



Том 3

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
В ПЯТИ ТОМАХ**

26–30 сентября
ЕКАТЕРИНБУРГ • 2016



УДК 54+66
ББК 24+35

XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 5 т.
Т. 2а : тез. докл. – Екатеринбург: Уральское отделение Российской академии наук, 2016 г.. – 512 с.

ISBN - ISBN - 978-5-7691-2450-1.

Т. 3 : тез. докл. – Екатеринбург: Уральское отделение Российской академии наук, 2016 г.. – 512 с.

Т. 3. Физико-химические основы металлургических процессов
Актуальные вопросы химического производства, оценка технических рисков
Химические аспекты альтернативной энергетики

ISBN - ISBN - 978-5-7691-2450-1.

Том 3 содержит тезисы пленарных докладов съезда, а также ключевые, приглашенные, устные и стендовые доклады, сообщения заочных участников секций «Физико-химические основы металлургических процессов», «Актуальные вопросы химического производства, оценка технических рисков», «Химические аспекты альтернативной энергетики», а также авторский указатель.

УДК 54+66
ББК 24+35

**XX Менделеевский съезд проводится под эгидой Международного союза
по теоретической и прикладной химии (IUPAC)**

ОРГАНИЗАТОРЫ СЪЕЗДА

Российская академия наук

Уральское отделение Российской академии наук

Министерство образования и науки РФ

Правительство Свердловской области

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Федеральное агентство научных организаций

**Институт физической химии и электрохимии
им. Фрумкина РАН**

Институт органического синтеза

им. И.Я. Постовского УрО РАН

Российский фонд фундаментальных исследований

Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева

Национальный комитет российских химиков

Российский союз химиков

**Генеральный партнер –
Благотворительный фонд «Искусство, наука и спорт»**

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады 7

Тезисы докладов секции 3

«Физико-химические основы металлургических процессов»: 29

- Ключевые доклады..... 31
- Приглашенные доклады 37
- Устные доклады 47
- Стендовые доклады 133
- Заочные доклады 223

Тезисы докладов секции 4

**«Актуальные вопросы химического производства,
оценка технических рисков»:..... 249**

- Ключевые доклады..... 251
- Приглашенные доклады 255
- Устные доклады 265
- Стендовые доклады 287
- Заочные доклады 311

Тезисы докладов секции 5

«Химические аспекты альтернативной энергетики»: 333

- Ключевые доклады..... 335
- Приглашенные доклады 341
- Устные доклады 351
- Стендовые доклады 395
- Заочные доклады 453

Алфавитный указатель 467

Партнеры и спонсоры.....485

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

GRAND CHALLENGES IN MASS SPECTROMETRY

Cooks R.G.

Department of Chemistry, Purdue University, West Lafayette, IN, USA

Three major challenges for molecular mass spectrometry are presented and it is argued that each of these is achievable on a five-year time scale. These objectives are:

1. Future mass spectrometers will see routine use in surgical diagnosis and clinical point-of-care applications. There is already considerable progress towards ambient ionization for tissue diagnostics using complex lipid profiles, especially in brain cancer [1]. Applications in clinical POC are emerging rapidly [2]. Both types of applications call for small, portable instruments [3].

2. Future mass spectrometers will operate at atmospheric pressure. Ambient ionization [4], ambient ion focusing [5], and ambient ion detection [6] are already established. The ability to make mass/charge measurements without vacuum is still to be realized.

3. Future mass spectrometers will find routine use in organic and nanomaterial synthesis. Preparative mass spectrometry is already used to modify surfaces through the method of ion soft landing [7]. More recently electrolytic spray from an inert solvent has been shown to be a method of creating nanomaterials [8] while the remarkable acceleration of chemical reactions in microdroplets [9] has been used to synthesize organic compounds on the mg scale.

References

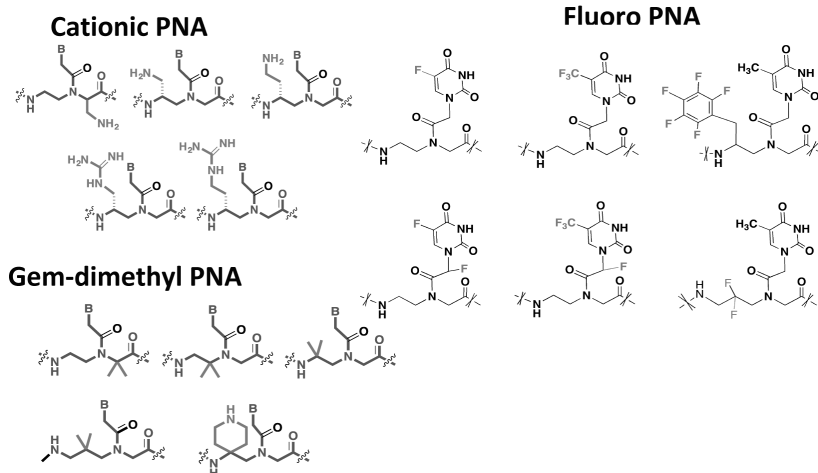
1. Jarmusch A.K., Pirro V., Baird Z., et al. PNAS, 113, 1486-1491 (2016)
2. Ferreira C.R., Yannel K.E., Jarmusch A.K., et al. Clin. Chem. 62 99-110 (2016)
3. Snyder D.T., Pulliam C.J., Ouyang Z., et al. Anal. Chem. 88 2-29 (2016)
4. Monge M.E., Harris G.A., Dwivedi P., Fernandez F.M. Chem. Rev. 113, 2269 – 2308 (2013)
5. Baird Z., Wei P., Cooks R.G., Analyst, 140 696-700 (2015)
6. Hadjar O., Wang P., Futrell J.H., Dessiaterik Y., Zhu Z., Cowin J.P., Iedema M.J., Laskin J. Anal. Chem., 79, 6566–6574 (2007)
7. Cyriac J., Pradeep T., Kang H., Chem. Rev. 112, 5356 – 5411 (2012)
8. Li A., Baird Z., Bag S., et al. Angew. Chem.Int. Ed. 53 12528-12531 (2014)
9. Li Y., Yan X., Cooks R.G. Angew.Chem. Int. Ed. 55 3433-3437 (2016)

NEW GENERATION PNA ANALOGUES FOR EFFECTIVE CELL PERMEATION

Ganesh K.N., Elipilli S., Kulkarni P.

Indian Institute of Science Education and Research, Dr. HomiBhabha Road,
Pune 411008, India, e-mail: kn.ganesh@iiserpune.ac.in

Peptide nucleic acids (PNA) are a class of DNA mimics, wherein the non-ionic ethylenediamine-glycine backbone replaces the anionic sugar-phosphate backbone. They bind complementary DNA or RNA with high affinity and selectivity and hence promised great potential as antisense therapeutic agents. However their poor aqueous solubility, cell penetration abilities and equal affinity for iso-sequential DNA / RNA (which decreases their target specificity by half) have restricted their applications. In order to overcome these drawbacks, we have designed, synthesized and evaluated several cationic, fluorinated and gem dimethyl substituted PNAs as new generation PNA analogues that have a good compromise of hydrophobic/hydrophilic balance for effective cell permeation. This lecture presents a comparative study of complementation with iso-sequential DNA / RNA and cell permeation abilities enhanced by their inherent abilities to form nanoparticles.



References

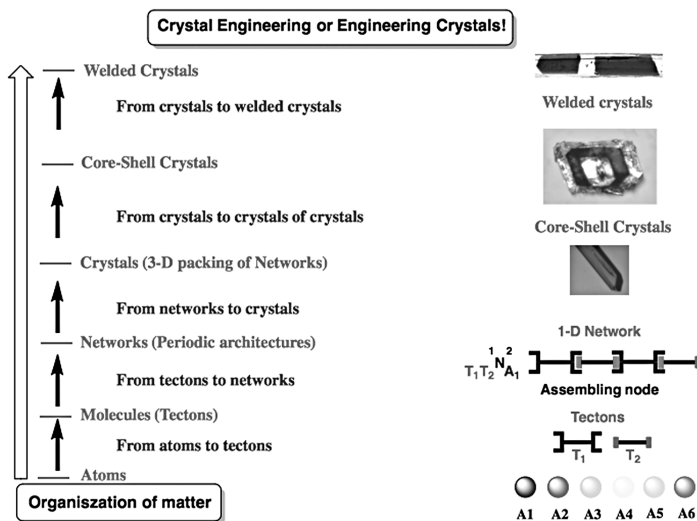
1. Jain, D.R. Jain; Ganesh, K.N. *J. Org. Chem.* **2014**, *79*, 6708–6714.
2. Jain, D.R.; Libi, A.V.; Lahiri, M.; Ganesh, K.N. *J. Org. Chem.* **2014**, *79*, 9567-9577.
3. Ellipilli, S.; Ganesh, K.N. *J. Org. Chem.* **2015**, *80*, 9185-9191.
4. Ellipilli, S.; Murthy, R.S.; Ganesh, K.N. *ChemCommun*, **2016**, *52*, 521-524.

MOLECULARTECTONICS: FROM MOLECULES TO CRYSTAL WELDING

Hosseini M.W.

*Laboratoire de Tectonique Moléculaire, UMR UDS-CNRS 7140, University of Strasbourg,
Institut Le Bel, 4, rue Blaise Pascal, 67000 Strasbourg, France,
e-mail hosseini@unistra.fr*

The design and construction of periodic architectures in the crystalline phase are attracting considerable interest over the last two decades. For both design and analysis of molecular crystals, we have developed a strategy called molecular tectonics which is based on the formation of molecular networks through the design of complementary tectons or molecular construction units. The generation of molecular networks and subsequently of crystals is achieved by self-assembly processes based on repetitive molecular recognition events. This approach, combining supramolecular synthesis and self-assembly processes in the solid state, is operational and versatile and allows the design and construct a variety of complex purely organic or hybrid architectures. The approach will be presented and illustrated by a variety of tectons and networks.



References

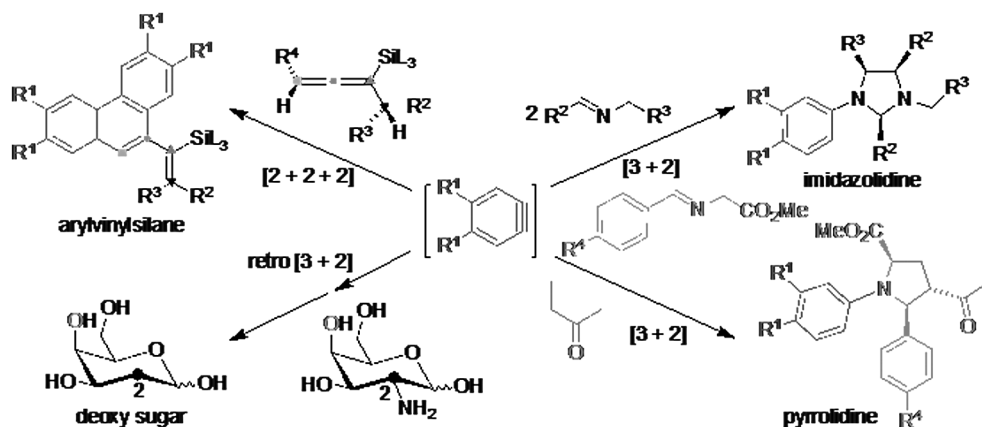
- Hosseini M.W. Acc. Chem. Res., 2005, 38, 313; Hosseini M.W. Chem. Commun., FocusArticle, 582 (2005); Hosseini M.W. CrytsEngComm., 2004, 6, 318.
- Marinescu G., Ferlay S., Kyritsakas N., Hosseini M.W. Chem. Commun., 2013, 49, 11209; Adolf C., Ferlay S., Hosseini M.W. J. Amer. Chem. Soc., 2015, 137, 15390.
- ElGarah M., Marets N., Bonacchi S., Mauro M., Ciesielski A., Bulach V., Hosseini M.W., Samori P. J. Amer. Chem. Soc. 2015, 137, 8450.

NOVEL ARYNE-INDUCED REACTIONS AND APPLICATIONS TO FUNCTIONAL COMPOUND SYNTHESSES

Hwu J.R., Swain S.P., Chang-Hsu Y., Shih Y.-C., Chandrasekhar D.B., Tsay S.-C.

Department of Chemistry, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
E-mail: jrhwu@mx.nthu.edu.tw

An efficient method is developed for direct synthesis of various arenes bearing a vinylsilane moiety from two equivalents of benzyne and one equivalent of allenylsilanes. It proceeds through a novel [2 + 2 + 2] pathway, which is induced by benzyne. The success is attributed to the stabilizing capability of a silicon^{1,2} on a β vinyl carbocation by the $\sigma_{\text{Si-C}} \rightarrow \rho_z \text{ empty}$ hyperconjugation and, subsequently, on a β carboradical by the $\sigma \rightarrow \pi$ hyperconjugation. This reaction leads to the desired arenes in good-to-excellent yields with high regioselectivity under mild conditions.³



Our success in the development of a new “single-flask” method⁴ for the syntheses of imidazolidines and pyrrolidines with high stereoselectivity is also reported in this talk. It involves a tandem 1,2-addition of a Schiff base to an aryne, formation of an azomethine ylide, and a (3 + 2) cycloaddition to an alkene. The aryne method has been extended successfully as the key steps in new syntheses of deoxy-⁵ and iminosugars in an optically active form.

References

1. Hwu J.R., Shiao S.-S., Tsay S.-C. J. Am. Chem. Soc. 2000, 122, 5899.
2. Hwu J.R., Tsay S.-C., Lin L.C., Chueh L.L. J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 5104.
3. Hwu J.R., Swain S.P. Chem. Eur. J. 2013, 19, 6556.
4. Swain S.P., Shih Y.-C., Jacob J., Tsay S.-C., Lin C.-C., Hwang K.C., Horng J.-C., Hwu J.R. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 2015, 54, 9926.
5. Chang-Hsu Y., Hwu J.R. Chem. Eur. J. 2012, 18, 7686.

A NEW VIEW ON MULTIVALENCY EFFECTS IN CARBOHYDRATE RECOGNITION

Lindhorst T.K.

Otto Diels Institute of Organic Chemistry, Christiana Albertina University of Kiel, Otto-Hahn-Platz 3-4, D-24118 Kiel, Germany, e-mail: tkind@oc.uni-kiel.de

Multivalency effects are essential in carbohydrate recognition processes and crucial in cell biology. Accordingly, multivalent glycoconjugates have evolved as useful tools for the investigation of glycobiology. We have expanded the collection of multivalent glycomimetics by photoswitchable glycoarrays,¹ photoswitchable cell surfaces,² and stereo-differentiated cluster glycosides and will show their effects in adhesion of bacterial cells (cf. Fig. 1).

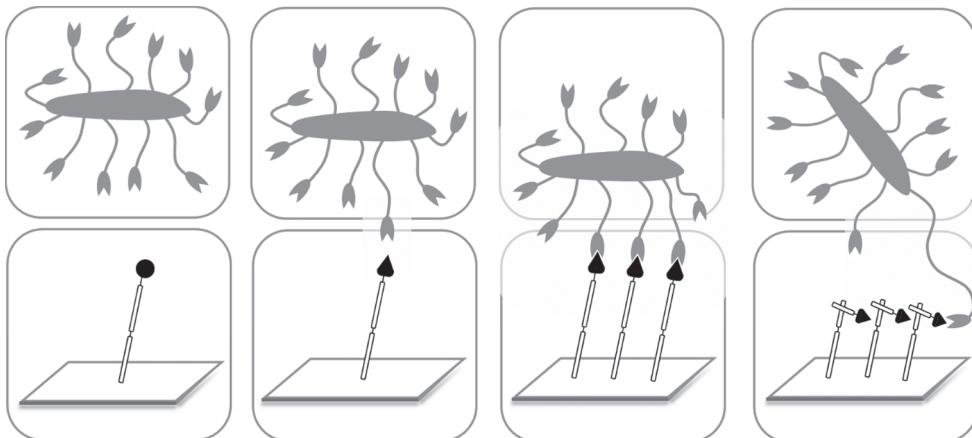


Figure 1. Carbohydrate-specific adhesion of bacterial cells to glycoarrays depends on the nature of the sugar and also on orientational effects.

References

1. Weber T., Chandrasekaran V., Stamer I., Thygesen M. B., Terfort A., Lindhorst T.K. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014, 53, 14583-14586.
2. Möckl L., Müller A., Bräuchle C., Lindhorst T.K. *Chem. Commun.* 2016, 52, 1254-1257.

ORGANIC-BASED MAGNETS: NEW CHEMISTRY, PHYSICS, AND MATERIALS FOR THIS MILLENNIUM

Miller J.S.

*Department of Chemistry, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112-0850 USA, e-mail:
jsmiller@chem.utah.edu*

Molecule-based materials exhibiting the technologically important property of bulk magnetism have been prepared and studied in collaboration with many research groups worldwide frequently exhibit supramolecular extended 3-D structures. These magnets are prepared via conventional organic synthetic chemistry methodologies, but unlike classical inorganic-based magnets do not require high-temperature metallurgical processing. Furthermore, these magnets are frequently soluble in conventional solvents (*e. g.*, toluene, dichloromethane, acetonitrile, THF) and have saturation magnetizations more than twice that of iron metal on a mole basis, as well as in some cases coercive fields exceeding that of all commercial magnets (*e.g.*, Co₅Sm). Also several magnets with critical temperatures (T_c) exceeding room temperature have been prepared. In addition to an overview of magnetic behavior, numerous examples of structurally characterized magnets made from molecules will be presented. Our groups has discovered ten families of molecule-based magnets, mostly organic-based, and have significantly contributed to the family based upon the Prussian blue structure. Four examples magnetically order above room temperature and as high at 127 °C. These will include $[M^{III}(C_5Me_5)_2][A]$, $[Mn^{III}(\text{porphyrin})][A]$ ($A = \text{cyanocarbon etc. electron acceptors}$) as well as $M[\text{TCNE}]_x$, which for $M = V$ is a room temperature magnet that can be fabricated as a thin film magnet via Chemical Vapor Deposition (CVD) techniques. A newer class of magnets of $[Ru_2(O_2CR)_{4/3}[M(CN)_6]$ ($M = Cr, Fe; R = Me, t\text{-Bu}$) composition will also be discussed. For $R = Me$ an interpenetrating, cubic (3-D) lattice forms and the magnet exhibits anomalous hysteresis, saturation magnetization, out-of-phase, $\chi''(T)$, AC susceptibility, and zero field cooled-field cooled temperature-dependent magnetization data. This is in contrast to $R = t\text{-Bu}$, which forms a layered (2-D) lattice. Additionally, new magnets possessing the nominal Prussian blue composition, $M'[M(CN)_6]_x$ and $(\text{Cation})_yM'[M(CN)_6]$, but not their structure, will be described. New physics observed from examples of organic-based magnet will be discussed.

NEW ASPECTS OF STEREOCONTROLLED PROPYLENE POLYMERIZATION AND OLIGOMERIZATION

Nozaki K.

*Department of Chemistry and Biotechnology, The University of Tokyo,
Hongo 7-3-1 Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan,
e-mail:nozaki@chembio.t.u-tokyo.ac.jp*

Control over regio- and stereoregularity has been crucial in any type of propylene polymerization catalysts. In addition to the homopolymerization, the late transition metal catalyzed copolymerization of olefins with polar monomers has recently emerged as a powerful method for the synthesis of functional polyolefins. Despite the substantial progress in this area, most catalytic systems are still restricted to the copolymerization of ethylene and polar monomers, and examples of the copolymerization of propylene and polar monomers remain scarce.¹ Here we report moderately isospecific homopolymerization of propylene and the copolymerization of propylene and polar monomers has been achieved with palladium complexes bearing a phosphine-sulfonate ligand.²

Propylene polymerization was also successfully applied to natural product synthesis. Here we show the construction of the deoxypropionate structure from propylene in a single step to achieve a three-step synthesis of (2R,4R,6R,8R)-2,4,6,8-tetramethyldecanoic acid, a major acid component of a preen-gland wax of the graylag goose. Furthermore, multiple oligomers with different number of deoxypropionate units were isolated from one batch, showing application to the construction of library.³

References

1. Nakano R., Nozaki K. J. Am. Chem. Soc. 2015, 137, 10934-10937.
2. Ota Y., Ito S., Kobayashi M., Kitade S., Sakata K., Tayano T., Nozaki K. Angew. Chem., Int. Ed. 2016, in press.
3. Ota Y., Murayama T., Nozaki K. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2016, 113, 2857-2861.

QUASI-PERIODIC CRYSTALS – A PARADIGM SHIFT IN CRYSTALLOGRAPHY

Shechtman D.

Technion, Haifa, Israel and ISU, Ames, Iowa, USA

Crystallography has been one of the mature sciences. Over the years, the modern science of crystallography that started by experimenting with x-ray diffraction from crystals in 1912, has developed a major paradigm – that all crystals are ordered and periodic. Indeed, this was the basis for the definition of “crystal” in textbooks of crystallography and x-ray diffraction. Based upon a vast number of experimental data, constantly improving research tools, and deepening theoretical understanding of the structure of crystalline materials no revolution was anticipated in our understanding the atomic order of solids.

However, such revolution did happen with the discovery of the Icosahedral phase, the first quasi-periodic crystal (QC) in 1982, and its announcement in 1984 [1, 2]. QCs are ordered materials, but their atomic order is quasiperiodic rather than periodic, enabling formation of crystal symmetries, such as icosahedral symmetry, which cannot exist in periodic materials. The discovery created deep cracks in this paradigm, but the acceptance by the crystallographers' community of the new class of ordered crystals did not happen in one day. In fact it took almost a decade for QC order to be accepted by most crystallographers. The official stamp of approval came in a form of a new definition of “Crystal” by the International Union of Crystallographers. The paradigm that all crystals are periodic has thus been changed. It is clear now that although most crystals are ordered and periodic, a good number of them are ordered and quasi-periodic.

While believers and nonbelievers were debating, a large volume of experimental and theoretical studies was published, a result of a relentless effort of many groups around the world. Quasi-periodic materials have developed into an exciting interdisciplinary science.

This talk will outline the discovery of QCs and describe the important role of electron microscopy as an enabling discovery tool.

References

1. Shechtman D., Blech I., *Met. Trans.* 16A (June 1985) 1005-1012.
 2. Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J.W., *Phys. Rev. Letters*, Vol 53, No. 20 (1984) 1951-1953.
- MO-PL03

THE ROLE OF NANOSTRUCTURED MATERIALS IN ENHANCING THE PHOTOPHYSICAL BEHAVIOUR OF PHTHALOCYANINES

Tebello Nyokong

Department of Chemistry, Rhodes University, Grahamstown, 6140, South Africa, e-mail: t.nyokong@ru.ac.za

Nanomaterials have attracted a great deal of interest since they display properties that are not present in the macroscopic materials. The surface of NPs may be modified with different functional groups including photosensitizers for different applications. The combination of phthalocyanines with nanomaterials such as carbon nanotubes, quantum dots, fullerenes, upconversion and metal nanoparticles has been shown to improve their photosensitizing behavior. Phthalocyanines (Pcs) are now well known as photosensitizers for photodynamic therapy (PDT) and photodynamic antimicrobial chemotherapy (PACT). Photophysical properties of interest for Pcs in the presence of nanomaterials include triplet state yields and lifetimes, singlet oxygen quantum yields and nonlinear optical behavior. The various methods for the conjugation of nanomaterials with MPCs, Fig. 1, such as adsorption, covalent bonding by click chemistry or amide bond formation, will be discussed.

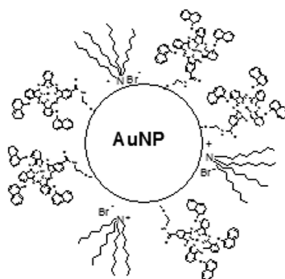


Figure 1. Attachment of phthalocyanines to gold nanoparticle (AuNP)

The conjugates formed are characterized by several methods including laser flash photolysis, time correlated single photon counting, steady state fluorescence, Raman, X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron and UV/Vis spectroscopies. Microscopy techniques such as atomic force microscopy and scanning electron microscopy are also used in characterizing the conjugates.

CHEMINFORMATICS HAS IT HANDS IN ALL HUMAN AFFAIRS

Tropsha A.

*CB # 7568 Beard Hall, UNC Eshelman School of Pharmacy, UNC Chapel Hill, NC 27599, USA,
email: alex_tropsha@unc.edu*

The term “cheminformatics” was coined in 1998 by one of the eminent industrial computational chemists as a field that uses “computer and informational techniques applied to a range of problems in the field of chemistry”. However, the roots of cheminformatics could be traced all the way back to Dmitri Ivanovich Mendeleev who analyzed large amounts of chemical data and established and visualized patterns that were nonobvious. In the last two decades, cheminformatics has become one of the most commonly employed approaches to modeling physical and biological properties of chemicals along with two other fundamental computational approaches such as quantum mechanics and molecular mechanics. In this presentation, we will discuss: (i) the development and evolution of cheminformatics as applied to drug discovery; (ii) the current trends, unsolved problems, and pressing challenges; and (iii) several novel and emerging applications of cheminformatics. We will provide guidelines and best practices for development, validation, and application of cheminformatics models.¹ We will emphasize the importance of communications between computational and experimental chemists towards collaborative development and use of models. We will also address the issue of data accuracy and reproducibility that are particularly important for computational scientists such as bio- and cheminformaticians whose success inherently depends on the quality of experimental data used as inputs for their models. We will describe the enhanced chemical and biological data curation workflow² that can be utilized to improve the quality of data analysis and interpretation as well as boost the prediction performances of computational models. We will discuss emerging applications of cheminformatics methods and tools in the areas as diverse as materials³ and nanomaterials⁴ science, drug delivery⁵, chemical toxicology⁶, pharmacoepidemiology⁷ and education emphasizing the importance of (big) data integration and the experiment-guiding power of cheminformatics models.

References

1. Cherkasov et al., *J Med Chem.* 2014, 57:4977.
2. Fourches D, Muratov E, Tropsha A. *Nat Chem Biol.* 2015, 11:535.
3. Isayev et al., *Chem. Mater.*, 2015, 27:735.
4. Fourches et al., *Nanotoxicology*, 2016,10(3):374-83
5. Cern et al., *J Control Release.* 2014, 173:125-31
6. Low et al., *Curr. Top. Med. Chem.*, 2014, 14(11):1356
7. Low et al., *J Am Med Inform Assoc.* 2015 doi: 10.1093/jamia/ocv127.

INVESTIGATING THE CHEMISTRY OF THE OCEANS USING FLOW INJECTION ANALYSIS

Worsfold P.J.

*Biogeochemistry Research Centre, Plymouth University, Drake Circus, Plymouth PL48AA,
Devon, UK, e-mail: pworsfold@plymouth.ac.uk*

Trace metal micronutrients, e.g. iron and cobalt, are involved in regulating primary production in the marine environment and therefore play a key role in controlling global climate via their impact on the global carbon cycle. The availability of trace metal micronutrients regulates the growth, biomass and species composition of phytoplankton over large areas of the surface ocean and CO₂ drawdown has been observed in iron fertilisation studies. The marine biogeochemistry of these micronutrients therefore has great scientific, ecological and political significance.

Reliable determinations of dissolved trace metal micronutrients at sub-nM concentrations in marine waters are therefore needed to enhance our understanding of their impact on ocean productivity and processes such as ocean acidification. However, they are analytically challenging to measure due to their very low concentrations, the presence of labile and complexed forms of the elements and the potential for contamination. Hence methods need to be sufficiently validated to allow intercomparison between data sets from different spatial and temporal regimes.

This presentation overviews flow injection (FI) methods for the determination of iron, cobalt, zinc and aluminium in marine waters using inductively coupled plasma-mass spectrometry, chemiluminescence and fluorescence detection. The FI manifolds used incorporate an immobilised chelating ligand for on-line preconcentration and matrix removal. Results from the application of these methods to seawater samples, together with supporting hydrographic data, are used to elucidate important marine biogeochemical processes. The relative contributions of all sources of uncertainty associated with the measurement process are also discussed in the context of fit for purpose methodologies.

CHEMISTRY AT PEKING UNIVERSITY

Zhou Qi-F.

College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, China, e-mail: qfzhou@pku.edu.cn

Chemistry research at Peking University was initiated with help of Russian Chemists in early nineteen fifties. Its development has been much promoted since the beginning of this century when China decided to invest more for education and research. In this talk some most recent achievements of chemistry research in the College of Chemistry and Molecular Engineering, including that of core chemistry, materials chemistry, chemistry in life sciences, as well as its application in the fields of energy, environment, and health, will be briefly introduced, together with a briefing of a profile of the university.

РАЗВИТИЕ ГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА И ИННОВАЦИОННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Аксютин О.Е.

ПАО «Газпром», ГСП-7, 117997, Москва, Наметкина, 16, e-mail: gazprom@gazprom.ru

В настоящее время ПАО «Газпром» - крупнейшая энергетическая компания мира с диверсифицированным бизнесом. Кроме основных направлений деятельности развивается электрогенерация и нефтегазохимия. ПАО «Газпром» сейчас не только крупный потребитель химической продукции, но и её производитель. В Группу Газпром входит один из крупнейших в России нефтехимических комплексов – ООО «Газпром нефтехим Салават». На заключительной стадии строительства находится Уренгойский газоперерабатывающий комплекс. Завершается проектирование крупнейшего на Востоке страны Амурского газоперерабатывающего комплекса.

Для повышения эффективности добычи газа и нефти, их транспорта, хранения, переработки требуются новые материалы, реагенты и инновационные технологии. Для расширения рынка использования природного газа необходимы рентабельные технологии получения новых продуктов химической промышленности. Несомненно, что ПАО «Газпром» не может обеспечить разработку таких технологий только своими институтами, поэтому разработана и реализуется отдельная программа работ с ведущими вузами страны и в ближайшее время будет утверждена программа работ с Российской академией наук.

Основные приоритеты компании изложены в новой Программе инновационного развития ПАО «Газпром», но это, конечно, не ограничивает круг возможных разработок и их использования в производственной деятельности.

Наша цель – максимальное использование потенциала российской химической науки и промышленности в целях повышения эффективности работы нашей компании и российской экономики в целом.

МОНОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАГНИТЫ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Алдошин С.М.

*Институт проблем химической физики РАН,
142432, Черноголовка, проспект Семенова, 1, e-mail: sma@icp.ac.ru*

В докладе представлен краткий обзор истории мономолекулярного магнетизма, а также некоторых современных направлений в этой области.

Наряду с основным условием, при выполнении которого возможно появление у комплекса МММ свойств, - наличием отрицательной одноосной магнитной анизотропии, обсуждаются главные механизмы релаксации в системе, такие как спин-фононный механизм, низкотемпературное квантовое туннелирование намагниченности, а также смешанный механизм, включающий туннелирование в возбужденных состояниях кластера, стимулированное спин-фононными переходами. Обсуждаются такие экспериментальные проявления мономолекулярного магнетизма как магнитный гистерезис и частотные зависимости компонент динамической магнитной восприимчивости, а также дается краткий обзор возможных применений МММ для создания магнитных носителей информации беспрецедентно высокой плотности, молекулярных спиновых транзисторов и кубитов для квантовых компьютеров.

К сожалению, традиционная стратегия увеличения барьера, состоящая в увеличении числа ферромагнитно связанных ионов и, следовательно, полного спина кластера, оказалась малоэффективной (температуры блокировки в существующих МММ все еще слишком низкие, что препятствует их практическому применению). Поэтому наиболее перспективной стратегией представляется не создание больших спиновых кластеров, а синтез относительно небольших систем, содержащих сильно анизотропные парамагнитные ионы с непогашенными орбитальными моментами. Использование этой стратегии привело к созданию нескольких новых многочисленных классов МММ: 1) МММ на основе моноядерных и полиядерных комплексов $4f$ – ионов, 2) смешанные $4f$ – nd – системы, демонстрирующие МММ - свойства, 3) МММ на основе кластеров, содержащих орбитально-вырожденные nd – ионы, и 4) МММ на основе моноядерных комплексов сильно анизотропных nd – ионов. При обсуждении этих систем мы уделяем особое внимание анализу основных факторов, влияющих на их магнитную анизотропию. Обсуждаются также перспективы дальнейшего увеличения барьеров и температур блокировки в МММ.

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Алфимов М.В.,^а Разумов В.Ф.^б

^аЦентр фотохимии РАН, 119421, Москва, Новаторов, 7а, e-mail: alfimov@photonics.ru

^бИнститут проблем химической физики РАН,

142432, Черноголовка, проспект Семенова, 1, e-mail: razumov@icp.ac.ru

Энергетика играет определяющую роль в прогрессе цивилизации. На протяжении всей истории развития основным источником первичной энергии всегда была и остается химическая энергия. В 2015 году общее мировое потребление первичных энергоресурсов составило $5,85 \cdot 10^{21}$ Дж, из них 90,8% приходится на химическую энергию, извлеченную из нефти (30,3%), газа (21.6%), угля (29%) и биотоплив (10%). Ожидается, что к 2040 г. потребление первичной энергии возрастет на 35%, произойдет выравнивание долей всех видов топлива (нефть – 26%, газ – 24%, уголь – 26, другие неископаемые – 24%), при этом химическая энергия составит 86%¹. Учитывая, что запасы ископаемых источников ограничены, а стоимость их добычи возрастает, все большее значение уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Несмотря на громадные потенциальные мощности ВИЭ доля их использования незначительна, так как плотность энергии ВИЭ недостаточно высока, а получение более концентрированных потоков энергии требует больших затрат. В связи с этим наряду с освоением ВИЭ, главной задачей современной энергетики является поиск новых более эффективных технологий преобразования, аккумулирования и транспорта энергии. Энергия, извлекаемая из первичных источников, преобразуется и используется в виде механической, электрической, световой, химической или тепловой энергии, причем на пути до конечного потребления проходит сложную траекторию, включающую несколько стадий преобразования одного вида энергии в другой, и на каждой из них происходит определенная диссипация энергии в окружающую среду. В настоящее время даже в самых развитых странах эффективность использования первичной энергии не превышает 40%. Это связано с высокими требованиями к качеству потребляемой энергии.

В докладе представлен анализ ряда принципиальных физических ограничений эффективности перспективных технологий преобразования, аккумулирования и транспорта различных видов энергии, обсуждаются возможности новых технологий прямого преобразования первичной энергии в наиболее удобные для потребления виды энергии, при этом особое внимание уделяется химическим аспектам энергетики.

Литература

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. ИНЭИ РАН, АЦ при Правительстве РФ. http://www.eriras.ru/files/forecast_2040.pdf.

КАТАЛИЗ В ТОНКОМ ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Белецкая И.П.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва,
Ленинские Горы, 1/3, e-mail: beletskaya@org.chem.msu.ru*

В докладе на примере реакций образования связей С-С, С-Гетероатом (N, P, S, Se) будут рассмотрены современные аспекты различных видов катализа:

1. Нанокатализ с применением Pd и Cu в реакциях кросс-сочетания и карбонилирования;
2. Реакции каталитического присоединения S-H и P-H связей по тройным связям;
3. Асимметрический катализ с использованием хиральных кислот Льюиса и органокатализ;
4. Примеры активации связей С-Н и С-Р;
5. Синтез N-макроциклов, а также димерных и тримерных порфиринов с использованием Pd- и Cu-катализируемых реакций образования связей С-N.

СВЕРХТЯЖЕЛЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Дмитриев С.Н., Оганесян Ю.Ц.

*Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций
им. Г.Н. Флерова, 141980, Дубна, Жолио-Кюри, 6, e-mail: dmitriev@jinr.ru*

Осуществлен синтез сверхтяжелых элементов (СТЭ) с атомными номерами 113-118 и тем самым завершен 7-ой период Периодической таблицы Д.И. Менделеева. Получены уникальные данные по ядерно-физическим свойствам изотопов новых элементов. Выполнены пионерские эксперименты по изучению химических свойств элементов 112(Cn), 113 и 114(Fl)¹. Открытие новой области (острова) стабильности СТЭ поставил целый ряд новых вопросов, связанных с фундаментальными свойствами ядерной материи: могут ли существовать еще более тяжелые ядра; является ли «Остров стабильности СТЭ» последним на карте нуклидов; где границы Периодической таблицы Д.И. Менделеева, насколько химические свойства СТЭ подобны их легким гомологам.

Дальнейшее развитие данных исследований возможно только при создании новой экспериментальной базы, обеспечивающей существенное повышение эффективности проводимых экспериментов. На решение этой сложнейшей задачи нацелен новый проект ЛЯР ОИЯИ – создание первой в мире Фабрики СТЭ², включающей: создание нового, мощного ускорителя стабильных и долгоживущих радиоактивных изотопов в области масс ионов $A = 10-100$ с интенсивностью до 10 рмА и энергией до 8 МэВ/нуклон; наработку новых мишенных материалов, создание новых сепараторов и разработку новых детектирующих модулей для исследования ядерных, атомных и химических свойств новых элементов.

Литература

1. Оганесян Ю.Ц., Дмитриев С.Н., Успехи химии, 2009, 78, 1077.
2. Oganessian Yu.Ts., Dmitriev S.N., Itkis M.G., Proceedings of International Symposium on Exotic Nuclei, World Scientific, Singapore, 2015, P. 483-490.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 13-03-12205-офи-м, 13-02-12052-офи-м.

РОЛЬ ХИМИИ В СОЗДАНИИ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Каблов Е.Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
105005, Москва, Радио, 17, e-mail: chursoval@mail.ru, admin@viam.ru*

В основу создания материалов нового поколения для сложных технических систем положены четыре базовых принципа:

- фундаментальные и фундаментально-ориентированные исследования для создания опережающего научно-технического задела;
- «зеленые» технологии при создании материалов и комплексных систем защиты;
- реализация полного жизненного цикла материала с использованием информационных технологий (создание–эксплуатация в конструкции–диагностика, ремонт, продление ресурса–утилизация);
- неразрывность материала, технологии, конструкции и оборудования.

Одними из важнейших направлений развития материаловедения для сложных технических систем в настоящее время являются разработка и широкое применение полимерных композиционных материалов и изделий, созданных по аддитивным технологиям, как металлических, так и неметаллических. Это связано с повышением требований к эксплуатации современной техники и задачами развития высокотехнологичных отраслей.

Композиционные материалы являются одним из наиболее востребованных материальных ресурсов современного промышленного производства. В отличие от всех существующих, они разрабатываются с учетом принципиально иных служебных характеристик. В частности, приоритет в настоящее время отдается интеллектуальным материалам с уникальными функциональными свойствами.

Практика показала, что путем подбора состава и свойств компонентов композиционных материалов (матрицы и наполнителя, их соотношения, ориентации наполнителя) можно обеспечить получение практически любых изделий с заранее заданным сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. В особо жестких условиях эксплуатации незаменимость композитов обеспечивается сочетанием таких важнейших характеристик, как высокая механическая прочность, теплостойкость, коррозионная стойкость, малая плотность. Различных вариантов и комбинаций исходных материалов и технологий их переработки в композиционные материалы и изделия существует бесконечное множество, ограниченное лишь уровнем развития науки и техники. Одним из главных преимуществ промышленного применения композитов является прежде всего обработка без отходов (литье, прессование, экструзия) с получением изделий любой формы, что существенно снижает производственные затраты.

Развитие производства полимерных композиционных материалов напрямую зависит от достижений химической отрасли. Разработка наполнителей (органических, неорганических и из возобновляемого природного сырья), соответствующих повышен-

ным требованиям, – задача весьма сложная, такая же, как и создание компонентов полимерных матриц (олигомеров, полимеров, каталитических систем), отвечающих не только техническим условиям, но и экологическим требованиям.

Создание в ВИАМ полимерных композиционных материалов нового поколения позволило разработать конструкцию мотогондолы, состоящей на 60% из композитов, благодаря чему повысится топливная эффективность воздушного судна, ресурс и межремонтные сроки эксплуатации.

Аддитивные технологии являются важным фактором совершенствования технологического процесса изготовления деталей для сложных технических систем. В настоящее время это одно из динамично развивающихся направлений, которое определяет условия перехода промышленности к технологиям будущего, способным принципиально изменить весь технологический уклад и производственный цикл. Целенаправленная работа ВИАМ в этой области уже принесла серьезные результаты: впервые в России по аддитивной технологии с применением отечественной металлопорошковой композиции изготовлен завихритель фронтового устройства камеры сгорания перспективного авиационного двигателя ПД-14, соответствующий всем требованиям конструкторской документации (данная работа выполнена в рамках совместного проекта с индустриальным партнером АО «Авиадвигатель»). Цикл изготовления таких завихрителей в среднем в 10 раз короче, чем с применением технологии литья по выплавляемым моделям. Изготовление 3D-деталей осуществляется с использованием технологии селективного лазерного сплавления (СЛС). По предварительно выстроенной CAD-модели производится послойное выращивание детали при выборочном сплавлении частиц порошка в соответствии с геометрией поперечных сечений детали. Толщина слоя при этом не превышает 60–80 мкм. Можно одновременно получить сразу несколько деталей, причем их количество и размер ограничены только габаритами рабочей камеры установки. Именно применение аддитивных технологий позволяет в полной мере реализовать основные принципы создания материалов нового поколения: материалы–технологии–конструкции, включая использование «зеленых» технологий при создании материалов и комплексных систем защиты, а также реализацию полного жизненного цикла с использованием IT-технологий.

ХИМИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мирошников А.И.

*Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН,
117997, Москва, Миклухо-Маклая, 16/10, e-mail: aiv@ibch.ru*

Амбициозная программа следующего десятилетия, предполагающая осуществление полного синтеза гена человека, естественно, может быть реализована только кооперацией химических и биотехнологических подходов. Создание молекулы в 3,5 миллиардов пар нуклеотидов будет осуществлено, если только будут найдены эффективные как химические, так и биотехнологические методы синтеза нуклеиновых кислот. Благодаря исследованиям по определению генома человека, а также достижениям в области протеомики стало очевидно, что методы генной инженерии позволяют получать не только отдельные белковые молекулы, но и целые системы, как, например, рецепторы биологически активных молекул, ионные каналы различного типа и т.д. Доступность такого рода биологических мишеней позволяет не только определить их пространственное строение, но и открывает возможность конструирования химическим путем новых фармацевтических препаратов. Совместное использование как химических, так и биотехнологических подходов было продемонстрировано на примере создания индустрии полусинтетических пенициллинов и цефалоспоринов, когда β -лактамный фрагмент, полученный ферментативным гидролизом природных антибиотиков достраивали с помощью химического синтеза. Можно привести еще ряд примеров получения более активных аналогов природных гормонов, проводя их химическую модификацию или же вводя остатки неприродных аминокислот. Что касается технологии создания пептидно-белковых препаратов, то в этом случае также широко используются совместные как химические, так и биотехнологические методы. Если для получения пептидов длиной до 60 аминокислотных остатков то более удобен химический синтез, то для белковых молекулы большего размера предпочтительно использование методов генной инженерии.

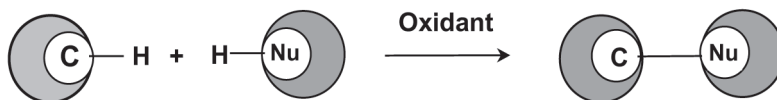
Основная часть доклада будет посвящена созданию биотехнологических систем синтеза нуклеозидов и нуклеотидов, как природного происхождения, так и модифицированных по гетероциклическим основаниям и по углеводным остаткам. На основании данных рентгеноструктурного анализа структур ферментов трансгликозилирования показаны остатки аминокислот активного центра, замена которых с помощью точечных мутаций приводит к изменению специфичности связывания с субстратами различной химической структуры.

НУКЛЕОФИЛЬНАЯ С-Н ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ АРЕНОВ: НОВАЯ ЛОГИКА ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Чупахин О.Н.,^{а,б} Чарушин В.Н.^{а,б}

^аИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 20, e-mail: chupakhin@ios.uran.ru
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Электрофильная С-Н функционализация аренов обычно ассоциируется с использованием агрессивных реагентов (азотная и серные кислоты, галогены и т.п.), жестких условий и большим количеством отходов, в то время как устойчивое развитие требует применения новых химических методологий, основанных на принципах зеленой химии. Катализируемые металлами реакции кросс-сочетания значительно улучшили ситуацию, обеспечив химиков эффективным инструментом для модификации С-Х и С-Н связей, однако переходные металлы (прежде всего, палладий) дороги, токсичны и недопустимы при создании лекарств, элементов органической электроники и других высокотехнологичных материалов. Прямые С-Н/С-Н сочетания аренов с нуклеофилами открывают новую главу в органической химии¹. Всестороннее исследование реакций нуклеофильного замещения водорода в аренах (S_N^H реакции), включая их механизмы, интермедиаты, математическое и электрохимическое моделирование, кинетику реакций, перенос электрона и другие элементарные акты, показало, что формально замещаемый в этих реакциях гидрид-ион отщепляется в виде протона, причем этому процессу способствует окислитель или вспомогательная группа^{1,2}.



Реакции S_N^H меняют логику органического синтеза. Они открывают новые возможности, позволяющие избежать предварительного введения в ароматическое кольцо атомов галогена и других функциональных групп, что соответствует принципам зеленой химии^{1,2}.

Литература

1. Charushin V.N., Chupakhin O.N. (Eds). Metal Free C-H Functionalization of Aromatics. Nucleophilic Displacement of Hydrogen. In: *Topics in Heterocyclic Chemistry*, 2014, **37**. Series Editors: B.U.W. Maes, J. Cossy, S. Poland. Basel: Springer, 2014 - 283 pp.
2. Chupakhin O.N., Charushin V.N. *Tetrahedron Letters*, 2016, **57**, 2665.



СЕКЦИЯ 3

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
В ПЯТИ ТОМАХ**

26–30 сентября
ЕКАТЕРИНБУРГ • 2016



КЛЮЧЕВЫЕ ДОКЛАДЫ

PHYSICOCHEMICAL AND MATHEMATICAL MODELING AND SIMULATION OF HIGH TEMPERATURE METALLURGICAL PROCESSES

Michael Zinigrad

Ariel University, Israel

The quality of metallic materials depends on their composition and structure. These are determined by various physicochemical and technological factors. To effectively prepare materials with the required composition, structure and properties, it is necessary to carry out research in two parallel directions:

1. Comprehensive analysis of thermodynamics, kinetics and mechanisms of the processes taking place at the solid-liquid-gaseous phase interface during welding processes;
2. Development of mathematical models of specific metallurgical technologies.

A unique method of mathematical modeling of phase interaction at high temperatures has been developed. This method enables the building of models, taking into account the thermodynamic characteristics of the processes, the influence of the initial composition and temperature of the equilibrium state of the reactions, and the kinetics of heterogeneous processes (the influence of temperature, composition, and hydrodynamic and thermal factors on the rate of the activation and diffusion processes).

The model can be implemented to optimize various technological processes in welding, surfacing and casting, as well as in the manufacture of steels and non-ferrous alloys, materials refining, alloying with special additives and removal of non-metallic inclusions.

ИНЖЕНЕРИЯ ГРАНИЦ ЗЕРЕН И СВЕРХПРОЧНОСТЬ НАНОКРИСТАЛЛОВ**Глезер А.М.,^{а,б} Столяров В.Л.,^а Шурыгина Н.А.^б**

^а*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4, e-mail: a.glezer@mail.ru*

^б*Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
им. И.П.Бардина, 105005, Москва, Радио, 23/9 стр.2*

Рассмотрены общие принципы достижения сверхвысокой теоретической прочности поликристаллических материалов с использованием концепции инженерии границ зерен. Инженерия границ зерен представляет собой в данном случае целенаправленное введение в границы зерен наночастиц боридных, карбидных, нитридных или иных по своей природе нанокристаллических фаз. Предлагаемый подход основан на конкуренции двух механизмов пластической деформации, реализуемых в поликристаллическом материале в зависимости от состояния границ зерен. Первый из них - процесс дислокационного течения в соответствии с соотношением Холла-Петча, а второй процесс - низкотемпературное зернограничное проскальзывание в соответствии с обратным соотношением Холла-Петча.

При проведении электронно – микроскопических экспериментов с использованием сплавов на основе железа и титана, полученных закалкой из расплава, показано, что торможение и полное подавление зернограничного проскальзывания с использованием метода инженерии границ зерен способствует достижению значений прочностных характеристик в нанокристаллических сплавах на основе железа и титана, близких к предельным значениям. Теоретическое рассмотрение с помощью метода компьютерному моделированию полностью подтверждает эффективность метода инженерии границ зерен для достижения сверхвысоких прочностных характеристик в поликристаллических материалах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 15-12-30010.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА

Лысак В.И., Кузьмин С.В.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: lysak@vstu.ru*

В настоящее время одним из самых перспективных направлений создания новых материалов и придания им особых свойств, недостижимых другими технологическими приемами, является использование энергии взрыва как чрезвычайно быстро протекающего физико-химического процесса, выделяющейся в небольшом объеме и приводящей к мощным ударным, деформационным и тепловым воздействиям на окружающую среду.

Многочисленные исследования в области взрывной обработки материалов, охватывающие такие отрасли знания, как физическое материаловедение, гидро- и термодинамику, показали, что прохождение ударных волн в твердых телах сопровождается эффектами, имеющими большое научное и практическое значение. Ударные волны упрочняют материалы, в них протекают полиморфные и фазовые превращения, процессы разложения и синтеза, дефектообразования и совершенствования структуры. Важнейшее фундаментальное значение имеет выявленный эффект значительного повышения за счет интенсивной пластической деформации плотности дислокаций, приводящей к упрочнению поверхностных слоев, а при их выходе на свободные поверхности – к образованию активных центров и формированию в твердой фазе прочных соединений, в том числе, металлов, сварка которых невозможна другими методами, а также металлов с керамикой и с интерметаллидами. Впервые установлено, что граница образовавшихся соединений представляет собой тонкую переходную аморфную прослойку толщиной 5-7 нм с линейным изменением концентрации элементов, входящих в композит, и не содержит неблагоприятных фаз, что имеет важное значение для понимания фундаментальных основ физического материаловедения. Также впервые показано, что одновременное воздействие энергии взрыва и ультразвуковых колебаний на материалы приводит к расширению диапазонов параметров получения композитов, что позволило повысить их качество и дало возможность создания широкого круга слоистых и армированных металлических, металлокерамических и металлоинтерметаллических материалов, обладающих уникальным комплексом свойств. Приложение физических основ теории взрывного превращения к проблемам создания материалов с новыми свойствами не ограничивается только получением композиционных материалов, но и с успехом применяется при поверхностном упрочнении металлов и сплавов, активации полимеров, формообразовании, синтезе новых материалов и мн. др. областях техники.

СОВРЕМЕННЫЕ ХЛАДОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АРКТИКЕ

Орыщенко А.С.

*Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей» имени академика И.В. Горынина»,
191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49, e-mail: oknir@crism.ru*

Для освоения нефтегазовых месторождений континентального шельфа РФ, обеспечения круглогодичной эксплуатации Северного морского пути, безопасной добычи и транспортировки углеводородов требуются сварные конструкции и оборудование, изготовленное из специальных высокопрочных хладостойких материалов. Материалы должны обладать уникальным комплексом свойств: хладостойкостью до -60°C , способностью выдерживать длительные статические, динамические, циклические и ледовые нагрузки и др. ЦНИИ КМ «Прометей» более 50 лет осуществляет разработку материалов и технологий их производства для сварных конструкций, способных надежно работать в суровых условиях Арктики. Разработана серия хладостойких свариваемых сталей, морских титановых сплавов, материалы для атомных энергетических установок для ледоколов и плавучих атомных электростанций, полимерные композиционные материалы. Сочетание фундаментальных исследований с прикладными обеспечило создание высокопрочных хладостойких материалов, технологий их производства и сварки, которые были применены в проектах ПБУ типа «Шельф», «Каспий», ледостойкой платформе «Приразломная», самоподъемной буровой платформе «Арктическая», атомных ледоколах «Арктика», «Россия», «50 лет Победы», «Таймыр» и «Вайгач», ледоколов проектов 21900М и ЛК-60.

Научные основы и принципы создания конструкционных материалов, а также модернизация оборудования металлургических комбинатов РФ – ЧерМК ОАО «Северсталь», ОАО «Магнитогорского металлургического комбината» и ООО «ОМЗ-Спецсталь» позволили в течение последних 10 лет разработать новейшие прецизионные технологии производства высокопрочных хладостойких сталей с пониженным уровнем легирования и малозатратные технологии их производства. Уникальное сочетание экономичного легирования с уровнем прочностных характеристик, хладостойкости, изотропности свойств, трещиностойкости и отличной свариваемости листового проката, обеспечила востребованность сталей на российском и международном рынке. Унификация химических составов материалов различных категорий прочности и их разлегирование позволят, сохранив высокие потребительские свойства, сократить сроки, издержки производств и стоимость материалов для Арктики.

ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ

AN INTEGRATED STUDY BASED ON FIRST-PRINCIPLES ON ELASTIC PROPERTIES AND EFFECT OF NI-DOPING IN FE-SI ALLOY

Chen Y.^a Saengdeejing A.^a Mohri T.^b

^a*School of Engineering, Tohoku University, 6-6-01 Aramakiyoba, Aoba-ku, Sendai, 980-8579, Japan, e-mail: ying@rift.mech.tohoku.ac.jp*

^b*Institute for Materials Research, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai, 980-8577, Japan*

Fe-Si binary alloy has a variety of applications due to its excellent magnetic and mechanical properties. Some drastic change in mechanical properties as Si concentration increasing to 9-10at.% has been intriguing since a long time ago. To understand the mechanism of the Si concentration dependence of the mechanical properties, especially a degradation of ductility as Si concentration is beyond 9-10at.%, the electronic structure calculations incorporated with phonon vibration effect and thermal electrons excitation are performed to Si-doped bcc-Fe alloy up to 12.5at.%Si, the elastic properties such as bulk modulus, shear modulus and elastic constants have been evaluated using the stress-strain method. The calculations reproduced a non-monotonic change of the elastic properties with Si concentration, found a ductile to brittle transition according to an empirical rule as Si content increases beyond 9.4at.%, which is agree with the well known experimental results. Analysis of density of states, magnetic moment revealed a relation of the elastic properties to the magnetovolume effect of Fe-Si alloy at a low Si concentration up to 8at.%. Further CVM calculation at finite temperature clarified the effect of the DO_3 ordering on the recovery of elastic properties at Si concentration's being over 11at.%. Regard the Si concentration of 9-11at.% where the elastic properties decrease sharply, we found that such a degradation is originated from the instability of density of states at the Fermi energy, while this instability is the result of strong repulsive interactions of certain Si-Fe-Si configurations in the Fe-Si alloy. Further calculations with Ni-doping are conducted as considering an attractive feature of Ni in Fe-bcc, which consequently achieved a recovery of all elastic properties. This is an encouraging experience of tailing electronic structures by introducing specific atomic configurations which adjusts bonding states and the distribution of electrons toward enhancing specific physical properties.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛЕЙ

Григорович К.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, 119991,
Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: konstantin.grigorovich@gmail.com*

Развитие информационных технологий заметно повлияло на технологии производства сталей и сплавов, внося кардинальные изменения в развитие коммуникационных сетей и систем автоматизированного управления производством и технологическими процессами. Основной тенденцией следующих десятилетий станет создание роботизированных металлургических предприятий, где будет обеспечена полная замена ручного труда роботами и манипуляторами. Для обеспечения работы автоматизированного предприятия должны быть созданы методы объективного контроля параметров технологического процесса. Должны быть разработаны компьютерные модели, описывающие каждый технологический процесс и металлургический агрегат в отдельности, созданы информационные сети и системы обмена данными. Для моделирования работы металлургических агрегатов, как правило, используют статистические модели и модели, базирующиеся на уравнениях классической термодинамики, применимые, только для равновесных, закрытых систем и успешно функционирующие только в ограниченном диапазоне. Разработка физико-химических, динамических компьютерных моделей описывающих процессы, протекающие в открытых, неравновесных металлургических системах является весьма сложной задачей.

В докладе будет показаны возможности разработанного метода фракционного газового анализа для мониторинга и контроля процессов раскисления, выпечной обработки и разливки стали. Будут продемонстрированы возможности разработанных с использованием уравнений неравновесной термодинамики моделей и программного обеспечения для оптимизации технологий выпечной обработки стали.

Приведены примеры анализа и оптимизации технологий выпечной обработки трубных марок сталей в условиях действующего производства. Разработанные методики показали свою высокую эффективность при оптимизации технологий производства сталей на Российских металлургических заводах.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОГО СЫРЬЯ – ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ БАЗЫ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ

Дмитриев А.Н.

*Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: dmitriev@mail.ru*

Около половины из 500 млн.т балансовых запасов диоксида титана России заключена в Ярегском месторождении нефтеносных песчаников. Вторая половина запасов заключена в месторождениях магматического типа, в которых кроме титана содержатся железо и ванадий. В настоящее время перерабатываются только руды Гусевогорского месторождения качканарской группы (16% Fe, 0,13% V_2O_5 , 1,23% TiO_2) с извлечением железа и ванадия по схеме «доменная печь – конвертер». С вовлечением в эксплуатацию в ближайшее время железованадиевых месторождений с более высоким содержанием TiO_2 (собственно Качканарское месторождение, Медведевское и др.) потребуются совершенствование технологии доменной плавки с учетом повышения содержания соединений титана в доменном шлаке.

Лабораторные исследования и математическое моделирование физико-химических и теплофизических процессов, проводимые в ИМЕТ УрО РАН, имеют целью установление механизма формирования металлургических свойств агломерата и окатышей при окислительном обжиге и оценка влияния металлургических свойств (восстановимость, прочность, температуры размягчения и плавления) на процессы тепло- и массообмена при восстановлении в доменной печи.

В частности, исследованиями трех проб железорудных окатышей, полученных в лабораторных условиях из концентратов одного месторождения с различным содержанием диоксида титана, установлено, что лучшей восстановимостью обладают окатыши с наименьшим содержанием TiO_2 . Наибольшей прочностью при восстановлении обладают окатыши со средним содержанием диоксида титана. Наибольшей температурой начала размягчения и наименьшим температурным интервала размягчения обладают окатыши с наиболее высоким содержанием TiO_2 .

В то же время главным резервом снижения расхода кокса и улучшения технико-экономических показателей доменной плавки является повышение качества железорудного сырья.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00062.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СТАЛИ

Зайцев А.И.

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина, 105005, Москва, Радио, 23/9-2, e-mail: aizaitsev1@yandex.ru

Сталь остается основным конструкционным материалом, многократно опережающим по объему производства и потребления альтернативные материалы, не только из-за доступности сырья, относительной простоты технологии, но и, прежде всего, благодаря быстрому (в 2-3 раз за 5-10 лет) росту показателей уровня и стабильности комплекса трудно сочетаемых технологических, служебных характеристик при снижении затрат. Результаты выполненных детальных исследований свидетельствуют, что достигнутый уровень свойств далеко не исчерпывает имеющиеся возможности, и перспективными направлениями их принципиального повышения является разработка оригинальных физических, физико-химических методов прогнозирования и эффективных технологических приемов управления:

- разными способами интенсивного воздействия при обработке жидкого и твердого металла, совмещением процессов;
- типом, количеством, размером и морфологией неметаллических включений, выделений избыточных фаз, структурных составляющих;
- содержанием и, прежде всего, формами присутствия примесей;
- фазовым составом и структурным состоянием стали;
- равномерностью распределения химического, фазового состава, структурного состояния и свойств по объему металла.

В настоящее время и, особенно в будущем, ключевое значение приобретает формирование комплексных неметаллических включений, выделений, структурных составляющих, влияние которых на показатели свойств, в зависимости от строения, может принципиально изменяться от отрицательного к нейтральному и весьма положительному. При этом степень такого влияния усиливается при уменьшении размеров структурных единиц, особенно, при переходе к нанометровым величинам. Это открывает перспективы кратного повышения комплекса свойств разных типов сталей, в том числе прочности до 2000-2200 МПа, при снижении затрат, поскольку, формирование, значительной части, контролирующих свойства структурных элементов металла происходит при участии обычно присутствующих компонентов Mn, Al, C и даже, так называемых, вредных примесей O, S, N.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект 14-19-01726, в ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ: МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Карпов М.И.

*Институт физики твердого тела РАН,
142432, Черноголовка, Академика Осипяна, 2, e-mail: karpov@issp.ac.ru*

Одной из важнейших задач современного материаловедения является создание новых высокотемпературных сплавов для изготовления турбинных лопаток и других температурно нагруженных деталей для применения в авиации и энергетике. Используемые в настоящее время для этих целей никелевые суперсплавы имеют низкую температуру плавления $\sim 1400^\circ\text{C}$, которая ограничивает их собственную максимальную рабочую температуру интервалом $1100\text{--}1150^\circ\text{C}$ и температуру газа на выходе из турбины значениями $1300\text{--}1400^\circ\text{C}$. Этот температурный интервал является неблагоприятным как с технической точки зрения, поскольку чем выше температура газа в двигателе, тем выше термодинамическая эффективность его работы, так и с экологической, поскольку, чем выше температура газа в двигателе, тем меньше загрязнение атмосферы оксидами углерода и нитридами. Для дальнейшего повышения термодинамической и экологической эффективности двигателя необходимо повышать температуру газа турбины и создавать соответственно новые высокотемпературные жаропрочные материалы.

В настоящей работе представлены результаты, полученные при исследовании образцов новых композиционных материалов на основе сплавов систем Nb-Si и Nb-Al с интерметаллидным упрочнением: так называемых “in situ”, или естественных композитов типа эвтектики ниобиевая матрица – силицид ниобия и искусственных композитов типа многослойных ламинатов ниобий-алюминид ниобия. Высокие температуры плавления (1920°C –эвтектика в системе Nb-Si и 2060°C –перитектика в системе Nb-Al) позволяют надеяться на новые технологические решения при создании материалов, способных работать при собственных температурах 1350°C и выше.

Обсуждаются процессы формирования структуры, данные о кратковременной и длительной прочности при температурах до 1350°C и перспективы применения.

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ

Набойченко С.С.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: elg-mtf@yandex.ru*

В мировой практике производства цветных металлов из забалансового, полиметаллического, упорного вида сырья возрастают масштабы использования гидрометаллургических технологий.

К наиболее перспективным процессам выщелачивания относят бактериальное, автоклавное, органическими растворителями. Сохраняет привлекательность водородное осаждение как способ получения конечных продуктов в форме порошков металлов, их соединений и композиций.

В цветной металлургии России доминирующее положение принадлежит пирометаллургическим технологиям. В связи с усложнением вещественного состава сырья, ужесточением требований по экологическим нормам возрастает внимание к гидрометаллургии, в частности, для переработки забалансового сырья, редкометальных пылей, полиметаллических шламов и кеков. Сдерживающим фактором освоения гидрометаллургических технологий в металлургии цветных металлов является отставание химического машиностроения и синтеза новых реагентов.

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ СТАЛИ – ПРОРЫВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ОСОБЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Орыщенко А.С., Калинин Г.Ю.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: mail@crism.ru*

На основании теоретических и экспериментальных исследований предложен принципиально новый подход к принципам легирования и к разработке высокопрочных коррозионно-стойких сталей с особыми физическими свойствами на основе системы Fe-Cr-N с дополнительным легированием Ni, Mn, Mo, V, Nb. При этом содержание углерода в азотсодержащих сталях снижено до минимально возможных значений 0,04%.

Показано, что такая система легирования обеспечивает высокую прочность ($\sigma_{0,2}$ =550-650 МПа для открытого способа выплавки и $\sigma_{0,2}$ =760 МПа для электрошлакового способа переплава) при сохранении высокой пластичности ($\delta \geq 20$ %), аустенитную структуру с низкой магнитной проницаемостью ($\mu \leq 1,01$) и высокую коррозионную стойкость за счет высокого содержания хрома (18-20%) и азота (0,45-0,55%).

Применительно к металлургическим заводам ООО «ОМЗ-Спецсталь», ОАО «Северсталь», ЗАО «ВМЗ «Красный Октябрь», ОАО «МЗ «Электросталь» разработана промышленная технология производства листового проката в толщинах 1-100мм, поковок и штамповок широкого сортамента из азотсодержащих коррозионно-стойких сталей различной категории прочности на основе комплексных исследований формирования и эволюции их структуры и свойств при термической и термомеханической обработке, а также под влиянием термомеханических воздействий при изготовлении конструкций. Кроме того, разработана технология ручной, механизированной и автоматической сварки новых азотсодержащих сталей, которая обеспечила высокий уровень работоспособности сварных соединений в условиях воздействия статических и циклических нагрузок и коррозионной среды.

Созданные азотсодержащие стали сохраняют работоспособность при отрицательных температурах вплоть до криогенных, обладают высоким сопротивлением различным видам коррозионных разрушений, в том числе при одновременном воздействии механических напряжений. При этом сталь сохраняет стабильную аустенитную структуру, обеспечивающую низкий уровень магнитной проницаемости.

Благодаря комплексу высоких прочностных и пластических свойств, сохранению работоспособности при воздействии агрессивных коррозионных сред и механических нагрузок новые азотсодержащие стали обладают высокой конкурентоспособностью и могут быть использованы для изготовления конструкций ответственного назначения в таких отраслях промышленности как судостроение, топливно-энергетический комплекс, химическая, целлюлозно-бумажная, пищевая и медицинская.

АНОМАЛЬНЫЕ ДИФФУЗИОННЫЕ ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИИ СТАЛЕЙ

Сагарадзе В.В.

*Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С.Ковалевской, 18, e-mail: vsagaradze@imp.uran.ru*

В настоящее время актуальной и научно значимой задачей является изучение аномальных диффузионных фазовых превращений при низких температурах, сопровождающих деформационное наноструктурирование сталей и сплавов в условиях генерации большого количества дислокаций и точечных дефектов, что сопоставимо с радиационным воздействием. В выполненных нами работах была показана возможность образования деформационно-индуцированных приграничных атомных сегрегаций никеля и аномального деформационного растворения самых разнообразных дисперсных фаз (интерметаллидов, карбидов, нитридов, оксидов) при 300 К. При исследовании механизма деформационного растворения интерметаллидов типа Ni_3Ti или Ni_3Al в аустенитных сплавах Fe-36Ni-3Ti(Al) неожиданной оказалась интенсификация этого процесса при криогенных температурах (вплоть до 77 К). Это связано с миграцией атомов Ni, Al или Ti из интерметаллидных частиц в матрицу вслед за пересекающими частицы дислокациями в том случае, если эти атомы перешли в междоузельные положения со снижением энергии активации миграции на порядок. Рассчитанные значения величины дрейфа атомов примеси показали, что деформационно-индуцированный переход атомов из частицы Ni_3Ti (например, Ni) в междоузельное положение в виде краудина (энергия миграции $E \sim 0.1$ эВ) позволяет им двигаться диффузионным путем (на ощутимое расстояние ~ 1 нм и больше) в поле напряжения дислокации даже при температуре 77 К. Диффузия гантельной пары ($E \sim 0.2$ эВ) вслед за дислокацией возможна приблизительно при 173 К и выше, а диффузия по вакансионному механизму ($E \sim 1$ эВ) может осуществляться только при сравнительно высоких температурах, приблизительно 723 К и выше. Таким образом, при объяснении низкотемпературной деформационно-индуцированной диффузии атомов замещения в исследованных сплавах на основе железа необходимо учитывать генерацию междоузельных атомов. Полученные результаты позволили оптимизировать и упростить производство дисперсно-упрочненных оксидами реакторных сталей нового поколения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда научных исследований, проект 14-13-00908.

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПИРО И ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ СИДЕРИТОВ

Абдрахманов Р.Н., Савченко И.А., Смирнов А.Н., Сысоев В.И.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38, e-mail: learysys@ya.ru

Разработанные нами методы пиро и гидрометаллургии применены для комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритов Бакальского рудного поля (запасы свыше 1 млрд.т.)¹. В отличие от ранее реализованных схем, комплексная переработка высокомагнезиальных сидеритов позволяет, не только повысить содержание железа в железорудном концентрате на 5 – 10%, но и получать высокоактивную магнезию, с содержанием оксида магния не менее 98%, или различные соли магния^{2,3}. Не меняет экологические условия ныне используемой технологии получения железорудных концентратов.

Таблица 1. Химический состав руды и продуктов, полученных по предлагаемой технологии

	Fe _{об}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	MgO	п.п.	$\frac{Fe_{об}}{MgO}$
Исходная руда, %	27,4	34,0	1,4	3,2	7,3	1,12	12,9	35,9	2,12
Железорудный концентрат, %	61,2	0,2	82,6	2,7	2,0	1,93	5,7	3,1	9,87
Магнезия	0,09	-	-	0,125	0,83	0,05	98,5	0,2	-

Литература

1. Колокольцев В.М., Клочковский С.П., Смирнов А.Н. Патент 2536618 РФ, 2014
2. Клочковский С.П., Смирнов А.Н., Савченко И.А. Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2015, 1, 26
3. Смирнов А.Н., Турчин М.Ю., Савченко И.А., Лаптев А.П. Новые Огнеупоры, 2015, 8, 1.

ПОСТРОЕНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДИАГРАММЫ ФАЗОВОГО СОСТАВА СИСТЕМЫ Fe-Si-Ba-B

Акбердин А.А.,^а Карбаев М.М.,^б Ким А.С.,^а Султангазиев Р.Б.^б

^а*Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева,
100009, Республика Казахстан, Караганда, Ермекова, 63*

^б*Карагандинский государственный технический университет,
100027, Республика Казахстан, Караганда, Бульвар Мира, 56, e-mail: sulrus83@mail.ru*

В рамках исследований по разработке технологии производства борсодержащего силикобария нами с использованием термодинамически-диаграммного метода^{1,2} построена диаграмма фазового состава системы Fe-Si-Ba-B и с применением предложенного нами балансового метода³ создана её математическая модель. В таблице приведен пример использования полученной модели для расчета фазового состава некоторых ферросплавов по основным компонентам.

Таблица 1. Химические и фазовые составы ферросплавов

№ сплава	Сплав	Состав сплава, масс. %								
		Химический				Фазовый				
		Fe	Si	Ba	B	BaSi ₂	BaB ₆	Si	FeSi	B
1	ФС65	35	65	-	-	-	-	47,39	52,61	-
2	ФС65Ba2	33	65	2	-	2,82	-	47,58	49,60	-
3	ФС65Ba25	10	65	25	-	35,23	-	49,74	15,03	-
4	ФС65Ba2B2	31	65	2	2	-	2,95	49,41	46,59	1,05
5	ФС65Ba25B5	5	65	25	5	20,31	15,59	56,58	7,52	-
6	ФС65Ba10B10	15	65	10	10	-	14,72	57,46	22,55	5,27

Видно, что в случае присутствия в силикобарии бора (сплавы 4-6) в металле появляется гексобарид бария (BaB₆). При разливке и легировании этим сплавом металлов следует учесть высокую температуру (2540K) плавления BaB₆. Весьма возможно также по этой причине усвоение его легируемым металлом растворением с повышенным коэффициентом перехода.

Литература

1. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов. – Киев: Наукова думка, 1970. – 544с.
2. Процюк А.Д., Карапетьянц М.Х. О термодинамическом исследовании процессов в многокомпонентных системах. - Журн. прикл. химии, 1977, т. 50, вып. 1, с. 169.
3. Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем // КИМС. – 1995, **3**, 92

ВЛИЯНИЕ ХРОМА НА РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ Ni-Co

Александров А.А., Дашевский В.Я., Леонтьев Л.И.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: a.a.aleksandrov@gmail.com*

Жаропрочные никелевые сплавы широко используются в современной технике. Главным направлением применения этих сплавов являются энергетика, авиационный и морской транспорт гражданского, оборонного, военно-транспортного и специального назначения. Основу такого рода жаропрочных никелевых сплавов составляют системы Ni-Co и Ni-Co-Cr.

Одной из вредных примесей в этих сплавах является кислород, который находится в металле, как в растворенном виде, так и в виде оксидных неметаллических включений. Присутствие кислорода вызывает снижение служебных свойств этих сплавов. Как правило, к таким сплавам предъявляются повышенные требования по содержанию примесей и неметаллических включений, отрицательно влияющих на эксплуатационные свойства изделий. В связи с этим, для практики производства никель-кобальтовых сплавов представляет значительный интерес изучение влияния хрома на растворимость кислорода в них.

Проведен термодинамический анализ растворов кислорода в расплавах системы Ni-Co, содержащих хром, при 1873 К. Определены константы равновесия реакций взаимодействия хрома и кислорода, коэффициенты активности при бесконечном разбавлении и параметры взаимодействия в расплавах различного состава. Определены точки равновесия между оксидными фазами (Ni, Co)Cr₂O₄ и Cr₂O₃ для сплавов различного состава при 1873 К. Рассчитаны зависимости растворимости кислорода в изученных расплавах от содержания кобальта и хрома. По мере увеличения содержания кобальта в расплаве раскислительная способность хрома незначительно снижается. Кривые растворимости кислорода в никель-кобальтовых расплавах, содержащих хром, проходят через минимум, положение которого смещается в сторону более высоких содержаний хрома по мере увеличения содержания кобальта в расплаве. Дальнейшие присадки хрома приводят к возрастанию концентрации кислорода в расплаве.

Полученные в работе фундаментальные термодинамические данные позволят в дальнейшем оптимизировать процессы раскисления и легирования жаропрочных никелевых сплавов с целью повышения их служебных свойств.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-60138 мол_а_дк.

ТЕПЛОВЫЕ И МАССОВЫЕ ПОТОКИ НА СТЕНКУ РЕАКТОРА ПРИ СИНТЕЗЕ НАНОПОРОШКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ИСТЕЧЕНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ

Асташов А.Г., Самохин А.В., Алексеев Н.В., Литвинова И.С., Цветков Ю.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Россия,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: alexey.astashov@gmail.com*

При плазменном синтезе нанопорошков металлов и их соединений целевой продукт в большинстве случаев осаждается на стенку реактора. Формирование слоя наночастиц происходит при тепловом воздействии со стороны высокотемпературного газодисперсного потока. Возможная эволюция наночастиц в слое определяется распределением температуры и временем существования слоя, а распределение температуры зависит от плотности потока массы осаждающихся наночастиц и от плотности теплового потока, проходящего через слой к охлаждаемой стенке.

Исследования проводились с использованием экспериментального плазменного реактора на основе электродугового плазмотрона мощностью до 20 кВт. В используемой конструкции реактора плазменная струя диаметром 6–10 мм истекает в цилиндрический реактор диаметром 200 мм.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что плазменный реактор с ограниченным струйным течением характеризуется значительной неравномерностью распределения теплового потока и массового потока наночастиц на его поверхность. В области присоединения высокотемпературного потока к стенке реактора величина плотности теплового потока превышает более чем в два раза значения, характерные для областей прилежащих к входу и выходу из реактора. При этом протяженность области значений плотности теплового потока, составляющая не менее 80% от его максимума, оставляет приблизительно одну треть от общей длины реактора.

В ходе плазмохимического синтеза может происходить изменение дисперсного состава порошка, осажденного на стенку, под воздействием теплового потока на стенки реактора. Наиболее подвержены деградации нанопорошки легкоплавких материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 16-08-00491.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОРА МЕЖДУ ШЛАКОМ СИСТЕМЫ $\text{CaO-SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$ И МЕТАЛЛОМ

Бабенко А.А.,^{а,б} Уполовникова А.Г.,^а Коньшев А.А.^б

^аИнститут металлургии УрО РАН,

620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: upol.ru@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В работе, используя математический метод планирования эксперимента – метод симплексных решеток^{1,2} и метод термодинамического моделирования равновесий между оксидными и металлическими фазами (программный комплекс HSC 6.1 Chemistry, Outokumpu), выполнен анализ равновесного распределения бора между шлаком системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-8%MgO-4%B}_2\text{O}_3$ ² и металлом (0,2%С, 0,35%Si и 0,028%Al).

Обобщение результатов моделирования позволило получить математические модели в виде приведенного полинома III степени, описывающие связь температуры с составом оксидной системы при постоянном коэффициенте распределения бора. Результаты математического моделирования представлены графически в виде диаграмм состав – коэффициент равновесного распределения бора между шлаком и металлом, приведенного состава при температуре 1550 и 1600°С.

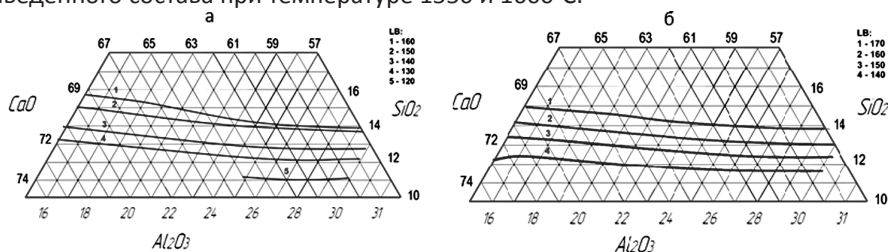


Рисунок 1. Диаграммы межфазного распределения бора между шлаком системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, содержащей 8%MgO и 4%B₂O₃ и металлом, содержащим 0,2%С, 0,35%Si и 0,028%Al при температурах: а – 1550°С, б – 1600°С.

Литература

1. Ким В.А., Николай Э.И., Акбердин А.А., Куликов И.С. Планирование эксперимента при исследовании физико – химических свойств металлургических шлаков: Методическое пособие. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 116с.
2. Бабенко А.А., Истомин С.А., Протопопов Е.В., Сычев А.В., Рябов В.В. *Известия ВУЗов. Черная металлургия*, 2014, **2**, 41– 43.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00185, и в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, 0396-2015-0084.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕТЕРОФАЗНОГО γ' + γ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ γ' -Ni₃Al В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ.

