная микроструктура определена из кривых приближения намагниченности к насыщению методом корреляционной магнитометрии [2].

В зависимости от фазового состава изученные плёнки имеют намагниченность насыщения 1,55-2,14 Тл. Коэрцитивная сила плёнок равна 4,9-14 Э. Кривые приближения намагниченности к насыщению всех образцов хорошо описываются тремя степенными зависимостями: $M = f(H^{-2})$, $M = f(H^{-1/2})$ и $M = f(H^{-2})$, последовательно наблюдаемыми по мере возрастания внешнего магнитного поля, что свидетельствует о нанокристаллическом состоянии образцов и наличии обменного взаимодействия между зёрнами. По этим степенным зависимостям определены размер ($2R_L$ = 20-129 нм) и поле анизотропии ($\langle H_a \rangle$ = 280-660 Э) стохастического домена и поле локальной (в зерне) анизотропии (H_a = 4,9-6,45 кЭ). Выполнение условия $2R_L > D$ указывает на обоснованность анализа магнитных свойств изученных плёнок с привлечением модели случайной магнитной анизотропии.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю проф., д.т.н. Шефтель Е.Н. (ИМЕТ РАН).

Литература

1. Е.Н. Шефтель. Материаловедение, 2009, №4, 10-17.
2. R.S. Iskhakov, S.V. Komogortsev. Physics of Metals and Metallography, 2011, 112, 666–681.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов: РФФИ (12-02-00116а) и Научная школа РФ (НШ-3050.2012.3).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

Харузина А.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

e-mail: r-rizhaya@mail.ru

Огнетушащие порошковые составы (ОПС) представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими слеживанию и комкованию. Порошки должны обладать гидрофобными свойствами, во избежание ухудшения их эксплуатационных характеристик в процессе хранения за счет поглощения влаги из воздуха. Одними из важных преимуществ огнетушащих порошков по сравнению с другими огнетушащими средствами (вода, пена), являются их универсальность и высокая эффективность. В качестве сырья для производства ОПС в работе использовались аммофос, сульфат аммония и моноаммоний фосфат (МАФ). В промышленности эти вещества выпускаются различных марок: химически чистые (х.ч.) и технические (техн.). Целью работы является исследование свойств сырья различных марок и установление возможности их использования в качестве компонентов ОПС.

В работе проведено изучение и сравнение гидрофобных свойств фосфатов и сульфатов аммония различных марок (х.ч., тех.). Для установления влияния примесей, содержащихся в сырье, на эксплуатационные свойства ОПС были определены гигроскопические точки смесей веществ.

Согласно экспериментальным данным (табл. 1) гигроскопическая точка моноаммоний фосфата составляет 83,34 % (образец 3), что больше, чем у аммофоса – 68,83 % (образец 4). Высокие гидрофобные свойства МАФ объясняются отсутствием в его составе соединений фосфатов металлов (Fe, Ca, Mg, Al), кремния, фтора и др.

Таблица 1. Гигроскопическая точка веществ

№	Порошковая смесь, мас. %						Гигроскопическая точка, %
	$NH_4H_2PO_4$	Аммофос	$(NH_4)_2SO_4$		$Mg(H_2PO_4)_2$	$(NH_4)_2HPO_4$	
			х.ч.	техн.			
1			100				81,06
2				100			82,41
3	100						83,34
4		100					68,83
5	90					10	80,00
6	90				10		71,86
7	90		10				77,13

Для установления влияния примесей на качественные показатели ОПС к химически чистому моноаммоний фосфату добавлялись примеси в количестве 10 мас. % (образцы 5-7). Введение в состав МАФ диаммоний фосфата, однозамещенного фосфата магния и сульфата аммония приводит к ухудшению гидрофобных свойств смеси. Установлено, что среди рассмотренных добавок основной вклад в уменьшение значения гигроскопической точки порошка с 83,34 до 71,86 % вносит фосфат магния (образец 6, табл. 1).

Таким образом, в качестве сырья для производства ОПС выгоднее использовать химически чистые вещества, так как композиции, полученные на их основе, обладают лучшими гидрофобными свойствами.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к. т. н, доценту А.В. Кунину и аспиранту Д.Н. Лапшину за обсуждение полученных результатов и ценные советы.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ТЕТРАГОНАЛЬНОГО ZrO_2

Хрущёва А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия

e-mail: anastasiya.xr@gmail.com

Известно, что материалы на основе наноразмерного тетрагонального ZrO_2 обладают повышенным сроком службы, способны играть роль упрочняющей добавки, являются биосовместимыми и позволяют получать однородную мелкозернистую керамику медицинского назначения. При этом в существующих условиях рынка экономичные и экологически приемлемые разработки пользуются наибольшим спросом. Существуют три стабильные кристаллические модификации ZrO_2: моноклинная (до 1170°C), тетрагональная (1170-2370°C) и кубическая (2370-2680°C). При этом ZrO_2, стабилизированный в тетрагональной фазе, обладает повышенными прочностью и износоустойчивостью. Целью данной работы было изучение влияния условий модифицированного золь-гель синтеза, а также режима последующей термообработки на фазовый состав нанопорошков ZrO_2. В качестве исходных были использованы хлорид или нитрат цирконила, и для стабилизации золя (Ст) - моноэтаноламин (МЭА) или тетраэтиламмоний гидроксид (ТЭАГ) при величине мольного отношения Ст/Zr 0,5-1,5. Термообработку полученных золей проводили в муфельной печи с использованием ступенчатого графика нагрева, выдерживая при 500, 600 и 800°C в течение 1 ч. Фазовый состав полученных порошков исследовали на дифрактометре ДРОН 3 с монохроматизированным излучением CuK_α.

Было установлено, что дисперсность ZrO_2 практически не зависит как от вида стабилизатора (МЭА или ТЭАГ), так и величины мольного отношения Ст/Zr в указанном интервале. Размер частиц составлял 7-12 нм. Однако источник циркония оказывал существенное влияние на фазовый состав. Так, при использовании нитрата цирконила полученный ZrO_2 полностью состоял из тетрагональной модификации (tP6), тогда как при использовании хлорида цирконила получалась смесь тетрагональной (tP6) и моноклинной (mP12) модификаций, величина весового отношения которых колебалась в широком интервале 6÷40/94÷60 в зависимости от использованного стабилизатора. Присутствие в реакционной смеси ТЭАГ приводило к получению смесей с содержанием фазы tP6 более 90 вес.%, тогда как при стабилизации золя МЭА доля фазы mP12 могла достигать 40 вес.%. Исследование термической стабильности полученных порошков ZrO_2, прокаленных при 500°C, показало, что прокаливание в течение 1 ч при 600 и 800°C приводит к укрупнению кристаллитов в 1,5 и 2,8 раза, соответственно, и увеличению весовой доли фазы mP12 в 2 и 3,6 раза, соответственно. Таким образом, в работе установлено, что разработанный способ получения позволяет получать ультрадисперсные порошки ZrO_2 в виде 100%-ой тетрагональной модификации без использования стабилизирующих добавок.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научным руководителям Трусовой Е.А. и Белоусову В.В., а также Шелехову Е.В. за проведение инструментального анализа синтезированных объектов.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Цветкова Е.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

e-mail: flowersova@mail.ru

В настоящее время огромный интерес представляют методы лазерной перекристаллизации порошковых материалов. С одной стороны, эти методы дают возможность послойно создавать деталь сколь угодно сложной формы. С другой стороны, уникальные условия кристаллизации, а именно, высокие (порядка 10^5 – 10^6 °/с) скорости охлаждения из жидкого состояния позволяют получить принципиально новую по сравнению с наблюдаемой при традиционных обработках неравновесную структуру.

Известно, что в процессе лазерной перекристаллизации порошкового материала может формироваться ячеистая структура кристаллизации. В данной работе методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии, а также с помощью рентгеноструктурного и металлографического анализа исследованы особенности ячеистой структуры аустенитного сплава Fe-17%Cr-12%Ni-2%Mo-1%Mn-0.7%Si-0.02%C, полученного методом селективного лазерного плавления.

Методом просвечивающей электронной микроскопии установлено, что зона расплава состоит из фрагментов, разделенных высокоугловыми границами, а фрагменты, в свою очередь, из ячеек кристаллизации средним размером около 0.5 мкм. Границы этих ячеек представляют собой сплетения дислокаций, тогда как плотность дислокаций в «теле» ячеек заметно ниже. Анализ электронограммы показал, что, ячейки слабо разориентированы относительно друг друга. Таким образом, после селективного лазерного плавления наблюдается структура подобная той, что формируется в процессе развитой пластической деформации.

Установлено, что микротвердость ячеистой структуры ($HV_{0.05} = 265\pm5$) в 1.5 раза превышает ее значение для аустенитного сплава того же состава после закалки.

С целью определения термической стабильности ячеистой структуры были проведены отжиги исследуемого сплава в интервале температур от 100°С до 1100°С в течение часа. Показано, что ячеистая структура сохраняется до температур отжига 700°С, далее ячейки постепенно исчезают, и при температуре 1100°С в структуре наблюдаются только зерна аустенитного твердого раствора, разделенные двойниками отжига.

Также показано, что со структурными изменениями коррелируют изменения значения микротвердости и уширения рентгеновских линий аустенитного твердого раствора: отжиг при 700°С приводит к постепенному снижению значения микротвердости, а параллельно уменьшается уширение рентгеновских линий аустенитного твердого раствора.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Базалеевой К.О.

ГРАФИКА T-X-Y-Z ДИАГРАММЫ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВЫРОЖДЕНИЕМ СОЛЬВУСНЫХ ГИПЕРПОВЕРХНОСТЕЙ

Цынгеев Б.В.

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vluts@ipms.bscnet.ru

Анализировалась диаграмма без твердых растворов. Ее образуют ликвидусные гиперповерхности (ГП) q_I с координатами компонентов I и эвтектик на прямолинейных контурах четырехмерного гексаэдроида $I e_{IJ} e_{IK} e_{IL} E_{IJK} E_{IKL} E_{IJL} \varepsilon$, гиперплоскости солидуса {одна из которых внешняя h_ε ($A_\varepsilon B_\varepsilon C_\varepsilon D_\varepsilon$) и четыре - внутренние h_{IJK} ($I_\varepsilon J_\varepsilon K_\varepsilon \varepsilon$)}, линейчатые ГП q^{r1}_{IJ} ($I_J e_{IJ} I_{IJK} E_{IJK} I_{IJL} E_{IJL} I_\varepsilon \varepsilon$) с одномерной образующей $I_J e_{IJ}$ и линейчатые ГП q^{r2}_{IJK} ($I_{IJK} J_{IJK} E_{IJK} I_\varepsilon J_\varepsilon \varepsilon$) с двумерной образующей $I_E J_E E_{IJK}$. Эти ГП формируют фазовые области (ГП даны в скобках) L+I (q_I, q^r_{IJ}), L+I+J (q^r_{IJ}, q^r_{JI}, q^r_{IJK}), L+I+J+K (q^r_{IJK}, q^r_{IKJ}, q^r_{JKI}, h_{IJK}), A+B+C+D (ниже h_ε).