Базылева О.А.,^а Поварова К.Б.,^б Горбовец М.А.,^а Дроздов А.А.,^б Беляев М.С.,^а
Ходинев И.А.,^а Морозов А.Е.,^б Булахтина М.А.^б

^аВсероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
105005, Москва, Радио, 17, e-mail: lab33@viam.ru

^бИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49

Изучены механические свойства монокристаллов с основными кристаллографическими ориентациями (КГО) $\langle 001 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$ экономно легированного тугоплавкими металлами жаропрочного конструкционного литейного сплава на основе γ' -Ni₃Al типа ВКНА-25 (с 0,015 масс. % La) в условиях малоциклового усталости (МЦУ) на базе $1 \cdot 10^4$ цикла. Испытания проводили при температурах 20, 750 и 950°C при «мягком» нагружении (управление напряжением в цикле нагружения при осевом пульсирующем растяжении, при коэффициенте асимметрии $R=0,1$ и частоте нагружения 1 Гц) и при температурах 850 и 1050°C при «жестком» нагружении (управление деформацией рабочей части образца с коэффициентом ассиметрии $R=0$ в цикле нагружения при одноосном растяжении-сжатии с частотой 0,5 Гц). Установлено, что при комнатной температуре в отличие от жаропрочных никелевых $\gamma+\gamma'$ сплавов интерметаллидные $\gamma'+\gamma$ сплавы на основе γ' -Ni₃Al ведут себя, как композиционный материал, в котором достаточным запасом пластичности обладает вязкая структурная составляющая γ , представляющая собой выделения твердого раствора на основе Ni с г.ц.к. неупорядоченной кристаллической структурой. Установлено наличие температурной аномалии предела усталости при МЦУ и характеристик прочности сплава типа ВКНА: рост с повышением температуры в температурном интервале от 20 до 750°C и последующее снижение при повышении температуры до 900°C. Установлено, что при нормальной температуре монокристаллы с КГО $\langle 111 \rangle$ превосходят по прочности при статическом растяжении и по МЦУ монокристаллы другими КГО. При 750°C пределы усталости при МЦУ монокристаллов с КГО $\langle 001 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$ одинаковы. При исследовании МЦУ монокристаллов сплава типа ВКНА в условиях «жесткого» нагружения предел МЦУ $\Delta\epsilon$ при 850 и 1050°C монокристаллов с КГО $\langle 001 \rangle$ значительно выше, чем для монокристаллов с КГО $\langle 111 \rangle$.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Берсенов И.С., Колясников А.Ю., Петрышев А.Ю., Усольцев Д.Ю.

ООО «НПВП «ТОРЭКС», 620041, Екатеринбург, Основинская, 8, офис 57,
e-mail: npvp@torex-npvp.ru

Интенсификация процесса спекания железорудного агломерата из тонких концентратов возможна с использованием интерполимерных связующих – ИПС¹. Состав ИПС представлен смесью низковязкого анионного полимера полисахаридного ряда с вязкостью однопроцентной суспензии менее 5 мПа·с (20..40%), высоковязкого неионного полиакриламида, с вязкостью однопроцентной суспензии более 5 мПа·с (5...10%) и минеральной добавки (75...50%).

Низковязкий полимер при взаимодействии с влагой железорудного концентрата растворяется, образуя легкоподвижную клеевую субстанцию, смачивающую поверхность частиц концентрата с увеличением их адгезионной способности. В процессе окомкования эта субстанция равномерно распределяется в агломерационной шихте и придает сырым гранулам прочность и способствует формированию оптимального гранулометрического состава. Высоковязкий полимер, присутствующий в меньшем количестве и более крупнодисперсный, поглощает излишки влаги и окомковывает мелкие частицы гидрофобного коксика. Кроме того, крупные частицы полимера и минеральной добавки служат дополнительным упрочняющим элементом в каркасе структуры влажного агломерата. В процессе спекания полимеры выгорают, формируя микропоры, что повышает восстановимость агломерата.

В ходе испытаний ИПС в аглоцехе ОАО «ЕВРАЗ КГОК» в 2015 году было установлено, что его использование позволяет повысить качество окомкования шихты, газопроницаемость слоя и организовать спекание в более высоком слое². Это позволило повысить качество агломерата по показателям барабанной пробы на удар (с 75 до 77%) и количеству аглоотсева в доменном цехе ОАО «ЕВРАЗ-НТМК» (с 130 до 116...119 кг/т).

Литература

1. Сравнительный анализ эффективности использования связующих различного типа при агломерации (в порядке обсуждения) / И.С. Берсенов, С.Н. Евстюгин, В.А. Горбачев, Д.Ю. Усольцев, Б.Г. Винничук // *Сталь*, 2015, №8, с.2-4
2. <http://russia.evraz.com/press/news/16815/>

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Бродова И.Г.,^а Петрова А.Н.,^а Шорохов Е.В.^б

^аИнститут физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail:brodova@imr.uran.ru

^бРоссийский федеральный ядерный центр - ВНИИ технической физики
им. академика Е.И. Забабахина, 456770, Снежинск, Васильева, 13

Предложен эффективный способ измельчения структуры и повышения физических и механических свойств промышленных многокомпонентных алюминиевых сплавов путём динамического канально-углового прессования – ДКУП¹⁻⁴. Технология позволяет получать прутки диаметром не более 30 мм и длиной -100-300 мм (рисунок 1) в ультрамелкозернистом (УМЗ) состоянии, обладающим повышенной твердостью и прочностью при сохранении достаточной пластичности.

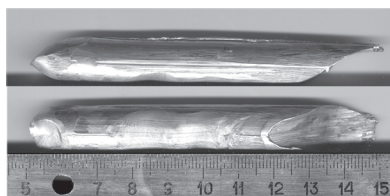


Рисунок 1. Внешний вид прутков из сплава АМц.

УМЗ структура масштабом 200-500 нм в зависимости от параметров высокоскоростного деформирования формируется двумя механизмами - фрагментацией и/или динамической рекристаллизацией. ДКУП в сравнении с методом равноканального углового прессования имеет следующие преимущества: увеличение скорости деформации на пять порядков до 10^4 - 10^5 с⁻¹; формирование структуры с меньшим в 2 раза размером зерна (< 500 нм); дополнительное деформационное упрочнение материала за счёт сложной моды деформации (импульса давления ударной волны и простого сдвига); сокращение циклов прессования в 2-3 раза; повышение срока службы пресовочного оборудования.

Литература

1. Шорохов Е.В., Жгилёв И.Н., Валиев Р.З. Патент РФ № 2283717, 2006.
2. Brodova I.G., Petrova A.N., Shirinkina I.G., Shorokhov E.V., Minaev I.V., Zhgilev I.N., *Reviews on Advanced Materials Science*, 2010, **25**, 128.
3. Brodova I.G., Petrova A.N., Razorenov S., Shorokhov E.V., *Physics of Metals and Metallography*, 2015, **116**, 989.
4. Petrova A.N., Brodova I.G., Plekhov O.A., Naimark O.B., Shorokhov E.V. *Technical Physics*, 2014, **59**, 44.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания, тема структура 01201463331, и РФФИ, проект 15-02-03225.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ РАСПЛАВА ЖЕЛЕЗА И ЕГО РАСТВОРОВ С ВАНАДИЕМ, КРЕМНИЕМ И УГЛЕРОДОМ

Бурмасов С.П.^а, Гудов А.Г.^а, Смирнов Л.А.^б

^аУральский федеральный университет,

620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: s.p.burmasov@urfu.ru

^бИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

Методами высокотемпературной вискозиметрии установлена возможность существования для расплава железа спектра подобных структурных состояний, получаемых при различных температурно-скоростных режимах формирования и отличающихся взаимоскомпенсированными значениями энтропии и энергии активации вязкого течения.

Исследованы устойчивость состояний, условия взаимных переходов и выделены два наиболее стабильных состояния, характерные для случаев низко- и высокоинтенсивного нагрева и плавления, условно квалифицированные соответственно как рыхло- и плотноупакованные по уровню вязкости и величине энтропийного вклада в свободную энергию вязкого течения.

Выявлены особенности структурных состояний растворов железа с ванадием, кремнием и углеродом, установлена их взаимосвязь с исходным структурным состоянием расплава железа. Показаны возможности структурных исследований расплавов при термодинамической характеристике растворов. В частности, качественно подтверждены выводы о неидеальности растворов углерода и кремния и поведении ванадия в растворах железа, близком к идеальному.

Установлена взаимосвязь свойств твердого металла с особенностями структурного состояния расплавов и намечены пути технологической реализации резервов повышения качества стали при микролегировании.

ФИЗИКОХИМИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭКЗОГЕННЫХ НАНОФАЗ С РАСПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ, СОДЕРЖАЩИХ ПАВ

Бурцев В.Т., Анучкин С.Н., Минаев Ю.А., Самохин А.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: burtsev@imet.ac.ru*

Необходимость развития научных основ взаимодействия наночастиц с поверхностно активными веществами (ПАВ) связано с решением проблемы рафинирования жидких сталей и сплавов от примесей цветных металлов (ПЦМ), сложность решения которой объясняется значительным сродством ПЦМ (ПАВ) к металлу матрицы и невозможностью удаления их традиционными способами рафинирования, что требует использования новых подходов для решения этой проблемы. Предложенная гипотеза об адсорбционном удалении ПАВ с помощью введения в металл экзогенных наночастиц тугоплавкой фазы (НЧТФ)¹, позволяет рассмотреть эту возможность уменьшения содержания ПЦМ, проявляющих поверхностно-активные свойства. При реализации гипотезы были рассмотрены условия устойчивости гетерофазных дисперсных систем, получаемых путем введения НЧТФ в металлические расплавы. За термодинамический критерий устойчивости выбрали удельное изменение свободной энергии процесса дегградации дисперсной системы (отнесенное к единице изменения поверхности контакта фаз) с учетом образования толстых и тонких упругих пленок и расклинивающего давления на границе контакта частиц дисперсной фазы. Полученные критерии выражены через измеряемые межфазные характеристики – межфазное натяжение и краевые углы смачивания. При введении в жидкий металл НЧТФ на образовавшейся межфазной границе частица-расплав происходит перераспределение ПАВ и их адсорбция на поверхности НЧТФ и в результате адсорбции образуются соединения - ансамбли Ме-(НЧТФ+ПАВ-ПЦМ) с последующим их удалением на границы раздела фаз Ме-газ/шлак/футеровка. В данной работе исследовали взаимодействие НЧТФ Al_2O_3 , MgO, ZrO_2 , TiN и $MgAl_2O_4$ с модельными расплавами Fe-(S, Sn, Sb), Ni-(S, Sn), чугуном и сложнелегированными расплавами Fe и Ni и доказали значимую степень удаления ПАВ-ПЦМ (отн.%): Fe-S–34, Fe-Sn–23, Fe-Sb–32, Ni-S–46, Ni-Sn–20. Изучили поверхностные и объемные свойства расплавов с ПАВ-ПЦМ.

Литература

1. Анучкин. С.Н., Бурцев В.Т., Самохин А.В., Серов Г.В. *Физика и химия обработки материалов*, 2009, 6, 78-85.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-38-60129 мол_а_дк.

ТВЕРДОФАЗНАЯ СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМ СПЛАВОМ НА ОСНОВЕ Ni_3Al В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

Валитов В.А.,^а Дроздов А.А.,^б Поварова К.Б.,^б Базылева О.А.,^в Галиева Э.В.,^а Овсепян С.В.,^в Аргинбаева Э.Г.^в

^аИнститут проблем сверхпластичности металлов РАН,
450001, Уфа, Степана Халтурина, 39

^бИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: aadrozдов76@mail.ru

^вВсероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
105005, Москва, Радио, 17

Предложен новый способ получения неразъемных соединений «дисковый сплав - сплав для лопаток в монокристаллическом состоянии», который предполагается использовать при изготовлении блисков (диска с лопатками). Применение в конструкции ГТД такого узла, как блиск позволит уменьшить размеры замковой части диска, что приведет к уменьшению общей массы ГТД.

В качестве материалов для блиска предложены никелевый сплав ЭП975 и интерметаллидные сплавы серии ВКНА. В сплаве ЭП975 деформационно-термической обработкой формировали микродуплексную структуру. Сплавы ВКНА использовали в монокристаллическом состоянии с КГО [001] и [111]. Были проведены эксперименты по выбору температуры твердофазной сварки давлением. Предложенная температура равна 1125°C. При этой температуре в дисковом сплаве с микродуплексной структурой реализуется эффект сверхпластичности и напряжение течения сплава ЭП975 в ~7 раз меньше $\sigma_{0,2}$ сплавов серии ВКНА. Такая разница для свариваемых материалов позволяет проводить сварку давлением в условиях, когда, в основном, вся деформация локализуется в дисковом сплаве. Это условие позволяет сохранять монокристаллическую структуру лопаточного сплава.

Проведены исследования структуры сварных соединений как после сварки, так и после последующей термической обработки. Исследования выявили формирование достаточно плотной диффузионной зоны с небольшим количеством пор субмикронного размера. Испытания механических свойств сваренных образцов при комнатной температуре показали, что прочность соединения составляет ~ 0,8 от σ_v интерметаллидного сплава.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОГО РУДНОГО ЗОЛОТА НА СОДЕРЖАНИЕ В НЕМ ПРИМЕСЕЙ

Ватолин Н.А., Амдур А.М., Матушкина А.Н., Федоров С.А.

*Уральский государственный горный университет,
6201444, Екатеринбург, Куйбышева, 30, e-mail: engineer-ektb@rambler.ru*

В большинстве месторождений мира преобладает микроскопическое и наноразмерное золото, на долю которого приходится от 30 до 60% всего объема металла. Чтобы извлечь такое золото его частицы необходимо укрупнить, например, в процессе нагрева и плавления рудной массы. Следует изучить влияние размеров частиц Au и процессов, происходящих при нагреве, на содержание в них примесей.

Исследования проводили на электронном сканирующем микроскопе Zeiss EVA MA 15 с рентгеновской приставкой X-max. Наличие приставки позволяет определять химический состав. Рассматривались частицы золота рудных месторождений различного типа размером D более 10 нм, что обусловлено разрешающей способностью микроскопа. Руду подвергали химической обработке (селективное растворение вмещающей породы в кислотах), которая позволила сконцентрировать и высвободить золото из минералов-носителей и определить его размеры и форму.

Опытные данные показали, что содержание золота в отдельных частицах мало зависит от их размера, если они крупнее 2 мкм. При $D < 2$ мкм содержание золота убывает при уменьшении D, причем в этой области возрастает разброс данных. Разброс свидетельствует о том, что частицы становятся неравновесными, их состав сильно зависит от случайных факторов. Частицы Au размером менее 0,4 мкм теряют кристаллическую огранку, у них сглаживаются вершины и ребра. Аморфные вещества являются неравновесными фазами с повышенной термодинамической активностью. Повышение внутренней энергии и энергии Гиббса вследствие аморфизации структуры достигает величины теплоты плавления $\Delta H_{пл}$ вещества или величины $RT_{пл}$. Следствием является повышение давления насыщенных паров и соответствующее снижение температуры плавления, увеличение констант равновесия химических реакций в которых участвует дисперсное золото. Например, константа равновесия реакции цианирования для частиц золота $D = 10$ нм увеличивается по расчетам, проведенным по разработанной нами методике, более чем в 5 раз по сравнению с массивными телами.

Экспериментально установлено, что в процессе нагрева и плавления руды увеличение содержания примесей в частицах золота не происходит.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ, 16-08-00768.

IN SITU ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ПЕРЕПЛАВЛЕНИЯ

Ватолин Н.А., Петрова С.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: danaus@mail.ru*

Процесс эвтектического плавления очень распространен в многокомпонентных системах и находит широкое применение в промышленности. Однако вопрос о причинах низкой температуры плавления эвтектических составов до сих пор не решен, и интерпретация механизма данного процесса является предметом многочисленных дискуссий. На сегодняшний день в мире накоплен большой объем экспериментальных данных о строении эвтектических расплавов и их кристаллизации, и значительно меньше информации о процессах, протекающих в эвтектических системах в твердом состоянии *in situ* при нагревании и, в частности, при приближении к температуре плавления. Проводимые исследования направлены в основном на изучение процесса контактного плавления двух соприкасающихся металлов.

Исследования формирования эвтектического сплава методом высокотемпературной рентгеновской дифракции на дифрактометре D8 Advance проводили *in situ* при нагревании смесей порошков, компонентов эвтектических систем, на примере Ge-Sb, Bi-Cd, Cd-Sb, Ge-Ag, Ge-Zn.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что наблюдение структурных изменений в эвтектических системах в области переплавления возможно только методами *in situ*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при нагревании смеси эвтектического состава за несколько градусов до температуры плавления на основе одного из компонентов образуется однофазный твердый раствор, температура плавления которого соответствует температуре плавления эвтектики.

Накопленного экспериментального материала недостаточно для формулировки выводов о механизме процесса, однако, проанализировав полученные результаты, можно предположить, что компонент, на основе которого будет происходить формирование твердого раствора, определяется характером взаимной растворимости компонентов системы. Также можно утверждать, что при наличии в системе конгруэнтно плавящегося соединения и двух эвтектических равновесий, диаграмма условно распадается на две, и в пределах каждой формирования твердого раствора будет определяться характером взаимной растворимости граничных компонентов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, тема 396-2015-0079, и при государственной финансовой поддержке ведущих научных школ, грант НШ-10038.2016.3.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ С НАНОКОМПОЗИТНЫМ СУПЕРГИДРОФОБНЫМ ПОКРЫТИЕМ

**Вигдорович В.И.,^а Цыганкова Л.Е.,^б Емельяненко А.М.,^б
Емельяненко К.А.,^в Бойнович Л.Б.^в**

^аВсероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Тамбов, Новорубежный пер., 28, e-mail: vits24@mail.ru

^бТамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392000, Тамбов, Интернациональная, 33

^вИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31

В последние годы отечественными¹ и зарубежными исследователями активно развивается метод защиты металлов от коррозии нанокompозитными супергидрофобными покрытиями. Нами изучено электрохимическое поведение углеродистой стали с супергидрофобным покрытием на основе производного метоксисилана (МОС) в 0,5 М растворе NaCl. Предварительно поверхность стали текстурировали (до 100 мкм) с последующей адсорбцией слоя МОС (тип 1), либо дополнительно наносили слой агрегатов частиц аэросила (тип 2). Угол смачивания: на исходной стали – $85,3 \pm 2,7^\circ$, с супергидрофобным слоем – $165 \pm 1,5^\circ$. Рассматривалось влияние супергидрофобного покрытия и продолжительности воздействия среды на параметры электродных процессов. Обнаружено, что супергидрофобные покрытия значительно снижают скорость коррозии даже при длительном контакте с хлоридсодержащим электролитом. Соответствующие зависимости представлены на рисунке.

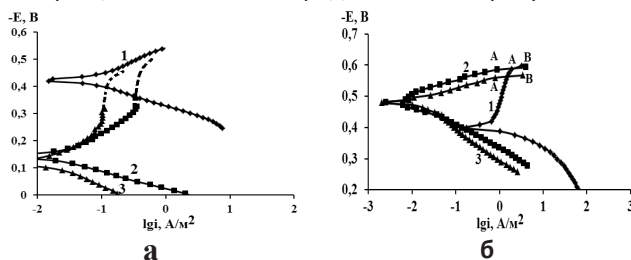


Рисунок 1.

Поляризационные кривые
стали через 0,25 ч (а) и
24 ч (б) воздействия 0,5
М NaCl. Гидрофобизация:
1 – отсутствует,
2 – тип 1, 3 – тип 2.
Комнатная температура,
азрированная среда

Величина $E_{кор.}$ исходной стали через 0,25 ч равна – 0,420 В, скорость коррозии (К) – 0,05 г/(м² ч). Сталь (тип 1): $E_{кор.} = -0,140$ В, сталь (тип 2) $E_{кор.} = -0,120$ В, $K \sim 0,009$ г/(м² ч). Через 24 ч: $E_{кор.}$ стали (тип 1 и 2) $\sim -0,480$ В, $K = 0,001$ г/(м² ч). В стационарном состоянии (0,72 ч и более) К снижается при нанесении покрытий (тип 1 и 2) в 23 ± 3 раза.

Литература

1 Boinovich L.B. et al. Corrosion Science, 2012, 55, 238 .

ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МАГНИЯ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ: ОТ СОЗДАНИЯ МЕТОДИК ДО ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

Волков А.Ю., Антонова О.В., Комкова Д.А., Каменецкий Б.И.

*Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: volkov@imp.uran.ru*

Магний и его сплавы имеют малую плотность и повышенную удельную прочность, и поэтому представляют интерес для практики. Однако использование магния затруднено вследствие его недостаточной пластичности при комнатной температуре. На сегодняшний день наиболее распространенной методикой интенсивной пластической деформации (ИПД) магния является равноканальное угловое прессование. Целью данной работы является разработка и апробация новых методик ИПД магния при комнатной температуре с последующим изучением микроструктуры, текстуры и механических свойств образцов.

В ходе проведенного исследования были использованы следующие методики: гидроэкструзия в оболочке¹ и поперечное выдавливание². Максимальная истинная деформация образцов после гидроэкструзии составляла $\epsilon \sim 3.2$; в ходе поперечного выдавливания и последующей холодной прокатки достигнуто $\epsilon \sim 8.5$. В результате ИПД происходит измельчение зерна приблизительно на три порядка: от нескольких миллиметров в исходном слитке до нескольких микрометров в полученных образцах. Активного двойникования не наблюдается. Обнаружено, что пластина толщиной 1 мм может быть прокатана при комнатной температуре до фольги толщиной 10 мкм³. Размер зерна в такой фольге не превышает 2 мкм, что является одним из наименьших значений из опубликованных в литературе. Удлинение до разрыва экструдированных прутков составляет: $\delta = 19\%$. Причины высокой пластичности магния после ИПД по предложенным схемам обсуждаются с точки зрения иерархии наблюдаемых структурных состояний.

Литература

1. Volkov A.Yu., Kliukin I.V. Mater. Sci. Eng. A, 2015, **627**, 56.
2. Antonova O.V., Volkov A.Yu., Kamenetskiy B.I., Komkova D.A. Mater. Sci. Eng. A, 2016, **651**, 8.
3. Каменецкий Б.И. и др. Патент РФ № 2563077, приоритет от 29.07.2014.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России, тема «Деформация», 01201463327, и при частичной поддержке Уральского отделения РАН, проект 15-17-2-11.

О НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

Гончаров О.Ю.,^{а,б} Файзуллин Р.Р.,^{а,б} Трещёв С.Ю.,^а Ладьянов В.И.,^а Гуськов В.Н.,^в Балдаев Л.Х.^г

^аФизико-технический институт УрО РАН,
426000, Ижевск, Кирова, 132

^бООО НПО «Защитные покрытия»,
142100, Подольск, Комсомольская, 5А, e-mail: olaf@nt.ru

^вИнститут общей и неорганической химии РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31

^гООО «Технологические системы защитных покрытий»,
142172, Щербинка, Симферопольское шоссе, 19

Для получения нанопорошков и многослойных защитных покрытий, содержащих тугоплавкие металлы Ta, Nb, Hf, Zr, W, Mo, Re и их соединения (силициды, бориды, карбиды, нитриды) нами развивается новое перспективное направление¹ химического газофазного осаждения (ХГО). Особенностью наших методик является то, что осаждение металлов и их соединений проводится при относительно низких температурах, без участия водорода или металлоорганических соединений, содержащих в своем составе углерод и кислород.

В процессе создания новой технологии осаждения разработаны и созданы три типа экспериментальных лабораторных установок для осаждения покрытий методом ХГО на плоские образцы, образцы сложной формы и на образцы трубчатой формы. Установки позволяют не только наносить покрытия на натурные образцы, но и получать тугоплавкие порошки, позволяя оценить возможности применения предложенных технологических решений в промышленности.

В настоящее время проводятся серии экспериментов по нанесению покрытий тантала, молибдена и карбида тантала на образцы железа, меди, молибдена, жаростойких сталей и суперсплавов. Получены первые результаты, которые подтверждают перспективность использования новой методики ХГО. В частности, нанесены танталовые покрытия на подложки из кварца, меди и стали.

Литература

1. Гончаров О.Ю., Файзуллин Р.Р., Гуськов В.Н., Балдаев Л.Х. *Неорганические материалы*, 2015, **51**, № 6, 655.

Работа выполнена в рамках проекта RFMEFI 58214X0005 при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках мероприятия 1.4 «Проведение прикладных научных исследований, направленных на решение комплексных научно-технологических задач».

РАСЧЕТ РАСКИСЛЕНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТАЛИ ДЛЯ СВЕРХГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ

Горкуша Д.В., Комолова О.А., Григорович К.В.

Национальный Исследовательский Технологический Университет "МИСиС",
119049, Москва, Ленинский проспект, 4, e-mail: gorkushadmitry@gmail.com

В работе были проведены термодинамические расчеты комплексного раскисления IF стали. В качестве раскислителей взяты: алюминий, алюминий и барий, алюминий и кальций. Расчеты показали, что использование барий- и кальцийсодержащих лигатур позволяет снизить расход алюминия и содержание НВ, кислорода в стали

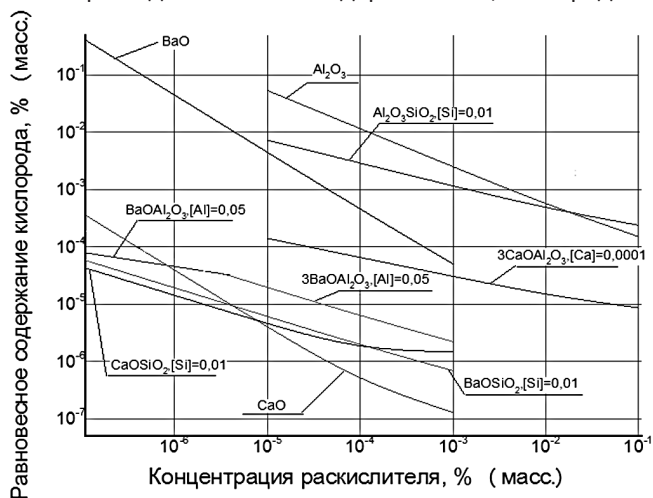


Рисунок 1. Обобщенные результаты данных по раскислению.

В случае комплексного раскисления металлического расплава активности оксидов, образующихся в результате процесса раскисления, меньше единицы, за счет этого при одном и том же содержании элемента - раскислителя можно получить металл с более низкой концентрацией кислорода. При комплексном раскислении продукты раскисления - растворы оксидов - плавятся при более низких температурах, чем чистые оксиды, что дает возможности к их коагуляции и более полному удалению из расплава стали. При совместном раскислении двумя раскислителями преимущественное участие в реакции раскисления принимает более сильный, однако, если получающиеся оксиды образуют химические соединения (типа $mAl_2O_3 \cdot nCaO$, $aAl_2O_3 \cdot bSiO_2$, $xSiO_2 \cdot yCaO$ и др.), то это способствует участию в процессе более слабого раскислителя.

ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРМОДИНАМИКУ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАЗ ПРИ ПЛАВКЕ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Грачев В.А.

Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина, 119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: vgrachev@gmail.com

В плавильных агрегатах знакопеременное изменение температуры оказывает влияние на протекание окислительно-восстановительных реакций. Принципиальный характер влияния положительных температурных флуктуаций на термодинамические условия равновесия на рис. 1.

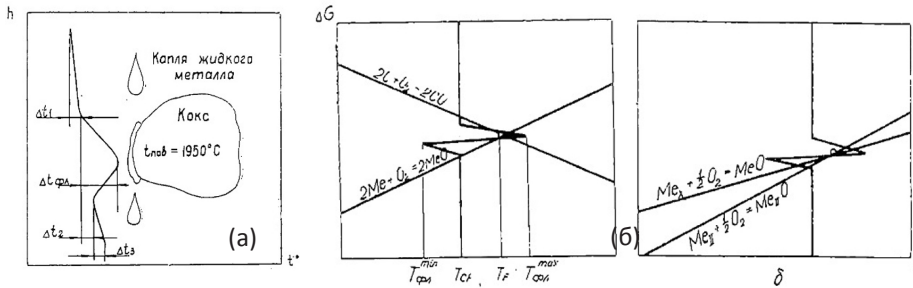


Рисунок 1. Схема возникновения флуктуаций температуры при контакте капля металла с кусками кокса (а) и влияние температурных флуктуаций на условия термодинамического равновесия (б).

В этих случаях $\Delta G^- \neq \Delta G^+$ и образуется избыточный локальный потенциал $\Delta G_{\text{фл}}$, который вносит свой необратимый вклад в общую термодинамическую картину равновесия. Чтобы установить фактическое влияние температурных флуктуаций на процессы взаимодействия газовой фазы с жидким чугуном, были проведены опыты на высокотемпературной печи с нагревателями из молибдена в среде аргона. Полное изменение энтропии системы можно разделить на две части: $ds = d_e S + d_1 S$, где $d_e S$ – внешнее изменение энтропии, связанное с потоком теплоты извне; $d_1 S$ – внутреннее изменение энтропии, вызываемое неравновесными процессами внутри системы. Полученные данные соответствуют современным представлениям химической неустойчивости.¹

Литература

1. Пригожин И., Стенгерс И. *Порядок из хаоса*. URSS, 304 с.

ФОРМИРОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ РАСКИСЛЕННЫХ АЛЮМИНИЕМ

**Григорович К.В.,^{а,б} Pär Jönsson,^в Карасев А.В.,^в Комолова О.А.,^а
Горкуша Д.В.,^а Журавлева О.Е.^а**

^а*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: konstantin.grigorovich@gmail.com*

^б*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4*

^в*KTH Royal Institute of Technology, Brinellvägen 23, SE-100 44, Stockholm, Sweden*

Формирование неметаллических включений (НВ) в сталях раскисленных алюминием является актуальной проблемой, привлекающей внимание многочисленных исследователей. Это связано с существенным влиянием образующихся НВ на эксплуатационные свойства сталей и технологию их разлива. При определенных условиях в расплаве формируются конгломераты дендритных включений отрицательно влияющие на свойства сталей и создающие отложения на стенках канала сталеразливочного тракта (стакан-дозатор, погружной стакан, включая шиберные затворы). Это приводит к уменьшению скорости непрерывной разлива вплоть до ее полного прекращения. Данная работа посвящена исследованию процессов формирования и модификации неметаллических включений, образовавшихся во время внепечной обработки сталей для холодной вытяжки, раскисленных алюминием. Исследования выполняли на образцах промышленных сталей с низким содержанием углерода и кремния, отобранных по ходу внепечной обработки. Определение состава размеров и морфологии неметаллических включений проводили методами оптической микроскопии, электрохимического растворения с последующим анализом включений на растровом электронном микроскопе и методами фракционного газового анализа.

Установлено влияние различных технологических операций на образование, модифицирование и удаление различных типов неметаллических включений в сталях раскисленных алюминием. Выявлены механизмы образования крупных конгломератов неметаллических включений. Обсуждены преимущества различных методов количественной оценки неметаллических включений в сталях, их особенности и недостатки. Предложен метод контроля технологии с применением метода ФГА позволяющий делать прогноз и предотвращать затягивание разливочных стаканов.

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ НИКЕЛЯ, СОДЕРЖАЩИХ АЛЮМИНИЙ И ТИТАН

Дашевский В.Я., Александров А.А., Леонтьев Л.И.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: vdashev@imet.ac.ru*

Никелевые сплавы используются в современной технике. Широкое применение нашли жаростойкие никелевые сплавы, содержащие, в частности, алюминий и титан. Изучение физико-химических свойств растворов кислорода в этих сплавах представляет одну из неотложных задач теоретической и практической металлургии.

При раскислении никеля алюминием концентрация кислорода в расплаве, равновесная с заданным содержанием алюминия, может быть рассчитана по уравнению

$$\lg[\%O] = -4,580 - \frac{2}{3}\lg[\%Al] + 1,413[\%Al] + 4,365 \cdot 10^{-5}[\%Al] - 0,270[\%Al]^2.$$

В никеле раскислительная способность алюминия достаточно высокая. Кривая растворимости кислорода проходит через минимум. Содержание алюминия в точке минимума составляет 0,205%, соответствующая ему минимальная концентрация кислорода $[O]_{\min} = 1,44 \cdot 10^{-4}\%$.

При раскислении никеля титаном концентрации кислорода в расплаве, равновесные с заданным содержанием титана, для реакции, продуктом которой является оксид TiO_2 , можно рассчитать по уравнению

$$\lg[\%O] = -3,790 - \frac{1}{2}\lg[\%Ti] + 0,470[\%Ti] + 1,244 \cdot 10^{-4}/[\%Ti]^{1/2} - 0,036[\%Ti]^2 + 4,662 \cdot 10^{-9}/[\%Ti].$$

Концентрации кислорода в расплаве, равновесные с заданным содержанием титана, для реакции, продуктом которой является оксид Ti_3O_5 , можно рассчитать по уравнению

$$\lg[\%O] = -3,924 - \frac{3}{5}\lg[\%Ti] + 0,462[\%Ti] + 1,097 \cdot 10^{-4}/[\%Ti]^{3/5} - 0,036[\%Ti]^2 + 3,020 \cdot 10^{-9}/[\%Ti]^{6/5}.$$

Содержание титана в точке равновесия $TiO_2 \leftrightarrow Ti_3O_5$ составляет $[Ti]^* = 0,0458\%$, а в точке равновесия $Ti_3O_5 \leftrightarrow Ti_2O_3$ составляет $[\%Ti]** = 7,565\%$. Раскислительная способность титана в никеле достаточно высокая, однако по сравнению с алюминием титан более слабый раскислитель. Кривая растворимости кислорода проходит через минимум. Содержание титана в точке минимума составляет 0,565%, соответствующая ему минимальная концентрация кислорода $[O]_{\min} = 2,98 \cdot 10^{-4}\%$.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, научный проект 16-03-00641 А.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В МЕТАЛЛАХ ПУТЕМ ДЕФОРМАЦИИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПРИ КРИОГЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Дегтярев М.В., Пилюгин В.П., Чашухина Т.И., Воронова Л.М., Гапонцева Т.М.

*Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620099, Екатеринбург, С.Ковалевской, 18, e-mail: highpress@imp.uran.ru*

Важная характеристика материала – это размер зерна. В последнее время развиваются нанотехнологии, оперирующих материалами с размером зерна (d) менее 100 нм. Наноматериалы обладают особыми свойствами вследствие малости размеров элементов структуры и из-за неравновесности разделяющих их границ. Любая технология в материаловедении подразумевает два основных воздействия на материал – с помощью деформации и температуры. Для достижения максимального измельчения структуры металлов используют большую пластическую деформацию сдвигом под давлением. В ряде случаев добиться большего измельчения позволяет снижение температуры деформации. Обычно это связано с изменением механизма деформации при снижении температуры, в частности, к инициации механического двойникования. Однако, вопрос о взаимном влиянии двойникования и измельчения структуры в настоящее время остается открытым.

Исследовали металлы с различным типом решетки и значением ЭДУ, деформированные при 290 и 80К сдвигом под давлением 6-8 ГПа.

Таблица 1. Характеристики исследованных металлов

Металл	ЭДУ, мДж*м ⁻²	T _{деф} /T _{пл}		Двойнико-вание		d при достигнутой e, нм	
		290К	80К	290 К	80 К	290 К	80 К
Со ГПУ	30	0,17	0,05	+	+	130 /e=8,4	210 /e=6,2
Cu ГЦК	60	0,21	0,06	-	+	190/e>9,0	130/ e=8,0 260/e=9,0
Ni ГЦК	150	0,17	0,05	-	+	130 /e=9,9	80 /e=6,7
Fe ОЦК	140	0,16	0,04	-	+	60 /e=9,3	90 /e=8,7
Nb ОЦК	200	0,11	0,03	-	-	130 /e=10,4	40 /e=7,0

Двойникование выступает эффективным механизмом релаксации и замедляет измельчение структуры. Максимальное измельчение наблюдается в Nb в результате криогенной деформации, не сопровождающейся двойникованием.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-03-00909-а.

УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ МЕДНЫЕ СПЛАВЫ, ЛЕГИРОВАННЫЕ Cr, Zr и Hf С ПОВЫШЕННЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Добаткин С.В.,^{а,б} Шаньгина Д.В.,^{а,б} Бочвар Н.Р.^а

^а*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, 119334, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: dobatkin.sergey@gmail.com*

^б*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский проспект, 4*

Проведено исследование структуры и свойств низколегированных сплавов на основе меди (Cu-0,7%Cr, Cu-0,18%Zr, Cu-0,9%Hf, Cu-0,5%Cr-0,08%Zr и Cu-0,7%Cr-0,9%Hf) после интенсивной пластической деформации (ИПД) методами кручения под высоким давлением (КВД) и равноканального углового прессования (РКУП).

Микротвердость после КВД увеличивается в ряду сплавов Cu-0,7%Cr, Cu-0,18%Zr, Cu-0,9%Hf, Cu-0,5%Cr-0,08%Zr и Cu-0,7%Cr-0,9%Hf с 1,7 до 2,4 ГПа за счет уменьшения среднего размера зерна с 209 до 108 нм. Показано, что выделяющиеся при старении частицы $\text{Cu}_5\text{Zr}/\text{Cu}_5\text{Hf}$ размером 5–20 нм приводят к дополнительному упрочнению и более эффективно стабилизируют УМЗ структуру при нагреве, повышая ее термическую стабильность с 250 до 450–500 °С, по сравнению с частицами Cr.

Полученные закономерности были подтверждены исследованиями низколегированных бронз после РКУП. Установлено, что применение дополнительного старения позволяет существенно повысить свойства сплавов. Так, в сплаве Cu-0,7%Cr-0,9%Hf после РКУП и старения при температуре 450 °С (2,5ч) предел прочности и предел усталости (на базе 10^7 циклов) повышаются в 2,2 и 2 раза (до 602 и 375 МПа), соответственно, по сравнению со сплавом после закалки, при достаточно высоких электропроводности (78%IACS) и относительном удлинении до разрушения ($\delta=11\%$). Также, на примере сплава Cu-0,5%Cr-0,08%Zr после КВД и старения при 450 °С (1ч) была показана возможность значительного повышения износостойкости: потеря массы сократилась в 8,5 раз по сравнению с закаленным состоянием, при испытаниях в условиях сухого трения по схеме "штифт-диск" и нагрузке 20 Н.

Таким образом, применение закалки, ИПД и последующего старения приводит к одновременному повышению прочности, электропроводности, износостойкости и усталостных свойств исследуемых УМЗ сплавов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, проект 14.A12.31.0001, и Программы РАН I.1П.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ОБЕСКРЕМНИВАНИЯ ФТОРИРОВАННОГО ЦИРКОНА

Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И., Киселев А.Д., Курченко Е.И.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050,
Томск, проспект Ленина, 3, e-mail: evgenii@tpu.ru*

При обработке циркона фторидами аммония образуются фтороаммонийные комплексы циркония и кремния.¹

Для разделения кремниевой и циркониевой составляющих можно применить метод сублимации гексафторосиликата аммония.² Исследования процесса сублимации проводили при температурах 290, 320, 350, 380 °С с целью определить значение энергии активации процесса обескремнивания.

В данных экспериментах использовали фторированный циркон следующего состава: $(\text{NH}_4)_3\text{ZrF}_7$ – 58,29 %, $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ – 38,89 %, $(\text{NH}_4)_3\text{FeF}_6$ – 1,12 %, $(\text{NH}_4)_3\text{TiF}_6$ – 24,38 %, $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ – 1,51 %.

В ходе экспериментов выяснили, что кинетические кривые обескремнивания наиболее точно линеаризуются в координатах уравнения сокращающейся сферы – это уравнение наиболее точно описывает кинетику рассматриваемого процесса. Энергия активации составила $E = 49860$ Дж.³

Получено уравнение сокращающейся сферы³:

$$1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} = 0,001 \exp\left(-\frac{49860}{RT}\right)t$$

Таким образом, из энергии активации 49,86 кДж следует, что процесс протекает в кинетической области и скорость процесса можно увеличить, повышая температуру. Оптимальная температура проведения процесса обескремнивания от 310°С до 330°С. Увеличению температуры интенсифицирует процесс разложения фтороаммонийного комплекса циркония.

Литература

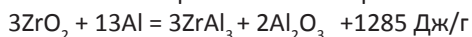
1. Раков Э.Г., Туманов Ю.Ю., Бутылкин Ю.П., Цветков А.А., Велешко Н.А., Поройков Е.П. Основные свойства неорганических фторидов. - М.: Атомиздат, 1976. - 400 с.
2. **Блюменталь, Уоррен Б.** Химия циркония : пер. с англ. / У. Б. Блюменталь; Под ред. Л. Н. Комиссаровой; В. И. Спицина. — Москва: Изд-во иностранной литературы, 1963. — 341 с.
3. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир. 1972. – 316 с.

ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ С АЛЮМИНИЕМ

Жилина Е.М., Красиков С.А., Агафонов С.Н., Ведмидь Л.Б., Жидовинова С.В.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: ezhilina@bk.ru*

На примере дифференциально-термического анализа (ДТА) металлотермического взаимодействия в смеси 27.5Al - 52.15ZrO₂ - 20.35SiO₂¹ рассмотрена возможность определения термодинамических свойств обнаруженного интерметаллического соединения. Применение рентгенофазового анализа позволило установить, что выявленный на термограмме ДТА при температуре 1315.5°С экзотермический эффект (-1285 Дж/г) можно отнести образованию интерметаллического соединения по реакции



В таком случае использование закона Гесса и данных² о теплоте образования оксидов циркония и алюминия позволяет рассчитать изменение энтальпии образования интерметаллида ZrAl₃.

Результат согласовался с данными, полученными при использовании других методов, что свидетельствует о перспективности представленного метода расчета по данным ДТА для определения теплоты образования ранее неизвестных интерметаллических соединений.

Литература

1. Zhilina E., Krasikov S., Vedmid L., Zhidovinova S., Agafonov S. Phase formation during the zirconium and silicon oxides interaction with aluminum, Proceedings of 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Serbia. 2015. P. 311-314.
2. Эллиот Д.Ф., Глейзер М., Рамакришна В. Термохимия сталеплавильных процессов, Справочник. — М.: Металлургия, 1969. — 252 с

Выполненные эксперименты проводились на оборудовании ЦКП «УРАЛ-М» ИМЕТ УрО РАН. Работа выполнена при финансовой поддержке УрО РАН, проект 15-11-3-26, Программы УрО РАН "Фундаментальный базис инновационных технологий оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья".

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖИДКОФАЗНОГО СПЕКАНИЯ TiCN-КЕРМЕТОВ

Жиляев В.А.

*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: zhilyaev@ihim.uran.ru*

На сегодняшний день единственной реальной альтернативой классическим твердым сплавам на основе карбида вольфрама (базовая система WC - Co) являются керметы на основе карбонитрида титана (базовая система $TiC_{1-x}N_x$ - Ni - Mo). Они в среднем вдвое дешевле и легче традиционных твердых сплавов, намного превосходят их по твердости, износостойкости и окислостойкости, имеют более низкий коэффициент трения и меньшую схватываемость со сталями. Основной недостаток TiCN-керметов - относительно невысокий уровень прочностно-пластических свойств, что существенно ограничивает области их применения.

Многочисленные попытки решить эту проблему путем введения в исходную порошковую смесь добавок различных карбидов и нитридов переходных металлов IV-VI групп пока не привели к заметным успехам. Дело в том, что в процессе спекания многофазных керметов трудно избежать появления дефектов различного рода (чаще всего, избыточных пор), неоднородностей химического происхождения и остаточных напряжений.

По нашему мнению для достижения поставленной цели более перспективным является подход, связанный с усложнением исходного химического состава тугоплавкой составляющей композита при сохранении неизменным числа входящих в него фаз. Действительно, керметы на основе твердого раствора тугоплавких фаз внедрения (ТФВ) по сравнению с их аналогами, спеченными из смеси индивидуальных карбидов и нитридов, демонстрируют более высокий уровень и стабильность прочностно-пластических и режущих свойств. Для понимания причин этих отличий необходимо иметь четкое представление о механизме и закономерностях проявления химической активности ТФВ в расплавах на основе никеля. Это тем более необходимо, если принять во внимание твердорастворную природу ТФВ и учесть то обстоятельство, что оптимальный уровень служебных свойств TiCN-керметов достигается лишь в некотором промежуточном состоянии, далеком от равновесного.

В докладе формулируются основные положения химии спекания TiCN-керметов, рассматриваются механизмы и закономерности процессов растворения, фазо- и структурообразования, протекающих в условиях контактного взаимодействия карбонитрида титана с Ni- и Ni-Mo-расплавами, анализируется влияние на эти процессы легирующих металлов IV-VI групп.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Жучков В.И.,^а Леонтьев Л.И.,^б Бабенко А.А.,^а Сычев А.В.,^а Акбердин А.А.^б

^аИнститут металлургии УрО РАН,

120016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: ntm2000@mail.ru

^бПрезидиум Российской академии наук, 119291, Москва, Ленинский проспект 14

^бХимико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
100009, Республика Казахстан, Караганда, Ермакова, 63

Среди элементов, применяемых в металлургии, особое место занимает бор как в элементном, так и в оксидном виде, отличающийся многофункциональностью воздействия на свойства в малых концентрациях и широким спектром направлений использования. Проведены следующие научно-исследовательские работы по применению бора.

Использование боратовой руды (~ 12% V_2O_5) при агломерации и окомковании железорудных материалов привело к увеличению прочности окатышей и агломерата, стабилизации в нем полиморфного превращения двухкальциевого силиката, снижению в 1,5 раза содержания мелочи (< 5 мм).

Применение борного ангидрида в доменной плавке показало, что его влияние на снижение вязкости шлака превосходит плавиковый шпат и MgO , позволяет снизить на 20% содержание серы в чугуна, повысить извлечение ванадия в чугун (при работе с титаномagnetитовым сырьем), сократить потери чугуна со шлаком. При этом часть бора переходит из рудного сырья в чугун (до 0,007% в чугуна).

В области ферросплавного производства созданы новые комплексные сплавы с активными элементами и пониженным содержанием бора (1-2%) систем Fe-Si-B и Fe-Mn-Si-B, изучены их физико-химические характеристики и разработаны низкочастотные технологии их получения.

При выплавке стали применение сплава Fe-Si-B позволило значительно увеличить усвоение бора сталью (на 10-20%). Впервые установлена возможность восстановления бора углеродом, алюминием и кремнием, содержащимися в стали и его переходом в металл (прямое легирование).

Борсодержащие материалы (10-40% V_2O_5) успешно применяются для стабилизации металлургических шлаков при содержании в них 0,3-1,0% V_2O_5 .

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, 0396-2015-0084, и при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00-185.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ

Загайнов С.А.^а, Филатов С.В.^б, Курунов И.Ф.^б

^аУральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: zagainovsky@mail.ru

^бПАО НЛМК, 398004, Липецк, площадь Металлургов, 2

Основной задачей совершенствования технологии доменной плавки является снижение энергетических затрат на выплавку чугуна при его заданном качестве. Энергозатраты оцениваются по удельному расходу суммарного углерода топлива на тонну выплавляемого чугуна.

Снижение энергозатрат достигается за счет повышения содержания железа в железорудной части шихты, повышения степени использования восстановительного потенциала газа и снижение потерь тепла в системе охлаждения доменной печи. Эффекты и риски основных мероприятий направленных на снижение энергозатрат оценивались методами математического моделирования известных закономерностей термодинамики и кинетики восстановительных процессов в объеме печи. Основной упор исследований был сделан на анализ тех восстановительных процессов, которые далеки от равновесия.

Одной из задач исследований явилась задача изучения условий приближения реакции $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$. Установлено, что при реализации основных путей повышения степени использования CO, а именно, повышение давления под колошником и повышение времени пребывания шихты в зоне косвенного восстановления за счет интенсивности плавки имеются существенные риски. При снижении интенсивности плавки увеличиваются тепловые потери, что приводит к увеличению расхода кокса. При повышении давления под колошником возникает риск нижнего подвисания.

Повышение содержания железа в железорудной части шихты при прежнем диапазоне колебаний содержания основных элементов приводит к повышенным колебаниям протяжённости зоны вязкопластичного состояния.

Установлено, что главным направлением повышения энергоэффективности доменной плавки является повышение качества кокса и железорудных материалов и кокса, а также вдувание пылеугольного топлива.

Реализация научно обоснованных мероприятий на ПАО НЛМК позволила достигнуть удельного расхода углерода менее 410 кг на тонну чугуна.

ПЕРЕРАБОТКА КВАРЦ-ЛЕЙКОКСЕНОVOГО КОНЦЕНТРАТА ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ТЕТРАХЛОРИД ТИТАНА

Занавескин К.Л.,^{а,б} Масленников А.Н.,^б Занавескина С.М.,^б Колпаков И.Е.^б

^аИнститут нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 29

^бНаучно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова,
105064, Москва, переулок Обуха, 3-1/12, стр.6, e-mail: zakon82@mail.ru

Задача по увеличению рентабельности эксплуатации месторождений высоковязкой нефти может решаться за счёт вовлечение в промышленную переработку концентратов редких металлов получаемых при добыче и переработке нефти. При добыче высоковязкой нефти шахтным способом попутно с нефтью на поверхность извлекают и рудные полезные ископаемые. В результате переработки нефтеносных песчаников Ярегского месторождения выделяют кварц-лейкоксеновый концентрат, усредненный состав которого приведен в табл. 1. Кроме рутила, кварца и алюмосиликатов концентрат содержит ниобий, тантал, цирконий и редкоземельные металлы иттриевой и цериевой групп¹.

Таблица 1. Химический состав кварц-лейкоксенового концентрата, % масс.

Компонент	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	Прочие
Содержание	66,14	28,81	2,64	1,74	0,05	0,13	0,32	0,17

Высокое содержание SiO₂ не позволяет использовать кварц-лейкоксеновый концентрат в качестве сырья для производства TiCl₄ по действующей в РФ технологии хлорирования в расплаве солей. Поскольку в условиях проведения процесса кварц является инертным к воздействию хлора, а содержание соединений магния, кальция и других элементов, образующих легкоплавкие хлориды, невелико, то концентрат может быть переработан в реакторах кипящего слоя (КС). Экспериментальные исследования по хлорированию концентрата в КС показали, что скорость процесса зависит от гранулометрического состава концентрата и не зависит от размера зерен нефтяного кокса. Повышение мольного соотношения C:TiO₂ ≥ 2 не влияет на скорость хлорирования. Хлорирование измельченного концентрата до крупности -0,25 мм при 850°C позволяет достичь степени превращения TiO₂ 92% масс. при времени контакта 40 мин.

Литература

1. Занавескин К.Л. Особенности химического и минерального состава черного кварц-лейкоксенового концентрата Ярегского месторождения / К.Л. Занавескин, А.Н. Масленников, М.Н. Махин и др. // *Обогащение руд.* – 2015. - №5. – С. 25 -32.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект 15-13-00171.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

**Захаров Ю.А.,^{а,б} Пугачев В.М.,^а Датий К.А.,^{а,б} Вальнюкова А.С.,^{а,б} Попова А.Н.,^а
Богомяков А.С.,^в Додонов В.Г.^а**

*^аКемеровский государственный университет,
650043, Кемерово, Красная, 6, e-mail: zaharov@kemsu.ru*

*^бИнститут углекислотной и химического материаловедения
в составе ФИЦ УУХ СО РАН, 650000, Кемерово, пр. Советский, 18*

*^вМеждународный томографический центр СО РАН,
630090, Новосибирск, Институтская, 3а*

Доклад содержит обобщение и анализ полученных авторами результатов изучения свойств наноструктурированных порошков (НСП)

Fe-Co, Fe-Ni, Fe-Co-Ni, Co-Ni, Cu-Ni, Cd-Ni, Fe-Pt: морфология частиц, фазовые составы и структурные параметры, состав поверхности и термостимулированные превращения, а также магнитные свойства. Комплекс результатов позволяет впервые рассмотреть и классифицировать общие особенности свойств таких систем относительно массивных в равновесном состоянии.

Морфология частиц НСП качественно подобна и описывается трехуровневой моделью: нанокристаллиты (7-30 нм для разных систем) формируют компактные агрегаты (60-250 нм.), которые образуют рыхлые агломераты суб- и микронных размеров.

На поверхностях НСП сорбированы H_2O , O_2 и CO_2 ; слои 1-5 нм. окислены до гидроксидов, окислов и вероятно, основных карбонатов, претерпевающих термораспад при температурах ниже температур разложения их в макроразмерных состояниях.

Особенности диаграмм фазовых состояний (ДФС) дают основание для введения общего для НСП представления о специфичной для каждой системы области повышенных температур, при которой ДФС НСП являются близкими (в ряде случаев приближенными) фазовым диаграммам; общей спецификой является также формирование в НСП неравновесных твердых растворов компонентов, особенности формирования и превращения интерметаллидов и нарушение правила фаз Гиббса вследствие образования также неравновесных многофазных структур.

Особенности фазовых составов и фактор наноразмерности определяют специфику магнитных характеристик систем, в наибольшей мере проявляющуюся в многофазных составах.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках проекта программы Минобрнауки РФ, 64/2014, и РФФИ, грант 16-33-00829 мол_а.

КОМПЛЕКСНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Заякин О.В.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: zferro@mail.ru*

Разработан и применен комплексный подход к изучению физико-химических и технологических характеристик карботермических восстановительных процессов, позволяющий моделировать протекание восстановительных реакций в ваннах электропечей и прогнозировать технологические показатели плавки при работе на различных видах хроморудного сырья, который включает в себя пять разделов.

1. Изучение физико-химических характеристик исходных шихтовых материалов: восстановимости элементов, температур размягчения хроморудных материалов, электросопротивления в области высоких температур.

2. Изучение физико-химических характеристик образующихся металлических сплавов: температурных интервалов кристаллизации, плотности, окисляемости, времени плавления и степени усвоения ведущих элементов железоуглеродистым расплавом.

3. Изучение физико-химических характеристик образующихся оксидных расплавов: вязкости, температур кристаллизации.

4. Исследования карботермического процесса выплавки высокоуглеродистого феррохрома в промышленных условиях, изучение технологических характеристик плавки: скорости изменения температур и полноты протекания восстановительных реакций по зонам ванны рудовосстановительной электропечи.

5. Разработка геометрической модели тепловых полей и восстановительных процессов в действующей рудовосстановительной электропечи в зависимости от физико-химических характеристик (определенных в лабораторных условиях) используемых шихтовых материалов.

Полученные в работе новые данные способствуют более глубокому пониманию процесса восстановления хрома из хромитов, протекающего в рудовосстановительных электропечах, и позволяют наметить новые технологические решения по улучшению технико-экономических показателей карботермического получения хромсодержащих сплавов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, тема 0396-2015-0084, и РФФИ, проект 16-03-00092.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ МЕТОДАМИ МЕТАЛЛОГРАФИИ

Зельдович В.И., Хейфец А.Э., Хомская И.В., Фролова Н.Ю., Литвинов Б.В.

*Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: zeldovich@imp.uran.ru*

В Институте физики металлов УрО РАН, начиная с 1992 г., проводятся систематические исследования макро- и микроструктуры конструкционных материалов, подвергнутых действию сходящихся ударных волн. Эксперименты по взрывному нагружению сплавов на основе железа, меди и алюминия выполнялись под общим руководством академика Б.В.Литвинова коллективом сотрудников РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И.Забабихина. Исследовалась связь между параметрами нагружения (сверхвысоким давлением до 300 ГПа, высокоскоростной деформации 10^7 с^{-1} , температурой до 2000°C) и структурными изменениями, основные из которых - эффекты локализованной деформации, полиморфные превращения, плавление и кристаллизация.

При взрывном нагружении сплошных металлических шаров ударные волны распространяются от поверхности к центру, взаимодействуют между собой и фокусируются в центре шара. Процессы происходят в миллионные доли секунды, и их прямое наблюдение представляет собой сложную задачу. Металлографические исследования нагруженных образцов выявляют картину распространения, столкновения и фокусировки ударных волн с помощью фигур травления, которые мы назвали фигурами Альтшулера. Геометрия этих фигур и исследование структуры в разных участках образца позволяют установить затухание ударных волн, тип взаимодействия соседних волн (маховский или регулярный), найти область фокусировки, определить разновременность инициирования зарядов, найти величину давления и остаточной температуры.

Нагружение металлов и сплавов сходящимися ударными волнами дает возможность исследовать поведение вещества в экстремальных условиях, а также является инструментом для экспериментального изучения свойств вещества при всестороннем сжатии и растяжении. Использование техники взрывного нагружения позволяет выполнять высокоскоростное деформирование конструкционных и функциональных материалов с целью получения высоких физико-механических свойств.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России, тема «Структура», 01201463331.

МУЛЬТИВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА РАСПЛАВА

Игнатъев И.Э.^а, Крымский В.В.^б, Котенков П.В.^а, Балакирев В.Ф.^а, Игнатъева Е.В.^а

^аИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

^бЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76

Низкочастотное воздействие на расплав способно обеспечить однородность сплава, но при среднем размере структурных составляющих более микрона и высокой вероятности возникновения пористости слитка.¹ Электроимпульсное облучение² расплава позволяет провести дегазацию и добиться субмикронного измельчения композитных включений, но не гарантирует равномерного распределения композитных компонентов по объему слитка. Нами предложен новый способ³, совмещающий оба указанных метода в одном процессе обработки расплава. Суть предлагаемого нового способа заключается в том, что при одновременном электроимпульсном и низкочастотном воздействии на расплав электроимпульсная составляющая призвана обеспечить максимально возможное измельчение образующихся в расплаве интерметаллидов и иных упрочняющих фаз, изменение структуры, улучшающее технические характеристики материала, и дегазацию, а низкочастотная – турбулентное перемешивание всего объема расплава, приводящее к равномерному распределению по слитку структурных компонентов сплава, а также усиление действия электроимпульсной обработки по измельчению зерна.

Литература

1. Балакирев В.Ф., Крымский В.В., Кулаков Б.А., Ри Хосен. Электроимпульсная нанотехнология. – Екатеринбург: УрО РАН. 2009. -.141с.
2. Игнатъев И.Э., Концевой Ю.В., Игнатъева Е.В., Пастухов Э.А. Условия обеспечения турбулентного перемешивания расплавов при их вибрационной обработке. /*Расплавы*. 2007, №2, с. 19-27.
3. Игнатъев И.Э., Крымский В.В., Котенков П.В., Балакирев В.Ф., Пастухов Э.А., Игнатъева Е.В. Способ получения композиционных сплавов и установка для его осуществления. Заявка на изобретение №201515/937 от 03.12.2015.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА (VI) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ

Каргина Н.А., Ибишев К.С., Ким С.В.

Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, 100009, Республика Казахстан, Караганда, Ермакова, 63, e-mail: nat-ya1@mail.ru

Отвальные шламы производства солей хрома содержат токсичные соединения шестивалентного хрома, которые представляют серьезную экологическую опасность. Проведены исследования по восстановлению соединений хрома (VI) с целью перевода их в безопасную трехвалентную форму с использованием серосодержащих реагентов. Были опробованы: сульфит натрия - Na_2SO_3 , тиосульфат натрия - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, раствор серы в гидроксиде натрия (восстанавливающий реагент- Na_2S), известково-серный отвар (восстанавливающий реагент- CaS_2O_3).

На рисунке 1 представлен график зависимости степени восстановления Cr^{6+} от соотношения $\text{Na}_2\text{SO}_3:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Na}_2\text{S}:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Ca}_2\text{S}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{6+}$ (В: Cr^{6+}).

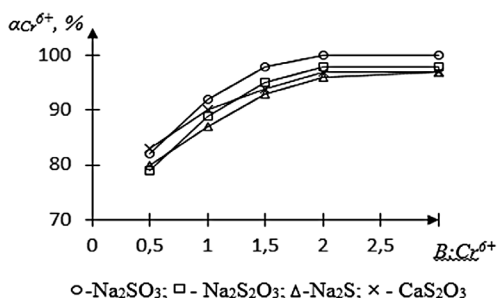


Рисунок 1 – Зависимости степени восстановления хрома от соотношения $\text{Na}_2\text{SO}_3:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Na}_2\text{S}:\text{Cr}^{6+}$, $\text{Ca}_2\text{S}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{6+}$

Показано, что степень восстановления шестивалентного хрома достигает максимального значения при В: Cr⁶⁺=1,5 - 2. Полное восстановление (100%) было достигнуто при использовании сульфита натрия.

Таблица 1. Остаточное содержание хрома в растворе

Восстановитель	Расход восстановителя, г/г Cr ⁶⁺	Остаточное содержание Cr ⁶⁺ в растворе, %	Степень восстановления Cr ⁶⁺ , %
Na ₂ SO ₃	1,7:1	-	100
Na ₂ S ₂ O ₃	1,7:1	1,62	98,38
Na ₂ S	1,7:1	3,23	96,77
Ca ₂ S ₂ O ₃	1,7:1	2,59	97,41

Работа выполнена при финансовой поддержке РГП «НЦ КПМС РК» КП МИНТ РК, проект 2058/ГФ4.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРАМИ МАГНИЯ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА

Колосов В.Н., Мирощниченко М.Н., Орлов В.М.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН,
184209, Апатиты, Академгородок, 26а, e-mail: tantal@chemy.kolasc.net.ru*

Наноразмерные порошки тугоплавких металлов, в частности W и Mo, могут быть перспективным прекурсором для получения функциональных материалов с улучшенными свойствами. На примере тантала и ниобия показано, что восстановление парами магния двойных оксидных соединений, содержащих тугоплавкие оксиды^{1,2}, позволяет получать порошки с мезопористой структурой и большой удельной поверхностью.

Настоящая работа посвящена исследованию восстановления парами магния двойных оксидных соединений вольфрама и молибдена, содержащих тугоплавкие оксиды MgO и CaO, с целью получения высокодисперсных порошков вольфрама и молибдена.

В качестве прекурсоров использовали двойные оксиды $MgMoO_4$, $CaMoO_4$, $MgWO_4$, $CaWO_4$ и Ca_3WO_6 , синтезированные методом спекания $CaCO_3$ («чда») или MgO («чда») с MoO_3 («ч») или WO_3 («ч»). Для оценки влияния тугоплавких оксидов, входящих в состав двойных оксидов, на характеристики порошков в качестве прекурсоров сравнения использовали триоксиды вольфрама и молибдена. Восстановление проводили путем выдержки исходных соединений в парах магния в интервале температур 700-800 °С при остаточном давлении инертного газа 5-20 кПа.

Установлено, что в отличие от восстановления оксидных соединений тантала и ниобия, при восстановлении WO_3 , $MgWO_4$, MoO_3 и $MgMoO_4$ в условиях, приведенных выше, имеет место разделение продуктов реакционной массы, заключающееся в удалении из зоны реакции основной массы образующегося тугоплавкого оксида MgO. На основе результатов исследований обсуждены возможные причины разделения оксидной и металлической фаз. Подтверждена установленная ранее для тантала и ниобия возможность повышения удельной поверхности магниетермических порошков вольфрама и молибдена при использовании в качестве прекурсоров соединений, имеющих в своем составе тугоплавкие оксиды.

Литература

1. Орлов В.М., Крыжанов М.В., Калинин В.Т. *ДАН*, 2014. **457**, 555.
2. Орлов В.М., Крыжанов М.В., Калинин В.Т. *ДАН*, 2015. **465**, 182.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект 16-03-00620.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Комолова О.А.,^{а,б} Григорович К.В.,^{а,б} Огороков Б.Н.

^а*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: o.a.komolova@gmail.com*

^б*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4*

Математические модели, которые обычно используют для моделирования металлургических процессов, в основном базируются на классической теории равновесия между всеми компонентами системы шлак-металл. Методы классической термодинамики позволяют прогнозировать направление развития процессов и оценить способность достижения конечных результатов. Эти методы могут быть применены, как правило, только для закрытых и равновесных систем. Все металлургические системы являются сложными открытыми неравновесными системами, в которых происходит непрерывный обмен массовых и энергетических потоков.

Динамическая математическая модель должна включать в себя в дополнение к уравнениям тепловых и материальных балансов всех взаимодействующих фаз, систему уравнений для описания взаимодействия между компонентами системы шлак-металл. На основании физико-химических моделей и неравновесной термодинамики была разработана оригинальная программа для моделирования обработки стали в агрегате ковш-печь, которая позволяет проводить динамический расчет температуры и химического состава шлака и металла в течении всего процесса. Это программное обеспечение учитывает следующие входные данные: массу, температуру, химический состав металла и шлака, время ввода и массу добавок, режим продувки, электрический режим. Для тестирования работы программного обеспечения и проверки моделей, были использованы результаты 25 плавов внепечной обработки стали металлургического предприятия. Было установлено, что программное обеспечение адекватно описывает динамические изменения основных характеристик металла, шлака и реакции системы на управляющие воздействия. В этом исследовании было показано, что оригинальное программное обеспечение LF позволяет выполнять динамическое моделирование процесса обработки металла на агрегате ковш-печь, проводить оптимизацию технологии и вести процесс по оптимальной траектории.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ И СКОРОСТИ НАГРЕВА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РЕАКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ В СИСТЕМЕ Fe – Al

Концевой Ю.В., Мейлах А.Г., Шубин А.Б., Пастухов Э.А., Сипатов И.С.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: kuv.45@mail.ru*

Состав и геометрические параметры промежуточного слоя слоистых композитов (СК), во многом определяют его потребительские свойства. Эти характеристики являются функцией скорости диффузии и направления ее преимущественного развития. В процессе исследования толщины интерметаллической прослойки при термической обработке СК системы Fe – Al установлено, что на интенсивность реакционной диффузии влияет не только факт структурной перестройки, но также кинетика их нагрева и степень деформации компонентов.¹ В представленной работе получены зависимости толщины интерметаллидного слоя от степени совместной деформации компонентов и скорости нагрева такого СК. Влияния скорости нагрева на толщину у интерметаллида хорошо описывается формулой

$$y = a + b\sqrt{\dot{T}}$$

где а и b – коэффициенты пропорциональности, зависящие от химического состава слоев, степени их деформации (наклепа), чистоты поверхности и др. Зависимость изменения протяженности границ S рекристаллизованных зерен от скорости нагрева, полученная авторами работы², имеет тот же вид

$$S = c + k\sqrt{\dot{T}}$$

где с и k – также коэффициенты пропорциональности, зависящие от химического состава металлов, степени наклепа и т.д.

Таким образом, скорость нагрева, сокращает инкубационный период образования зародышей, а степень деформации, повышает количество центров рекристаллизации, радикально увеличивают протяженность границ зерен, что приводит к росту «эффективного» коэффициента диффузии.

Литература

1. Ватолин Н.А., Концевой Ю.В., Цхай Е.В. Взаимодействие стальной полосы и алюминиевого порошка в процессе высокоскоростного отжига. Известия академии наук. Металлы. № 1, 1997. С.95-100.
2. Иванов В.И., Осипов К.А. Возврат и рекристаллизация в металлах при быстром нагреве. М.:Наука,1964.

Исследования выполнены за счет гранта Российского Научного Фонда, проект 15-13-00029.

ЖАРОПРОЧНЫЙ СПЛАВ СО СЛОИСТОЙ СТРУКТУРОЙ, ПРИГОТОВЛЕННЫЙ ПО ТВЕРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Коржов В.П.

Институт физики твердого тела РАН, 142432, Черноголовка, Академика Осипьяна, 2, e-mail: korzhov@issp.ac.ru

Для получения жаропрочных композитов со слоистой структурой из многокомпонентных сплавов сваривали пакеты, составленные из 2-х и более фольг Nb- и Ti-сплавов¹. Такая же цель была и в этой работе, но в пакете использовались Nb-фольги с покрытием порошковой смесью 49,1Ti-19,8Mo-12,4Si-12,1ZrH₂-3,8Cr-2,8 мас.%Al в поливинилбутерале.

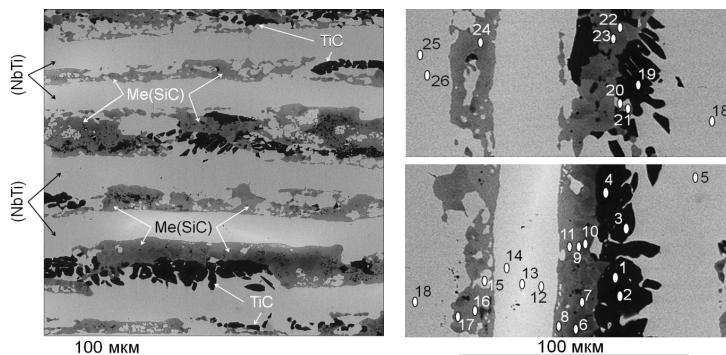


Рисунок 1. Микроструктура многослойного пакета после диффузионной сварки при 1500°C и давлении 14 МПа в течение 3 ч в атмосфере CO: 1-26 – номера спектров

Идентифицированы следующие фазы (рис. 1). (1) Карбид титана TiC (50,4Ti и 47,7 ат.%C). В нем растворено 1,0Nb и 0,6 ат.%Zr (спектры 1–4 и 19). (2) Карбидосилицид $Me_{1,05}(Si_{0,54}C_{0,46/0,95})$ [Me(SiC)]. Содержание элементов: 27,8Ti–14,5Nb–6,9Zr–2,50,6Al–0,6Mo–0,3 ат.%Cr (спектры 6–11, 16, 17 и 21–24). (3) Все другие спектры относятся к вязко-пластичной структурной составляющей, состав которой (если брать за основу диаграмму Nb–C) изменялся от заэвтектической области β -Nb₂C + (Nb) с 33,4Nb и 30,1 ат.%Ti до Nb-твердого раствора с 91,6Nb и 5,6 ат.%Ti. Содержание углерода при этом изменялось от 22,1 ± 2,7 до ~0,2 ат.%.

Литература

1. Korzhov V.P. J. Intern. Scient. Public.: Materials, Methods & Technologies, 2015, 9, 196.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ НОВЫХ АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ С ИХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫМ СОСТОЯНИЕМ И КОМПЛЕКСОМ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.

Костина М.В.,^а Мурадян С.О.,^а Фомина О.Н.,^б Калинин Г.Ю.^б

*^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: mvk@imet.ac.ru*

*^бЦентральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49*

Экспериментально и с использованием методов термодинамического моделирования равновесных фазовых диаграмм состояния изучены структура, фазовый состав, физико-механические свойства новых азотосодержащих сталей (19-22)Cr-(7-8)Ni-(11-16)Mn-(1-2)Mo-(0,4-0,5)N, формируемые в результате различных металлургических процессов их получения и обработки. Показаны возможности управления комплексами физико-механических свойств таких сталей на основе выявленных закономерностей.

Литая структура изученных аустенитных сталей характеризуется, в зависимости от соотношения таких аустенито- и ферритообразующих легирующих элементов (ЛЭ) как Mn, N, Cr, Mo наличием, либо отсутствием в аустените δ -феррита (до 5%) и, образующейся как междендритный металл, высокотвердой σ -фазы (8-17 об.%, в зависимости от толщины сечения), негативно влияющей на пластичность и ударную вязкость. Установлена степень позитивного влияния азота и вариаций % Mn, N, Cr, Mo на снижение объемной доли σ -фазы и феррита (до 0%). При высокотемпературной гомогенизирующей термической обработке при 1100-1200°C (с последующим охлаждением в воде) в сталях с σ - и δ -фазой происходят превращения $\sigma \rightarrow \delta \rightarrow \gamma$. В результате предел прочности литого металла возрастает в 1,5 раза (с 450 до 700 МПа), ударная вязкость в ~ 20 раз. Значения предела текучести литой стали (~ 400 МПа) определяются твердорастворным упрочнением азотом и наличием в структуре наноразмерных частиц типа CrN.

Обеспечивая чистоту по неметаллическим включениям при выплавке, кристаллизацию без промежуточного δ -феррита и литую структуру без σ и δ фаз (за счет подбора соотношений Л.Э., особенно – %N, а также гомогенизирующей термообработки) в этих сталях, подбирая при последующей термомеханической обработке (ТМО) температурно-временные интервалы и интенсивность пластической деформации, для изученных сталей можно обеспечить различные требуемые уровни предела текучести (1 - 650-770 МПа; 2 - 810-900 МПа; 3 – 1000-1150 МПа), сохраняя высокую пластичность и ударную вязкость. Основными регулируемыми параметрами ТМО стали при этом являются зёрненная и субзёрненная структура, дислокационная ячеистая субструктура горячего наклепа, выделяющиеся вторичные фазы.

СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ФАКТОРЫ МЕЖКРИСТАЛЛИТНОЙ КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 ПОСЛЕ КРИОПРОКАТКИ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО СТАРЕНИЯ

Крымский С.В., Ильясов Р.Р., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В.

*Институт проблем сверхпластичности металлов РАН,
450001, Уфа, Ст. Халтурина, 39, e-mail: stkr_impat@mail.ru*

Исследовали эффект интенсивной пластической деформации, реализованной изотермической прокаткой при температуре жидкого азота, со степенью деформации до $\epsilon \sim 4$ и последующего естественного и искусственного старения на сопротивление межкристаллитной коррозии (МКК) предварительно закаленного промышленного алюминиевого сплава Д16 стандартного химического состава и с добавкой циркония. Интенсивность и глубину коррозионного поражения после выдержки в течение 24 часов в водном растворе 3% NaCl+1% HCl оценивали с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии. Установлено, что увеличение степени деформации при прокатке привело к уменьшению коррозионной устойчивости сплава. При этом, влияние режимов пост-деформационного старения (температуры и длительности) было более сложным. Эффекты влияния размера и распределения (суб)зерен, плотности дислокаций, зон, свободных от выделений, а также размера, морфологии и распределения первичных и вторичных фаз, в особенности, дисперсных частиц алюминидов переходных металлов, на МКК обсуждаются с позиций электрохимических потенциалов, деформационных структур, возврата, рекристаллизации и распада твердого раствора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-38-00617.

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ: СОЗДАНИЕ НОВЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кузнецов С.А.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН,
184209, Апатиты, Академгородок, 26а, e-mail: kuznet@chemy.kolasc.net.ru*

Основными промышленными способами получения ниобия являются карбо- и металлотермические методы восстановления пятиоксида ниобия с последующей электронно-лучевой плавкой металла, а для производства гафния используется восстановление тетрахлорида гафния металлическим магнием. Недостатком вышеуказанных процессов является многопередельность, получение и необходимость переработки промежуточных продуктов, имеющих значительное количество посторонних примесей и отходов, содержащих ценные компоненты. Следствием этого является удорожание технологии, высокая себестоимость металла.

Более перспективными являются методы, при использовании которых можно получать металлы нужных свойств и качества при минимальном числе переделов. К числу таких методов относится электролиз галогенидных расплавов. В работе приведены результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний электролитического получения порошков ниобия и гафния.

Одним из рациональных путей использования дорогостоящих тугоплавких металлов является нанесение покрытий на поверхности узлов и механизмов, т.е. получение композиционных материалов. В этом случае основной материал обеспечивает, например, прочностные, электрические характеристики, а покрытия реализуют необходимые поверхностные свойства. В галогенидных расплавах с использованием электрохимических методов созданы композиционные материалы различного функционального назначения:

- коррозионностойкие покрытия гафния, ниобия, тантала, полученные с использованием стационарных, нестационарных и импульсных режимов электролиза;
- жаростойкий материал из сплава ниобия с гафнием на боросилицированном графите с температурой эксплуатации 1700-2000 °С;
- высокотемпературные припои Cu-Nf для диффузионной пайки различных тугоплавких металлов;
- катоды мощных электронных ламп из гафния, полученные методом гальванопластики;
- многофункциональные покрытия: карбиды, бориды и силициды тугоплавких металлов;
- биомедицинский материал нитинол-покрытие тантала.

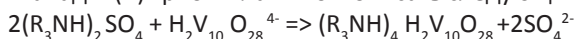
ЭКСТРАКЦИЯ В ПЕРЕРАБОТКЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Курбатова Л.Д.,^а Корякова О.В.,^б Валова М.С.^б

^аИнститут химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: ludmila.d.kurbatova@yandex.ru

^бИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 20

Экстракция является наиболее перспективным методом получения чистых и высококочистых соединений ванадия. Экстракционные процессы имеют ряд преимуществ перед методами сорбции, осаждения и другими процессами очистки и разделения. Они отличаются высокой производительностью, легко автоматизируются, позволяют создавать непрерывные технологические схемы. Экстракцию обычно проводят из кислых растворов. В настоящей работе приведены результаты исследования экстракции ванадия(V) из слабокислых растворов анионообменным экстрагентом - триоктиламином. Для определения оптимальных условий экстракции было изучено влияние на экстракцию ванадия(V) триоктиламином таких факторов как pH среды, концентрация ванадия(V), концентрация экстрагента, температура, тип растворителя. Показано, что экстракция ванадия(V) триоктиламином при температуре $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ проходит в интервале pH 2,0-3,5. В состав экстрагируемого комплекса входит декаванадат-анион $\text{H}_2\text{V}_{10}\text{O}_{28}^{4-}$, что подтверждается наличием соответствующих полос в инфракрасных спектрах экстрактов, и четыре молекулы экстрагента. Это позволяет реакцию экстракции ванадия(V) триоктиламином описать следующим уравнением:



Показано, что для увеличения растворимости экстрагируемых комплексов ванадия(V) с триоктиламином в качестве модифицирующей добавки следует применять дециловый спирт $\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{OH}$. Изучено влияние сопутствующих элементов на экстракцию ванадия(V) триоктиламином. Показано, что такие элементы, как магний(II), кальций(II), железо(II), марганец(II) не влияют на экстракцию ванадия(V) триоктиламином. Установлено, что в оптимальных условиях триоктиламин экстрагирует ванадий(V) с высокими коэффициентами распределения ($\lg D_v > 2$), что дает основание рекомендовать его в качестве эффективного экстрагента ванадия(V) из слабокислых растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, проект 14-08-00542.

О СКЛОННОСТИ РАСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СО, NI И FE К ОБЪЕМНОЙ АМОРФИЗАЦИИ

Ладьянов В.И., Стерхова И.В., Камаева Л.В.