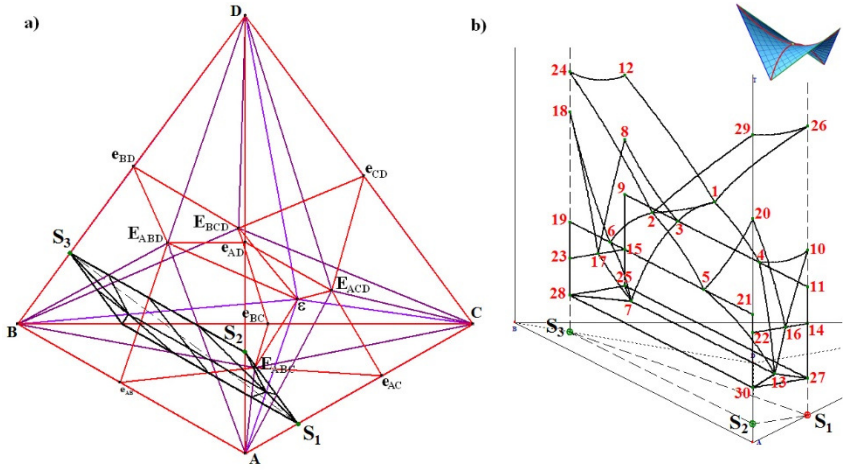


Рис 1. Разрез задан параллельно ребру AB координатами $S_iS_jS_k$ {S_1(0,77;0;0,23), S_2(0,77;0;0), S_3(0;0,77;0)}: a) проекция на тетраэдр ABCD; b) проекция на ABC×T

Разрез «AB» (рис. 1) пересекает поверхности q_A (29-2-1-26), q_B (12-1-2-24), три q^r_{AI} и три q^r_{BI} при вершина тетраэдра: q^r_{AB} (1-4-13-5-2), q^r_{AC} (10-16-13-4), q^r_{AD} (16-13-5-20), q^r_{BA} (2-1-3-7-6), q^r_{BC} (8-3-7-17), q^r_{BD} (18-17-7-6), пять пар q^r_{ABI}, q^r_{ACI}, q^r_{ADI}, q^r_{BCI}, q^r_{BDI}: q^r_{ABC} (4-13-7-3), q^r_{ABD} (5-13-7-6), q^r_{ACB} (11-27-13-4), q^r_{ACD} (14-27-13-16), q^r_{ADB} (21-30-13-5), q^r_{ADC} (22-30-13-16), q^r_{BCA} (9-25-7-3), q^r_{BCD} (15-25-7-17), q^r_{BDA} (19-28-7-6), q^r_{BDC} (23-28-7-17), пять солидусов: h_ε (27-25-30-28), h_{ABD} (13-7-28-30), h_{ABC} (27-25-7-13), h_{ACD} (27-13-30), h_{BCD} (7-25-28). И фазовые области: L (q_A, q_B), L+A (q_A, q^r_{AB}, q^r_{AC}, q^r_{AD}), L+B (q_B, q^r_{BA}, q^r_{BD}, q^r_{BC}), L+A+B (q^r_{AB}, q^r_{BA}, q^r_{ABD}, q^r_{ABC}), L+A+C (q^r_{AC}, q^r_{ACD}, q^r_{ACB}), L+A+D (q^r_{AD}, q^r_{ADB}, q^r_{ADC}), L+B+C (q^r_{BC}, q^r_{BCA}, q^r_{BCD}), L+B+D (q^r_{BD}, q^r_{BDA}, q^r_{BDC}), L+A+B+C (q^r_{ACB}, q^r_{ABC}, q^r_{BCA}, h_{ABC}), L+A+B+D (q^r_{ABD}, q^r_{ADB}, q^r_{BDA}, h_{ABD}), L+A+C+D (q^r_{ACD}, q^r_{ADC}, h_{ACD}), L+B+C+D (q^r_{BCD}, q^r_{BDC}, h_{BCD}), A+B+C+D (h_ε). Расшифровка точек на контурах ГП: 1=(e_{AB}-E_{ABC}), 2=(e_{AB}-E_{ABD}), 3=(B_E-E_{ABC}), 4=(A_E-E_{ABC}), 5=(A_E-E_{ABD}), 6=(B_E-E_{ABD}), 7=(B_ε-ε), 8=(B_C-e_{BC}), 9=(B_E-C_E), 10=(A_C-e_{AC}), 11=(A_E-C_E), 12=(B-e_{BC}), 13=(A_ε-ε), 14=(A_E-C_E), 15=(B_E-C_E), 16=(A_E-E_{ACD}), 17=(B_E-E_{BCD}), 18=(B_D-e_{BD}), 19=(B_E-D_E), 20=(A_D-e_{AD}), 21=(A_E-D_E), 22=(A_E-D_E), 23=(B_E-D_E), 24=(B-e_{BD}), 25=(B_ε-C_ε), 26=(A-e_{AC}), 27=(A_ε-C_ε), 28=(B_ε-D_ε), 29=(A-e_{AD}), 30=(A_ε-D_ε).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.х.н., профессору Луцыку В.И.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗОН ГИНЬЕ-ПРЕСТОНА И ВКЛЮЧЕНИЙ НА УПРОЧНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Чапкова Ю.В.

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

e-mail: chapkova@yandex.ru

Дисперсионное упрочнение сплава когерентными частицами обычно описывают формулами Мотта-Набборо, связывающими напряжение течения с параметрами несоответствия решетки дисперсного выделения с решеткой матрицы [1].

Образование зон Гинье-Престона или когерентных частиц можно представить абстрактной схемой мгновенного образования сферической частицы в металле матрицы. Как следует в теории упругости для оболочки, мгновенно созданной в изотропной среде и имеющей положительное или отрицательное внутреннее давление справедливы уравнения [2]:

$$u = \frac{a}{E}\left[\sigma_\theta - \nu(2\sigma_r)\right] \text{ или } u_p = a\left|1 - \sqrt[3]{\frac{\rho_{\text{вк}}}{\rho_{\text{ал}}}}\right|, \qquad (1)$$

где $u = u_p$ – перемещение границы оболочки под действием p; $\rho_{\text{вк}}$, $\rho_{\text{ал}}$ – плотности, соответственно, интерметаллического включения и алюминия; $E = 2\cdot 10^5$ МПа – модуль упругости первого рода и $\nu = 0{,}3$ – коэффициент Пуассона для алюминиевых сплавов. Результаты численного решения уравнений (1) представлены на рис. 1.

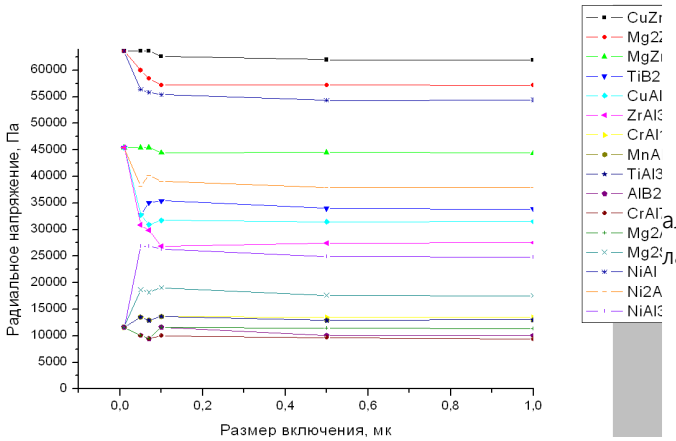


Рис.1. Зависимость максимального радиального напряжения от радиуса включения в области $a \le 1{,}0$ мкм

Из рис. 1 видно, что наибольшие напряжения течения вызывают частицы с размерами менее 200 нм. Из расстояний (радиусов частиц), на которых расположены максимумы напряжений течения (рис. 1) следует, что наибольшее дисперсионное упрочнение алюминиевого сплава достигается, в зависимости от его химического состава, при образовании зон Гиньн-Престона или интерметаллидных включений определенного радиуса.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Протопопову А.А. за помощь в подготовке тезисов.

Литература

1. Гольдштейн М.И., Литвинов В.С., Бронфин Б.М. Металлофизика высокопрочных сплавов. Учебное пособие. М.: Металлургия, 1986. 312 с.

2. Гудьер Дж. Теория упругости /пер. с англ. С.П. Тимошенко; под ред. Г.С. Шапир. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 560 с.

УГЛЕПЛАСТИКИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Чеботарева Е.А.

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: katiy88@bigmir.net

Создание новых композиционных конструкционных материалов с включением в их состав наночастиц является приоритетным направлением развития полимерных композитов (ПКМ). Углеродные наночастицы активно влияют на реологию эпоксидного связующего, морфологию и упруго-деформационные свойства отвержденного полимера. Они эффективно выполняют роль стопперов микротрещин, использование 0,1-0,3 масс. % углеродных нанотрубок (УНТ) увеличивает модуль упругости и разрывную прочность полимера на 30-35 %.

В данной работе проводились исследования углепластиков на основе углеродной ленты УОЛ-300-2А и эпоксидного связующего ЭДТ-69Н, модифицированного многостеночными углеродными нанотрубками (МУНТ) – продукция завода «ТМ Спецмаш», г. Киев. Нанотрубки вводили в композит при содержании от 0,2 до 1 % по отношению к массе связующего. Перед введением в композит одну из партий МУНТ функционализировали путем предварительной обработки в азотной кислоте. В составе образцов ПКМ, которые получали по стандартной методике автоклавного формования, использовали примерно 43 масс. % связующего. Для равномерного распределения МУНТ в объеме полимерного связующего использовали ультразвуковое оборудование. На основании проведенных испытаний образцов углепластика был определен предел прочности при сжатии:

№ партии/ № образца	Содержание УНТ в углепластике, %	Предел прочности при сжатии, МПа
1/1	0	369,2
1/2	0,2	486,8
1/3	0,5	514,3
1/4	1	680,5
2/1	0	602,4
2/2	0,2	593,1
2/3	0,5	775,6
2/4	1	801,9

Установлено, что при введении углеродных нанотрубок в состав углепластика наблюдается увеличение предела прочности при сжатии примерно в 1,33 раза (партия № 1, без функционализации) и в 1,84 раза (партия № 2, с функционализацией).

При использовании функционализированных углеродных нанотрубок, обработанных азотной кислотой, наблюдается повышение прочности при сжатии. Таким образом, дальнейшие работы по модифицированию углепластиков следует сосредоточить на оптимизации наноструктурных углеродных наполнителей и более эффективных способах их функционализации.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность проф., д.т.н. Вишнякову Л. Р., к.т.н. Переселенцевой, к.т.н. Петропольскому В.С., Гайдуковой С.М.

Работа выполнена в рамках сотрудничества с ГП «Антонов».

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Черкашина Н.И.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия

e-mail: natalipv13@mail.ru

В Российской Федерации и за рубежом при создании материалов авиационно-космического назначения основное внимание направлено на исследование гетерогенных систем, состоящих в основном из полиимидов, полиэтиленов с различным наполнением порошков тяжелых металлов и их оксидов. Подобные материалы имеют как ряд положительных защитных свойств, так и ряд недостатков. Основным недостатком является появление тормозного рентгеновского излучения, вызванного воздействием на атомы тяжелых металлов высокоэнергетических протонов и электронов радиационных поясов Земли. Чистые же полимеры – полиимид, акрил, фторопласт и др. имеют относительно невысокие показатели стойкости к атомарному кислороду и вакуумному ультрафиолетовому излучению (ВУФ), что в реальном космическом пространстве приведет к разрушению терморегуляции космического аппарата.

В связи с этим необходим новый подход при разработке терморегулирующих покрытий (ТРП), позволяющий ослабить влияние ионизирующего излучения на оптические характеристики материала при высоком уровне защиты от атомарного кислорода. Для этого необходимо проведение исследований по изучению взаимодействия атомарного кислорода, ВУФ-излучения на поверхностные свойства покрытий, что позволит установить оптимальные составы ТРП и определить возможность их использования для долгосрочных полетов космических аппаратов.

В связи с этим возникает потребность в создании новых материалов, обладающих повышенной стойкостью к агрессивным факторам космического пространства, для их использования в качестве ТРП. Данные материалы могут быть получены из композитов на основе радиационностойкой полимерной матрицы (ударопрочного полистирола) и легких наполнителей (ксерогель метилполисилоксана), полученных методом твердофазного компактирования [1, 2].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., проф. Павленко Вячеславу Ивановичу за ценные указания, замечания и консультации по теме исследуемой работы.

Литература

1. Высокодисперсные органосвинецсилоксановые наполнителя полимерных матриц / В.И. Павленко, А.В. Ястребинская, З.В. Павленко, Р.Н. Ястребинский // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 2. С. 99–103.

2. Радиационно-защитный композиционный материал на основе полистирольной матрицы / В.И. Павленко, О.Д. Едаменко, Р.Н. Ястребинский, Н.И. Черкашина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 113 –116.

Исследование выполнено при поддержке программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы (№ 2011-ПР-146), договор Б2/12.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РАЗНОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСЛОИСТОЙ ФОЛЬГИ

Чернобай С.В.

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: megabait7@yandex.ru

Актуальной проблемой современного авиационного двигателестроения является разработка высокоэффективной технологии сварки жаропрочных никелевых сплавов - деформированных с литейными, которая применяется для изготовления сварных моноколес авиационных газотурбинных двигателей. Для соединения высоколегированных жаропрочных никелевых сплавов перспективным является использование способов сварки давлением, в частности, контактной стыковой сварки (КСС). Как установлено предыдущими исследованиями, при КСС интерметаллидных сплавов эффективным является использование материалов с наноструктурой в качестве фольг и активаторов для получения качественных сварных соединений. В данной работе исследовали эффективность использования нанослоистой фольги при КСС литейных и деформированных жаропрочных никелевых сплавов.

КСС выполняли на машине МТ-2202, оборудованной компьютеризированной системой управления процессом нагрева и сварочным давлением. Исследовали микроструктуру металла сварных соединений, выполненных с различными значениями осевого усилия и времени сварки. Нанослоистую фольгу вводили в зону контакта перед началом процесса КСС, заготовки предварительно сжимали усилием на уровне 0,2 от установленного усилия.

Установлено, что в зоне соединения, которое получили с использованием нанослоистой фольги системы Ni-Cr, размер структурных элементов (дендритов литого ядра) значительно меньше по сравнению с дендритами основного металла литейного сплава. Грубые выделения эвтектических фаз по границам дендритов литейного сплава, а также в литом ядре сварного соединения не наблюдаются. Фазовые выделения имеют значительно меньший размер, что обеспечивает большую пластичность металла литого ядра сварного соединения по сравнению с основным металлом литейного сплава.

В зоне соединения и зоне термического влияния (ЗТВ) литейного и деформированного сплавов при КСС не наблюдается трещины, образование которых характерно при сварке плавлением этих сплавов. Приложения давления в процессе сварки и охлаждения сварного соединения, а также модифицирования структуры литого ядра благодаря наличию дисперсных продуктов превращения нанослоистой фольги предотвращают микро- и макрорастрескивание сварного соединения.

При КСС с использованием в качестве промежуточного слоя фольги системы Ni-Cr обеспечивается заметное выравнивание химического состава металла в осях дендритов и между дендритных участков. При этом наблюдается тенденция к формированию однородной структуры зоны соединения и уменьшению ликвации легирующих элементов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность к.т.н. Кучуку-Яценко В.С., к.т.н Зяхору И.В., а также инж. Наконечному А.А.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СПЛАВА 20Р18 ПОСЛЕ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Черноиваненко Е.А.
Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина
e-mail: ekmovchan@yandex.ru

Применение комплексной химико-термической обработки эффективно для совершенствования структур в высоколегированных сплавах железа, легированных по типу быстрорежущих сталей, в связи с особыми условиями формирования аустенитно-карбидных структур, представляющих собой естественный композит, при науглероживании в твердом состоянии.

Проведена оценка износостойкости композитного поверхностного слоя образцов литого сплава 20Р18, полученных в результате комплексной химико-термической обработки (обезуглероживание + науглероживание) и окончательной термической обработки (закалка + трехкратный отпуск при 560 °С). Установлено, что у образцов с колониальной аустенитно-карбидной структурой диффузионного слоя показатели износостойкости в 1,4...1,6 раз выше, чем у образцов из стандартной быстрорежущей стали с глобулярными карбидами.

Увеличение износостойкости при формировании в науглероженном слое карбидов М6С в виде направленных волокон связано с тем, что карбидная фаза характеризуется большей протяженностью межфазных границ, чем глобулярная. Эти границы являются первичными барьерами для трещин скола, образующихся при взаимодействии с абразивными частицами.

Для растущей аустенитно-карбидной колонии характерно наличие кристаллографического ориентационного соотношения между аустенитом и карбидом М6С, а также кратность периодов решетки. Следовательно, межфазные границы в образующихся колониальных структурах являются полукогерентными и обладают невысокой поверхностной энергией.

Текстура у поверхности образца обусловлена условиями зарождения, и, следовательно, параллельно поверхности образца преимущественно ориентирована плоскость (111) аустенита, поскольку в аустените это плоскость наименьшей энергии. В композиционной структуре поверхностного слоя аксиальная кристаллографическая текстура, согласно принципу Гиббса-Вульфа-Кюри, определяется минимумом энергии боковых граней. Исходя из ориентационного соотношения, плоскостями, преимущественно ориентированными параллельно поверхности образца, в карбидах композиционного слоя являются плоскости типа (110) перпендикулярные (111) аустенита и некоторые высокоиндексные плоскости, угол между которыми и плоскостями типа (111) близок к 90°. Таким образом, карбиды ориентированы параллельно поверхности плоскостями, не являющимися плоскостями наименьшей энергии. Скол по этим плоскостям при взаимодействии с абразивными частицами затруднен, что является главной причиной высокой износостойкости колониальных структур сплава 20Р18.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Губенко Светлане Ивановне за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА РУБИДИЙ-ЛАНТАНИДНЫХ МОЛИБДАТОВ

Чимитова О.Д.

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: chimitova_od@mail.ru

С целью поиска новых полифункциональных материалов уделяется большое внимание сложнооксидным соединениям молибдена (VI). Данная работа посвящена синтезу и исследованию структурных, спектроскопических свойств и микроморфологии двойных молибдатов состава $RbLn(MoO_4)$, образующихся в системах Rb_2MoO_4–$Ln_2(MoO_4)_3$.

Соединения $RbLn(MoO_4)_2$ (Ln = Pr, Nd, Sm, Eu) получали в результате многостадийного отжига с промежуточными перетираниями стехиометрических количеств соответствующих оксидов лантанидов, триоксида молибдена и молибдата рубидия при температуре 400–600°C в течение 100 ч. Для данного семейства характерна ромбическая структура с пр. гр. *Pbcn*.

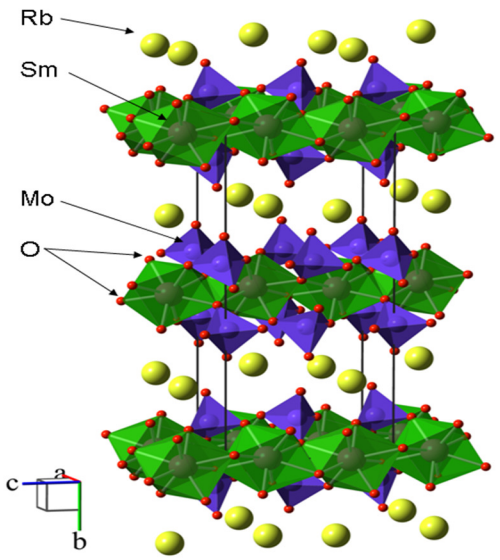


Рис. Кристаллическая структура $RbSm(MoO_4)_2$.

Структура $RbLn(MoO_4)_2$ каркасная, составлена из тетрагональных антипризм LnO_8 и RbO_8, соединенных между собой боковыми ребрами и чередующихся в шахматном порядке. Слои объединяются в каркас посредством общих кислородных вершин с межслоевыми MoO_4-тетраэдрами (рис. 1). Микроморфология и химический состав полученных соединений изучены методом сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектральным микроанализом на приборе EPMA LEO 1430. Полученные образцы сформированы агломерированными пластинчатыми микрокристаллами со сглаженными краями.

На оптических спектрометрах LS55 и Lambda950 фирмы Perkin-Elmer изучены оптические свойства $RbEu(MoO_4)_2$. Молибдат $RbEu(MoO_4)_2$ обладает интенсивной люминесценцией в «красной» области спектра при энергиях возбуждения в области 2.2–3.5 эВ. Положение наиболее интенсивных полос в спектре возбуждения 395 и 465 нм соответствует длинам волн, которые обычно используются для возбуждения люминофоров в светодиодах.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность соавторам Базарову Б.Г., Атучину В.В., Доржиевой С.Г., Молокееву М.С., Базаровой Ж.Г. за совместный труд, обсуждение результатов

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 11-08-00681-а, № 12-02-90806-мол_рф_н), Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 28 и гранта Президента РФ № МК-6247.2013.2.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ НАПЛЫВОВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ МЕДИ ПРИ ТРЕНИИ

Чумаевский А.В.
Томский Государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия
e-mail: tch7av@rambler.ru

При трении моно- и поликристаллических тел в нижней части боковой грани образуются наплывы, природа образования которых до настоящего времени не до конца ясна. В настоящей работе проводились исследования структуры наплывов, сформированных при трении монокристаллов различной кристаллографической ориентации и с различными параметрами.

В экспериментах при возвратно-поступательном трении исследуемых образцов со скоростью скольжения 10 мм/с формируемые наплывы представляют собой монолитные образования, с четко выраженным окислением на поверхности (рис. 1, *a*). По внешнему виду наплывов (наличие полос побежалости) можно установить наличие повышенной температуры при их образовании. Каких либо закономерностей в фрагментации наплывов в данном случае выявлено не было.

При трении по схеме диск-палец со скоростью 500 мм/с структура наплывов видоизменяется. На рис. 1, *b* представлено РЭМ изображение наплыва на грани *b* ($1\bar{1}\bar{1}$). Наплыв отличается от предидущего наличием в его строении пластин, направленных от зоны трения вверх. Примечательно, что структура наплыва, также как и его форма, не имеет какой-либо четкой взаимосвязи с направлением трения, наплыв формируется как в продольном, так и в поперечном по отношению к ней направлению.

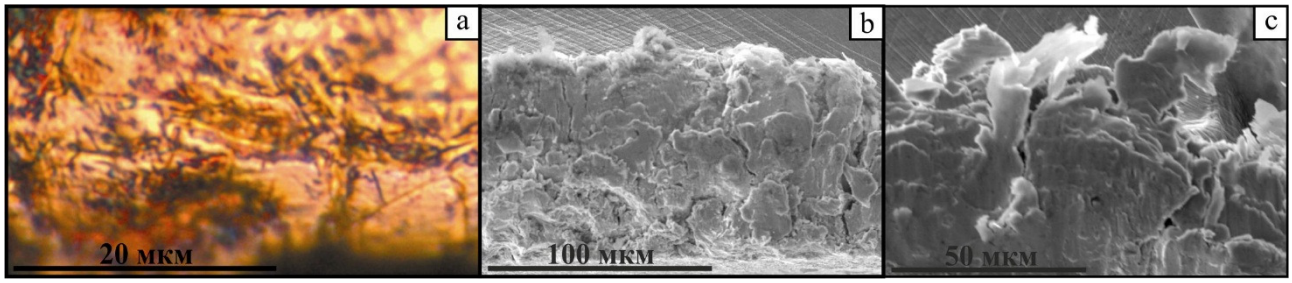


Рис. 1. Структура наплывов в приторцевой области [110]- (*a*) и [$\bar{1}11$]-монокристаллов (*b*)

Формируемые наплывы в приторцевой части [$\bar{1}11$]-образцов имеют структуру, отличную от тех, что мы наблюдали при трении [110]-монокристаллов (рис. 1, *c*). В данном случае наплыв более дискретен, пластинки, образующие наплыв не имеют настолько высокой плотности. Такое отличие можно связать с тем, что торцевая плоскость (по которой происходил фрикционный контакт) для [$\bar{1}11$]-монокристаллов является плоскостью сдвига, и отдельным частицам требуются меньшие напряжения, чтобы отделиться от поверхности. Естественно, фактор Шмида для систем сдвига по данной плоскости от составляющих нормального давления и силы трения равен нулю. Но, определяющее значение имеет равнодействующая двух направлений, для которой фактор Шмида по данной плоскости отличен от нуля.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору ТГАСУ, д.ф.-м.н. Лычагину Д.В. и с.н.с. ИФПМ СО РАН, д.т.н. Тарасову С.Ю. за помощь в проведении эксперимента и обсуждении результатов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА GLEEBLE 3500 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКОЙ ДИАГРАММЫ РАСПАДА ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА СТАЛИ МАРКИ 2

Чукин Д.М.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия

e-mail: chukindmitry@gmail.com

Для термической обработки важным является влияние состояния аустенита и температурно-временных режимов охлаждения на характер конечных продуктов распада и их свойств. Влияние скорости охлаждения на кинетику фазовых превращений отражают термокинетические диаграммы, на которые наносятся реальные кривые охлаждения, критические точки и обозначаются области перлитного, бейнитного и мартенситного превращений для конкретного состава стали. Данных о фазовых превращениях, структуре и свойствах при непрерывном охлаждении для многих сталей явно недостаточно, что требует их уточнения.

Большой потенциал для построения термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита открывает использование исследовательского комплекса Gleeble 3500. Этот комплекс дает возможности моделирования термомеханических испытаний и представляет собой высокоскоростной пластометр, совмещенный с дилатометром. Комплекс позволяет регулировать скорость, время и температуру нагрева образцов, а также управлять скоростью их охлаждения, что позволяет проводить эксперименты по построению дилатометрических кривых и проводить дальнейшую обработку данных на программном пакете для анализа данных ORIGIN.

Цель работы: исследование с использованием комплекса Gleeble 3500 структурно-фазовых превращений и построение термокинетических диаграмм стали марки 2, применяемой для железнодорожных колес подвижного состава. В результате комплекса металлографических и дилатометрических исследований были определены критические точки и построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита в данной стали.

Полученные результаты позволяют объяснить особенности микроструктуры и фазовых превращений и дают возможность прогнозировать формирование структуры и свойств при охлаждении поковок после горячей пластической деформации, а так же в процессах термической обработки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Копцевой Н.В.