*Физико-технический институт УрО РАН,
426000, Ижевск, Кирова, 132, e-mail: las@ftiudm.ru*

В последнее время активно ведутся исследования нового класса материалов – объемных аморфных сплавов, получение которых возможно путем струйной закалки расплава в металлический или жидкий охладитель. Реализуемая при этом скорость охлаждения составляет $\sim 1 - 10^3$ К/с, а максимальная толщина аморфного слоя – несколько см. К таким сплавам относятся многокомпонентные системы на основе интерметаллических соединений со сложной кристаллической структурой. Перспективным способом повышения стеклообразующей способности сплавов наряду с выбором его состава является определение оптимальных параметров его получения. Это обусловлено зависимостью процессов структурообразования от структурного состояния жидкой фазы и предыстории ее получения, которые в той или иной степени наследуются при затвердевании и влияют на стеклообразующую способность сплава. В связи с этим в работе методами вискозиметрии, дифференциального термического, рентгеноструктурного и металлографического анализов проведены исследования влияния жидкой фазы на стеклообразующую способность сплавов $\text{Co}_{65,5}\text{Fe}_{6,5}\text{Si}_{18}\text{B}_{10}$, $\text{Ni}_{64,4}\text{Fe}_4\text{Cr}_{4,9}\text{Mn}_2\text{B}_{16,2}\text{C}_{0,5}\text{Si}_8$, $\text{Fe}_{50}\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6$, проявляющих различную склонность к объемной аморфизации.

Проведенные исследования показали, что в условиях закалки из расплава со скоростями $\sim 10^3$ К/с наибольшая доля аморфной фазы достигается при охлаждении из узкого интервала температур вблизи 1300°C для $\text{Co}_{65,5}\text{Fe}_{6,5}\text{Si}_{18}\text{B}_{10}$, 1230°C для $\text{Ni}_{64,4}\text{Fe}_4\text{Cr}_{4,9}\text{Mn}_2\text{B}_{16,2}\text{C}_{0,5}\text{Si}_8$ и 1380°C для $\text{Fe}_{50}\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6$. При этом вблизи указанных температур наблюдаются аномалии на политемах вязкости и переохлаждения, обусловленные изменением ближнего упорядочения в расплавах. Перегрев исследованных расплавов выше этих температур приводит к изменению характера кристаллизации сплавов и их стеклообразующей способности.

Проведенные исследования показали, что анализ температурных зависимостей переохлаждения и кинематической вязкости можно использовать для определения оптимальных температур закалки расплавов для достижения наилучшей их аморфизуемости.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта по программам УрО РАН, 15-6-2-40.

УСЛОВНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СПЛАВОВ - ОСНОВА ОПИСАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИДКОЙ СИСТЕМЕ МЕТАЛЛ-СОЛЬ

Лебедев В.А.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail:v.a.lebedev@at.urfu.ru*

Понятие «условный стандартный потенциал сплавов E^{**} » было предложено для описания электрохимического поведения солевых и металлических расплавов, которые подчиняются закону Генри. Точные измерения величин E^{**} могут быть выполнены для сплавов всех электроотрицательных металлов (щелочные, редкоземельные и т.д.). Использование величин условных стандартных потенциалов явилось важным шагом в повышении точности и достоверности термодинамических расчетов.

Показано, что термодинамическая величина условного стандартного сплавов во многих случаях практически совпадает с фундаментальной кинетической константой, которая была введена Гейровским, то есть с потенциалом полуволны. Это позволяет оценивать величины условного стандартного потенциала сплавов по поляризационным кривым и использовать накопленную в полярографии информацию о потенциалах полуволны для термодинамических расчетов.

Литература

1. Lebedev V.A. Molten Salt Chemistry and Technology, *Materials Science Forum*, **73-75**, 1991, Paris, France, 435.
2. Lebedev V.A. *Abstracts of V Intern. Syminar Molten salts in nuclear technology*. Dimitrovgrad. NIAR, 1995, 15.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЖАРОСТОЙКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВС- МАТЕРИАЛОВ

Левашов Е.А., Штанский Д.В.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва,
119049, Ленинский проспект, 4, e-mail:levashov@shs.misis.ru*

Методом магнетронного распыления при ассистировании ионной имплантацией получены многокомпонентные наноструктурные (нс-) покрытия: твердые с повышенной термической стабильностью и жаростойкостью; многослойные трибологические. Изучено влияние легирования Cr, Al, Si на структуру и свойства покрытий в системе Ti-B-N, Ti-C-N. Покрытия Ti-Cr-Si-C-N (а) имеет уникальную колонную структуру типа «гребенки» с шириной колонн 50-150 нм и размером кристаллитов 8-25 нм, а в системе Ti-Al-Si-C-N (б) - более плотную однородную морфологию, состоящую из кристаллитов размером 3-15 нм. При этом фазовый состав покрытия (а) - $Ti(C,N)_x$, CrC, SiC_xN_y , α -C, покрытия (б) - $(Ti,Al)(C,N)_x$, SiC. Нс-пленки Ti-Al-Si-C-N, Ti-Cr-Si-C-Нобладают рекордно высокой термической стабильностью до 1200°C. Разработаны жаростойкие (до 1600°C) покрытия Mo-Si-B-N, Cr-Al-Si-B-N, Si-C-B.

Предложены концепции создания многослойных покрытий с коэффициентом трения менее 0.1, высокой износостойкостью, стабильно низким коэффициентом трения без характерного участка приработки и способные работать как на воздухе, так и в воде, а также нанокompозитных самоадаптирующихся покрытий для работы при повышенных температурах. В нанокompозитных пленках, например, MoCN-AgiTiNbCN-Ag каждая структурная составляющая играет свою особую роль: твердая фаза на основе карбидов, нитридов и боридов обеспечивает износостойкость; оксиды - повышенную жаро- и коррозионную стойкость; мягкие металлы Ag, Au, Pb, Cu или фазы Магнели - низкий коэффициент трения в широком интервале температур.

Методом электроискрового легирования впервые получены двухслойные покрытия на основе MAX- фазы Cr_2AlC при осаждении на титановый сплав. На начальной стадии процесса в результате химического взаимодействия электрода Cr_2AlC с Ti на подложке образуется тонкий слой TiC, являющийся диффузионным барьером.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, соглашение 14-19-00273.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗО-СОДЕРЖАЩИХ РУД И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Леонтьев Л.И.

Президиум РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект, 14, e-mail: leo@presidium.ras.ru

В докладе рассмотрены физико-химические особенности схем комплексной переработки железо-титанистых, железохромоникелевых и красных шламов.

Для железо-ванадий-титановых руд Качканарского типа, которые перерабатываются в промышленных условиях, теоретические основы процесса разработаны в трудах В.И.Довгопола, С.В.Шаврина, Л.А.Смирнова, М.И. Третьякова с сотрудниками. Эффективным совершенствованием оказалось снижение вязкости шлаков окислами Mn.

При наличии много миллиардных запасов ильменитовых и лейкоксеновых руд, 100% сырья для производства металлического титана и пигментного диоксида титана импортируется.

Физико-химические основы переработки ильменитовых руд Медведевского и Копанского месторождений и лейкоксеновых руд Ярегского месторождения разработаны Институтом металлургии им. А.А. Байкова, ИМЕТ УрО РАН, показана возможность полного импортозамещения.

Многие годы исследовалась возможность эффективной переработки окисленных никелевых руд Серовского месторождения. Показана физико-химическая возможность переработки этих руд без сульфидирования с получением 6-9% ферроникеля, 40-70% ферроникеля или ферросилиция. При этом решающее значение имеет выбор типа восстановителя (C, CH₄, H₂, CO).

Одним из крупнейших и экологически опасных техногенных образований является красный шлам, выход которого соизмерим с выходом глинозема.

На основе изучения физико-химических свойств шлама предложена металлургическая схема его переработки. Для ряда комплексных материалов изучены физико-технические особенности и в лабораторных условиях смоделирована технология пирометаллургического обогащения.

Суть метода в углетермическом восстановлении окатышей из железосодержащих концентратов при 1100-1250°C, коагуляции восстановленного железа при 1250-1400°C, дроблении охлажденных окатышей и магнитной сепарации для выделения железного концентрата.

НАНОСТРУКТУРИРУЮЩИЕ ФРИКЦИОННЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Макаров А.В.,^{а,б} Кузнецов В.П.,^в Саврай Р.А.^б

^аИнститут физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: avm@imp.uran.ru

^бИнститут машиноведения УрО РАН, 620049, Екатеринбург, Комсомольская, 34

^вУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В обзорном докладе представлены результаты оригинальных разработок материаловедческих основ фрикционных и комбинированных технологий, формирующих на поверхности металлических сплавов градиентные наноструктурированные слои с повышенными механическими и трибологическими характеристиками при обеспечении наношероховатости ($Ra < 100$ нм) поверхности (двойные нанотехнологии)¹⁻³. По данным микроиндентирования наноструктурирующие обработки увеличивают способность поверхностного слоя противостоять упруго-пластическому деформированию. Это ограничивает развитие различных механизмов изнашивания и устраняет период приработки при трении. Показана эффективность комбинированных деформационно-термических обработок (фрикционная обработка + отпуск), обеспечивающих для сталей со структурой мартенсита 2-3-кратный рост твердости и износостойкости при сохранении удовлетворительной пластичности, а для сталей со структурой метастабильного аустенита – дополнительное упрочнение мартенсита деформации карбидами хрома при старении или формирование высокопрочной наноструктуры аустенита в результате деформационного прямого $\gamma \rightarrow \alpha'$ - и обратного (при нагреве) $\alpha' \rightarrow \gamma$ -превращений. Финишные обработки поверхностным пластическим деформированием скользящими инденторами обладают высоким потенциалом промышленного использования в современном машиностроительном производстве. В частности, технология наноструктурирующего выглаживания, позволяющая формировать наноструктурное состояние и субмикрорельеф поверхностного слоя, обеспечивает при серийном изготовлении прецизионных деталей на металлообрабатывающих центрах кратное повышение эксплуатационных свойств³.

Литература

1. Makarov A.V., Savrai R.A., Gorkunov E.S., Yurovskikh A.S., Malygina I.Yu., Davydova N.A. *Physical mesomechanics*, 2015, **18**, 1, 43.
2. Макаров А.В., Скорынина П.А., Осинцева А.Л., Юровских А.С., Саврай Р.А. *Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты*, 2015, 4 (69), 80.
3. Kuznetsov V.P., Makarov A.V., Psakhie S.G., Savrai R.A., Malygina I.Yu., Davydova N.A. *Physical mesomechanics*, 2014, **17**, 4, 250.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-08-07947, и в рамках Комплексной программы УрО РАН, проект 15-9-12-45.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА**Мартоян Г.А., Карамян Г.Г., Вартан Г.А.***ООО «Экоатом», 0082, Армения, Ереван, Аданаи, 1, e-mail: info@ecoatom.am*

В настоящее время одной из наиболее острых проблем ресурсосбережения в металлургии является утилизация отходов переработки руд. Производство алюминия из бокситовых руд сопровождается образованием большого количества отходов-хвостов в виде чрезвычайно агрессивного красного шлама. Их утилизация представляет собой актуальную задачу. К тому же в этих отходах содержится довольно значительное количество полезных металлов, в том числе редкоземельных элементов.

Сотрудниками компании создана технология переработки красного шлама на основе специально разработанных модулей электродиализных и электролизных сепараторов-концентраторов для разделения ионов металлов и выделения отдельных химических элементов (или комплекса элементов) с получением на выходе процесса продукта в виде мелкодисперсного порошка. Процесс переработки отходов экологически чистый, химические элементы извлекаются избирательно, образуется небольшое количество вторичных отходов, а электролиты используются в замкнутом цикле.

В работе приводятся данные химического анализа красного шлама различного происхождения, содержащего ряд ценных элементов, в том числе РЗЭ. Дана возможная схема процесса избирательного извлечения РЗ металлов из суммарного концентрата и разделения отдельных элементов методом электродиализа.

ПЕРЕРАБОТКА МЕДЕЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ШЛАМОВ

Мастюгин С.А., Волкова Н.А., Воинков Р.С.

АО «Уралэлектромедь», 624091, Верхняя Пышма, Успенский проспект, 1,
e-mail: s.mastugin@elem.ru

Шламы электролитического рафинирования меди – уникальное сырье для извлечения не только благородных металлов, но также халькогенов, которые получают преимущественно из медьсодержащего сырья, а также свинца, сурьмы, олова и других цветных металлов. На основе глубокого изучения физико-химических свойств медеэлектролитных шламов разработано гидро-металлургическое направление для комплексной переработки многокомпонентных материалов, включающее индивидуализацию фазовых составляющих и разделение оксидных и халькогенидных фаз с получением концентрата благородных металлов и содержащего цветные металлы продукта.

Химические и гидродинамические факторы автоклавного окислительного выщелачивания (АО) шламов в оптимальных условиях (температура 104 - 106 °С, давление кислорода 0,1 МПа, скорость абсорбции кислорода – 0,001 моль O_2 / м³·с·Па) обеспечили дезинтеграцию конгломератов фаз благородных металлов и примесных элементов, что позволило эффективно разделить их флотацией (Ф).

Таблица 1. Результаты обогащения шлама по схеме АО-Ф

Параметры	Содержание / извлечение компонентов, %							
	Se	Te	Ag	Au	Cu	Pb	Sb	As
Концентрат флотации	18,5 / 98,4	0,8 / 11,2	45,1 / 98,9	1,5 / 98,4	0,1 / 0,05	14,8 / 26,5	7,2 / 24,8	1,1 / 6,0
Хвосты флотации	0,2 / 1,2	2,1 / 29,0	0,5 / 1,2	0,02 / 1,6	0,5 / 0,2	41,4 / 73,4	20,6 / 69,8	2,3 / 12,8
Извлечение в фильтрат АО	0,3	57,8	0,0	0,0	99,7	0,0	5,4	81,2

Богатый концентрат на 90-92 % состоит из устойчивого селенида серебра (Ag_2Se), серебро из которого предложено восстанавливать в растворах щелочи алюминием или гидроксиламином. Так, при восстановлении концентрата флотации алюминием в режиме перколяции получен продукт с содержанием серебра более 93 %, а также раствор селенида натрия.

Для хвостов флотации разработана технология выщелачивания свинца оксиэтилендифосфоновой кислотой, анодного окисления сурьмы и свинца в щелочно-водно-глицератных электролитах с получением элементной сурьмы, концентрата свинца, а также доизвлечения драгоценных металлов.

В целом новая гидрометаллургическая технология шламового производства позволяет не только повысить комплексность использования сырья, но и снизить циркуляцию вредных примесей в металлургии меди.

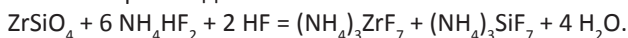
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИФТОРИДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**Мельниченко Е.И.,^а Калашников Ю.Д.^б**

^аВсероссийский институт научной и технической информации РАН,
125190, Москва, Усиевича, 20, e-mail: melnichenko.e.i@gmail.com

^бООО «РЗК Инжиниринг», 124460, Зеленоград, Панфиловский проспект, 4-1

Бифторидные процессы зарекомендовали себя как высокоэффективные, замкнутые и отвечающие экологическим требованиям. Одним из первых объектов был бадделеит-гельцирконовый концентрат месторождения Алгама (Хабаровский край). В Институте химии ДВО РАН всего было профторировано 300 кг концентрата, после чего путем сублимации $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ концентрат был полностью обескремнен (содержание SiO_2 в пробе составляло ~ 40 мас. %). Получено 360 кг высокочистого (99,998 %) $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$. Радиоактивные элементы, содержащиеся в руде, были сконцентрированы в небольшой по массе нелетучей фракции в форме фтор-циркониевой керамики в процессе отгонки ZrF_4 . Целевые продукты (высокочистые ZrF_4 и ZrO_2), а также SiO_2 были свободны от радиации. Более распространенным промышленным минералом является циркон ZrSiO_4 , который имеет собственные месторождения и входит в состав тяжелых песков вместе с ильменитом, рутилом, касситеритом, монацитом и магнетитом. Циркон считается упорным минералом. Как оказалось, ZrSiO_4 наряду с бадделеитом присутствует и в рудах Алгамы (7,5 и 88,0 %, соответственно), поэтому нужно было изменить подход к процедуре вскрытия концентрата.

Нами был разработан аппарат закрытого типа объемом 1 л с фторопластовым реактором в стальном кожухе, позволяющий проводить разложение трудновскрываемых минералов (циркон, рутил касситерит) с помощью NH_4HF_2 , усиленного HF. Так, в частности, 100 г образец концентрата Алгамы был переведен в растворимую форму на 97,6 % за 5 ч при температуре 170°C. Продукт фторирования представлял собой белую влажную массу (за счет выделения воды в процессе реакции) с pH около 7. Выделения аммиака не происходило:



Гидроксид циркония выделяли из водного раствора осаждением аммиаком после упаривания раствора до проявления высаливающего эффекта $(\text{NH}_4)_3\text{SiF}_7$, усиленного охлаждением до 8-10°C.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ ПРИ РАФИНИРОВАНИИ И МОДИФИЦИРОВАНИИ СТАЛИ ВЫСОКОАКТИВНЫМИ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫМИ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Михайлов Г.Г.^а, Макровец Л.А.^а, Смирнов Л.А.^б

^аЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76

^бИнститут металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: tchla@mail.ru

Сформулированы основные принципы термодинамического моделирования гетерогенных процессов рафинирования стали от кислорода, азота, серы. В основе лежит принцип построения поверхностей растворимости компонентов в металлическом расплаве (ПРKM), сопряженным с оксидными, нитридными и сульфидными неметаллическими фазовыми структурами, образующими квазибинарные, квазитройные и, вообще, квазикомпонентные неметаллические системы. Рассмотрены как относительно простые тройные системы типа жидкий металл на основе железа с растворенными в нем кислородом и элементом, взаимодействующим с этим кислородом, так и четверные и другие поликомпонентные системы. В качестве примера рассмотрены ПРKM таких важнейших систем, как Fe–Al–O, Fe–Ca–O, Fe–Mg–O, Fe–Si–O, Fe–Cr–O, а так же системы с PЗM. Показаны возможности раскисляющего действия углерода. Построены изосоставные сечения ПРKM, позволяющие установить концентрационные области раскисления одним элементом или комплексного раскисления на примере систем Fe–Ca–Al–O и Fe–Mn–Si–O. Сформулированы принципы построения диаграмм расхода компонентов, которые позволяют упростить процедуру подбора рационального состава поликомпонентного раскислителя для комплексного раскисления металла.

Принципиально решена задача термодинамического анализа фазовых равновесий в кристаллизующемся металле. Построены диаграммы изменения состава фаз в системах Fe–Mn–O, Fe–Si–O, Fe–Al–N–O и в промышленном металле. Подробно рассмотрены фазовые равновесия при рафинировании жидкого металла высокоактивными ЩЗМ (Ca, Mg, Ba) и PЗМ (Ce, La, Y), а так же комплексами из этих металлов. Рассмотрена система Fe–Ca–Al–S–O с использованием регулярного представления о шлаке, как двух анионной жидкости.

Экспериментально с помощью растровой электронной микроскопии изучены химический и фазовый состав неметаллических включений на примере трубной стали, полученной на Северском трубном заводе. В основном эти включения представляют собой комплекс твердых растворов и композиций, состоящих из алюминатов Mg и Ca, лантанатов, цератов и иттратов Ca и Mg, сульфидов Ca, Ce, La и Mn.

Работа поддержана грантом РФФИ, 13-08-12167.

РАСТВОРИМОСТЬ СКАНДИЯ В АЛЮМИНИИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОВЕСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Овсянников Б.В.,^а Резник П.Л.^б

^аОАО «Каменск-Уральский металлургический завод»,

623405, г. Каменск-Уральский, Заводская, 5, e-mail: bobyann@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Скандий образует с алюминием фазу Al_3Sc , которая может выделяться из алюминиевого расплава при первичной или эвтектической кристаллизации, а также при распаде пересыщенного твердого раствора. Во всех перечисленных случаях - это стабильная фаза Al_3Sc с кубической решеткой типа $L1_2$ (кубическая гранецентрированная решетка). В центре граней расположены атомы алюминия, а в вершинах куба - атомы скандия. Геометрические параметры решеток алюминия и фазы Al_3Sc , что очень важно близко между собой. Параметр решетки алюминия составляет 4,405 Å, а параметр решетки фазы Al_3Sc - 4,407 Å. Размерно-структурное сходство кристаллических решеток является основной причиной, объясняющей уникальное влияние скандия на структуру и свойства алюминия и алюминиевых сплавов. Скандий является самым сильным модификатором и антирекристаллизатором алюминиевых сплавов. Присутствие скандия в сплаве увеличивает плотность дислокаций в процессе пластической деформации. Основным эффектом от введения скандия в алюминиевые сплавы заключается в повышении прочностных характеристик (предела прочности и предела текучести) на 100 - 180 МПа, заметном улучшении свариваемости, снижении анизотропии свойств¹. Эффект скандия зависит от концентрации скандия в твердом растворе. Избыточный скандий, выделяющийся из расплава в виде грубых интерметаллидов², не только не участвует в упрочнении, но и может отрицательно сказаться на свойствах сплава.

В настоящей работе методом микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) изучено поведение скандия в литках алюминия и алюминиевых сплавов систем Al-Mg-Sc, Al-Mg-Si-Sc, Al-Zn-Mg-Cu-Sc, Al-Mg-Li-Sc и Al-Cu-Mg-Li-Sc.

Установлено, что растворимость скандия в чистом алюминии в твердом состоянии при скорости охлаждения 10°C/сек составляет 0,4 вес. % и не зависит от условий приготовления расплава и температуры перегрева.

Концентрация скандия в твердом растворе алюминиевых сплавов в значительной степени зависит от природы легирующих элементов и их склонности к образованию интерметаллических соединений со скандием.

Установлена высокая дендритная ликвация скандия в твердом растворе при низких скоростях охлаждения, например, при отливке крупногабаритных слитков полунепрерывным методом.

Литература

1. Ovsyannikov B.V., Zamyatin V.M. *Materials science forum*, 2014, **794-796**, 1002.

2. Reznik P.L., Chikova O.A., Ovsyannikov B.V. *Materials Science Forum*, 2016, **843**, 117.

НОВЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛИГАТУРНЫЕ СПЛАВЫ С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Пастухов Э.А., Попова Э.А., Котенков П.В., Шубин А.Б.

*Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: eduard.pastuhov.34@mail.ru*

Из всех широко распространенных лигатурных сплавов с переходными металлами (ПМ) на основе алюминия только скандий в лигатуре Al–Sc образует алюминиды со стабильной ГЦК решеткой структурного типа $L1_2$, идентичной матрице алюминиевых сплавов, что обеспечивает получение высоких характеристик модифицируемых сплавов. Возможность образования метастабильных алюминидов ПМ с ГЦК решеткой показана рядом российских и зарубежных исследователей. Так, в работе¹ приведены результаты замещения скандия в алюминиде Al_3Sc некоторыми переходными и редкоземельными металлами с сохранением структурного типа его решетки. Авторами^{2,3} показано, что при высокоскоростной кристаллизации перегретых расплавов Al–Ti и Al–Zr образуются метастабильные алюминиды Al_3Ti и Al_3Zr с ГЦК решеткой $L1_2$. Возможность получения методом спиннингования алюминидов $Al_3(Ti_{1-x}Zr_x)$ с ГЦК решеткой $L1_2$ показана авторами.⁴

Нами в течение последних лет разрабатываются тройные лигатурные сплавы Al–Sc–Zr, Al–Sc–Ti, Al–Zr–Ti, Al–Y–Zr и др.⁵, в которых образуются триалюминиды с двумя ПМ, имеющих ГЦК решетку пространственного типа $L1_2$. Кристаллографическое и размерное соответствие решеток триалюминидов с решеткой α -Al обеспечивает высокие показатели измельчения зерна и дисперсионного упрочнения алюминиевых сплавов. Состав, размеры, морфология и структурный тип алюминидов двух ПМ, формирующихся при кристаллизации тройных лигатурных сплавов, зависит от степени перегрева расплава над температурой ликвидуса, от скорости кристаллизации и от соотношения в них ПМ. От соотношения ПМ зависит также параметр решетки образующихся алюминидов, определяющий их размерное соответствие с α -Al.

Литература

1. Harada Y., Dunand D.C. Materials Science and Engineering, 2002, 686-695.
2. Бродова И.Г. Замятин В.М., Попель П.С. и др. Расплавы. 1988, **2**, 23.
3. Бродова И.Г. и др. Физика металлов и металловедение. 1992, **1**, 84.
4. Malek P. et al. Journal of Materials Science. 2000, **35**, 2625.
5. Попова Э.А., Котенков П.В., Пастухов Э.А., Шубин А.Б., Расплавы 2013, **3**, 13.

ГАЗОВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД

Пахомов Р.А., Старых Р.В.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29, e-mail: kafedra-sm@yandex.ru*

В работе приведены результаты исследований закономерностей газового восстановления окисленных никелевых руд (ОНР). Обсуждены теоретические предпосылки селективного восстановления никеля ОНР, базирующиеся на различии равновесных парциальных давлений кислорода над системами MeO-Me для Ni и Fe. Экспериментально исследовано влияние парциального давления кислорода при восстановительном обжиге ОНР природно-смешенного (Буруктаьское месторождение) и магнезиального (Серовское месторождение) типов на показатели восстановления и качество ферроникеля (Fe-Ni), получаемого при последующей плавке огарков. Определены оптимальные условия предварительного газового восстановления ОНР. Плавка огарка восстановительного обжига приводит к получению богатого никелем ферроникеля (более 20-50% масс никеля для разных типов руд) при извлечении Ni в ферроникель выше 95%, что существенно превышает показатели действующих промышленных технологий.

Подтверждена возможность селективного восстановления никеля при восстановительном обжиге ОНР магнезиального и природно-смешенного типа, на примере руд Серовского и Буруктаьского месторождения, с использованием смеси газов CO_2, H_2 .

Показано, что при изменении типа восстанавливаемой руды необходимо корректировать содержание кислорода в восстановительной газовой смеси. Основным критерием выбора парциального давления кислорода в восстановительной газовой смеси является содержание железа в руде. С ростом содержания железа в руде необходимо повышать парциальное давление кислорода восстановительной газовой смеси для получения богатого никелем ферроникеля. Например:

- руда Серовского месторождения: $\lg(P_{\text{O}_2})=(-15)\div(-16)$ при обжиге (1000°C), приводит при последующей плавке огарка к получению ферроникеля, содержащего >50% масс Ni, извлечение Ni в Fe-Ni 96% отн.

- руда Буруктаьского месторождения: $\lg(P_{\text{O}_2})=(-13)\div(-14)$, при обжиге (1000°C), приводит при последующей плавке огарка к получению ферроникеля, содержащего >25% масс Ni, извлечение Ni в Fe-Ni >90% отн.

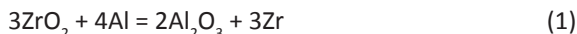
Селективное восстановление никеля ОНР возможно при использовании газов доступных в промышленном объеме (конверсированный метан).

СИНТЕЗ СПЛАВОВ Al-Zr В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ KF-AlF₃**Першин П.С., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П.**

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, 620137,
Академическая, 20, e-mail: paffka19@yandex.ru*

Широкое применение в различных сферах находят сплавы алюминия с цирконием (Al-Zr), поскольку уже небольшие добавки циркония до (0.2-0.4 мас.%) резко повышают прочность, пластичность и температуру рекристаллизации алюминия, не снижая его электропроводность¹. В опытно-производственных масштабах наиболее простым и доступным способом получения сплавов алюминия является алюмотермическое восстановление соединений соответствующих легирующих металлов.

Восстановление диоксида циркония алюминием в расплаве KF-AlF₃ описывается реакцией:



Стандартная энергия Гиббса реакции (1) при температуре эксперимента 750 °С равна 6.1 кДж/моль.

Тем не менее, в данной работе экспериментально показана принципиальная возможность получения алюмо-циркониевых сплавов с содержанием циркония до 0.4 мас. % путем алюмотермического восстановления его оксида в расплаве KF-AlF₃. Это можно объяснить смещением равновесия (1) вправо по причине отвода циркония от фронта реакции вглубь алюминия или снижением его активности за счет образования интерметаллидных соединений².

Литература

1. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. - М.: Металлургия, 1988. – 784 с.
2. Под ред. Н.П. Лякишева. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник в 3 т.: Т.1. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-60129.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ВТОРЫХ ФАЗ В ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ

Попов А.А., Попова М.А.

*Уральский федеральный университет, 620002, Екатеринбург, Мира, 19,
e-mail: a.a.popov@urfu.ru*

Рассмотрены процессы выделения вторых фаз в титановых сплавах различных систем легирования при термической обработке.

В сплавах с метастабильной β -фазой изучено влияние легирования на процессы выделения α и ω - фаз. Показано, что увеличение содержания алюминия в сплаве с 3,0 до 6,0 мас. % способствует подавлению протекания $\beta \rightarrow \omega$ и $\beta \rightarrow \alpha''(\alpha_n)$ -превращений как при закалке сплавов из β -области, так и при последующем старении. Установлено, что распад метастабильного β -твердого раствора является многостадийным $\beta \rightarrow \omega(\alpha_n) \rightarrow \alpha$. В ходе изотермической обработки при 400...500°C обнаружено, что на стадиях распада β -фазы, идущих с образованием α_n -фазы, повышение содержания алюминия в сплаве приводит к более интенсивному уменьшению ромбичности α_n -фазы по мере увеличения времени выдержки, ускоряя процессы распада с образованием фаз близких по структуре к α -фазе. При более высоких температурах распада распад происходит без промежуточной стадии. Изучена кинетика и морфология выделяющихся при старении фаз.

При непрерывном нагреве метастабильной β -фазы в сплавах с содержанием алюминия менее 5% распад идет многостадийно: при температурах 250-400°C по гомогенному механизму, а при 450-650°C по гетерогенному механизму. Увеличение содержания алюминия приводит к частичному подавлению гомогенного распада, снижению температур образования равновесной α -фазы и перекрытию областей протекания гомогенного и гетерогенного распада.

В сплавах на основе α -фазы рассмотрены процессы упорядочения с образованием α_2 -фазы. Показано, что в зависимости от состава сплава и температуры старения возможны различные механизмы превращения. При низких температурах происходит упорядочение по механизму фазового превращения второго рода, а при повышенных – протекает гетерогенное превращение с образованием дисперсных частиц.

АЛЮМИНИДЫ В ЛИГАТУРНЫХ СПЛАВАХ Al–Sc–Ti

Попова Э.А., Котенков П.В., Шубин А.Б.

Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: p.kotenkoff@yandex.ru

Изучены условия формирования тройных алюминидов с ГЦК решеткой структурно-го типа $L1_2$ в лигатурных сплавах Al–Sc–Ti с широким диапазоном концентраций титана от 0.12 до 1.38% Ti (здесь и далее мас.%) и содержанием скандия 0.76-0.99%. Атомное отношение Ti/Sc в сплавах изменялось от 1.39 до 0.12. Лигатурные сплавы готовили из бинарных лигатур Al–3%Ti и Al–2%Sc. Плавки проводили в шахтной печи при температурах от 900 до 960°C, расплав выдерживали в течение 20-30 мин, периодически перемешивая, и заливали в бронзовую изложницу. Масса слитка ~200 г, скорость кристаллизации ~10³ град/с. Образующиеся при кристаллизации сплавов алюминиды $Al_3(Ti_{1-x}Sc_x)$ значительно различались по морфологии, составу, размеру и плотности распределения. Отношение Ti/Sc в алюминидах, имеющих кубическую решетку $L1_2$, изменялось от 0.14 до 1.44.

В сплавах Al–0.12Ti–0.99Sc, Al–0.38Ti–0.93Sc, Al–0.68Ti–0.76Sc, в которых содержание Ti не превышает содержание Sc, образуются только алюминиды с ГЦК решеткой состава, соответственно, $Al_3(Ti_{0.12}Sc_{0.88})$, $Al_3(Ti_{0.37}Sc_{0.63})$, $Al_3(Ti_{0.47}Sc_{0.53})$. Первый сплав характеризуется большей плотностью выделения и меньшими размерами алюминидов. В сплаве с близким содержанием Sc и Ti преобладающей формой их роста становится дендритная с длиной ветвей до 10 мкм.

В близких по составу сплавах Al–1.24Ti–0.99Sc и Al–1.24Ti–0.85Sc, в которых содержание Ti выше содержания Sc, образуются алюминиды с двумя типами решетки: кубической $L1_2$ $Al_3(Ti_{0.53}Sc_{0.47})$ и $Al_3(Ti_{0.59}Sc_{0.41})$, соответственно, и тетрагональной $Al_3(Ti_{0.98}Sc_{0.02})$ DO_{22} . Различие в перегревах расплавов приводит к различию в размерах алюминидов и плотности их выделения. Состав алюминидов $L1_2$ влияет на параметр их решеток, который в соответствии с данными¹ изменяется от 0.4094 до 0.4024 нм. Близкое соответствие с параметром решетки α -Al, равным 0.4050 нм, имеют алюминиды лигатур Al–0.38Ti–0.93Sc и Al–0.68Ti–0.76Sc (0.4054 и 0.4040, соответственно). Результаты модифицирования сплава Al–4%Cu лигатурой Al–0.68Ti–0.76Sc приведены в работе.²

Литература

1. Harada Y., Dunand D.C. *Materials Science and Engineering*, 2002, **A329-331**, 686.
2. Котенков П.В., Попова Э.А., Пастухов Э.А. *Расплавы*, 2014, **2**, 21.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫМИ СОСТОЯНИЯМИ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Пушин В.Г.

*Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: pushin@imp.uran.ru*

В настоящем обзоре рассмотрено современное состояние проблемы создания новых перспективных металлических материалов конструкционного многофункционального назначения и прорывных технологий их получения с заданными химическими, физическими, механическими и эксплуатационными свойствами. Обсуждаются причины появления в XXI веке как одного из новых основных трендов наук о материалах так называемых высокоэнтропийных многокомпонентных металлических сплавов (ВЭС), интерметаллических соединений и композитов на их основе. Отмечается, что многие из уже практически применяемых сталей, сплавов и интерметаллидов, жаропрочных, высокопрочных, коррозионностойких, специальных, содержат 4-5 и более контролируемых легирующих элементов общей массой до 30-50% и более. Установлены основные закономерности целевого многокомпонентного легирования, которое должно обеспечить сохранение однофазного твердого раствора или, напротив, переменность многофазного состояния, или наполнение той или иной подрешетки сверхструктур, сохраняя или усиливая их функциональные характеристики.

Многокомпонентное макро- и микролегирование как ключевой композиционный фактор не может не быть дополненным использованием новых подходов по применению разнообразных физико-технических технологий внешних термических, механических и иных воздействий (в том числе экстремальных). Показано, что они "включаются" либо в условиях первоначального синтеза, либо при последующей обработке материалов. А их основное предназначение – это обеспечение модифицирования и 3D-пространственной иерархии структурно-фазовых состояний на разных масштабных уровнях. Фактически речь идет о выработке основополагающих принципов многоуровневого дизайна структуры и свойств создаваемых материалов. При этом безусловно неотъемлемым является применение современных методов синтеза и комплексного анализа создаваемых материалов, к которым прежде всего относятся высокоразрешающие аналитические методы электронной микроскопии, зондовой спектроскопии, атомной томографии.

Исследование выполнено за счет РФ, грант 15-12-10014.

КРАСНЫЕ ШЛАМЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СЫРЬЕВОЙ ИСТОЧНИК СКАНДИЯ И ЦИРКОНИЯ

Пягай И.Н., Пасечник Л.А., Яценко С.П., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А.

*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: pasechnik@ihim.uran.ru*

Большие масштабы переработки бокситов с получением глинозема сопровождаются образованием значительного количества выводимых в отвалы отходов – красных шламов (КШ). По существующей технологии такие редкие элементы как скандий, цирконий и титан полностью остаются в отходах. В рамках комплексной блочной переработки и утилизации красных шламов, направленных на решение проблем рационального природопользования и сохранения среды обитания, авторами предложен вариант перевода части редких металлов в растворимые формы карбонизацией щелочной шламовой пульпы.¹ Проведение разработанной последовательности превращений, основанных на различной растворимости соединений скандия, циркония и ряда примесных элементов, обеспечивает получение оксида скандия с содержанием примесей не более 1-2 мас.%. В настоящее время в опытно-промышленном масштабе отработаны условия получения скандиевого концентрата.

Основное количество циркония и титана в виде гидроокисей отделяется на первой ступени последовательного гидролитического разложения скандийсодержащего карбонатного раствора. Такой титан-циркониевый концентрат содержит не менее 15-20% ZrO_2 . В сернокислых растворах переработки скандиевого концентрата также обнаруживается накопление циркония. При введении в определенных условиях реакционной смеси, содержащей фторид-ионы, удастся селективно и количественно осадить цирконий в виде фторидных солей. Полученный циркониевый концентрат может быть использован для синтеза алюминиевых лигатур и сплавов, в том числе и по разработанным нами ранее способам.²

Литература

1. Пасечник Л.А., Пягай И.Н., Скачков В.М., Яценко С.П. *Экология и промышленность России*, 2013, **6**, 36.
2. Skachkov V.M., Yatsenko S.P., Pasechnik L.A. *Nanosystems*, 2014, **5(4)**, 603.

Работа выполнена при финансовой поддержке УрО РАН, проект 15-11-3-20.

ВЫБОР УСЛОВИЙ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ВНЕВАКУУМНОГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСТОСТОЙКИХ И ЖАРСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Ремпе Н.Г.,^а Смирнягина Н.Н.,^{а,б} Халтанова В.М.^{б,в}

^аТомский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Томск, пр. Ленина, 40

^бИнститут физического материаловедения СО РАН, 670042, Улан-Удэ, Сахьяновой, 6

^вБурятский государственный университет,
67000, Улан-Удэ, Смолина, 24а, e-mail: haltanovavm@mail.ru

В настоящее время электронно-лучевые технологии реализуются в основном в вакууме. Существующие вневакуумные технологии развиваются на основе электронных ускорителей, которые используют выведенный в атмосферу электронный пучок с энергией в несколько мегаэлектронвольт, и применяют громоздкое и крайне дорогое оборудование. В качестве объектов исследования выбраны бориды и карбиды титана и хрома, поскольку они имеют повышенную стойкость к износу, коррозии и жаростойки.

В докладе моделируются, рассчитываются и обсуждаются реакционные составы с различными борлирующими компонентами, для которых наблюдаются минимальные энергетические затраты и максимальный выход боридов и карбидов. Определены термодинамические параметры при атмосферном давлении на воздухе и в среде инертного газа (аргона). Например, построены изотермические разрезы в системах TiO_2 -B-C, TiO_2 - B_2O_3 -C, TiO_2 - H_3BO_3 -C, проанализированы поля кристаллизации и сосуществующих фаз.

Проанализированы продукты взаимодействия исходных веществ с материалом металлической основы (сталь 12Х18Н10Т) в присутствии воздуха с учетом электронно-лучевой наплавки покрытий толщиной до 200 мкм. Установлена последовательность химических превращений образования нитридов, карбидов и боридов железа, хрома и титана. Показана возможность синтеза и наплавки покрытий на основе тугоплавких и износостойких карбидов и боридов титана и хрома вне вакуума под воздействием электронного пучка, продуцированного пушкой с плазменным катодом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки, в рамках Федеральной Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», соглашение RFMEFI57714X0018.

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СЛОЕВ, ПОВЫШАЮЩИХ КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ НЕЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Решетников С.М., Харанжевский Е.В., Кривилев М.Д.

*Удмуртский государственный университет,
426034, Ижевск, Университетская, 1, e-mail: smr41@mail.ru*

В работе обобщены исследования авторов по использованию метода короткоимпульсной лазерной обработки для создания наноразмерных функциональных слоев, повышающих антикоррозионные свойства нелегированных сталей.

Повышение коррозионной стойкости металлических материалов, например, на основе железа, достигается путем перевода их в состояние устойчивой пассивности. Чаще всего это достигается путем легирования сталей хромом, никелем и другими металлами. Переход в пассивное состояние связан с образованием поверхностных как фазовых, так и дофазовых оксидов, в том числе смешанных, с участием железа и атомов легирующих компонентов.

Нами показано, что подобные структуры могут быть синтезированы при использовании импульсной лазерной технологии. В частности, при лазерном облучении ультрадисперсных порошков оксидов никеля и хрома на поверхности нелегированной стали образуются плотные оксидные слои шпинельной структуры толщиной до 100 нм. Образование таких слоев переводит поверхности нелегированных сталей в устойчивое пассивное состояние.

Создание оксидных слоев, способствующих переходу нелегированной стали в устойчивое состояние, возможно при синтезе оксидов железа при лазерной обработке его поверхности в вакууме при инертном газе при дозированном содержании кислорода. Синтезируемые оксиды железа образуют наноразмерную плотную защитную пленку.

Полученные оксиды были охарактеризованы методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Это позволило установить состав и структуру образующихся оксидных слоев, оптимизировать технологию лазерного короткоимпульсного облучения.

Пилотные испытания различных по составу оксидных слоев показали их перспективность для уменьшения коррозионных потерь в нейтральных средах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках госзадания, проект 2049.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОПАЛОВЫХ МАТРИЦ С ЧАСТИЦАМИ ШПИНЕЛЕЙ

Ринкевич А.Б.,^а Перов Д.В.,^а Самойлович М.И.,^б Пахомов Я.А.,^б Кузнецов Е.А.^в

^аИнститут физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: rin@imp.uran.ru

^бОАО ЦНИТИ "Техномаш", 121108, Москва, Ивана Франко, 4,
e-mail: samoylovich@technomash.ru

^вНижнетагильский филиал Екатеринбургского государственного
социально-педагогического университета,
622031, Нижний Тагил, Красногвардейская, 57

Изучены наноконпозиты с частицами никель-цинковых, кобальт-цинковых ферритов-шпинелей, титановых, медных и марганцевых шпинелей. Структура наноконпозита с частицами феррита-шпинели $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии, см. Рис.1. Микроволновые измерения выполнены в частотном интервале 26 – 38 ГГц по методике, описанной в [1]. Схема измерений показана на Рис.2.

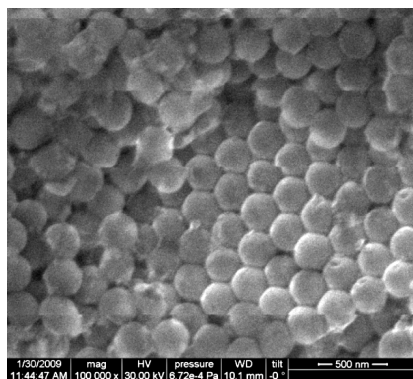


Рисунок 1. Структура наноконпозитов на основе опаловой матрицы, наблюдаемая с помощью сканирующего электронного микроскопа наноконпозит с частицами никель -цинкового феррита, увеличение $\times 100000$

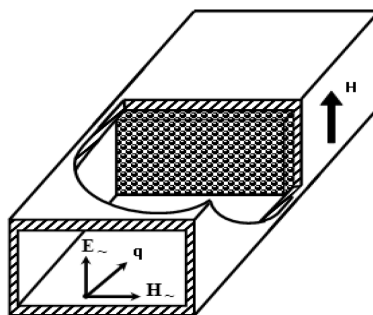


Рисунок 2. Схема расположения образца в волноводе при микроволновых измерениях

Литература

1. Rinkevich A.B., Kuznetsov E.A., Perov D.V., Ryabkov Yu.I., Samoylovich M.I., Klesheva S.M. Microwave dielectric properties of ceramic and nanocomposite titanates of transition metals // Int. J. Infrared Milli. Tera. Waves, 2014, v. 35, No. 10, p. 860-870.

FR-03-OR05

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ИОННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В
МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ МЕТАЛЛОВ****Рощин А.В., Рощин В.Е., Салихов С.П.***Южно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, e-mail: roshchinve@susu.ru*

Большинство металлов в рудах находится в окисленном состоянии в виде комплексных оксидов или сульфидов, образованных преимущественно ионной связью. Извлечение металлов из комплексных руд и превращение их в свойственное им металлическое состояние заключается, по-существу, не в удалении кислорода или серы, а в перераспределении электронов и возвращении катионам металлов их электронов, локализованных вблизи анионов. Из этого следует, что восстановление металлов возможно и в окружении анионов при наличии избытка (по отношению к анионам) электронов путём перераспределения электронной плотности. Поскольку количество электронов всегда равно количеству протонов, то такие избыточные электроны появляются при удалении из ионной решётки анионов. Покидая кристаллическую решётку, эти элементы могут унести с собой лишь столько электронов, сколько протонов содержится в их ядрах, то есть формально они покидают ионные соединения в виде атомов. Поэтому при восстановлении металлов фактически происходит обмен электронами – восстановитель компенсирует своими валентными электронами возникающий дисбаланс электронов и протонов в ионном соединении. В результате извлечения одного атома окислителя на реакционной поверхности в ионной решётке возникает одиночная анионная вакансия, а нестехиометрия компенсируется «лишними» электронами, локализованными в вакансии. Вследствие теплового движения вакансии могут рассеиваться в объёме оксида и исчезать в местах стока. В этих местах происходит сближение катионов и накапливаются «свободные» электроны, которые локализуются у катионов и постепенно трансформируют ионную связь в металлическую.

Таким образом, восстановление металлов происходит минуя стадию образования атомов. Оно осуществляется в результате смещения валентных электронов от анионов к катионам и постепенной трансформации ионной химической связи в металлическую. Это не требует образования поверхности раздела зародыша с материнской фазой и происходит без присущих образованию критических зародышей термодинамических затруднений. А так как преобразование ионной связи в металлическую происходит в микрообъёме вакансий, то и рост металлического зародыша не испытывает сопротивления со стороны решётки исходного соединения.

ПОЛУЧЕНИЕ СЛИТКОВ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ РАЗВИТИЕМ ДЕФЕКТОВ УСАДОЧНОГО И ЛИКВАЦИОННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Руцкий Д.В., Зюбан Н.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: tecmat@vstu.ru*

Получение современных изделий энергетического машиностроения - корпусных изделий, котельных, труб и др. требует высокого качества исходной заготовки в виде слитка, который должен содержать минимальное количество дефектов. Затвердевание больших масс металла происходит длительное время, что обуславливает значительное развитие усадочных и ликвационных явлений.¹ Это приводит к ухудшению качества слитка, не смотря на высокую степень чистоты металла, достигаемую на современных установках внепечной обработки.² Значительная часть изделий получаемых из слитков являются полыми, в связи с чем технология их изготовления из слитков с утепляющей прибылью является нерациональной. Для получения полых заготовок относительно небольшой протяженности лучше использовать захлаживаемую прибыль-холодильник, что обеспечивает снижение ликвации углерода, серы и фосфора по высоте слитка и повышает выход годного. Для длинномерных полых гладких и ступенчатых деталей предлагается использовать сдвоенные слитки, отливаемые в составные из двух полуформ изложницы. Геометрия слитков приводит, к скоплению примесей в узкой осевой части, затвердевающего в условиях нехватки жидкой фазы и низкого температурного градиента с образованием усадочных трещин пустот и рыхлостей. Такое расположение дефектов усадочного происхождения делает возможным их удаление при ковке, что делает слитки пригодными для получения полых поковок. Использование этих слитков позволяет повысить выход годного металла, сократить трудоемкостьковки и в 2 – 3 раза повысить однородность механических свойств металла по длине и сечению полых изделий.

Литература

1. Жульев С.И., Зюбан Н.А. Производство и проблемы качества кузнечного слитка: Монография / ВолгГТУ. – РПК «Политехник», 2003. – 168 с.
2. By Sang-Hun OH, A Study on the Fabrication of a Large Hollow Ingot by CAE / By Sang-Hun OH, Jung Namkung, Seog-Ou, Cho, Dong-Hee Lee // 18th International Forgemasters Market and Technical Proceedings, Pittsburgh, PA, 2011, USA. – P.179 – 182.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты НК 15-08-08098\15, 16-38-50023.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЗЕРНА АУСТЕНИТА НА ТЕМПЕРАТУРУ ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Саенков К.Л., Оглезнева С.А.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: severskl@mail.ru*

Целью работы было исследование влияния размера зерна и концентрации компонентов сплавов Fe-31%Ni-(0,5-3)%Cr, Fe-31%Ni-(0,13-0,21)C на температуру фазового превращения (ФП) с позиции динамической теории. Для описания мартенситных превращений (МП) используют кристаллографический, термодинамический и динамический подходы, однако, ни один из них, взятый отдельно, не дает достоверной картины МП. Динамическая теория, опирается на концепцию гетерогенного зарождения и управляемого волнового роста.

Образцы получали методом порошковой металлургии. Температуру ФП измеряли магнитометрическим методом по изменению магнитного момента сплава при охлаждении до 4К. При исследовании структуры сплавов Fe-31%Ni-C установлено, что добавление углерода способствует измельчению среднего размера зерна аустенита, а измельчение зерна способствует торможению аустенитно-мартенситного превращения (окончание превращения при 23 К). В сплавах с одинаковым содержанием углерода (0,2 %) температура ФП понижалась при уменьшении критического размера зерна, критический размер зерна аустенита составил 10 мкм. Влияние углерода на ФП согласуется с классическими представлениями (повышение содержания углерода в никелевых сталях повышает устойчивость аустенита) и не противоречит динамической волновой теории. Установлено, что с увеличением содержания хрома от 1,3 до 1,8 % уменьшается размер зерна и снижается температура аустенитно-мартенситного превращения почти на 100°, а доля образовавшегося мартенсита уменьшается в 2 раза. Количество мартенсита достигает 60 %, что значительно больше, чем в углеродистых сплавах. Еще одной особенностью распада аустенита в железо-никель-хромовых сплавах было обнаружение высоко- и низкотемпературного мартенсита, образующихся при повторных циклах нагрева-охлаждения. Причины могут быть связаны с ростом мартенситных кристаллов или образованием мартенсита деформации. Температуры ФП в Fe-Ni сплавах, легированных хромом были выше, чем легированных углеродом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-08-00734.

WE-03b-OR04

**РЕАКЦИОННО-ИОНООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СИНТЕЗЕ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ****Сайкова С.В.^а, Пантелеева М.В.^б, Пашков Г.Л.^б, Сайкова Д.И.^а**

^а*Сибирский федеральный университет,
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79, e-mail: ssai@mail.ru*

^б*Институт химии и химической технологии СО РАН,
660049, Красноярск, К. Маркса, 42*

Повышение интереса к ионообменным технологиям, наблюдающееся во всем мире, связано с необходимостью переработки бедного сырья и производственных отходов, содержащих низкие концентрации ценных компонентов. Именно при выполнении такого рода задач проявляются основные преимущества ионного обмена. Осуществление принципа совмещения реакционных и массообменных процессов, т.е. проведения в одном реакционном пространстве одновременно химического превращения и отделения продуктов реакции, позволяет осуществлять химическое превращение с почти 100 % конверсией, при этом селективность процессов повышается, а энергетические затраты существенно снижаются.

В данной работе рассматриваются научные основы и даются примеры практического применения новых совмещенных реакционно-ионообменных процессов - катионообменное растворение и анионообменное осаждение. При их осуществлении кислота или осадитель (щёлочь, соль) не вводятся в систему, а образуются в ходе ионного обмена в эквивалентных количествах, т.к. используются катионит в водородной форме или анионит в ОН- или солевой формах. Особенностью данных процессов, отличающих их от традиционного ионного обмена, является то, что в данном случае осуществляется не только сорбция ионов, т.е. отвод их из зоны реакции, но генерируется и обратный диффузионный поток – приток эквивалентного количества реагента в реакционную зону, что не только обеспечивает более быстрое и полное протекание процесса, но и позволяет его осуществлять в стационарном режиме.

Данные процессы протекают в мягких условиях, которые легко поддаются контролю, что позволяет, в частности, проводить селективное извлечение нужного компонента из минерального или техногенного сырья или получать однородные по структуре, составу и морфологии, а также близкие по свойствам частицы.

ОКСИДНО-СУЛЬФИДНЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ПИРОМЕТАЛЛУРГИИ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Селиванов Е.Н.

*Институт металлургии УрО РАН, 120016, Екатеринбург, Амундсена 101,
e-mail: pcmlab@mail.ru*

Ряд процессов производства меди и никеля из сульфидных и окисленных руд связан с образованием оксидного (шлак) и сульфидного (штейн) расплавов, последний из которых является коллектором цветных и драгоценных металлов. Формирование шлака и штейна, обусловленное расслаиванием окиссульфидного расплава, определяется физико-химическими и термическими свойствами последних.

В работе обобщены сведения по расслаиванию в оксидно-сульфидных системах, характерных для пирометаллургических процессов цветной металлургии. Методами термодинамического моделирования, термогравиметрии, масс-спектрометрии, рентгеновского и микроспектрального анализов определены свойства шлаков и штейнов в широких интервалах составов. Образованные в ходе расслаивания продукты плавки шлак ($\text{FeO}_x\text{-SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-MeS-MeO}$) и штейн (FeS-MeS-FeO_x , где Me - Ni, Cu, Zn, Pb) по существу также относятся к окиссульфидным системам, охлаждение которых сопровождается выделением из основной массы дисперсных сульфидов или оксидов, соответственно.

Равновесия в оксидно-сульфидных системах оценены для различных скоростей охлаждения образцов из расплавленного состояния. Установлено, что на межфазное распределение элементов и формы их нахождения оказывают влияние, помимо составов, коэффициент основности шлака, степень окисленности железа, степень металлизации штейна и содержание в нем цветных металлов. Варьированием этих показателей достигнуто повышение извлечения ценных металлов в технологических процессах восстановительно-сульфидирующей шахтной плавки окисленных никелевых руд, автогенной плавки медных и медно-цинковых концентратов, электропечного обеднения шлаков и др. Предложены режимы и приемы, обеспечивающие повышение извлечения и производительности агрегатов, снижение энерго- и материалоемкости, и оптимизацию технико-экономических показателей переделов.

Работа выполнена по госбюджетной теме, 116022610056-0.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ ИЗ РАСТВОРОВ ГЛИНОЗЁМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Скачков В.М., Рубинштейн Г.М., Яценко С.П.

*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: vms@weburg.me*

Соединение галлия с мышьяком, азотом, фосфором и сурьмой – полупроводники и являются основой современной электроники, в СССР галлий производили несколькими способами на пяти глиноземных заводах¹. На сегодняшний день единственным источником Ga в РФ остался завод в г. Пикалево, получающий галлий при комплексной переработке Кольских нефелинов одновременно с глиноземом, содопродуктами и цементом. По разработанному в ИХТТ УрО РАН способу производства галлия из растворов процесса Байера была запущена опытно-промышленная установка на Уральском алюминиевом заводе (УАЗ-СУАЛ), преобразовавшаяся в небольшую компанию ООО «Галлий». Установка проработала с 2000 до апреля 2011 г. Технология электролитического получения галлия была предоставлена по договору китайской алюминиевой компании, с учетом специфики растворов завода в г. Пин-го. В 2002 году цех галлия запустили в эксплуатацию, все условия договора были выполнены².

На Урале для организации электролитического извлечения галлия из щелочно-алюминатных растворов, например на Богословском алюминиевом заводе, возможна упрощённая схема, где не требуется предварительной глубокой очистки растворов для получения конечной продукции марки 6N (99,9999%), что существенно снижает затраты производства, а с имеющейся на заводе структурой энергоснабжения и наличием свободных помещений для выпуска, например, 10 т галлия в год, капитальные вложения окупятся менее чем за год. Область применения галлия постоянно расширяется и потребность в нем возрастает, что приводит к актуальной задаче: организация производства по получению галлия, а на глиноземных заводах это ещё дополнительно позволит улучшить качество растворов за счёт вывода части примесей.

Литература

1. Сабирзянов Н.А., Яценко С.П. "Гидрохимические способы комплексной переработки бокситов", Екатеринбург: УрО РАН, 2006. -386с.
2. Рубинштейн Г. М., Пасечник Л.А., Яценко С.П., Пягай И.Н. Извлечение галлия из щелочных растворов глиноземного производства. // *Цветные металлы*. 2014. № 3. С.37-43.

О МЕХАНИЗМЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ И ЖЕЛЕЗА ПРИ ОКИСЛЕНИИ СУЛЬФИДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

Скопов Г.В.

ООО «УГМК-Холдинг», 624091, Верхняя Пышма, Успенский проспект, 1,
e-mail:skopov@ugmk.com

В процессе окисления сульфидного окатыша из медного концентрата, % (масс.): Cu 16,37; Fe 30,50; Zn 3,61; S 14,1; Ca 1,79; Si 2,03; состоящего преимущественно из халькопирита, пирита и сфалерита, в токе нагретого до $T \geq 873$ К воздуха наблюдается явление пространственного разделения соединений железа (оболочка окатыша) и меди (ядро окатыша). В оболочке медь и железо присутствуют преимущественно в оксидных соединениях, в ядре – в виде сульфидов.

Масса ядра – 46-50% от исходного окатыша, оболочки- 50-54%. В ядро извлекается 88-92% меди от исходного содержания в окатыше, железо в оксидной оболочке концентрируется на 64-67%. Цинк, кальций и кремний распределяются пропорционально массам ядра и оболочки.

Таким образом, наблюдается переход меди из поверхностных слоев окатыша в сульфидное ядро, а железа из ядра в оболочку, причем относительное количество перешедшей меди значительно больше, чем железа. Это свидетельствует о направлении роста оксидной оболочки, преимущественно, к сульфидному ядру. При этом цинк, кальций и кремний не мигрируют в процессе окисления. Последнее обстоятельство позволяет использовать эти металлы как неподвижные метки, относительно которых можно наблюдать движение меди и железа. Данные в таблице по изменению отношений масс меди и железа к массам элемента – метки (кальция) подтверждают сделанные выше выводы о направлениях миграции меди и железа в окисляющемся окатыше.

Исходный окатыш			Ядро			Оболочка		
Fe/Ca	Cu/Ca	Cu/Fe	Fe/Ca	Cu/Ca	Cu/Fe	Fe/Ca	Cu/Ca	Cu/Fe
17,1	9,2	0,54	13,4	18,2	1,35	20,2	1,4	0,07

Причиной описанного выше явления пространственного разделения меди и железа является формирование высокотемпературной границы раздела между ядром и оболочкой вследствие высокой экзотермичности процессов окисления сульфидов железа. Движущийся фронт реакции толкает перед собой массу расплавленного халькозина в ядро, оставляя за собой тугоплавкие оксиды железа.

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ВАНАДИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВАНАДИЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Смирнов Л.А.

*ОАО «Уральский институт металлов»,
620062, Екатеринбург, Гагарина, 14, e-mail: uim@ural.ru
Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101*

Одним из широко используемых в промышленности химических элементов является ванадий. Основное его количество потребляется в черной металлургии (93%) для легирования сталей; в цветной металлургии (4%), главным образом в титановых сплавах; в химической промышленности (3%) прежде всего при получении катализаторов и аккумуляторных батарей. Мировое потребление ванадия в настоящее время составляет около 87-90 тыс. т V, в перспективе около 140-160 тыс. т.

Прогнозируется увеличение доли сталей с ванадием до 20-25% от общего производства, в т.ч. массового назначения до 60% от суммарного его потребления, ускоренное развитие производства титановых сплавов с ванадием для аэрокосмической и военной техники (до ~8-10%), источников тока (9-10%).

Основное количество ванадиевых продуктов (в мире – 60%, в России – 100%) получают по пирометаллургической схеме переработки титаномагнетитовых руд. Россия располагает запасами этого сырья на сотни лет.

Извлечение ванадия в РФ базируется на переработке железорудного титаномагнетитового сырья Качканарского месторождения, а в долгосрочной перспективе Куранакского, Чинейского (Вост. Сибирь) и Медведевского и Копанского месторождений (Южн. Урал). Производство ванадиевой продукции (феррованадий, пятиокись ванадия) составляет 8,4 тыс. т в пересчете на чистый ванадий. При удельном расходе ванадия 65 г/т (50 г/т для легирования) часть его экспортируется. Доведение добычи руды до 65-100 млн.т на Качканарском ГОКе и развитие металлургического комплекса позволит увеличить производство V_2O_5 до 18-28 тыс. т по ванадию.

Таким образом, ресурсная база и имеющиеся научно-производственные разработки дают возможность в РФ превзойти уровень потребления ванадия в передовых странах США и Зап. Европы (100-110 г/т) и увеличить его экспорт в зарубежные страны.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ СТАЛИ РЗМ

Смирнов Л.А., Ровнушкин В.А., Добужская А.Б., Спирин С.А.

*ОАО «Уральский институт металлов»,
620062, Екатеринбург, Гагарина, 14, e-mail: uim@ural.ru*

Исследованы морфология и определен фазовый состав неметаллических включений, формирующихся по ходу внепечной обработки (конвертер или электропечь, агрегат ковш-печь, вакууматор RH или VD) и разливки малоуглеродистых трубных (08ХМБЧА и 13ХФА) и углеродистых колесных и рельсовой сталей при модифицировании металла РЗМ совместно или без ЩЗМ.

Состав формирующихся включений зависит от технологии науглероживания металла, состава неметаллических включений, присутствующих в стали перед модифицированием, и соотношения РЗМ и ЩЗМ. При вводе РЗМ без ЩЗМ в сталь с Al = 0,003% перед вакуумированием образуются в основном мелкие и скопление мелких оксисульфидов Ce и La с низким содержанием кальция, состав которых слабо меняется по ходу внепечной обработки. При вводе РЗМ совместно с ЩЗМ в алюминийсодержащие марки стали содержание кальция в оксисульфидах вырастает, также образуются (при высоком расходе ЩЗМ) сульфиды кальция с небольшим содержанием РЗМ и оксиды алюминия, церия и лантана. При наличии исходных кремнийсодержащих и шлаковых включений образуются жидкие, перегретые вследствие высокой экзотермичности процесса, мелкие и крупные (до 40 мкм) включения, которые раскристаллизовываются, судя по составу выделяющихся фаз, уже при температуре жидкой стали.

При избыточном содержании неметаллических включений с РЗМ вследствие уменьшения интервала кристаллизации стали, снижения теплопроводности и повышения вязкости металла в приграничном слое и его намерзания на огнеупор канала сталеразливочного стакана скорость разливки снижается.

При установленных оптимальных параметрах процесса модифицирования стали РЗМ, учитывающих технологические возможности агрегатов, химический состав стали и требования к физико-механическим и эксплуатационным свойствам проката, обеспечивается снижение количества и повышение инокулирующей способности неметаллических включений, уменьшение осевой ликвации и улучшение макроструктуры литой заготовки, повышение пластических характеристик и коррозионной стойкости проката.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ СКАНДИЯ ИЗ РАСТВОРОВ СЛОЖНОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ИОНИТОВ

Соколова Ю.В.,^а Пироженко К.Ю.,^а Коряков В.Б.^б

^аНациональный исследовательский технологический университет «МИСус»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4, e-mail: iuliyas@zmail.ru

^бООО «Интермикс Мет», 357340, Лермонтов, Промышленная, 7

Исследована кинетика сорбции скандия из кислых растворов сложного состава на фосфорсодержащих ионитах (ФИ) промышленных марок КРФ-20т-60, ПА-1, АФИ-22, Lewatit TP 260, Purolite S-957.

Для индивидуальных растворов Sc(III) время установления равновесия составляет от 1,5 до 6 час. Процесс может лимитироваться внутренней диффузией или характеризоваться смешанной кинетикой. Коэффициенты диффузии иона скандия в зерне ионита составляют $10^{-11} - 10^{-12}$ м²/с.

При извлечении скандия с использованием ФИ из растворов сложного состава время установления равновесия достигает нескольких суток. При наличии в растворе макроэлементов, к которым ионит более селективен (Zr(IV), Ti(IV) и др.), емкость ионита по Sc(III) может быть максимальной на начальном отрезке времени проведения процесса (при этом емкость ионита по сопутствующим элементам много меньше, чем при равновесии), что позволяет значительно уменьшить время контакта ионита с раствором, т.е. увеличить производительность процесса.

Заметное увеличение скорости сорбции Sc(III) на ФИ (на 1,5 порядка) зафиксировано при использовании микродисперсных частиц (≤ 52 мкм) ФИ КРФ-20т-60, СФ-5 и полиамфолита ПА-1, иммобилизованных в матрицу из полиакрилонитрила.

При использовании опытных образцов нового волокнистого азотфосфорсодержащего ионита ФИБАН Р1-3 (разработка ИФОХ НАН Беларуси) с диаметром нитей 30 мкм из кислого раствора сульфата скандия время полусорбции составило 25 сек. При сорбции из раствора сложного состава за 1 час степень приближения к равновесию составляет 0,85, т.е. скорость сорбции Sc(III) на волокне ФИБАН Р-1-3 значительно выше по сравнению с ФИ известных промышленных марок.

Полученные данные позволяют осуществлять выбор ионита и корректировать условия проведения процесса в зависимости от назначения разрабатываемого сорбционного метода.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Спирин Н.А., Ярошенко Ю.Г., Лавров В.В., Швыдкий В.С.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира 19, e-mail: n.a.spirin@urfu.ru*

Современные тенденции по развитию АСУ ТП доменных печей требуют создания специализированного программного обеспечения информационно-моделирующих систем.

Для таких систем научной базой при построении математических моделей процессов доменной плавки послужили достижения в области изучения явлений тепломассопереноса^{1,2}, физической химии, механики жидкости и газов. При этом были учтено влияние технологических параметров и стандартных характеристик сырья на показатели доменной плавки.

В итоге были разработаны и внедрены автоматизированные системы^{3,4}:

- управления доменной плавкой;
- анализа и прогнозирования производственных ситуаций цеха;
- выбора оптимального состава доменной шихты и распределения топливно-энергетических ресурсов в доменном цехе;
- управления комплексом доменных печей.

Литература

1. Китаев Б.И., Ярошенко Ю.Г., Лазарев Б.Л. Теплообмен в доменной печи. — М.: Metallurgy, 1966. — 355 с.
2. Тепло - и массообмен в плотном слое / Б.И. Китаев, В.Н. Тимофеев, Б.А. Боковиков [и др.] // М.: Metallurgy, 1972. — 432 с.
3. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]. Екатеринбург: УрФУ, 2011. - 465 с.
4. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП/ Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2014. — 558 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ, постановление 211, контракт 02.A03.21.0006.

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРУГЛОГО ПРОКАТА ИЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ГРУППОЙ ХОЛОДНОЙ ОСАДКИ

Степанов А.Б., Арутюнян Н.А.

*Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
им. И.П.Бардина, 105005, Москва, Радио 23/9-2, e-mail: alxstp07@gmail.com*

На основании результатов исследования процессов, происходящих на всех этапах обработки металла, установлено, что основная проблема производства круглого проката из специальных легированных сталей состоит в получении необходимой степени холодной осадки, что контролируется наличием дефектов, несоответствием типа (необходимо $\geq 60\%$ глобулярного перлита), дисперсности и неоднородностью микроструктуры.

Для достижения необходимых качественных характеристик стали, гарантированно обеспечивающих группу холодной осадки 6б и 6бТ, разработаны оригинальные физико-химические принципы и эффективные технологические приемы управления неметаллическими включениями, шлаковым режимом, кристаллизацией стали, предупреждения окисления и получения заданного структурного состояния при горячей прокатке стали. В том числе показано, что для формирования благоприятных жидкоподвижных силикатных включений отношение масс присадок Mn и Si должно составлять 4-9 в зависимости от содержания кислорода. Показано, что оптимальный состав шлака сталеразливочного ковша соответствует соотношению концентраций $(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2)=2,0-2,2$ при содержаниях MgO - 7-10 мас.%, Al_2O_3 - 5-20%, CaO - 40-60%, $\text{SiO}_2=20-30\%$, CaF_2 - 10-15%, FeO+MnO – не более 0,5-1%. В промежуточном ковше и кристаллизаторе установки непрерывной разливки стали целесообразно использовать шлаки CaO-SiO₂-Al₂O₃ с основностью $x(\text{CaO})/x(\text{SiO}_2)=0,9-1,1$, а содержание CaF_2 или Na_3AlF_6 ограничить величиной 5-7% в пересчете на фтор. Для обеспечения однородной структуры непрерывнолитых заготовок сечением 150x150мм оптимальная величина силы тока при электромагнитном перемешивании составляет 250-350А, частота 3-4Гц при скорости вытягивания слитка 2-2,2 м/мин. Увеличение скорости нагрева заготовок, как правило, приводит к снижению степени обезуглероживания. Используя ускоренное (10-20°C/с) охлаждение после прокатки можно существенно повысить способность круглого проката к холодной осадке после термообработки.

Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении субсидии 14.625.21.0032 от 27.10.2015 г. Уникальный идентификатор ПНИ (проекта) RFMEFI62515X0032.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГРАММЫ ФАЗОВОГО СОСТАВА СИСТЕМЫ Fe-C-Si-B

Султангазиев Р.Б., Исагулов А.З.

*Казахдинский государственный технический университет,
100027, Республика Казахстан, Караганда, Бульвар Мира, 56, e-mail: sulrus83@mail.ru*

Казахстан располагает промышленными запасами низковольтных некоксуемых углей (месторождение Шубарколь). Из них по предложению и разработкам проф. Ким В.А. в республике организовано производство спецкокса, который используется при выплавке ферросплавов и кристаллического кремния ¹.

Нами проведены теоретические и экспериментальные исследования по использованию указанных углей и спецкокса для производства ферробора карботермическим способом.

В настоящей работе приведены результаты исследований по построению и математическому описанию диаграммы фазового состава системы Fe-C-Si-B, которая описывает ход формирования металла изучаемого процесса.

Для построения диаграммы использовали термодинамически-диаграммный метод ². В графическом изображении она представляет собой набор элементарных тетраэдров сосуществующих фаз. Для нахождения фазового состава металла при любом сочетании составляющих его элементов можно использовать известное геометрическое правило рычага. Но для тетраэдра это довольно сложная задача и поэтому с использованием балансового метода ³ создали её математическую модель, представляющую собой систему линейных уравнений, связывающих химический состав металла с его фазовым. В таблице дан пример использования модели.

Таблица 1. Составы ферросплавов

№	Сплав	Состав сплава, масс. %											
		Химический				Фазовый							
		Fe	C	Si	B	SiC	FeSi	FeB	B ₄ C	B	Si	C	
1	ФС75	25	0	75	0	0	37,5	0	0	0	0	62,5	0
2	ФС65	35	0	65	0	0	52,5	0	0	0	0	47,5	0
3	ФБ19(карб)	78	2,5	0,5	19	0	1,5	92,1	4,9	0	0	0	1,5

Литература

1. Ким В.А., Ульева Г.А., Стенюшкин А.Б. Исследование изменения пористости структуры тела спецкокса от скорости нагрева. 7-ая Юбилейная междунар. Научно-технич. конф. Алматы, 2010, **245**
2. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов. – Киев: 1970, 544
3. Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем // КИМС. – 1995, **3**, 92

МАЛОАКТИВИРУЕМЫЕ РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЕ ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ КОРПУСОВ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Счастливая И.А., Орыщенко А.С., Леонов В.П.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: mail@crism.ru*

Показана важная роль корректного учета всех легирующих и примесных элементов в композиционном составе титановых сплавов, которые влияют на эффекты в ядерной трансмутации, активации и спада наведенной активности, а также на радиационную стойкость при высокодозном облучении в реакторах водо-водяного типа. Полученные результаты исследований направлены на формирование композиции титановых сплавов для атомных станций малой мощности при длительных сроках эксплуатации.

УРАЛЬСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КОНЦА XIX ВЕКА ГЛАЗАМИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Счастливцев В.М.

*Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: schastliv@imp.uran.ru*

В конце XIX века Д.И. Менделеев посетил Урал, чтобы познакомиться на месте с железной металлургией и определиться с её будущностью. Необходимо было выяснить причины относительного упадка железной металлургии Урала по сравнению с металлургией Донбасса, где в качестве топлива применяли кокс. Тогда за 10 лет, с 1888 по 1898 годы, производство чугуна на Урале выросло всего в 2 раза, в то время как на Юго-Востоке Украины оно выросло в 12 раз. Правительство России предложило Д.И. Менделееву посетить Урал, разобраться на месте в обстановке, выяснить причины медленного развития промышленности Урала и предложить мероприятия для ускорения её роста. Д.И. Менделеев посетил Уральские заводы и выяснил, что вблизи них имеется достаточное количество железной руды, включая громадные залежи, горы Высокая, горы Благодать, Бакала. Побывал он и у горы Магнитной, откуда руду уже возили в Белорецк, отметив, что хорошо бы построить завод ближе к этому громадному источнику руды. Главной причиной слабого роста металлургии Урала была её зависимость от наличия древесного угля, а для его изготовления вырубались леса. Это ухудшало и экологию, на что Д.И. Менделеев обратил особое внимание. Посетил он и посёлок Экибастуз, где уже начали добывать каменный уголь, и была предпринята попытка доставлять его на Урал. Так, по существу, был предложен план развития металлургической промышленности Урала, который был реализован спустя сорок лет. Так в 30-е годы XX столетия на Урале рядом с уникальными залежами железной руды, горами Высокая и Магнитная, были построены крупнейшие металлургические заводы: Нижнетагильский металлургический комбинат, НТМК, Магнитогорский металлургический комбинат, ММК. Рядом с ММК вырос крупный город – Магнитогорск, да и Нижний Тагил существенно разросся благодаря НТМК. Все уральские заводы были соединены железнодорожными линиями между собой и с угольными шахтами Экибастуза, Караганды и Кузбасса. Это позволило существенно уменьшить вырубку лесов на Урале. Чтобы увеличить производство рельсов на Урале, в 1949 году в Нижнем Тагиле был введён в строй рельсобалочный стан. Таким образом, были осуществлены многие мероприятия, о которых мечтал Д.И. Менделеев в 1899 году.

Работа выполнена в рамках задания ФАНО России, тема “Структура” 01201463331.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ХЛАДОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ С ИНДЕКСОМ «АРС» ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АРКТИКЕ

Сыч О.В., Хлусова Е.И., Орлов В.В.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: mail@crism.ru*

Для строительства судов ледового класса, буровых и стационарных платформ, эксплуатирующихся в Арктике, требуется применение конструкционных сталей с особым уровнем свойств, в частности, с высокой хладостойкостью. Это позволяет эксплуатировать конструкции круглогодично в сложных, а часто и в экстремальных природно-климатических условиях. Стали с индексом «Арс» в соответствии с требованиями Российского морского регистра судоходства - это стали улучшенной свариваемости с гарантией сопротивляемости слоистым разрывам, используемые для любых конструктивных элементов без ограничений до минимальной расчетной температуры эксплуатации. Работоспособность таких сталей гарантируется технологией производства.

В работе представлены результаты исследования структуры и оценки характеристик работоспособности высокопрочной стали с индексом «Арс» (низкотемпературной ударной вязкости, температуры вязко-хрупкого перехода $T_{кв}$, температуры нулевой пластичности NDT и трещиностойкости CTOD) в зависимости от выбранной композиции легирования, типа исходной заготовки, технологии производства и толщины листового проката. Установлены возможные причины снижения хладостойкости листового проката больших толщин и предложены способы ее повышения.

Показано, что при создании хладостойких сталей важно учитывать не только металлургическое качество, уровень легирования, размер зерен, соотношение структурных составляющих, но и их морфологическое подобие (которое способствует получению смеси структурных элементов с примерно одинаковыми размерными и морфологическими признаками), чему способствует формирование в аустените разориентированных микрообластей (фрагментов), наследуемых затем конечной структурой при ускоренном охлаждении. Фрагментация представляет собой постепенную эволюцию от дислокационных малоугловых границ (МУГ) к большеугловым границам (БУГ) межзеренного типа. Это повышает вклады в упрочнение стали за счет появления большеугловых (с разориентировкой не менее 8°) границ деформационного происхождения, а также пластичность и трещиностойкость стали.

Работа выполнена в рамках Договора от 01.12.2012г. о партнерстве с Лаппеенрантским Технологическим Университетом по теме «Развитие материалов и технологий для Арктики», грант 2011-057-SE562, Программы приграничного сотрудничества ЕИСП Юго-Восточная Финляндия – Россия 2007 – 2013.

ТЕРМОДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ БОРСОДЕРЖАЮЩЕЙ СТАЛИ

Танклевская Н.М.,^а Михайлов Г.Г.,^а Смирнов Л.А.^б

^аЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, e-mail: nmt_1@mail.ru

^бИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

Взаимодействие компонентов металлических расплавов зависит от большого количества факторов, однако непосредственное изучение этих высокотемпературных процессов в значительной степени затруднено.

В данной работе выполнен термодинамический анализ фазовых равновесий, реализующихся в жидком, кристаллизующемся и затвердевшем металле системы Fe–Mn–Cr–Si–Al–Ti–Ni–V–Mo–B–S–P–C–N–O, близком по составу стали 38ХФМ. Содержание компонентов фиксировали на уровне химического состава данной стали: [Mn]=0.7; [Cr]=0.9; [Si]=0.3; [Al]=0.03; [Ti]=0.04; [Ni]=0.15; [Mo]=0.4; [V]=0.0075; [B]=0.003; [S]=0.025; [P]=0.01; [C]=0.38; [N]=0.008 мас. %.

Расчеты показали, что в равновесии с жидким металлом данного состава при температуре 1848 К находится корунд (Al_2O_3). Охлаждение металлического расплава и начало кристаллизации также сопровождается образованием включений корунда до тех пор, пока доля затвердевшего металла не достигнет 38 %. Дальнейшая кристаллизация металла сопровождается выделением включений |TiO, TiC, TiN|, состав которых меняется в пределах от 8,04 TiO; 2,57 TiC, 89,39 TiN (в мол. %) до чистого карбонитрида, содержащего 11,55 TiC и 89,45 мол. % TiN. Заканчивается кристаллизация образованием большого количества сульфидов марганца с примесью сульфидов железа (содержание FeS не превышает 5 мол. %).

В случае снижения концентрации титана оксикарбонитриды титана начинают образовываться позже и масса их значительно меньше. Это приводит к росту концентрации несвязанного азота в затвердевшем металле (0,005 мас. % при [Ti] = 0,02 мас. % против 0,0024 мас. % в базовом варианте).

Снижение концентрации алюминия до 0,01 мас. % также приводит к росту концентрации несвязанного азота в затвердевшем металле (0,0026 мас. % против 0,0024 мас. % в базовом варианте) за счет роста содержания TiO и снижения доли TiN в равновесных оксикарбонитридах титана.

Расчеты показали, что в затвердевшем металле возможно образование нитридов титана. Нитриды же бора ни в жидком, ни в твердом металле, соответствующем марочному составу стали 38ХФР не образуются.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-08-12167.

МЕХАНОСИНТЕЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ С РАЗЛИЧНЫМИ ЭНТАЛЬПИЯМИ СМЕШЕНИЯ МЕТОДОМ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Толмачев Т.П.,^а Пилюгин В.П.,^а Антонова О.В.,^а Анчаров А.И.,^б Пацелов А.М.,^а
Чернышев Е.Г.,^а Солодова И.Л.^а

^аИнститут физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: tolmachev@imp.uran.ru

^бИнститут химии твердого тела и механохимии СО РАН,
630128, Новосибирск, Кутателадзе, 18

Системы с отрицательной Cu-Zn¹ и положительной Cu-Ag² энтальпиями смешения в виде порошковых смесей компонент Cu₈₀-X₂₀ (X = Cu, Ag) были подвергнуты интенсивной пластической холодной (293 К) и крио- (80 К) деформации кручением под давлением на различные степени. Методами рентгеновской дифрактометрии, электронной микроскопии, фрактографии сканирующей электронной микроскопии и металлографии изучена кинетика механосплавления данных элементов и проведена аттестация твердых растворов замещения с гранецентрированной кубической решеткой.

Микроструктурное исследование постдеформационных образцов этих систем, показали, что в случае системы положительной энтальпией смешения (Cu-Ag) имеется концентрационное расслоение на глобулярные наноструктурные зерна¹, обогащенные либо по меди, либо по серебру, в отличие от нанокристаллитов неправильной формы твердого раствора системы с отрицательной энтальпией смешения (Cu-Zn).

Снижение температуры приводит к замедлению процессов образования твердых растворов и требует большей величины деформации для растворения компонент. Для чистых компонент и их смесей выполнены измерения напряжения сдвига от степени деформации и температуры¹. Обсуждаются механизмы холодного и криодеформационного формирования твердых растворов.

Литература

1. Пилюгин В.П., Толмачев Т.П., Пацелов А.М., Брытков Д.А., Щинова Л.И. *Деформация и разрушение материалов*, 2013, **6**, 30–36.
2. Pilyugin V.P., Tolmachev T.P., Solodova I.L., Antonova O.V., Chernyshev E.G., Ancharov A.I., Patselov A.M. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics*, 2014, **78**, 988–995.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России, тема «Деформация», 01201463327, при частичной поддержке РФФИ, проект 16-33-00750.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНОЙ АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ СТАЛИ В ПРОЦЕССЕ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ

Фомина О.В.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: oknir@crism.ru*

Азотсодержащая сталь марки 04X20H6Г11М2АФБ обладает уникальным сочетанием характеристик - высокой прочностью, пластичностью, коррозионной стойкостью и др. Ее применение актуально в судостроении, нефте- и газодобывающей, целлюлозно-бумажной и химической промышленности.

При внедрении новой стали необходимо разработать технологические режимы изготовления полуфабрикатов, обеспечивающие стабильное получение заданных механических свойств, в сочетании с хорошими технологическими свойствами. На основании лабораторных исследований были определены основные термомеханические параметры и разработаны схемы прокатки для стана «5000» ПАО «Северсталь», по которым был изготовлен листовой прокат с различным пределом текучести от 500 до 1000 МПа, а также установлена взаимосвязь между формируемой в процессе прокатки структурой и механическими свойствами. Полученные корреляционные связи позволили разработать режимы горячей деформации азотсодержащей стали с целью получения для материала одного и того же химического состава механических свойств в широком диапазоне.

Установлено, что если формирование структуры происходит за счет динамической и метадинамической рекристаллизации, которые стимулируются высокой температурой около 1100 °С и накоплением деформации от прохода к проходу, а снижение интенсивности деформации на последних проходах при температуре выше 1000 °С приводит к завершению рекристаллизации, то обеспечивается предел текучести около 550 МПа. Снижение температуры прокатки на последних проходах обуславливает деформационный наклеп, способствующий повышению прочностных свойств.

Окончание прокатки в интервале температур 900-800 оС приводит к сильному деформационному упрочнению, а также интенсивному выделению дисперсных частиц. По рекомендованной технологии был изготовлена партия листового проката. Результаты испытаний показали, что разработанные режимы термомеханической обработки обеспечивают стабильное получение высоких механических свойств.

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ РАСТВОРЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ПИРОВАНАДАТА МАРГАНЦА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

Халезов Б.Д., Ватолин Н.А., Крашенинин А.Г., Овчинникова Л.А.

Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: agkrash@mail.ru

Особенностью новой технологии получения чистого пентоксида ванадия из марганцовистых ванадийсодержащих металлургических шлаков, разработанной в ИМЕТ УрО РАН, в отличие от существующих в отечественной и мировой практике является: окислительный обжиг шлака при 850°C в течение 1 часа без каких-либо натрий- или кальцийсодержащих добавок до получения растворимых ванадатов марганца вместо ванадатов натрия или кальция¹.

Основной ванадийсодержащей фазой обожженных шлаков является растворимый пированадат марганца ($Mn_2V_2O_7$) и частично метованадат марганца (MnV_2O_6). Целью данной работы изучить кинетику растворимости $Mn_2V_2O_7$ в различных условиях концентрации Na_2CO_3 , температуры и интенсивности массообмена методом «вращающегося диска»^{2,3}. Для этого синтезирован $Mn_2V_2O_7$, из которого изготовлен образец диска методом плавления.

Установлено, что скорость растворения ванадия из пированадатов марганца зависит от интенсивности массообмена (скорости вращения диска), концентрации растворителя и температуры. Все указанное с учётом экспериментальной (кажущейся) величины энергии активации процесса равной 30,64 кДж/моль (7,33 ккал/моль), рассчитанной по уравнению Аррениуса, свидетельствует о диффузионном режиме растворения, осложненного плёнками побочных продуктов реакции⁴. Для установления оптимальных режимов выщелачивания ванадия из шлаков рекомендуется применять достаточно концентрированные водные растворы соды 1,1 – 1,4 моль/дм³ (120-150 г/дм³) при температуре 368К (95°C) и интенсивное перемешивание пульпы.

Литература

1. Крашенинин А.Г., Халезов Б.Д., Ватолин Н.А., Борноволоков А.С. Технология комплексной переработки ванадийсодержащих конвертерных шлаков с извлечением пентоксида ванадия повышенной чистоты и оксидов марганца. // *Цветные металлы*. 2013. №12. С.53-57.
2. Каковский И.А., Поташиков Ю.М. Кинетика процессов растворения.– М.: Металлургия, 1975. 224 с.
3. Плесков Ю.В., Филиновский В.Ю. Вращающийся дисковый электрод.–М.: Наука, 1972. 344 с.
4. Халезов Б.Д. Кучное выщелачивание медных и медно-цинковых руд. Екатеринбург: РИО УрО РАН. 2013. 348 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта № 15-11-3-8. Комплексной программы Уральского отделения РАН (№0396-2015-0090)

ПОВЕДЕНИЕ СКАНДИЯ В α -AL В СПЛАВАХ 01570 И 1461**Чикова О.А.,^а Резник П.Л.,^а Овсянников Б.В.^б**

^аУральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: reznikp@yandex.ru

^бОАО «Каменск-Уральский металлургический завод»,
623405, Каменск-Уральский, Заводская, 5

Скандий считается наиболее эффективным легирующим элементом для алюминиевых сплавов: кристаллы Al_3Sc значительно более дисперсны (1 – 10 нм), чем кристаллы алюминидов Mn и Zr¹. Упрочнение деформированных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов от добавок Mn, Zr, Sc определяется как формированием субзеренной структуры так и дисперсионным твердением. В сплавы 01570 и 1461 скандий и цирконий вводят для повышения прочности σ_b и условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ металла за счет дисперсоидов фазы $Al_3(Sc,Zr)$, выделяющихся при распаде твердого раствора пересыщенного цирконием и скандием, а также сохранения нерекристаллизованной структуры^{2,3}. Подбор режима температурно-временной обработки (ТВО) слитков позволяет реализовать модифицирующую способность скандия в сплавах 01570 и 1461.

Исследована растворимость Sc в α -Al для сплавов 01570 и 1461 в зависимости от режима ТВО слитка. Проведен сравнительный анализ микроструктуры, фазового состава, кристаллического строения, значений твердости и модуля Юнга в субмикрочастицах кристаллитов α -Al образцов, отобранных от слитков и полуфабрикатов.

Средствами EDS-анализа и EBSD-анализа по границам зерен удалось идентифицировать следующие фазы: $Al_6(Mn,Fe)$, Mg_2Si , $Al_3(Sc,Zr)$ и Al_3Sc . Обнаружены композитные частицы Al_3Zr/Al_3Sc с ядром Al_3Sc и оболочкой Al_3Zr , обладающие более высокой модифицирующей способностью. Установлено, что повышение температуры отжига слитка повышает однородность упругих характеристик и текучесть металла, а также приводит к значительному увеличению значений модуля Юнга E (на 60 %) и твердости НМ (на 20 %) для готовых изделий.

Литература

1. Захаров В.В., Елагин В.И., Ростова Т.Д., Филатов Ю.А. *Технология легких сплавов*, 2010, **1**, 67.
2. Фридляндер И.Н., Добромислов А.В., Ткаченко Е.А., Сенаторова О.Г. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2005, **7**, 17.
3. Рохлин Л.Л., Бочвар Н.Р., Добаткина Т.В. *Технология легких сплавов*, 2005, **2**, 20.

Результаты были получены в рамках государственного задания министерства образования и науки Российской Федерации, контракт 3.1236.2014/К.

НАНОСПЛАВЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПРИЛОЖЕНИЯ

Шубин Ю.В., Корнев С.В.

*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
630090, Новосибирск, проспект Лаврентьева, 3, e-mail: shubin@niic.nsc.ru*

Полиметаллические частицы (наносплавы, nanoalloys), их ансамбли вызывают растущий объем исследований, как с целью решения фундаментальных проблем физики и химии наноразмерных систем, так и в связи с возможностями их практического использования в современных технологиях: катализ, магнитных устройства и оптических преобразователи, биосенсоры, медицинская диагностика и терапия и др.

В докладе освещается оригинальный синтетический подход к получению наносплавов, базирующийся на термолизе многокомпонентных соединений-предшественников. В качестве предшественников используются двойные комплексные соли (ДКС) описываемые общей формулой $[M'L'_n]_x[M''L''_m]_yX_z$, где M' и M'' – ионы переходных металлов, L' и L'' – лиганды. ДКС и твердые растворы на их основе чрезвычайно удобны для синтеза наносплавов. Синтез таких предшественников сравнительно прост, а приготовление наносплава проводится в одну стадию, состоящую в нагревании образца по заданной программе в восстановительной (H_2), либо в инертной атмосфере. В качестве лигандов используются NH_3 , En , Cl^- , $C_2O_4^{2-}$, NO_2^- , поэтому помимо металлов продуктами термолиза таких предшественников являются газы N_2 , HCl , H_2O , CO , CO_2 , которые легко удаляются из реакционной среды. Изначально близкое расположение ионов различных металлов в кристаллической решетке предшественника и сравнительно низкие (100–300 °С) температуры их термолиза позволяют получать наноразмерных биметаллических металлических и металлсодержащие системы, которые недоступны при использовании традиционных методов.

Представлены различные способы получения полиметаллических материалов (порошки, нанесенные катализаторы и т.д.) с использованием ДКС и их твердых растворов, позволяющих плавно варьировать соотношение компонентов. Приведены наиболее интересные примеры полученных металлических и металлсодержащих материалов, обладающих различными функциональными свойствами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект 16-13-10192.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Яценко С.П., Скачков В.М.

Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: yatsenko@ihim.uran.ru

Повышение прочности электропроводных материалов при сохранении и даже снижении электросопротивления имеет большое значение для электротехнической промышленности. В ИХТТ было изучено низколегирование проводниковых алюминиевых сплавов (марок А5Е и А7Е) цирконием, скандием, иттрием и кальцием. Кремний, как примесь в твёрдом растворе даёт основной вклад в увеличение электросопротивления проволоки. Введение кальция подавляет влияние кремния на электросопротивление технического и проводникового алюминия. При содержании $Si < 0.10 \text{ мас.}\%$ удельное электросопротивление при 20°C ($\Delta\rho$, %) отожжённых образцов (рис.1) снижается в ряду $Zr > Sc > Y > Ca$, причём небольшие присадки Ca приводят к снижению удельного электросопротивления до 1%. Временное сопротивление растяжений нагартованных и отожжённых образцов из сплава А5Е с теми же добавками свидетельствует о преимущественном поведении при малых добавках для отожжённых сплавов с иттрием (рис.2).

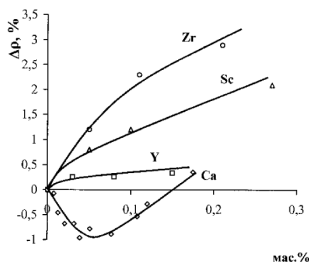


Рисунок 1. Увеличение электросопротивления при 20°C ($\Delta\rho$, %) отожжённых образцов базового проводникового алюминия, легированных Zr, Sc, Y и Ca.

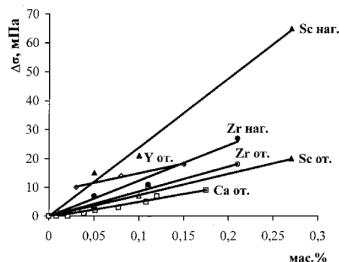


Рисунок 2. Временное сопротивление растяжений нагартованных (наг.) и отожжённых (от.) образцов ($\Delta\sigma$, МПа) из сплава А5Е с добавками Zr, Sc, Y и Ca.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДИАГРАММЫ ФАЗОВОГО СОСТАВА СИСТЕМЫ Ba-Fe-Si-Mn

Акбердин А.А.,^а Салина В.А.^{а,б}

^аХимико-металлургический институт им. Ж. Абишева,
100009, Казахстан, Караганда, Еркемова, 63

^бИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена,
101, e-mail: valentina_salina@mail.ru

В статье приведено математическое описание диаграммы фазового состава системы Ba-Fe-Si-Mn для определения состава и количества образующихся в ней вторичных фаз. Система Ba-Fi-Si-Mn состоит из 6 термодинамически устойчивых квазичетверных систем: Ba-Fe-BaSi₂-Mn, BaSi₂-Fe-Fe₂Si-Mn, BaSi₂-Fe₂Si-Mn₅Si₃-Mn, BaSi₂-MnSi-Fe₂Si-Mn₅Si₃, BaSi₂-Fe₂Si-FeSi-MnSi, BaSi₂-FeSi-MnSi-Si¹. Для математического описания диаграммы применили метод, базирующийся на балансе распределения исходных компонентов сплава между вторичными фазами².

Для 6 конгруэнтных тетраэдров рассчитаны уравнения трансформации:

- 1) Mn = Mn, Fe = Fe, Ba = Ba – 2,4447Si, BaSi₂ = 3,4447Si;
- 2) Mn = Mn, Fe = Fe – 3,9776Si + 1,6268Ba, BaSi₂ = 1,4090Ba, Fe₂Si = 4,9776Si – 2,0358Ba;
- 3) Mn = Mn – 3,2589Si + 1,3329Ba + 0,8193Fe, Fe₂Si = 1,2514Fe, BaSi₂ = 1,4090Ba, Mn₅Si₃ = 4,2589Si – 1,7419Ba – 1,0707Fe;
- 4) MnSi = 7,3939Si – 2,2692Mn – 3,0241Ba – 1,8588Fe, Fe₂Si = 1,2514Fe, BaSi₂ = 1,4090Ba, Mn₅Si₃ = 2,6151Ba + 1,6074Fe + 3,2692Mn – 6,3939Si;
- 5) MnSi = 1,5113Mn, Fe₂Si = 2,5027Fe – 4,9773Si + 2,0357Ba + 2,5449Mn, BaSi₂ = 1,4090Ba, FeSi = 5,9773Si – 2,4447Ba – 1,5027Fe – 3,0562Mn;
- 6) MnSi = 1,5113Mn, FeSi = 1,5029Fe, BaSi₂ = 1,4090Ba, Si = Si – 0,4090Ba – 0,5029Fe – 0,5113Mn.

В таблице 1 приведен пример расчета фазового состава металлов.

Таблица 1. Составы металлов

Химический, масс.%				Фазовый, %			
Mn	Fe	Si	Ba	BaSi ₂	FeSi	MnSi	Si
59,37	1,69	37,29	1,65	2,32	2,54	89,73	5,41
52,43	2,29	39,53	5,75	8,10	3,44	79,24	9,22
39,58	3,33	45,63	11,46	16,15	5,00	59,82	19,03

Литература

1. Salina V.A., Baisanov S.O., Kasenov B.K., Tolokonnikova V.V. *Steel in Translation*, 2014, **44**, 669.
2. Акбердин А.А. *Комплексное использование минерального сырья*, 1995, **3**, 92.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОАКТИВНОГО ГРАФИТА В ИНЕРТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Барбин Н.М.,^{а,б} Колбин Т.С.,^а Терентьев Д.И.,^а Алексеев С.Г.^а

^аУральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 620062, Екатеринбург, Мира, 22

^бУральский Государственный аграрный университет, 620075, Екатеринбург, Карла Либкнехта, 42, e-mail: NMBarbin@mail.ru

Проблема переработки радиоактивного графита атомных реакторов является чрезвычайно актуальной. На сегодняшний день существует ряд методов высокотемпературной обработки радиоактивного графита^{1,2,3}. Приемлемость выбросов радиоактивных элементов является критерием успешного развития процесса. В качестве примера рассмотрено поведения цезия при нагреве радиоактивного графита в инертной атмосфере. Исследование проводилось методом термодинамического моделирования.

Основным элементом системы до температуры 500 К является конденсированный хлорид цезия. Увеличение температуры до 1200 К приводит к переходу конденсированного CsCl в парообразную фазу. Дальнейший нагрев системы влечет за собой уменьшение парообразного CsCl, с одновременным ростом числа ионов Cs⁺. В соответствии с вышеописанным набором фазовых переходов, запишем минимальный набор основных реакций (равновесий).

Зависимость констант равновесий реакций от температур описывается уравнением вида:

$$\ln k_i = A + \frac{B}{T}$$

Реакция	Температурный интервал ΔT, К	A	B	Значение аппроксимации R ²
2CsCl _(к) = 2Cs + Cl ₂	573-873	12062	-67,52	0,999
CsCl _(к) = CsCl	573-873	18288	20,158	0,967
2Cs + Cl ₂ = 2CsCl	873-1073	11426	66,841	0,998
2CsCl = 2Cs + Cl ₂	1273-2473	-77074	7,947	1
Cs = Cs ⁺	1473-2479	-26333	15,50	0,979

Таблица 1. Коэффициенты в уравнении константы реакции.

Литература

1. Колбин Т.С., Терентьев Д.И., Барбин Н.М., Алексеев С.Г. Техносферная безопасность, **1**, 30 (2013).
2. Колбин Т.С., Терентьев Д.И., Барбин Н.М., Алексеев С.Г. Техносферная безопасность, **2**, 40 (2013).
3. Kolbin T.S., Terentev D.I., Barbin N.M., Alekseev S.G. EPJ Web of Conferences **82**, 01013 (2015)
DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/20158201013>

КАРБИДКРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ ГРАНУЛЫ ИЗ КИАНИТА ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Белогурова О.А., Саварина М.А., Шарай Т.В.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН,
184209, Апатиты, Академгородок, 26а, e-mail:belog_oa@chemy.kolasc.net.ru*

Кианитовые руды широко представлены в месторождениях на Кольском полуострове. Особое внимание уделено выявлению распределения компонентов в исходном сырье, синтезу в присутствии добавок в матрице, что обеспечивает улучшенные эксплуатационные свойства и эффективное применение нестандартного и обедненного сырья.

Теплоизоляционный материал производится на основе карбидкремнийсодержащих гранул из кианитовой руды. Источником SiO_2 при карботермическом восстановлении является кварц, который присутствует в качестве примеси в руде и кристобалит, полученный при муллитизации.

Согласно термодинамическому анализу в псевдозакрытой системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-C}$ наиболее вероятными являются реакции, приводящие к образованию карбида кремния. На поверхности углеродных частиц происходит реакция $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{SiO} + \text{CO}$. Полученные пары SiO взаимодействуют с углеродом ($\text{SiO} + 2\text{C} \rightarrow \text{SiC} + \text{CO}$; $2\text{SiO} + \text{C} \rightarrow \text{SiC} + \text{SiO}_2$; $\text{SiO} + 3\text{CO} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}_2$; $3\text{SiO} + \text{CO} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{SiO}_2$). Скорость реакций может быть ограничена диффузией газа или площадью поверхности углеродных частиц, подвергающихся его действию.

В шихту для гранул кроме боя графитовых стержней вводят лигносульфонат и алюминиевую пудру ПАП-1. Выявлена зависимость свойств материала от состава гранул и последовательности операций при их подготовке.

Шихта для литья в формы получена при смешивании гранул с отходом производства ферросилиция и активным оксидом магния. В результате кремний, который является основным компонентом отхода производства ферросилиция, взаимодействует с монооксидом углерода: $2\text{Si} + \text{CO} \rightarrow \text{SiC} + \text{SiO}$. Порообразователь - смеси аммониевых солей минеральных кислот. Выяснено влияние количества и комбинации добавок на характеристики изоляционных материалов. Карбидизация алюмосиликатной матрицы позволила получить изоляционные материалы с плотностью 870 - 1160 кг / м³, открытой пористостью 56-69%, теплопроводностью 0.230-0.350 Вт / (м · К), прочностью до 75 МПа.

КИСЛОТНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИНОЗЕМА ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БОКСИТОВ

Валеев Д.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: dmvalееv@yandex.ru*

Одной из первоочередных задач дальнейшего развития алюминиевой промышленности в нашей стране является увеличение сырьевых ресурсов для производства глинозема. До недавнего времени промышленность России ориентировалась на переработку импортных бокситов. Однако, в нашей стране существуют огромные запасы низкосортных бокситов, каолинов и глин, которые до настоящего времени не перерабатывались. Это связано с отсутствием технически рациональной и экономически выгодной технологии для получения оксида алюминия из такого сырья.

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов (серно-кислотный, азотнокислотный, аммонийный, фторидный) для переработки высококремнистого сырья на глинозем сделан вывод о целесообразности использования солянокислотного способа. Он является наиболее совершенным из числа ранее предложенных и активно развивается в ведущих алюминий добывающих странах (Россия, Китай, Канада, Норвегия, Австралия).

Новизна нашего исследования заключается в применении автоклавного разложение для перевода алюминия в раствор. Это позволяет отказаться от предварительного обжига руды (сложного по технологии и аппаратурному оформлению) при сохранении высокого извлечения алюминия в раствор и получить в одну стадию высокоэффективные смешанные коагулянты на основе гидроксохлоридов алюминия и железа.

В результате на основании экспериментальных данных были определены кинетические характеристики процесса: энергия активации, порядок по реагенту, константа скорости реакции. Выдвинуто предположение о наличии твердых пленок кремнезема препятствующих диффузии реагента в зону реакции. Построена компьютерная модель и определен состав кислых растворов. На основании полученных данных разработана принципиальная технологическая схема процесса получения глинозема солянокислотным способом.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, договор 6900 ГУ2/2015, и РФФИ, грант 15-38-50545.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ БОРОСИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ

Ватолина Н.Д.,^а Добрынина Н.Ю.,^б Ватолин А.Н.^а

^аУральский федеральный университет,

620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: a.n.vatolin@urfu.ru

^бУральский институт государственной противопожарной службы МЧС РФ,

620062, Екатеринбург, Мира, 22

Установление связи между структурой и транспортными свойствами боросиликатных расплавов – одна из фундаментальных проблем физической химии оксидных электролитов. Важным направлением исследований в рамках указанной проблемы является экспериментальное изучение кинетики температурной релаксации структуры оксидных расплавов¹, выявление влияния анионной полимеризации на транспортные свойства многокомпонентных оксидных электролитов.

При изменении (релаксации) структуры оксидного расплава могут изменяться со временем его удельная электропроводность, вязкость², диффузионная подвижность катионов. В данной работе переменноточковым методом определили удельную электропроводность расплава $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 1,5\text{SiO}_2$ при различных скоростях его охлаждения (рисунок 1). Как видно, на термовременных зависимостях наблюдается гистерезис, что свидетельствует о замедленности анионной полимеризации.

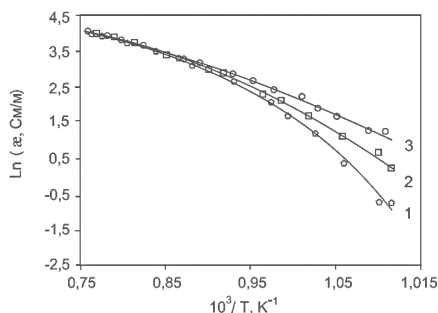


Рисунок 1. Зависимость удельной электропроводности расплава $\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 1,5\text{SiO}_2$ от температуры для различных скоростей охлаждения.

1-равновесие; 2-охлаждение со скоростью 6 К/мин; 3- охлаждение со скоростью 11 К/мин.

Литература

1. Сотников А.И., Ватолин А.Н, Калачева О.В. *Расплавы*, 1998, **2**, 17.

2. Новиков В.К., Невидимов В.Н. *X Кольский семинар по электрохимии редких металлов*, 2000, Апатиты, 64.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ ПРИ БАРБОТАЖЕ ГАЗОМ (СО) МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ОКСИДНОГО РАСПЛАВА

Вусихис А.С., Ченцов В.П., Кудинов Д.З., Леонтьев Л.И., Селиванов Е.Н.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: vas58@mail.ru*

Проведен анализ условий формирования металлической фазы в процессе взаимодействия СО с оксидным расплавом (Fe, Ni)O-SiO₂-MgO-Al₂O₃-CaO с учетом данных о поверхностных свойствах металлического и оксидного расплавов. При температуре 1823 К максимальный радиус пузыря (R_п), который всплывает без дробления, рассчитанный по уравнению

$$R_p = 0,72 \sigma_{ок}^{1/2} \rho_{ок}^{-1/6} \rho_{г}^{-1/3} g^{-1/2} \quad (1)$$

составляет 6,4·10⁻² м. Металл образуется на всей поверхности пузыря, а затем концентрируется в кормовой части в виде капли радиуса (r_к).

Пузырь поднимает каплю, если сила выталкивания пузыря (F_п) больше, чем сила осаждения капли (F_к). Это происходит при r_к/R_п < 0,74. Пузырь выталкивает каплю на поверхность, а сам разрушается. Капля может прорвать эту поверхность только в случае достижения определенной массы (около 0,5 г), когда сила тяжести превысит сумму сил гидростатического выталкивания и поверхностного натяжения. В связи с этим дисперсные капли металла накапливаются на поверхности шлака и коагулируют при столкновениях. Образующаяся капля диаметром 4·10⁻² м оседает в шлаке. Максимальный радиус капли (r_к), движущейся в расплаве без дробления, рассчитанный по уравнению

$$r_k = 0,9 K_f^{1/2} \sigma_{Me-ок}^{1/2} \rho_{ок}^{2/3} \rho_{Me}^{-1/3} (\rho_{Me} - \rho_{ок})^{-5/6} g^{-1/2} \quad (2)$$

составляет 2,5·10⁻³ м. Оседание капли происходит до тех пор, пока она не вступит в контакт с очередным поднимающимся пузырем, закрепляясь на нем, сливаясь с каплей, поднимающейся с данным пузырем. Если такой контакт не происходит, капля опускается на дно со скоростью ~0,3 м/с

Таким образом, при барботажном восстановлении оксидов из шлакового расплава часть металла будет находиться на поверхности и в приповерхностном слое (в виде капель размером менее 2,5·10⁻³ м), а часть переходит в донную фазу.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЬФРАМА МЕТОДОМ ГАЗОФАЗНОЙ ФТОРИДНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.

Выбыванец В.И., Косухин А.В., Косухин В.В., Черенков А.В., Шилкин Г.С.

*Научно-исследовательский институт
Научно-производственное объединение «ЛУЧ»,
142100, Подольск, Железнодорожная, 24, e-mail: kosuhin_artem@mail.ru*

Перспективным направлением получения высокочистого металлического вольфрама является газофазный фторидный метод, сущность которого заключается во взаимодействии газообразного гексафторида вольфрама с водородом и описывается суммарным уравнением реакции: $WF_6(g) + 3H_2(g) = W(тв) + 6HF(g)$

Процесс осаждения вольфрама изучен^{1,2} при атмосферном давлении в интервале температур (500- 800) °С.

В работе изучены кинетические характеристики процесса восстановления гексафторида вольфрама водородом при давлении (1-2) кПа в интервале температур (500-1200) °С и концентрации гексафторида в газовой смеси от 0 до 100 мольн. %. Уточнены характеристики процесса при атмосферном давлении.

Показано, что с повышением содержания WF_6 в газовой смеси скорость осаждения вольфрама растёт и достигая максимума, уменьшается до нуля и далее до отрицательных значений. Максимальная скорость осаждения вольфрама 2,6 мм/ч реализуется при температуре 1200 °С и концентрации гексафторида вольфрама (30-40) мольн. %.

Определены температуры перехода процесса из кинетической области в диффузионную. Показано, что с понижением давления в реакционном объёме расширяется кинетическая область протекания реакции и как следствие, область образования плотных осадков;

Определены некоторые структурные и физико-химические свойства осадков вольфрама.

Литература

1. Королёв Ю.М., Столяров В.И. Восстановление фторидов тугоплавких металлов водородом.- М.: Металлургия, 1981. – 184с.
2. Красовский А.И., Чужко Р.К., Трегулов В.Р., Балаховский О.А. Фторидный процесс получения вольфрама.- М.: Наука, 1981. – 261с.

ПЕРЕРАБОТКА ШЛАКА ОТ РАФИНИРОВАНИЯ СВИНЦА С ПОЛУЧЕНИЕМ ТОВАРНОЙ СУРЬМЫ

Гимгин С.В.,^а Краюхин С.А.,^а Мамяченков С.В.^б

^аАО «Уралэлектромедь», 624091, Верхняя Пышма, проспект Успенский, 3,
e-mail: s.gimgin@elem.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В качестве объекта исследований использован сурьмусодержащий шлак, получаемый в процессе рафинирования свинца.

В работе исследованы результаты рентгенофазового и химического анализа промпродукта, рассмотрены варианты селективного выщелачивания сурьмы из шлака и определены оптимальные параметры процесса.

В процессе сульфидно-щелочного выщелачивания получен раствор, содержащий более 50 г/дм³ сурьмы, из которого методом электроэкстракции выделен катодный осадок сурьмы.

Для электроэкстракции сурьмы использовали аноды и катод из нержавеющей стали. В процессе проведения экспериментов катодная плотность тока составляла 400 А/м², анодная плотность тока составляла 1600 А/м², время электроэкстракции – 24 часа.

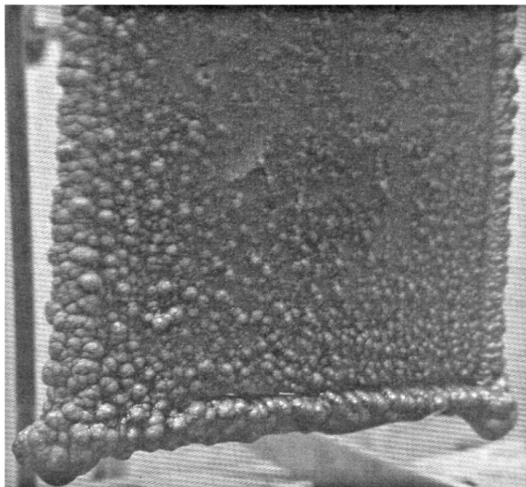


Рисунок 1. Образование катодного осадка сурьмы

В результате проведения электроэкстракции получен катодный осадок с содержанием сурьмы 98,5 %, что соответствует товарной сурьме марки Су2.

МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ КОРРОЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Гладких Н.А., Малеева М.А., Петрунин М.А.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: fuchsia32@bk.ru*

Цель работы – разработка программного продукта, позволяющего на основе анализа изображений определять скорости коррозии конструкционных металлов в различных эксплуатационных условиях, прогнозировать развитие коррозионных ситуаций и оценивать степень опасности коррозии для надежного функционирования объекта.

В данной работе были подробно изучены три коррозионные ситуации: коррозия алюминия с выделением газа (водорода), питтинговая коррозия стали (Ст 3), коррозионное растрескивание под напряжением трубной стали X70 на магистралях трубопровода.

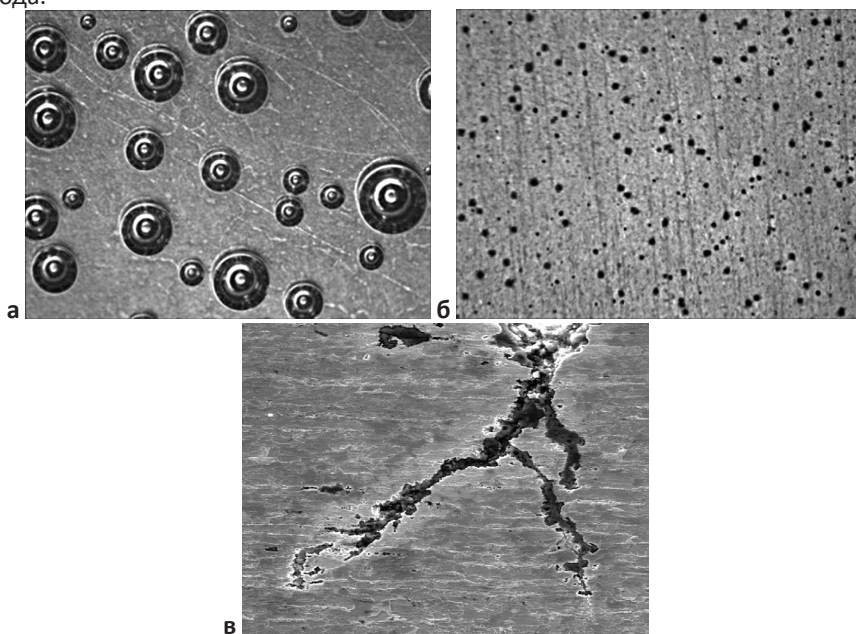


Рисунок 1. а – коррозия металла (Al) с выделением водорода, б – коррозия стали (питтинговая коррозия), в – коррозионное растрескивание под напряжением (трубная сталь)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 14-03-00421, 16-08-00445.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОКАЛИНОУГЛЕРОДНЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ ПВК

Гоник И.Л., Палаткина Л.В., Новицкий Н.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: gonik@vstu.ru*

Получение железоуглеродистого сплава заданного состава, содержащего минимальное количество вредных примесей для современных металлургических производств, является приоритетной задачей. Одним из направлений решения указанной задачи может быть рециклинг железосодержащих металлургических отходов для производства шихтовых материалов с низким содержанием вредных примесей.

На кафедре «Технология материалов» ВолгГТУ разработана технология изготовления брикетов из окалины прокатного производства¹. Полученный таким образом окалиноуглеродный брикет используется в составе шихты для производства Fe – С сплавов, с низким содержанием серы и фосфора.

Пределы по содержанию S, P, Mn, Si (в металле, полученном в результате переплава окалиноуглеродных брикетов) были в 10 раз ниже допустимого содержания указанных элементов в особовысококачественных сталях соответственно - 0,0035; 0,0047; 0,043; 0,09. По содержанию основных элементов сплава (93,73 % Fe и 4,10 % C), а также примесных Ni и Al исследуемые сплавы были отнесены к высокоуглеродистым чугунам. Последнее было подтверждено металлографическими исследованиями структуры полученных металлических слитков.

Металлографический анализ выявил неоднородное строение структуры полученных образцов опытных плавок. В верхней части образцов наблюдали графитовые кристаллы различной степени разветвленности, от пластин до более компактных форм – розеток. В средней и нижней частях слитков углерода в свободном стоянии обнаружено не было, а травление ниталем показало, что в этих зонах микроструктура соответствует белым чугунам и заэвтектоидной стали.

Таким образом, брикетированный шихтовой материал возможно применять в производстве высококачественных сталей и чугунов ПВК.

Литература

1. Пат. 2083681 Российская Федерация. Брикет для производства чугуна и стали / Е.Е. Агеев, Ю.А. Бондарев, В.Г. Булгаков [и др] : заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – № 94025978/02 : заявл. 12.07.1994 ; опубли. 10.07.1997

ОБРАЗОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПАР ПРИ ПЛАВКЕ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Грачев В.А.

Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, 119071, Москва, Ленинский протект, 31-4, e-mail: vagrachev@gmail.com

Исследования проведенные автором показали, что при наличии температурных флуктуаций возможно создание флуктуационной электрохимической пары (рис.1).

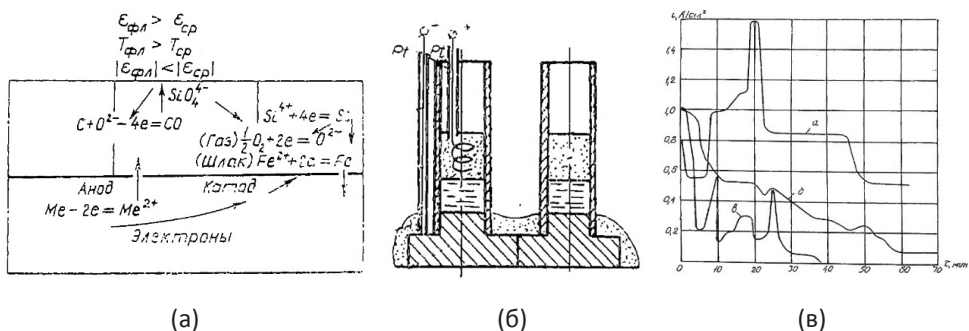


Рисунок 1. Схема образования флуктуационной электрохимической пары (а), электрохимические ячейки (б), кривые измерения плотности тока во времени: а – шлак В-1, катод – чугуны; б- шлак И-1, катод – медь; в – шлак В-1, ячейка из плавленной магнезии (в).

Факт существования флуктуационных электрохимических пар доказан исследованиями на электрохимических ячейках.

Полученные результаты согласуются с данными¹ по устойчивой пространственной дифференциации и современной теории неравновесных процессов.²

Литература

1. Wenfree A. *Rotating Chemical Reactions*. Article in «Scientific American» June 1974, Vol. 230, p 82-95.
2. Пригожин И., Стенгерс И., *Порядок из хауса*. URSS, 3

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ КРЕМНИЕМ, НА ВОЗДУХЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 740-880°C

Григорович К.В.,^б Гусева С.В.,^а Лыкасов А.А.,^а Спрыгин Г. С.,^б Тепляков Ю.Н.^а

^аЮжно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет),
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, e-mail: guseva-s.v@mail.ru
^бИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119911, Москва, Ленинский проспект, 49

В статье представлены результаты исследований окисленного слоя образцов анизотропной электротехнической стали, легированной кремнием, в атмосфере воздуха в температурном интервале 740 – 880 °С в течение 6 и 20 часов. Проведен анализ фазового состава окисленного слоя, образующегося в разных температурных условиях.

Изучение структуры и элементного состава полученных окисленных поверхностей стали проводилось методом атомно-эмиссионной спектроскопии с тлеющим разрядом (GD-OES) в лаборатории диагностики материалов Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН^{1,2}. Послойный анализ окисленных поверхностей образцов электротехнической стали показал различный по глубине оксидный слой, в котором основные фазы образуются кремнием, марганцем и железом. Установлено обогащение приповерхностных зон (~100 нм) Si и Mn до 14-38 масс. % и 14-16 масс. % соответственно.

Полученные концентрационные зависимости элементов в ходе высокотемпературного окисления обеспечивают формирование на поверхности стали защитного оксидного слоя, по-видимому, содержащего силикаты марганца и оксид кремния. Этот слой представляет собой эффективный барьер на пути взаимной диффузии элементов сплава. В результате процесс окисления стали даже при высоких температурах и длительных выдержках практически прекращается.

Литература

1. Григорович К.В., Яйцева Е.В. Спектрометры тлеющего разряда – новое перспективное направление. Институт Металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН.
2. Спрыгин Г.С., Шibaев С.С., Григорович К.В., Бахтин С.В. Исследование окисленного слоя анизотропной электротехнической стали методами послойного спектрального и фракционного газового анализа. «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» № 4. 2007. Том 7.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФТОРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ВИСМУТОТАНТАЛИТА

Громов П.Б., Муждабаева М.А., Копкова Е.К., Кузнецов В.Я.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты, Академгородок, 26а,
e-mail: gromov@chemy.kolasc.net.ru*

Изучен вещественный и минералогический состав висмутотанталитового концентрата (ВТК). По данным РФА в представленной пробе идентифицированы порядка 10 фаз: BiTaO_4 - висмутотанталит, $(\text{Na,Cs})\text{Bi,Ca}(\text{Nb,Ta,Sb})_4\text{O}_{12}$ - натробистанит, $\text{Fe}(\text{Nb}_{1,54}\text{Ta}_{0,46})\text{O}_6$ - ферроколумбит, $\text{Fe}(\text{Nb}_2)\text{O}_6$ – колумбит. Содержание основных элементов составляет, мас. %: Ta_2O_5 - 35.47, Nb_2O_5 - 5.15, Bi_2O_3 - 43.77, U – 0.16, Th – 0.05. Значения удельной эффективной активности для ВТК находятся в пределах 50-70 кБк/кг.

Проведенные опыты по выбору способа разложения концентрата показали, что наиболее рациональным является разложение висмутотанталита фтороводородной кислотой. Гидрофторирование ВТК при высоком расходе 38%-ной фтороводородной кислоты Ж:Т= 2-3.5:1 в течение 2-5 часов обеспечивает за одну операцию высокое извлечение редких металлов 98.0% Ta_2O_5 и 97.0% Nb_2O_5 . Оценка влияния основных параметров показывает, что фактором, определяющим эффективность разложения ВТК, является соотношение исходных реагирующих веществ. Следует отметить высокую концентрацию редких металлов в полученных растворах, г/л: 115.0-172.0 Ta_2O_5 , 17.9-26.3 Nb_2O_5 при содержании Bi_2O_3 в фильтрате на уровне 1.0-1.5 г/л. Радиологические исследования фторидных растворов показали, что эффективная удельная активность всех растворов ниже 740 Бк/кг. Концентрация радионуклидов составляет г/л: 0.00007 U, <0.00025 Th. Другим полупродуктом гидрофторирования ВТК является концентрат висмута, содержащий до 80 мас. % Bi_2O_3 и представленный по данным РФА двумя фазами BiF_3 и $\text{BiO}_{0.1}\text{F}_{2.8}$.

Как установлено радиологическими исследованиями по распределению радионуклидов при разложении ВТК фтороводородной кислотой они практически полностью переходят в осадок (~100%). Содержание радионуклидов составляет мас. %: 0.29 U, 0.024 Th. Осадки относятся к IV классу материалов, содержащих природные радионуклиды, полученный продукт является радиоактивным. Снижение активности продукта возможно после сульфатизации и отгонки фтора. Так выщелачивание урана(IV) и тория(IV) из продуктов сульфатизации водой при 20°C позволяет извлечь до 62% тория и 22% урана.

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НА ОКИСЛЕНИЕ СУЛЬФИДОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ

Гуляева Р.И., Селиванов Е.Н., Сельменских Н.И., Нечвоглод О.В.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: pcmllab@mail.ru*

Методами термогравиметрического, термического, масс-спектрометрического и рентгенофазового анализов, а также оптической микроскопии изучено окисление сульфидов меди (Cu_2S) и никеля (Ni_3S_2) в ходе неизотермического нагрева в потоке воздуха. Сульфиды получены сплавлением чистых элементов. Изменение микроструктуры образцов достигнуто медленной ($10\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$) кристаллизацией расплава в печи и его водной грануляцией, обеспечивающей скорость охлаждения до $900\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Медленное охлаждение сульфида меди приводит к формированию $\text{Cu}_{1.96}\text{S}$ и $\text{Cu}_{1.81}\text{S}$, а сульфида никеля - Ni_3S_2 и Ni . Высокоскоростное охлаждение повышает дисперсность структуры и способствует формированию твердых растворов $\text{Cu}_{1.96}\text{S}-\text{Cu}$ и $\text{Ni}_{3+x}\text{S}_2$.

Окисление образцов сульфида меди одинаковой крупности при нагреве в потоке воздуха существенно зависит от их микроструктуры. Механизм процесса включает стадии образования оксидов, сульфатов, их разложения и выделения диоксида серы. Увеличение дисперсности фаз сульфида меди, достигаемое грануляцией, приводит к торможению стадии сульфатообразования и интенсифицирует взаимодействие продуктов окисления с сульфидом.

Установлена следующая последовательность реакций окисления сульфида никеля на воздухе: начиная с температуры 570 K образуются оксид и сульфат никеля (без выделения сернистого ангидрида); повышение температуры сопровождается образованием NiO и изменением состава ядра сульфида вплоть до NiS ; интенсивное окисление сульфида с выделением SO_2 имеет место выше 900 K . Влияние микроструктуры на процессы окисления сульфида никеля менее выражено в сравнении с сульфидом меди.

Полученные данные полезны для развития научных основ и обоснования режимов окисления сульфидных концентратов и полупродуктов цветной металлургии.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, тема 0396-2015–0082, и проекта рффи, 16-38-00525, с использованием оборудования центра коллективного пользования «Урал-М».

ПРИМЕНЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ ЖИДКИХ ТОПЛИВ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИОННОГО ГИДРОУДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Гуляков В.С., Вусихис А.С., Кудинов Д.З., Ченцов В.П.

*Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: gvs49@mail.ru*

Исследования по определению эффективности использования топлива, изготовленного путём кавитационного гидроударного ультразвукового воздействия, проводились на вращающемся сушильном барабане ОАО «Асбестовский горно-обогатительный комбинат» (Асбест), вращающейся печи для обжига известняка и доменной печи металлургического комбината АО «Миттал Стил Темиртау» (Темиртау).

После перехода на использование диспергированного топлива (мазут + 10-20 % вода) на сушильном барабане при той же производительности агрегата коэффициент расхода воздуха вырос, а реальный расход топлива в пересчёте на обезвоженный мазут снизился в 2 раза. КПД увеличился на 10-15%, температура готового продукта снизилась со 150 до 110 °С, уменьшились потери тепла с отходящими газами на 10%, химический недожог в 3 раза, потери тепла из рабочего пространства в 1,5 раза. Содержание в отходящих газах СО и оксидов азота снизилось в 2,5 раза, SO₂ в 10 раз.

В период работы вращающейся печи на композиционном топливе влажность мазута составляла в среднем 15%. При одинаковых параметрах работы по загрузке, разряжению, температуре по зонам печи расход композиционного топлива сократился на 20% (в пересчёте на обезвоженное топливо). Экологическая оценка результатов: сокращение сверхнормативных выбросов сажи и СО, выбросов SO₂ в среднем на 3,3 г/с и оксидов азота в среднем на 0,1 г/с.

Применение композиционного топлива в доменной печи в сравнении с таким же количеством мазута, который применяется на комбинате по штатной технологии, позволило снизить расход кокса на 15 кг/т чугуна.

Таким образом, проведённые исследования показали возможность сокращения энергетических затрат и улучшения экологической обстановки при использовании композиционного топлива, полученного в специальном кавитационном реакторе на основе смеси мазута и воды.

ВЛИЯНИЕ ПРОКАТКИ НА КИНЕТИКУ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТИТАНО-АЛЮМИНИЕВОМ СЛОИСТОМ КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ

Гурулев Д.Н.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: rct2005@yandex.ru*

Наличие диффузионных прослоек на границе соединения титано-алюминиевого композита приводит не только к потере тепло- и электропроводности, но и к уменьшению прочности соединения слоев и как следствие – к нарушению сплошности материала и герметичности изделия в целом¹.

Установлено, что с увеличением времени выдержки образцов в печи при температурах 560 и 590 °С образовавшаяся интерметаллидная прослойка растет по толщине и протяженности. Математическая обработка экспериментальных данных показала, что зависимость толщины диффузионной прослойки h от времени выдержки τ подчиняется параболическому закону²:

$$h^2 = k \times (\tau - \tau_n)$$

где k – коэффициент, зависящий от коэффициента диффузии, времени отжига и интегрального коэффициента ошибок; τ_n – скрытый период образования интерметаллидов; τ – время выдержки образцов в печи³.

Длительность скрытого периода образования интерметаллидов уменьшается с повышением степени деформации и температуры, причем этот период линейно зависит от степени деформации образца. На основе экспериментальных значений толщины интерметаллидного слоя определены энергии активации зарождения E_z и роста E_p интерметаллидной прослойки, а результаты вычислений показали, что энергия активации зарождения и роста интерметаллидов в титано – алюминиевом соединении имеют линейную зависимость от степени обжатия и могут быть представлены уравнениями:

$$E_z = -123,4 \varepsilon + 195295$$

$$E_p = -92,3 \varepsilon + 122406$$

Литература

1. Трыков Ю.П., Шморгун В.Г. Свойства и работоспособность слоистых композитов: Монография / ВолгГТУ. – Волгоград, 1999. – 190 с.
2. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. – 512 с.
3. Эпштейн Г.У. Строение металлов деформированных взрывом. – М.: Metallургия, 1980. – 256 с.

СВОЙСТВА ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ЦЕМЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА

Гусев Б.В.,^а Кузнецова Т.В.,^а Самченко С.В.^б

^аРоссийская инженерная академия,
125009, Москва, Газетный пер., 9-4, e-mail: info-rae@mail.ru

^бНациональный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: samchenko@list.ru

Кристаллизация глиноземистого расплава - один из важнейших физико-химических процессов в технологии производства глиноземистого цемента, оказывающий решающее влияние на свойства готового продукта. Анализ системы $\text{CaO-A1}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ указывает на поливариантность хода кристаллизации, и, следовательно, на возможность изменения хода кристаллизации принудительным путем. Выбор соответствующих режимов кристаллизации глиноземистого расплава должен способствовать дальнейшему совершенствованию технологии производства глиноземистого цемента. Одним из способов направленного регулирования кристаллизации алюминатного расплава является изменение скорости его охлаждения.

Исследование скорости охлаждения близких по химико-минералогическому составу шлаков показало, что характер кристаллизации минералов зависит от скорости охлаждения шлаков. При быстром охлаждении расплава в составе шлака образуется до 25% стекла, моноалюминат кальция ($\text{CaO}\cdot\text{A1}_2\text{O}_3$) имеет крупнозернистую, недостаточно отчетливую кристаллизацию, геленит ($2\text{CaO}\cdot\text{A1}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$) находится во взаимном прорастании с алюминатами кальция. При охлаждении со средней скоростью моноалюминат формируется в виде четких пластинчатых кристаллов, геленит находится в виде тонких прорастаний с моноалюминатом и двухкальциевым силикатом. Медленно охлажденный шлак отличается отчетливой кристаллизацией всех фаз в виде отдельных зерен.

Результаты физико-механических испытаний цементов на основе этих шлаков свидетельствуют о том, что наилучшие показатели по прочности имеет цемент на основе шлака среднего охлаждения. Снижение прочности цементов на основе быстро и медленно охлажденных шлаков обусловлено наличием в них как свободных зерен геленита, так и стекла.

Таким образом, изменяя кристаллизационную способность и скорость кристаллизации расплава шлака, можно получать материал с желаемой кристаллической структурой и высокими физико-механическими показателями.

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ЛИТИЯ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ БЕНЗО-15-КРАУН-5

Демина Л.И., Шокурова Н.А., Демин С.В., Жилев В.И., Цивадзе А.Ю.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071,
Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: zhilov@igic.ras.ru*

Экстракционные процессы широко применяются в промышленности для выделения ценных компонентов из различных смесей и разделения близких по свойствам веществ. В частности, системы на основе краун-эфиров оказались весьма перспективны для решения одной из важнейших задач радиохимии - разделения изотопов лития. Для создания высокоэффективных систем необходимо изучение химии процессов, проходящих при экстракции.

Исследование ИК-спектров растворов Б15К5 в различных растворителях позволило прийти к выводу, что спектральные характеристики краун-эфира в растворах не зависят от вида растворителя. При этом показано, что конформация краун-эфира в растворе отличается от его конформации в твердом виде.

С целью изучения процесса комплексообразования Б15К5 с Li были использованы соли лития с различными анионами: Cl⁻, I⁻, ClO₄⁻, NO₃⁻, NCS⁻, BF₄⁻. Синтезированы соответствующие комплексы и проведено их спектральное сравнение с соединениями, образующимися в органической фазе в системе вода – хлороформ.

Следует отметить, что во всех синтезированных комплексах лития с Б15К5 в координации участвуют все пять атомов кислорода краун-эфира. Шестую координационную позицию в комплексах LiX·Б15К5·Н₂О, где X=Cl⁻, I⁻, ClO₄⁻, NCS⁻, NO₃⁻ занимает атом кислорода молекулы воды. При этом один из атомов водорода образует связь с анионом. В ИК-спектрах это выражается в расщеплении валентного колебания О-Н на две полосы в каждом случае.

Методом прямого синтеза из этанола были выделены безводные комплексы LiX·Б15К5 где X=NCS⁻, BF₄⁻, в которых шестую координационную позицию занимает анион. Однако на основании спектральных данных можно утверждать, что при экстракции в органической фазе всегда образуются комплексы, содержащие координированную молекулу воды, не зависимо от аниона соли лития.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект 14-13-01286.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Дильдин А.Н., Трофимов Е.А., Чуманов И.В.

*Южно-Уральский государственный университет (филиал),
456227, Златоуст, Тургенева, 16, e-mail: tea7510@gmail.com*

Развитие методик утилизации отходов сталеплавильного производства до настоящего времени остается актуальной. Образующиеся при выплавке сталей шлаки, как правило, отличаются сложным химическим и структурно-фазовым составом.

Целью настоящей работы стало теоретическое и экспериментальное изучение возможности и целесообразности восстановительной обработки сталеплавильных шлаков для получения металлической и оксидной фаз, которые могут быть использованы в металлургической промышленности и индустрии строительных материалов. Объектом экспериментального исследования стал шлак со шлаковых отвалов Златоустовского металлургического завода (Российская Федерация).

Для термодинамического моделирования процессов, протекающих в ходе восстановления вещества шлаковых отвалов, использован программный комплекс «Fact-Sage» (версии 6.4 и 7.0). Основные результаты проведённых расчётов для удобства анализа представлены в виде зависимостей различных характеристик от температуры.

Экспериментальные исследования включали в себя опыты по восстановлению образцов шлака углеродом и угарным газом. Состав экспериментальных образцов определялся посредством микрорентгеноспектрального анализа, а также посредством рентгеноструктурного анализа.

Проведённые теоретические и экспериментальные исследования позволяют утверждать, что масса металлической фазы, полученной в результате восстановления, может составлять до 20 % от массы исходного шлака и даже несколько выше. При этом железо, содержащееся в шлаке, может быть восстановлено практически полностью. Также в состав металла может перейти преобладающая или заметная часть таких элементов, как хром, никель, марганец, а также некоторые другие ценные компоненты. Показано, что жидкофазное восстановление шлака целесообразно проводить при температурах порядка 1500 °С и выше.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57414X0090.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Ni_3Al ТИПА ВКНА НА ИХ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

**Дроздов А.А.^а Поварова К.Б.,^а Базылева О.А.,^б Аргинбаева Э.Г.,^б
Антонова А.В.,^а Морозов А.Е.^а**

^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: aadrozдов76@mail.ru

^бВсероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
105005, Москва, Радио, 17

Интерметаллидные сплавы серии ВКНА с γ' $Ni_3Al+\gamma Ni$ структурой разрабатываются как альтернатива никелевым суперсплавам, от которых их выгодно отличает более низкая плотность (~ 8 г/см³), экономное содержание легирующих элементов (ЛЭ) и возможность применения до 1200°С длительно и до 1300°С кратковременно. В работе рассмотрены аспекты получения и термической обработки монокристаллов из этих сплавов и их влияние на структуру и свойства.

Монокристаллы с кристаллографической ориентацией [001] и [111] получали методом ВГНК с температурным градиентом кристаллизации $G = 60^\circ\text{C}/\text{см}$ и $G = 150^\circ\text{C}/\text{см}$. Скорость кристаллизации образцов составляла $R = 2, 5, 10$ и 20 мм/мин (скорость охлаждения $G \cdot R = 30, 75, 150$ и 300 °C/мин соответственно). Отжиг проводили в вакууме в интервале температур $1000 - 1320^\circ\text{C}$. Механические испытания образцов сплавов проводили при температурах до 1200°C . Время отжига варьировали в пределах 1-100 ч. Структуру сплавов исследовали методами оптической, растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Исследовали фазовый состав, морфологию, размер, взаимное расположение, соотношение фаз в сплавах. Определены коэффициенты ликвации ЛЭ и установлена их корреляция со структурой и свойствами. Показано, что ТО позволяет практически полностью устранить в сплавах ликвацию всех ЛЭ кроме Re. Выявлено выделение в сплавах, в результате воздействия высоких температур и напряжений, субмикронных частиц дополнительных фаз типа Р-фазы тройной системы Ni-Mo-Re. Установлено, что уменьшение ликвации ЛЭ и выделение дополнительных фаз приводит к повышению жаропрочности сплавов.

Основываясь на результатах исследований, даны рекомендации по режимам ВГНК и ТО, которые обеспечивают формирование в сплавах оптимальных структур и, как следствие, высоких прочностных характеристик при высоких температурах.

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СПЛАВАХ ГЕЙСЛЕРА $\text{Ni}_{43-X}\text{Mn}_{46-X}\text{Sn}_{11}$ ($X = 0, 1$)

Емельянова С.М.,^а Марченкова Е.Б.,^а Дякина В.П.,^а Пушин В.Г.,^а Wang R.L.,^б Yang C.P.,^б Sauerzopf F.,^в Kagerbauer D.,^в Weber H.W.,^в Nenkov K.,^г Марченков В.В.^{а,д}

^аИнститут физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН,
620137, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: emelyanova@imp.uran.ru

^бHubei University, 430062 Wuhan, China

^вAtominstitut, Vienna University of Technology, 1020 Vienna, Austria

^гInstitute of Solid State and Materials Research, D-01171 Dresden, Germany

^дУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Структура и магнитные свойства сплавов системы Ni-Mn-Sn в значительной степени зависят от состава. Уже проведен ряд исследований влияния изменения соотношения Mn/Sn^{1,2} на их магнитные свойства и магнитокалорический эффект, однако влияние изменения соотношения Ni/Mn изучено недостаточно полно. Поэтому в данной работе была предпринята попытка проанализировать влияние изменения Ni/Mn на магнитные свойства и магнитокалорический эффект в сплавах $\text{Ni}_{43}\text{Mn}_{46}\text{Sn}_{11}$ и $\text{Ni}_{44}\text{Mn}_{45}\text{Sn}_{11}$.

Сплавы были выплавлены в дуговой печи в инертной атмосфере. Температурные и полевые зависимости намагниченности были измерены при температурах от 4.2 до 330 К в магнитных полях до 70 кЭ и определено изменение магнитной энтропии ΔS_M .

В результате установлено, что уменьшение содержания Ni при одновременном увеличении содержания Mn приводит к уменьшению величины ΔS_M и смещению ее максимума в область низких температур.

Литература

1. Yuhasz W.M., Schlagnel D.L., Xing Q., McCallum R.W., Lograsso T.A. *J. Alloys Compounds*, 2010, **492**, 681.
2. Krenke T., Duman E., Acet M., Wassermann E.F., Moya X., Mañosa L., Planes A. *Nature Materials*, 2005, **4**, 450.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России, тема «Спин», 01201463330, при частичной поддержке Комплексной программы УрО РАН, проект 15-17-2-12, РФФИ, грант 15-02-06686, молодежного гранта РФФИ, 16-32-00072, и РНФ, грант 15-12-10014.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

Зайцев А.И.

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина, 105005, Москва, Радио 23/9-2, e-mail: aizaitsev1@yandex.ru

Разработаны оригинальные принципы создания химического состава и эффективной технологии производства сталей, закаливаемых при штамповке. Они основаны на использовании, кроме обычно применяемого структурного упрочнения, других механизмов прорывного повышения до 3 раз комплекса свойств металла готовых изделий, которые контролируются формированием системы, в том числе, наноразмерных выделений избыточных фаз. Впервые показано, что при реализации этого прогрессивного направления важным является не получение определенного комплекса механических свойств проката, а обеспечение высокой степени чистоты по неметаллическим включениям ($\leq 1,5$ балла по ГОСТ 1778, коррозионно-активных ≤ 2 вкл./мм²), определенного состояния твердого раствора, дисперсности (номер зерна 10-11 по ГОСТ 5639) при высокой однородности микроструктуры стали. Разработаны оригинальные технологические приемы достижения указанных показателей.

Для производства горячекатаного, холоднокатаного, в том числе, покрытого проката разработано два типа сталей, закаливаемых при штамповке: борсодержащие и построенные по принципу низкоуглеродистых мартенситных сталей, легированных Si-Mn-Cr-Ni и микролегированных Ti-Nb-V-Mo, с содержанием углерода 0,08-0,30%.

Результаты выполненных исследовательских и дополнительных испытаний полученных экспериментальных образцов горячекатаного, холоднокатаного, в том числе покрытого проката свидетельствуют о существенном превышении предъявляемых требований к основным характеристикам (относительное удлинение при 900°C - более 40%, при 20°C - более 5%; ударная вязкость KCU_{-60°C} более 98 Дж/см²), при достижении в металле готовых изделий увеличенных до 3 раз, по сравнению с аналогами, показателей служебных свойств (временное сопротивление до 2200 МПа) при снижении затрат. Показана возможность снижения содержания углерода и легирующих компонентов после оптимизации процесса горячей штамповки, что дополнительно повысит технологичность и свариваемость стали.

Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении субсидии 14.579.21.0005 от 05.06.2014 г. Уникальный идентификатор ПНИ (проекта) RFMEFI57914X0005.

ОСНОВЫ ХЛОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВЫСОКОКИПАЮЩИХ ФРАКЦИЙ НЕФТИ

Занавескин К.Л., Масленников А.Н., Махин М.Н., Занавескин Л.Н.

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 29, e-mail: zakon82@mail.ru*

В ИНХС им. А.В.Топчиева РАН разработан новый процесс гидрогенизации высококипящих фракций нефти. Высокая эффективность переработки достигается за счёт применения новых наноразмерных катализаторов на основе молибдена и никеля. Такой подход позволяет повысить глубину переработки нефти. В результате гидроконверсии и последующей дистилляции концентрации металлов высококипящей фракции (ВКФ) нефти возрастают в десятки раз¹. Сжигание высококипящих продуктов позволяет эффективно задействовать их энергетическую составляющую. Образующаяся при этом зола представляет собой коллективный концентрат редких и цветных металлов. При сжигании ВКФ был получен продукт, содержащий 41,6% MoO_3 , 35,3% V_2O_5 , 11,1% Fe_2O_3 , 10% NiO и 2% примесей.

Экспериментальные исследования подтвердили возможность переработки золы ВКФ методом хлорирования в реакторах кипящего слоя. В зависимости от условий процесса в качестве главных продуктов реакции могут быть получены семь соединений, а именно: VCl_4 ; VOCl_3 ; MoO_2Cl_2 ; MoOCl_4 ; NiCl_2 ; FeCl_3 ; FeCl_2 . Все эти соединения можно условно разделить на две группы, отличающиеся интервалами температур кипения: легкокипящие с температурами кипения до 315°C и тяжелокипящие с температурами кипения от 993°C до 1600°C. Легкокипящие продукты, такие как соединения ванадия, молибдена и хлорида железа (III), выделяются из реакционной зоны в виде парогазовой смеси (ПГС). При этом хлорид никеля, хлорид железа (II) и другие высококипящие хлориды концентрируются в реакционной массе и выводятся совместно с твердыми остатками прохлорированной шихты. Таким образом, уже на этапе хлорирования происходит отделение ванадия и молибдена от никеля. В результате конденсации ПГС образуется пульпа, последующее разделение и очистка её компонентов методами выпарки и ректификации позволит получить очищенные VOCl_3 и MoO_2Cl_2 .

Литература

1. Хаджиев С.Н., Шпирт М.Я. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки. – М: Издательство "Наука", 2012, 222 с.

ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВОВ Fe-Cr-Si-C

Заякин О.В., Жучков В.И.

Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: zferro@mail.ru

Температура кристаллизации – одно из основных свойств ферросплавов, влияющих как на технологию получения самого ферросплава, так и на его служебные характеристики.

Экспериментально методом фиксирования температурных кривых при охлаждении определены температуры начала кристаллизации ($T_{н.к.}$) сплавов системы Fe-Cr-Si-7-8% C в зависимости от содержания кремния (0,3-10 %) и хрома (45-62 %) (Рис.).



Рисунок 1. Зависимость температуры начала плавления образцов высокоуглеродистого феррохрома от содержания: **1** - кремния (при содержании ~53 % Cr, ~7,5 % C; Fe - остальное) и **2** - хрома (при содержании ~0,3 % Si, ~7,5 % C; Fe - остальное)

Стандартный отечественный высокоуглеродистый феррохром с высоким содержанием хрома (62-65 %) и низким содержанием кремния (0,2-0,6 %) относится к сверхтугоплавким сплавам. Применение сверхтугоплавких ферросплавов для легирования стали нежелательно, так как это значительно увеличивает время плавления сплавов и снижает коэффициент усвоения ведущего элемента. Сплав с пониженным содержанием хрома (53 % Cr) и низким содержанием кремния находится на условной границе разделения сплавов на тугоплавкие и сверхтугоплавкие. Повышение содержания Si в рассматриваемых сплавах до 10 % сопровождается снижением $T_{н.к.}$ на ~70 °C и позволяет перевести высокоуглеродистый феррохром из разряда сверхтугоплавких сплавов в разряд тугоплавких, что, несомненно, положительно сказывается на усвоении элементов ферросплава при обработке стали.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В КРУПНЫХ СТАЛЬНЫХ СЛИТКАХ

Зюбан Н.А., Рутский Д.В., Палаткин С.В., Палаткина Л.В.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: lv.palatkina@yandex.ru*

Разница в уровне механических свойств по длине и объёму длинномерных поковок для уникальных изделий ответственного назначения (судовых валов, роторов турбогенератора и т.д.), является следствием развития в металле химической и физической неоднородности при затвердевании¹. Однако, разработка новых направлений решения этой проблемы сдерживается ограниченностью работ по вопросам исследования и управления кристаллизационными процессами крупных объёмов металла.

В результате проведенных металлографического и фрактографического исследований литой структуры кузнечного слитка стали марки 38ХНЗМФА массой 24,2 т, отлитого в вакууме на трех горизонтах (горизонт непосредственно над конусом осаждения и на расстоянии 1400 и 2600 мм от дна слитка) показано, что при прочих равных условиях:

1. Характер изменения расстояния между ветвями второго порядка λ по сечению всех горизонтов аналогичен - дендритный параметр в корковой зоне и зоне столбчатых кристаллов плавно увеличивается от минимального значения 200 мкм до 350 – 480 мкм, а далее в зоне равноосных кристаллов достигает определенного предела, порядка 500 - 550 мкм и остаётся постоянным вплоть до геометрического центра слитка.

2. Независимо от места вырезки образца по сечению слитка трещины, раковины и поры имеют кристаллизационную (литейную) природу. Последовательная сошлифовка характерных мест с оценкой прилегающей дендритной структуры показала отсутствие разрушения дендритных кристаллов.

3. В большинстве случаев расположение неметаллических включений в объёме металла имеет междендритный характер. Строчки и единичные включения декорируют ветви дендритов, концентрируясь вблизи их вершин, но не у основания.

Литература

1. Zyuban N.A. A Study of the Development of Chemical Heterogeneity in Large Forging Ingots: Depending Upon the Configuration and Thermophysical Conditions of Casting / N.A. Zyuban, D.V. Rutskiy et al. // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science. – 2014. - Volume 45, Issue 13, 24 October 2014, Pages 6200-6206

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, 16-38-50023.

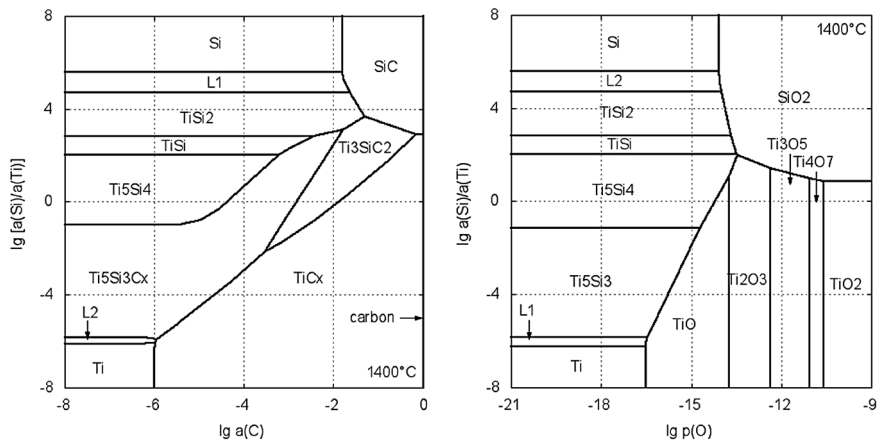
ДИАГРАММЫ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ СИСТЕМЫ Ti-Si-C-O

Истомин П.В.

*Институт химии Коми научного центра УрО РАН,
167982, Сыктывкар, Первомайская, 48, e-mail: istomin-pv@chemi.komisc.ru*

Перспективным подходом к синтезу МАХ фазы Ti_3SiC_2 и материалов на её основе является использование не традиционных для данной области химического материаловедения реагентов: 1) металлического титана в непорошковых макроразмерных формах, таких как фольга, лента, стержень, проволока, трубка; 2) оксидных соединений, таких как TiO_2 , SiO_2 , SiO. В первом случае ключевую роль в синтезе играет титан-кремний-углеродный расплав, позволяющий радикально ускорить транспорт вещества в зону реакции, во втором – газовая фаза. Для оптимизации условий синтеза целевого продукта необходимо иметь представление о том, какое влияние химические компоненты этих сред оказывают на фазовые равновесия в системах Ti-Si-C и Ti-Si-C-O, соответственно.

В работе проведён термодинамический расчёт фазовых равновесий «твёрдое тело – расплав» для системы Ti-Si-C и «конденсированная фаза – газ» для системы Ti-Si-C-O в широком интервале температур. В расчётах использовались собранные из открытых литературных источников данные по температурным зависимостям свободной энергии Гиббса $G^\circ(T)$ для газов, стехиометрических соединений, а также бескислородных фаз переменного состава, включая силицид титана ($Ti_{5+3y-2z}Si_{3-3y+2z}C_x$), карбид титана (TiC_x), титан-кремний-углеродный расплав ($Ti_{1-x-y}Si_xC_y$). На основании выполненных расчётов построены диаграммы фазовых равновесий. Ниже на рисунках приведены примеры таких диаграмм.



Работа выполнена при финансовой поддержке Программы УрО РАН, проект 15-6-3-42.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИОЛИТОВЫХ РАСПЛАВОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВОВ Al-B

Катаев А.А., Ткачева О.Ю., Редькин А.А., Дедюхин А.Е., Зайков Ю.П.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, 620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: aleksandr_kataev@mail.ru

Получение сплавов Al-B на практике осуществляется алюмотермическим восстановлением KBF_4 с использованием флюсов, которые обычно представляют собой смеси галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов - на их основе возможно получать композиции с регулируемой плотностью и температурой плавления. Перспективным также представляется способ получения сплавов в алюминиевых электролизерах.

В настоящей работе исследованы физико-химические свойства (температура ликвидуса, растворимость Al_2O_3 , плотность, электропроводность) расплавов на основе калиевого криолита (KF-AlF_3 и KF-NaF-AlF_3 ($\text{KO}=(x_{\text{KF}}+x_{\text{NaF}})/x_{\text{AlF}_3}=1.3-1.5$)), содержащие добавки KBF_4 и V_2O_3 , с точки зрения возможности их использования в процессе производства сплавов Al-B как алюмотермическим, так и электролитическим способами. Такие криолитовые смеси характеризуются низкой температурой плавления (в интервале 600-800 °C) и хорошей растворимостью Al_2O_3 (до 8 мас.% при 800 °C).

Установлено, что введение борсодержащих добавок в расплавы KF-AlF_3 и KF-NaF-AlF_3 повышают температуру ликвидуса. Тем не менее, добавки V_2O_3 и KBF_4 оказывают различное влияние на растворимость Al_2O_3 . Так, присутствие KBF_4 в количестве 5 мол.% в криолитовом расплаве практически в два раза повышает растворимость Al_2O_3 , тогда как добавки V_2O_3 (до 5 мол.%) в KF-AlF_3 не влияют на растворимость Al_2O_3 в интервале температур от точки ликвидуса до 750 °C, а при более высоких температурах растворимость Al_2O_3 понижается. Для того, чтобы прояснить процессы, протекающие при растворении соединений бора в расплавах калиевого и калиево-натриевого криолитов с низким KO, были проведены исследования образцов методом Раман-спектроскопии. Предложены механизмы взаимодействия с образованием BF_4^- и оксифторидных группировок $[\text{BO}_3/2\text{F}]^-$. На основании закономерностей изменений температуры ликвидуса, электропроводности, плотности, и растворимости оксида алюминия в расплавах на основе калиевого криолита были предложены составы, перспективные для использования как в качестве флюсов в алюмотермической технологии, так и в качестве электролитов для электролитического получения сплавов Al-B.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Fe-Al-O

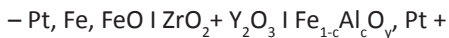
Кимяшов А.А.

Челябинский государственный университет,
454000, Челябинск, Бр. Кашириных, 129, e-mail: kimyshov@rambler.ru

Диаграмма состояния системы Fe–Al–O наиболее обстоятельно исследована при температурах выше 1500 К. Установлено, что герцинит образует с магнетитом неограниченный ряд твердых растворов со структурой шпинели.

При температурах ниже 1500 К информация о термодинамических свойствах системы ограничена и противоречива. По данным одних авторов шпинельный раствор распадается при 1273 К, по другим – близка к 1173 К.

В настоящей работе методом ЭДС исследованы фазовые равновесия в системе Fe–Fe₃O₄–FeAl₂O₄ при температурах 1100–1300 К. Были измерены ЭДС гальванических элементов



с образцами исследуемых веществ, валовый состав которых выражается формулой Fe_{1-c}Al_cO_y. Электродом сравнения служила равновесная смесь железа и вюстита (Fe, FeO). По значениям ЭДС, используя уравнение Нернста, определяли равновесные образцам давления кислорода.

На основании полученных данных построены изотермические сечения диаграммы состояния системы Fe–Al–O при различных температурах в интервале 1100–1300 К. Для иллюстрации одно из них для 1273 К приведено на рисунке.

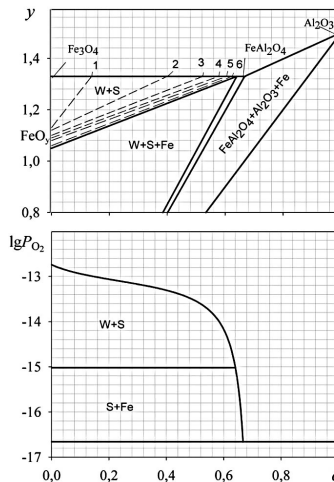


Рисунок 1. Изотермическое сечение диаграммы состояния системы Fe–Al–O при температуре 1273 К

ЦИКЛИЧНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТА

Кобелев В.А., Нечкин Г.А.

ОАО «Уральский институт металлов»,
620062, Екатеринбург, Гагарина, 14, e-mail: kobelev_va@inbox.ru

В связи с полиминеральностью и полидисперсностью, преобладанием оксидов железа с переменной валентностью ($\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$), кратковременностью высокотемпературных процессов и высокой их скоростью офлюсованный железорудный агломерат в целом имеет явно неравновесный фазовый состав. При основности 1,2-1,6 ед. осн. степень неравновесности процесса спекания $\delta_{\text{нер}}$ может быть определена с помощью двухпараметрического выражения

$$\delta_{\text{нер}} = \frac{q_{\text{факт}} - q_{\text{равн}}}{q_{\text{равн}}} = q_{\text{факт}} \left[8,5 \ln \left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} \right) + 3,5 \right] - 199,5, \% \quad (1)$$

где $q_{\text{факт}}$ – общее количество связи, $q_{\text{равн}}$ – количество связи в условиях физико-химического равновесия; очевидно, $\delta_{\text{равн}} = 100 - \delta_{\text{нер}}$.

В условиях агломерационного процесса происходит как прямое и косвенное карботермическое восстановление оксидов железа по схеме $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$, так и термическое восстановление (диссоциация) по схеме $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$. С другой стороны, при охлаждении спека происходит термическое окисление магнетита ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$), интенсивность процесса определяется удельной поверхностью материала и скоростью просасывания через слой воздуха.

Окисление FeO в первичных силикатах, тройных ферритах кальция и кальциовюстите вызывает их разложение и высвобождение CaO и SiO, что, безусловно, способствует обогащению силикатной составляющей кремнеземом и известью и ее затвердеванию в виде безжелезистых силикатов и стеклофазы.