Литература

1. Чукин Д.М., Ишимов А.С., Жеребцов М.С., Мешкова А.И.. Использование комплекса Gleeble 3500 для проведения комплекса дилатометрических исследований микролегированной стали 80Р // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. проф. М.В. Чукина. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та. им. Г.И. Носова, 2012. Вып. 38. С.148.

Работа проведена в рамках реализации программы стратегического развития университета на 2012 – 2016 гг. (конкурсная поддержка Минобразования РФ программ стратегического развития ГОУ ВПО), а также гранта в форме субсидии на поддержку научных исследований (соглашение № 14.B37.21.0068)

СРАВНЕНИЕ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СВС ПРИ РАЗЛИЧНОМ ВЛИЯНИИ НА ИСХОДНУЮ ШИХТУ, НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ La_2O_3+TiO_2+B

Чурсин С.С.
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
e-mail: chursinss@tpu.ru

Современное производство требует получения большого количества различных целевых материалов, причем по самой низкой цене. Гексаборид лантана является перспективным материалом для использования в катодной промышленности из-за своей низкой работы выхода, но в настоящее время его получают энерго- и ресурсозатратными методами.

В данной работе рассмотрено получение гексаборида лантана с легирующими добавками методом СВС, как один из перспективных методов порошковой металлургии. Так же рассмотрено два способа влияния на конечный продукт при СВ-синтезе: предварительная механическая активация и введение высокоэкзотермических добавок.

Исходная шихта готовилась из расчета на прохождение следующей реакции:

$$La_2O_3 + 3TiO_2 + 24B \rightarrow 2LaB_6 + 3TiB_2 + 3B_2O_3 \ .$$

В качестве высокоэкзотермической добавки использовалась смесь Ni-Al соотношении масс 1/4, добавка вводилась в количестве 10% от общей массы исходной шихты. Предварительная механическая активация осуществлялась в планетарной шаровой мельнице АГО-2 в течении 20 минут при частоте 20Гц. Исследование фазового состава – дифрактометр XRD-6000.

Таблица 1 – Фазовый состав конечных продуктов

	Фазовый состав продукта без воздействия на исходную шихту	Фазовый состав продукта с предварительной механической активацией исходной шихты	Фазовый состав продукта с введением высокоэкзотермической добавки Ni-Al
La_2O_3	7	-	-
B	17	-	-
TiO_2	50	8	-
LaB_3O_8	2	21	-
$LaBO_3$	20	38	16
LaB_6	4	16	45
TiB_2	-	17	21
NiAl	-	-	18

По проделанной работе можно сделать следующие выводы:

- Экспериментально доказана возможность получения гексаборида лантана методом СВС;
- Использование предварительной обработки шихты исходных компонентов и введение инициирующих добавок позволяет получить более качественный конечный продукт;
- Образцы, синтезируемые из предварительно активированной шихты, имеют более однофазную структуру по составу, что позволяет получать материал требуемой чистоты.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю ассистенту кафедры Физико-энергетических установок Томского политехнического университета Кузнецову Михаилу Сергеевичу за труд и терпение при объяснении научного материала, за грамотный взгляд на научную проблему.

ПОЛУЧЕНИЕ КАРБИДА ТАНТАЛА ИЗ АЛКИЛАМИДОВ ТАНТАЛА

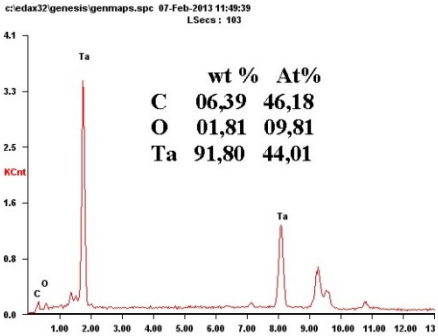
Шатунов В.В.
ФГУП «ГНИИХТЭОС», г. Москва, Россия
e-mail: sha2nov@rambler.ru

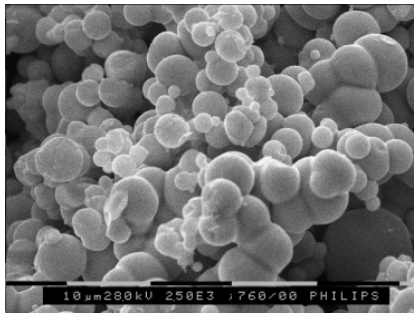
Карбид тантала является тугоплавким соединением ($T_{пл}$=3880 °C), обладает высокой твёрдостью, химической инертностью, фазовой стабильностью в широком интервале температур и низким давлением паров. Совокупность этих качеств делает карбид тантала незаменимым при использовании в авиационной и космической отраслях [1].

Классические методы получения наноразмерного карбида тантала (плазмохимический метод, лазерный пиролиз, химическое осаждение из газовой фазы) [2] технологически сложны и энергозатратны. В последнее время получили распространение синтез через транспарентные тантал-углеродсодержащие гели [3], через пентаэтоксид тантала и активированный наноуглерод [4] и по реакции металлического магния с карбонатом натрия и пентахлоридом тантала [5].

Нами предлагается новый подход к получению карбида тантала TaC термотрансформацией растворов амидных соединений тантала в высококипящих растворителях в инертной атмосфере (сухой азот или аргон) с последующим ступенчатым пиролизом полученных танталсодержащих субстратов в инертной атмосфере при температуре 1100 °C с образованием карбида тантала TaC в виде тонкодисперсного порошка коричневого цвета. Образования нитрида тантала и восстановительных преобразований до металлического тантала в данном процессе не наблюдалось.

Результаты анализов SEM/EDS и РФА полученных нами керамических образцов подтверждают количественное образование карбида тантала. Фотографии SEM свидетельствуют об образовании микросферических частиц TaC (масштаб 50 мкм), однако наличие примеси кислорода загрязняет карбид тантала оксидами тантала и уменьшает интервал его целевого использования. Эта проблема является технической, на решение которой в настоящее время направлены наши усилия.





Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь и поддержку в проведении исследований следующим сотрудникам ФГУП ГНИИХТЭОС: в.н.с. Щербаковой Г. И., н.с. Варфоломееву М. С., м.н.с. Блохиной М. Х., нач. лаб. №4 Сидорову Д. В., ген. директору Стороженко П. А., а также в.н.с. ИМЕТ РАН Юркову Г. Ю.

Литература

1. Самсонов Г. В., Виницкий И. М. Тугоплавкие соединения (справочник).// 2-е изд. М. «Металлургия». 1976. 560 с.

2. Севастьянов В. Г., Симоненко Е. П., Игнатов Н. А., Ежов Ю. С., Симоненко Н. П., Кузнецов Н. Т. // Неорг. матер. РАН. 2011. Т. 56. № 5. С. 707-719.

3. Севастьянов В. Г., Симоненко Е. П., Игнатов Н. А., Ежов Ю. С., Симоненко Н. П., Кузнецов Н. Т. // Неорг. матер. РАН. 2010. Т. 46. № 5. С. 563-569.

4. Ma M., Shen W., Zhang P., Zhang J., Wang Q., Ge C.// Mater. Lett. 2011. V. 65. № 1. P. 96-99.

5. Ma J., Du Y., Wu M., Pan M-C.// Mater. Lett. 2007. V. 61. № 17. P. 3658-3661.

ВТОРИЧНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МАССИВНЫХ ТИТАНОВЫХ ПРЕФОРМ В ПРОЦЕССАХ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Шашкеев К.А.

Институт металлургии и материаловедения РАН, г. Москва, Россия

e-mail: shashkon@yandex.ru

Получаемая в процессах окислительного конструирования керамика на основе рутила может быть использована как отдельно от металлической преформы, так и в составе композиционного материала с металлической подосновой. В работах [1, 2, 3] были изучены свойства образующихся керамических материалов, а также представлено математическое описание протекающих процессов. Получаемая рутильная керамика обладает открытой пористостью, что позволяет использовать ее как мембранный материал, а также как носитель активных частиц в каталитических процессах [1]. При этом полное окисление массивных (минимальный геометрический параметр превышает 1 мм) титановых преформ протекает за десятки и сотни суток. Получение же керамики с необходимыми параметрами занимает меньшее время, и, как результат, после отделения керамического материала остается недоокисленная титановых преформа. В данной работе приводятся результаты экспериментов по вторичному и третичному окислению недоокисленных титановых преформ с целью получения керамического материала.

Для эксперимента были взяты 3 диска титана марки ВТ1-0 диаметром 60 мм. и толщиной 7 мм. Эксперимент проводился при температуре 875 ^{0}С. Образцы перед извлечением из печи равномерно охлаждались в течении 4 суток до температуры 75 ^{0}С. Время изотермической выдержки при первичном окислении составило 12, 23 и 40 суток

После снятия керамики, оставшиеся металлические образцы были подвергнуты дальнейшему окислению. При вторичном окислении произошло резкое изменение кинетической кривой по сравнению с первичным окислением. В частности, привес оказался существенно ниже. Это, по-видимому, связано с образование газонасыщеннных слоем на поверхности металла, которые затрудняют диффузию титана. При третичном окислении кинетическая кривая сопоставима с кривой от вторичного окисления. Образующаяся керамика обладает открытой пористостью и слоистостью.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность академику Константину Александровичу Солнцеву.

Литература

1. Ковалев И.А., Воробьев А.В., Чернявски А.С., Солнцев К.А. Определение газовой проницаемости рутила, полученного окислительным конструированием // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 3, с. 44-46.

2. Виноградов Д.Н., Зуфман В.Ю.,Шашкеев К.А., Шворнева Л.И.,Солнцев К.А. Исследование фазовых изменений массивных титановых преформ в процессах окислительного конструирования **//** Перспективные материалы. 2011. № 6. С.59-64.

3. Солнцев К.А., Шашкеев К.А., Стецовский А.П. Механизм окисления титана на экспоненциальной стадии процесса окислительного конструирования тонкостенной керамики // Доклады Академии наук, 2008, т. 422, № 5, с. 267 - 270.

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПОВ ГЕРМАНИЯ МЕТОДОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО ТЕТРАФТОРИДА В ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ.

Шилаев А.А.
ИХВВ РАН им. Г.Г. Девятых, г. Нижний Новгород, Россия
e-mail: LDKovboy@yandex.ru

Природный германий представляет собой смесь пяти изотопов: ^{70}Ge (20,55 % масс.), ^{72}Ge (27,37 %), ^{73}Ge (7,67 %), ^{74}Ge (36,74 %), ^{76}Ge (7,67 %). Первые четыре стабильны, пятый (^{76}Ge) испытывает двойной безнейтринный бета-распад с периодом полураспада $1{,}58 \cdot 10^{21}$ лет. Стабильные изотопы германия используются для производства некоторых классов полупроводниковых приборов с уникальными свойствами, детекторов ядерно-физических превращений, в медико-биологических исследованиях, ^{76}Ge может использоваться для исследования закономерностей двойного безнейтринного бета-распада, что позволит дать информацию об абсолютной массе нейтрино. В технологии разделения и обогащения изотопов германия основным рабочим веществом является изотопно-обогащенный тетрафторид германия. Применяемая в настоящее время «химическая технология» превращения $GeF_4 \rightarrow Ge$, основанная на гидролизе тетрафторида водородом, является многостадийной и не исключает неконтролируемого загрязнения конечного продукта.

Другой известный способ получения изотопно-обогащенного германия основан на прямом плазмохимическом восстановлении тетрафторида германия водородом в низкотемпературной неравновесной плазме. (П.Г.Сенников, С.В.Голубев, В.И.Шашкин, Д.А.Пряхин, Н.В.Абросимов. Перспективные материалы. Специальный выпуск. 2011. №10. С. 160-166). Способ включает осаждение германия путем разложения тетрафторида германия в смеси с водородом в ВЧ (13,56 МГц) индуктивно-связанной плазме. Преимуществом подобного способа является введение энергии непосредственно в молекулу тетрафторида германия, что позволяет локализовать зону реакции и исключить или минимизировать попадание примесей из материала реактора. Таким образом было проведено осаждение германия в виде поликристаллов со средним линейным размером несколько мм и толщиной до 100 мкм. Из полученного порошка методом Чохральского были выращены кристаллы полупроводникового качества.

Целью данной работы является углубленное исследование процесса плазмохимического восстановления фторида германия и создание макета промышленной установки, удовлетворяющей ряду требований по производительности и выходу поликристаллического германия с его последующим компактированием непосредственно в установке без её разгерметизации. В процессе работы будут исследоваться зависимости степени конверсии тетрафторида и выхода германия от технологических параметров процесса, эмиссионные спектры плазмы а также масс-спектры конечных целевого и побочных продуктов, ИК спектры исходных реагентов и газообразных продуктов. Данные исследования помогут более подробно изучить механизм плазмохимического разложения фторида германия и усовершенствовать технологию получения германия.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность заведующему ЛПМПВВ проф. д.х.н.Сенникову П.Г., к.х.н. Корневу Р.А., к.х.н. Мочалову Л.А.

СИНТЕЗ НИТРИД СОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ПРИ СЖИГАНИИ В ВОЗДУХЕ СМЕСЕЙ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ДИОКСИДАМИ IV ГРУППЫ ПОБОЧНОЙ ПОДГРУППЫ

Шинкевич Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

e-mail: hartnett@sibmail.com

В настоящее время наблюдается уменьшение относительного потребления металлов в связи с их заменой керамическими материалами, которые отличаются высокой твердостью, износостойкостью, термостойкостью и т.д. В то же время применение керамических изделий сдерживается из-за их хрупкости и низкой пластичности, что требует поиска способов увеличения пластичности керамик. Нитриды элементов IV группы побочной подгруппы близки к сверхтвердым (24 ГПа), тугоплавким (более 2500 ^{0}С) и износостойким материалам. Поэтому нитриды имеют перспективы их применения в составе композиционных материалов для обработки металлических сплавов, в электротехнике и микроэлектронике, а нитрид титана в качестве защитных и декоративных покрытий на металлы и полимеры.

Наиболее изученным и распространенным методом синтеза нитридов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Согласно требованиям СВС нитридов проводится в среде чистого азота под давлением, что требует специального оборудования. В качестве альтернативы СВС был выбран метод, основанный на новом явлении высокотемпературного химического связывание азота воздуха, который не требует азота высокой чистоты, повышенного давления и сложного оборудования, работающего при высоком давлении.

В работе использовали нанопорошок алюминия, а также грубодисперсные порошки диоксидов титана, циркония и гафния марки чда. Определение наноструктурных характеристик НПАl проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-840 фирмы «Jeol» (Япония). Предварительно была проведена оценка смесей на пирофорность, которая рассчитывалась на основе данных дифференциального термического анализа (ДТА) с использованием термонализатора SDT Q600 (США). Для определения фазового состава исходных порошков и продуктов их окисления проводили рентгенофазовый анализ (РФА) с помощью дифрактометра ДРОН-3,0 (Россия). Для идентификации кристаллических фаз входящих в состав нанопорошков и продуктов их сгорания использовали картотеку JCPDS ICDD.

По результатам проделанной работы были сделаны следующие выводы:

1. В продуктах сгорания в воздухе смесей нанопорошка алюминия и диоксидов титана, циркония и гафния образуются самостоятельные кристаллические фазы нитридов (30-40 %).

2. Содержание нитридов максимально в продуктах синтеза сжиганием при содержании нанопорошка алюминия в смесях: с диоксидом титана – 43 мас. %, с диоксидом циркония – 67 мас. %, с диокидом гафния – 11 мас. %.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю: Ильину А.П. - д. ф.-м. н., проф. каф. ОНХ, НИ ТПУ, г.Томск.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГЗ НИР 3.3055.2011 при частичной поддержки гранта ФЦП ГК №16.552.11.7063

НАНОКАРБОНИТРИД ХРОМА: СВОЙСТВА И СПОСОБЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ

Ширяева Л.С.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Карбонитрид хрома получен карбидизацией хрома метаном в условиях плазменного потока азота в области температур 5400 – (2200 – 2000) и представляет собой сложную по фазовому и химическому составу нанокомпозицию, в которой наноразмерным карбонитридным частицам сопутствуют в свободном состоянии хром и углерод. Особенностью данного соединения является то, что оно нестабильно: при кратковременном отжиге в инертной среде или азоте карбонитрида хрома происходит полное превращение его в карбид. Достигнутые характеристики синтезированного нанокарбонитрида хрома свидетельствуют о его пригодности для решения целого ряда прикладных задач, в частности эффективного применения в технологии гальванических композиционных покрытий. В связи с этим необходима разработка эффективных способов воздействия на наночастицы с целью управления их свойствами и поведением при рафинировании, хранении и нагревании в различных средах.

Разработана технология рафинирования карбонитрида хрома, включающая следующие гидрометаллургические операции: обработка раствором гидроксида натрия для очистки от свободного углерода (концентрация 20 %, Т:Ж = 1:2, Т = 373 К, τ = 2 ч) и обработка раствором соляной кислоты для очистки от свободного хрома (концентрация 35 %, Т = 373 К, τ = 1 ч). Подтверждена возможность рафинирования карбонитрида хрома, обеспечивающего содержание карбонитрида до 93,0 – 93,4 % масс.

При кратковременном в течение 0,5 ч отжиге в аргоне и азоте при температуре 1273 – 1373 К нанопорошка карбонитрида хрома $Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2$ происходит его полное превращение в карбид Cr_3C_2, снижение содержания в нем кислорода, азота и общего углерода с 1,11 до 0,45, 3,00 до 0,35, 12,75 до 2,18 % масс. соответственно. При температуре 1173 К и выше происходит укрупнение продуктов отжига. При этом размер и форма частиц изменяются следующим образом: исходный нанопорошок – частицы каплевидной и шаровидной формы размером 33 нм, 1173 К – частицы шаровидной формы размером 75 нм, 1373 К – частицы дендритной формы размером 122 нм. Отсутствие межчастичных границ указывает на укрупнение частиц по механизму твёрдофазной коалесценции. При отжиге в водороде при температуре 973 К и выше происходит интенсивное разуглероживание карбонитрида хрома, приводящее к образованию карбида хрома состава Cr_7C_3.

При хранении на воздухе нанопорошок карбонитрида хрома адсорбирует кислород и влагу. Значительное повышение окисленности карбонитрида хрома происходит в первые 24 часа. По термоокислительной устойчивости на воздухе наноразмерный карбонитрид хрома близок к карбонитридам ванадия, титана и циркония того же наноуровня. Температура начала его окисления зависит от наноуровня и при изменении размера частиц от 22 до 53 нм возрастает с 542 до 566 К.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Галевскому Г.В., консультантам д.т.н., профессору Рудневой В.В., к.т.н., доценту Ноздрину И.В. за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

ПОЛУПРОВОДНИКОВО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДЛЯ ЭКЗОИОННОГО ФОТОТРАНЗИСТОРА

Шишкин М.И.

Саратовский государственный университет, г. Саратов, Россия

e-mail: shishkin1mikhail@gmail.com

Влияние подсветки и характера заземления мишени на вторично-ионный фотоэффект позволяет прогнозировать ионное распыление мишени, управляемое светом [1] и электрическим напряжением. На рисунке1 представлена исследуемая структура Cu-SiO-AlGaAs-Cu.

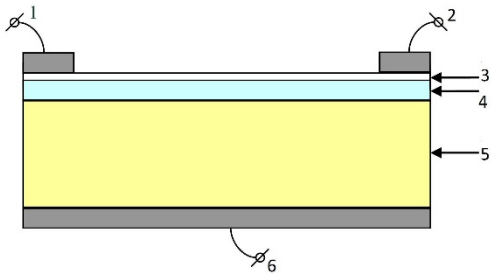


Рисунок 1. Полупроводниково-диэлектрическая структура SiO-AlGaAs-GaAs

1, *2* – гребенчатые контакты,
3 – пленка SiO толщиной 90 нм,
4 – слой AlGaAs p-типа толщиной 0,5 мкм,
5 – подложка GaAs n-типа толщиной 400 мкм,
6 – сплошной контакт

Данная структура исследовалась при отсутствии и наличии освещения в схеме с двумя источниками питания, при этом за общий электрод сначала принимали тыловой контакт (*6*), а затем одну из «гребенок» (*1* или *2*). В обоих случаях выделялись две цепи: входная и выходная и было обнаружено заметное влияние смещения входной цепи и освещения обеих цепей на сопротивление выходной цепи.

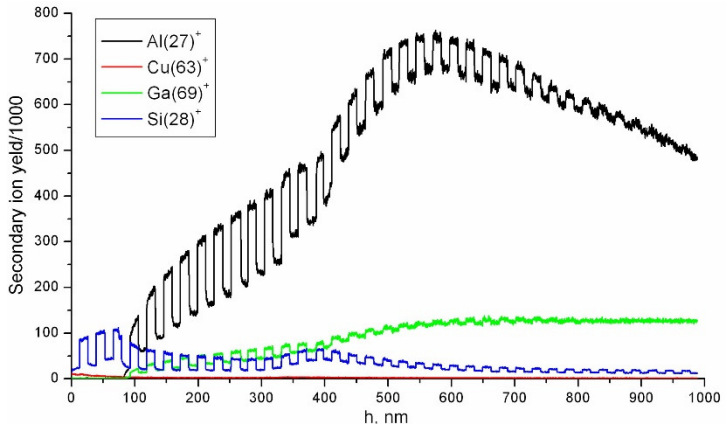


Рисунок 2. Профиль выхода вторичных ионов из образца ПНВ с тремя заземлёнными контактами

Бомбардировка первичными ионами аргона на масс-спектрометре Perkin-Elmer PHI SAM 4300 при периодически прерываемой подсветке показала, что наибольший выход вторичных ионов при подсветке наблюдался при заземлении всех трех электродов (рисунок 2). Таким образом, подачей различного по величине и полярности напряжения (здесь за счет автоматического смещения ионным пучком) на электроды можно управлять выходом вторичных ионов, а полученная структура может послужить основой для нового вида прибора – ионного фототранзистора для оптоионики [2].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю проф. Рокаху А.Г. и консультантам Венигу С.Б., Сердобинцеву А.А. и Александрову В.А.

Литература

1. A.G. Rokakh, M.I. Shishkin, Yu.N. Perepelitsyn, S.B. Venig, M.D. Matasov // Physics Express. 2013, ***3***, 2.
2. Роках А.Г., Матасов М.Д. // ФТП. 2010. Т. 44. Вып. 1. С. 101-108.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ЛИГАТУРЫ СИСТЕМЫ Al-Ti-C

Шишкина Ю.А.

Институт Проблем Материаловедения И.Н.Францевича НАН Украины, г. Киев, Украина

e-mail: juli-unona@ukr.net

В последние годы значительный интерес представляет способ получения алюмоматричных композитов, основанный на том, что упрочняющая фаза не вводится в исходную шихту в виде порошка карбида титана, а формируется через серию твердожидкофазных или твердофазных реакций в процессе спекания в аргоне спрессованных смесей порошков Al, Ti и C при температуре 950-1200 °C в течении 1 часа. Цель данной работы – определение оптимальной температуры синтеза карбидосодержащей лигатуры, составом 45Al – 44Ti – 11C (масс. %).

Результаты рентгенофазового анализа показали (рис. 1), что при температуре синтеза 950 °C преобладающей фазой в образцах является карбид титана TiC, образующийся с некоторым отклонением от стехиометрии. Чистый Al и тройное соединение T_3AlC обнаружены в небольших количествах. Повышение температуры синтеза до 1050 °C и 1100 °C приводит к увеличение содержания Al и появлению алюминида титана AlTi. При температуре синтеза 1150 °C основные фазы TiC и Al. Происходит разложение тройного карбида $Al_2Ti_4C_2$, которое началось еще при 1100 °C. При этом появляется некоторое количество свободного углерод, т.к. образовавшийся карбид титана TiC согласно параметру *a* = 4,3428 А уже имеет стехиометрический состав. При дальнейшем повышении температуры до 1200 °C фазовый состав лигатуры не меняется. Микроструктура образцов характеризуются равномерно распределенными карбидными зернами размером 0,8-2,0 мкм.