Уровень развития и скорость процесса восстановления железа в значительной степени зависят от температурного уровня процесса спекания и состава газовой фазы. Получено уравнение, включающее независимые параметры $C_{\text{щ}}$, CaO/SiO₂ и $h_{\text{сн}}$:

$$+ \Delta \text{FeO} = 4,48 C_{\text{щ}} - 1,28 \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} + 0,053 h_{\text{сн}} - 21,03, \% \quad (R=0,951), \quad (2)$$

где 21,03 – свободный член, вероятно, соответствует средней массовой доле FeO_щ.

Таким образом, практически исчерпывающую информацию о технологии производства агломерата можно получить, имея численные значения базовых показателей макроструктурной подготовки шихты, а также макро- и микроструктурных базовых характеристик агломерата.

О ВОССТАНОВЛЕНИИ КРЕМНИЯ В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

Кобелев В.А., Чернавин А.Ю., Смирнов Л.А., Нечкин Г.А.

*ОАО «Уральский институт металлов»,
620062, Екатеринбург, Гагарина, 14, e-mail: kobelev_va@inbox.ru*

Механизм взаимодействия кремнезема с углеродом кокса окончательно не ясен. Практический интерес вызывает реакция восстановления кремния, протекающая в зоне плавления доменной печи, поскольку с понижением содержания кремния в чугуне на 0,1 % связывают снижение удельного расхода кокса на 0,4% при одновременном повышении производительности на 0,5%.

В результате исследования были получены новые данные, уточняющие механизм восстановления кремния в доменной печи:

- Кокс в зоне плавления поглощает шлаковый расплав в количестве, зависящим от наследственных шихтовых свойств углей и железорудных компонентов.

- Поглощаемый расплав представлен силикатами оксидов алюминия, магнезия, кальция и железа с модулем кислотности от 1,5 до 2,5 единиц. Поглощенный коксом силикатный расплав в условиях избытка углерода при температуре 1500 °С в течении 30-45 минут частично трансформируется в карбидную форму.

- Скорость превращений диоксида кремния в карбид кремния зависит от доли активных форм углерода в коксе.

- Кокс с включениями карбида кремния существенно ухудшает свои металлургические свойства.

- Непроизводительные затраты углерода кокса на процесс карбидообразования могут достигнут 5,5-7% от общего расхода в плавку.

- Сформировавшийся карбид кремния в фурменных очагах окисляется реакцией $Fe_{(ж)} + SiC_{(ТВ)} = [Si]_{Fe} + C_{(гп)}$ не полностью, а реакция $SiO_2 + 2SiC = 3Si + 2CO$ не имеет должного развития из-за высокого парциального давления CO в доменной печи. Карбиды кремния присутствует в продуктах плавки на выпуске из горна. Микрорентгеноструктурным анализом (МРА) образцов кокса из зоны плавления было выявлено наличие карбидов кремния, сформированных из поглощенного расплава.

Для получения минимально содержания кремния в чугуне и поддержания эффективной работы коксовой насадки доменной печи необходимо, чтобы в зоне плавления формировался расплав, минимально поглощающийся коксом. Это условие выполнимо для шлаков с модулем основности (CaO/SiO_2) больше 1,2 ед. При «кислых» шлаках на «высокоактивных» коксах развиваются процессы восстановления кремния с образованием карбидных систем.

ПЕРЕРАБОТКА ТОНКИХ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЫЛЕЙ

Ковязин А.А.^а, Краюхин С.А.^а, Набойченко С.С.^б

^аИсследовательский центр АО "Уралэлектромедь", 624091, Верхняя Пышма,
Успенский проспект 1, e-mail: a.kovyazin@elem.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В настоящее время на операции плавления концентратов, образуется промпродукт – пыли тонкой очистки, улавливаемые электрофильтрами. Данный промпродукт в настоящее время возвращают на плавку, тем самым увеличивая содержания в оборотных продуктах мышьяка и свинца, что в свою очередь повышает их содержание в черновой меди и последующих операциях рафинирования. Для удаления вредных примесей из оборотных продуктов существует схема переработки данных пылей в руднотермической печи, с получением медного штейна, вторичных пылей и отвально-го шлака. Состав изучаемых промпродуктов:

1. Пыли тонкой очистки, %: 8–10 Cu, 8–12 Fe, 15–18 Zn, 6–9 As, 15–19 Pb.
2. Вторичные пыли, %: 2–4 Cu, 1–5 Fe, 16–20 Zn, 17–20 As, 20–25 Pb.

Изучили процесс выщелачивания пылей тонкой очистки и вторичных пылей в серноокислотных растворах. Определили, что для обоих видов пылей, наиболее значимыми параметрами оказались концентрация серной кислоты и температура процесса, в то время как соотношение твердое/жидкое практически не оказывает влияния на процесс. Низкие показатели извлечения при серноокислом выщелачивании не позволяют направлять получаемый кек на получение свинца. Кеки серноокислого выщелачивания, подвергают азотнокислому выщелачиванию с целью доизвлечения компонентов и концентрирования свинца перед плавкой. Состав получаемых кеков, %: менее 1 Cu, Zn, As; 5 – 10 Fe; 25 – 35 Pb. Растворы направляются на извлечение мышьяка в виде медно-мышьяковистого кека.

В результате переработки медеплавильных пылей удастся разделить основные компоненты в следующие продукты: свинцовый кек, медно-мышьяковистый кек, медно-цинковый раствор.

Литература

1. Селиванов Е.Н., Скопов Г.В., Гуляева Р.И., Матвеев А.В. Вещественный состав пыли электрофильтров печи Ванюкова // *Металлург*, 2014. №5. С. 92-95.
2. Скопов Г.В., Беляев В.В., Матвеев А.В. Вывод из оборота и отдельная переработка пыли электрофильтров плавки Ванюкова ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» // *Цветные металлы*, 2013. №8. С. 55-58.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРА НА ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ СКАНДИЯ И ЛАНТАНА

Колесников В.А., Гайдуков Е.Н., Савельев Д.С., Колесников А.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская площадь, 9, e-mail: engaydukov@gmail.com*

Редкоземельные элементы (РЗЭ) широко используют в разных областях промышленности: производстве катализаторов, постоянных магнитов и люминофоров, электронной промышленности и т.д. Для извлечения РЗЭ из водных растворов в качестве перспективного может применяться электрофлотационный метод.

Авторами определены степени извлечения (α) труднорастворимых соединений скандия и лантана при влиянии различных фоновых анионов (табл. 1 и 2). Результаты получены при оптимальных условиях проведения процесса: $c(\text{Sc}^{3+}$ или $\text{La}^{3+}) = 30\text{-}100$ мг/л, $c(\text{фона}) = 1$ г/л, объемная плотность тока $J_v = 0,4$ А/л, $\text{pH}=7$ (для скандия), $\text{pH}=10$ (для лантана).

Время процесса, мин	Фоновый электролит			
	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃
5	94	97	91	47
10	98	98	93	49
20	98	99	92	56

Таблица 1. Степени извлечения (α , %) труднорастворимых соединений скандия в зависимости от состава раствора.

Время процесса, мин	Фоновый электролит			
	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃
5	51	55	79	11
10	80	58	68	11
20	56	22	33	13

Таблица 2. Степени извлечения (α , %) труднорастворимых соединений лантана в зависимости от состава раствора.

Степень извлечения скандия высока и достигает 98, 99 и 93% для хлоридного, нитратного и сульфатного фонов соответственно. В карбонатном фоне степень извлечения падает до 56%. В случае лантана процесс протекает достаточно эффективно: степень извлечения достигает 80, 58 и 79% для тех же фонов. В присутствии карбонатов процесс затруднен, степень извлечения не более 13%.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда, проект 14-29-00194; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ МАГНИЕТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА

Колосов В.Н., Мирошниченко М.Н., Прохорова Т.Ю.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. тананаева Кольского научного центра РАН,
184209, Анатумы, Академгородок, 26а, e-mail: tantal@chemy.kolasc.net.ru*

Производство порошков хрома обычно включает два основных этапа¹. На первом этапе проводят восстановление оксида Cr_2O_3 алюминием или кальцием. Поскольку реакции происходят при высокой температуре, то в результате образуется слиток металла. Для получения порошка требуется его механический размол. Получить хром в виде порошка позволяет восстановление Cr_2O_3 парами магния². Однако при этом имеет место ограничение по величине удельной поверхности получаемых порошков. Порошки металлов с более высокой удельной поверхностью могут быть получены, если восстанавливать парами магния оксидные соединения, имеющие в своем составе тугоплавкие оксиды^{3,4}. С целью выбора соединений, пригодных для получения высокодисперсных порошков хрома, был выполнен термодинамический анализ реакций магниетермического восстановления его соединений, содержащих тугоплавкие оксиды.

Расчет проводили с учетом агрегатного состояния реагентов и продуктов. В результате проведенного анализа в качестве перспективных выбраны соединения, представленные в таблице.

Реакция восстановления	ΔH^0 , кДж·моль ⁻¹	ΔS^0 , Дж·(моль·К) ⁻¹	$\Delta G_{973'}$, кДж·моль ⁻¹	$\Delta G_{1073'}$, кДж·моль ⁻¹
$\text{MgCr}_2\text{O}_4 + 3\text{Mg} = 2\text{Cr} + 4\text{MgO}$	-645	-96	-552	-542
$\text{CaCr}_2\text{O}_4 + 3\text{Mg} = 2\text{Cr} + 3\text{MgO} + \text{CaO}$	-625	-97	-531	-521
$\text{CaCrO}_4 + 3\text{Mg} = \text{Cr} + 3\text{MgO} + \text{CaO}$	-1087	-112	-978	-967

Таблица 1. Термодинамические данные по реакциям восстановления магнием соединений хрома, содержащих тугоплавкие оксиды

Согласно данным таблицы, можно сделать вывод о термодинамической вероятности восстановления магнием приведенных соединений при температурах 973 и 1073 К.

Литература

1. Лякишев Н.П., Гасик М.И. *Металлургия хрома*. М.: Элиз 1999. 581 с.
2. Gohin G.M., Hivert A.R. *Patent 3658507 USA*. 25.04.1972.
3. Орлов В.М., Крыжанов М.В. *Патент 2465097 РФ*. 27.10.2012.
4. Орлов В.М., Крыжанов М.В. *Патент 2484927 РФ*. 20.06.2013.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект 16-03-00620.

ЭКСТРАКЦИОННАЯ КОНВЕРСИЯ ХЛОРИДОВ РЗЭ В НИТРАТЫ КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

Костикова Г.В., Жилов В.И., Цивадзе А.Ю., Сальникова Е.В.

*Институт физической химии и электрохимии имени А.Н.Фrumкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: zhilov@bk.ru*

Проведен анализ технологических схем промышленного выделения и разделения редкоземельных элементов из различных видов сырья. На основании полученных результатов предложена экстракционная система, перспективная для усовершенствования процесса экстракционной конверсии суммы хлоридов РЗЭ в нитраты. Эта операция в настоящее время осуществляется путем осаждения карбонатов РЗЭ с последующей отмывкой их от хлорид-аниона и растворением в азотной кислоте.

Для осуществления процесса конверсии хлоридов РЗЭ в нитраты наиболее успешно могут быть использованы высшие изомерные карбоновые кислоты (ВИК). Исследована растворимость карбоксилатов РЗЭ в органической фазе равновесной с осадком карбоксилата. При отделении иттрия от тяжелых элементов, конверсии и их концентрировании емкость органической фазы принимается, исходя из растворимости наименее растворимого карбоксилата лютеция (0,3 М или 50 – 60 г/л).

В лабораторных условиях проведено моделирование экстракционной конверсии хлоридов суммы РЗЭ (раствор от выщелачивания плава хлоридов РЗЭ с исходной концентрацией 10 г/л (0,061 М)) в нитраты РЗЭ с использованием в качестве экстрагента 50% ВИК в углеводородном сырье (УВС C₁₁-C₁₄ ТУ 38.101845-80). Процесс включал в себя операции нейтрализации карбоновой кислоты аммиаком, экстракцию лантанидов, промывку органической фазы нитратом аммония от следов хлорид-аниона и реэкстракцию РЗЭ азотной кислотой с одновременным концентрированием за счет предварительно рассчитанного соотношения объема фаз.

Проведение двух простейших операций – экстракции и реэкстракции - позволило провести конверсию хлоридов Σ РЗЭ в нитраты с одновременным их концентрированием более чем в 40 раз без операции упаривания, что в дальнейшем может быть использовано на практике, например, в технологических схемах экстракционного разделения РЗЭ.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН, I.20 П.

ЭКСТРАКЦИЯ ТОРИЯ БЕНЗО-15-КРАУН-5 ИЗ СМЕШАННЫХ НИТРАТНО-ТРИХЛОРАЦЕТАТНЫХ РАСТВОРОВ

Костикова Г.В., Краснова О.Г., Цивадзе А.Ю., Жилов В.И.

*Институт физической химии и электрохимии имени А.Н.Фrumкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: galyna_k@mail.ru*

Достаточно часто в редкоземельных концентратах, полученных при переработке монацита, содержится значительное количество тория, глубокая очистка от которого является сложной задачей, которая должна быть решена перед проведением процессов получения индивидуальных РЗЭ. В качестве экстрагента для проведения процесса селективного выделения тория из растворов нитратов редкоземельных элементов был рассмотрен бензо-15-краун-5, обладающий низкой экстракционной способностью по отношению к РЗЭ.

Проведение процесса экстракционного извлечения тория этим краун-эфиром из чистых азотнокислых растворов технологически невозможно из-за осадкообразования в органической фазе, несмотря на достаточно высокие величины коэффициентов распределения (D) Th. Для предотвращения образования гидролизованых форм тория, концентрация кислоты (азотной или трихлоруксусной) в исходном водном растворе должна быть не менее 0,5 М. Добавление в экстракционную систему трихлорацетата лития позволяет избежать образования осадков и приводит к существенному увеличению D Th. Методом сдвига равновесия определено, что в состав экстрагируемого комплекса входит 3 трихлорацетат-аниона. В качестве четвертого аниона может выступать OH⁻-группа или нитрат-анион, в зависимости от состава исходного водного раствора.

Так как проводить экстракционное извлечение тория предполагается из концентрированных растворов нитратов РЗЭ (150-300 г/л по металлу), было изучено влияние эквимольного (по отношению к РЗЭ) количества NO₃⁻ и найдено, что D Th при экстракции 1М Б15-К-5 в хлороформе из водной фазы, содержащей [CCl₃COOLi]-1,5 М и [NO₃⁻]-4М, более 20. Это создает возможность проведения процесса извлечения методом полупротивотока или простого противотока при большом соотношении объемов фаз (В:О>10:1).

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН, I.20 П.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОР В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАКЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ СКАНДИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Костикова Г.В., Мальцева И.Е., Цивадзе А.Ю., Сальникова Е.В.

*Институт физической химии и электрохимии имени А.Н.Фrumкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: galyna_k@mail.ru*

Одним из крупнотоннажных отходов производства пигментного диоксида титана является гидролизная серная кислота, содержащая такие ценные компоненты, как Ti, Zr, V, Sc. В качестве экстрагента для селективного извлечения скандия из сернокислых растворов в настоящей работе рассмотрен фосфиноксид разнорадикальный (ФОР) – изоамилдиалкилфосфиноксид.

Для оценки его экстракционной способности получены зависимости коэффициентов распределения Sc, Ti, Zr, V, Fe (для концентраций каждого металла ~5 г/л) от концентрации ФОР в додекане с добавкой 10% изоамилового спирта для предотвращения образования второй органической фазы. При экстракции из 3М H₂SO₄, что близко по концентрации к гидролизной серной кислоте, величины коэффициентов распределения всех элементов увеличиваются с увеличением концентрации ФОР в органической фазе; Sc, Zr и Ti практически полностью переходят в органическую фазу при концентрации ФОР более 25%. Степень извлечения для Fe (III) и V – менее 10%.

Методом разбавления определен состав экстрагируемых комплексов для Sc, Ti, V, Zr; получены изотермы экстракции для всех рассматриваемых элементов. Для 25% ФОР при экстракции из 3М H₂SO₄ определены величины коэффициентов разделения: $\beta(\text{Sc/Ti})=2,3$; $\beta(\text{Sc/V})>30$; $\beta(\text{Sc/Fe})>200$.

Исследована возможность селективной реэкстракции скандия и титана из 25% ФОР в додекане с добавкой 10% изоамилового спирта растворами соляной и азотной кислот. В случае использования 1-2М HNO₃ $\beta_{\text{Sc/Ti}}>20$.

Предложена принципиальная технологическая схема экстракционного концентрирования скандия из гидролизной серной кислоты с использованием ФОР качестве экстрагента. Проведено лабораторное моделирование стадий экстракционного концентрирования скандия методом простого противотока при различном соотношении объемов фаз, селективной реэкстракции титана и реэкстракции скандия.

Работа выполнена в рамках программы IV.5.6 ОХНМ РАН.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ НА ИХ КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ, В ТОМ ЧИСЛЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕЙ 18Cr-10Ni И 05X22AG8M2Ф

Костина М.В.,^а Егоркин В.С.,^б Синебрюхов С.Л.,^б Гнеденков С.В.,^б Мурадян С.О.^а

^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: mvk@imet.ac.ru,

^бИнститут химии ДВО РАН,
690022, Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159

С использованием собственных и литературных данных проанализированы вопросы влияния основных легирующих элементов, в том числе – азота, на коррозионную стойкость аустенитных сталей.

Проведено сравнение коррозионной стойкости сталей: 12X18H10T и новой – 05X22AG15N8M2Ф (**с 0,5 мас. % N**, разработанной в ИМЕТ РАН). Для лабораторных испытаний использованы постоянно- и переменноточковые методы измерений^{1,2}. При натурных испытаниях образцы экспонировали на коррозионной станции в заливе Петра Великого (б. Рында) на о. Русском в приморской атмосфере (береговой стенд в 15 м от морской линии) и в морской воде (глубина 2,5 м, солёность 3,5% – среднеокеаническая).

Сталь 05X22AG8M2Ф (с расчетными показателями питтингостойкости PREN = 35, MARC = 29) в сравнении со сталью 12X18H10T (PREN, MARC = 18) демонстрирует большую коррозионную стойкость в условиях как лабораторных, так и натурных испытаний. Плотность тока коррозии после 12 месяцев экспозиции в морской воде для новой стали на 25% ниже, чем для традиционной. Результаты гравиметрических измерений свидетельствуют о меньшей (в 1,6 раза) скорости коррозии в морской воде образцов из 05X22AG8M2Ф (0,235 г/м²год), по сравнению с 12X18H10T (0,378 г/м²год).

Таблица 1. Основные коррозионные характеристики образцов в 3,5% NaCl

Сталь	K , г/м ² ·год	E_k , мВ (х.с.э.)	$C_{s,G}$	j_k , А/см ²	R_p , Ом·см ²	$ Z _{f \rightarrow 0}$, Ом·см ²
до проведения натурных испытаний						
12X18H10T	---	-40	39,7	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^6$	$3,3 \cdot 10^5$
05X22AG8M2Ф	---	-30	25,1	$6,5 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^6$	$7,3 \cdot 10^5$
после 12 месяцев атмосферной экспозиции						
12X18H10T	0,10	6	28,1	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^5$
05X22AG8M2Ф	0,06	-15	26,5	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^7$	$7,7 \cdot 10^5$
после 12 месяцев экспозиции в морской воде						
12X18H10T	0,378	-36	35,7	$5,0 \cdot 10^{-9}$	$7,1 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^5$
05X22AG8M2Ф	0,235	-9	29,3	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^5$

Литература

- Gnednikov S.V., Sinebryukhov S.L. et al. Corros. Sci. 2014, 85, 52.
- Gnednikov S.V., Sinebryukhov S.L. et al. Surf. Coat. Technol. 2015, 283, 347.

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО МЕТОДА
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ КУБИНСКОЙ ГОСКОМПАНИИ
COMMERCIAL CARIBBEAN NICKEL**

**Красавина Е.П., Кулюхин С.А., Мизина Л.В., Коновалова Н.А., Лавриков В.А.,
Кулемин В.В., Горбачева М.П., Неволин Ю.М., Селиверстов А.Ф.**

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulyukhin@ipc.rssi.ru*

Предложен экологически чистый метод для извлечения цветных металлов (Ni, Co) из отвальных хвостов никелевого производства, основанный на газофазной обработке отвального продукта парами NO_x с последующей обработкой конечного продукта водой.

Обработка хвостов парами NO_x и паров H₂O в течение 1 и 6 дн при 18°C не приводит к их заметному растворению в воде. Концентрация Ni²⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ в маточных растворах для 1- и 6-дневной газофазной обработки равна соответственно ~ 40 и ~ 70 мг/л для Ni²⁺, ~ 10 и ~ 20 мг/л для Co²⁺, ~ 430 и ~ 1770 мг/л для Fe³⁺.

Установлено, что исходные хвосты частично растворяются в растворе 0.2 М ЭДТА, смеси 0.75 М ЭДТА и NH₄OH, а также в 1 N и насыщенном растворе (100 г/л) H₂C₂O₄. В случае 0.2 М ЭДТА через 6 дн образуются бледно-зеленые растворы, концентрация Ni²⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ в которых равна ~ 60 мг/л для Ni²⁺, ~ 8 мг/л для Co²⁺, ~ 410 мг/л для Fe³⁺. Для смеси 0.75 М ЭДТА и NH₄OH через 6 дн образуются бледно-зеленые растворы, концентрация Ni²⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ в которых равна ~ 15 мг/л для Ni²⁺, ~ 5 мг/л для Co²⁺, ~ 140 мг/л для Fe³⁺. В случае H₂C₂O₄ образуются зеленые или зеленовато-бурые растворы, концентрация Ni²⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ в которых для 1 N и насыщенного раствора H₂C₂O₄ равна соответственно ~ 2 и <0,05 мг/л для Ni²⁺, ~ 2.6 и <0,05 мг/л для Co²⁺, ~ 4700 и ~ 5500 мг/л для Fe³⁺.

В то же время исходные хвосты практически не растворяются в NH₄OH, 5 М NaOH, ацетатном буфере, 1 М ТЭДА, смеси 1 М ТЭДА и 1 н H₂C₂O₄, а также смеси NaOH и H₂C₂O₄. Через 24 ч контакта окраска растворов - желто-зеленая, а концентрация Ni²⁺, Co²⁺ и Fe³⁺ в маточных растворах равна <0,01 мг/л для Ni²⁺, <0,01 мг/л для Co²⁺, ~ 6 мг/л для Fe³⁺.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТВАЛОВ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНЫХ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК НА ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИХ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

**Красавина Е.П., Кулюхин С.А., Мизина Л.В., Коновалова Н.А., Лавриков В.А.,
Кулемин В.В., Горбачева М.П., Неволин Ю.М., Селиверстов А.Ф.**

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071,
Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulyukhin@ipc.rssi.ru*

Разработан новый подход к извлечению цветных металлов (Ni, Cu, Co) из хвостов никелевого производства, основанный на газофазной обработке отвального продукта парами NO_x или HNO_3 с последующей обработкой конечными продуктами водными растворами различного состава.

Установлено, что Pt и Pd не выделяются в раствор 0.2 М ЭДТА, смеси 0.75 М ЭДТА и NH_4OH , а также конц. NH_4OH после выдержки образцов хвостов в смеси NO_x и паров воды в течение 6 дн при 18°C. В раствор выделяются Ni, Co, Cu и Fe.

При 6-дневной обработке образцов хвостов, выдержанных в смеси NO_x и паров воды при 18°C, и обработке в течение 6 дн 0.2 М раствором ЭДТА образуется желтовато-зеленый раствор, концентрация Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Fe^{3+} в котором равна соответственно ~115 мг/л для Ni^{2+} , ~60 мг/л для Cu^{2+} , ~5 мг/л для Co^{2+} и ~3500 мг/л для Fe^{3+} . В случае смеси 0.75 М ЭДТА и NH_4OH образуется темнокрасный раствор, концентрация Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Fe^{3+} в котором равна соответственно ~115 мг/л для Ni^{2+} , ~60 мг/л для Cu^{2+} , ~5 мг/л для Co^{2+} и ~3400 мг/л для Fe^{3+} . При добавлении воды красная окраска переходит в желто-зеленую.

При обработке хвостов, выдержанных в смеси NO_x и паров воды в течение 6 дн при 18°C, раствором NH_4OH образуется светлокоричневый раствор, концентрация Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Fe^{3+} в котором равна соответственно ~37 мг/л для Ni^{2+} , ~30 мг/л для Cu^{2+} , ~1 мг/л для Co^{2+} и ~1850 мг/л для Fe^{3+} . Через 15-20 мин наблюдается образование объемистого осадка гидроксида Fe, на котором в значительной мере захватывается Cu^{2+} . Осадок растворяется в 1 М растворе $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Высушивание обработанных образцов при температуре 110°C и повторной выдержке в смеси NO_x и паров воды в течение 6 дн при 18°C позволяет извлечь в воду дополнительные количества Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Fe^{3+} .

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПЛАВОВ Al-Ti АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Красиков С.А.,^а Долматов А.В.,^а Пономаренко А.А.,^а Осинкина Т.В.,^а Яковлев Г.А.^б

^аИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: sankr@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

На примере сплава Al-58 % Ti изучена микроструктура образцов, полученных в условиях алюминотермического восстановления титана из его диоксида. Металлографический анализ микроструктуры образцов выполнялся с использованием стереомикроскопа Meiji EMZ-13TR с диапазоном увеличения от 10 до 70, инвертированного микроскопа Olympus GX-51 с диапазоном увеличения от 50 до 1500 и программным обеспечением анализа изображений SIAMS Photolab, а также растрового электронного микроскопа Carl Zeiss SIGMA VP с PCMA приставкой. Результаты металлографических исследований шлифов показали, что они, преимущественно, представляет собой матрицу состава TiAl (Ф1) и равномерно распределенных в ней интерметаллических соединений Ti₂Al (Ф2). Наблюдалась также и обратная ситуация - матрица из Ti₂Al, а включения - TiAl. Фаза Ф2 представлена на шлифе в виде частиц блочной формы (равноосные включения) размером 1-7 мкм или в виде игл длиной 2-25 мкм и шириной 1-7 мкм. Полученные данные согласовались с результатами микрорентгеноспектрального анализа, выполненного с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Выполненные эксперименты проводились на оборудовании ЦКП «УРАЛ-М» ИМЕТ УрО РАН. Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, тема 0396-2015-0085.

НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТИТАНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Кудрявцев А.С., Береславский А.Л., Привалова Т.М.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: mail@crism.ru*

Средний выход годного металла при производстве слитков, полуфабрикатов и изделий из титановых сплавов составляет 35-40%. При выплавке слитков существующим традиционным методом вакуумно-дуговой плавки (ВДП) вовлекают не более 40% отходов наиболее высокого качества. Таким образом, основным недостатком ВДП является то, что на всех стадиях передела до 25% изготовленного металла ежегодно выводится из оборота.

Использование электронно-лучевого переплава (ЭЛП) допускает вовлекать в плавку до 100% отходов, на 20-25% снижает себестоимость продукции и значительно повышает степень общей утилизации отходов. В передел вовлекаются отходы, качество которых главным образом определяется состоянием поверхности (степенью окисления), формой и размерами. Экспериментально определено количественное влияние газонасыщения поверхности отходов на прирост кислорода при переплаве. Показано, что ЭЛП позволяет получать металл слитков из 100% отходов близкий по качеству исходному.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ МЫШЬЯКА В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ХРАНЕНИИ СУЛЬФИДОВ МЫШЬЯКА, АРСЕНАТА ЖЕЛЕЗА, АРСЕНАТ-АРСЕНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАЛЬЦИЯ НА ОТКРЫТОЙ ПЛОЩАДКЕ

Кузгибекова Х.М., Исабаев С.М., Жинова Е.В., Зиканова Т.А.

*Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева,
100009, Республика Казахстан, Караганда, Ермекова, 63,
e-mail: lab-isabaev@rambler.ru*

Минимизация и прекращение вывода мышьяка в отвалы в виде водорастворимых и пылеобразующих высокотоксичных отходов (арсенатов и арсенитов кальция, магния, марганца, сурьмянистых шлаков и др.) - это основная цель проблемы мышьяка в производстве цветных и благородных металлов.

Для обеспечения экологической безопасности производства важное значение имеет вопрос вывода мышьяка из технологических циклов в виде стабильных компактных твердых продуктов. В настоящее время в золотодобывающей отрасли нашли применение гидрометаллургические технологии, включающие автоклавное и бактериальное вскрытие упорного золото-мышьяксодержащего сырья с выводом мышьяка в виде скородита (FeAsO_4), а мышьяксодержащие отходы производства меди, свинца, цинка и других цветных металлов представляют собой арсенатно-арсенитно-кальциевые, магниевые и марганцевые соли. Несмотря на то, что на предприятиях предпринимаются меры по надежной их изоляции путем захоронения данной категории отходов в спецмогильниках, окончательное решение вопроса по их обезвреживанию и снижению негативного их влияния на окружающую среду и жизнедеятельность человека найти не удастся.

Устойчивость соединений мышьяка при складировании в отвалах, хвостохранилищах зависит от множества факторов: особенности места захоронения, физического и структурного состояния отходов, контакта с атмосферой, сульфидными материалами, комплексообразователями, поэтому в докладе будет представлено термодинамическое обоснование процесса миграции мышьяка в окружающую среду при хранении сульфидов мышьяка, арсената железа, арсенат-арсенитных соединений кальция на открытой площадке с использованием Eh-pH диаграммы, которая успешно применялась для анализа геохимических процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, проект 2124/ГФ4.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА КОМПОЗИТА С ДИФфуЗИОННЫМ БАРЬЕРОМ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ–ПРОСЛОЙКА–СТАЛЬ

Кузьмин В.И., Лысак В.И., Иваненко Е.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail:kuzminvi@vstu.ru*

Радикальным приемом, препятствующим потере прочности при нагревах биметаллических соединений, является создание диффузионного барьера в виде промежуточной прослойки между слоями композита, предотвращающей или замедляющей образование интерметаллидов¹.

Создание между алюминием и сталью диффузионного барьера из тонкой прослойки хрома² или азотированного стального подслоя³ позволяет повысить термостойкость сталеалюминиевого композита за счет торможения протекания диффузионных процессов на границе сварного соединения и смещения температурного интервала начала образования интерметаллидов в область более высоких температур (рис.1).

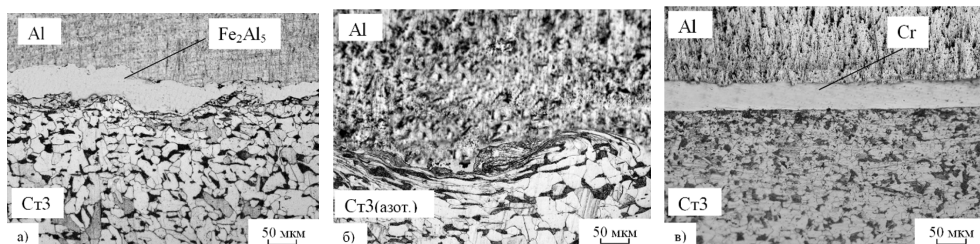


Рисунок 1. Микроструктура зоны соединения композита системы алюминий–прослойка–сталь с диффузионным барьером (б, в) и без него (а) после нагрева при $T=570\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдержке $\tau=10\text{ ч}$

Литература

1. Кузьмин В.И., Лысак В.И., Строков О.В., Литвинов В.В. Исследование термостойкости композиционного сталеалюминиевого материала и пути её повышения // Перспективные материалы. – 2007. – № 5. – С. 78–81.
2. Kuz'min V.I., Lysak V.I., Strokov O.V., Litvinov V.V. Explosive welding of steel-aluminum composites with an antidiffusion chromium layer // Shock-Assisted Materials Synthesis and Processing: Science, Innovations, and Industrial Implementation (EPNM-2008). – Lisse. – 2008. – P. 91.
3. Kuz'min V.I., Lysak V.I., Kuz'min S.V., Kharlamov V.O. Effect of Heat Treatment on the Structure and Properties of Steel-Aluminum Composite with Diffusion Barrier // The Physics of Metals and Metallography. – 2015. – Vol. 116. – No. 11. – P. 1096–1102.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-08-09438 А.

НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗВЛЕЧЕНИЮ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТВАЛЬНОГО ПРОДУКТА ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ УЧАСТКА МОКРОЙ ГАЗООЧИСТКИ И ЦЕХА ЭЛЕКТРОЛИЗА МЕДИ МЕДНОГО ЗАВОДА

**Кулюхин С.А., Красавина Е.П., Мизина Л.В., Коновалова Н.А., Лавриков В.А.,
Кулемин В.В., Горбачева М.П., Неволин Ю.М., Селиверстов А.Ф.**

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulyukhin@ipc.rssi.ru*

Разработан новый подход к извлечению цветных металлов (Ni, Cu) из имитатора отвального продукта очистки промышленных стоков участка мокрой газоочистки и цеха электролиза меди Медного завода, основанный на газофазной обработке отвального продукта парами NO_x или HNO_3 с последующим растворением солей цветных металлов в воде.

Эксперименты проводили с применением имитатора отвального продукта, который получали нейтрализацией известковым молоком раствора, содержащего серную кислоту, катионы никеля и кальция. В результате были получены образцы, содержащие ~ 62 мг Ni на 1 г имитатора. Для газофазной обработки имитатора отвального продукта использовали либо смесь NO_x и паров воды, либо пары 12 М HNO_3 . После газофазной обработки конечный продукт помещали в воду на 2 ч. Отделяли водную фазу от осадка, определяли в растворе содержание Ni^{2+} и Ca^{2+} , а затем рассчитывали степень извлечения Ni из имитатора отвального продукта.

Установлено, что выдержка имитатора отвального продукта в парах 12 М HNO_3 при 20°C в течение 3 и 6 дн позволяет извлечь в воду ~ 4 и ~ 42% Ni соответственно. В то же время, уже при 1 дн выдержке имитатора в смеси NO_x и паров H_2O при 20°C в воду переходит ~ 35% Ni. При выдержке имитатора отвального продукта в смеси NO_x и паров H_2O при 20°C в течение 3 и 6 дн в воду извлекается ~ 95 и ~ 100% Ni соответственно.

Следует отметить, что при газофазной обработке имитатора отвального продукта парами NO_x или HNO_3 с последующим растворением конечного продукта в воде в раствор также переходит кальций. Для получения раствора Ni необходимо отделить Ca любым из известных методов, например осаждением в виде CaSO_4 .

В настоящее время отрабатываются температурные и временные режимы газофазной обработки, а также рассматриваются перспективы применения процессов барботирования для обработки пульпы отвального продукта газообразными NO_x или SO_x .

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОПЕРАЦИИ УПАРИВАНИЯ ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ ЭКСТРАКЦИОННОГО ПЕРЕДЕЛА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЦИРКОНИЯ, ГАФНИЯ И АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Кунцова А.И., Зиганшин А.Г., Копарулина Е.С.

*АО «Чепецкий механический завод»,
427622, Глазов, Белова, 7, e-mail: chmz@rosatom.ru*

В настоящее время в АО «Чепецкий механический завод» наряду с основной схемой разделения циркония и гафния методом дробной перекристаллизации комплексных фторидов действует схема экстракционного разделения циркония и гафния. В соответствии со штатным процессом избыток образующихся на экстракционном переделе оборотных растворов передаётся на операции упаривания и ректификации азотной кислоты. На упаривание поступают содержащие цирконий, гафний и азотную кислоту рафинат суммарной экстракции, рафинат гафния, отработанный подкисляющий раствор, конденсат сокового пара (КСП) с операции выпаривания реэкстракта циркония. Процесс упаривания проводится при периодической подаче новых порций оборотных растворов. В результате упаривания образуются соковый (вторичный) пар и суспензия кубового остатка. Соковый пар поступает на операцию ректификации азотной кислоты. Кубовый остаток передаётся на операцию обезвреживания сбросов в количестве 20 м³ в месяц.

В процессе упаривания в кубовых остатках концентрируются цирконий, гафний, азотная кислота и примеси. При этом на операцию обезвреживания сбросов вместе с отходами передаётся значительное количество ценных компонентов. В связи с этим требовалось разработать способы утилизации кубовых остатков с извлечением циркония, гафния и азотной кислоты.

В лабораторных условиях исследовались свойства и состав суспензий, фильтратов и осадков суспензий кубовых остатков, готовились исходные растворы для экстракции циркония, гафния и азотной кислоты с использованием суспензий и фильтратов суспензий кубовых остатков и проводились тестовые экстракционные опыты.

В результате работ разработаны способы утилизации кубовых остатков с извлечением циркония, гафния и азотной кислоты с использованием существующей схемы экстракционного разделения циркония и гафния. Предложена схема процесса. Внедрение предложенных способов в существующий процесс позволит сократить безвозвратные потери вместе с кубовыми остатками суммы циркония и гафния на 70-100 %, азотной кислоты на 30-100 %.

ПЕРЕРАБОТКА ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПРОИЗВОДСТВА АО ТГОК «ИЛЬМЕНИТ» В АО ЧМЗ

Кучин В.В., Штуца М.Г., Зиганшин А.Г., Копарулина Е.С.

*АО «Чепецкий механический завод», 427622, Глазов, Белова, 7,
e-mail: chmz@rosatom.ru*

Объектом исследования являлся процесс переработки цирконового концентрата производства АО ТГОК «Ильменит».

Цель работы - оценка возможности использования концентрата производства АО ТГОК «Ильменит» в АО ЧМЗ для получения циркония и гафния ядерной чистоты.

На сегодняшний день в АО ЧМЗ функционирует кремнефторидная схема переработки цирконийсодержащего сырья. В основу схемы заложен процесс очистки ФЦК от гафния методом противоточной перекристаллизации. Основным сырьем схемы является Вольногорский цирконовый концентрат марки КЦП-63 (Украина). Переработка цирконовых концентратов с повышенной крупностью и отличным от Вольногорского цирконового концентрата химическим составом приводит к снижению степени вскрытия, увеличению количества стадий перекристаллизации и, как следствие, к существенному увеличению затрат на производство ФЦК.

В лабораторных условиях проведены исследования процесса получения кристаллов ФЦК из продуктов вскрытия цирконового концентрата. В качестве исходного сырья использовали цирконовый концентрат марки КЦП производства АО «ТГОК «Ильменит»» с повышенным содержанием титана (2-6 %, масс.) и более крупным размером зерна (остаток на сетке +0,063 мм - 25,87 %, масс.).

Полученные из продуктов вскрытия цирконового концентрата кристаллы ФЦК использованы в процессе приготовления азотнокислого раствора для экстракции циркония (гафния).

Экстракционное тестирование азотнокислого раствора, полученного в лабораторных условиях из цирконового концентрата АО ТГОК «Ильменит», показало принципиальную возможность использования цирконовых концентратов с повышенным уровнем примесей для получения кристаллов фторцирконата (фторгафната) калия.

В работе приведены исследования радионуклидного состава исходного цирконового концентрата производства АО ТГОК «Ильменит» и продуктов полученных в процессе его переработки.

АЛЮМИНОБАРОТЕРМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ СТАЛИ

Ладьянов В.И., Дорофеев Г.А., Кузьминых Е.В., Лубнин А.Н.

*Физико-технический институт УрО РАН,
426000, Ижевск, Кирова, 132, e-mail: las@ftiudm.ru*

Легирование азотом является перспективным направлением в производстве коррозионностойких сталей. В докладе будут представлены результаты исследования синтеза безникелевых аустенитных нержавеющей Cr-N и Cr-Mn-N сталей из порошков оксидов металлов алюминотермическим методом под давлением азота (алюминобаротермия). Стали получали в реакторе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза под давлением азота до 15 МПа. За счет высокой экзотермичности распространение фронта реакции происходит в самоподдерживающемся режиме. Разработана термодинамическая модель алюминотермического восстановления смеси оксидов металлов под высоким давлением азота для установления закономерностей процесса и получения сплава заданного состава. Модель позволила оценить температуру горения шихтовой смеси, ее экзотермичность (удельную теплоту горения), химический состав продуктов алюминотермического синтеза (металла и шлака) в зависимости от состава исходной смеси и давления азота, а также установить характер изменения состава металла при его охлаждении после сгорания шихты. На основе проведенного численного термодинамического анализа сделаны следующие основные выводы: а) Алюминотермические реакции восстановления не идут до конца; б) Увеличение соотношения количеств алюминия и кислорода в составе оксидов в шихте $Z = m_{Al}/m_O$ обеспечивает возрастание степени восстановления оксидов и полностью раскисления стали, но может привести к загрязнению стали включениями нитрида алюминия; в) Параметр Z является наиболее существенным параметром процесса, оптимальная величина которого для шихты системы $Fe_2O_3-Cr_2O_3-Al$ должна находиться в пределах $Z_{opt} = 0,94-1,04$, то есть быть несколько меньше стехиометрического отношения $Z_s = 1,125$. Выполнена опытная плавка хромистых и хромомарганцевых высокоазотистых сталей алюминотермическим методом под давлением азота, анализ которых показал согласие с результатами моделирования. Слитки в литом состоянии имели структуру азотистого перлита, а после закалки - аустенита.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ МЕТОДА Э.Д.С. В ИССЛЕДОВАНИЯХ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Лебедев В.А.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail:v.a.lebedev@at.urfu.ru*

Используя хронопотенциометрический вариант метода э.д.с. с постоянно изменяющимся составом поверхностного слоя исследуемого сплава показана возможность изучения фазового состава и термодинамических свойств сплавов по всей диаграмме состояния изучаемой системы.

Используя хронопотенциометрический вариант метода э.д.с. при постоянном снижении температуры со скоростью 3-10 К/мин нами впервые изучены параметры фазообразования и термодинамические характеристики пересыщенных жидких и твердых металлических растворов.

Параметры фазообразования (степени переохлаждения и пересыщения) оказались близкими для жидких и твердых растворов.

Литература

1. Лебедев В.А. Электрохимия, 2010, **46**, 646.
2. Лебедев В.А., Фоминых И.В. XI Российская конференция по структуре и свойствам металлических и шлаковых расплавов, 2004, **2**, Екатеринбург, 109.
3. Лебедев В.А., Ахмедов М.Ч. Металлы, 2009, №5, 89.

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ СУЛЬФОКАТИОНИТОМ ИЗ КИСЛОТНЫХ СРЕД РАЗНОГО СОСТАВА

Локшин Э.П., Тареева О.А.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева РАН, 184209, Апатиты, Академгородок, 26а,
e-mail: lokshin@chemy.kolasc.net.ru*

Из растворов кислотного разложения редкометалльного сырья (сульфатных, фосфатных, нитратных, нитратно-фосфатных) перспективно сорбционное извлечение металлов сульфокатионитами. Состав сорбированных катионов до проведения наших исследований не изучался. Полагали, что сорбируются катионы Me^{n+} . Для катионов одновалентных металлов это очевидно. Состав сорбированных катионов металлов с $n \geq 2$ неизвестен.

Нами найдено, что из водных растворов сульфатов лантана, самария или иттрия концентрацией 0.009-0.012 М сульфокатионитом сорбируются катионы Me^{3+} . При повышении концентрации до 0.017-0.205 М небольшая часть самария и иттрия сорбируется также в виде комплекса $MeSO_4^+$. Из растворов, содержащих 2-4 мас.% свободной H_2SO_4 и ≥ 0.009 М сульфатов редкоземельных элементов, не только самарий, иттрий, но и лантан также частично сорбируется в виде $LaSO_4^+$.

Экспериментальные данные о сорбции из раствора 38 мас.% H_3PO_4 не дают основания полагать, что сорбируются содержащие фосфатные лиганды комплексы. Из водных растворов, содержавших до 2 мас.% свободной HNO_3 , катионы поливалентных металлов в значительной степени сорбируются в виде комплексов, содержащих нитратные лиганды.

Из нитратно-фосфатных растворов, получающихся в процессе азотнокислотной переработки хибинского апатитового концентрата и содержащих 12-13 мас.% свободной HNO_3 и 29-30 мас.% H_3PO_4 , полизарядные металлы сорбируются в виде комплексов (вероятно однозарядных), содержащих нитратные или/и фосфатные лиганды. Их состав требует дополнительного изучения, но с учётом приведённых выше данных более вероятно, что они содержат нитратные лиганды.

Сорбция полизарядных металлов в виде комплексов определяет то, что количество поглощённых сорбентом из азотнокислых и азотно-фосфорнокислых растворов металлов может значительно превышать теоретически возможную сорбционную обменную ёмкость сульфокатионита, рассчитанную при допущении, что сорбируются катионы Me^{n+} .

«ЗЕЛЁНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЗЭ ПРИ СЕРНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ХИБИНСКОГО АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА НА МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Локшин Э.П., Тареева О.А.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева РАН, 184209, Апатиты, Академгородок, 26а,
e-mail: lokshin@chemy.kolasc.net.ru*

Редкоземельное сырьё всегда содержит природные радионуклиды, прежде всего торий. При переработке радионуклиды концентрируются с редкоземельными элементами (РЗЭ). После их отделения получают высокорadioактивные продукты, работа с которыми и их последующая утилизация очень затруднительны.

Хибинский апатитовый концентрат (ХАК) содержит около 1 мас.% оксидов РЗЭ и ≈ 0.003 мас.% Th. Он является нерадиоактивным продуктом, но при концентрировании РЗЭ из-за близости химического поведения РЗЭ и Th величины их потерь в технологическом цикле близки, при этом содержание Th в оксидном концентрате РЗЭ может составить 0.3 мас.%. У такого продукта величина удельной эффективной радиоактивности $A_{эфф}$ равна $9.45 \text{ КБк}\cdot\text{кг}^{-1}$, т.е. он будет продуктом IV класса (см. СП-2.6.1.798-99).

При сернокислотной переработке ХАК на минеральные удобрения наиболее целесообразно извлекать РЗЭ из промпродуктов и техногенных отходов переработки ХАК - фосфогипса полугидратного и дигидратного процессов, экстракционной фосфорной кислоты дигидратного процесса.

На основе исследования поведения радионуклидов при сернокислотном методе выщелачивания РЗЭ их фосфогипсов, а также при выделении РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты сорбцией сульфокатионитами научно обоснованы и разработаны технологии, обеспечивающие получение карбонатных концентратов РЗЭ с низкой радиоактивностью. При этом исключается образование на всех этапах переработки промпродуктов с величиной $A_{эфф} \geq 0.74 \text{ КБк}\cdot\text{кг}^{-1}$, а также требующих захоронения отвалных продуктов с высокой радиоактивностью.

Разработанные технологии являются единственными известными в настоящее время в мире техническими решениями, обеспечивающими производство редкоземельной продукции без одновременного образования радиоактивных отходов.

Технологии извлечения РЗЭ из фосфогипса прошли опытно-промышленную проверку.

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИТА НИКЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЙ И АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Лучнева С.И., Девяткина Т.И., Рогожин В.В.

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева, 603950, Нижний Новгород, Минина, 24, e-mail: svetic_luch@mail.ru

Для нанесения никелевых покрытий на алюминий и алюминиевые сплавы в отечественной практике широко используют цинкатную обработку. При тяжелых условиях эксплуатации никелевое покрытие, нанесенное после такой обработки, часто отслаивается. Устранить этот недостаток возможно при осаждении никеля на предварительно сформированную оксидную пленку на поверхности алюминия и его сплавов.

Использование в качестве подслоя оксидной пленки накладывает ограничения на составы электролитов никелирования. Вследствие этого нельзя использовать щелочные растворы и электролиты, содержащие депассивирующие хлорид-ионы, из-за крайней неустойчивости в них этой пленки.

В практике широко используют слабокислые электролиты никелирования с $\text{pH}=4.0-4.5$. В их состав обычно входит борная кислота или ее соли, а также хлорид натрия или никеля. Без хлоридов в таких электролитах наблюдается пассивация анодов. Поэтому возникла необходимость разработки бесхлоридного состава электролита никелирования и подбор оптимальных режимов его работы.

Так как в электролитах никелирования необходимо поддерживать pH в узких пределах, большое внимание нужно уделить выбору буферной добавки. Часто в литературе упоминают органические буферные добавки, такие как глицин, ацетат натрия, лимонная кислота и ее соли. В процессе исследования было установлено, что такие вещества быстро окисляются на никелевом аноде в отсутствие хлорид-ионов, а анодный выход по току для никеля при этом не превышает 30%.

С целью повышения анодного выхода по току и предотвращения побочных реакций на поверхности анода необходимо использовать в качестве буферной добавки неорганические соединения и изменить рабочее значение pH до 2.0-2.5. В таких условиях можно использовать ортофосфорную кислоту и ее соли, однако, фосфат-ионы пассивируют электроды.

Лучшие результаты были достигнуты в электролите следующего состава: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 90-110 г/л, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 25-28 г/л, дополнительно содержащем вещества пиридинового ряда 1-2 г/л; при этом катодный выход по току составляет 75-78% при плотности тока 1.0-1.5 А/дм², а анодный - 100% при 0.15-0.35 А/дм². Температура электролита 40±2°C.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ Cu–Al–Zr–O

Макровец Л.А., Самойлова О.В.

*Южно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, e-mail: tchla@mail.ru*

Лигатуры с алюминием и цирконием используются при раскислении медных сплавов. Однако данных по термодинамике процессов взаимодействия в системе Cu–Al–Zr–O в литературе не приводится. Целью данной работы стал анализ процессов взаимодействия алюминия, циркония и кислорода в условиях существования медного расплава.

Термодинамический анализ был выполнен с использованием методики построения поверхности растворимости компонентов в металле (ПРKM). Проведённое моделирование опирается на вариант теории субрегулярных ионных расплавов, параметры взаимодействия первого порядка по Вагнеру, а также на значения констант равновесия реакций, протекающих в медном расплаве. Результат расчета ПРKM для системы Cu–Al–Zr–O для температуры 1300 °C представлен на рис. 1 (концентрации в мас.%). Область I ограничивает область равновесия жидкого металла с оксидным расплавом, область II – с чистым твердым оксидом алюминия, область III – с твердым раствором на основе оксида циркония. Из рис. 1 следует, что цирконий обладает большей раскислительной способностью, чем алюминий. Также можно сделать вывод, что в данной системе практически не реализуется механизм комплексного раскисления, а преобладает альтернативное.

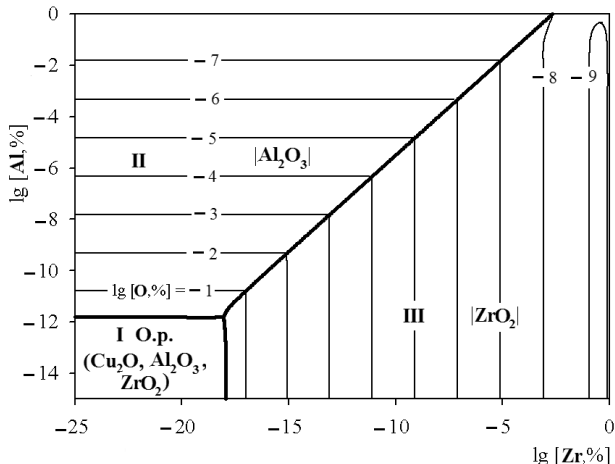


Рисунок 1. ПРKM системы Cu–Al–Zr–O для температуры 1300 °C

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00133_а.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРИЛЛИЕВОГО СЫРЬЯ

Малютин Л.Н., Петлин И.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томск, проспект Ленина, 30, e-mail: prof_1990@mail.ru*

Бериллий обладает уникальными свойствами, востребованными современной промышленностью. Его используют при производстве телекоммуникационного оборудования и транспорта, в авиационной, космической, военной промышленности и т.д. В России нет предприятий полного цикла, обеспечивающих переработку бериллиевой руды и производства бериллиевой продукции. В то же время, на территории РФ расположены уникальные месторождения (Оротское, Ермаковское, Ауникское и т.д.), содержание BeO в рудах которых составляет 0,5-1,5 %¹. Переработка по традиционной сернокислотной схеме получаемого флюорит-фенакит-бертрандитового концентрата (ФФБК) затруднена следующими факторами: необходима предварительная стадия сплавления концентрата (1700 °С) с флюсами для вскрытия флюорита и фенакита, фторид-ион после сплавления и выщелачивания плава серной кислотой переходит в раствор и препятствует дальнейшему выделению бериллия в твёрдую фазу, что приводит к его потерям².

Для эффективной и рентабельной переработки ФФБК в ТПУ был разработан фтороаммонийный способ. Суть данного способа заключается в спекании ФФБК с NH_4HF_2 при 180-200 °С без предварительной активации концентрата. В результате спекания образуются фтороаммонийные комплексы элементов, которые растворяют в воде. В водную фазу полностью переходят только бериллий и кремний. После очистки от примесей раствор направляют на стадию кристаллизации тетрафторобериллата аммония. Кристаллы $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$ подвергают термическому разложению до фторида бериллия – исходного вещества для производства металлического бериллия и BeO . Технология подразумевает регенерацию фторирующего агента – NH_4HF_2 и рециклирование продуктивных бериллийсодержащих растворов для предотвращения потерь бериллия и снижения риска воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Бериллиевые руды. – М.: 2007. – 37с.
2. Самойлов В.И., Борсук А.Н. Методы совместной переработки фенакита, бертрандита и берилла в гидрометаллургии бериллия. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2006. – С. 12-20.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ОКСИДОВ FeNb_2O_6 И FeTa_2O_6 **Мансурова А.Н., Чумарев В.М., Гуляева Р.И.**

Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: pcmlab@mail.ru

Расчетные методы определения термодинамических констант химических соединений широко применяют из-за сложности их экспериментального измерения [1]. Стандартные величины теплоемкости и температур плавления оксидов FeNb_2O_6 и FeTa_2O_6 получены известными методами расчета. Значения $C_{p,298.15}^0$ рассчитаны аддитивным сложением стандартных теплоемкостей простых оксидов. Величины $C_{p,298.15}^0$ для FeNb_2O_6 и FeTa_2O_6 равны 182.0 и 184.6 Дж/(моль·К) соответственно. Исходя из данных [2], стандартная величина теплоемкости FeTa_2O_6 составила 184.58 Дж/(моль·К). Это указывает на хорошее согласие экспериментальных и расчетных величин. С использованием рассчитанных величин $C_{p,298.15}^0$ и температур плавления сложных оксидов вычислены коэффициенты a , b , c температурных зависимостей теплоемкости:

$$C_{p,298}^0(\text{FeNb}_2\text{O}_6) = 213.86 + 0.03460 T - 37.8 \cdot 10^5 T^{-2},$$

$$C_{p,298}^0(\text{FeTa}_2\text{O}_6) = 217.56 + 0.03079 T - 37.8 \cdot 10^5 T^{-2}.$$

Согласно данным [3], экспериментально измеренная температура плавления FeNb_2O_6 составляет 1733 К. Расчет температур плавления FeNb_2O_6 и FeTa_2O_6 выполнен аддитивным сложением температур плавления простых оксидов с учетом их молярного содержания. Температуры плавления FeNb_2O_6 и FeTa_2O_6 рассчитаны равными 1717 К и 1854 К. Расчетные величины температур плавления оксидов сопоставлены с экспериментальными значениями. Так измеренное значение температуры плавления FeTa_2O_6 составило 1914 К.

Литература

1. Моисеев Г.К., Ватолин Н.А. Некоторые закономерности изменения и методы расчета термодинамических свойств неорганических соединений. Екатеринбург: УрО РАН, -2001. 135 с.
2. White M.A., Neshad G. *J. Chem. Thermodynamics*. 1991. **23**, 455.
3. База данных «Термические константы веществ». Рабочая версия 2. <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html>.

Работа выполнена в рамках Государственного задания института ИМЕТ УрО РАН, 0396-2015-0082, на оборудовании Центра коллективного пользования «Урал-М».

АНАЛИЗ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РОСТА ИЗ ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ БИНАРНЫХ РАСПЛАВОВ Cu-Zr

Медянкин А.Н., Александров Д.В.

*Уральский федеральный университет, 620000, Екатеринбург, Ленина, 51,
email: anton.medyankin@yandex.ru*

Исследование процессов затвердевания эвтектических сплавов представляет большой научно-практический интерес^{1,2,3}. Для моделирования структуры и предсказания основных параметров эвтектических структур разработаны специальные методы теоретического моделирования⁴. Для описания высокоскоростных процессов эвтектических структур была предложена модель⁵, в которой учтены условия локальной неравновесности как на границе эвтектика-расплав, так и в объеме расплава.

Особенностью данной модели высокоскоростного эвтектического двухфазного роста является описание экспериментально наблюдаемого перехода от диффузионно-лимитируемого режима к бездиффузионному режиму кристаллизации с формированием однородной и однофазной структуры кристаллов.

Развитие модели⁵, выполненное в настоящей работе, позволяет определять скорость (V) и межпластинчатое расстояние (λ) эвтектической колонии в зависимости от величины переохлаждения (ΔT). Дано сравнение результатов теоретического расчета V - ΔT и λ - ΔT для CuZr с данными эксперимента по кристаллизации капель данного сплава в электростатическом левитаторе.

Литература

1. Курц У., Зам П.Р. Направленная кристаллизация эвтектических материалов.- М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
2. Херлах Д., Галенко П., Холланд-Мориц Д., Метастабильные материалы из переохлажденных расплавов. - М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2010. – 481 с.
3. Курц У., Фишер Д. Фундаментальные основы затвердевания.- М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 300 с.
4. Akamatsu S., Plapp M. Eutectic and peritectic solidification patterns / S. Akamatsu, M. Plapp // Current opinion in solid state & materials science – 2005. – Vol. 19 – P. 265-314.
5. Galenko P.K., Herlach D.M. Diffusionless crystal growth in rapidly solidifying eutectic systems / P.K. Galenko, D.M. Herlach // Physical Review Letters. – 2006. – Vol. 96 – P. 150602-1-4.

ФТОРИДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Медянкина И.С., Пасечник Л.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А., Яценко С.П.

*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620049, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: lysira90@mail.ru*

Одним из решений проблемы связанной с комплексной переработкой техногенных отходов Уральского региона (красных шламов глиноземного производства (КШ) и отходов мокрой магнитной сепарации цеха обогащения Качканарского ГОКа (хвостов ММС)) является разработка технологии с применением гидрофторида аммония в качестве активного реагента. С целью разделения кремнийсодержащих многофазных систем и получения таких ценных продуктов, как SiO_2 , Al_2O_3 и др. необходимо знать физико-химические закономерности взаимодействия исходных компонентов при совместном присутствии в техногенных отходах с гидрофторидом аммония. Термодинамические расчеты показывают, что реакции образования комплексных соединений большинства компонентов начинаются уже при комнатной температуре.¹

Механизм взаимодействия исходных отходов с бифторидом аммония изучался с использованием термического анализа в интервале температур от 25 до 500°C. В результате фторирования при последовательных превращениях с образованием и затем разложением комплексных соединений происходит возгонка фторида кремния. В нелетучем остатке фторидов CaF_2 , AlF_3 , Fe_2O_3 , FeOF , NaF и др. Исследованы термограммы взаимодействия отдельных оксидов, а также КШ и хвостов ММС.

Опыты по гидрохимическому фторированию сырья раствором NH_4HF_2 показали, что $\geq 90\%$ Si переходит в раствор. Из полученного фильтрата осаждением раствором NH_4OH (рН 9-10) выделен осадок кремнекислоты. Нерастворимый остаток после кипячения в воде и растворе 1М HCl состоит из фторидов Al, Ca и примеси Fe, Ti, не полностью прореагировавшие Si и Ti. В результате из высококремнистого КШ (~20% Si, 15% Al, 3,5% Fe, 4% Ti) получен продукт с содержанием $\text{SiO}_2 \geq 90\%$. Удельная поверхность полученного кремнезема достигает 350 $\text{дм}^3/\text{г}$, что близко к гидрофобному кремнезему, выпускаемому в промышленности.

Литература

1. Борисов В.А., Дьяченко А.Н., Кантаев А.С. *Изв. ТПУ*, 2010, **317(3)**, 73.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке УрО РАН, проект 15-11-3-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Мелкомукова О.Г., Лановецкий С.В.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: melkomukowa.olga@yandex.ru*

В настоящее время титан является одним из наиболее перспективных металлов, используемых в качестве конструкционных материалов во многих отраслях промышленности^{1,2}.

Представленная работа посвящена исследованию одной из наиболее энергозатратных стадий титанового производства - углетермическому восстановлению ильменитового концентрата.

Анализ проблемы обогащения титаносодержащего сырья показал, что наиболее перспективным представляется двухступенчатый способ непрерывного восстановления ильменитового концентрата³.

В работе экспериментально исследовано влияние гранулометрического состава исходного сырья и температуры процесса на степень восстановления ильменитового концентрата. С использованием методов математического моделирования установлены оптимальные параметры процесса восстановления.

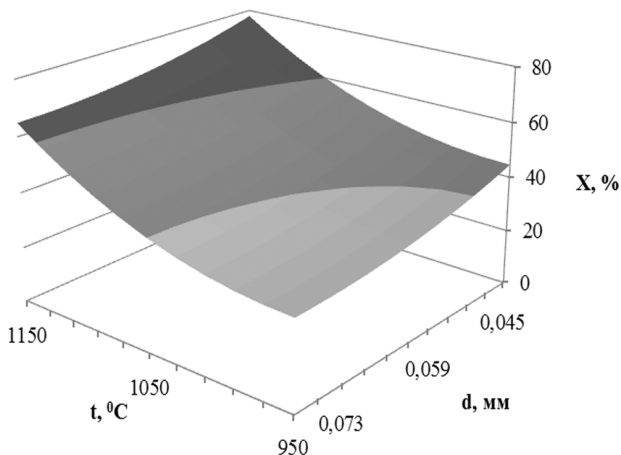


Рисунок 1. Зависимость степени восстановления ильменита от параметров процесса

Литература

1. Kucukkaragos C.S., Eric R.H. *Minerals Engineering*, 2006, **19**, 3, 334.
2. Резниченко В.А., Соловьев В.И., Морозов А.А. *Технология металлов*, 2005, 12, 2.
3. Аверин В.В., Бидыло А.П., Кулифеев В.К., Кропачев А.Н. *Цветные металлы*, 2011, 7, 52.

ПОВЕДЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БИФТОРИДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Мельниченко Е.И.,^а Калашников Ю.Д.^б

^аВсероссийский институт научной и технической информации РАН,
125190, Москва, Усиевича, 20, e-mail: melnichenko.e.i@gmail.com

^бООО «РЗК Инжиниринг», 124460, Зеленоград, Панфиловский проспект, 4-1

Любые технологии переработки минерального сырья могут быть приняты к рассмотрению, если они решают задачу концентрирования и отделения радиоактивных компонентов в начале технологической цепочки. Многие руды редких и рассеянных металлов, которые эффективно перерабатываются с помощью гидрофторида аммония, к сожалению, являются радиоактивными. Именно к таким относятся руды Алгамы.

При сублимационном извлечении тетрафторида циркония из профторированного с помощью NH_4HF_2 концентрата естественные радионуклиды связываются фторидной матрицей и концентрируются в нелетучем остатке, активность которого в результате возрастает в 26,4 раза¹.

Однако для других видов сырья из списка «*бифторидных технологий*», не образующих летучих фторидов, но также осложненных радиацией, например, монацитовых, сублимационный передел неактуален. В таких случаях задача решается по-другому. Было установлено, что естественные радионуклиды не растворяются в воде, поэтому могут быть собраны на фильтре при переводе профторированной массы в раствор, т. е. в начале процесса. Гамма-спектрометрический анализ, выполненный на примере алгаминской циркониевой руды, показал, что по совокупной активности ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{224}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs исходный концентрат и нерастворимый остаток на фильтре относятся к опасному IV классу радиоактивности, а целевой продукт ZrO_2 к I (без ограничений по радиационному фактору).

Поведение урана в бифторидных процессах оптимально для технологии. Фторирование U_3O_8 протекает с образованием растворимого $(\text{NH}_4)_3\text{UO}_2\text{F}_5$. Осаждение его аммиаком происходит практически из нейтральной среды (pH 7,2 - 8,0) из упаренного фильтрата после отделения нерастворимой радиоактивной части в форме диураната аммония $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ ярко-желтого цвета (так называемого «желтого кека»).

Литература

1. Мельниченко Е.И., Крысенко Г.Ф., Элов Д.Г., Метелев А.Ю., Кустов В.Н. *Цветные металлы*, 1999, **9**, 93.

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА ГРАНУЛИРОВАННОГО ФАЙНШТЕЙНА

Нечвоглов О.В., Сергеева С.В., Тюшняков С.Н.

*Институт металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101,
e-mail: nechvoglodov@mail.ru*

Высокие скорости охлаждения сульфидных медно-никелевых расплавов ведут к формированию ультрадисперсной структуры и метастабильных нестехиометрических фаз, отличающихся повышенной реакционной способностью при гидрометаллургической переработке. Электрохимическое окисление гранулированных сульфидов протекает с большей скоростью, чем медленно охлажденных, что связано с механизмом формирования и последующего растворения пассивирующего слоя на поверхности гранул, а также диффузией через него реагентов и продуктов реакций. Использование гранулированного материала с развитой реакционной поверхностью повышает эффективность электролиза, так снижение плотности тока ведет к выравниванию скоростей окисления файнштейна и растворения промежуточных продуктов электрохимических реакций, что позволяет уменьшить толщину пассивирующего слоя и диффузионные ограничения процесса. Подтвержден ступенчатый механизм электрохимического окисления сульфидов меди и никеля.

Предложена технология переработки медно-никелевого файнштейна 20 – 40% Cu, 20 – 40 Ni, 20 S, 4 – 6% Fe, включающая грануляцию сульфидного расплава и последующий электролиз с получением никеля и меди в виде товарных продуктов и шламов, концентрирующих сопутствующие элементы (сера, железо, кобальт, драгоценные металлы). Анодное растворение гранулированного файнштейна протекает с переводом в раствор меди и никеля, серы в элементное состояние и образованием серосульфидного шлама. Анодный выход по току достигает 90%. Технология позволяет перерабатывать файнштейны с широким колебанием составов и проводить процесс без выбросов сернистого ангидрида в атмосферу.

Работа выполнена в рамках исполнения проекта РФФИ, 16-38-00525.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ИРИДИЯ

Никитина А.О.,^а Исаков А.В.,^а Аписаров А.П.,^а Зайков Ю.П.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: nikusa28@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Интерес к иридию обусловлен в первую очередь его каталитическими свойствами. Каталитическая активность материала существенно зависит от степени развития его поверхности. Задачей исследования было получение порошка металлического иридия с высокой удельной поверхностью. Эксперименты проводились в расплаве NaCl-KCl при 700°C. На аноде происходило растворение металлического иридия, а на катоде протекал процесс восстановления ионов щелочного металла. Раствор щелочного металла в собственной соли обладает восстановительной способностью, и натрий, выделившийся на катоде, растворяется в расплаве и создает потенциал среды, достаточный для восстановления ионов иридия до металла.

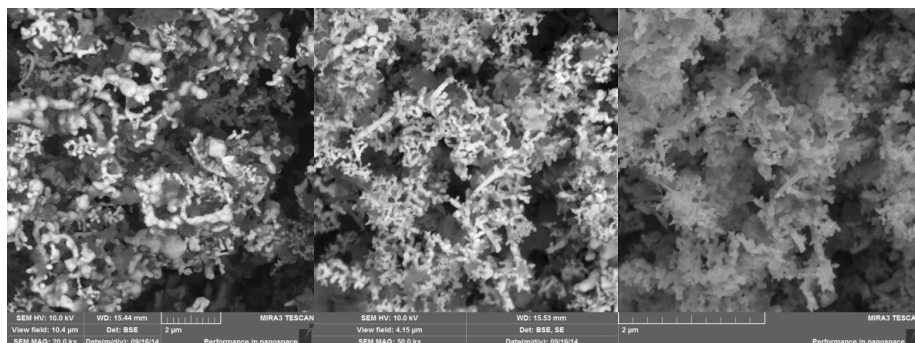


Рисунок 1. Данные электронной микроскопии иридиевых порошков

Характеристики осадка и скорость электродных процессов регулировали изменением соотношения катодной и анодной плотностей тока. Для определения морфологических характеристик полученных образцов были задействованы различные методы анализа. Установлено, что увеличение i_k/i_a от 0.05 до 1 приводит к увеличению площади удельной поверхности и снижению среднего размера дендритов. Соотношение i_k/i_a , равное 1, позволило получить иридиевые порошки с удельной поверхностью до 16.8 м²/г. Повышение i_k/i_a с 1 до 10, напротив, приводит к увеличению размера частиц и снижению удельной поверхности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы УрО РАН 2015-2017 гг. "Материалы и технологии для атомной, альтернативной и возобновляемой энергетики", проект 15-20-3-20.

ВОЛЬТАМПЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СООСАЖДЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И СКАНДИЯ ИЗ РАСПЛАВА LiF-NaF

Николаев А.Ю.,^{а,б} Суздальцев А.В.,^а Зайков Ю.П.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: nau_81@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Совместное электроосаждение алюминия и скандия из расплавленных солей может использоваться при получении алюмо-скандиевых лигатурных сплавов (Al-Sc), спрос на которые в последнее время вырос.^{1,2}

В данной работе при помощи линейной вольтамперометрии и электролизных испытаний исследованы основные закономерности индивидуального и совместного электроосаждения скандия и алюминия на твердый вольфрамовый катод из фторидного расплава LiF-NaF при температуре 750 °С.

Показано, что присутствие AlF_3 в расплаве смещает потенциал выделения скандия в положительную сторону за счет сплавообразования и повышает ток электровыделения скандия.

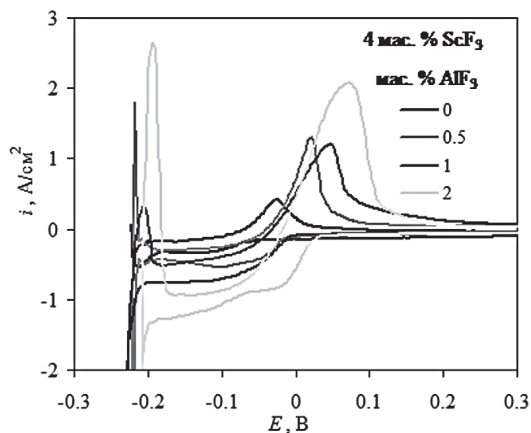


Рисунок 1. Вольтамперограммы, полученные на вольфраме в расплаве NaF-LiF с 4 мас.% ScF_3 и разной концентрацией AlF_3 при 750 °С при скорости развертки потенциала 0.1 В/с.

Литература

1. Roynet J. *Metallurgical Science and Technology*, 2007, **25(2)**, 11.
2. Zaikov Yu.P., Tkacheva O.Yu., Suzdaltsev A.V., Kataev A.A. et al. *Advanced Materials Research*, 2015, **1088**, 213.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт 14.607.21.0042 от 21.08.2014; IN RFMEFI60714X0042.

ИНКРЕМЕНТ ЭНТАЛЬПИИ ЖИДКОГО ОЛОВА ПРИ БОЛЬШИХ ПЕРЕГРЕВАХ

Олейник К.И., Быков А.С., Пастухов Э.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: 1007o1007@gmail.com*

Надежные данные о теплофизических свойствах чистых металлов необходимы для изучения термодинамики образования сплавов. В случае Sn эта информация является противоречивой: в известном справочнике¹ данные охватывают не весь интересующий диапазон температур, а в публикации² они, очевидно, были получены с привлечением расчетной оптимизации. Выше 800 К данные¹ просто отсутствуют, а попытка их экстраполяции обнаруживает заметные расхождения с данными². В настоящей работе выполнено самостоятельное определение инкремента энтальпии ΔH Sn методом дроп–калориметрии в области до 1475 К. Измерения выполняли на калориметре SETARAM МНТС в атмосфере аргона. Для калибровки прибора использовали стандартные образцы синтетического лейкосапфира. Итоги показаны точками на рис. 1 в сравнении с известной информацией. Каждая точка является усредненным результатом двух измерений.

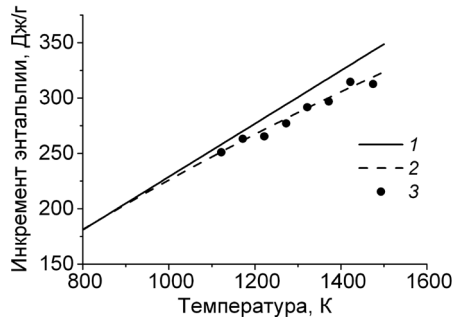


Рисунок 1. Политерма ΔH Sn. 1 — данные Динсдейла²; 2 — экстраполяция данных Кубашевского и Олкокка¹ выше 800 К; 3 — наши результаты.

Из графика видно, что в высокотемпературной области наши результаты хорошо укладываются на воображаемое продолжение низкотемпературных значений, приводимых Кубашевским и Олкокком¹.

Литература

1. Кубашевский О., Олкокк С.Б. Металлургическая термохимия. — М.: Металлургия, 1982. — 390с.
2. Dinsdale A.T. SGTE Data for Pure Elements. *CALPHAD*, 1991, Vol. 15, pp. 317-425.

Работа выполнена в рамках Госзадания, тема 0396-2015-0079, на оборудовании Центра коллективного пользования «Урал-М».

ВЯЗКОСТЬ РАСПЛАВОВ АМОРФИЗУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ Co-B: ЭКСПЕРИМЕНТ И РАСЧЕТ

Олянина Н.В., Бельтюков А.Л., Ладьянов В.И.

Физико-технический институт УрО РАН,
426000, Ижевск, Кирова, 132, e-mail: oljanina@mail.ru

Вязкость является важным физико-химическим свойством, необходимым при разработке большинства металлургических процессов, связанных с прохождением через жидкую фазу. В работе проведены исследования вязкости расплавов системы Co-B, которая является базовой для получения магнитомягких аморфных сплавов.

Кинематическую вязкость расплавов измеряли методом крутильных колебаний от температуры плавления до 1700°C. Температурные зависимости вязкости расплавов Co-B с содержанием бора до 50 ат.% имеют монотонный характер и хорошо аппроксимируются уравнением Аррениуса. Концентрационная зависимость вязкости является немонотонной. При содержании бора до 15 ат.% и в интервале от 36 до 50 ат.% вязкость расплава практически не зависит от концентрации бора. В интервале концентраций от 20 до 36 ат.% бора наблюдается интенсивный рост значений вязкости расплава, который, предположительно, обусловлен увеличением в расплаве доли атомных микрогруппировок, состоящих из атомов Co и B.

Для расчета вязкости существует ряд достаточно простых уравнений (моделей), основанных на термодинамических данных¹. Для практического применения этих уравнений необходима их апробация на модельных системах. В работе проведены вычисления концентрационной зависимости вязкости расплавов системы Co-B с использованием уравнений Мелвина-Хьюза, Iida-Ueda-Morita, Kucharski, Козлова-Романова-Петрова, Hirai, Sichen-Bygden-Seetharaman, Chhabra, Каптау, Sato, Schick-Brillo-Egry-Hallstedt, Gaşior-Moser, Hirai, Budai-Benkö-Каптау. Сравнение расчетных концентрационных зависимостей вязкости расплавов системы Co-B показало, что наилучшее совпадение с экспериментом дают уравнения Каптау², Козлова-Романова-Петрова³ и Budai-Benkö-Каптау⁴.

Литература

1. Gaşior W. *CALPHAD*, 2014, **44**, pp. 119.
2. Каптау G. *Proceedings of microCAD 2003 conference*, 2003, Miskolc, 23.
3. Козлов Л.Я., Романов Л.М., Петров Н.Н. *Изв. вуз. Черная металлургия*, 1983, № 3, 7.
4. Budai I., Benkő M.Z., Каптау G. *Mater. Sci. Forum*, 2007, **537-538**, 489.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00622 мол_а.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ РАСПЛАВОВ АМОРФИЗУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ Co-Si

Олянина Н.В., Бельтюков А.Л., Ладьянов В.И.

*Физико-технический институт УрО РАН,
426000, Ижевск, Кирова, 132, e-mail: oljanina@mail.ru*

Вязкость является важным физико-химическим свойством, необходимым при разработке большинства металлургических процессов, связанных с прохождением через жидкую фазу. Хотя система Co-Si является базовой для получения магнитомягких аморфных сплавов, данные о ее физико-химических свойствах в жидком состоянии имеют единичный характер. Поэтому в данной работе проведены исследования температурных зависимостей вязкости расплавов системы Co-Si с содержанием кремния от 33,3 до 54 ат.%.

Кинематическую вязкость расплавов измеряли методом крутильных колебаний от температуры плавления до 1700°C и последующего охлаждения. Ранее на примере жидкого кобальта¹ и расплавов системы Co-B^{2,3} было показано существенное влияние на результаты измерения вязкости пленочных эффектов и явлений смачивания. При этом было показано, что для исключения влияния этих эффектов измерения вязкости следует проводить в условиях эксперимента, при которых исследуемый расплав находится в замкнутом объеме при полном смачивании внутренних стенок тигля. Поэтому в данной работе измерения проводили с крышкой на поверхности расплава³.

Температурные зависимости (политермы) вязкости исследованных жидких сплавов имеют монотонный характер без каких-либо особенностей. Политермы, полученные в режиме нагрева и последующего охлаждения совпадают. Это указывает на отсутствие резких изменений структуры расплавов при их нагреве. Показано, что температурные зависимости вязкости исследованных расплавов в пределах погрешности единичного эксперимента хорошо описываются уравнением Аррениуса.

Литература

1. Olyanina N.V., Bel'tyukov A.L., Lad'yanov V.I. AIP Conf. Proc., 2015, **1673**, 020015
2. Олянина Н.В., Бельтюков А.Л., Гончаров О.Ю., Ладьянов В.И. Расплавы, 2012, № 2, 83-90.
3. Гончаров О.Ю., Олянина Н.В., Бельтюков А.Л., Ладьянов В.И. ЖФХ, 2015, **89**, № 5, 842-848.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект 15-6-2-40.

ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГИЙ ГИББСА ОБРАЗОВАНИЯ НИТРИДОВ НИОБИЯ ОТ СОСТАВА ПРИ 1773...2023 К

Павловская М.С., Жихарев В.М.

*Южно-Уральский государственный университет,
Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: pavlovskaya-mari@mail.ru*

Нитриды ниобия являются соединениями переменного состава, имеющими широкие области гомогенности. Термодинамические свойства их зависят от температуры, давления азота и состава. Приводимые в справочной литературе термодинамические характеристики нитридов отражают лишь температурные зависимости без указания состава нитридов. Использование их возможно лишь для оценки условий протекания процессов с участием нестехиометрических нитридов.

В настоящей работе на основе данных¹ высокотемпературного прецизионного эксперимента по изучению равновесий с азотом нитридов ниобия в областях гомогенности и в гетерогенной системе NbN – Nb₂N получены уравнения зависимостей упругости диссоциации нитридов от их состава и температуры.

Рассматривая нестехиометрические нитриды как твердые растворы ниобия и нитрида стехиометрического состава, с помощью модели, основанной на методе параметров взаимодействия², получены выражения для коэффициентов активностей компонентов растворов. Полученные уравнения позволили найти стандартные энергии Гиббса образования как стехиометрических нитридов ниобия, так и нестехиометрических при 1773...2023 К.

Сравнение найденных температурных зависимостей $\Delta_f G_{\text{NbN}}^\circ$ со справочными^{3,4}, приводимыми на основе работ середины прошлого века с неаттестованными по химическому составу образцами при указанных T и P_{N_2} , указывает на их заметное несоответствие.

Литература

Матюшина Л.Н. *Изв. Вузов. Черная металлургия*, 1978, №8, 14.

Шишков В.И., Жихарев В.М. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*, 2012, Вып. 18, № 15, 46.

Туркдоган Е.Т. *Физическая химия высокотемпературных процессов*. – М.: Металлургия, 1985. – 344 с.

Григорян В.А., Стомахин А.Я., Уточкин Ю.И. *Физико-химические расчеты электросталеплавильных процессов*. – М.: МИСиС, 2007. –318 с.

ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛАМА ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ АЛЮМИНИЯ И МАГНИТНОГО ЖЕЛЕЗА

Пасечник Л.А., Медянкина И.С., Скачков В.М., Яценко С.П.

*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: lysira90@mail.ru*

Производство глинозема из бокситов сопровождается образованием значительного количества отходов. Мощности по производству глинозема во всем мире непрерывно возрастают, увеличиваются и объемы выводимых в отвалы шламов. Снижение качества перерабатываемых бокситов также способствует техногенному накоплению минерального сырья в шламоотвалах. Основным компонентом красных шламов (КШ) предприятий Урала, перерабатываемых местные бокситы, является гематит – 43-46% Fe_2O_3 . Содержание недоизвлеченного оксида алюминия достигает 15-16% Al_2O_3 . Разрабатываемые в последнее время технологии полной переработки шламов основаны на блочных решениях¹. Магнитное обогащение для выделения железного концентрата встречает затруднения ввиду повышенного содержания железа в виде гематита, гидрогетита, шамозита². Выщелачивание глинозема (Al_2O_3) из щелочной пульпы шлама при температуре выше 250° С требует нестандартного оборудования.

В данной работе изучено автоклавное извлечение глинозема из красного шлама при различных температурах, дозировках активной извести, гидроксидов натрия и железа (II)³. Выявлены оптимальные условия высокого (не менее 80%) извлечения глинозема из КШ при приемлемых для действующих глиноземных цехов температурах (ниже 250° С). В результате кремния связывается в кальциевые силикаты, а большая часть соединений железа переводится в магнетит.

Реализация разработок в промышленности позволит из 8-10 тонн КШ получить не менее 1 тонны Al_2O_3 , а также большую часть соединений железа перевести в форму удобную для магнитной сепарации с получением концентрата с содержанием железа не менее 50%.

Литература

1. Яценко С.П., Сабирзянов Н.А., Пасечник Л.А., Пягай И.Н., Скачков В.М. // *Экология и промышленность России*, 2012, **11**, 10-13.
2. Газалеева, Г.И., Мушкетов А.А., Сопина Н.А., Власов И.А., Упоров С.А. // *Цветная металлургия*, 2013, **7**, 46.
3. Пасечник Л.А., Скачков В.М., Яценко С.П. и др. *Патент 2561417 РФ*, 2015.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСТВОРЕНИЯ ФЕРРИТА МЕДИ

Реутов Д.С.,^а Ватолин Н.А.,^а Халезов Б.Д.,^а Гаврилов А.С.,^а Петухов Р.В.,^а Овчинникова Л.А.,^а Котельникова А.Л.,^б Кориневская Г.Г.^в

^аИнститут металлургии УрО РАН,

620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: reutov-ds@mail.ru

^бИнститут геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7

^вИнститут минералогии УрО РАН, 456317, Миасс, Ильменский заповедник

Флотационная переработка отвальных медеплавильных шлаков способствует накоплению тонкодисперсных материалов – хвостов флотации. В хвостах, по данным химического анализа, содержится около 0.5% меди и 4% цинка. Медь и цинк входят в виде изоморфной примеси в основные и второстепенные минеральные соединения, а также образуют собственные минеральные фазы, в том числе ферриты меди (0, 76 %) и цинка (9,24 %).

Ранее исследована кинетика растворения синтетических минералов меди и цинка (куприта, цинкита, сфалерита) в растворах серной кислоты методом вращающегося диска¹. Невыясненным остаётся характер растворения феррита цинка и меди, а также других составляющих хвостов флотации медеплавильных шлаков.

При разработке схемы гидрометаллургической переработки хвостов флотации^{2,3} для исследования процесса выщелачивания минеральных медьсодержащих фаз был синтезирован феррит меди и проведено экспериментальное исследование его растворимости методом вращающегося диска.

Изучена скорость растворения феррита меди в водных растворах серной кислоты. Определены оптимальные значения концентрации серной кислоты, температуры и скорости перемешивания. Установлен режим растворения.

Литература

1. Халезов Б.Д., Исследования и разработка технологии кучного выщелачивания медных и медно-цинковых руд: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук// Екатеринбург, 2008, С. 548.
2. Котельникова А.Л., Рябинин И.Ф., Кориневская Г.Г., Халезов Б.Д., Реутов Д.С., Муфтахов В.А. К вопросу рационального использования отходов переработки медеплавильных шлаков. *Недропользование XXI век*. 2014. №6. С.14-19.
3. Реутов Д.С., Халезов Б.Д. Поиск оптимальных условий серноокислотного выщелачивания для извлечения меди и цинка из хвостов флотации медеплавильных шлаков. *Бутлеровские сообщения*. 2015. Т.44. №12. С.199-202.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-35-00169.

РАЗЛОЖЕНИЕ КАРБОНАТОВ И СУЛЬФАТОВ ПРИ ОБЖИГЕ МАГНИЙСТРОНЦИЙСОДЕРЖАЩИХ ИЗВЕСТНЯКОВ

Ровнушкин В.А.,^а Резницких О.Г.,^б Спирин С.А.^а

^аОАО «Уральский институт металлов»,
620062, Екатеринбург, Гагарина, 14, e-mail: uim@ural.ru

^бИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20

Методами термического и микрорентгеноспектрального анализа исследовано совместное разложение доломита, кальцита, стронцианитов переменного состава и целестина известняков (рисунок 1).

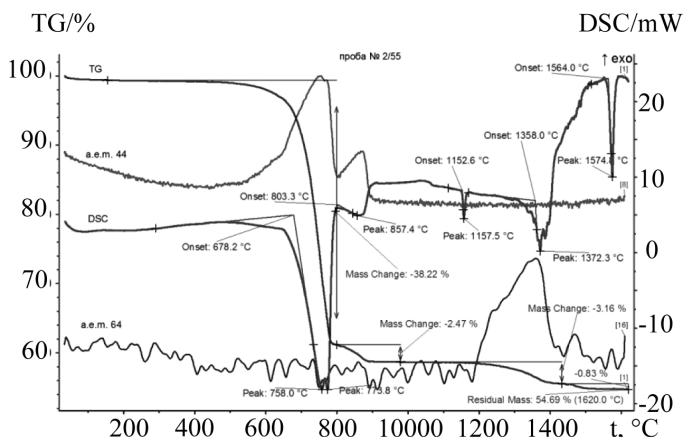


Рисунок 1. Результат термического анализа известняка состава (мас.,%): 30,9CaO, 14,52MgO, 40,8ППП (1200°C), 8,61Sr_{общ.} 1,56S

Доломит и кальцит разлагаются совместно с небольшим отличием по температуре реакции. Стронцианиты диссоциируют без образования отдельной фазы оксидов Sr, которые ассимилируются кальциевой фазой с примесями MgO и магнезиальной с примесями CaO.

Диссоциация целестина происходит после перестройки решетки из ромбической в моноклинную (1152,6 °C) с образованием пероксида SrO₂ и SO₂ до 1372...1399°C. Разложение с выделением кислорода SrO₂ протекает при 1460...1480 °C. При дальнейшем нагреве примеси SiO₂, Fe₂O₃ и Al₂O₃ образуют соединения преимущественно с частью оксидов стронция.

Снижение температуры разложения целестина при обжиге известняка на ≈ 200°C по сравнению с чистым SrSO₄ (t_p ≈ 1600°C) связано с образованием промежуточных группировок CaO·SrO₂ и MgO·SrO₂.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВЛЕННЫХ ФТОРИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ Al-Sc ЛИГАТУРЫ

**Руденко А.В.,^{а,б} Катаев А.А.,^а Ткачева О.Ю.,^а Редькин А.А.,^а
Зайков Ю.П.,^{а,б} Дедюхин А.Е.^а**

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: Irizon1@gmail.com

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

С точки зрения возможности использования расплавленных электролитов в процессе производства алюминиевых сплавов ключевыми свойствами являются температура ликвидуса смесей и растворимость в них соединений легирующего компонента и оксида алюминия.

В настоящей работе приведены результаты измерения температуры ликвидуса фторидных смесей NaF-AlF_3 ($\text{KO} = x_{\text{NaF}}/x_{\text{AlF}_3} = 2.3$), KF-AlF_3 ($\text{KO} = x_{\text{KF}}/x_{\text{AlF}_3} = 1.3-1.5$), KF-NaF-AlF_3 ($(x_{\text{KF}} + x_{\text{NaF}})/x_{\text{AlF}_3} = 1.3-1.5$) с добавками Sc_2O_3 , потенциальными средами для получения сплавов Al-Sc; определена растворимость Sc_2O_3 и Al_2O_3 в этих электролитах.

Температуру ликвидуса измеряли методом термоанализа при охлаждении образца, по полученным квазибинарным фазовым диаграммам «криолит-оксид» определяли растворимость Sc_2O_3 и Al_2O_3 .

Замена Na^+ на K^+ в расплавленных смесях KF-NaF-AlF_3 приводит к значительному изменению вида фазовой диаграммы. Величина растворимости Sc_2O_3 в расплавленных электролитах, содержащих NaF, близка к величине растворимости Al_2O_3 . Легкоплавкие смеси KF-NaF-AlF_3 , обладающие хорошей растворимостью Sc_2O_3 и Al_2O_3 , могут быть рекомендованы для электролитического получения лигатур Al-Sc при температурах ниже 800°C . Исключение составляет KF-AlF_3 , в котором растворимость Sc_2O_3 практически в 1.5 раза ниже. Это связано с тем, что механизм растворения Sc_2O_3 в расплаве KF-AlF_3 отличается от механизма его растворения в KF-NaF-AlF_3 или NaF-AlF_3 , в результате которого образуется Al_2O_3 . Тем не менее, KF-AlF_3 с низким KO может использоваться в качестве флюса в металлургическом процессе получения лигатур Al-Sc, так как имеет низкую температуру ликвидуса, что способствует усилению его протекторной функции, и в тоже время обладает хорошей растворимостью Al_2O_3 , который будет легко отводиться от реакционной зоны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП, соглашение 14.607.21.0042, IN RFMEFI60714X0042.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ,
РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМАХ Cu–Na–O, Cu–K–O и Cu–Na–K–O****Самойлова О.В.^а, Трофимов Е.А.^б**

^аЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, e-mail: samoylova_o@mail.ru

^бЮжно-Уральский государственный университет (филиал),
456209, Златоуст, Тургенева, 16

Фазовые равновесия, реализующиеся в системах Cu–Na–O, Cu–K–O и Cu–Na–K–O представляют некоторый интерес с точки зрения анализа пирометаллургических технологий индустрии меди и сплавов на её основе. При этом литературные данные по термодинамике процессов взаимодействия в этих системах имеют отрывочный и противоречивый характер. Поэтому целью настоящей работы стало проведение термодинамического моделирования фазовых равновесий в системах Cu–Na–O, Cu–K–O и Cu–Na–K–O.

В процессе моделирования и построения фазовых диаграмм использовался программный пакет FactSage (версия 7.0). Для расчёта фазовых диаграмм систем Cu–Na, Cu–K, Cu–O, Na–O, K–O, Na–K, Cu₂O–Na₂O, Cu₂O–K₂O и Cu₂O–Na₂O–K₂O использованы данные из баз FToxide, FScorr, FTlite. Результаты этих расчётов сопоставлены с имеющимися литературными данными.

Ни одна из использованных готовых баз данных не позволяет полноценно моделировать металлический расплав систем Cu–Na–O, Cu–K–O и Cu–Na–K–O, поэтому в процессе работы была создана собственная база данных, объединяющая необходимые параметры. Результатом работы стали фазовые диаграммы исследуемых систем в форме изотермических и изоконцентрационных разрезов, а также в форме проекций областей фазовых равновесий на области составов жидкого и твёрдого металла на основе меди.

Результаты проведённого моделирования показали, что добавки оксидов натрия и калия в шлак при рафинировании меди и выплавке её сплавов позволяют существенно снизить температуру плавления шлака. Показано также, что даже очень небольшие добавки натрия и калия в лигатуры для раскисления медного расплава также должны положительно сказаться на увеличении глубины раскисления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-38-60144.

ЭКСТРАКЦИОННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ YF_3 ИЗ КИСЛЫХ РАСТВОРОВ ЧАСТИЧНО ВСКРЫТЫХ КРАСНЫХ ШЛАМОВ

Скачкова О.В.,^б Пягай И.Н.,^а Медянкина И.С.,^а Суриков В.Т.,^а Сабирзянов Н.А.^а

^аИнститут химии твердого тела УрО РАН,

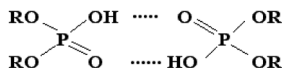
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: sabirzyanov@ihim.uran.ru

^бУральский федеральный университет, 620083, Екатеринбург, Куйбышева, 48

Иттрий обладает набором ценных свойств, например легирование им ряда металлов и сплавов улучшает механические свойства и повышает жаростойкость¹. На сегодняшний день единственным источником иттриевого сырья является Ловозерское месторождение лопаритовых руд. Перспективным источником иттрия можно считать красные шламы (КШ) глинозёмного производства².

Если использовать повышенную растворимость иттрия в соляной кислоте и применить частичное вскрытие КШ, достигается удовлетворительное извлечение иттрия в раствор².

В качестве экстрагента для выделения иттрия из солянокислых растворов экстракционным методом использовалась предварительно промытая серной кислотой ди-(2-этилгексил)фосфорная кислота (Д2ЭГФК)



Реэкстракция проводилась с получением твердой фазы. Использовалась разбавленная (20%) плавиковая кислота, выделение продукта – фторида иттрия осуществлялось центрифугированием, при этом в органической фазе содержание осадка не превышало 5-10% от общей массы полученного в ходе реэкстракции осадка. Получение фторида иттрия является экономически выгодным. Такая технология позволяет отделить ионы двухвалентных металлов (Ca, Mg, Sr и др.) и в результате на выходе получить достаточно чистый продукт.

Литература

1. Сабирзянов Н.А., Яценко С.П. "Гидрохимические способы комплексной переработки бокситов", Екатеринбург: УрО РАН, 2006. -386с.
2. Пасечник Л.А., Яценко А.С., Яценко С.П., Скрыбнева Л.М. Селективное извлечение иттрия из шламов глинозёмного производства. // *Цветные металлы*. 2013. № 12. С.39-44.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Fe-B-C-O И СИНТЕЗ СЛОЕВ БОРИДОВ ЖЕЛЕЗА В ВАКУУМЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Смирнягина Н.Н., Дашеев Д.Э.

*Институт физического материаловедения СО РАН,
670042, Улан-Удэ, Сахьяновой, 6, e-mail: ionbeam@ipms.bsnet.ru*

Предложена новая вакуумная технология формирования защитных покрытий на основе боридов и карбидов переходных металлов с заданными характеристиками.

Термодинамическое моделирование в системе Fe-B-C-O выполнено с использованием программного комплекса TERRA. Расчеты проведены в температурном интервале 673 – 1813 К для общего давления в системе в диапазоне 10^5 – 10^{-4} Па. Термодинамические расчеты показали, что для синтеза боридов предпочтительно использовать В или V_4C . Наибольшие энергозатраты наблюдаются для составов с участием V_2O_3 , наименьшие для V_4C , а затем для бора.

Установлена последовательность химических превращений, протекающих при синтезе боридов, а именно, «оксид → карбид → борид». Смоделированы термические свойства и характер диссоциации боридов Fe_2B и FeB в зависимости от общего давления в системе. Установлено влияние температуры и давления на их поведение. Показано, что температура начала образования боридов зависит от общего давления в системе. Так, при давлении 10^5 Па взаимодействие Fe_2O_3 с различными борлирующими компонентами (V_2O_3 , V_4C , В) начинается при температурах 1300-1600 К, а при давлении 10^{-2} - 10^{-3} Па температура снижается до 850-900 К. Исследованы фазовые равновесия в системах Fe_2O_3 -В(V_4C, V_2O_3)-С. Установлены поля кристаллизации всех возможных фаз, а также влияние температуры и давления на их поведение.

Сформированы боридные слои различной толщины от 30 до 500 мкм. Строение боридных слоев представлено на рисунке 1.

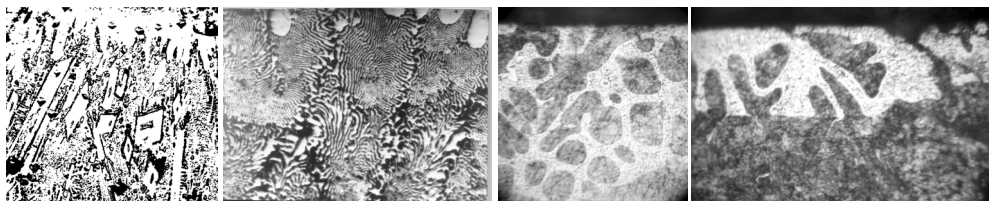


Рисунок 1. Микроструктуры боридных слоев на стали 45: а) обмазка на основе аморфного В; б) - обмазка на основе V_4C ; в) Fe_2B ; г) FeB ; \times -400

Обсуждены механизмы формирования различных боридов и покрытий на их основе для углеродистых сталей.

ПЕРЕРАБОТКА КРАСНЫХ ШЛАМОВ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНОЗЕМА С ПОЛУЧЕНИЕМ ЧЕРНОВОГО КОНЦЕНТРАТА СКАНДИЯ

Соколова Ю.В.,^а Семенов С.А.,^б Богатырева Е.В.^а

^аНациональный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4, e-mail: iuliyas@zmail.ru

^бМосковский технологический университет,
119454, Москва, проспект Вернадского, 78

Красные шламы (КШ) являются крупнотоннажным отходом получения глинозема при переработке бокситов по способу Байера, выход которых составляет 1.5 – 1.7 тонны на 1т глинозема. В России накоплены сотни миллионов тонн этого вида отходов; его хранение требует значительных материальных и финансовых средств, а также является неблагоприятным фактором воздействия на окружающую среду.

КШ, в зависимости от сырья и способа переработки, содержат, %: 17-46 Fe₂O₃, 8-24 Al₂O₃, 1,4-14 Na₂O, 3-5 TiO₂, 8-11 SiO₂, около 150 г/т Sc₂O₃ и заметное количество редкоземельных элементов, т.е. могут являться сырьем для производства целого ряда продукции, но в настоящее время используются в небольших количествах в производстве строительных материалов. Имеются разработки по переработке КШ с получением коагулянтов, добавок для использования в черной металлургии и другой продукции, однако их практическое применение пока экономически нецелесообразно. При этом КШ является перспективным сырьевым источником скандия.

Нами разработан способ выщелачивания Sc из КШ раствором серной кислоты при температуре 80°C, и определены условия, при которых степень выщелачивания Sc составляет 92-96%. Из полученного раствора состава, мг/л: Sc 10-13, Y 4-10, Al 7500 – 10000, Fe 29000 – 33000, Ti 2900-3300, Zr 100 – 120, Mg 500-700, V 48-65, Mn 310-430 проводили экстракцию скандия керосиновыми растворами смеси ТБФ и Д2ЭГФК. Насыщение экстрагента по Sc составляет 450-750 мг/л. Насыщенный экстрагент промывали раствором серной кислоты для удаления примесей, реэкстракцию проводили раствором смеси соды и едкого натра. Установлено, что состав концентрата зависит от эффективности промывки насыщенного экстрагента. Получены образцы концентрата с содержанием Sc 2,2 – 3,4%.

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФЛОТАЦИОННЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ РУД НА ОСНОВЕ СКРИНИНГА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КОМПЬЮТЕРНЫХ ПОДХОДОВ

Соложенкин П.М.

*Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
111020, Москва, Крюковский тупик, 4, e-mail: solozhenkin@mail.ru*

Представлено изучение структур флотационных реагентов и их химическая активность с широким использованием компьютерной технологии и химических программ. Сульфгидрильные собиратели широко используются при переработке руд цветных и благородных металлов методом флотацией. Для указанных флотореагентов были построены трехмерные молекулярные модели.

Для установления флотационной способности соединений разработан прогноз оценки активности собирателя (ПОАС)- взаимодействия собирателя с кластером минерала - в виде разницы общей энергии комплекса и суммы энергии кластера и энергии собирателя. Вычисляют ПОАС и определяют разницу ПОАС созданного флотационного реагента и ПОАС с реагентом, выбранным в качестве ближайшего аналога, как правила, – бутиловой ксантогеновой кислоты. Чем меньше величина ПОАС, тем более предпочтительно взаимодействие созданного собирателя с кластером минерала. Важно определять эту величину для различных органических соединений.

Предложен новый класс соединений с P(III) - аналогов диалкилдитиокарбаматов. Реагент $(C_2H_5O)_2PCS_2H$ является перспективным для флотации руд, содержащие минералы платины: штурмфлита, рустенбургита, мончеита, туламинита, а также для минералов палладия: маякита, а также лаурита и эрликминита (OsS_2).

Установлено, что для антимонита и кермезита в присутствии бутилксантогеновой, кислот, величина ПОАС наибольшая, и показывает их слабую флотируемость.

При применении $(C_2H_5)_2NCS_2H$, ПОАС для антимонита уменьшается в 17,03 раз. Известно, что данный реагент обеспечивает повышения извлечения сурьмы, что подтверждено практикой переработки руд.

Показано, что для висмута в присутствии гексилксантогеновой, диэтилдитиокарбаминовой кислот ПОАС наименьший, эта величина коррелирует с их флотационной активностью.

Использование смеси реагентов при переработки золото - содержащей руды месторождения Железный Кряж позволило получить отвальные по золоту хвосты и отказать от второй стадии цианирования.

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ
ПЛАКИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УВЕЛИЧЕННЫМИ В 2-2,5 РАЗА
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Степанов А.Б., Колдаев А.В., Арутюнян Н.А., Карамышева Н.А.

*Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
им. И.П.Бардина, 105005, Москва, Радио 23/9-2, e-mail: koldaevanton@gmail.com*

Установлена перспективность создания высокопрочных низкоуглеродистых микролегированных сталей плакированных аустенитными коррозионностойкими сталями. Впервые, для одновременного достижения высокой прочности, коррозионной стойкости и других свойств использованы процессы наноструктурирования стали, что обеспечит увеличение в 2-2,5 раза комплекса служебных свойств при снижении затрат, металлоемкости. Для основного слоя разработаны два типа низкоуглеродистых микролегированных Ti-Nb-V и Mo-Ti сталей. В отличие от первого типа стали, для Mo-Ti микролегированных сталей повышение температуры конца прокатки до 860-900°C и смотки полосы в рулон до 630-680°C обеспечивает возможность формирования системы наноразмерных комплексных карбидных выделений в процессе гцк – оцк фазового превращения. Для обоих типов сталей установлено превышение в 1,5-2 раза показателей механических и других служебных свойств по сравнению с лучшими аналогами.

Определены оптимальные параметры электрического и шлакового режима получения двухслойных заготовок методом наклонной электрошлаковой наплавки, обеспечивающие стабильную глубину проплавления стали основного слоя, высокое качество соединения слоев, требуемый химический состав и чистоту по примесям и неметаллическим включениям стали наплавленного слоя. Разработаны требования к химическому составу расходных электродов для получения высококачественного плакирующего слоя, учитывающие перемешивание коррозионностойкой стали со сталью основного слоя, а также взаимодействия некоторых элементов со шлаком. Показано, что предупреждение формирования дефектов поверхности плакирующего слоя - раскатанных кристаллизационных трещин и прокатных плен достигается при содержании δ – феррита не более 3-20%. Установлено, что к снижению стойкости плакированной стали против питтинговой коррозии приводит присутствие окисульфидных включений на основе шпинели, а также выделений карбосульфида титана.

Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении субсидии от 30.06.2014, 14.576.21.0022. Уникальный идентификатор ПНИ (проекта) RFMEFI57614X0022.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТОДНОГО ПРОЦЕССА НА СТЕКЛОУГЛЕРЕДЕ В РАСПЛАВЕ $\text{KF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$

Суздальцев А.В.,^а Николаев А.Ю.,^{а,б} Зайков Ю.П.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: suzdaltsev_av@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Расплавы на основе системы KF-AlF_3 являются перспективными средами для электролитического получения алюминия и его сплавов при 700-800 °С.¹⁻³ В настоящее время хорошо исследована кинетика и механизмы анодных процессов на различных подложках в данных расплавах, в то время как данные относительно катодного процесса ограничены.¹⁻³

В данной работе методом вольтамперометрии исследованы некоторые особенности катодного процесса в расплаве KF-AlF_3 при 750 °С. В качестве катодного материала для исследований выбран стеклоуглерод.

Из анализа полученных результатов сделаны следующие выводы:

- на вольтамперограммах имеется два диффузионных пика при потенциалах -1.28 и -1.45 В (относительно потенциала CO/CO_2 электрода)², которые могут быть связаны с разрядом разных электроактивных частиц (например, Al-O-F и Al-F);
- близость величин катодных и анодных токов пиков и их линейные зависимости от квадратного корня развертки потенциала указывают на квазиобратимость и диффузионный характер затруднений исследуемого процесса;⁴
- несимметричность катодного и анодного пиков могут являться результатом частичного химического взаимодействия стеклоуглерода с восстановленным алюминием.⁴

Литература

1. Yang J., Hryn J.N., Davis B.R. et al. *Light Metals*, 2004, 321.
2. Pershin P.S., Suzdaltsev A.V., Zaikov Yu.P. *J. Electrochem. Soc.*, 2016, **163(5)**, D167.
3. Khramov A.P., Kovrov V.A., Zaikov Yu.P., Chumarev V.M. *Cor. Science*, 2013, **70**, 194.
4. Scholz F. *Electroanalytical Methods*, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.607.21.0042 от 21.08.2014; IN RFMEFI60714X0042.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ОКСИДНЫХ СИСТЕМАХ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ФЕРРИТЫ БАРИЯ

Трофимов Е.А.,^а Винник Д.А.,^б Чернуха А.С.,^б Жеребцов Д.А.,^б Живулин В.Е.^б

^аЮжно-Уральский государственный университет (филиал),
456227, Златоуст, Тургенева, 16, e-mail: tea7510@gmail.com

^бЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76

Информация о фазовых равновесиях, реализующихся в системах вида $\text{BaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Me}_n\text{O}-\dots$, необходима для анализа и совершенствования процесса выращивания кристаллов $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ из оксидных расплавов. Кроме того, данные по фазовым равновесиям в этой системе полезны с точки зрения совершенствования технологий создания материалов для изготовления магнитов и элементов электроники. Однако, несмотря на интерес, который проявляют исследователи к таким системам, до настоящего времени не сформулированы общепринятые представления даже о виде фазовой диаграммы бинарной системы $\text{BaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$.

В рамках проводимых нами работ по экспериментальному и теоретическому исследованию фазовых равновесий в оксидных системах, включающих ферриты бария, к настоящему времени оценены термодинамические характеристики простых и двойных оксидов с целью описания условий их термодинамической стабильности в изучаемых системах. Методами дифференциальной сканирующей калориметрии, рентгено-спектрального и рентгенофазового исследования закалённых образцов, отобранных из расплавов различных составов при различных температурах, получены новые экспериментальные данные о равновесных фазовых составах в ряде двойных оксидных систем для тех их областей составов и температур, которые изучены недостаточно. Анализ собственных и литературных экспериментальных данных позволил сформировать базу согласованных термодинамических данных, позволяющую адекватно описывать фазовые равновесия в изученных системах. Используя полученные результаты, рассчитаны координаты линий фазовых равновесий для фазовых диаграмм систем $\text{BaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{BaO}-\text{FeO}$, $\text{BaO}-\text{Na}_2\text{O}$, $\text{BaO}-\text{PbO}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{PbO}$, $\text{BaO}-\text{V}_2\text{O}_3$ и др.

Результаты работы будут использованы для последующего анализа более сложных систем и выработки рекомендаций по совершенствованию процесса выращивания кристаллов $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ из оксидного расплава.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-01043_а.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМАХ Cu–Ti–C И Cu–W–C В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА НА ОСНОВЕ МЕДИ

Трофимов Е.А.,^а Самойлова О.В.^б

^аЮжно-Уральский государственный университет (филиал),
456227, Златоуст, Тургенева, 16, e-mail: tea7510@gmail.com

^бЮжно-Уральский государственный университет,
454080, Челябинск, проспект Ленина, 76

Фазовые равновесия, реализуемые в системах Cu–Ti–C и Cu–W–C представляют интерес, прежде всего, с точки зрения анализа технологии упрочнения медных сплавов частицами тугоплавких, повышающих износостойкость карбидов. Взаимодействие в системах Cu–Ti–C и Cu–W–C до настоящего времени изучено слабо, поэтому целью настоящей работы стало проведение термодинамического моделирования фазовых равновесий в системах Cu–Ti–C и Cu–W–C, а также экспериментальное исследование фазовых равновесий, реализуемых в этих системах.

В процессе моделирования и построения фазовых диаграмм использовался программный пакет FactSage (версия 7.0). Для расчёта фазовых диаграмм исследуемых систем (а также для предваряющего основное моделирование расчёта диаграмм систем Cu–Ti, Cu–W, Cu–C, Ti–C и W–C) использованы данные баз данных SGTE2011(с поправками от 2013 г.), SGPS, а также данные собственной базы термодинамических характеристик фаз переменного состава. Результаты этих расчётов сопоставлены с имеющимися литературными данными. Результатом работ по моделированию фазовых равновесий в системах Cu–Ti–C и Cu–W–C стали фазовые диаграммы исследуемых систем в форме изотермических и изоконцентрационных разрезов, а также в форме проекций областей фазовых равновесий на области составов жидкого металла на основе меди.

Экспериментальное исследование, главным образом, состояло в электронно-микроскопическом изучении состава, размеров и формы включений (в том числе карбидных), образовавшихся в процессе быстрой кристаллизации металлических расплавов систем Cu–Ti–C и Cu–W–C, в которых медь является преобладающим элементом. Полученные в процессе исследования результаты позволяют рационально подходить к выбору режимов упрочнения медных сплавов частицами карбидов вольфрама и титана.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00133_а.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ РАВНОВЕСНОСТИ ЖИДКИХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Тягунов А.Г., Барышев Е.Е., Тягунов Г.В., Цепелев В.С.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: e.e.baryshev@urfu.ru*

Формирование структуры и свойств является основной задачей в процессе разработки технологий производства различных материалов¹. В металлургической практике такая задача решается исходя из позиций термодинамической науки о взаимодействии элементов в различных условиях. Системный характер такой науки вытекает из периодической таблицы Д.И. Менделеева¹.

Однако физико-химические уравнения, описывающие взаимодействие элементов при протекании реакций различного уровня, учитывают, как правило, равновесные условия. Причем вид отдельных реакций рассматривается избирательно, т.е. без анализа параллельно протекающих процессов с участием тех же элементов.

В реальных условиях неравновесность закладывается уже в процессе нагрева и плавления шихтовых материалов, особенно в плавках с большим содержанием металлических отходов. Существующие скорости нагрева превышают диффузионные возможности установления равновесных структур до их плавления.

В связи с этим при плавлении, связанном с потерей дальнего упорядочения, образующийся расплав наследует черты многочисленных ближних порядков составляющих шихты. Термическая устойчивость первичной неравновесной структуры расплава сохраняется в течение нескольких часов, либо изменяется при дальнейшем повышении температуры на несколько десятков градусов и заканчивается структурным превращением, т.е. изменением параметров ближнего порядка.

Технологии, учитывающие структурные особенности расплава, основаны на результатах изучения температурных зависимостей физических свойств жидкого металла, а также структуры, механических и служебных характеристик твердого. В промышленности такой научно обоснованный подход позволяет представить плавильный процесс в виде плоскостной диаграммы в координатах «температура – время» и называется термовременной обработкой расплава.

Литература

1. Еланский Г.Н. Стали и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. – М.: МГВМИ, 2012, - 196с.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИОЛОВ НА ЩЕЛОЧНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТАНТАЛО-НИОБАТОВ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА

Удоева Л.Ю., Мансурова А.Н., Баталов А.В.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: lyuud@yandex.ru*

С целью интенсификации процессов разложения химически устойчивых соединений ниобия и тантала исследовано поведение их пентаоксидов, а также танталатов и ниобатов марганца и железа, в щелочных растворах, содержащих многоатомные спирты – полиолы (ПО), обладающие комплексообразующими, окислительно-восстановительными свойствами и высокой реакционной способностью. Отсутствие сведений в литературе об использовании ПО в гидрометаллургии тантала и ниобия послужило основанием для изучения комплексообразования многоатомных спиртов с редкими (Nb, Ta) и связанными с ними в рудном сырье переходными металлами – Mn(II), Fe(II) и Fe(III).

Установлено, что в крепких щелочных растворах (100-400г/дм³ NaOH) как катионы Fe(II), Fe(III), Mn(II) так и анионы Nb(V), Ta(V) образуют устойчивые комплексные соединения с полиолами, что экспериментально подтверждено результатами исследований систем Me–NaOH–ПО методами осаждения, спектрофотометрии и ИК-спектроскопии. Устойчивость соединений возрастает в ряду глицерин – ксилит – сорбит, то есть по мере увеличения основности спиртов. В интервале температур 25-200°C ксилитные комплексы Nb(V), Ta(V) и Fe(III) термически стабильны. Комплексные соединения Fe(II) и Mn(II) выше 150°C разрушаются с образованием низших оксидов.

Взаимодействие с ПО положительно влияет на химическое растворение в щелочах соединений редких металлов, протекающее инконгруэнтно. Растворимость Nb₂O₅ и Ta₂O₅ повышается на 1-2 порядка в зависимости от концентрации NaOH. Эффект возрастает с повышением температуры процесса. Аналогично влияет ксилит и на разложения танталатов и ниобатов железа и марганца, при этом извлечение Nb и Ta в раствор выше для соединений железа, а степень разложения - для солей марганца. На основании полученных результатов предложены условия автоклавно-щелочного вскрытия танталит-колумбитового концентрата в присутствии ксилита и установлены закономерности влияния на процесс температуры, продолжительности и концентрации реагентов. Показана возможность использования ксилитно-щелочных растворов для химического обогащения редкометальных концентратов с селективным извлечением части тантала в растворимые соединения.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Федоров В.А.,^а Потолоков Н.А.,^а Менщикова Т.К.,^а Холстов В.И.^б

^а*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: fedorov@igic.ras.ru*

^б*Департамент реализации конвенционных обязательств Минпромторга России,
109074, Москва, Китайгородский пр-д, 7*

Обобщены результаты систематических исследований физико-химических основ процессов и технологий высокочистых мышьяк- и галлийсодержащих соединений из нетрадиционного сырья – отходов производства изделий полупроводниковой техники и цветной металлургии. Основное внимание уделено переработке продуктов детоксикации (уничтожения) химического оружия (люизита) в высокочистый мышьяк и его соединения, а также извлечению галлия из различных отходов полупроводникового производства и его глубокой очистке. Представлены данные по применению высокочистых веществ в технологии полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$. Показана целесообразность производства высокочистого мышьяка и галлия из нетрадиционного сырья.

С целью создания промышленного производства веществ на новой сырьевой базе выполнен цикл физико-химических, технологических и экологических исследований и обоснованы приоритетные направления, включая научные: комплексный анализ исходного сырья, исследование химических превращений примесей в процессах синтеза и глубокой очистки веществ: адсорбция, ректификация, сублимация, экстракция, кристаллизация; технологические: обоснование комплексных технологических схем получения высокочистых веществ и технологии; производственные: создание опытно-промышленной аппаратуры, выдача исходных данных на проектирование промышленного оборудования; экологические: оптимизация процессов с критерием минимальной экологической нагрузки, регенерация отходов; стандартизация и сертификация высокочистых продуктов.

Результаты исследований позволили разработать и реализовать экологически безопасные комплексные схемы получения высокочистых мышьяксодержащих веществ и галлия из нетрадиционного сырья. Получены и сертифицированы партии веществ с суммарным содержанием микропримесей $1 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-5}$ мас.%. Применение указанных веществ обеспечивает изготовление изделий микроэлектроники и оптики с высокими характеристиками.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ВЗРЫВНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ КАРБИДОВ С МЕТАЛЛАМИ

Харламов В.О., Крохалев А.В., Тупицин М.А., Кузьмин С.В., Лысак В.И.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: weld@vstu.ru*

Представлены результаты экспериментальных исследования возможности получения консолидированных порошковых твердых сплавов методом взрывного прессования без последующего спекания. В качестве основных карбидов сплавов использовались карбид вольфрама WC, хрома Cr₃C₂ и кремния SiC, в качестве металлической связки - титан, никель и медь. Давление сжатия порошковой смеси в ударных волнах при взрывном прессовании изменялось в интервале от 5 до 16 ГПа, температура разогрева от 250 до 950°C. Структура, химический и фазовый состав исследовались с помощью оптического (Carl Zeiss Axiovert 40MAT), растрового (FEI Versa 3D) и просвечивающих электронных микроскопов (FEI Titan 80-300, Tecnai G2 20F). Показано, что порошковые смеси с титановой связкой уплотняются существенно лучше, чем смеси с медью или никелем. Твердость материалов после взрывного прессования достигает 1200 HV. Обнаружен интервал температур, соответствующий $(0,35...0,4)T_{пл}$ (где $T_{пл}$ – абсолютная температура плавления основного карбида сплава), при переходе через который происходит изменение характера излома образцов с межкристаллитного на транскристаллитный, что связано с образованием прочных границ между карбидными частицами и металлической матрицей, которые представляют собой прослойки толщиной порядка 80...100 нм со своим собственным кристаллическим строением, отличным от строения основных компонентов сплава.

Работа выполнена при финансировании гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук, МК-4189.2015.8.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ВАННЕ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА

Хисамутдинов Н.Е.,^а Явойская О.В.,^б »^а

^аНациональный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4

^бУральский государственный аграрный университет,
620075, Екатеринбург, Карла Либкнехта, 42, e-mail: metal-olga@mail.ru

Технология кислородно-конвертерного производства стали в значительной степени определяется процессами, протекающими в реакционной зоне конвертера, которая состоит из «первичной» и «вторичной» зон.¹ «Первичная» зона представляет собой кратер, образовавшийся в результате соударения сверхзвуковой газовой струи с поверхностью расплавленного металла, заполненный каплями металла диаметром 0,1-2 мм. Окружающая ее «вторичная» зона состоит из огромного количества газовых пузырьков диаметром 0,2-4 мм. Суммарная площадь поверхности капель и пузырьков на 4 порядка больше площади поверхности спокойного расплава. Это говорит о той роли, которую играют процессы, протекающие на межфазных границах при производстве стали.

Структура реакционной зоны и распределение в ней температуры изучались методом «горячего» моделирования.² Самым неожиданным результатом здесь оказалась траектория движения пузырьков во «вторичной» зоне. Они двигались по нормали к поверхности кратера, т.е. почти горизонтально, вместо того, чтобы всплывать вертикально, как это наблюдалось при «холодном» моделировании на воде. Это очень важное явление обусловлено неоднократностью поверхностного натяжения, вследствие которого пузырек выталкивается в направлении его уменьшения. Неоднородность поверхностного натяжения обусловлена градиентами температуры (до 1200 °С) и концентрации кислорода.

Результирующая поверхностных сил толкает газовые пузырьки и частицы шлака вместе с массой расплавленного металла двигаться с ускорением горизонтально в сторону кратера. Это явление определяет всю гидродинамику сталеплавильной ванны и связанное с ней перераспределение кислорода между компонентами расплавленного металла, а, следовательно, процесс рафинирования стали в целом.

Литература

1. Баптизманский В.И., Охотский В.Б. «Физико-химические основы кислородно-конвертерного процесса» Монография. – Киев-Доценк: Вища школа. Головные изд-во. 1981. – 184 с.
2. Явойский В.И., Явойский А.В., Сизов А.М. «Применение пульсирующего дутья при производстве стали» М.: Металлургия, 1985, 176 с.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ РАСПЛАВЛЕННОЙ СИСТЕМЫ CsCl (18,3 мол %)–PbCl₂ (81,7 мол %)–PbO

Холкина А.С.,^{а,б} Архипов П.А.,^а Баушева А.В.,^{а,б} Худорожкова А.О.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: a.kholkina@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В технологиях получения чистых металлов с применением электролиза расплавов выбирают электролиты с определенными свойствами. Высокая вязкость и низкая электропроводность оксидных расплавов увеличивает энергетические характеристики процесса рафинирования. В хлоридных расплавах не удается вести процесс в течение длительного времени, поскольку с сырьем в расплав попадает некоторое количество оксида свинца и расплав становится оксидно-хлоридным.

Цель данной работы состоит в получении надежных сведений об электропроводности эвтектики CsCl(18,3 мол %)–PbCl₂(81,7 мол %) с добавками PbO от 0 до 18,0 мол %.

Значения электропроводности расплавленных смесей (PbCl₂ – CsCl) – PbO при 550 °С для расплавов с различным содержанием оксида свинца, а также значения коэффициентов уравнения $-Ln \kappa = A-B/T$ приведены в таблице 1.

PbO, мол. %	T, К	T _{ликва} , К	A	-B, К·10 ⁴	κ , Ом ⁻¹ ·м ⁻¹ ·10 ² при 550 °С	E _{акт} , кДж/ моль
0	713-818	697	2,222	0,169	1,391	14,0
1,0	768-838	690	2,103	0,186	1,274	15,5
3,2	713-828	684	2,181	0,189	1,136	15,7
10,0	783-873	688	2,204	0,203	0,937	16,9
18,0	793-863	762	1,832	0,247	0,796	20,5

Таблица 1. Электропроводность и энергия активации расплава (PbCl₂ – CsCl) – PbO

Как видно из таблицы, электропроводность исследуемой системы CsCl (18,3 мол %)–PbCl₂ (81,7 мол %) уменьшается, а энергия активации возрастает с увеличением концентрации PbO.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-03-00368 а.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИТИООКСАМИДИРОВАННОГО ПОЛИСИЛОКСАНА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Холмогорова А.С., Неудачина Л.К., Свинцова Е.А.

*Уральский федеральный университет,
Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: kholmogorova@mail.ru*

Определение металлов платиновой группы в различных объектах зачастую невозможно без предварительной стадии концентрирования и отделения от маточных компонентов пробы. Метод сорбционного концентрирования с применением микроколонок является перспективным методом и широко используется при анализе микроэлементов благодаря возможности автоматизации и высокой воспроизводимости результатов.

В настоящей работе в качестве селективного сорбента для концентрирования и разделения Pd(II) и Pt(IV) синтезирован полисилоксан с привитыми группами рубееводородной кислоты: концентрация дитиооксамидных групп составила 0.28, 0.68 и 0.90 ммоль/г.

Для проведения сорбционного эксперимента использовали концентрирующий патрон ДИАПАК, заполненный полисилоксаном. Раствор, содержащий ионы Pd(II), Pt(IV), Cu(II), Ni(II), Co(II), Mn(II), Cd(II), Zn(II), Pb(II), Ca(II) и Mg(II) с концентрацией $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, пропускали через патрон со скоростью 2 мл/мин. Концентрацию ионов металлов в порциях фильтрата после сорбции определяли методом АЭС-ИСП. Сорбционную емкость дитиооксамидированных полисилоксанов по ионам металлов рассчитывали из динамических кривых, когда концентрации ионов металлов в растворе на выходе из патрона составляла 95-100% от начальной концентрации (таблица 1).

Таблица 1. Значение сорбционной емкости дитиооксамидированного полисилоксана в условиях конкурентной сорбции

Концентрация привитых групп, ммоль/г	Сорбционная емкость, ммоль/г			
	Pd(II)	Pt(II)	Cu(II)	Др. металлы
0.28	0.272	0.089	0.087	<0.039
0.68	0.660	0.312	0.160	<0.036
0.90	0.717	0.320	0.123	<0.182

На основании полученных результатов сделан вывод о том, что применение дитиооксамидированного полисилоксана позволяет отделять ионы Pd(II) от Pt(IV), Cu(II) и других металлов, находящихся в растворе.

Анализ литературных данных по сорбируемости платиновых металлов на кремнийсодержащих сорбентах показывает, что исследуемый полисилоксан является конкурентноспособным сорбентом для извлечения ионов Pd(II).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00292 мол_а.

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ АТОМОВ БОРА И ИОНОВ ЛЕГКИХ РЗЭ В НАТРИЕВОБОРАТНЫХ РАСПЛАВАХ

Хохряков А.А., Вершинин А.О., Пайвин А.С., Истомин С.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена 101, e-mail: skynet_online@inbox.ru*

Методом электронной спектроскопии определены координационные числа (к.ч.) атомов бора и ионов Re^{3+} ($\text{Re} = \text{Ce}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}$) в расплавах $x\text{Na}_2\text{O}-(100-x)\text{B}_2\text{O}_3-\text{Re}_2\text{O}_3$, в которых $[\text{Re}]$ не превышала 0,02 мол.дол., при температуре $T=1273\text{K}$. Из спектров установлено, что группировки $\text{B}\phi_4^-$ имеют полосы поглощения в области $(3-4) \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$. Число полос поглощения зависит от симметрии полиэдра $\text{B}\phi_4^-$. Во всех боратных расплавах с ростом концентрации Na_2O найдены циклические изменения к.ч. атомов бора. Максимальное число группировок $\text{B}\phi_4^-$ приходится на составы 8, 30 и 40 мол.% Na_2O . В интервале $0 < x < 8$ (x -мол.% Na_2O) растворение Na_2O идет по катионным вакансиям той части борокислородной сетки расплава, которая состоит из неупорядоченных единиц $\text{B}\phi_3^-$. Каждый оксидный ион, вводимый с Na_2O обеспечивает формирование мостиковых связей $\text{B}^{\text{IV}}-\text{O}-\text{B}^{\text{IV}}$. Дальнейшее увеличение концентрации Na_2O ($8 < x < 15$) увеличивает зарядовую плотность в областях с мостиковыми связями. Все это приводит к трансформации $\text{B}\phi_4^-$ в метаборатные треугольники $\text{B}\phi_2\text{O}^-$ (O-немостиковый кислород) и насыщению координационного состояния ионов-модификаторов. При $x > 15$ происходит преобразование более плотной части борокислородной сетки расплава-борокислородных колец. Эти структуры трансформируются последовательно в кольцевые группировки с одним и двумя полиэдрами $\text{B}\phi_4^-$. При $x > 40$ кольцевые полиборатные группы разрушаются с образованием пиро- и ортоборатных групп. В щелочноборатных расплавах, содержащих ионы Re^{3+} , при составах $0 < x < 15$ к.ч. ионов Re^{3+} изменяется с 6 до 8. Увеличение координационного числа ионов Re^{3+} происходит из-за общего увеличения концентрации оксидных ионов в расплаве. Особенностью систем $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Re}_2\text{O}_3$ в отличие от $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$ является наличие второго минимума на кривой зависимости концентрации $\text{B}\phi_4^-$ от состава расплава. Этот минимум связан с пересечением некольцевых группировок, содержащих насыщенные по к.ч. ионы Na^+ и Re^{3+} и группировок с мостиковыми связями $\text{B}^{\text{IV}}-\text{O}-\text{B}^{\text{IV}}$ кольцевых полиборатных групп. Это приводит к дополнительным межионным взаимодействиям, в результате которых с увеличением концентрации Na_2O происходит преобразование полиэдров $\text{B}\phi_4^-$ в метаборатные группировки $\text{B}\phi_2\text{O}^-$ и насыщение координационного состояния ионов натрия в каналах с мостиковыми связями. Этот процесс ограничен поляризующими свойствами ионов Re^{3+} . При дальнейшем увеличении концентрации Na_2O в этих расплавах происходят те же структурные преобразования, что и в бинарной системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$.

Работа выполнена по теме № 0396-2015-0077 с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ IV-VIII ГРУПП ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СУЛЬФАТАМИ НАТРИЯ, КАЛЬЦИЯ

Чумарев В.М.

*Институт металлургии УрО РАН,
120016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: pcmllab@mail.ru*

Изучение высокотемпературных взаимодействий элементов IV (Si, Sn), V (V, Nb, Ta), VI (Cr, Mo, W), VII (Mn) и VIII (Fe, Ni, Co) групп периодической системы Д.И. Менделеева с сульфатами натрия и кальция показало, что ход реакций в системе элемент-сульфат натрия (кальция) определяется с одной стороны электроотрицательностью и сродством элемента к сере, с другой – донорно-акцепторными свойствами катионов элементов. Так, при переходе от элементов, характеризующихся катионами с основными свойствами, к элементам, катионы которых склонны к сильному комплексообразованию, увеличивается в продуктах взаимодействия количество соединений типа $\text{Ca}(\text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Me}_x\text{O}_y$ и одновременно уменьшается содержание сульфида окисляющегося элемента. Аналогичная зависимость прослеживается внутри подгрупп элементов – аналогов. Здесь также нарастание щелочных свойств катионов, например, в ряду Mo, W, Cr, приводит к увеличению в продуктах окисления свободных оксидов.

В макрокинетике окисления элементов сульфатами натрия и кальция доминирующая роль принадлежит диффузионным процессам в слое продуктов. При этом реализуются следующие известные из теории окисления металлов лимитирующие стадии:

- перенос ионов к окислителю через слой нарастающих продуктов реакции (в системе Э/Fe, Co, Ni, Sn/ - CaSO_4 ; Э/Cr, Mn, Fe/ - Na_2SO_4);
- доставка окислителя к поверхности элемента (в системе Э/Si, Sn, V, Nb, Ta, Mo, W/ - Na_2SO_4);
- перенос окислителя к поверхности элементов через газовую фазу (при нагреве Э/Si, Ta/- CaSO_4).

Большие скорости окисления Fe, Co, Sn сульфатом кальция, а Si, V, Nb, Ta, Mo, W сульфатом натрия обеспечиваются образованием жидких фаз – легкоплавких соединений и эвтектик.

В кинетике взаимодействия кристаллических и жидких сплавов с расплавами сульфатов определяющее значение принадлежит массопереносу в продуктах окисления сплавов. Внешнедиффузионным торможением процесса объяснена избирательность окисления компонентов жидких сплавов расплавами сульфатов натрия и кальция.

ТЕРМОДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРАЗЕОДИМА С ЭВТЕКТИЧЕСКИМ РАСПЛАВОМ Ga-Al

**Ямщиков Л.Ф.,^а Мельчаков С.Ю.,^б Иванов В.А.,^а Осипенко А.Г.,^а
Шуняев К.Ю.,^б Лисиенко Д.Г.^а**

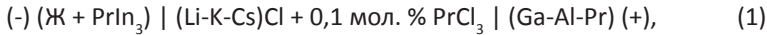
^аУральский федеральный университет,

620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: leonid.iamshchikov@urfu.ru

^бИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

Отсутствие сведений о термодинамических свойствах празеодима в жидкометаллических расплавах Ga-Al не позволяет оценить возможность использования этих расплавов в пирохимических технологиях фракционирования ядерных отходов. Содержание алюминия в расплавах Ga-Al составляет 2,1 мол. % Al, а температура плавления 299,75 К. В двойных системах Pr-Al и Pr-Ga в равновесии с легкоплавким металлом существуют соединения Pr_3Al_{11} и соответственно $PrGa_6$ – до 739 К, $PrGa_4$ – до 897 К, $PrGa_2$ – конгруэнтно плавится при 1743 К. Диаграмма состояния сплавов в тройной системе Pr-Ga-Al не опубликована.

Термодинамические функции α -празеодима изучали методом ЭДС в гальваническом элементе (1):



где Pr-Ga-Al – насыщенный (до 15 мас.% Pr) или ненасыщенный празеодимом эвтектический расплав Ga-Al (Ж); (Ж + $PrIn_3$) – двухфазный сплав Pr-In с известными термодинамическими характеристиками, в котором до 1483 К в равновесии с жидкой фазой находятся интерметаллиды состава $PrIn_3$.

В интервале 572-1076 К растворимость (X), активность (a), коэффициенты активности (γ) празеодима в эвтектическом расплаве Ga-Al адекватно описываются уравнениями (2) – (4):

$$\lg a_{\alpha-Pr(Ga-Al)} = (6,544 - 16020/T) \pm 1,97 \sqrt{0,013 \left(\frac{1}{230} + \frac{(1/T - 0,0014)^2}{1,3 \cdot 10^{-5}} \right)}; \quad (2)$$

$$\lg \gamma_{\alpha-Pr(Ga-Al)} = (2,970 - 11210/T) \pm 1,97 \sqrt{0,031 \left(\frac{1}{248} + \frac{(1/T - 0,0011)^2}{0,8 \cdot 10^{-5}} \right)}; \quad (3)$$

$$\lg X_{Pr(Ga-Al)} = (3,574 - 4810/T) \pm 1,97 \sqrt{0,022 \left(\frac{1}{230} + \frac{(1/T - 0,0012)^2}{1,04 \cdot 10^{-5}} \right)}. \quad (4)$$

Найденные температурные зависимости активности и коэффициентов активности α -празеодима в эвтектическом сплаве Ga-Al близки по своим значениям к тем же функциям празеодима в индивидуальном жидком галлии, что свидетельствует о преимущественном взаимодействии празеодима с галлием.

ИНЖЕКЦИОННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СКАНДИЙСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Яценко С.П.,^а Овсянников Б.В.,^б Скачков В.М.,^а Варченя П.А.^б

^а*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: yatsenko@ihim.uran.ru*

^б*ОАО Каменск-Уральский металлургический завод,
623405, Каменск-Уральский, Заводская, 5, e-mail: OvsyannikovBV@kumw.ru*

Скандий в алюминиевых сплавах позволяет получать слитки и сварные швы с недендритной структурой и повышенным комплексом эксплуатационных свойств. Легированные малыми добавками скандия эти сплавы находят применение в авиационном и транспортном машиностроении. Предел текучести полуфабрикатов почти в два раза выше, чем у стандартных сплавов. Снизить стоимость сплавов и лигатур возможно за счёт использования инъекции порошков фторидно-хлоридных смесей щелочных, щелочноземельных и редких, включая скандий, металлов. Проведён ряд лабораторных и опытно-промышленных (ОАО «КУМЗ») плавов сплавов Al-Sc и Al-Mg-Sc методом инъекции газо-порошковой струи в расплав¹. Подобран оптимальный состав солей способствующий максимальному извлечению скандия, а также циркония, гафния и иттрия из расплава в алюминий и его сплавы. Присадку технологического порошка на заводе проводили при помощи установки «УФР-20». Технология включает подготовку солей, инъекцию при температуре выше 800°C, выдержку для отстоя, удаление шлака с поверхности, рафинирование флюсом, отливку слитков из газового миксера с фильтрацией расплава через стеклоткань и гомогенизацию слитков при температуре 360-380°C. Установлено положительное влияние инъекции током инертного газа на значительную очистку получаемых сплавов от вредных примесей (водорода, натрия, меди, марганца и др.). Показано, что метод инъекции технологического порошка в алюминиевый сплав может быть использован в промышленной печи с созданием масштабного выпуска фторида или оксида скандия из шлама глинозёмного производства или попутно с извлечением урана.

Литература

1. Скачков В.М., Варченя П.А., Овсянников Б.В., Яценко С.П. Инъекция технологических порошков, содержащих скандий, в алюминиевые сплавы. // *Цветные металлы*. 2013. №12. С.81-86.

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МАГНЕТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА ЛЕЙКОКСЕНОВЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Анисонян К.Г., Садыхов Г.Б., Олюнина Т.В., Гончаренко Т.В., Леонтьев Л.И.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: grikar84@mail.ru*

Изучение физико-химических закономерностей магнетизирующего обжига лейкоксенового концентрата представляет непосредственный интерес при разработке нового способа обогащения лейкоксеновых руд и концентратов Ярегского месторождения. Последующая магнитная сепарация продукта магнетизирующего обжига позволяет удалить свободные зерна кварца и получить богатый титановый концентрат (до 67% TiO_2), из которого после химического обескремнивания могут быть получены синтетические рутил и волластонит.

Фазовые превращения, протекающие при восстановлении лейкоксенового концентрата газообразным (H_2 , CO/H_2O , CO_2) и твердым (сажа) восстановителями были исследованы в широкой температурной области (600-1300°C). Показано, что возникновение и усиление магнитных свойств у продуктов обжига, связанное с восстановлением оксидов железа до $Fe_{мет}$ в зернах лейкоксена, зависит от состава формирующихся в различных условиях титановых фаз. Наиболее высокие магнитные свойства достигаются при восстановлении лейкоксенового концентрата в интервале температур 850-1100°C, что связано с образованием титановых фаз сложного состава на основе фаз Магнели (Ti_nO_{2n-1} , $n \geq 4$). Катионы Fe^{2+} растворяются в них и образуют железосодержащие фазы Магнели, которые при понижении температуры распадаются с выделением $Fe_{мет}$, тонко распределенного по всему объему титаносодержащих зерен. В высокотемпературной области (>1200°C) в зависимости от условий восстановления возможно образование дититаната железа ($FeTi_2O_5$) или аносовита ($Fe_xTi_{3-x}O_5$, где $0 < x < 1$), что приводит к значительному ослаблению магнитных свойств титаносодержащих зерен.

Результаты изучения физико-химических закономерностей процесса восстановления лейкоксенового сырья позволяют устранить нежелательные факторы, отрицательно влияющие на магнитные свойства продуктов магнетизирующего обжига и получить титаносодержащие продукты с максимальной магнитной восприимчивостью.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ФАЗ В АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ СТАЛИ ПРИ ВТМО И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Вихарева Т.В., Фомина О.В., Калинин Г.Ю., Петров С.Н.

*Центральный научно-исследовательский институт "Прометей"
им. акад. И.В. Горынина, 191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49,
e-mail: npk3@crism.ru*

Производство листового проката из азотсодержащей стали марки 04X20H6Г11М2АФБ, обладающей высокими характеристиками прочности и пластичности, сопряжено с рядом трудностей технологического характера, связанных со сложностью управления процессами структурообразования в процессе горячей деформации и последующей термообработки. В частности, на формирование однородной мелкозернистой структуры оказывает сильное влияние распределение и морфология выделяющихся в процессе обработки вторичных фаз (нитридов, карбидов и карбонитридов).

Установлены температурные интервалы выделения и характер распределения в структуре вторичных фаз в исследуемой стали без деформации и после деформационной стимуляции. Определено, что наибольшее количество вторичных фаз, расположенных как на границах, так и в теле зерен, выделяется после изотермических выдержек образцов без деформации при 750 и 950 °С. При проведении деформирования в интервале температур 900-1100 °С установлено, что с увеличением степени деформации с 10 % до 30 % происходит стимуляция выделения частиц вторичных фаз за счет увеличения дефектности структуры. При уменьшении скорости охлаждения количество частиц увеличивается преимущественно по границам зерен. С повышением температуры испытания и степени деформации реализуются процессы разупрочнения, количество выделений вторичной фазы уменьшается.

Были исследованы процессы растворения вторичных фаз при прямом нагреве до температуры предполагаемой термической обработки, а также их формирование при последующем охлаждении. В результате проведенных исследований было определено, что после изотермической выдержки при 1000 - 1150 °С и скорости охлаждения 0,5 °С/с выделившиеся частицы вторичных фаз располагаются по границам зерен. С увеличением скорости охлаждения до 25 °С/с частицы располагаются, в основном, в теле зерна. Также установлено, что при нагреве 1000-1100 °С протекает процесс статической рекристаллизации. При температуре 1150 °С отмечена неоднородность структуры по размеру зерна.

ПОЛУЧЕНИЕ КАРКАСНЫХ КОМПОЗИТОВ УГЛЕГРАФИТ – СПЛАВ АЛЮМИНИЯ

Головинов П.С., Гулевский В.А., Черничкин Е.Е., Кидалов Н.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, e-mail: pashabanshik@mail.ru*

Одним из чрезвычайно перспективных направлений в области создания высокоэффективных композитов функционального назначения является разработка композиционных материалов (КМ) на основе пористого углеграфитового каркаса, пропитанного сплавами металлов, обладающих повышенной химической стойкостью и хорошими антифрикционными свойствами¹. Согласно экспертным оценкам композиционные материалы системы «пористый углеграфит – сплавы алюминия» весьма перспективны при использовании их в качестве вкладышей радиальных и упорных подшипников, направляющих втулок, пластин, поршневых колец, щеток токосъемных элементов, элементов торцевых уплотнений в изделиях машиностроения, приборостроения, а также в технологическом оборудовании для химической и нефтеперерабатывающей промышленности².

По предложенному способу³ был получен КМ углеграфит АГ-1500 – сплав алюминия. Образец углеграфита был выполнен в виде куба со стороной 30 мм, имеющего открытую пористость 15%. Объем углеграфитового каркаса составлял 900 мм³, объем пор в каркасе составлял 135 мм³.

Преимущество пропитки сплавами на основе алюминия: наилучшая возможность повысить прочность, твердость, улучшить износостойкость материала. Алюминий обладает высокой коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, хорошими антифрикционными свойствами.

Литература

1. Костиков В.И., Варенков А.Н. Взаимодействие металлических расплавов с углеродными материалами. М.: Металлургия, 1981. 184 с.
2. Заболоцкий А.А. Композиционные материалы с металлической матрицей (обзор). Новости науки и техники. Серия новые материалы, технологии их производства и обработки. ВИНТИ, 1989, № 11, 55 с.
3. Пат. 2571295 РФ, МПК В22F3/26. Способ изготовления композиционных материалов / В.А. Гулевский, П.С. Головинов, Н.А. Кидалов, В.И. Антипов, А.Г. Колмаков, Л.В. Виноградов; ВолгГТУ. - 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПРИ ОКИСЛЕНИИ ТИТАНОВАНАДИЕВЫХ ШЛАКОВ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ВАНАДИЯ

Гончаров К.В., Садыхов Г.Б., Гончаренко Т.В., Олюнина Т.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: goncharov-imet@mail.ru*

Титаномагнетиты - основное сырье для производства ванадия. В ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН проводятся исследования по разработке технологии переработки титаномагнетитовых концентратов, позволяющей увеличить сквозное извлечение ванадия в 1,5-2 раза по сравнению с существующими промышленными способами. Применение методов прямого получения железа позволяет практически весь ванадий перевести в шлаковую фазу с получением комплексного шлака, содержащего 20-40% TiO_2 и 2,5-7% V_2O_5 , в зависимости от исходного сырья. Эти шлаки недостаточно изучены и исследование их структуры и фазовых превращений в процессе окислительного обжига позволит найти оптимальные условия извлечения ванадия.

Установлено, что титанованадиевые шлаки состоят из аносовита, шпинелидов титана и алюминия, ильменита, перовскита, алюмотитаната кальция сложного состава и стекловидной фазы. Согласно данным рентгеноспектрального микрозондового анализа в рассматриваемых шлаках ванадий концентрируется в шпинелидах, аносовите, алюмотитанате кальция и в меньшей мере в перовските. Извлечение ванадия из титанованадиевых шлаков осуществляется по схеме окислительный обжиг-выщелачивание. Теоритически, в процессе обжига происходит разрушение ванадийсодержащих фаз с освобождением ванадия и связыванием его в растворимые ванадаты кальция. Однако, по полученным нами данным титанованадиевые шлаки могут содержать некоторые неразрушимые при окислительном обжиге фазы, такие как перовскит и алюмотитанат кальция.

Установлено, что степень извлечения ванадия в оптимальных условиях обжига достигает 90% и выше в шлаках, где основными ванадийсодержащими фазами являются аносовит и шпинелиды. Данные фазы разрушаются в процессе обжига с образованием псевдобрукита и других соединений. Однако, если шлаки имеют в своей структуре фазы перовскита и алюмотитаната кальция, то степень извлечения ванадия значительно снижается, т.к. эти фазы в условиях обжига не претерпевают значительных изменений.

Таким образом, высокие показатели извлечения ванадия из комплексных титанованадиевых шлаков (85-90% и более) достигаются не только путем выбора оптимальных условий окислительного обжига и выщелачивания, но и получением шлака с заданным фазовым составом.

ЭКСТРАКЦИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕКУПЕРАЦИИ МЕДИ И ЦИНКА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Губин А.Ф., Кондратьева Е.С., Колесников А.В.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: kondratevaes@gmail.com

Предложена схема переработки медно-цинковых пылевидных отходов, образующихся при выплавке латунных сплавов с использованием двухстадийного выщелачивания. Отходы образовались из металлургического шлака после его дробления, просеивания и выделения крупных медных фракций. Оставшийся после этих операций пылевидный остаток стал предметом исследований, химический состав ниже.

Компонент	Cu	Zn	Mn	Fe	Pb	Sn	Al
Содержание, мас. %	25-30,5	38,0	0,2	0,8	1,8	0,1	0,2

Таблица 1. Химический состав медно – цинковых отходов.

На первой стадии при выщелачивании пыли раствором 0,5 моль/л серной кислоты получают продукционный раствор содержащий основное количество ионов цинка (0,46 моль/л) и некоторое количество ионов меди (менее 0,02 моль/л). Следует отметить, что количество меди, перешедшее в раствор, составляет лишь 3% от расчетного содержания, это можно объяснить тем, что медь находится в не окисленной форме. В отфильтрованном осадке осталась основная часть меди и другие сопутствующие металлы. Из этого раствора последовательно электрохимически выделяли медь при плотности тока 0,1 А/дм², а далее цинк при 5,0 А/дм². Сухой остаток (кек) подвергали медно-аммиачному выщелачиванию, в результате чего вся медь перешла в раствор, а сопутствующие металлы остались в нерастворенном виде. Для извлечения меди из полученного раствора применяли жидкостную экстракцию раствором ДХ-510А. Из органической фазы ионы меди выделяли реэкстракцией раствором серной кислоты. Из полученного сернокислого электролита при плотности тока 2,0 А/дм² выделили катодную медь.

Преимуществом предложенной схемы является повышение экологичности, благодаря использованию рециркуляции растворов на всех стадиях процесса, а также минимизация отходов всего процесса переработки пылевидного металлургического шлама.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения о предоставлении субсидии, 14.577.21.0174, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57715X0174.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНЫХ ПОКОВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Ерошкин С.Б.,^а Ефимов С.В.,^а Орыщенко А.С.,^б Цуканов В.В.^б

^аООО «ОМЗ» Спецсталь»,

196650, С.-Петербург, Колпино, Ижорский завод, e-mail: specsteel@omzglobal.com

^бЦНИИ конструкционных материалов «Прометей»,

191015, С.-Петербург, Шпалерная, 49, e-mail: npk3@crism.ru

Современные тенденции развития энергетического машиностроения требуют реализации новых подходов при производстве заготовок для повышения ресурсной стойкости изделий.

При производстве крупных заготовок роторов, корпусов реакторов, валков прокатных станов, плит для штампов горячей и холодной обработки металлов давлением для решения данных задач основной акцент делается на следующих элементах технологии:

1. Выбор оптимального состава стали для обеспечения необходимого комплекса исходных механических свойств с учетом прогнозирования возможной деградации свойств в процессе эксплуатации;

2. Оптимальные условия подготовки и проведения плавки:

2.1. Подбор необходимых по качеству исходных шихтовых материалов требуемой чистоты;

2.2. Выбор соответствующих сталеплавильных агрегатов и соблюдение технологии плавки, в том числе и по обеспечению максимального снижения содержания водорода в стали.

3. Обоснование термомодеформационных режимовковки для обеспечения наилучшей проработки литой структуры и, с учетом последующей предварительной и окончательной термической обработки, обеспечения максимально возможного измельчения зерна в стали.

4. Назначение режимов ПТО должно включать операции по наиболее эффективному прохождению $A \rightarrow F+P$ превращения, ряда переохлаждений, выдержек, перекристаллизацию в диапазоне температур рекристаллизации и отпуск.

Суммарная эффективность проведения указанных мероприятий позволяет получать металлургические полуфабрикаты высокого качества и обеспечивать повышение ресурса эксплуатации и КПД установок с их применением.

Литература

1. Цуканов В.В. Современные стали и технологии в энергомашиностроении. Санкт-Петербург: Изд. Профессионал, 2014.- 461 с.
2. Цуканов В.В. О рекристаллизации аустенитного зерна стали крупных поковок. Вопросы судостроения. Серия Металловедение. 1980, №31, с 21-25.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ АВТОКЛАВНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЛЕЙКОКСЕНОVOГО КОНЦЕНТРАТА ЩЕЛОЧНЫМИ РАСТВОРАМИ

Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Гончаренко Т.В.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: nboxclear@gmail.com*

Лейкоксеновый концентрат состоит из зерен лейкосена, представляющих собой достаточно пористый материал, внутри которого находится кварц в тонком прорастании с рутилом («внутренний» кварц), и свободных зерен кварца. Процесс автоклавного выщелачивания концентрата щелочными растворами протекает через образование промежуточного соединения Na_2SiO_3 и зависит от скорости взаимодействия NaOH с кварцем. В работе рассмотрены особенности кинетики процесса: показан механизм и определены лимитирующие стадии обескремнивания.

При изучении кинетики процесса обескремнивания исходили из диффузионной теории макроскопических гетерогенных процессов¹.

Были установлены следующие лимитирующие области взаимодействия кварца со щелочными реагентами:

- внутрикинетический режим (взаимодействие щелочи с кварцем внутри зерен лейкосена с образованием Na_2SiO_3);
- внешнекинетический режим (взаимодействие метасиликата натрия со свободным кварцем с образованием $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ и $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$);
- внешнедиффузионный режим (диффузия реагента к поверхности через образующиеся гелеобразные пленки из полисиликатов натрия).

В результате показано, что процесс растворения кварца при автоклавном выщелачивании лейкоксенового концентрата имеет ступенчатый механизм: сначала происходит растворение «внутреннего» кварца, а затем – свободного.

Литература

1. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. 502 с.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ $\text{MoS}_2\text{-CaO-O}_2$, $\text{ReS}_2\text{-CaO-O}_2$

Зеленин Е.А., Халезов Б.Д., Ватолин Н.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: zelenin.imet@mail.ru*

Молибденит является основным рудным минералом молибдена. Существующие технологии переработки молибденитовых концентратов основаны на окислительном обжиге с выделением в газовую фазу сернистого газа, большей части рения в виде Re_2O_7 и частично молибдена в виде MoO_3 . Что создает экологические проблемы и приводит к безвозвратным потерям металлов.¹

При помощи программного комплекса HSC-6 изучен процесс окисления дисульфида молибдена и дисульфида рения кислородом воздуха в присутствии оксида кальция и определены условия, при которых возможно исключить образование газообразных продуктов, таких как SO_2 , SO_3 , Re_2O_7 , MoO_3 .^{2,3}

Рассмотрены различные мольные соотношения $\text{MoS}_2\text{-CaO-O}_2$ и $\text{ReS}_2\text{-CaO-O}_2$, максимальная убыль свободной энергии ΔG_T соответствует соотношениям $\text{MoS}_2\text{-3CaO-4,5O}_2$ и $2\text{ReS}_2\text{-5CaO-9,5O}_2$ в диапазоне температур 298-1273°K.^{4,5}

Концентрации газообразных веществ при максимальной температуре 985°K в системах $\text{MoS}_2\text{-3CaO-4,5O}_2$ и $2\text{ReS}_2\text{-5CaO-9,5O}_2$: $\text{SO}_{2(g)}$ 10мг/м³ приводит к незначительному выделению токсичных газов: $\text{SO}_{3(g)}$ 0,06мг/м³, которые соответствуют ПДК. Потери рения в газовую фазу составляют 0,1% от изначально заданного.

Литература

1. Зеликман А.Н. Молибден. М.: Металлургия, 1970. 440 с.
2. Ватолин Н.А., Халезов Б.Д., Лобанов В.Г., Зеленин Е.А. Патент РФ №2393253, Бюл. №18, 27.06.2010
3. Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database. Pori: Outokumpu Research OY, 2002.
4. Евдокимова О.В. Оптимизация определения рения в молибденовом рудном сырье методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Екатеринбург, 2013. 107 с.
5. Удалов Ю.П. Применение программных комплексов вычислительной и геометрической термодинамики в проектировании технологических процессов неорганических веществ. СПб.: СПбГИ (ТУ). 2012. 187с.

ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ Ni, Cu, Fe ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.

Колесников В.А., Бродский В.А., Гайдукова А.М.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: kolesnikov-tnv-i-ep@yandex.ru*

Сточные воды металлургических предприятий характеризуются повышенным содержанием, что может приводить к изменению физико-химических характеристик растворов и извлекаемых дисперсных частиц, обуславливающих эффективность электрофлотационного процесса.

Установлено, что полнота и эффективность процесса электрофлотационного извлечения зависит от природы дисперсной фазы и природы электролита. Поэтому представляется целесообразным провести общую оценку влияния концентрированных растворов фоновых электролитов (NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄) на дисперсность и заряд труднорастворимых соединений Ni, Cu, Fe, а так же электропроводность растворов (таблица 1).

Электролит	Ni, pH 10 – 10,5			Cu, pH 9 – 9,5			Fe, pH 6,5 – 7		
	d _{ср} , мкм	ζ, мВ	κ, мСм/см	d _{ср} , мкм	ζ, мВ	κ, мСм/см	d _{ср} , мкм	ζ, мВ	κ, мСм/см
Без электролита	50	-7	0,4	54	-1	0,2	58	+2	0,9
NaCl	41	-9	134	29	-2	138	50	+4	128
NaNO ₃	31	-7	89	44	-2	83	53	+8	87
Na ₂ SO ₂	38	-10	80	35	-10	77	55	-13	79

Таблица 1. Зависимость дисперсных характеристик частиц дисперсной фазы никеля, меди и железа от природы фонового электролита

$$C_{\text{исх}}(\text{Me}^{n+}) = 50 \text{ мг/л}, C(\text{эл-т}) = 100 \text{ г/л}$$

Установлено, что вне зависимости от природы фонового электролита, в концентрированных растворах NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄ происходит снижение среднего гидродинамического диаметра частиц дисперсной фазы для всех рассмотренных металлов. При этом влияние каждой соли на d_{ср} индивидуально и зависит от металла дисперсной фазы. Отмечено, что введение в растворы Na₂SO₄ приводит к снижению значений электрокинетического потенциала вне зависимости от природы извлекаемых металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения о предоставлении субсидии, 14.574.21.0110, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57414X0110.

ПОВЫШЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕЙКОКСЕНОVOГО КОНЦЕНТРАТА В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ОБЖИГА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ СЕРНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Копьёв Д.Ю., Садыхов Г.Б., Олюнина Т.В., Гончаренко Т.В., Леонтьев Л.И.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: kopyevd@yandex.ru*

Россия при возвращении Крыма получила крупное производство пигментного TiO_2 серноокислотным способом (Крымский титан). При этом сырьевые связи предприятия оказались нарушены из-за политической конъюнктуры. Для обеспечения России титановым сырьём перспективным месторождением является Ярегское месторождение лейкоксеновых песчаников, с содержанием TiO_2 10 - 12%. Флотационное обогащение позволяет получать концентрат с содержанием, (%): TiO_2 50; SiO_2 40; Fe_2O_3 2-3,5 и пр. Использование данного концентрата для переработки серноокислотным способом невозможно из-за устойчивости рутила в серной кислоте.

Известно, что аносовит обладает большей реакционной способностью в серной кислоте, чем рутил. Следовательно, повысить химическую активность (т.е. степень вскрытия) концентрата можно с помощью восстановительного обжига. Кроме того, как показали ранее проведенные нами исследования, восстановление тонкодисперсного железа распределенного в титансодержащих фазах из оксидов до металлического состояния позволяет электромагнитной сепарацией удалить свободные зерна кварца и повысить содержание TiO_2 до ~65%.

Нами исследовалось влияние температуры обжига в интервале 1300-1450°C, количества добавляемого углерода от 0,6 до 7,5% и продолжительности от 0 до 60 минут на степень вскрытия концентрата в H_2SO_4 . Было установлено, что с повышением данных параметров степень вскрытия концентрата повышалась, особенно интенсивно при увеличении температуры от 1350 до 1400°C, количества восстановителя от 0,6 до 5% и продолжительности от 0 до 30 минут. Степень вскрытия титановых фаз образца, обожженного при 1450°C с добавкой 7,5% С в течение 60 минут, в концентрированной H_2SO_4 составила более 94%. Следовательно, продукты восстановления лейкоксенового концентрата можно перерабатывать серноокислотным способом с получением TiO_2 .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-01129.