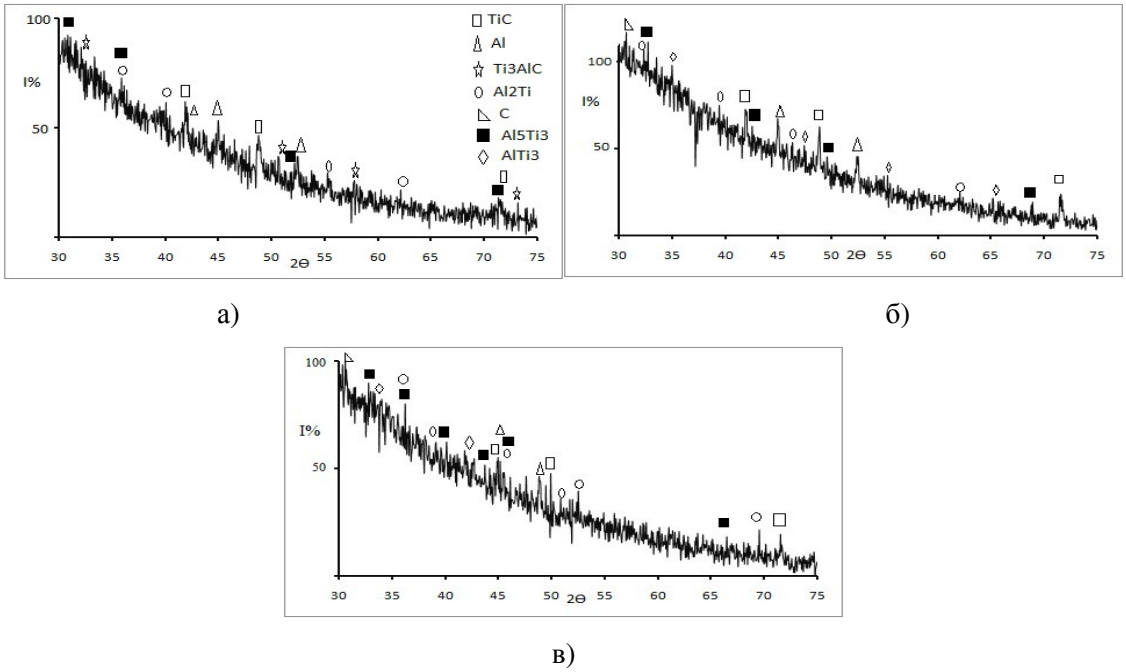


Рисунок 1. Фрагменты дифрактограмм лигатуры состава 45Al-44Ti-11C (масс. %), после реакционного синтеза: а) 950 °C; б) 1150 °C; в) 1250 °C.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность д.т.н. Баглюку Г.А., Мамоновой А.А. и Тихоновой И.Б. за квалифицированную научную помощь при выполнении работы.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР В СМЕСИ Ni – Al В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Шкодич Н.Ф.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Черноголовка, Россия

e-mail: N.F.Shkodich@mail.ru

Во многих работах было показано, что механическая активация (МА) в высоконагруженных шаровых планетарных мельницах позволяет существенно увеличивать реакционную способность гетерогенных реакционных смесей. Существующие на сегодняшний день гипотезы, объясняющие повышение реакционной способности активированных составов, не дают исчерпывающего ответа на вопрос о том, что же является основным фактором, влияющим на увеличение химической активности в смесях реагентов. Поэтому анализ состояния исследований в данной области показывает необходимость получения экспериментальных данных, объясняющих механизмы активирования.

В данной работе представлены результаты комплексного исследования эволюции микроструктуры, кристаллической (атомной) структуры, а также реакционной способности (снижение температуры самовоспламенения) активированных реакционных смесей Ni+Al в зависимости от времени, режимов механического активирования и различных фракций смеси.

В результате механического активирования получали слоистые композитные частицы, состоящие из слоев исходных компонентов, чередующихся между собой на субмикронном уровне.

Показано, что в процессе механической активации до 7 минут удельная площадь поверхности контакта реагентов возрастает для каждой фракции примерно в 15-20 раз, температура самовоспламенения реакционных смесей Ni+Al снижается на 300-400 градусов и зависит от фракции смеси лишь при малом времени активации.

Исследование микроструктуры активированных составов методом сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения позволило выявить нанокристаллические промежуточные фазы, которые рентгеноаморфны. Данные наноструктурные области появляются уже на ранних стадиях активирования (с 1 мин), их объемное содержание увеличивается по мере возрастания продолжительности механической активации.

С учетом полученных результатов предложено объяснение снижения температуры самовоспламенения реакционных составов после механической обработки, основанное на образовании наноразмерных рентгеноаморфных фаз и твердых растворов.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность в подготовке экспериментов и обсуждении полученных результатов д.ф.-м.н. Рогачеву А.С., к.ф.-м.н. Вадченко С.Г, д.ф.-м.н. Мукасяну А.С.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 13-03-01043 и программе Президиума РАН «Горение и взрыв».

ОКСИДНЫЕ СОСТОЯНИЯ СМЕШАНОВАЛЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ $LiMn_2TeO_x$

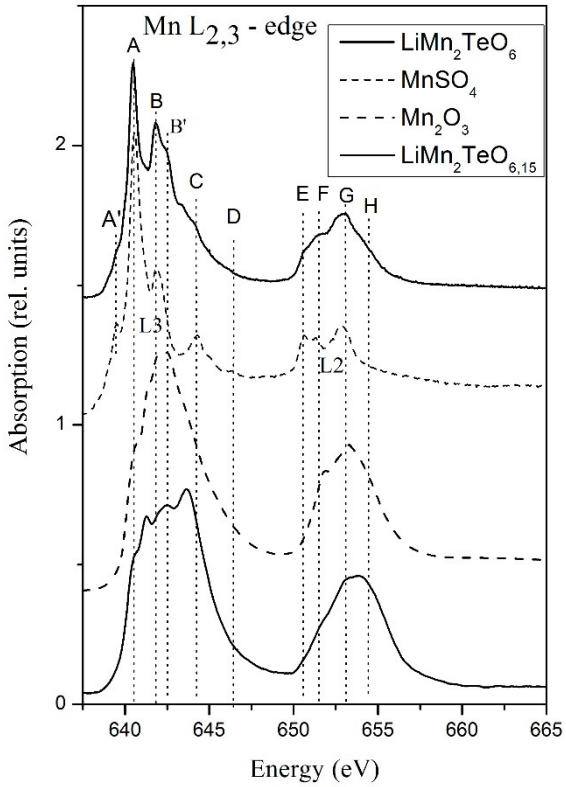
Шматко В.А

Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: shmatko86@mail.ru

Смешанновалентные марганецсодержащие сложные оксиды могут быть интересны, как перспективные материалы для электродов литий-ионных аккумуляторов, или как материалы с колоссальным магнитосопротивлением. В настоящей работе было исследовано состояние марганца в смешанновалентном соединении $LiMn_2TeO_6$ и в продукте его окисления номинального состава $LiMn_2TeO_{6.15}$ (с примесью второй фазы).

Экспериментальные спектры поглощения (NEXAFS) за $L_{2,3}$ краем Mn и K краем O, а так же обзорные спектры фотоэлектронной спектроскопии (XPS) были получены на Российско-Германском канале синхротронного излучения (RGBL) электронного накопителя Бэсси II (Берлин).



На рисунке представлены спектры поглощения за $L_{2,3}$ краем Mn в $LiMn_2TeO_6$ и $LiMn_2TeO_{6.15}$ в сравнении с реперными соединениями $MnSO_4*H_2O$ (Mn^{2+}) и Mn_2O_3 (Mn^{3+}).

Известно, что форма и энергетическое положение пиков NEXAFS спектров за $L_{2,3}$ краем Mn зависит от локальной электронной структуры ионов марганца и, следовательно, дает информацию об их валентном состоянии. Тем не менее, интерпретация $L_{2,3}$ спектров является до сих пор сложной задачей, так как эти спектры представляют собой мультиплетную структуру, появляющуюся в результате влияния кристаллического поля на лиганды ионов.

В результате анализа экспериментальных данных было установлено, что в случае соединения $LiMn_2TeO_6$ оксидное состояние Mn представляет собой смешанное состояние $Mn^{(2+)}/Mn^{(3+)}$, в то время как в случае $LiMn_2TeO_{6.15}$, форма спектра и энергетическое положение максимумов говорит о наличии $Mn^{(3+)}$ состояний.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в проведении научных исследований научному руководителю, д.ф-м.н., доценту Яловега Г.Э. и доценту химического факультета, к.х.н Налбандяну В.Б.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДОБАВКИ ОКСИДА ИТТРИЯ НА УСЛОВИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Шоков В.О.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

e-mail: keramik@pm.pstu.ac.ru

Термический анализ – это группа методов исследования, в основе которых лежит наблюдение за физическими свойствами образца в зависимости от времени при изменении температуры образца в заданной атмосфере. Разновидностями термического анализа являют термогравиметрия и дифференциально-термический анализ. Термический анализ широко распространен в материаловедении, но в исследовании наноматериалов, на данный момент, применяется мало. В частности, недостаточно изучено влияние различных стабилизирующих добавок на условия термической обработки коагулятов гидрооксидов циркония при реализации золь-гель метода получения нанопорошков.

Исследовали порошки состава ZrO_2-Y_2O_3 с содержанием оксида иттрия 2, 5, и 7 мол. %, полученные из водно-этанольных растворов оксихлорида циркония и нитрата иттрия с добавкой водного раствора природного полимера агар-агара. Образование золя и последующая его коагуляция происходили под действием разбавленного водного раствора аммиака. Порошки, полученные по данному способу, после прокаливания характеризуются размером частиц 20–45 нм (по данным сканирующей электронной микроскопии). Дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогравиметрический анализ проводили на дериватографе системы *Paulic-Paulic-Erdey* при скорости нагрева 5 град./мин. до температуры 1000 °С. Потери массы составили 25, 27 и 28 % соответственно. На дериватограмме порошка ZrO_2-$2Y_2O_3$ отмечен эндоэффект при 140 °С, незначительный экзоэффект при 250 °С и ярко выраженный экзоэффект при 470 °С. Положения пиков термических эффектов для порошков состава ZrO_2-$5Y_2O_3$ и ZrO_2-$7Y_2O_3$ отличаются смещением пиков до 140, 465 °С и 130, 480 °С соответственно. Наиболее значительное смещение наблюдается для пика, соответствующего экзоэффекту при 250 °С (ZrO_2-$2Y_2O_3$), пик смещается до 305 °С (ZrO_2-$5Y_2O_3$ и ZrO_2-$7Y_2O_3$). При 895 °С на дериватограмме порошка состава ZrO_2-$2Y_2O_3$ наблюдается начало эндоэффекта, пик которого выходит за 1000 °С, для порошка ZrO_2-$5Y_2O_3$ начало эндоэффекта смещается до 865 °С, а у порошка ZrO_2-$7Y_2O_3$ наличие этого эндоэффекта не выявлено вообще. Таким образом, термические эффекты, регистрируемые на дериватограммах, непосредственно связаны с количеством оксида иттрия в составе порошка. В результате исследований были оптимизированы параметры низкотемпературной обработки порошков состава ZrO_2-Y_2O_3 и доказана целесообразность использования ДТА и термогравиметрического анализа для исследования нанопорошков и оптимизации процессов их низкотемпературной обработки.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору кафедры Порошковое материаловедение и наноматериалы, д.т.н. Порозовой Светлане Евгеньевне за постановку задачи и помощь в проведении исследований.

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОДГРУППЫ ВАНАДИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДХОД ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ КЕРАМИКИ

Шокодько А.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Россия

e-mail: Shokodjko@rambler.ru

Нитриды тугоплавких металлов на сегодняшний день для технических задач получают в виде консолидированных материалов методами порошковой металлургии и литьем, различными способами в виде пленочных покрытий. Благодаря уникальному комплексу физико-химических свойств нитриды тугоплавких металлов применяются в виде защитных, декоративных и сверхпроводящих изделий и др.

Ранее была показана состоятельность подхода окислительного конструирования для получения керамических материалов подгруппы титана. Особенностью метода является непосредственное азотирование металлической заготовки нагреваемой до температуры синтеза в среде газа окислителя. Для этой цели была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка для получения керамических материалов. Получены экспериментальные образцы нитридов ванадия и ниобия в виде готовых керамических изделий одностадийным методом. Проведены комплексные исследования опытных образцов (структурные, прочностные, электрофизические), а так же их сравнительный анализ с данных материалов полученных классическими методами. На рис.1 на примере нитрида ванадия показана структура получаемого материала при различных увеличениях.

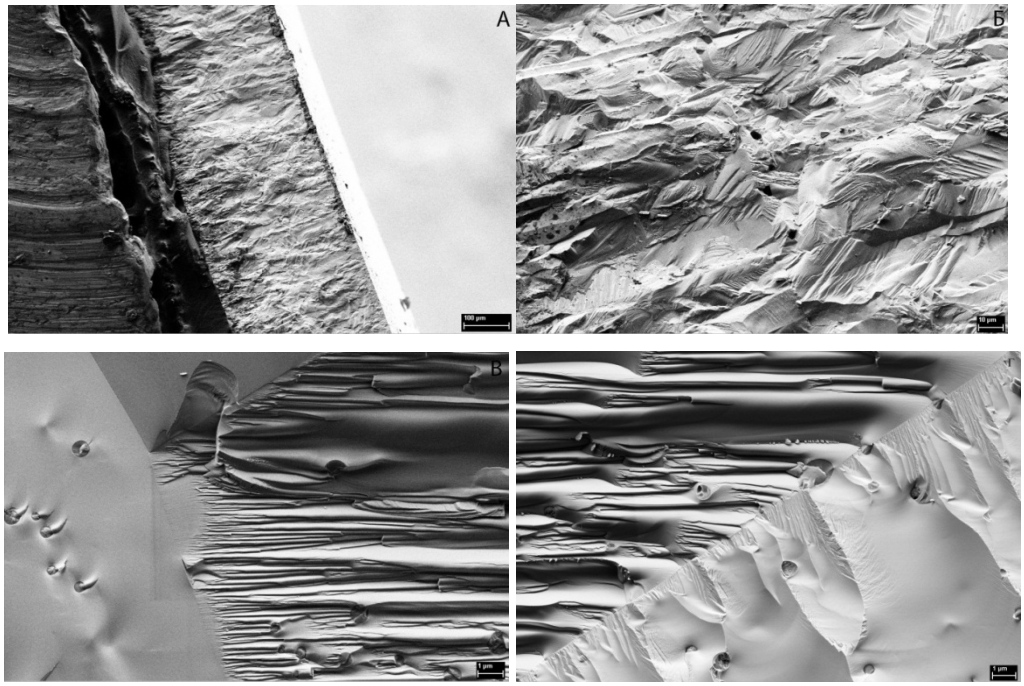


Рис 1. Изображения РЭМ сколов нитрида ванадия при увеличении 250^{x}(***а***), 1500^{x}(***б***), 10000^{x}(***в***) и 15000^{x}(***г***)

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Солнцеву К.А.

ИЗНОСОКОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ФТОРОПЛАСТОВОГО ВКЛЮЧЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕПЛАСТИКА

Шпенев А.Г.

ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского, г. Москва, Россия

e-mail: kel-a-kris@list.ru

Композиты на основе пластиковой матрицы и углеродного волокна являются перспективными материалами для изготовления подшипников и других трибосопряжений, работающих в режиме сухого трения или с водяной смазкой. В первом случае для компенсации повышенного износа и коэффициента трения может применяться технология модификации поверхности углепластика вставками фторопласта. Такая модификация значительно снижает коэффициент трения в паре углепластик – сталь и значительно увеличивает износостойкость композиции. Это позволило начать внедрение таких композиций в промышленности (на кораблях и гидросооружениях), но вопрос оптимизации количества, размеров и расположения включений пока исследован мало. В данной работе проведено исследование зависимости скорости изнашивания композиции углепластик – фторопласт от площади включений, учитывающее неравномерность износостойкости и температурного расширения материалов. С целью решения этой проблемы в работе поставлена и решена износоконтаткная задача о цилиндрическом изотропном включении в поверхности анизотропного полупространства. Проведено сравнение полученной теоретической модели с результатами испытаний проводившихся в ИПМех РАН на материалах ЦНИИ КМ «Прометей». Определена зависимость оптимальных размеров вставки от параметров контакта и свойств материалов. Полученные результаты позволяют решить задачу выбора оптимальных размеров включения для достижения максимальной износостойкости антифрикционного углепластика.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность акад. И.Г. Горячеву за научные консультации в процессе работы над статьей.

ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ АМОРФНОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ

Шувалова К.В.

ФГБОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

e-mail: ksieniia.shuvalova@mail.ru

В процессе хранения огнетушащих порошковых составов может происходить их слеживание и комкование, приводящее к снижению сыпучести и, как следствие, огнетушащей эффективности. Для предотвращения этих нежелательных явлений используется гидрофобизация – резкое снижение способности изделий и материалов смачиваться водой и водными растворами при сохранении паро- и газопроницаемости. В качестве гидрофобизаторов применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) и кремнийорганические жидкости (ГКЖ). Также для повышения сыпучести и уменьшения слеживаемости порошков в их состав вводят белую сажу ($SiO_2 \cdot nH_2O$).

Целью данной работы является установление механизма процесса гидрофобизации аморфной белой сажи (БС-120).

Гидрофобизацию осуществляли путем механохимического модифицирования диоксида кремния в вибромельнице с ударно-сдвиговым характером нагружения в присутствии полиметилгидридсилоксана (ГКЖ 136-14). Изучение поверхностных свойств модифицированного и не модифицированного оксида кремния проводили с использованием потенциометрического титрования и ИК-спектроскопии. Часть образцов подвергалась термической обработке при 80 °С в течение 3 часов.

Результаты потенциометрического титрования частиц не обработанной белой сажи показали, что на её поверхности при pK 2,4, 5,2, 6,6 присутствуют кислотные центры в количестве 0,697, 0,072, 0,097 ммоль/г соответственно. После механохимического модифицирования белой сажи (в течение 1,5-10 мин.) кислотные центры при pK 5,2, 6,6 не идентифицируются, что связано с их блокированием гидрофобизирующей кремнийорганической жидкостью. В процессе термической обработки гидрофобизатор полностью взаимодействует с активными центрами на поверхности оксида кремния, что подтверждается их отсутствием на pK спектрах.

Методом ИК-спектроскопического анализа установлено, что гидрофобизация белой сажи приводит к появлению новых химических связей на поверхности ее частиц, а именно CH_3-R, Si-H и Si-CH_3.

Таким образом, полимерные молекулы ГКЖ взаимодействуют с поверхностными центрами аморфной белой сажи, придавая ей водоотталкивающие свойства.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность Кунину А. В. (к.т.н., доцент) – научный руководитель, за помощь и консультацию в написании научно-исследовательской работы, Лапшину Д. Н. (аспирант) за консультацию по общим вопросам проведения экспериментов.

ВЛИЯНИЕ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА НА КРИТЕРИИ ВЯЗКОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МИКРО- И НАНОИНДЕНТИРОВАНИИ

Шуварин И. А.

НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» ТГУ имени Г. Р. Державина, г. Тамбов, Россия

e-mail: shuvarinivan@rambler.ru

Не смотря на достаточно большое количество публикаций по исследованию вопросов образования трещин при внедрении в материал жесткого индентора [1-6], до сих пор остаются открытыми вопросы связанные с границами применимости расчетных моделей трещинообразования и возможности корректного определения коэффициента вязкости разрушения – K_c индентирования [1-6].

Поэтому цель работы заключалась в исследовании влияния масштабного фактора (размера зоны деформирования) на трещинообразование и выполнение критериев необходимых для корректного определения величины K_c при динамическом макро-, микро- и наноиндентировании.

Исследование проводилось в широком интервале нагрузок *P* (1 мН – 200 Н) и глубин отпечатка *h* (40 нм–29 мкм). Объектами исследования служили наноструктурированные циркониевые керамики (модифицированные и не модифицированные углеродными нанотрубками – УНТ), полупроводники (Si), ионные кристаллы (LiF) и плавленый кварц.

Для расчета значений коэффициента вязкости разрушения *Kc* использовалась формула (1) [6].

$$Kc = 0{,}0363 * (\frac{E}{H})^{2/5} * \left(\frac{P}{a^{1,5}}\right) * (\frac{a}{C})^{1,56} \quad (1).$$

В результате проведенных исследований были установлены интервалы значений *P* и *h*, при которых выполняются необходимые критерии расчета параметров трещиностойкости (образование трещин в углах отпечатка; совпадение числа трещин и числа углов отпечатка; выполнение критерия $C/r \approx 2{,}0 – 2{,}5$, где *C* – длина трещины, *r* – характерный размер пластического отпечатка) [1, 3-4]. Показано, что границы выявленных интервалов зависят от исследуемого материала и типа применяемого индентора. В установленных интервалах *P* и *h* величина *Kc* для каждого из исследованных материалов остается постоянной. За пределами установленных интервалов происходит рост (при уменьшении *P*) или уменьшение (при увеличении *P*) величины *Kc*. При этом в образцах модифицированных УНТ величина *Kc* по абсолютной величине имеет большее значение, чем в не модифицированных.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Тюрину А. И.

Литература

1. Головин Ю.И. // М.:Машиностроение, 312 (2009).
2. Bhushan B. // Berlin.: Springer-Verlag, 1916 (2007).
3. Ponton C.B., Rawlings R.D. // Mater. Sci. and Technology, **5**, 865 – 872 (1989).
4. Ponton C.B., Rawlings R.D. // Mater. Sci. and Technology, **5**, 961 – 976 (1989).
5. Новиков Н.В., Дуб С.Н., Булычов С.И. // Заводская лаборатория, **54**, 60 (1988).
6. Richard J. Anton, Ghatu Subhash // Wear, **239**, 27 – 35 (2000).

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУР TiN И TiC НА ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ

Юрчук Д. В.
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт Петербург, Россия
e-mail: 667_766_d@mail.ru

Необходимость создания новых видов конструкционных материалов на основе наноструктурированной керамики, способных удовлетворять жестким эксплуатационным требованиям, диктуется развитием машиностроения, в частности, производства газовых турбин, водородных двигателей и др.

В работе обсуждается создание и исследование свойств керамических композиционных наноматериалов на основе структурированной нанонитями TiN или TiC алюмокислороной керамики с повышенной устойчивостью к термическим нагрузкам, в том числе для двигателестроения.

Причем, главное внимание уделяется исследованию процессов наноструктурирования алюмокислородной матрицы нанонитями TiN и TiC на основе проведения управляемых поверхностных химических реакций.

Учитывая хрупкость керамики мы в качестве дисперсной фазы выбрали нанонити TiN или TiC, что должно было приводить к увеличению вязкости разрушения.

Получение керамики включает: 1) подготовку керамической пористой заготовки (матрицы), 2) поверхностное наноструктурирование подготовленной керамической пористой заготовки наноструктурами TiC или TiN, 3) прессование и спекание с получением массивного керамического наноструктурированного материала на основе алюмокислородной матрицы с нанонитями TiC или TiN (1-100 нм).

В работе рассматривается газофазный метод наноструктурирования (армирования) алюмокислородной матрицы нанонитями (d=1-100 нм) TiN или TiC и поверхностное конструирование дисперсной наноразмерной фазы для направленного регулирования механических свойств. Существенное отличие предлагаемого метода от наиболее распространенного метода химического осаждения из газовой фазы (CVD) заключается в возможности создания не микронных, а нанометровых слоев с контролем состава в каждом формирующимся нанослое.

На основании проведённых исследований микроструктуры и механических свойств экспериментальных образцов были отработаны условия, которые позволяют получить плотноспекшуюся алюмокислородную керамику структурированную нанонитями TiN или TiC с равномерной микроструктурой и отсутствием внешней пористости (прочность на изгиб – 1200 МПа).

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность профессору кафедры ХТТ СПбГУ Смирнову В.М. и с.н.с., к.х.н. каф. химии твердого тела химического факультета СПбГУ Земцовой Е.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМЫ «НИКЕЛЬ-АЛЮМИНИЙ»

Яковлева Н.В.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: victorm@crism.ru

Жесткие условия эксплуатации химических источников тока и систем конверсии углеводородного сырья в водородосодержащее топливо требует разработки новых каталитически-активных материалов, в том числе с элементами наноструктуры. Практика показывает, что массоперенос и селективность катализаторов, так же как вольт-амперные характеристики электродных материалов во многом определяются величиной удельной поверхности, которая в свою очередь зависит от объема пор и их распределения по размерам.

Целью настоящей работы явилось исследование влияние состава исходных порошковых композиций при нанесении объемно-пористых покрытий на основе оксида алюминия γ-Al_2O_3 и интерметаллидов системы «Ni-Al» на их характеристики пористости.

Вычисление характеристик пористости, включая удельную поверхность, объем пор и распределение пор по размерам выполнялось по результатам экспериментальных измерений количества азота, поглощенного покрытиями. Изотермы сорбции снимались при температуре кипения жидкого азота – 196 ^{0}C в зависимости от величины относительного давления с помощью автоматического газового адсорбционного анализатора «Tristar 3020».

Объектом исследования были объемно-пористые покрытия, полученные напылением композиционных порошков на металлическую ленту микроплазменным методом. Для напыления каталитических покрытий на основе Al_2O_3 были выбраны композиции на основе оксигидрооксида AlO(OH) с разными материалами связки, а именно с традиционным Al и с Ni. Покрытия на основе интерметаллидов системы «Ni-Al» в виде сплава НАТ-10-5 (Al –осн.; 40-45 % Ni; 2-5 % Ti; 1-5 % Cr; 1-5% Ce) различались наличием в исходной композиции добавки 5 об. % NaCl или без нее. После напыления покрытия на основе Al_2O_3 подвергались отжигу, а интерметаллидные покрытия травлению в растворе щелочи для увеличения пористости.

Исследования показали, что пористые покрытия на основе Al_2O_3 с материалом-связкой Ni обладают после термической обработки более высокой пористостью по сравнению с покрытиями с материалом связкой Al. Увеличение удельной поверхности покрытий с добавкой Ni обусловлено ростом объема мезопор.