СИНТЕЗ И ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МОНОГИДРАТА ХЛОРИДА НЕОДИМА

Поляченко О.Г., Огородникова Т.Г., Войтенко С.И., Дудкина Е.Н., Поляченко Л.Д.

*Могилевский государственный университет продовольствия, Беларусь,
2012027, Могилев, проспект Шмидта, 3, e-mail: polyachenok@mogilev.by*

Редкоземельные металлы (РЗМ) и их соединения играют важную роль в создании новых материалов, часто обладающих уникальными свойствами. В частности, неодим применяется для изготовления очень сильных неодимовых магнитов, которые широко используются в электронике, медицине, различных областях промышленности и даже в быту. Металлургия РЗМ включает в себя получение безводных хлоридов или фторидов и их высокотемпературное восстановление активными металлами, при этом хлоридная технология обладает определенными преимуществами. Однако у нее есть и существенный недостаток – хлориды РЗМ легко гидролизуются парами воды. Поэтому в промышленных масштабах не удастся реализовать самый простой и дешевый способ получения безводных хлоридов – обезвоживанием гидратов хлоридов, кристаллизующихся из водных растворов.

В связи с этим большой интерес представляют сведения о процессах дегидратации хлоридов РЗМ и их гидролизе парами воды. Ранее¹ нами был синтезирован дигидрат NdCl_3 , изучено его термическое разложение и определены стандартные термодинамические характеристики низших гидратов. Новые данные об этих процессах были нами получены в результате изучения термического разложения моногидрата NdCl_3 , полученного термическим разложением дигидрата при температуре 110 °С.

Моногидрат имел кажущийся состав $\text{NdCl}_3 \cdot 0,87\text{H}_2\text{O}$ и при растворении в воде давал мутный раствор, т.е. он содержал значительное количество продуктов гидролиза. На дериватограммах моногидрата после его полного разложения при температуре 264 °С четко наблюдается еще одна ступенька термического разложения при температуре 401 °С (при давлении паров воды 1 атм), что может быть объяснено только термическим разложением $\text{Nd}(\text{OH})_2\text{Cl}$, в соответствии с данными работы². По потере массы образцов определено молярное соотношение $\text{NdCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $\text{Nd}(\text{OH})_2\text{Cl}$ в исходном веществе, равное 3:1.

Литература

1. Polyachenok O.G., Oгородnikova T.G., Voitenko S.I., Dudkina E.N., Polyachenok L.D. *RCCT-2015*, Nizhni Novgorod: Abstracts, 158.
2. Kipouros G. J., Sharma R. A. *J. Less-Common Metals*, 1990, **160**, 85.

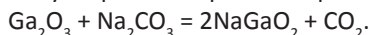
ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЛЛИЯ ИЗ ГАММА-Ga₂O₃

Потапов С.О., Свиридова В.А., Танутров И.Н., Толокнов Д.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: semen_potapov@bk.ru*

Гамма модификация окиси трехвалентного галлия по физико-химическим свойствам напоминает α -Al₂O₃. Не растворима в воде и в разбавленных кислотах, но есть источники описывающие растворение γ -Ga₂O₃ в концентрированных кислотах¹.

Чтобы изучить возможность применения сорбционной технологии в процессе получения галлия из окисла (γ -Ga₂O₃), было необходимо перевести окись галлия в раствор². Для этого Ga₂O₃ спекали при температуре 1000° С с карбонатом натрия в течении 40 минут. При этом протекала реакция:



Карбонат натрия был взят в избытке по сравнению со стехиометрией в соотношении 1:4 и не привел к дополнительным реакциям, так как остался в шихте.

Полученный галлат растворили в воде с образованием водного галлата (NaGa(OH)₄):
 $\text{NaGaO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NaGa(OH)}_4.$

Для применения сорбционной технологии в раствор водного галлата добавили концентрированную серную кислоту, доведя рН раствора до необходимого значения 2,0.

В качестве сорбента использовали хелатон Purolite S950plus, в виду отсутствия примесей мешающих процессу этот сорбент эффективно извлек галлий из раствора. Десорбция достигается обработкой ионитов раствором серной кислоты (90-100г/л).

Литература

1. Еремин Н.И. *Галлий*. М.: Металлургия, 1964. – 168с
2. Сабирзянов Н.А., Яценко С.П. *Гидрохимические способы комплексной переработки боксита*. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. - 385с.

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГАЛЛИЯ ИЗ РАСТВОРОВ СЕРНОКИСЛОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛЫ-УНОСА

Потапов С.О., Свиридова В.А., Танутров И.Н., Толочков Д.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: semen_potapov@bk.ru*

Возможными сырьевыми источниками галлия являются золы-уноса от сжигания углей. При этом золы относятся к наиболее масштабным видам промышленных отходов. На Урале основным источником этих зол является Рефтинская ГРЭС¹.

Содержания, %%										
Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Mg	Mn	Na
16,75	0,13	1,65	0,0728	0,0351	5,226	0,005	0,802	0,347	0,0999	0,313
O	P	Rb	S	Si	Sr	Ti	W	Y	Zn	Zr
39,0	0,213	0,0037	0,0983	34,07	0,0631	1,06	0,015	0,011	0,0163	0,0611

Таблица 1. Химический анализ образца золы-уноса Рефтинской ГРЭС

Содержание галлия в исследованном образце золы 54 г/т находится на нижнем пределе среднего содержания, что требует разработки эффективных способов концентрирования².

При выщелачивании золы раствором серной кислоты с концентрацией выше 6 г/л при 70° С в течении 2 часов удастся селективно перевести в раствор около 70% Ga, при этом в раствор переходит не более 0,5% Al₂O₃.

Сорбцию галлия проводили из сернокислого раствора (полученного после выщелачивания золы) хелатной смолой Purolite S950plus в статических условиях³. Время проведения процесса составляло 24 часа, в том числе 8 часов при непрерывном перемешивании.

Кислотность в интервале pH 1,0-3,0 практически не изменяет сорбционные показатели. Установлено, что ионы Al³⁺ не влияют на сорбцию галлия смолой Purolite S950plus, а ионы Fe³⁺ снижают емкость смолы по галлию.

Литература

1. Абишева Э.С., Блайда И.А., Пономарева Е.И. Пути извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей. Цветные металлы. № 2. 1994. С.42-44.
2. Абишева Э.С., Блайда И.А., Пономарева Е.И. Кислотно-экстракционная технология извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей. Цветные металлы. № 3. 1994. С.36-38.
3. Иониты. Метод определения статической обменной емкости. ГОСТ 20255.1-89.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ КОЛЛОИДООБРАЗОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРАКЦИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

Рапиков А.Р.,^а Абдыгалимова С.Ш.,^б Кенжетаева С.О.^а

^а*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова,
Караганда, Университетская, 28, e-mail: r.alisher.r@mail.ru*

^б*Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева,
100009, Республика Казахстан, Караганда, Ермакова, 63*

В Химико-металлургическом институте НЦ КПМС проводятся исследования по жидкостной экстракции, широко применяющейся в гидрометаллургии цветных, редких и редкоземельных металлов. В настоящей работе мы ограничились выявлением закономерностей мицеллярного механизма, установлением влияния образующихся коллоидных структур на технологические параметры при извлечении редких металлов (рения) аминами. В выполненных ранее нами исследованиях^{1,2} для предотвращения образования третьей фазы, экстракция рения аминами проводилась в присутствии жирных спиртов. Используемые алифатические спирты являются поверхностно-активными веществами, их поверхностная активность $g = -(\partial\tau/\partial c) > 0$. Согласно правилу Дюкло-Траубе, поверхностная активность спиртов в гомологических рядах в водной среде на границе раствор-воздух возрастает в 3,2 раза при увеличении углеводородной цепи на одну CH_2 -группу³. В органической фазе поверхностная активность спиртов при увеличении длины углеводородного радикала уменьшается (обращение правила Дюкло-Траубе).

Исследование экстракции рения синтезированными аминами⁴ в присутствии различных алифатических спиртов позволило сделать ряд выводов: извлечение металла зависит от строения добавленного модификатора, а также от концентрации последнего.

Литература

1. Абдыгалимова С.Ш., Токмурзин К.Х., Дюсембаева С.Е. *Чистая вода* 2009.//Межд.научно-практическая конф. – Кемерово, 20-21 октября 2009, 295.
2. Абдыгалимова С.Ш., Дюсембаева С.Е. *Заключение о выдаче инновац.патента* рег. № 2013/0360.1.
3. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. *Коллоидная химия*. – М.: Изд-во МГУ. – 1982. – 348 с.
4. Абдыгалимова С.Ш., Токмурзин К.Х., Дюсембаева С.Е. IV Междун. научно-практ. конф. «Теоретическая и экспериментальная химия». – Караганда, 4-5 октября 2010, 386.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАЗМЕННОГО РАФИНИРОВАНИЯ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Румянцев Б.А.,^а Комолова О.А.,^б Гарбер А.К.,^а Григорович К.В.^а

^аИнститут металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119334, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: rumin_123@mail.ru

^бНациональный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4

В свете современных тенденций развития металлургии в России для многих машиностроительных заводов, выплавляющих коррозионностойкие стали в печах постоянного тока широкие перспективы имеет плазменная плавка.¹ Низкотемпературная плазма обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционной схемой.², однако физико-химические аспекты взаимодействия плазменного факела и металлического расплава требуют подробного изучения.

В соответствии с вышесказанным, была проведена серия лабораторных экспериментов, моделирующих взаимодействие в пятне контакта расплава с аргон-кислородной плазмой. Получены кинетические параметры процесса обезуглероживания высокохромитского расплава.

Также была разработана динамическая модель, описывающая процессы, происходящие при обработке расплава окислительной плазмой. Сопоставление результатов расчетов по модели и экспериментов показало удовлетворительную сходимость результатов.

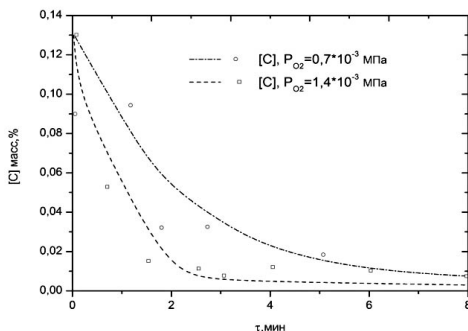


Рисунок 1. Кинетика окислительного обезуглероживания сплава Fe-Cr при различных парциальных давлениях кислорода в газовой фазе

Литература

1. Чердниченко В.С., Кузьмин М.Г., Аньшаков А.С. Плазменные установки для плавки и восстановления металлов // Электрометаллургия, 2009. с. 20-27.
2. Ерохин А.А. Закономерности плазменно-дугового легирования и рафинирования металлов. Москва: Наука, 1984. 186 с.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ Ni И Co ИЗ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД

Садыхов Г.Б.

*Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 49, e-mail: sadykhov@imet.ac.ru*

Железистые окисленные никелевые руды (ОНР) объединяют пять природных типов руд (кварц-магнетитовый, кварц-гетитовый, хлоритовый, оксидно-марганцевый и нонtronитовый), содержащих 30-60% Fe₂O₃. Извлечение Ni и Co из железистых ОНР в промышленности осуществляется, в основном, двумя гидрометаллургическими способами: автоклавное серноокислотное выщелачивание и аммиачно-карбонатное выщелачивание после предварительного восстановительного обжига руды. Разработаны и предложены еще две серноокислотные технологии: атмосферное и кучное выщелачивание.

В серноокислотных технологиях происходит полное разложение железистых рудных минералов, что требует большого расхода кислоты (например, при кучном и атмосферном выщелачивании - 500-600 кг H₂SO₄ на 1 т руды). При нейтрализации это приводит к образованию большого объема твердых отходов (около 2 т на 1 т руды), что создает серьезную экологическую нагрузку на окружающую среду. Осуществление процесса в автоклавах позволяет уменьшить расход кислоты до 230-300 кг/т, однако при этом наряду с использованием дорогостоящего оборудования возникают другие проблемы, которые отрицательно влияют на технико-экономические показатели процесса.

В аммиачно-карбонатной технологии, в основу которой заложен принцип селективного извлечения Ni и Co, достигается очень низкое извлечение Ni (60-70%) и особенно Co (20-40%), что связано с характерными особенностями процесса аммиачного выщелачивания.

В ИМЕТ РАН начаты детальные исследования по разработке новой эффективной технологии селективного извлечения Ni и Co из железистых ОНР по схеме «восстановительный обжиг – редокс-выщелачивание». Изучено влияние вещественного состава и климатических условий формирования руды, условий восстановительного обжига и охлаждения восстановленной руды, условий выщелачивания (рН среды, температуры, продолжительности и др. параметров) на извлечение Ni и Co. В результате установлено множество взаимовлияющих факторов, при благоприятных сочетаниях которых достигается высокая степень извлечения Ni и Co с положительными технико-экономическими показателями.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СИЛЬВИНИТОВОЙ РУДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФЛОКУЛЯЦИИ ГЛИНИСТОГО ШЛАМА

Середкина О.Р., Рахимова О.В., Лановецкий С.В.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: olga_g@bk.ru*

Современные калийные предприятия сталкиваются с проблемой увеличения содержания глинистых примесей в перерабатываемом сырье. Это приводит к накоплению тонких шламов в циркулирующем оборотном щелоке, повышению расхода флотационных реагентов и потерь полезного компонента. Решение этой проблемы во многом связано с правильным подбором флокулянтов, которые должны обеспечивать максимально возможную полноту осветления жидкой фазы и высокую степень уплотнения осажденных шламов.

Эффективность действия флокулянтов обуславливается не только их характеристиками, но и особенностями дисперсной фазы – плотность, концентрация, свойства поверхности. Однако общепринятые заключения по эффективности флокуляции глинисто-солевого шлама не учитывают степень измельчения калийной руды.

Целью представленной работы явилось исследование влияния фракционного состава сильвинитовой руды на флокуляцию минералов нерастворимого остатка.

Для решения поставленной цели методом лазерной дифракции и ИК-спектроскопии оценивали влияние расхода флокулянта на конечный размер флокул и содержание тонких шламов в сфлокулированной суспензии. Установлено, что оптимальная доза реагента возрастает с уменьшением размера частиц исходной руды, что связано с ростом удельной поверхности дисперсной фазы. Значение первоначальной крупности руды оказывает влияние на эффективность процесса флокуляции и область дестабилизации суспензии глинистого шлама. Результаты ИК-спектроскопических исследований показали связь между минералогическим составом водонерастворимой части руды, ее гранулометрической характеристикой и эффективностью действия флокулянта. Посредством ИК-спектроскопии установлено, что образование нефлокулирующей устойчивой пены связано с адсорбцией органических примесей, присутствующих в исходной руде, на силикатных частицах.

Полученные результаты легли в основу дальнейших исследований по оптимизации реагентного режима на стадии флокуляции глинисто-солевого шлама в производстве флотационного хлорида калия.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНАТА ЛИТИЯ ИЗ ЩЕЛОЧНО-АЛЮМИНАТНЫХ РАСТВОРОВ

Ситшаева А.С., Логинова И.В., Шопперт А.А.

Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира 19, e-mail: anna-sitshaeva@yandex.ru

В настоящее время основным способом разложения щелочно-алюминатного раствора в глиноземной промышленности является операция декомпозиции, которая длится более 50 часов, а выход глинозема с 1 л раствора на заводах не превышает 100 г/л. Одним из перспективных способов интенсификации разложения раствора, на наш взгляд, является осаждение гидроксида алюмината лития (ГОДАЛ), которое осуществляется при добавлении к щелочно-алюминатному раствору солей лития.

Методом ИК-Фурье было изучено поведение основных алюминатных ионов в щелочно-алюминатном растворе при добавлении гидроксида лития (Рисунок 1).

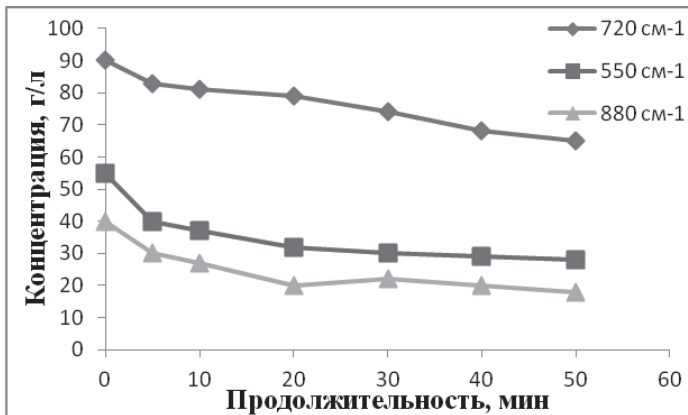


Рисунок 1. Изменение концентрации алюминатных ионов в растворе

Очевидно, что при добавлении гидроксида лития уменьшается концентрация всех алюминатных ионов, в то время как при декомпозиции¹ в присутствии гиббситовой затравки убывает количество тетраэдрических ионов, соответствующих связям Al-OH при частотах 720 и 880 см⁻¹, а количество димеров (550 см⁻¹) возрастает. Поэтому в отличие от стандартной декомпозиции процесс кристаллизации ГОДАЛ протекает значительно быстрее.

Литература

1. Li Xiaobin. Concentration variation of aluminate ions during the seeded precipitation process of gibbsite from sodium aluminate solution / Xiaobin Li, Danqin Wang, Qisheng Zhou, Guihua Liu, Zhihong Peng // Hydrometallurgy, 2011.V.106. P. 93-98.

КАТОДНЫЙ ПРОЦЕСС В РАСПЛАВЕ $\text{CaCl}_2\text{-CaF}_2\text{-CaO}$ Суздальцев А.В.,^а Зайков Ю.П.^{а,б}^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: suzdaltsev_av@mail.ru^бУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Расплавы CaCl_2 обладают высокой растворимостью CaO и кальция¹, что позволяет использовать данные системы для получения порошков металлов и новых углеродных материалов путем кальциетермического восстановления их соединений²⁻⁴. Не смотря на то, что синтез протекает в прикатодном слое и объеме расплава, данные о кинетике катодного выделения восстановителя (Ca , Ca^+) представляются важными при описании динамики и фронта протекания суммарного процесса.

В данной работе методами циклической и квадратно-волновой вольтамперометрии получены новые данные, касающиеся кинетики и механизма катодного процесса в расплаве $\text{CaCl}_2\text{-CaF}_2\text{-CaO}$ на инертном железном катоде при 750 °С.

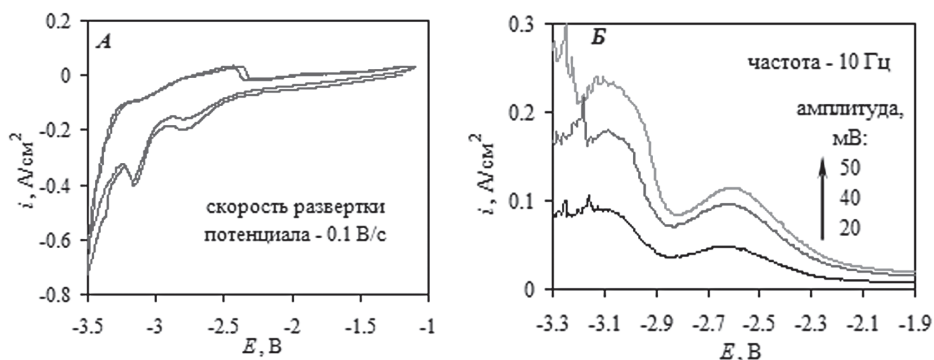


Рисунок 1. Вольт-амперные зависимости, полученные на железе в расплаве $\text{CaCl}_2\text{-CaF}_2\text{-CaO}$ методами циклической (А) и квадратно-волновой (Б) вольтамперометрии.

Литература

1. Зайков Ю.П., Шуров Н.И., Суздальцев А.В. Высокотемпературная электрохимия кальция. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 200 с.
2. Wang D., Jin X., Chen G.Z. *Annual Reports Section C*, 2008, **104**, 189.
3. Kaptay G., Sytchev I., Miklosi J., Nagy P., Poczik P., Papp K., Kalman E. *Progress in Molten Salt Chemistry*. Paris, Elsevier. – 2000. p. 257-262.
4. Otake K., Kinoshita H., Kikuchi T., Suzuki R.O. *Electrochimica Acta*, 2013, **100**, 293.

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ, СОДЕРЖАЩЕГО РЕДКИЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Туринская М.В., Шагалов В.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томск, проспект Ленина, 30, e-mail: mvt6@tpu.ru*

Фосфатные руды представлены двумя основными группами: фосфоритовые и апатитовые руды. Территория России богата месторождениями фосфатных руд, так, запасы апатитовых руд оцениваются в 297 млн. т. по P_2O_5 , а фосфоритовых – 105 млн. т. по P_2O_5 ¹.

Продукты производства фосфатных руд применяются в сельскохозяйственной отрасли, для производства фосфора и фосфорной кислоты, а также в черной и цветной металлургии^{2,3}. Независимо от области применения фосфатного сырья, необходима его тщательная переработка, так как фосфатное сырье содержит редкоземельные металлы и радиоактивный металл торий.

Исследовано сорбционное извлечение редкоземельных элементов и тория на различных ионитах. Установлено, что из фосфатных растворов торий осаждается на анионитах в виде анионного комплекса, а РЗЭ – на катионитах.

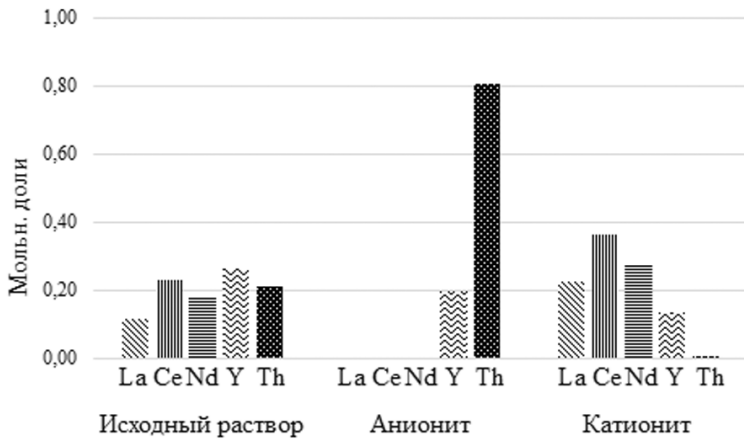


Рисунок 1. Мольные соотношения элементов в исходном растворе, на анионите и катионите.

Литература

1. Ангелов А.И., Левин Б.В., Черненко Ю.Д. Фосфатное сырье. Справочник. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр". – 2000. 120с.
2. Кармышов В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. М.: Химия, – 1983. 304с.
3. Такафуми К. Неорганические фосфатные материалы. Киев: Наукова Думка, 1998. – 297с.

ТЕРМОДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СВИНЦОВОЙ ЛАТУНИ ЛС74-3

Тюрин А.Г., Колпакова А.С., Николайчук П.А.

*Челябинский государственный университет,
454001, Челябинск, Братьев Кашириных, 129, e-mail: nra@csu.ru*

Свинцовые латуни обладают, по сравнению с простыми двухфазными латунями, повышенной коррозионной стойкостью в различных средах¹. Поэтому задача термодинамического описания коррозионных свойств свинцовых латуней представляет интерес. В работе с помощью метода термодинамического анализа описывается химическая и электрохимическая устойчивость свинцовой латуни ЛС74-3.

Содержание меди и цинка в латуни таково, что они образуют твёрдый раствор с г. ц. к. решёткой (α -фазу). Несмотря на то, что свинец при низких температурах также имеет кристаллическую решётку г. ц. к., он практически не растворяется в медно-цинковой матрице и находится в латуни в виде отдельных включений. С использованием термодинамических параметров системы Cu – Zn – Pb², рассчитаны активности компонентов латуни при 25 °С, а также их поверхностные активности (см. табл. 1).

Компонент	Массовая доля, %	Мольная доля	Активность	Поверхностная активность
Cu	74	0,768	0,7294	0,0022
Zn	23	0,232	0,1743	0,9978
Pb	3	–	1	–

Таблица 1. Активности компонентов латуни ЛС74-3 в объёме фазы и на поверхности.

Рассчитаны характеристики инвариантных состояний системы Cu – Zn – Pb – O при 25 °С и 1 бар. Построены диаграммы потенциал – рН системы “латунь ЛС74-3 – H₂O” при активностях ионов в растворе, равных 1 и 10⁻⁶ моль/л. Рассчитаны термодинамические характеристики основных химических и электрохимических равновесий с участием латуни. Показано, что окисление латуни, как на воздухе, так и в водных средах приводит к образованию на её поверхности пассивирующей плёнки, состоящей из оксидов CuO и ZnO, в которую в качестве локальных включений могут входить фазы оксидов Cu₂O₃, ZnO₂ и PbO₂.

Литература

1. Badawy W.A., Al-Kharafi F.M. *Corrosion*, 1999, **55(3)**, 268 – 277.
2. Miettinen J., Gandova V., Vassilev G. *CALPHAD*, 2010, **34(3)**, 377 – 383.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛОРИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЦЕРИЯ

**Шабанов О.М., Магомедова А.О., Сулейманов С.И.,
Ашурбекова Ка.Н., Ашурбекова Кр.Н.**

*Дагестанский государственный университет,
367000, Махачкала, Гаджиева, 43-а, e-mail: s.sagim.i@ya.ru*

Проведено исследование интенсификации электрохимических свойств расплавленных электролитов получения церия CeCl_3 , $\text{CeCl}_3\text{-KCl}$ и $\text{CeCl}_3\text{-NaCl-KCl}$ под действием микросекундных электрических импульсов высокой напряженности в продолжение их приложения и после их завершения.

С ростом напряженности электрического поля (НЭП) импеданс и активное сопротивление расплавов приближаются и в полях порядка 0,1 МВ/м они совпадают в пределах погрешностей измерений 2%.

В продолжение воздействия микросекундных высоковольтных импульсов (ВИ), анализом осциллограмм тока и напряжения установлена зависимость электропроводности указанных расплавов от НЭП. Как и в эффекте Вина, электропроводность расплавов возрастает с ростом НЭП и стремится к предельным высоковольтным значениям в полях 0,5 – 0,8 МВ/м. Эффект поля доходит до 50% в расплаве CeCl_3 , 60% в $\text{CeCl}_3\text{-KCl}$ и 250% в $\text{CeCl}_3\text{-NaCl-KCl}$.

После завершения воздействия ВИ расплавы оказываются в активированном (неравновесном) состоянии с возросшей электропроводностью и интенсификацией их электролиза.

В равновесном тройном электролите потенциал хлорида церия получился равным 2,1 В. Сила тока электролиза неравновесного расплава, полученного при воздействии 10 импульсов с амплитудой напряжения 5 кВ, оказалась возросшей на 36% при сохранении исходного напряжения на электролизной ячейке. Под действием завершенных импульсов низковольтная электропроводность расплавов оказывается возросшей на десятки процентов. Избыточная на 33% электропроводность неравновесного трехкомпонентного расплава экспоненциально уменьшается, и время его релаксации доходит до 10 минут.

Полученные результаты могут составить научные основы интенсификации электрохимической технологии получения церия и его сплавов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ, 15-08-00559 и 14-08-00033.

НЕЭМПИРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ SIESTA

Юрьев А.А., Гельчинский Б.Р., Шакирова Г.Д.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: yurev_anatolii@mail.ru*

Для разработки металлургических процессов необходима информация о различных свойствах веществ. Важно уметь теоретически рассчитывать и предсказывать необходимые физико-химические характеристики, так как получение опытных данных часто связано с большими материальными затратами. Особое значение представляют расчеты для случая экстремальных состояний вещества, где экспериментальные данные получить затруднительно или вообще невозможно.

Значительные успехи в теоретическом изучении жидких металлов в последнее время связаны с методом неэмпирической молекулярной динамики, предложенным Кар и Паринелло¹. Прогресс достигнут благодаря использованию суперкомпьютеров и техники параллельных вычислений. В настоящее время написано значительное количество компьютерных программ для реализации этого подхода. Расчеты проведены с помощью программы SIESTA², использующей базис атомноподобных орбиталей, которая применялась нами ранее^{3,4}.

В качестве объектов исследования выбраны жидкие металлы, относящиеся к различным группам: щелочные металлы Na и Cs, поливалентные Pb и Bi, а также переходные Cu и Ti. Построена суперячейка, содержащая 250 атомов, и рассчитана полная энергия, давление, функция радиального распределения атомов, коэффициент самодиффузии, плотность электронных состояний для температур вблизи точки плавления. Результаты сравниваются с опытными данными.

Литература

1. Car R., Parrinello M. *Phys. Rev. Letters*, 1985, **55**, 2471.
2. Soler J.M., Artacho E., Gale J. et. al. *J.Phys.: Cond.Matter.*, 2002, **14**, 2745.
3. Юрьев А.А., Гельчинский Б.Р. *ДАН*, 2015, **461**, 37.
4. Yuryev A.A., Gelchinski B.R. *AIP Conference Proceedings*, 2015, **1673**, 020009.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН, тема 0396-2015-0080, а также при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-03-04182, Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект 15-7-3-15.

В работе использовался суперкомпьютер «Уран» ИММ УрО РАН.



СЕКЦИЯ 4

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
В ПЯТИ ТОМАХ**

26–30 сентября
ЕКАТЕРИНБУРГ • 2016



КЛЮЧЕВЫЕ ДОКЛАДЫ

THE SOHIO ACRYLONITRILE PROCESS – HISTORY OF DISCOVERY AND COMMERCIALIZATION

Cesa M.C.

INEOS Nitriles (retired) 1270 St. Francis Ct., Wheaton, IL 60189 USA

The Sohio Acrylonitrile Process is an innovative, single-step catalytic reaction which produces acrylonitrile by the catalytic ammoxidation of propylene with ammonia and oxygen over a fluidized-bed mixed metal oxide catalyst. As a result of an intensive research and development effort at The Standard Oil Company (Sohio) in the United States in the 1950's, the Sohio process made inexpensive acrylonitrile available to the marketplace and led to rapid growth in applications from plastics and fibers to industrial chemicals. Today nearly all the world's acrylonitrile is produced by the Sohio process. The history of the invention and development of the process is a model of the discovery of a breakthrough chemical technology and its successful development despite great obstacles. This talk describes the efforts of a unique combination of talented scientists, engineers, and businessmen to bring acrylonitrile technology into reality and maintain its leadership position in the chemical industry.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И МЕТОДОВ ЛОГИСТИКИ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ В ИНЖИНИРИНГЕ И УПРАВЛЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭНЕРГОРЕСУРСООБЪЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Мешалкин В.П.^{а,б}

^а*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9*

^б*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: vpmeshalkin@gmail.com*

Кратко изложена сущность предложенных автором для решения задач оптимизации энергоэффективности, надежности и экологической безопасности химико-технологических систем (ХТС) и цепей поставок нефтегазохимического комплекса (НГХК) и металлургической промышленности (МП): методы управления рисками и эколого-экономической оптимизации ХТС; - методы компьютеризированной логистической поддержки жизненного цикла оборудования ХТС;

методы компьютерного анализа нестационарной гидродинамики газовых потоков в сложных трубопроводах и термогидродинамики подводных магистральных трубопроводов; - методы оптимизации структуры и режимов логистического управления цепями поставок производств НГХК и МП – методы компьютерной диагностики и управления качеством листового стекла.

Получены экономически эффективные результаты практической реализации указанных научных исследований на следующих предприятиях: АО ГМК «Печенганикель» и Череповецкого металлургического комбината; ООО «Лукойл-Пермьнефтеоргсинтез», ПАО «Сибур-Хипром» и ОАО «КуйбышевАзот»; ОАО «ЩекиноАзот» на ПО «Пермнефтеоргсинтез», Ярославском, Самарском и Рязанском НПЗ; ОАО «Газпром Трансгаз Казань», ООО «Газпром Трансгаз Уфа».

Литература

1. Мешалкин В.П., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А. Основы Энергоэффективных экологически безопасных технологий нефтепереработки / Учеб. Пособие - Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. - 615 с.
2. Мешалкин В.П., Петров Д.Ю. Комплексная вейвлет-нейронно-эвристическая процедура диагностики точечных дефектов листового стекла / Теоретические основы химической технологии. 2014. Т. 48. № 3. - С. 323

ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ

РОССИЙСКИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ЗАЛОГ УСПЕШНОГО УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Ашихмина Т.Я.

*Вятский государственный университет, 610000, Киров, Московская, 36
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
167982, Сыктывкар, Коммунистическая, 28, e-mail: ecolab2@gmail.com*

Российская наука внесла значительный вклад в решении проблемы уничтожения запасов химического оружия. В рамках реализации Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» было построено семь современных предприятий для утилизации супертоксиантов боевых отравляющих веществ. На каждом из них были созданы высокотехнологичные производственные мощности, с высокой степенью автоматизации и компьютеризации, с самыми современными очистными сооружениями.

В основе российских технологий был принят принцип химической деструкции отравляющего вещества при непосредственном взаимодействии его с дегазирующим реагентом. Для уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ была принята двухстадийная технология. На первом этапе происходит детоксикация отравляющего вещества, достоинством этого процесса является то, что ОВ теряет свои токсические свойства и перестаёт относиться к химическому оружию уже после первой стадии. На втором этапе проводится переработка реакционных масс с последующим захоронением отходов на специальных полигонах.

Уникальной следует считать технологию детоксикации ОВ типа V_x непосредственно в корпусах авиационных боеприпасов методом гидролитического разложения. В качестве дегазирующего вещества использовалась рецептура РД - моноэтаноламина.

К особо важным достижениям отечественной науки в области химического разоружения следует отнести создание промышленной технологии уничтожения боеприпасов сложной конструкции. Наиболее опасные стадии (извлечение отравляющего вещества и окончательное уничтожение боеприпасов сложной конструкции в камере подрыва) полностью автоматизированы и выполнены без участия человека. Прочность камеры расснаряжения и камеры подрыва рассчитаны с 10-кратным запасом. Одновременно в такой камере может находиться только один боеприпас, что обеспечивает полную безопасность персонала.

Разработаны и внедрены современные системы производственного и государственного экологического контроля и мониторинга объектов, новые методики токсикологического анализа.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ОСНОВЕ ВОДНО-ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

Вошкин А.А.^{а,б} Шкинев В.М.,^в Заходяева Ю.А.^а

^аИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: aav@igic.ras.ru

^бМосковский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023, Москва, Б. Семеновская, 38,

^вИнститут геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
119991, Москва, Косыгина, 19

В настоящее время одной из приоритетных задач современной химии и технологии является развитие новых экологически чистых и ресурсосберегающих методов разделения и концентрирования веществ^{1,2}, среди которых значительное место занимают экстракционные методы, в частности, в последнее время большое внимание уделяется экстракции веществ в двухфазных водно-полимерных системах³. Такие системы обладают рядом преимуществ: используемые полимеры легко разлагаются биологическими микроорганизмами, методы синтеза полимеров хорошо разработаны, многие из них коммерчески доступны и недороги, при формировании экстракционной системы не требуется добавления органического растворителя. Применение двухфазных водно-полимерных систем с целью получения, выделения и разделения широкого круга органических и неорганических веществ^{4,5} является весьма актуальной задачей, на решение которой и направлена представленная работа.

Литература

1. Кустов Л.М., Белецкая И.П. *Российский химический журнал*, 2004, Т. XLVIII, 6, 3.
2. Hatti-Kaul R. *Molecular biotechnology*, 2001, 19, 269.
3. Шкинев В.М. Водорастворимые полимеры в методах разделения и концентрирования веществ: автореф. дисс. д-ра хим. наук. - Москва, 2013.
4. Заходяева Ю.А., Изюмова К.В., Вошкин А.А., Шкинев В.М. *VII Международная конференция РХО имени Д.И. Менделеева*, 2015, 53.
5. Шкинев В.М., Дженлода Р.Х., Булычев Н.А. и др. *Universum: химия и биология*, 2015, 11, 1.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-03-00521 «а», а также при финансовой поддержке научного проекта № 0088-2015-0127 программы Президиума РАН I.14П.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ГАЗОХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Долотовский И.В., Ларин Е.А., Долотовская Н.В.

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,
410054, Саратов, Политехническая, 77, e-mail: dolotowsky@mail.ru*

Разработаны научно-методические положения структурно-параметрического синтеза многофункциональных систем обеспечения газохимических комплексов и предприятий подготовки и переработки углеводородного сырья энергоресурсами и водой на основе собственных источников электрической и тепловой энергии с утилизацией горючих отходов и промышленных стоков. Предлагаемые методические положения системных исследований объекта включают декомпозиционно-поисковое установление и раскрытие многофакторных структурных и функциональных внутренних и внешних взаимосвязей систем энерго- водоснабжения с технологической системой, внешними источниками энерго- и ресурсообеспечения на различных этапах жизненного цикла, оптимизацию его структуры и режимов эксплуатации¹.

Системные математические модели, включающие описание взаимосвязанных процессов генерации и потребления энергоресурсов, водопотребления и водоотведения, теплотехнологических и химико-технологических процессов подготовки и переработки сырья при учете динамических параметров процессов, показателей надежности и совокупностей частных критериев эффективности, и реализующий их математический аппарат обобщенной количественной оценки качества функционирования объекта интегрированы в информационно-аналитическую систему² и программно-аппаратный комплекс для решения задач оптимального управления потреблением и генерацией энергоресурсов, и для разработки стратегии развития объекта в условиях меняющейся технологической топологии и неопределенности экономических факторов. Обоснованы технические решения^{3, 4} по использованию потенциала горючих отходов и стоков для совместной выработки электрической и тепловой энергии и воды на примере предприятий переработки нефтегазоконденсатного сырья.

Литература

1. Долотовский И.В., Ларин Е.А., Долотовская Н.В. Системный анализ энергетического комплекса предприятий подготовки и переработки газа. – Саратов: Буква, 2014. – 326с.
2. Долотовский И.В., Ларин Е.А., Долотовская Н.В. *Патент 2465639 РФ*, 2012.
3. Долотовский И.В. *Патент 118360 РФ*, 2012.
4. Долотовский И.В., Долотовская Н.В. и др. *Патент 134993 РФ*, 2013.

Работа выполнена по госзаданию № 1579 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПОСРЕДСТВОМ СОЗДАНИЯ ЭКСТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ

Ильиных Л.В.

ОАО «НИИТЭХИМ», 117420, Москва, Намёткина, 14-1, e-mail: ilinykh22@gmail.com

Эффективное использование ресурсов в рамках кластера обеспечивается за счёт применения стратегий обоюдного выигрыша (win-win strategies) [1] и налаженного взаимодействия элементов первичного и вторичного секторов экономики (добывающего и обрабатывающего) с элементами третичного и четвертичного секторов (сфера услуг и «экономика знаний»). Техничко-технологические особенности химического производства и его высокий инновационный потенциал делают кластерный подход для развития отрасли наиболее предпочтительным.

Под влиянием прогресса в информационных и коммуникационных технологиях происходит преобразование территориальных экономических кластеров в экстерриториальные, объединяющие предприятия и организации по целевому признаку. Преодоление региональных барьеров для обмена информацией и знаниями в их рамках способствует повышению устойчивости функционирования промышленных предприятий, как прямо, посредством оптимизации производственных, логистических, сбытовых операций («индустриальный интернет»), так и косвенно, посредством стимулирования инновационной активности (технологические платформы и др.). Технологии «индустриального интернета», позволяющие осуществлять управление цепочкой поставок, повышать эффективность использования активов, снижать инфраструктурные и экологические риски, особенно важны для химической индустрии.

Критическое значение для функционирования экстерриториальных химических кластеров приобретает обеспечение информационной безопасности и снятие институциональных барьеров для коммуникации.

Литература

1. Ильиных Л.В., Хачатуров А.Е., Белковский А.Н. Экономические кластеры как способ эффективного использования ресурсов // Менеджмент в России и за рубежом.– 2015. – №3. – С. 3-12.

ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПАВ ИЗ ЖИДКИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Колесников В.А., Воробьева О.И., Колесников А.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская, 9, e-mail: artkoles@list.ru*

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) нашли широкое применение в добыче нефти (гидроразрыв), горно-обогатительных процессах (собиратели, флотореагенты) и химических производствах, которые характеризуются высоким водопотреблением и образованием значительного количества жидких техногенных отходов.

Авторами определены степени извлечения (α) поверхностно-активных веществ в присутствии дисперсной фазы гидроксида цинка.

В работе исследованы следующие ПАВ: анионные - додецилбензолсульфонат натрия (NaDBS), додецилсульфат натрия (NaDDS) и **алкилбензолсульфонат натрия (А-40); катионные** - алкилбензилдиметиламмоний хлорид (Катапав), алкилдиметил (2-гидроксиэтил) аммоний хлорид (Катинол) и дидецилдиметиламмоний хлорид (Септапав); неионогенные - моноалкиловые эфиры полиэтиленгликоля на основе первичных жирных спиртов Синтанол АЛМ-10 - $C_nH_{2n+1}O(C_2H_4O)_mH$, где $n=10\div 14$; $m=8\div 10$ и ОС-20 - $C_{18}H_{37}O(C_2H_4)_{20}H$, а так же полиэтиленоксид ПЭО-1500.

Результаты получены при оптимальных условиях проведения процесса: $c(Zn^{2+}) = 50$ мг/л, $c(ПАВ) = 50$ мг/л, $c(Na_2SO_4) = 1$ г/л, объемная плотность тока $J_v = 0,4$ А/л, $pH=9,5$.

Установлено, что наиболее эффективно (60-70%) извлекаются анионные ПАВ NaDDS и NaDBS, катионные, неионогенные и анионный ПАВ А-40 извлекаются менее эффективно 10-24%.

Таблица 1. Степени извлечения (α , %) поверхностно-активных веществ различной природы в присутствии дисперсной фазы гидроксида цинка

	Анионные ПАВ			Катионные ПАВ			Неионогенные ПАВ		
	NaDBS	А-40	NaDDS	Катапав	Катинол	Септапав	АЛМ-10	ОС-20	ПЭО-1500
α ПАВ, %	60	17	70	19	25	16	18	17	10

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 14-29-0019.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЭЖХ МС И ЭПР-СПЕКТРОСКОПИИ В ГАЗОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ МЕТАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

**Меньшиков С.Ю.,^а Важенин В.А.,^б Валова М.С.,^а Ганебных И.Н.,^а Трошин Д.П.,^б
Шишлов О.Ф.,^в Ковалев А.А.,^в Баженова Л.Н.,^а Марков А.А.^г**

^аИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 20, e-mail: kox@ios.uran.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

^вОАО «Уралхимпласт», 622012, Нижний Тагил, Северное шоссе, 21

^гИнститут химии твёрдого тела УрО РАН, 620990, Екатеринбург, Первомайская, 91

При производстве карбонидоформальдегидного концентрата (КФК) по сравнению с производством формальдегида происходит более частая остановка каталитической реакции окисления. Целевой продукт этого процесса — КФК, в зависимости от условий производств может иметь разное количество метиленовых и метилольных звеньев. Периодически образцы КФК (производства разных производителей) изучались комбинацией методов элементного анализа, ВЭЖХ, оснащенной масс-спектрометрическим детектором с электрораспылительной ионизацией, ЯМР-спектроскопией и ИК-спектроскопией. Следует отметить, что, как правило, по данным элементного анализа на азот образцы первого производителя не сильно отличались от образцов второго производителя. Хотя стоит отметить, что непосредственно перед заменой катализатора содержание азота в образцах первого производителя возрастало. На наш взгляд это связано с тем, что селективность образования формальдегида на отработавшем свой срок катализаторе падала, о чем свидетельствовало также повышение содержания CO_2 в газовой фазе, так как при повышенной температуре получающийся формальдегид разлагался в большей степени, чем на свежем катализаторе. В образцах отработанных катализаторов, подвергнутых магнитной сепарации общее содержание Fe (II) и (III) в сильномагнитных образцах выше в катализаторе с установки по производству формалина (по данным атомно-адсорбционной спектроскопии), в то время как содержание ионов Fe (III) оказалось выше в катализаторе с установки КФК (по данным ЭПР). При этом установлено, что сильно магнитные образцы имеют различный качественный состав.

МЕТОДОЛОГИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ СЛОЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Мошев Е.Р.^а, Мешалкин В.П.^б

^а*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: emoshev@uralpb.ru*

^б*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9*

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31*

От надёжности функционирования сложных трубопроводов (СТ) значительно зависят эффективность и безопасность эксплуатации нефтехимических предприятий¹. Существенным средством обеспечения надёжности СТ является интегрированная логистическая поддержка (ИЛП)². В докладе представлены результаты научно-исследовательских работ по совершенствованию методики проведения ИЛП сложных трубопроводов. Впервые изложена методология компьютеризированной ИЛП сложных трубопроводов, где их жизненный цикл представлен как единая система принятия организационно-технологических решений. Созданы оригинальные компьютерные инструменты ИЛП в виде моделей представления знаний на основе фреймов и продукционных правил, а также эвристическо-вычислительных алгоритмов расчёта общетехнических и конструкционных характеристик СТ. Указанные компьютерные инструменты применены при разработке архитектуры, программно-информационного обеспечения и вычислительно-сетевой структуры проблемно-ориентированной системы принятия решений «Трубопровод»^{3,4}, используемой на ряде нефтехимических и газоперерабатывающих предприятий России.

Литература

1. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Проектирование и расчёт оптимальных систем технологических трубопроводов. – М.: Химия, 1991. – 362с.
2. Мошев Е.Р. *Прикладная информатика*, 2013, **6**, 24.
3. Мешалкин В.П., Мошев Е.Р. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2014, **1**, 64.
4. Мошев Е.Р., Мешалкин В.П. *Теоретические основы химической технологии*, 2014, Т. 48, **6**, 709.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОЦЕНКА РИСКА

Невский А.В.,^а Xia D.,^б Sun L.,^б Zhao H.,^б Zhong H.,^б Wang Q.,^в Wang Y.^в

^аИвановский государственный химико-технологический университет, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 7, e-mail: nevsky@isuct.ru

^бУханьский текстильный университет, Ухань, Китай

^вFujian Hanxiang Textile S&T Co., Ltd., Шуши, Китай

Развита предложенная нами ранее методология проектирования энергоресурсосберегающих **химико-технологических систем (ХТС)** водопотребления и водоотведения промышленных предприятий различного профиля. В частности, разработана водная энергоресурсосберегающая **ХТС** текстильных предприятий. Проведен экологически ориентированный анализ цехов отбеливания, крашения, печати, заключительной отделки крупных текстильных предприятий Центрального, Приволжского, Южного федеральных округов России, а также провинций Хубэй, Гуандун, Фуцзянь Китая. Целью работы явилась разработка систем оборотного водоснабжения на основе термодинамического анализа технологических процессов и повторного использования очищенных сточных вод. Показана целесообразность применения **высокоэффективных окислительных процессов (ВОП)**: электрокаталитической деструкции, каталитической деструкции с использованием сильных окислителей, каталитической окислительной деструкции в сочетании с физическим воздействием. В качестве катализаторов использовали соединения переходных и других металлов. В качестве сильных окислителей исследовали пероксид водорода и некоторые другие реагенты. В качестве объектов деструкции - красители различной природы и поверхностно-активные вещества.

Эффективность (степень деструкции) большинства изученных красителей и поверхностно-активных веществ находится в пределах **70-95%**.

Применены современные подходы к обеспечению технологической безопасности, основанные на **концепции оптимального риска (КОР)**. Использование **КОР** позволило провести **оценку рисков** эксплуатации **ХТС**, включая изучение опасностей и определение возможных последствий с целью принятия необходимых мер при разработке **системы управления рисками**.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, грант 01.03.005, РФФИ, грант 04-05-78035, Китайского фонда высокотехнологичных проектов (863), грант 2009AA063904.

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ СТРУКТУРИРОВАНИЯ СМЕШАННЫХ ОСАДКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛУРГИИ

Аксенов В.И., Ясницкая К.В.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: yasnitskaya_k@mail.ru*

С развитием промышленности различных стран потребление воды постоянно увеличивается, а вместе с этим усиливается потребность в водоподготовке и обработке сточных вод, а, следовательно, растёт количество осадков.

Свойства осадков определяются, прежде всего, составом входящих в него компонентов и условно могут разделиться на три категории: минеральные, органические и смешанные¹.

Составными частями смешанного осадка являются: осадки, получаемые от очистки поверхностных стоков; различные взвеси; осадки гальванических и травильных отделений; осадки от очистки органосодержащих стоков (нефтепродуктов); окалиносодержащие частицы; маслосодержащие вещества.

Так как осадок относится к категории труднофильтруемых, для проведения процесса обезвоживания необходима дополнительная химическая обработка смешанного осадка флокулированием, т. е. структурирование осадка. При правильно проведенном процессе флокулирования практически весь флокулянт «уходит» в осадок².

При выборе флокулянта следует определить заряд в труднофильтруемом осадке, подобрать оптимальные гидродинамические условия смешивания и хлопьеобразования, время обработки.

Литература

1. Аксенов В.И., Балакирев В.Ф., Филиппенков А.А. Проблемы водного хозяйства металлургических, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. - Екатеринбург: УрО РАН, 2002. - 268с.
2. Аксенов В.И., Аникин Ю.В., Галкин Ю.А. Применение флокулянтов в системах водного хозяйства: Учебное пособие / Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. 92

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

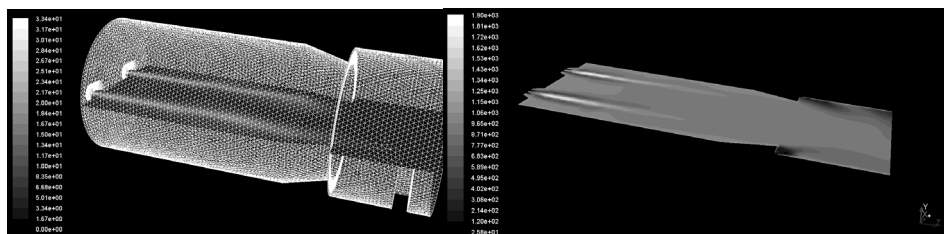
Бирюков В.В.,^{а,б} Николаев В.Г.^а

*^аПетрозаводский государственный университет, Кольский филиал,
184209, Апатиты, Космонавтов, 3,
e-mail: birukovval@rambler.ru, nikolaev@arcticsu.ru, nikkvictor1@yandex.ru*

*^бГорный институт Кольского научного центра РАН,
184209, Апатиты, Ферсмана, 24, e-mail: birukov@goi.kolasc.net.ru*

В программном комплексе ANSYSFluent проведено математическое моделирование работы топки сушильного барабана фабрики АНОФ-3, оснащенной газомазутными форсунками ГМП - 16. Целью разработки модели явилось исследование возможности применения волокнистых огнеупорных материалов для футеровки свода печи

В результате проведения серии вычислительных экспериментов получены распределения температур, скоростей продуктов сгорания в объеме печи и на входе в сушильный барабан (рисунок 1).



а

б

Рисунок 1. Распределение: а – скоростей продуктов сгорания (м/с) в объеме модели топки; б – температур(°С) на горизонтальном срезе

АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ В РАЙОНЕ ГАЗОПРОВОДА С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Бутусов О.Б., Кантюков Р.Р., Попов Д.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047,
Москва, Миусская пл. 9, e-mail: clogist@muctr.edu.ru*

В районе техногенных аварий на газопроводах часто образуется импактная зона, которая хорошо регистрируется на космических снимках. За импактной зоной расположена буферная зона, которая представляет собой слабо поврежденную в результате техногенной катастрофы территорию. Для анализа геометрических характеристик импактной и буферной зон может быть использовано космическое изображение, полученное из цветного изображения методом агрегирования. Для агрегирования цветного космического снимка в черно-белый можно выполнить следующее преобразование: $I_i = \frac{1}{3} (R_i + G_i + B_i)$, где R , G и B - представляют собой спектральные компоненты цветного изображения, i - номер пикселя.

Специфика изображения поврежденных техногенной катастрофой лесов на космических снимках состоит в том, что вследствие повреждения растительности изменяются два главных физиономических параметра: отражательная способность растительности и ее проективное покрытие.

Для оценки степени повреждения лесной растительности используется

$$\text{следующая формула [1]: } \rho_i(\Delta t) = \frac{\sum d_{ij}(\Delta B_j)_F}{\sum d_{ij} \Delta B_j} \frac{\sum d_{ij} B_j}{\sum d_{ij} (B_j)_F},$$

где d_{ij} - численные параметры, B_j - измеряемые фитоценоотические параметры, ΔB_j - изменения величины параметров за время Δt , i и j - индексы нумерующие пробные площади и измеряемые параметры соответственно, индекс F - обозначает фоновое или максимальное значение параметра. Интегральный показатель $\rho_i(\Delta t)$ был прокалиброван на яркость космического снимка. В результате были получены геометрические характеристики как импактной, так и буферной зон: импактная зона 8 км, а буферная зона 20 км.

Литература

1. Бутусов О.Б., Гимранов Р.К., Казанский Г.М., Кантюков Р.А., Кантюков Р.Р., Мешалкин В.П., Модин В.К., Мустафин Ф.М., Попов А.Г. *Известия ВУЗов: Химия и химическая технология*, 2015, Т. 58, 3, 87.

ОБЪЕМНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ОДНОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**Волков Г.М.**

Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), 107023,
Москва, Б. Семеновская, 38, recom@list.ru

Для создания техники нового поколения необходимы материалы, свойства которых многократно превышают существующий уровень. Однако традиционные способы повышения технических характеристик материалов практически исчерпали свои возможности. Предлагаемый выход из технологического тупика основан на реализации в потребительских свойствах машиностроительных материалов потенциальных возможностей наноразмерного состояния вещества.

Разработаны теоретические основы и технологические принципы создания машиностроительных материалов с потребительскими свойствами многократно выше существующего уровня. Теория реализована на модельной системе углерод-углерод. Наноразмерный наполнитель формируется одновременно с матрицей в одном и том же химическом реакторе, т.е. технология является одностадийной: в реактор поступает сырье, а из реактора выходит готовый продукт – объемный наноматериал. Он обладает уникальными свойствами, которые позволили создать машиностроительную продукцию с техническими характеристиками выше мирового уровня.

Отметим, что общепринятые технологии компактирования нанопорошков в монолитный материал машиностроительного назначения многостадийны, что резко удорожает конечный продукт и делает возможность его промышленного применения дискуссионным.



Рисунок 1. Технологии консолидации наночастиц: а – предлагаемая технология; б, в, г – общепринятые технологии

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ВУЛКАНИЗАТЫ НА ОСНОВЕ КАУЧУКОВ РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ И ПОЛИПРОПИЛЕНА

Вольфсон С.И.^а, Охотина Н.А.^а, Панфилова О.А.^а, Сабиров Р.К.^а, Баранец И.В.^б

^а*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Карла Маркса, 68, e-mail: okhna@mail.ru*

^б*Научно-исследовательский институт синтетического каучука,
198035, Санкт-Петербург, Гапсальская, 1*

Основным способом получения термопластичных вулканизатов (ТПВ) является высокоскоростное и высокотемпературное смешение каучуков и термопластов в аппаратах периодического или непрерывного действия в присутствии вулканизирующих агентов каучуковой фазы.

Нами исследованы методы одно- и двухстадийного смешения каучуков разной полярности (синтетического или натурального полиизопрена и сополимеров бутадиена с нитрилом акриловой кислоты различного состава) с полипропиленом в присутствии серно-ускорительных, пероксидных и смоляных вулканизирующих систем в машинах роторного и червячного типов.

Отработаны рецептурно-технологические параметры ввода функционализированных добавок, способствующих улучшенному совмещению полярного каучука с неполярными полипропиленом и изопреновым каучуком, и компонентов вулканизирующей группы. Показано, что при получении ТПВ непрерывным способом на двухшнековом экструдере с однонаправленным вращением шнеков наиболее удобным является введение компонентов вулканизирующей группы в составе резиновой смеси через боковой дозатор. Лучшие свойства имеют композиции, полученные при скорости вращения шнеков не более 300 об/мин и температуре рабочей зоны не выше 190 °С.

Проведены работы по улучшению свойств ТПВ при введении углеродных одностенных (ОУНТ) и многостенных (МУНТ) нанотрубок. Методом оптической микроскопии исследована надмолекулярная организация исходных компонентов ТПВ, в том числе содержащих УНТ, а также морфология смесевых и динамически вулканизованных термоэластопластов на их основе в зависимости от технологических и рецептурных параметров. Показано, что введение нанотрубок существенно увеличивает однородность размещения компонентов по объему материала и облегчает диспергирование каучуков в матрице полипропилена.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности 10.863.2014/К.

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ IN SITU СТРУКТУРЫ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ВУЛКАНИЗАТОВ

Гайдадин А.Н., Навроцкий В.А.

*Волгоградский государственный технический университет,
400005, Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28, e-mail: lit@vstu.ru*

Термопластичные каучуки и вулканизаты следует рассматривать в качестве характерных представителей полимер-полимерных смесей, полученных в специфических условиях реакционного смешения. Свойства таких материалов в значительной степени определяются структурой композиции¹. Формирование специфической структуры термопластичных вулканизатов осуществляется на всех стадиях получения композита. При этом целесообразно формировать структуру в режиме in situ при взаимодействии макромолекул на надмолекулярном и супрамолекулярном уровнях.

Основное внимание исследователей уделяется формированию сетки поперечных связей в эластомере, однако существенным вкладом в структуру является организация взаимодействия между полимерными фазами. При получении термопластичных вулканизатов in situ формируется развитый граничный слой², возникновение которого определяется совместимостью полимеров и их фазовыми переходами при переработке. В результате диффузии макромолекул наблюдается не только хорошо известное явление сегментальной растворимости¹, но и возникают условия для совулканизации полимерных фаз³. Оригинальным способом совулканизации является управление деградацией полимеров при изготовлении композиции, что характерно для вулканизатов на основе хлорсульфированного полиэтилена и полиолефинов³. Значимым становится организация Ван-дер-Ваальсовских и химических взаимодействий, примером эффективности которых является существование термопластичных эластомеров на основе фторированных каучуков и полиамида⁴.

Литература

1. Кулезнев В.Н. Смеси и сплавы полимеров. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 216с.
2. Гайдадин А.Н., Анкудинова Н.В., Навроцкий В.А. *Пластические массы*, 2011, **7**, 9.
3. Сафронов С.А., Гайдадин А.Н., Куратова А.В., Навроцкий В.А., Куцов Д.А. *Журнал прикладной химии*, 2012, Т. 85, **12**, 2056.
4. Гайдадин А.Н., Навроцкий В.А., Степанов Г.В. *Журнал прикладной химии*, 2015, Т. 88, **6**, 945.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПРЕКТОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПАКЕТОВ МОДЕЛИРУЮЩИХ ПРОГРАММ И СИСТЕМ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

Гартман Т.Н., Советин Ф.С., Асеев К.М.

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: fsovetin@rambler.ru

В настоящее время для расчётов химических реакторов и химических производств с целью подготовки исходных данных для их проектирования широко применяются пакеты моделирующих программ (ПМП) Aspen, Hysys, PRO-II и ChemCAD. Однако применение этих программ не позволяет решать целые ряды технологических и физико-химических задач, в частности задачи нахождения кинетических констант, а также моделировать некоторые типы химических реакторов. Для решения таких задач необходимо использовать системы прикладной математики (СКМ) с возможностью представления программных кодов из модулей СКМ на алгоритмические языки высокого уровня (например, Си).

Нами предлагается следующий подход совместного применения СКМ и ПМП при разработке проектов химических производств: 1) моделирование лабораторного реактора с использованием СКМ и нахождение кинетических констант, 2) расчёт опытного реактора с применением СКМ, 3) создание модуля для последующего включения в ПМП, 4) расчёт опытной установки с использованием ПМП, эксперименты на опытном реакторе, 5) коррекция параметров модели опытного реактора и опытной установки с совместным применением СКМ и ПМП, 6) расчёт полупромышленной установки с использованием ПМП, 7) эксперименты на полупромышленном реакторе, коррекция параметров модели реактора и полупромышленной установки с совместным применением СКМ и ПМП, 8) расчёт типовой промышленной установки с использованием ПМП и подготовка исходных данных для её проектирования.

Для реализации указанного подхода была разработана процедура совместного применения СКМ и ПМП¹. Первые три пункта были реализованы в работе¹.

Литература

1. Гартман Т.Н., Боровкова Е.А., Советин Ф.С. *VII Международная конференция Российского химического общества имени Д.И. Менделеева*, 2015, 41.

ЗОНЫ РИСКА ДЛЯ ОБОЛОЧКИ КОКСОВОЙ КАМЕРЫ, ПОЛУЧЕННОЙ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

Гринберг Б.А.,^а Бесшапошников Ю.П.^б

^аИнститут физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, 620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: bella@imr.uran.ru

^бОАО «Уралхиммаш», 620010, Екатеринбург, Хибиногорская, 33

Полученный сваркой взрывом композит сталь 12ХМ – сталь 08Х13 был использован при изготовлении оболочки коксовой камеры.

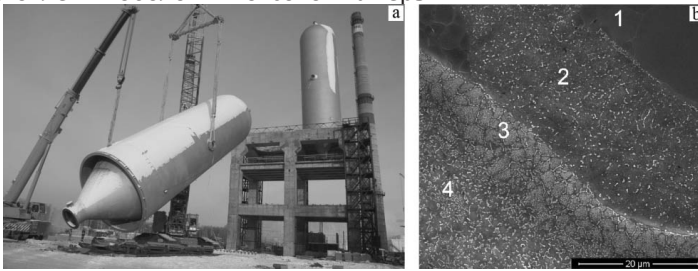


Рисунок 1. Нефтехимическая камера.

Рисунок 2. Переходы между зонами

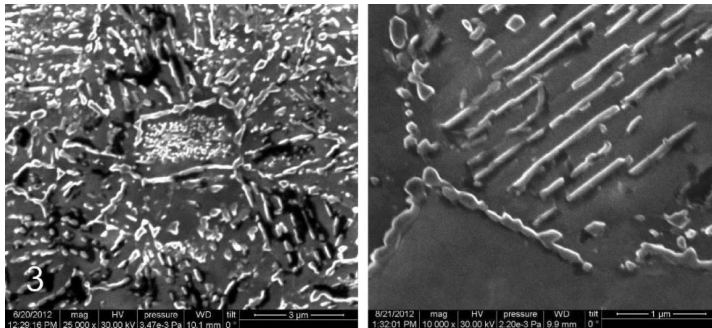


Рисунок 3. Зона 3 – колонии стержневидных карбидов

Переходная зона состоит из нескольких слоев: рекристаллизованных областей, зон локального расплавления, зон, содержащих карбиды различных типов. Локальное расплавление провоцирует образование зоны сегрегации, обогащенной углеродом. В этой зоне происходит эвтектоидный распад, который приводит к образованию колоний стержневидных карбидов. Две зоны – расплава и сегрегации - представляют собой возможные зоны риска для оболочки коксовой камеры. Предлагаются рекомендации, позволяющие избежать таких рисков.

Литература

1. Greenberg B.A., Elkina O.A., Patselov A.M., Plotnikov A.V., Ivanov M.A., Besshaposhnikov Yu.P. *Journal of Materials Processing Technology*, 2015, **215**, 79.

НОВАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРИЕМЛЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ

Дюмаев К.М., Мисин В.М., Никулин С.С.

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, 119334, Москва, Косыгина, 4, e-mail: misin@sky.chph.ras.ru

В производстве синтетических каучуков (СК), получаемых эмульсионной полимеризацией, проблемной является стадия его выделения из латекса. В результате работ, проводимых с 1980 г., разработаны основы принципиально новой технологии выделения эмульсионных каучуков с применением в качестве флокулянтов полимерных четвертичных аммонийных солей (ЧАС) различного внутримолекулярного строения: гомо- и сополимеры N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида (с SO₂, малеиновой кислотой, акриламидом), а также поли-(N,N-диметил-2-оксипропиленаммоний) хлорид. Были выделены и исследованы каучуки, резиновые смеси и соответствующие вулканизаты различных марок: СКС-30 АРК; СКС-30 АРКП; СКС-30 АРКПН; СКС-30 АКО; СКМС-30 АРКП; СКМС-30 АРКМ-15; СКН-26 СМ; ЭПБ. В 1989-1993 г. на Воронежском заводе СК выпущено 347 т каучука. Результаты отражены в ряде обзоров^{1,2}.

Впервые было показано, что взаимодействие ЧАС с компонентами латексной системы приводит к образованию нерастворимых в воде комплексов. Это позволило уменьшить содержание гепатотоксичного лейканола и других ПАВ в сточных водах в 8-12 раз³.

В целом за счет применения флокулянтов экологический ущерб в России по примерной оценке может быть уменьшен в год за счет:

- отсутствия сброса, по крайней мере, 53 500 т/год NaCl;
- уменьшения объема промышленных стоков на 756 000 м³/год;
- уменьшения содержания лейканола в стоках не менее чем на 630 т/год.

Предложенные авторами технологические подходы реализованы на ряде заводов РФ, в т. ч. ОАО "СИБУР Холдинг". Учитывая объёмы национального производства, предстоит дальнейшее продвижение предложенных новейших технологий.

Литература

1. Мисин В.М., Никулин С.С., Дюмаев К.М. *Вестник Казанского технологического университета*, 2013, **1**, 97.
2. Nikulin S., Misin V. *Chemistry & Chemical Technology*, 2008, V. 2, **2**, 135.
3. Гаршин А.П., Никулин С.С., Рыльков А.А. и др. *Производство и использование эластомеров*, 1996, **5**, 8.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ АППАРАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Захаров В.П.,^а Насыров И.Ш.^б, Жаворонков Д.А.^б, Захарова Е.М.^в

^аБашкирский государственный университет,
450074, Уфа, 3. Валиди, 32, e-mail: zaharovvp@mail.ru

^бОАО «Синтез-Каучук», 453110, Стерлитамак, Техническая, 14

^вУфимский институт химии РАН, 450054, Уфа, проспект Октября, 71

Представлены результаты по совершенствованию стадий приготовления титанового и неодимового катализаторов^{1,2}, а также формирования высокодисперсного антиагломератора в крупнотоннажном производстве изопренового каучука с использованием малогабаритных трубчатых турбулентных аппаратов.

Гидродинамическое воздействие на микрогетерогенный титановый катализатор в процессе его предварительного формирования за счет циркуляции в турбулентном режиме увеличивает активность каталитической системы в полимеризации изопрена за счет получения более реакционно-способных центров роста макромолекул. Использование трубчатого турбулентного аппарата диффузор-конфузорной конструкции позволяет получить более стабильный по параметру «вязкость по Муни» высокомолекулярный полиизопрен. Разработан и опробован в условиях промышленного производства способ модификации неодимового катализатора за счет многократного гидродинамического воздействия на спиртовой комплекс хлорида неодима в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции. Способ позволяет снизить диаметр частиц спиртового комплекса с 0,17 мкм до 0,087 мкм, увеличить содержание изопропилового спирта в комплексе с 2,3 до 2,9. Разработан способ приготовления антиагломератора из товарного стеарата кальция с использованием турбулентного аппарата диффузор-конфузорной конструкции, обеспечивающий антиагломерацию полимерной крошки, получение изопренового каучука согласно предъявляемым требованиям и снижение содержания ионов хлора в сточной воде в 1.8 раз.

Литература

1. Захаров В.П., Захарова Е.М., Насыров И.Ш., Жаворонков Д.А. *Журнал прикладной химии*, 2014, Т. 87, 5, 624.
2. Захаров В.П., Мингалеев В.З., Берлин А.А., Насыров И.Ш., Жаворонков Д.А., Захарова Е.М. *Химическая физика*, 2015, Т. 34, 3, 69.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-03-97027.

ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФОСФАТОВ МЕДИ

Колесников В.А., Гайдукова А.М., Колесникова О.Ю.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047,
Москва, Миусская пл, 9, e-mail: tsukanovaolga11@gmail.com

В технологических процессах производства печатных плат электронной техники используются рабочие растворы, содержащие ионы меди (химическое меднение, травление меди, электрохимическое меднение)¹ и других цветных металлов, соли аммония, ПАВ. Для очистки сточных вод часто применяется электрофлотационная технология.²

Таблица 1. Влияние pH раствора на кинетику процесса электрофлотационного извлечения труднорастворимых соединений фосфата меди

τ, мин	α, %				
	7	8	9	10	11
10	47	63	62	40	24
20	62	90	90	92	40
30	75	95	98	97	68
40	80	98	98	99	90

$C(\text{Cu}^{2+})=100$ мг/л; $J_v=0,2$ А/л; $[\text{Cu}^{2+}]:[\text{PO}_4^{3-}]=0,5$

В дисперсном виде в зависимости от соотношения $[\text{Me}^{2+}]/[\text{PO}_4^{3-}]$ присутствует 99-99,9% меди, остаточная концентрация в растворе 0,01-0,1 мг/л.

Оптимальные характеристики дисперсной фазы - размер частиц 50-100 мкм, гидрофобная поверхность, ξ -потенциал ± 20 мВ, аморфная, хлопьевидная структура осадка. Разработана технология электрофлотационного извлечения ионов меди из промывных и сточных вод производства печатных плат электронной техники, в первую очередь после операции травления меди в аммиачных растворах. Эффективность извлечения ионов меди из системы $\text{Cu}^{2+} - \text{H}_2\text{O}$ – электролит – $(\text{NH}_3)_{\text{изб}}$. В оптимальных условиях достигает 92-98%.

Литература

- Ильин В.И. Химические и электрохимические процессы в производстве печатных плат. Выпуск 2. Приложение к журналу Гальванотехника и обработка поверхности. – Москва, 1994. – 142с.
- Kolesnikov A.V., Vorob'eva O.I., Kapustin Yu.I. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2011, V. 45, 5, 794.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения о предоставлении субсидии № 14.577.21.0174 от 27 октября 2015 г., уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57715X0174.

ПОЛИМОЧЕВИННЫЕ ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИИ

Лядов А.С.^{а,б} Паренаго О.П.^а Окнина Н.В.^б Хаджиев С.Н.^а

^аИнститут нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 29, e-mail: lyadov@ips.ac.ru

^бОАО «Электрогорский институт нефтепереработки»,
142530, Электрогорск, Буденного, 5

Надежная и эффективная работа узлов трения требует использования высококачественных пластичных смазок. В последнее десятилетие пластичные смазки с загустителями на основе ди-, олиго- и полимочевин получили широкое распространение в мире, так как они способны работать при высоких нагрузках, широком интервале температур и скоростей, в контакте с агрессивными средами, а также устойчивы к радиационному воздействию. При этом в мире доля полимочевинных смазок в общем объеме производства постоянно возрастает, а в РФ до недавнего времени предприятий, выпускающих эту продукцию, не существовало. В ИНХС РАН совместно с ОАО «ЭЛИНП» разработана отечественная технология получения пластичных смазок путем загущения базового масла *in situ* ди- и олигомочевинами различного строения. Проведены исследования по изучению взаимосвязи между составом и структурой полимочевин, получаемых реакцией взаимодействия аминов и диизоцианатов различной природы, и их способностью образовывать пластичные смазки с оптимальными функциональными свойствами. На основании проведенных исследований были оптимизированы составы пластичных смазок для использования в различных узлах трения. На базе Электрогорского института нефтепереработки создана производственная линия, позволяющая выпускать до 500 тонн пластичной смазки в год, что полностью удовлетворяет потребность РФ в этом виде продукции.

Полимочевинные пластичные смазки находят применение в различных отраслях промышленности. Крупнейшими потребителями полимочевинных смазок в РФ являются металлургические заводы и предприятия, эксплуатирующие технику в условиях Крайнего Севера, поэтому были разработаны смазки марок «Металлургическая» и «Арктическая», а также доказана их высокая эффективность при использовании в экстремальных условиях. Совместные усилия ИНХС РАН и ОАО «ЭЛИНП» позволили полностью решить проблему импортозависимости в области полимочевинных пластичных смазок.

РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Макарова А.С., Тарасова Н.П.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: annmakarova@mail.ru*

Анализ публикаций по проблеме мониторинга уровня загрязнения окружающей среды вредными веществами показал, что подобное загрязнение приводит к материальным потерям и ухудшению здоровья населения¹. Однако существующие методы управления качеством окружающей среды основаны в основном на оценках индивидуальных веществ. Для оценки комплексного воздействия всех химических веществ, находящихся в обращении на исследуемой территории, предлагается рассчитывать экологический след химических веществ (chemical footprint, ChF).

Экологический след – это условный показатель, предназначенный для комплексных оценок потребления человечеством ресурсов биосферы². В настоящее время разработаны показатели углеродного экологического следа, экологического следа, связанного с водопотреблением, экологического следа в области экономики и ряд других³.

ChF предлагается определять через объем «чистой» окружающей среды, необходимой для разбавления поступающих в границы исследуемой территории химических веществ до безопасных концентраций⁴. ChF предполагается вычислять по формуле:

$$\text{ChF} = \max \left(\left(\sum_{i=1}^n V_a^i \right) / V_a^{\text{sis}}; \left(\sum_{i=1}^n V_b^i \right) / V_b^{\text{sis}}; \left(\sum_{i=1}^n M_n^i \right) / M_n^{\text{sis}} \right),$$

где: V_a^i – объем воздуха, требующегося для разбавления до безопасных концентраций выбрасываемого в атмосферу i -го химического вещества; V_a^{sis} – имеющийся в системе объем воздуха; V_b^i – объем воды, требующейся для разбавления сбрасываемого в водоем i -го химического вещества до безопасных концентраций; V_b^{sis} – запас воды в системе; M_n^i – требующийся для разбавления объем почвы; M_n^{sis} – объем имеющейся почвы.

Литература

1. Кантюков Р.А., Гимранов Р.К., Рыженков И.В., Кантюков Р.Р., Мешалкин В.П., Панарин В.М., Горюнкova А.А. *Химическая промышленность сегодня*, 2015, **3**, 25.
2. Wackernagel M, Rees W. *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. Philadelphia (PA): New Society Publishers, 1996.
3. Čuček L, Klemeš JJ, Kravanja Z. *J Clean Prod*, 2012, **34**, 9.
4. Тарасова Н.П., Макарова А.С. *Известия АН. Серия химическая*, 2016, **5**.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 15-17-30016.

«КАНАЗИТ» - НОВОЕ КОМПЛЕКСНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА

Мелкоян Р.Г.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119991, Москва, Ленинский проспект, 4, e-mail: mrg-kanazit@mail.ru*

Цель нового стекольного проекта, разработанная в Ереванском НПО «Камень и силикаты» и в ООО «НПФ КАНАЗИТ» является научно и технологически обоснованным, где представлено расширение и улучшение структуры сырьевой, экологически чистой базы для стройиндустрии, в том числе стекольного производства для повышения технологической и экономической эффективности, а также экологической безопасности.

Основная идея данного проекта заключается в использовании аморфных кремнезёмсодержащих горных пород с заменой сухого способа приготовления стекольной шихты на «мокрый способ», основанный на перемешивании растворов или суспензии стеклообразующих компонентов на уровне наночастиц в коллоидном растворе каназитообразующих компонентов, путём вовлечения аморфных разновидностей кремнезёма в стекольное производство.

Суть проекта: предлагается новый гидротермальный способ получения стекольного сырья «Каназит» {названного автором – заслуженным изобретателем Республики Армения Мелкояном Г.С. (1914-2003гг)} в честь Канакерского алюминиевого завода «КАНАЗ», где оно впервые было получено, на основе аморфных горных пород, а именно:

- впервые предлагается научно-обоснованный способ получения стёкол «минуя жидкую фазу», т.е. получение стекла «снизу» при гидротермальном способе приготовления шихты;
- впервые предлагается замена сырьевых материалов для производства стекла, имеющих кристаллическую структуру, аморфными сырьевыми материалами и продуктами их переработки;

"Каназит" - комплексное стекольное сырьё различных химических составов (листового и увиолевого, сортовой посуды и хрусталя, светотехнического стекла и темно-зеленой тары и т.д.).

Создание технологии получения каназита преследовало цель внести коренное изменение в существующий способ приготовления стекольной шихты, обеспечивающий переход от сухого смешивания твердых компонентов к перемешиванию их растворов или суспензии.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ НА СВОЙСТВА БЕМИТА

Мухамедьярова А.Н., Егорова С.Р., Ламберов А.А., Курбангалеева А.З.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, химический Институт им. А.М. Бутлерова, 420008, Казань, Кремлевская, 18, e-mail: anm03@list.ru

В каталитических процессах нефтехимического синтеза, осуществляемых в кипящем слое, важное место занимают микросферические катализаторы, полученные с использованием алюмооксидных носителей со структурой $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Предшествующей фазой $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ является бемит, который может быть получен перекристаллизацией $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ в гидротермальных условиях.

Изучено влияние условий гидротермальной обработки $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ на фазовый состав продуктов, полученных при $T = 150\text{--}210^\circ\text{C}$, $P = 1.0\text{--}1.9$ МПа и $\text{pH} = 4 - 10$.

В водной суспензии продуктами ГТО $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ являются фазы байерита и бемита. Гидроксиды формируются одновременно параллельными маршрутами по механизму растворения-осаждения в приповерхностном слое частиц без выделения в маточный раствор ионов алюминия. В гидротермальных условиях формируются кристаллы байерита игольчатой формы длиной ~ 10 нм. Благоприятными условиями для формирования байерита являются $T=150^\circ\text{C}$, $\text{pH}=4,0$, при которых его концентрация постоянна в течение 180 мин и достигает 6-8 % масс. При $180\text{--}200^\circ\text{C}$, $\text{pH}=6,0\text{--}10,0$ байерит подвергается фазовому переходу в бемит. Концентрация, форма и размеры ОКР образующихся частиц бемита определяются значением pH суспензии и длительностью ГТО. При $\text{pH}=8,0\text{--}10,0$ формируются трехмерные частицы в форме параллелепипедов с размером ребра ≥ 200 нм и размерами ОКР 49-85 нм по плоскости (020), 39-64 нм по плоскости (120). При $\text{pH}=4,0\text{--}6,0$ формируются двумерные частицы в форме ромбических пластин с размером ребра $\sim 80\text{--}500$ нм, толщиной $\sim 20\text{--}100$ нм и размерами ОКР 27-32 нм по плоскостям (020) и (120).