Добавление 5% NaCl в порошковую композицию НАТ-10-5 положительно влияет на удельную поверхность, увеличивая ее в 3 раза.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Фармаковскому Б.В., а также своим коллегам Улину И.В., Юркову М.А., Красикову А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ СО СЛОЖНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Якубович О. И.

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Беларусь

e-mail: tm.belsut@gmail.com

Необходимость обеспечения высоких прочностных качеств железобетона имеет большое значение для практики строительства. Одним из путей решения этой проблемы является оптимизация взаимодействия бетонной матрицы с упрочняющей арматурой. Ранее нами был выполнен анализ напряженно-деформированного состояния консольной балки, армированной только продольными стержнями. Цель представленной работы состоит в том, чтобы на основе конечноэлементного моделирования балки со сложным армированием установить особенности ее напряженно-деформированного состояния, обусловленного постановкой поперечной арматуры.

В качестве объекта исследования рассматривалась свободно опертая балка с прямоугольным поперечным сечением 20×40 см, армирование которой обеспечивалось четырьмя продольными стальными стержнями диаметром 18 мм, а также поперечной арматурой диаметром 8 мм. Принималось, что модули упругости материала матрицы и арматурной стали 27 и 200 ГПа, их коэффициенты Пуассона – 0,2 и 0,3 соответственно.

Модель создавалась средствами программного комплекса ANSYS. Балка представлена в виде периодической структуры, каждый элемент которой соответствовал шагу размещения поперечной арматуры 100 мм. Автоматическое создание сетки элементов оказалось невозможным вследствие наличия особенностей в местах контакта поверхностей арматурных стержней. Поэтому методика создания геометрической модели была дополнена операцией разбиения элементов модели на такие части, для которых точка соприкосновения арматурных стержней принадлежит каким-либо линиям. Сложность геометрической формы областей соприкосновения стержней обусловила применение четырехузловых тетраэдральных конечных элементов.

Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния балки, находящейся под действием равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью 50 кН/м. Разработанная конечноэлементная модель позволила установить, что напряжения в поперечных сечениях арматуры существенно изменяются в пределах сечения каждого арматурного стержня, в то время как обычно считается, что эти напряжения постоянны. Получено также, что напряжения изменяются немонотонно по длине арматурного стержня. Максимум напряжений наблюдается вблизи мест соприкосновения стержней. Перераспределение напряжений обусловлено существенным различием физических констант арматуры и матрицы.

Разработанная методика конечноэлементного моделирования композитных материалов может быть использована для оптимизации расположения арматурных стержней на основе обеспечения требуемых значений главных напряжений в арматуре и матрице.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность за оказанную помощь в подготовке работы своему научному руководителю д. т. н. Шимановскому А. О.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОЙ И ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ЭВОЛЮЦИЮ МИКРОСТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОЙ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 10Х18Н8Д3БР

Янушкевич Ж.Ч.

НИУ «БелГУ», г. Белгород, Россия

e-mail: yanushkevich@bsu.edu.ru

В настоящее время аустенитные коррозионностойкие стали широко используются в различных отраслях промышленности, что определяется уникальным сочетанием их механических и функциональных свойств. Основным недостатком сталей, ограничивающим их использование как конструкционного материала, является их низкий предел текучести. Эффективным способом увеличения прочности материала в результате измельчения зерен является горячая или теплая деформационная обработка, сопровождаемая развитием динамической рекристаллизации [1].

Прутки аустенитной коррозионностойкой стали 10Х18Н8Д3БР (Fe-0,1C-0,1Si-0,95Mn-0,01P-0,006S-18,4Cr-7,85Ni-0,5Nb-2,24Cu-0,12N-0,005B (вес. %)) были подвергнуты прокатке в несколько проходов, предварительно нагревая заготовки в муфельной печи при температурах от 500 до 1000 °С. Прокатку проводили до истинных степеней деформации ε ~ 0,5; 1; 1,5; 2.

Прокатка при 700 ˚С до степени деформации 0,5 приводит к формированию многочисленных субграниц, в виде пространственных сеток в исходных зернах, причем разориентировка таких субграниц существенно различается. Количество границ деформационного происхождения увеличивается с увеличением степени деформации. Данные структурные изменения связаны с действием непрерывного механизма динамической рекристаллизации. При температуре прокатки 1000 °С критическая степень деформации для формирования новых зерен в результате локальной миграции исходных границ меньше, чем степень деформации необходимая для накопления разориентировки дислокационных субграниц до значений, характерных для высокоугловых границ. В таких условиях реализуется механизм прерывистой динамической рекристаллизации. Локальная миграция отдельных участков исходных границ зерен приводит к появлению свободных от решеточных дислокаций микрообъемов, которые можно рассматривать как зародыши динамической рекристаллизации. При дальнейшей деформации такие зародыши растут, поглощая при этом соседние зерна с повышенной плотностью дефектов [2].

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.ф-м.н. Белякову А. Н.

Литература

1. Belyakov A., Sakai T., Miura H., Kaibyshev R. Grain refinement under multiple warm deformation in 304 type austenitic stainless steel. Iron Steel Inst. Jpn. Int. 39, pp. 592-599, (1999).

2. Yanushkevich Z., Belyakov A., Kaibyshev R. Structural changes in 304-type austenitic stainless steel processed by multiple hot rolling. Advanced Materials Research. Vol. 409, pp 730-735, (2012).

Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (грант № 14.A18.21.0439).

ВОЗДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА МЕЗОСТРУКТУРУ АМОРФНОГО ГИДРАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Япрынцев А.Д.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, г. Москва, Россия

e-mail: yaprynsev@yandex.ru

Использование подходов «мягкой химии» позволяет получать нанокристаллические и высокодисперные оксидные материалы с заданными морфологическими и функциональными характеристиками. Гибкость указанных подходов связана не только с возможностью варьирования условий проведения синтеза (таких как температура реакционной среды, состав раствора, использование поверхностно-активных веществ и т.п.), но и использованием дополнительных физических воздействий на систему, таких, например, как микроволновая или ультразвуковая обработка.

Механизмы протекания реакций при ультразвуковом воздействии (сонохимических реакций) в гомогенных жидкофазных системах к настоящему времени достаточно хорошо изучены и могут быть описаны в рамках альтернативных теорий «горячей точки» и «локальной электризации». С другой стороны, представления о специфике мощного акустического воздействия на физико-химические процессы, протекающие в гетерогенных системах (в первую очередь в золях и суспензиях аморфных веществ), развиты в значительно меньшей степени.

Целью настоящей работы является установление особенностей формирования гидратированного диоксида циркония в условиях мощного ультразвукового воздействия, а также изучение процессов его термического разложения.

В рамках работы были решены следующие задачи:

1. Осаждение гидратированного диоксида циркония из различных прекурсоров при различных pH среды, как в условиях ультразвукового воздействия, так и без него;

2. Термическая обработка полученных ксерогелей;

3. Характеризация полученных образцов методами рентгенофазового и термического анализа, методом низкотемпературной адсорбции азота;

4. Анализ структуры аморфного $ZrO_2 \cdot nH_2O$ методом МУРР (SAXS) и МУРН (SANS).

Установлено, что применение ультразвукового воздействия при осаждении гелей гидратированного диоксида циркония из водного раствора нитрата цирконила приводит к уменьшению количества сорбируемых ионов в гелях ZrO_2. Удельная площадь поверхности ксерогелей гидратированного диоксида циркония, полученных в условиях ультразвуковой обработки, значительно превышает аналогичную характеристику контрольных образцов, в особенности в области низких pH среды.

Установлено, что использование ультразвуковой обработки при осаждении $ZrO_2 \cdot nH_2O$ методом гидролиза пропоксида циркония водными растворами азотной кислоты и аммиака в широком диапазоне pH позволяет не только увеличить удельную площадь поверхности получаемых ксерогелей (до 250 $м^2/г$), но и существенно увеличить фрактальную размерность их поверхности (вплоть до 2.9–3.0).

ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛООБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МИШЕНИ ZnO В РЕЖИМЕ СИЛЬНОТОЧНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Ярахмедов В.Т.

ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный университет», г. Махачкала, Россия, РД

e-mail: v.yaraxmedov@mail.ru

Эксперименты по распылению припаянной к поверхности магнетрона («холодной») и неприпаянной («горячей») мишени ZnO показали существенную разницу в механизмах формирования топологии ее поверхности. Поверхность неприпаянной мишени подвергается существенной модификации в процессе ее распыления при плотностях разрядного тока $j > 60$ мА/см^2. При таких режимах, из-за недостаточного теплоотвода от мишени, ее температура повышается и это влияет как на процессы формирования элементов рельефа поверхности мишени, так и на состав и характеристики эмиссионного потока. Температура (цветовая) мишени при плотности тока $j = 120$ мА/см^2 поднимается до 900-1000^{0}С (из-за отсутствия пирометра оценка сделана визуально через смотровое окошко вакуумной камеры в момент выключения разряда).

Вследствие интенсивного дефектообразования при ионной бомбардировке коэффициент диффузии частиц на поверхности мишени оказывается существенно выше, чем при обычной термической диффузии. Ионная бомбардировка также стимулирует испарение вещества (ее можно назвать радиационно-ускоренной сублимацией). Поэтому, характерная морфология поверхности мишени в зоне эрозии (рис. 1а) является формой развития рельефа в результате каскадного распыления и радиационно-ускоренных процессов диффузии и испарения.

В областях, примыкающих к зоне эрозии (край и центр мишени) происходит формирование рельефа в виде специфических кристаллических образований (рис.1. б, в). Температура в зоне эрозии выше температуры в центре и на краю мишени. Предполагается, что перепад температуры в указанных областях составляет величину до ~200 ^{0}С. Это позволяет считать, что область эрозии – это зона эмиссии (испарения) вещества, а центр и край мишени – зоны осаждения. Плотность потока вещества в зону роста и ее температура являются параметрами, от которых существенно зависят структурные особенности конденсата, вследствие чего характерная форма кристаллических образований в центре и на краю мишени сильно различаются.

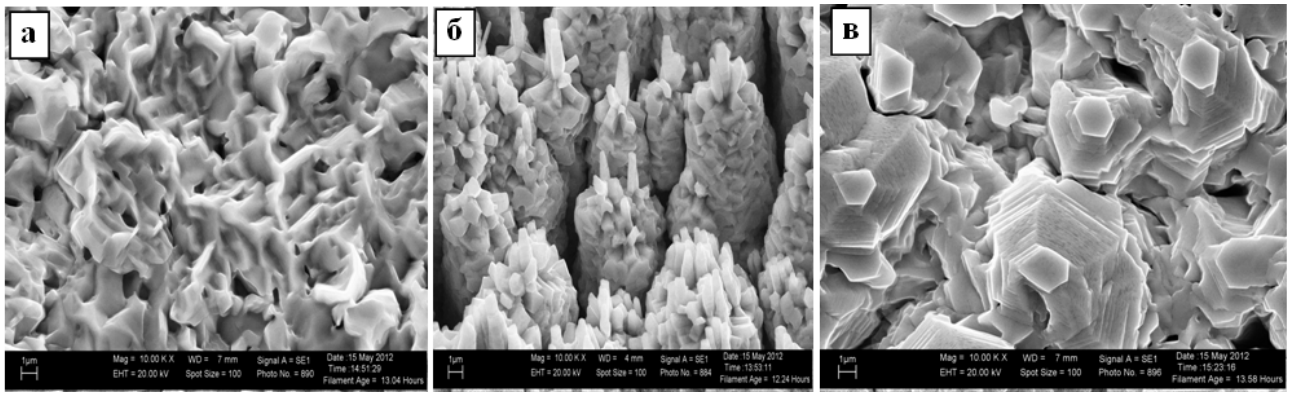


Рис. 1. Топология поверхности мишени ZnO, а- зона эрозии, б- край мишени, в- центр мишени.

Выражение благодарности. Автор выражает благодарность доценту Исмаилову А.М. за предложенную тему и помощь на всех этапах выполнения работы.

Научное издание

Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием
"ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ"

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Принято к печати
Федеральным государственным бюджетным учреждением науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва

Компьютерная верстка: *А.И. Огарков*

Подписано в печать 24.04.2013. Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Segoe. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,73.
Тираж 35 экз. Заказ № z79.

Издательство ООО "Ваш полиграфический партнер"
127238, г. Москва, Ильменский пр, д. 1, стр. 6

Типография "Printing House", ООО "Пинта"
115193, г. Москва, ул. Кожуховская 7-ая, д. 15А