О НАДЕЖНОСТИ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИСКА ДЛЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Пестов С.М.

*Московский технологический университет,
119571, Москва, проспект Вернадского, 86, e-mail: pestovsm@yandex.ru*

В последние годы в мире резко выросло количество аварий, связанных с оборотом опасных химических веществ (ОХВ). При анализе последствий и риска возникновения аварии на опасном химическом объекте особое внимание уделяется расчету массы паров ОХВ. Сравнительный анализ применяемых в России и за рубежом методов расчета количеств ОХВ, которые могут участвовать в аварии, показал, что наибольшие расхождения наблюдаются при определении массы паров испарения пролива, в том числе и при использовании рекомендуемых в РФ методик РД 52.04.253-90 и "Токси".

Технологические процессы, связанные с транспортировкой, переработкой, хранением нефти и газообразных углеводородов, характеризуются высоким уровнем опасности. Существующие методы расчета избыточного давления взрыва и концентрационных профилей ОХВ могут приводить к значительным расхождениям в анализе опасности и соответственно к разным величинам индивидуального риска для персонала и «третьих лиц» по следующим причинам: неадекватные модели расчета свойств ОХВ и смесей, содержащихся в технологическом блоке; низкая надежность результатов расчета для ряда ОХВ и расчета избыточного давления взрыва для всего интервала расстояний.

Проведен анализ опасности как для крупномасштабного нефтеперерабатывающего производства (установки первичной перегонки, резервуары хранения фракций нефти), так и для небольших установок (на примере производства ионообменных смол).

Был проведен сравнительный анализ экспериментальных и рассчитанных по разным методикам удельных скоростей испарения пролива индивидуальных веществ и нефтепродуктов. На примере типового оборудования для хлора, аммиака и ряда токсичных ЛВЖ показаны расхождения при использовании приведенных выше методик в определении площади химического заражения с пороговой и смертельной токсодозами поражения людей. Проведено сравнение удельных скоростей испарения ОХВ и нефтяных фракций. Показано, что использование разных моделей приводят к значительным расхождениям при определении индивидуального и социального риска.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки, проект RFMEFI58015X0004.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАНЦЕРОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Сидоров О.Ф.,^а Дерюгин А.А.,^б Сидельников А.Ю.^б

^а*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: sidorole@mail.ru*

^б*Восточный научно-исследовательский углехимический институт, 620990, Екатеринбург, 8Марта, 14*

По методике,¹ в условиях контролируемой карбонизации (до 900°C) различных углеродсодержащих материалов хроматографическими методами количественно определены содержание канцерогенных ПАУ в отходящих газах и возгонах (табл.1).

Таблица 1. Эмиссия бензо[а]пирена в процессе карбонизации

Испытуемое вещество		Содержание БП в исходном веществе, мг/кг	Эмиссия БП при карбонизации до 850°C, мкг/кг	Концентрация БП в отходящем газе, нг/мл
1	Связующее CARBORES®Т	300	98,1	0,584
2	Связующее CARBORES®Р	500	176,4	0,621
3	Промышленный пек СТП, Тр=76°C	10000	112,6	0,420
4	Промышленный пек ВТП, Тр=135°C	14000	675,6	2,165
5	Пульвербакеллит	нет данных	505,4	1,707
6	Полиэтилен высокого давления	нет данных	1796	2,190
7	Остаток висбрекинга	нет данных	669,8	1,595
8	Кокс нефтяной	нет данных	12002	30,156
9	Добавка коксующая	нет данных	4024	12,897
10	Каменноугольный полукокс	нет данных	353	3,116
Примечание: БП - бензо[а]пирен				

Результаты исследований показали существенные отличия при определении канцерогенной опасности, определяемой по содержанию бензо[а]пирена в субстрате и по эмиссии его в процессе карбонизации. Показано, что только степень эмиссии бензо[а]пирена может служить критерием канцерогенной опасности карбонизируемого вещества. По этому признаку к канцерогенноопасным следует отнести пульвербакеллит и полиэтилен, которые обычно к таковым не относят.

Литература

1. Sidorov O.F. *Coke and Chemistry*, 2012, V. 55, 2, 66.

РАЗРАБОТКА АКРИЛАТНЫХ СОПОЛИМЕРОВ С ПОВЫШЕННЫМИ КИСЛОТО-, СОЛЕ- И ТЕРМОСТОЙКОСТЬЮ КАК ОСНОВЫ ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ БУРОВЫХ СМАЗОЧНЫХ ДОБАВОК

Стрельников В.Н., Вальцифер В.А., Нечаев А.И.

*Институт технической химии УрО РАН,
614013, Пермь, акад. Королева, 3, e-mail: svn@itch.perm.ru*

Возросшие технико-экономические требования к проведению работ в нефтедобывающей отрасли, связанные со сложными горно-геологическими условиями бурения, обусловили необходимость увеличения стойкости сополимеров, являющихся активным компонентом смазочных добавок, к повышенным температурам, высокой кислотности и минерализации среды.

Разработана методика синтеза сополимеров акрилатного ряда на основе его производных, которая позволяет получать сополимеры с содержанием амидных групп в количестве 10-60 моль %, нитрильных групп в количестве 0-30 моль %, сульфонатных групп в количестве 0-30 моль % и карбоксилатных групп в количестве 0-60 моль %. Разработанная методика обеспечивает получение акрилатных сополимеров с молекулярной массой в интервале 40-1000 кДа.

Установлено, что физико-химические характеристики сополимеров определяются типом и соотношением звеньев в их цепи. Так, увеличение термостойкости сополимеров обеспечивается путем введения в их состав звеньев акрилонитрила, достижение требуемой стойкости в кислых средах – сополимеризацией акриламида с 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислотой, растворимость в водной фазе обеспечивается использованием акриламида. Однако введение различных функциональных звеньев может привести к росту жесткости цепи акрилатного сополимера, что, в свою очередь, негативно сказывается на снижении гидродинамического сопротивления водного потока данными сополимерами. Показано, что данные зависимости необходимо учитывать при разработке способов получения акрилатных сополимеров для буровых смазочных добавок, характеризующихся способностью снижать гидродинамическое сопротивление водных потоков в условиях термической, кислотной и солевой агрессий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в соответствии с Соглашением № 14.607.21.0121.

ВТОРИЧНОЕ НЕФТЕСЫРЬЁ: ИСТОЧНИКИ, ИЗУЧЕНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

**Тыщенко В.А.,^{а,б} Гарина Н.Ю.,^а Спиридонова И.В.,^а Бабинцева М.В.,^а Хлопцева Т.С.,^а
Занозин И.Ю.,^а Занозина И.И.^{а,б}**

*^аПАО «Средневолжский научно-исследовательский институт
по нефтепереработке», 446200, Новокуйбышевск, Научная, 1,
e-mail: zanozinaii@svniinpr.ru*

*^бСамарский государственный технический университет,
443100, Самара, Молодогвардейская, 244*

При постоянном ухудшении качества добываемых и поступающих на переработку нефтей немаловажен факт вовлечения в нефтесырьё отходов производства в виде компонентов сырья на всех стадиях технологических процессов, включая первичную переработку, вторичные процессы, производство товарной продукции. Условно поделим «отходы»: производственные (I) и эксплуатационные (II).

I - сточные воды различных технологических установок нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), поступающие на очистные сооружения предприятия, образующие в итоге линзовый и ловушечный нефтесодержащие продукты (ЛЛНП). Поскольку ЛЛНП неоднородны, нестабильны, требуется постоянный мониторинг состава ЛЛНП с детальным изучением качества усредненных проб для принятия решения реального вовлечения нефтесодержащего компонента в переработку. Данное направление совместной деятельности различных служб НПЗ имеет свое развитие.

II - отработанные смазочные материалы (ОСМ). Ранжируя по определенным признакам и подвергая группы ОСМ определенным приемам-способам очистки, рациональный владелец данных ресурсов получает определенный экономический эффект при вторичном использовании ОСМ. На отечественном рынке существует ряд производителей-разработчиков мини-установок, позволяющих довести ОСМ до реально приемлемых показателей качества для последующего: 1) восстановления эксплуатационных свойств масел путем компаундирования с пакетом присадок; 2) вовлечения в товарный продукт (мазут топочный, флотский, печное топливо) в зависимости от вязкостно-температурных характеристик очищенного продукта.

При условии проведения комплексных физико-химических исследований отходов процессов нефтепереработки реально расширить перечень потенциальных сырьевых компонентов, в чём принимают активное участие аналитики и зачастую становятся соавторами технологических решений.

КИСЛОТНО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В МИКРО- И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Удоратина Е.В., Торлопов М.А., Казакова Е.Г.

*Институт химии Коми НЦ УрО РАН,
167982, Сыктывкар, Первомайская, 48, e-mail: udoratina-ev@chemi.komisc.ru*

Наиболее распространёнными способами получения наноструктурированных растительных полисахаридов и, прежде всего, целлюлозы, являются механический и химический. Химический способ заключается в кислотном гидролизе целлюлозы сильными кислотами. В роли кислотных катализаторов этого процесса перспективно использовать твердые, регенерируемые агенты, например, гетерополиокислоты.

Проведена трансформация макромолекулы целлюлозы в водных и органических средах с использованием гетерополиокислот структуры Кеггина ($H_3PW_{12}O_{40}$, $H_3PMo_{12}O_{40}$, $H_3SiMo_{12}O_{40}$). Варьированием условий реакции кислотно-каталитической деструкции регулируются морфология и физико-химические свойства целлюлозных материалов.

В результате кратковременного каталитического воздействия гетерополиокислот (от 0.1 до 15.0 % мол.) в среде низших карбоновых кислот (муравьиной либо уксусной) получены высокоупорядоченные ($I_{кр}$ до 89, метод РФА) микрокристаллические целлюлозы со средним размером частиц ~ 60 мкм, при определенных условиях частично или полностью этерифицированные остатками карбоновых кислот.

Комбинированием физико-химических воздействий (ультразвуковая обработка и каталитическая деструкция в среде вода-уксусная кислота в присутствии 4 ± 10 % мол. гетерополиокислоты) получены субмикро и нанокристаллические целлюлозы. Наноцеллюлоза характеризуется гидродинамическим диаметром частиц $200\div 300$ нм (метод динамического светорассеяния), высоким индексом кристалличности ($I_{кр} = 86$). На основе нанокристаллических частиц целлюлозы получены устойчивые гидрозоли. Варьированием параметров лиофилизации гидрозолей (концентрация, продолжительность процесса) задается морфология материалов: микроламеллярная (ширина ламеллы 10-20 мкм, толщина 0.2-0.5 мкм,), микроволокнистая или нановолокнистая (волокна нанометрового диаметра с длиной от 2.0 до 5.0 мкм).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы УрО РАН, проект 15-21-3-11.

МЕТОД ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТАЧЕГО ИНГИБИТОРА В ФАЗОВОЙ ПЛЕНКЕ ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Шель Н.В.,^а Князева Л.Г.,^б Кузнецова Е.Г.,^б Урядников А.А.,^в Дорохов А.В.^б

*^аТамбовский государственный технический университет,
392000, Тамбов, Советская, 106*

*^бВсероссийский научно-исследовательский институт использования техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Тамбов, Новорубежный переулок, 28, e-mail: vitin-10@mail.ru*

*^вТамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392000, Тамбов, Интернациональная, 33*

Впервые в отечественной и международной практике разработана методика электрохимической оценки концентрации летучих ингибиторов в фазовой пленке влаги, самопроизвольно формирующейся на поверхности металла, корродирующего в атмосферных условиях. Ее использование целесообразно в интервале относительной влажности воздуха, в котором на твердой корродирующей поверхности, контактирующей с газовой фазой (воздух), образуется фазовая водная пленка. Метод применим к оценке функциональных показателей ингибиторов любой природы и состава. Не лимитирует его применимость и величина давления насыщенного пара летучего ингибитора, по крайней мере, в пределах 0,133 – 133 Па и уровень растворимости в воде и водных растворах микрокомпонентов воздуха – стимуляторов коррозии. Необходимо лишь соблюдение следующих условий: продукт должен быть эффективен в условиях атмосферной коррозии металлов или сплавов; наличие замкнутого объема; наличие в исследуемом объеме концентрации стимуляторов коррозионного процесса.

Для реализации методики (100%-я относительная влажность) в ряд герметичных емкостей помещаются испытываемые образцы металла. Туда же ставятся две дополнительные емкости с дистиллированной водой и летучим ингибитором коррозии (ЛИК). Во времени ЛИК насыщает газовую фазу и абсорбируется дистиллированной водой, образуя раствор. Через заданные промежутки времени из герметичных емкостей извлекают образцы металла и дополнительные емкости с раствором ингибитора. Первые используются для оценки скорости коррозии металла, во вторые вводится NaCl для достижения 0,1 М концентрации и проведения поляризационных измерений. Одновременно готовится серия стандартных 0,1 М растворов NaCl с фиксированной концентрацией ЛИК. Сопоставляются поляризационные кривые, полученные в среде, абсорбировавшей ЛИК и в стандартных растворах с целью оценки концентрации ЛИК в объеме раствора и в пленке влаги.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ДЕЗАКТИВАЦИЯ $AlCl_3$ СОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АЛКИЛИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ОЛЕФИНАМИ ЭПОКСИДИРОВАННЫМ СОЕВЫМ МАСЛОМ

Байгускарова Э.Ш., Жаворонков П.А.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Карла Маркса, 68, e-mail: bayguskarova90@mail.ru*

Непрерывный рост производства алкилароматических соединений обусловлен высокой потребностью в продуктах, получаемых на их основе. Ведущее место среди подобных процессов занимает каталитическое алкилирование бензола олефинами.

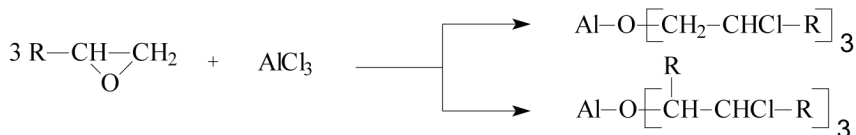
Несмотря на существенные недостатки в качестве катализатора алкилирования бензола олефинами до сих пор в промышленности используют комплексы на основе хлорида алюминия.

Поэтому разработка экологичного способа дезактивации $AlCl_3$ содержащего каталитического комплекса алкилирования бензола олефинами является актуальной и на сегодняшний день.

В качестве дезактивирующего агента было использовано эпоксицированное соевое масло (ЭСМ).

Процесс дезактивации изучался на модельной системе, представляющей собой каталитический комплекс в среде толуола. Концентрация каталитического комплекса по хлориду алюминия составляла 2% мас.

В общем виде схема дезактивации каталитического комплекса эпоксисодержащим соединением может быть представлена следующим образом:



В процессе дезактивации происходит связывание свободного хлорида алюминия в нейтральное соединение, что исключает выделение хлористого водорода, приводящее к коррозии оборудования, и необходимость нейтрализации и промывки реакционной массы алкилирования.

В ходе работы было изучено влияние соотношения хлорида алюминия и эпоксидных групп (ЭГ) на степень дезактивации каталитического комплекса при $T = 50^\circ C$, $[AlCl_3] = 2\% \text{ масс.}$

Дезактивация каталитического комплекса ЭСМ приводит к снижению количества свободного хлорида алюминия, и с увеличением мольного избытка дезактивирующего агента с 2 до 3, степень дезактивации увеличивается с 70% до 80%.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РЕАКТОР ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ МАСЕЛ И УГЛЕВОДОРОДОВ

Бачурихин А.Л., Эфендиев М.Ш.

*Институт органической химии им. Н.Д.Зелинского РАН, Россия,
119991, Москва, Ленинский проспект, 47, e-mail: mesckalin@yandex.ru
ПАО ДагНефтеПродукт, 367009, Махачкала, Россия, Шоссе аэропорта, 1*

Большинство известных способов очистки водных сред от нефтепродуктов основаны на использовании методов окисления, флотации, сорбции, а также биоочистки. По суммарным характеристикам, включая производительность, степень очистки, простота технологических решений, экономической и энергетической эффективности, указанные способы не являются оптимальными.

Разработан и испытан в промышленных масштабах процесс очистки водных сред от нефтепродуктов и опасных углеводородов, в том числе ароматические и олефиновые, основанный на использовании в качестве основного реакционного узла - реактора электромагнитной обработки водных сред. Принцип работы основан на явлении ускорения коалесценции микрочастиц масел в условиях взаимодействия внешнего переменного магнитного поля с ферромагнитными частицами, которые имеют собственное постоянное магнитное поле.

Рабочие параметры процесса очистки:

Исходная концентрация нефтепродуктов - $100 \div 1$ мг/л

Конечная концентрация нефтепродуктов - $0,5 \div 0,05$ мг/л

Производительность по исходной воде - до 100 м³/ч

Режим работы – непрерывный

Рабочая температура - $0 \div 50$ °С

Рабочее давление - $0 \div 1,0$ МПа

Кроме прямого применения указанной установки в процессе очистки воды, её можно использовать для решения других задач, в частности, для предварительной обработки, смол, битума, песка, в производстве красителей, и др. сферах.

Отличительные характеристики установки:

1) Высокая эффективность

2) Устойчивость к высоким уровням загрязнения коммуникаций

3) Стандартизация элементов с возможностью быстрой замены

Установка прошла промышленные испытания в зоне Каспийского бассейна: Россия, Республика Дагестан.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА НАУКИ НА ПРИМЕРЕ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (1990-2014)

Бессарабов А.М., Заремба Г.А., Гафитулин М.Ю., Вендило А.Г.

ПАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва,
107564, Краснобогатырская, 42, e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

Результаты системного анализа статистической информации¹ по инновационным ресурсам научного комплекса России за 1990-2014 гг. показали в целом снижение индикаторов человеческого капитала и стоимости основных фондов. В то же время был отмечен рост финансовых показателей во всех трех секторах науки (государственный, вузовский, предпринимательский). Наибольшее выбытие персонала показал предпринимательский сектор, где численность упала в 4.3 раза. Однако, удельный вес численности персонала этого сектора в научном комплексе России составлял от 54% до 77%. Так же он впереди по уровню затрат на НИР – 60-70% и по удельному весу основных фондов ~60%².

Предпринимательский сектор химической науки в разрезе государственных унитарных предприятий (ГУП) и акционерных организаций (АО) показал такие же закономерности, как и научный комплекс России³. Однако, потери человеческого капитала были еще выше. Среднесписочная численность сотрудников в ГУП снизилась за 25 лет в 6.3 раза, в АО – в 14 раз. Численность специалистов высшей квалификации за анализируемый период также падала, но с меньшей интенсивностью – в 2.6 и 9 раз для ГУП и АО, соответственно. В ходе проведения анализа финансовых ресурсов НИИ химического комплекса за период 1995-2014 гг. показано, что произошел рост показателей по НИР в ценах 2014 г. – объемов работ (в 3.1 раза для ГУП и 4.8 раза для АО) и выработки (в 5.5 и 9 раз). Средняя стоимость основных фондов на одну научную организацию для ГУП за период 1997-2014 гг. снизилась в 5.6 раза, а для АО – в 2.6 раза (в том числе машин и оборудования – в 2,5 и 2 раза). Фондовооруженность в химических НИИ падала до 2003 года, а затем стабилизировалась. Техновооруженность показала отрицательную динамику (ГУП и АО) до 2006 г. с последующим стабильным ростом.

Литература

1. Индикаторы науки: 2016. Статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2016. – 304с.
2. Bessarabov A., Kvasyuk A., Zarembo G., Trokhin V., Vendilo A. *Abstract Book 10th European Congress of Chemical Engineering, ECCE-10*, 2015, Nice, France, 1246.
3. Bessarabov A.M., Kulov N.N., Kvasyuk A.V. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2012, 46, 609.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-07-00823.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ CALS-СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бессарабов А.М., Трохин В.Е., Степанова Т.И., Казаков А.А.

ПАО Научный центр «Малотоннажная химия»,
107564, Москва, Краснобогатырская, 42, e-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

Созданы теоретические основы и методология комплексной разработки автоматизированных химико-технологических систем управления жизненным циклом научных исследований на основе концепции CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия)¹.

В химическом комплексе разработано методологическое и программное обеспечение для научных исследований, проектирования и внедрения основных этапов жизненного цикла с последующей их реализацией в автоматизированных CALS-системах по следующим трем направлениям:

- CALS-технологии получения химических реактивов и особо чистых веществ², плазмохимического синтеза нанопорошков и биохимического синтеза БАД нового поколения золь-гель методом;
- CALS-системы компьютерного менеджмента качества композитных теплозащитных материалов для космической техники и материалов дорожной химии (противогололедные реагенты и дорожные пропитки);
- CALS-системы экологических научных исследований утилизации отходов фосфорной промышленности и экологического мониторинга влияния противогололедных реагентов по основным компонентам окружающей среды (снежный покров и водные объекты, почвенный покров, зеленые насаждения, атмосферный воздух).

Результаты работы являются составным элементом дальнейшего развития теории и практики применения концепции CALS в наиболее перспективных секторах науки и техники. Предложенные в работе теоретические обобщения позволят более оперативно и качественно разрабатывать перспективные химические технологии и материалы. Заложенные в проекте методологические основы позволят создать проблемно-ориентированные CALS-системы для других отраслей промышленности (фармацевтическая, пищевая и др.).

Литература

1. Lobanova A.V., Stepanova T.I., Bulatitsky K.K., Bessarabov A.M. *Russian Journal of General Chemistry*, 2015, **85**, 2431.
2. Bessarabov A., Kvasyuk A. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2015, **17**, 1365.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-07-00823.

МНОГОАТРИБУТНЫЕ ОЦЕНКИ ДЛЯ СППР УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ ПОТОКАМИ В ГАЗОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ

Бугусов О.Б., Кантюков Р.А., Попов Д.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: clogist@muctr.edu.ru*

Рассмотрена сеть газопроводов газораспределительной станции в виде суммы отдельных прямолинейных секций и узлов сочленения, которые представляют собой: изгибы, сужения, расширения, колена с различными углами поворота и пр. При прохождении импульсов давления через узлы газопровода возникают пульсации потока, которые являются одной из причин его преждевременного износа и могут привести к разрыву трубопровода и выхода его из строя. Для комплексной оценки устойчивости газопровода в системе поддержки принятия решений (СППР) разработана специальная система многоатрибутных оценок. Каждый узел сочленения описывается при помощи следующих четырех показателей: потери средней скорости потока на узле, коэффициента Кориолиса, коэффициента Буссинеска, коэффициента сопротивления узла. Таким образом, состояние множества узлов газопровода описывается при помощи матрицы безразмерных величин: X_{ij} , где $j \in \overline{1,4}$ - номер узла сочленения, а $i \in \overline{1,4}$ - номер одного из четырех отмеченных выше показателей. На следующем этапе осуществляется вычисление подобной матрицы по следующей формуле:

$$R_{ij} = 1 - C \sum_{k=1}^4 |X_{ik} - X_{jk}|, \text{ где параметр } C \text{ выбирается таким образом, чтобы } 0 \leq R_{ij} \leq 1.$$

Предполагается, что используемые параметры являются нечеткими числами. Подобная матрица не удовлетворяет условию транзитивности и, поэтому не является эквивалентной. Для ее преобразования в эквивалентную применяем теорему из [1], согласно которой эквивалентная матрица может быть получена из подобной с помощью последовательного перемножения: $R^2 = R \bullet R$, $R^4 = R^2 \bullet R^2$, ..., $R^{2n} = R^{2^{n-1}} \bullet R^{2^{n-1}}$. При этом R^{2n} признаком эквивалентности является следующее соотношение $R^{2n} = R^{2^{n-1}}$. Матрицы эквивалентности используются для группировки узлов газопровода в отдельные группы по степени их устойчивости к прохождению импульсов давления.

Литература

1. Abraham Kandel. Fuzzy mathematical techniques with applications. N.Y.: Addison-Wesley Pub. Company, 1986.

НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ХРОМИРОВАНИЯ

Винокуров Е.Г., Василенко Е.А., Бурухина Т.Ф., Невмятуллина Х.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: vin@muctr.ru*

Эффективное управление производством требует одновременного обеспечения конкурентоспособности продукции и решения экологических проблем. Предметной областью настоящей работы и форсайт-исследования является технология нанесения покрытий хромом.

Для прогноза развития в секторе НИОКР (англ. Research and Development, R&D) сопоставляются два процесса хромирования: Cr-6 – из растворов на основе токсичной хромовой кислоты и Cr-3 – из растворов на основе экологически менее опасных соединений трехвалентного хрома. По результатам экспертного опроса специалистов-практиков сформирована матрица для SWOT-анализа, выявлены сильные и слабые стороны каждого процесса. Дана оценка сдвига (положительный, нулевой или отрицательный) в результате внедрения технологии Cr-3 по сравнению с Cr-6 и с помощью непараметрического критерия знаков (G-критерий) достоверно подтвержден отрицательный сдвиг при замене технологии хромирования.

Показано, что наметилась тенденция к уменьшению концентрации хромовой кислоты в растворе для процесса Cr-6 (в период с 1952 до 2011-2015 гг). Достоверность прогноза подтверждена статистическим анализом с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни.

Вышеприведенные факты дают возможность утверждать, что технологический процесс Cr-6 остается на сегодняшний день основным процессом получения хромовых покрытий, т.к. обеспечивает устойчивую позицию предприятия на рынке. Выводы, сделанные в результате исследования, указывают на необходимость реинжиниринга технологии Cr-6. Успешная стратегия развития этого процесса направлена на обеспечение соблюдения норм экологической безопасности и охраны труда в настоящем и будущем, а также, использование разбавленных по соединениям тяжелых металлов растворов и предотвращение угрозы загрязнения окружающей среды. Технология Cr-3 имеет большие возможности, но требует серьезных дальнейших не только теоретических, но и практических исследований для их реализации.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения государственного задания.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ МИНИ-ЭКСТРАКТОРОВ С ЖИДКОЙ ПСЕВДОМЕМБРАНОЙ

Вошкин А.А.,^{а,б} Заходяева Ю.А.^а

^а*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: aav@igic.ras.ru*

^б*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023, Москва, Б. Семеновская, 38*

Перспективным направлением развития современных процессов разделения жидких смесей является разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий на основе гибридных процессов, в частности методов мембранной экстракции¹. За последние годы выполнен цикл работ направленных на изучение возможностей реализации метода жидких псевдомембран в аппаратах различной конструкции²⁻⁵. Целью представленной работы стало экспериментальное исследование процессов межфазного распределения компонентов модельных растворов отходов потребления и производства в мегаполисе с целью разработки эргономичных конструкций лабораторных многофазных экстракторов и наиболее эффективных режимы реализации процессов экстракционного разделения в них. На основе экспериментальных данных и результатов численных исследований предложены области практического использования исследуемых многофазных мини-аппаратов.

Литература

1. Костанян А.Е., Белова В.В., Вошкин А.А. *Химическая технология*, 2005, Т. 6, **9**, 41.
2. Костанян А.Е., Вошкин А.А., Пятовский П.А. *Химическая технология*, 2008, Т. 9, **10**, 535.
3. Костанян А.Е., Егорова Н.С., Вошкин А.А., Зонов С.С. *Химическая технология*, 2007, Т. 8, **10**, 471.
4. Белова В.В., Заходяева Ю.А. *Журнал неорганической химии*, 2014, Т. 59, **7**, 981.
5. Белова В.В., Заходяева Ю.А. *Химическая технология*, 2014, Т. 15, **6**, 371.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта 15-33-70048 «мол_а_мос».

СМЕСЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОУСАДОЧНЫХ ПЛЕНОК

Жуков В.В., Иманаев И.Р., Спиридонова Р.Р.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Казань, Карла Маркса, 68, e-mail: Vlad_zhukov93@mail.ru*

На реализацию товаров оказывает влияние их упаковка. Как упаковка широко распространена термоусадочная пленка из полиэтилена. Снижение стоимости упаковки так же повлияет на снижении стоимости товаров. Снижение стоимости термоусадочной пленки является актуальной и экономически выгодной проблемой, решения, которой можно достичь за счет увеличения прочностных характеристик с последующим уменьшением толщины пленки.

Целью работы была разработка композиции на основе полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) с разветвленной структурой для термоусадочной пленки. В качестве одного компонента смеси используются пленочные марки ПЭНП 15303-003 или ПЭНП 10803-020, в качестве второго используется марка линейного полиэтилена (ЛПЭНП) 5118Q производимая на ОАО "Нижнекамскнефтехим". Однослойные пленки были получены на экструзионной линии. Композиции были получены при 180 0С. Эта температура часто используется и является оптимальной с точки зрения физических нагрузок на экструдере и обеспечивает режимы стабильность обработки материала. При переработки ПЭНП ПТР уменьшается, что затрудняет дальнейшую переработку. Но введение в композицию ЛПЭНП приводит к увеличению ПТР.

Оптимальная физика-механическая характеристики были получены в композиции содержащей ПЭНП 15303-003, которые можно рекомендовать для промышленного получения термоусадочной пленки. Экономическая эффективность заключается в следующем: если брать цену ПЭНП 15303-003 для 92,5 рублей за 1 кг, и ЛПЭНП 5118Q стоить 115 рублей за 1 кг, что уменьшение толщины пленки с размерами 0 12 * 5200 * 100м на 10% до 0,1 * 5200 * 100м с 1 тонны позволит экономить 7225 рублей, что в среднем объем производства 100 тонн в месяц будут формировать 722500 рублей.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ВУЛКАНИЧЕСКИХ ТУФОВ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА

Кривобородов Ю.Р., Кузнецова Т.В., Потапова Е.Н.

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: cement@rctu.ru*

Использование в цементном производстве природных минеральных добавок, отходов и побочных продуктов других отраслей промышленности имеет давнюю историю. Это связано с тем, что применение различных добавок снижает энергозатраты на производство цемента, улучшает экологию окружающей среды, сокращает выбросы парниковых газов. Использование природных материалов, таких как пуццоланы, трепел, опока, диатомит известно со времен создания портландцемента. В течение многих десятилетий при производстве цемента использовали доменные гранулированные шлаки, золу–унос, микрокремнезем. В последние годы большое внимание уделяется метакеолину как активной минеральной добавке. В настоящее время выпуск цементов с добавками является одним из приоритетных направлений, что отмечалось на прошедших международных симпозиумах по химии и технологии цемента. Отмечено, что эра производства бездобавочного цемента закончилась, в перспективе будут развиваться малоклинкерные цементы и бетоны с пониженным расходом цемента на их изготовление. Такой путь развития строительных материалов предопределен главным образом необходимостью снижения энергозатрат на их производство, снижения выбросов в атмосферу, сохранения природных запасов и предотвращения отторжения земельных участков для размещения отходов. Однако применение добавок при производстве цемента не ограничивается только увеличением объема его производства при меньших энергетических затратах, а в основном их использование способствует совершенствованию структуры цементного камня, что обуславливает повышение прочностных показателей, морозостойкости, коррозиестойкости, т.е. его долговечности.

В данной работе исследованы процессы гидратации и твердения цемента с вулканическими добавками (цеолитизированным и вулканическим туфами), что позволило разработать технологию получения туфосодержащих цементов. Для оценки эффективности разработанных составов были проведены сравнительные испытания цемента с добавками доменного шлака, микрокремнезема и метакеолина. Анализ полученных результатов позволяет рекомендовать исследуемые цеолитсодержащие породы для промышленного производства цемента.

ДЕХЛОРИРОВАНИЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОЛИНУКЛЕОФИЛАМИ

Майорова А.В.,^а Куликова Т.В.,^а Плотникова К.А.,^б Горбунова Т.И.,^б Первова М.Г.^б

^аИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

^бИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 20, e-mail: imeturoan@mail.ru

Объектом исследований настоящей работы являются реакции нуклеофильного замещения атомов хлора в структуре ПХБ при взаимодействии с полинуклеофилами в присутствии КОН, а именно с 2-аминоэтанолом (2-АЭ).

Для проведения теоретических исследований впервые произведен расчет недостающих термодинамических свойств индивидуальных конгенов ПХБ и их производных (стандартная энтальпия образования; зависимость теплоемкости от температуры, энтропия). С помощью термодинамического моделирования и программного комплекса «НСС» проведено исследование реакционной способности коммерческой смеси ПХБ «Совол» при взаимодействии с 2-АЭ. Обнаружено, что основными продуктами реакции являются гидроксипроизводные ПХБ. Содержание аминоэтоксипроизводных в продуктах не обнаружено. Самыми реакционноспособными конгенерами являются гепта-, гекса-, и пентахлорбифенилы, а наименьшую реакционную способность проявляют трихлорированные конгенеры. Выявлены оптимальные условия полного замещения атомов хлора в конгенерах ПХБ на гидроксигруппы: соотношение ПХБ:2-АЭ:КОН – 1:8:6, T=170 °C. Отметим, что теоретические расчеты не учитывают времени взаимодействия.

Экспериментальные исследования взаимодействия в течение 11 ч смеси ПХБ «Совол» с 2-АЭ в присутствии КОН в условиях, выбранных путем расчетов, показывают, что конверсия конгенов смеси «Совол» составляет 90 %. Основными продуктами реакции являются моно- и ди- гидроксипроизводные ПХБ, а аминоэтоксипроизводные ПХБ отсутствуют. Наибольшая концентрация приходится на моногидрокситетрахлорбифенилы и дигидрокситетрахлорбифенилы.

Результаты ТДМ процессов взаимодействия конгенов ПХБ, содержащихся в смеси «Совол», с 2-АЭ в присутствии КОН и экспериментальные данные подтверждают, что выбранные условия приводят к высокой конверсии и отсутствию аминоэтоксипроизводных ПХБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 16-33-00314.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ ФИЗИЧЕСКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

**Меньшиков С.Ю.^а, Важенин В.А.^б, Валова М.С.^а, Ганебных И.Н.^а, Трошин Д.П.^в,
Шишлов О.Ф.^в, Ковалев А.А.^в, Баженова Л.Н.^а, Марков А.А.^г**

^а*Институт органического синтеза им. И.Я.Постовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 20, e-mail: kox@ios.uran.ru*

^б*Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19*

^в*ОАО «Уралхимпласт», 622012, Нижний Тагил, Северное шоссе, 21*

^г*Институт химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91*

Известно, что окисление метанола в формокс-процессе в присутствии катализатора на основе $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ при производстве формальдегида и формальдегидокарбамидного концентрата (КФК) имеет определенные различия в составе газовой фазы в зависимости от структуры катализатора. В то же самое время повышение температуры способствует разложению целевого формальдегида на СО и H_2O . Присутствие Fe (II) и (III), приводит к глубокому окислению метанола до CO_2 и H_2O . Гравиметрический анализ свидетельствует, что после магнитной сепарации вес сильно магнитной фракции (то есть содержание Fe) отработанного катализатора производства КФК выше, чем вес отработанного катализатора производства формальдегида. Анализ состава газовой фазы спустя 6 месяцев после замены катализатора также показывает, что содержание CO_2 на входе и на выходе реактора окисления метанола выше при производстве КФК. Это подтверждается повышенным содержанием Fe (III) в катализаторе для данного процесса. При этом непосредственно перед заменой катализатора при стандартной нагрузке содержание CO_2 превышает обычные значения в 5-8 раз. Для оптимальных условий работы катализатора необходимо поддерживать содержание СО на входе в реактор пределах не ниже 0,7% и не выше 1,4%. Определение СО с использованием газоанализаторов Тест-200 и Оксиган 5 М также необходимо, чтобы вычислять выход формальдегида по составу технологического газа. Однако эти результаты требуется пересчитывать с учетом степени разбавления газового потока воздухом (чтобы избежать повреждения датчиков) от насоса газоанализатора.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ

Мешалкин В.П.,^а Бобков В.И.^б

^аРоссийский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: clogist@muctr.ru

^бФилиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске,
214013, Смоленск, Энергетический проезд, 1, e-mail: vovabobkoff@mail.ru

Использование окатышей позволяет утилизировать рудную мелочь и по сути является ресурсосберегающей технологией. Поскольку производство окатышей - весьма энергоёмкий процесс (свыше 50кг условного топлива на 1т окатышей), повышение эффективности использования тепла и одновременно качества конечного продукта – весьма актуальная задача. Увеличение выхода готового продукта, удовлетворяющего химико-технологическим требованиям, с минимальными затратами энергоресурсов требует оптимизации режимов работы обжиговых машин. Для этого необходимо провести большое число сложных и дорогостоящих экспериментов. Математическое моделирование дает возможность решить задачи такого типа более строго и меньшими затратами¹.

Цель настоящей работы – рассмотреть подходы к моделированию процессов (полиморфных превращений, химических реакций в твердой фазе, реакций с участием жидкой фазы, образования в результате реакций новых фаз и твердых растворов), совокупность которых и составляет обжиг фосфоритовых окатышей².

При термической подготовке изменяется качественный и количественный состав фосфоритов, что оказывает влияние на прочность формованных тел. В результате физико-химических превращений появляются новые кристаллические фазы. Наряду с упрочнением за счет спекания происходит снижение прочности из-за образования трещин и низкой прочности продуктов термической диссоциации карбонатов.

Литература

1. Бобков В.И., Борисов В.В., Дли М.И., Мешалкин В.П. *Теоретические основы химической технологии*, 2015. Т. 49, **2**, 182.
2. Бобков В.И., Борисов В.В., Дли М.И., Мешалкин В.П. *Теоретические основы химической технологии*, 2015, Т.49, **6**, 665.

БИОДЕГРАДАЦИЯ БЕЛОГО ФОСФОРА, И ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ ЕЕ ШТАММЫ МИКРООРГАНИЗМОВ

**Миндубаев А.З.,^а Волошина А.Д.,^а Горбачук Е.В.,^б Хаяров Х.Р.,^б
Валидов Ш.З.,^б Яхваров Д.Г.^а**

^аИнститут органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН,
420088, Казань, акад. Арбузова 8, Россия, e-mail: mindubaev@iopc.ru

^бКазанский (Приволжский) федеральный университет, химический Институт
им. А.М. Бутлерова, 420008, Казань, Кремлевская, 18

В предыдущих исследованиях впервые показана биодegradация белого фосфора P_4 ¹. В дальнейшем нами произведены посеы микроорганизмов в культуральные среды, содержащие P_4 в качестве единственного источника фосфора. В них микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание (рис. 1). Это первый пример включения P_4 в биосферный круговорот элемента фосфора. Устойчивость микроорганизмов выстраивается в ряд грибы *Trichoderma* ≥ аспергиллы ≥ стрептомицеты ≥ бактерии *Pseudomonas*. Вероятно, микроорганизмы потребляют продукты окисления P_4 (фосфат, фосфит и гипофосфит), и смещают химическое равновесие в сторону его дальнейшего окисления.

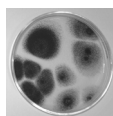


Рисунок 1. Устойчивые *Aspergillus niger* на среде с P_4 в качестве единственного источника фосфора

Самая высокая концентрация в 1% соответствует превышению ПДК P_4 в сточных водах в 5000 раз, а в питьевой воде – в 10^8 раз²! Показан рост устойчивости культур в результате направленной селекции. Сравнение последовательностей рибосомных генов гриба, устойчивого к P_4 , с базой данных GenBank, позволило идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм, которому мы присвоили номер *A. niger* AM1³.

Литература

1. Миндубаев А.З., Акосах Й.А., Алимова Ф.К., Афордоаньи Д.М., Кагиров Р.М., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Синяшин О.Г., Яхваров Д.Г. *Материалы XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии*, 2011, Волгоград, **3**, 477.
2. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Кулик Н.В., Алимова Ф.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Сапармырадов К.А., Хаяров Х.Р., Яхваров Д.Г. *Бутлеровские сообщения*, 2015, Т. 3, **41**, 54.
3. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Горбачук Е.В., Валидов Ш.З., Кулик Н.В., Алимова Ф.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Белостоцкий Д.Е., Сапармырадов К.А., Тухбатова Р.И., Яхваров Д.Г. *Бутлеровские сообщения*, 2015, Т. 12, **44**, 1.

АНТИЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ КАК ПРИВОД МОЩНОГО НАСОСА ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Назаров П.А.

Центр физико-химических методов исследования и анализа Казахского
национального университета им. аль-Фараби, 050012, Алматы,
республика Казахстан, Карасай батыра, 95А, e-mail: pnazarov@list.ru

Электродвигатель^{1,2} отличается от аналога³ тем, что центробежные силы действующие на проводники ротора ($F_{ц.б.}$) полностью компенсируются электромагнитными силами сдерживания ($F_{Лор.}$) в широком скоростном диапазоне вращения ротора ($n = 0 - 30$ тыс. об/мин). Проводники ротора сдавливают «тело» ротора как тиски электромагнитными силами Лоренца ($F_{Лор.}$). Причём, силы Лоренца обусловлены сонаправленными потоками электрического тока (I_{Rot}). Или

$$F_{ц.б.} = F_{Лор.} \quad (1)$$

$$m(2\pi n)^2 R = (\mu_{cp} I_{Rot}^2 l) / 2\pi D \quad (2)$$

$$n \sim I_{Rot}; n^2 \sim I_{Rot}^2 \quad (3),$$

где m – масса проводника ротора (кг), l – длина проводника ротора (м), μ_{cp} – магнитная проницаемость ротора, D/R – диаметр/радиус ротора (0,5м).

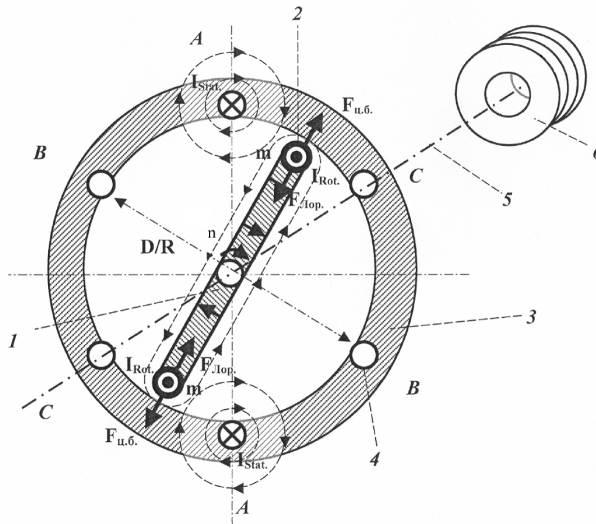


Рисунок 1. Где 1 – ротор, 2 – проводник(и) ротора, 3 – статор, 4 – проводник(и) статора, 5 – ось вращения, 6 – ротор насоса Теслы (в котором отсутствует кавитация).

Литература

1. Назаров П.А. Патент 28876 Республики Казахстан, 2014.
2. Назаров П.А. Патент 2551125 РФ, 2014.
3. Hanson Walter, Gleich Anmelderю Patent 3807377 DE(Germany), 1989.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТЫХ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ

Олонцев В.Ф.^а, Сазонова Е.А.,^б Гостев В.В.^б

^а*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: shumikh.elena@yandex.ru*

^б*Институт проблем нанотехнологий УрО РАН, 614990, Пермь, М. Горького, 2*

Проблемы экологии и химзащиты более чем на 90% решаются нанопористыми углеродными сорбентами – активированными углями (АУ). Общий объем производства всех марок активных углей (АУ) в стране до 1990 г. составлял около 40 тыс. тонн.¹ В условиях деградации промышленности в 90-ые годы прекратили свое существование наиболее крупные предприятия по производству (АУ). Потребности отечественной промышленности в сорбентах стали закрываться импортными поставками. Производство наших сорбентов по сравнению с лучшими годами сократилось более чем в 10 раз.¹ Отрасль в её существующем технологическом и аппаратурном оформлении находится на завершающей стадии своего жизненного цикла.

Для выхода из сложившейся ситуации предлагается инновационная технология. Суть новой технологии: использование принципиально нового для углеродных сорбентов вида сырья – гидролизного лигнина, а на стадии подготовки сырья применяется технология брикетирования. Далее – стандартные термические процессы получения полукокса и активного угля,² а традиционно целевой продукт гидролиза – фурфурол – после гидрогрануляции (НОУ-ХАУ) перерабатывается в АУ «премиум» класса.

Данная технология позволяет решить следующие задачи:

1. Обеспечение национальной химической безопасности и проблем экологии собственными ресурсами.
2. Восстановление утраченных производственных мощностей РФ по активным углям на основе инновационных технологий – импортозамещение.

Литература

1. Маркетинговые исследования и обзоры рынков. ИНФОЛайн. Активированный уголь. 2006, (<http://research.subscribe.ru/creator/il.html>).
2. Олонцев В.Ф. *Химическая промышленность*, 1997, **11** (749), 31.

МЕТОДОЛОГИЯ И АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Разяпов А.З.,^а Воронич С.С.,^б Ломакин Г.В.,^а Разумов В.А.,^в Пахомов Д.Е.^а

*^аГосударственный университет по землеустройству,
105064, Москва, Казакова, 15, e-mail: anvarazyapov@yandex.ru*

^бГПБУ «Мосэкомониторинг», 119019, Москва, Новый Арбат, 11/1

*^вФГУП «Государственный ордена Трудового Красного Знамени НИИ химических
реактивов и особо чистых химических веществ «ИРЕА»,
107076, Москва, Богородский вал, 3*

Ключевую роль в информационно-аналитическом обеспечении управления охраной окружающей среды и природопользованием играют системы экологического мониторинга. Применительно к проблемам контроля территорий и объектов сельскохозяйственного назначения требуется корректировка традиционных научно-методических подходов.

В первую очередь это касается обоснования аппаратурно-технологического оснащения и выбора оптимальной структурной схемы функционирования системы мониторинга. В частности, дальнейшего развития требуют системы, базирующиеся на ГИС-технологиях, причем важная роль должна отводиться дистанционным методам наблюдений. Вместе с тем, не утратили своей актуальности и достаточно высокой информативности наземные методы и средства контроля. Они и по сей день являются незаменимыми при исследовании загрязнений атмосферного воздуха, почв, водоемов.

В докладе подробно рассматриваются разработанные авторами методы и средства контроля, основанные на использовании вышеуказанных методов «наземного базирования». К их числу отнесены богатый арсенал лабораторных методов, полевые методы с переносными приборами-анализаторами, а также специализированные передвижные лаборатории. Решаемые при этом задачи тесно связаны с комплексной оценкой состояния территорий и объектов с целью выявления опасных и потенциально опасных источников загрязнения окружающей среды. К числу таких источников, в частности, отнесены выбросы и сбросы специфических производств, хранилища, полигоны захоронения, свалки.

Свое сообщение авторы посвящают исполняющемуся в нынешнем 2016 году 150-летию юбилею экологии, а также Году экологии в Российской Федерации, объявленному в следующем - 2017 году.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рудобашта С.П.,^а Кошелева М.К.,^б Карташов Э.М.^в

^а*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
127550, Москва, Тимирязевская, 49, e-mail: rudobashta@mail.ru*

^б*Московский государственный университет дизайна и технологий,
117997, Москва, Садовническая, 33, e-mail: oxtpraxt@yandex.ru*

^в*Московский технологический университет,
119571, Москва, проспект Вернадского, 86, e-mail: kartashov@mitht.ru*

Целью данной работы является создание математических моделей, описывающих полунепрерывный процесс экстрагирования целевого компонента из тел цилиндрической или пластинчатой формы, и анализ на их основе полунепрерывного процесса промывки тканей в химической технологии отделки волокнистых материалов¹⁻³.

Сформулированы и аналитически решены задачи, описывающие кинетику экстрагирования целевого компонента из тел цилиндрической и пластинчатой формы в аппарате полунепрерывного действия (периодического по твердой фазе и непрерывного по жидкой), в котором жидкая фаза полностью перемешана^{1,4}.

Численным методом проанализирована кинетика процесса при различной величине удельного расхода жидкой фазы. Даны рекомендации по применению полученных решений для расчета кинетики экстрагирования технологических загрязнений из текстильных материалов в процессе их промывки в химической технологии отделки волокнистых материалов.

Литература

1. Рудобашта С.П., Кошелева М.К., Карташов Э.М. *Инженерно-физический журнал*, 2015, Т. 88, 6, 1276.
2. Сажин Б.С., Кошелева М.К., Сажина М.Б. Процессы сушки и промывки текстильных материалов. - М.: ФГБОУ ВПО МГУДТ, 2013. - 301с.
3. Кошелева М. К. *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2005, 2, 100.
4. Рудобашта С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. - М.: КолосС, 2010.

МОДИФИКАЦИЯ СОПОЛИМЕТАКРИЛАТОВ ТИОУРЕИДОТИАЗОЛАМИ И НОВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

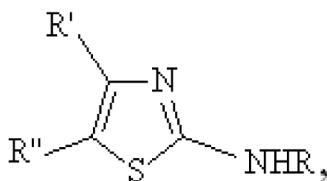
Серова В.Н.,^а Идрисов Р.А.,^а Низамудинов А.С.,^б Семашко В.В.^б

^аКазанский национальный исследовательский технологический университет, 4200015, Казань, Карла Маркса, 68, e-mail: vnserova@rambler.ru

^бКазанский (Приволжский) федеральный университет, химический Институт им. А.М. Бутлерова, 420008, Казань, Кремлевская, 18

Ряд современных технологий связан с применением лазеров, обладающих возможностью перестройки частоты излучения. Для их развития необходимы новые технологичные оптические материалы, в том числе активированные лазерными красителями полимеры и модифицирующие соединения, повышающие их эксплуатационные свойства.

В данной работе с целью получения полимерных лазерно-активных сред (ПЛАС) на основе активированных родамином 6Ж сополиметакрилатов в качестве модифицирующих соединений был выбран ряд новых функционализированных производных тиомочевины и тиазола – тиюреидотиазолов (ТУТЗ), синтезированных в ИОФХ имени А.Е. Арбузова КНЦ РАН, общей формулы:



где R – C(S)NHPh, CH₂CH=CH₂; R' – H, C(O)OEt, C(O)OMe; R'' – H, Ph.

Обнаружена повышенная молекулярная стабильность (меньшая степень деградации) родамина 6Ж в сополимеризующейся системе «метилметакрилат-метакриловая кислота» в присутствии ТУТЗ. Установлены закономерности изменения спектрально-флуоресцентных характеристик синтезированных сополимерных образцов в зависимости от химической природы заместителей в ТУТЗ. Генерационные испытания образцов, проведенные при использовании в качестве накачки излучения второй гармоники лазера на YAG: Nd³⁺, показали, что модификация приводит к увеличению ресурса их работы в качестве ПЛАС.

Литература

1. Серова В.Н. Полимерные оптические материалы. – Санкт-Петербург: НОТ, 2011. – 384с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАВ НА ПРОЦЕСС ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКОЙ В РЕЖИМЕ ОБРАЗОВАНИЯ КРУПНЫХ КАПЕЛЬ

Систер В.Г., Рустамбеков М.К., Папижук Е.Н., Соловьева Д.С.

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023 Москва, Б. Семеновская, 38, e-mail: krnelena@mail.ru*

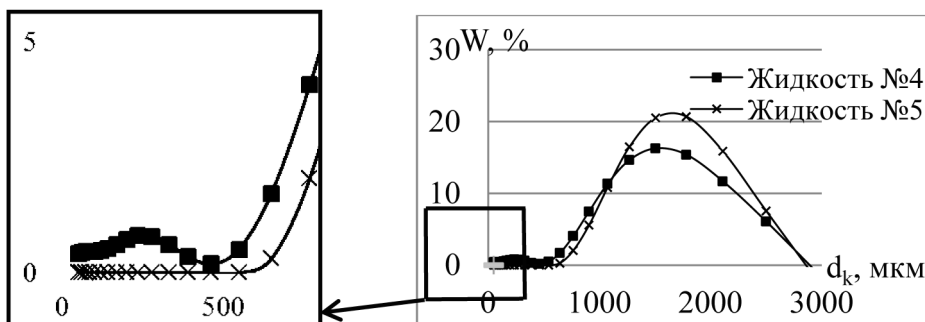
В результате проведенных серий эксперимента были получены зависимости влияния поверхностного натяжения на размеры и дисперсный состав капель.

Таблица 1. Свойства диспергируемых жидкостей

№ модельной жидкости	Состав	Вязкость, *10 ⁻³ Па·с	Поверхностное натяжение, мН/м	Плотность, кг/м ³
4	Вода + CaCl ₂ (>35%-ный раствор)	3,21	82	1336
5	Вода + CaCl ₂ (>35%-ный раствор с добавлением ПАВ)	2,79	39,5	1340

При уменьшении в два раза значения поверхностного натяжения раствора хлористого кальция практически полностью прекращается образование «пыли», т.е. мелких капель, размер которых менее 500 мкм.

Рисунок 1. Графики объемного распределения капель по размерам W при диспергировании жидкостей №4 и №5



Литература

1. Систер В.Г., Рустамбеков М.К., Климов А.Г., Крюкова Е.Н. *Химическое и нефтегазовое машиностроение*, 2013, **5**, 10.
2. Крюкова Е.Н., Систер В.Г., Рустамбеков М.К., Иванникова Е.М. *Химическое и нефтегазовое машиностроение*, 2014, **12**, 6.
3. Хавкин Ю.И. *Центробежные форсунки*. - Л.: Машиностроение, 1976. - 168с.

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ

Трохин В.Е., Дикарева Ю.М., Полубояринова Е.Ю., Вендило А.Г., Бессарабов А.М.

ПАО Научный центр «Малотоннажная химия», Москва,
107564, Краснобогатырская, 42, e-mail: dikarevajulia@gmail.com

Система водного хозяйства предприятия включает в себя значительное число локальных систем, которые обеспечивают функционирование отдельных производственных комплексов (подсистем) и в общем случае отличаются требованием к воде¹. Необходимо отметить, что для обеспечения работы одной локальной системы могут быть задействованы несколько других. Например, для перегонки может поступать техническая подготовленная или обессоленная вода, охлаждение осуществляться оборотной водой, нагрев – водяным паром, а дренаж поступать в систему обработки технической воды или систему сбора канализационных стоков.

В структуру разработанной на модульном принципе² типовой интегрированной системы водного хозяйства предприятия (СВХП) входят 7 локальных подсистем: оборотного водоснабжения; генерации пара, сбора и обработки конденсата; получения обессоленной воды; получения высококачественной воды; сбора и обработки загрязненных вод; очистки технической воды; горячего водоснабжения. Сбалансированная и взаимодействующая работа всех подсистем ВХП позволит снизить водопотребление предприятия в целом, потери воды, промышленные и условно-жесткие стоки, повысить эффективность и безопасность производства, уменьшить негативное воздействие предприятия на окружающую среду.

Разработка СВХП осуществлялась в рамках наиболее перспективной системы компьютерной поддержки – CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная, информационная поддержка жизненного цикла продукта)³. Это позволяет повысить качество исследовательских и конструкторских работ, а также обеспечить полное компьютерное сопровождение всех этапов жизненного цикла.

Литература

1. Семенихин В.И., Догадина Л.М. *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*, 2013, **8** (68), 4.
2. Trokhin V.E., Vendilo A.G., Bessarabov A.M., Kazakov A.A., Stepanova T.I. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2012, **48**, 271.
3. Bessarabov A. *Chemical Engineering Transactions*, 2014, **39**, 1003.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-07-00823.

Сu-КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СКВ ОКСИДОВ АЗОТА АММИАКОМ НА БЛОЧНЫХ НОСИТЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Шикина Н.В.^а, Яшник С.А.^а, Тайлаков О.В.^б, Исмагилов З.Р.^{а,б,в}

^а*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
проспект Академика Лаврентьева, Новосибирск, 630090, e-mail: shikina@catalysis.ru*

^б*Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
ул. Весенняя, 28, Кемерово, 650000*

^в*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
Институт углехимии и химического материаловедения,
проспект Советский, 18, Кемерово, 650000*

Оксиды азота и серы вносят большой вклад в образование фотохимического смога, кислотных дождей, разрушение озонового слоя, парниковый эффект, поэтому снижение их выбросов является актуальной задачей отечественной теплоэнергетики. Процесс селективного каталитического восстановления (СКВ) оксидов азота (DeNO_x) аммиаком является одним из самых перспективных методов борьбы с загрязнением окружающей среды. Блочные катализаторы, используемые в процессе NH_3 -СКВ, обладают уникальными преимуществами перед другими каталитическими системами, благодаря отсутствию перепада давления по длине слоя катализатора и более эффективному использованию активных компонентов на поверхности стенок каналов¹.

В данной работе были разработаны и получены блочные носители сотовой структуры различной природы: Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ и H-ZSM-5. На основе выбранных систем были разработаны составы формовочных масс и режимы термической обработки, обеспечивающие хорошие текстурные и механические свойства блоков. Нанесенные на блоки оксиды меди и смесь оксидов меди и хрома методами пропитки по влагеомкости, методом «solution combustion» или ионным обменом показали высокую активность в процессе NH_3 -СКВ. 100%-ная конверсия NO была получена на Cu/ TiO_2 и Cu-ZSM-5 катализаторах при температуре 240-260°C. Условия испытаний: NO 300 ppm, NH_3 300 ppm, O_2 5%, GHSV 20000 ч⁻¹.

Литература

1. Zh. Lei, C. Wen, J. Zhang, B. Chen. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2011, **50**, 5942.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», по Соглашению №14.583.21.0004 о предоставлении субсидии от 16 июля 2014 г. Уникальный идентификатор научных исследований (проекта) RFMEF158314X0004.

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПЕРЕРАБОТКА ФОСФОГИПСОВЫХ ОТВАЛОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА И КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Бачурихин А.Л.^{а,б} Голосман Е.З.^б Колесников А.В.^в

^а*HSBW GmbH, Везендорф, Германия, Hamburger Straße 13,
D-9392, e-mail: mesckalin@yandex.ru*

^б*Российский университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Россия,
119991, Ленинский проспект, 65*

^в*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9*

Государственная стратегия устойчивого развития России провозглашает в экологической сфере сохранение и восстановление естественных экосистем, стабилизацию и улучшение качества окружающей среды, организацию переработки и утилизации жидких и твердых отходов.

Все вышесказанное касается и фосфогипса – крупнотоннажного отхода производства фосфорной кислоты серноокислотным способом. По данным НИУИФа, в России по крайней мере 12 заводов фосфорных удобрений работают по серноокислотной технологии. В отвалах каждого завода скопилось более 1000 миллионов тонн фосфогипса. Аналогичная ситуация существует и на заводах фосфорных удобрений Украины, Белоруссии, Казахстана, Узбекистана.

Разработана и испытана в полупромышленном масштабе инновационная высокоэффективная технология переработки компонентов фосфогипсовых отвалов в цементный клинкер и серную кислоту.

Технологией предусмотрена работа в непрерывном режиме. В отличие от традиционных процессов с использованием природного газа, в качестве энергоносителя может быть использован высокосернистый нефтекокс с содержанием серы до 10 масс.% и более. В качестве алюмосицикатного сырья может быть использован широкий спектр глин, золошлаков, природных цеолитов, каолина и т.д. При этом температура обжига может быть снижена до 1000-1050° С. Газы обжига содержат до 15% SO₂.

Сведения о материальном балансе

Из 1,25 тонны двухводного фосфогипса, в процессе десульфаризации образуется 395 кг СаО. Для получения цементного клинкера из этого количества СаО потребуется -135 кг глинистого компонента. Суммарный выход клинкера составит 530 кг на тонну СаSO₄, или при введении добавок 636 кг цемента, и около 720 кг концентрированной серной кислоты.

При использовании недорогого высокосернистого нефтяного кокса и отходов в виде фосфогипса себестоимость продуктов будет вдвое ниже, чем из природных сырьевых материалов и энергоносителей.

СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ БУТАДИЕНА-1,3 НА Pd/F- γ -Al₂O₃ КАТАЛИЗАТОРЕ

Борецкая А.В., Ильясов И.Р., Ламберов А.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, химический Институт им.
А.М.Бутлерова, 420008, Казань, Кремлевская, 18, e-mail: ger-avg91@mail.ru

Актуальным вопросом промышленного процесса селективного гидрирования бутадиена-1,3 до бутен-1 является увеличение эксплуатационного времени работы катализатора, который также должен обладать высокими показателями эффективности. В данной работе были синтезированы два алюмопалладиевых катализатора: «КТ-1» - традиционный катализатор Pd/ γ -Al₂O₃ и «КТ-2» - катализатор, приготовленный с использованием γ -Al₂O₃, полученный предварительным модифицированием псевдобемита фторидом аммония (содержание атомов фтора 3 масс %). Препаратом активного компонента являлся ацетилацетонат палладия, содержание палладия в каталитических системах составляло 0,5 масс %.

Использование модификатора не влияет на фазовый состав носителя и его текстурные характеристики, но способствует увеличению общей кислотности оксида алюминия за счет образования сильных кислотных центров. Эффективность работы катализаторов в условиях неполной конверсии бутадиена оценивали в лабораторных условиях с применением реактора проточного типа. Концентрация бутадиена составила 2 об %. Мольное соотношение водород:бутадиен = 1,2:1. Образцы были предварительно окислены и восстановлены при 400 °С.

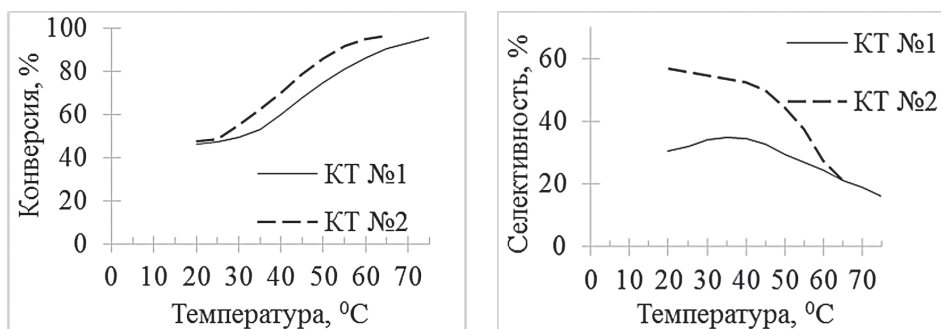


Рисунок 1. Кривые зависимости конверсии бутадиена и селективности по бутен-1 для двух катализаторов в сравнении

Согласно полученным результатам, представленным на рис.1, катализатор на основе носителя, содержащего фторид-ионы, обеспечивает более высокие показатели эффективности на всем температурном диапазоне, по сравнению с традиционным образцом.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ 5-ХЛОР-2-МЕТИЛ-4-ИЗОТИАЗОЛИН-3-ОНА (СМИТ) В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Васильева А.А., Никонова С.В., Фарафонова О.В., Карасева Н.А., Дергунова Е.С.

*Липецкий государственный технический университет,
398600, Липецк, Московская, 30, e-mail: dergunova14@yandex.ru*

Для регулирования микробного загрязнения в разнообразных промышленных системах водопользования, включая системы охлаждения, используются промышленные биоциды. Одной из основных проблем, связанных с использованием биоцидов в промышленных водах, является сброс отработанных стоков в системы водоподготовки или в природные водоемы.

Однако в России нормативы для технологических вод не предусматривают контроль использования биоцидов и их токсикологического воздействия на окружающую среду и на жизнедеятельность различных видов живых организмов, хотя обращение биоцидов оказывает значительное влияние на здоровье населения и экологическую обстановку.

Это может привести к серьезным экологическим проблемам, так как большинство биоцидных добавок характеризуются побочными токсическими эффектами, в том числе способностью к кумуляции в ряду поколений, и являются потенциально опасными для здоровья людей и окружающей среды. Учитывая особую биологическую опасность обращения биоцидов, необходимо тщательно контролировать содержание биоцидов и продуктов их превращений в технологических и сточных водах, а также в объектах окружающей среды.

В данной работе проводилось определение СМИТ в пробе технологической воды люминесцентным методом. В качестве люминофора был выбран гризеофульвин. Исследовано влияние рН среды, а также мешающие влияние различных ионов на аналитический сигнал. Содержание СМИТ в пробах оборотной воды металлургического предприятия находили по предварительному построенному градуировочному графику.

Методика была апробирована при определении СМИТ в образцах воды цеха водоснабжения металлургического предприятия. Концентрация биоцида в различных точках оборотного контура составила от 0,05 до 1,25 мг/мл.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УМЕНЬШЕНИЯ МОЩНОСТИ МЕШАЛКИ В ПУСКОВОЙ ПЕРИОД

Витенько Т.Н., Лучейко И.И.

*Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя,
46001, Украина, Тернополь, Русская, 56, e-mail: goodp434@gmail.com*

Номинальную мощность привода N_{np} мешалки оценивают по величине рабочей мощности с учетом периода пуска T_n : $\{N_{np} \geq k_{\Pi} N_p / \eta, T_{\Pi} \leq 12 \text{ с}\}$, где k_{Π} – поправочный коэффициент; $\eta < 1$ – КПД привода.

Задача аналитического расчета закономерности уменьшения мощности $N(\tau)$, затрачиваемой на преодоление сил инерции и внутреннего трения жидкости, от пусковой $N_{\Pi} = N(\tau=0)$ до рабочей мощности $N_p = N(\tau=T_n)$ на сегодня не решена. Следовательно, поправку k_{Π} , пропорциональную в первом приближении N_{Π} , рассчитать невозможно.

Поэтому нами предложена “волевая” двухпараметрическая модель

$$\bar{N} = \bar{N}_{\Pi} - (\bar{N}_{\Pi} - 1) \left(\frac{2T_{\Pi}\tau}{\tau^2 + T_{\Pi}^2} \right)^{\chi} \equiv 1 + \varepsilon_{\Pi} \left[1 - \left(\frac{2\bar{\tau}}{1 + \bar{\tau}^2} \right)^{\chi} \right],$$

где $\bar{N}(\tau \leq T_{\Pi}) = N / N_p \geq 1$, $\bar{N}_{\Pi} \equiv \bar{N}_{\max} = N_{\Pi} / N_p > 1$ – мгновенная и пусковая мощности в единицах рабочей; $\varepsilon_{\Pi} \equiv \varepsilon_{\max} = \bar{N}_{\Pi} - 1 > 0$ – относительное отклонение N_{Π} от N_p ; $\bar{\tau} = \tau / T_{\Pi} \leq 1$ – время в единицах T_{Π} ; $\chi > 0$ – параметр модели, который задает характер изменения $\bar{N}(\bar{\tau})$ (см. рис. 1).

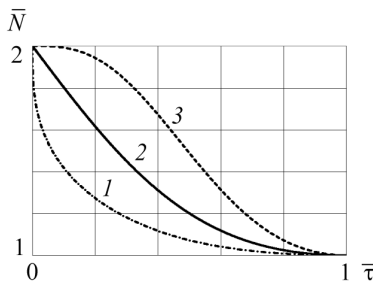


Рисунок 1. Зависимость $\bar{N}(\bar{\tau})$ мощности мешалки в пусковой период при различных значениях параметра χ : 1 – $\chi=1$; 2 – $\chi=1/3$; 3 – $\chi=3$; ($\varepsilon_{\Pi} = 1 \Leftrightarrow N_{\Pi} / N_p = 2$)

Видно, что в рамках данной модели существуют две характерные области изменения $\chi < 1$. При $\chi < 1$ имеет место сравнительно резкое уменьшение мощности (соответствует слабому сопротивлению среды), а при $\chi > 1$ – более плавное (сопротивление среды – существенное). Значение $\chi=1$ определяет условную границу раздела областей.

ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ СТЕСНЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ И ГАЗОВЫХ ЧАСТИЦ В ЖИДКОСТЯХ

Дмитриев Е.А., Трушин А.М., Кузнецова И.К., Тарасова Т.А., Кабанов О.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: energy@tucltr.ru*

Определение скорости стесненного движения дисперсных частиц является одной из основ расчета процессов разделения гетерогенных систем. В литературе имеется ряд теоретических, полуэмпирических и эмпирических уравнений, описывающих стесненное движение дисперсных частиц. Однако, единой теоретической базы для вычисления скоростей стесненного движения нет.

В данной работе предложен обобщенный метод расчета скорости стесненного движения в жидкостях газовых и твердых сферических частиц. Этот метод базируется на принципе минимума интенсивности диссипации энергии.

Сравнение уравнений, полученных на основе минимума интенсивности диссипации энергии с учетом флуктуации концентрации дисперсной фазы, с известными уравнениями, полученными на основе ячеечной модели и эффективной вязкости, было проведено с использованием многочисленных экспериментальных данных. Результаты анализа дают основание считать, что рассматриваемый метод расчета скоростей стесненного движения твердых фаз в жидкости дает величины достаточно близкие к экспериментально определенным значениям скоростей¹.

Поскольку ранее было показано², что аналогичный подход с удовлетворительной точностью описывает движение сферических газовых частиц, можно констатировать, что обобщенный метод определения скоростей стесненного движения, может применяться как для газовых, так и для твердых сфер.

Литература

1. Трушин А.М., Дмитриев Е.А., Носырев М.А., Хусанов А.Е., Калдыбаева Б.М. *Теоретические основы химической технологии*, 2013, Т. 47, 6, 668.
2. Трушин А.М., Дмитриев Е.А., Носырев М.А., Тарасова Т.А., Кузнецова И.К. *Теоретические основы химической технологии*, 2013, Т. 47, 4, 434.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-03-00528.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА РИСКА И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Егоров А.Ф., Савицкая Т.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: egorov@muctr.ru*

Обеспечение промышленной, экологической и химической безопасности является комплексной междисциплинарной проблемой. Для решения задач анализа производственных опасностей, оценки риска, управления безопасностью химических производств, качеством атмосферного воздуха и безопасным обращением химической продукции предложено использовать модели и алгоритмы на основе методов искусственного интеллекта (нейронные сети, алгоритмы логических рассуждений). Для этих целей разработаны интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР).

Для оперативного прогнозирования и управления безопасностью технологических процессов разработаны нейросетевые модели и алгоритмы: сети прямого распространения, адаптивного резонанса и рекуррентные нейронные сети. Реализованы продукционные и фреймовые модели представления знаний для создания экспертных систем в СППР по оперативному управлению безопасностью химико-технологических процессов и производств на всех стадиях возникновения и развития аварии. Реализована логическая система вывода рекомендаций и продукционная модель представления знаний в интеллектуальной СППР по управлению качеством атмосферного воздуха.

Для обеспечения безопасного обращения химической продукции на всех стадиях жизненного цикла в условиях неопределенности и неполноты исходной информации по фактическим источникам негативных воздействий, по свойствам опасностей химической продукции разработаны:

- нейросетевые модели прогнозирования экологических последствий негативных воздействий опасных химических веществ;
- нейронечеткие модели формализации решения задач классификации и прогнозирования опасности химической продукции для человека и окружающей среды¹.

Литература

1. Саркисов П.Д., Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Бачкала О.В., Кузьмина Ю.А. *Теоретические основы химической технологии*, 2013, Т.47, 1, 26.

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА

Ершов И.П., Зенитова Л.А., Абдуллин И.Ш.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015 Казань, Карла Маркса, 68, e-mail: ershovip@gmail.com*

В работе представлены результаты исследований изменения смачиваемости армирующих стекловолокон, модифицированных потоком неравновесной низкотемпературной плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления с целью повышения адгезии полимер –наполнитель и, как следствие, упрочнение полимерного композиционного материала с их использованием.

В качестве плазмообразующего газа применялись: воздух, аргон, азот, смесь пропан-бутан в массовом соотношении 70:30 и ацетилен. Исследовалось влияние напряжения, силы тока, времени обработки, давления и скорости подачи плазмообразующего газа на смачиваемость стекловолокон, оцененное по высоте впитываемой стандартной жидкости. Выявлены оптимальные условия плазмообработки по параметру смачиваемости. Показано, что использование плазмообработанного стекловолокна в качестве усиливающего наполнителя в количестве 30 и 50% масс. в композициях на основе полиамида приводит к увеличению прочностных показателей последних по сравнению с не модифицированными аналогами.

Учитывая недостаточно высокие прочностные показатели полимерных композиций с использованием стекловолокон, модифицированных потоком неравновесной низкотемпературной плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления, было принято решение в дальнейшем использовать более сильное воздействие с помощью индукционной плазменной обработки.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ И ПАВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРАХ

Колесников В.А., Милютин А.Д., Колесников А.В.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: alenchik-1991@mail.ru*

Электрофлотационный и сорбционный процессы разделения дисперсной фазы труднорастворимых соединений в присутствии углеродных наноматериалов (УНМ) и ПАВ представляют большой практический интерес. В данном исследовании представлены результаты извлечения труднорастворимых соединений кобальта(II) и меди(II) в различных фоновых электролитах.

Лабораторные электрофлотационные исследования проводили в непроточном электрофлотаторе с нерастворимым анодом. По окончании процесса очистки, через вентиль осуществлялся отбор проб для определения остаточной концентрации ионов металлов. Отбор проб осуществлялся через каждые 5 мин.

Результаты исследования электрофлотационного процесса извлечения кобальта(II) показали, что максимальная степень извлечения достигается через 20 минут флотации в хлоридном (94%), нитратном(96%), карбонатном(83%), фосфатном (92%) и сульфатном (85%) фонах при pH 10 в системе без ПАВ и с КПАВ. При pH 6 эффективность извлечения кобальта снижается почти в 3-5 раз, но в хлоридном фоне введение КПАВ повышает величину α до 80%.

Было проведено исследование процесса влияния суспензии КПАВ+УНМ на процесс электрофлотационного извлечения гидроксида меди из раствора NaNO_3 . При добавлении суспензии КПАВ+УНМ концентрацией 1 мг/л степень извлечения меди снижается на 30%, но при добавлении той же суспензии концентрацией 2,5 мг/л степень извлечения практически такая же, как и без добавления КПАВ + УНМ.

Представлена информация об адсорбции ионов меди(II) на углеродных наноматериалах, а также о важных параметрах систем УНМ-ПАВ, таких как: размеры частиц дисперсной фазы и электрокинетические характеристики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 14-29-00194.

КРИТЕРИЙ ДАМКЕЛЛЕРА КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПАРАМЕТР МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ПРОТОЧНОГО РЕАКТОРА СМЕШЕНИЯ

Лучейко И.Д.

*Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя,
46001, Украина, Тернополь, Русская, 56, e-mail: lucheyko_igor@ukr.net*

Система “проточный реактор идеального смешения (ПРИС) + реакция” – подобно измерительному преобразователю и регулятору – интерпретируется как динамическое звено 2-го порядка. Линеаризованная математическая модель в случае реакции

$A_1 \xrightarrow{k_1/n_1} \alpha_2 A_2 \xrightarrow{k_2/n_2} \alpha_3 A_3$ при действии различных дестабилизирующих факторов (ДФ) имеет вид¹

$$\varepsilon_2'' + (A_1 + A_2)\varepsilon_2' + A_1 A_2 \varepsilon_2 = f_{DF}(\bar{\tau}), \quad (1)$$

где $|\varepsilon_2| = |c_2 / c_{02} - 1| \ll 1$ – относительное отклонение концентрации c_2 продукта A_2 от номинала c_{02} ; $f_{DF}(\bar{\tau})$ – функция, определяемая видом ДФ: при возмущении $\varepsilon_1^{inl}(\bar{\tau}) = c_1^{inl} - 1$ концентрации c_1^{inl} реагента A_1 на входе $f_{DF(c)} = n_1 \tilde{A}_1 \tilde{A}_2 \varepsilon_1^{inl}(\bar{\tau})$, при возмущении $\varepsilon_v(\bar{\tau}) = v / v_0 - 1$ объемной скорости v потока $f_{DF(v)} = a \varepsilon_v(\bar{\tau}) - \varepsilon_v'(\bar{\tau})$, при слабой дезактивации катализатора с константами $\bar{k}_{d(i)} \propto k_{d(i)} \tau_0$ дезактивации стадий $f_{DF(k_d)} = f(A_i, \tilde{a}_2, \bar{k}_{d(i)}, \bar{\tau})$; $\bar{\tau} = \tau / \tau_0$ – время в единицах среднего времени пребывания τ_0 .

Постоянные A_i, \tilde{A}_i в уравнении (1) – коэффициенты преобразования (КП) подсистем “ПРИС + i -ая стадия”

$$A_i = 1 + n_i \tilde{a}_i, \quad \tilde{A}_i = 1 + \tilde{a}_i, \quad \tilde{a}_i = n_i^{-1} \partial \bar{w}_{0i} / \partial c_{0i} = k_{0i} \tau_0 C_{0i}^{n_i-1} \equiv Da_{0i}, \quad (2)$$

т.е. первый критерий Дамкеллера² Da_{0i} равен чувствительности скорости \bar{w}_{0i} реакции к квазистационарному изменению c_{0i} или синонимично – КП реакции в реакторе:

$Da_{0i} \propto k_{0i} \tau_0$ (для ПРИС как аппарата $\tilde{a}_{r-or} = Da_{r-or} \equiv 1$).

Величины Da_{0i} определяются степенью превращения $x_0(\tau_0) = 1 - \tilde{n}_{01} A_1$ и селективностью $s_{02}(x_0) = 1 - s_{03}$ процесса образования A_2 ,

$$Da_{01} = x_0 / c_0, \quad Da_{02} = s_{03} / s_{02}, \quad (3)$$

т.е. – введенными ранее³ симплексами $y_0 \equiv x_0 / c_0$ и $z_0 \equiv s_{02} / s_{03}$.

Литература

1. Лучейко И.Д. *IV Международная конференция по химии и химической технологии*, 2015, Ереван, 242.
2. Carl W. Hall. *Laws and Models: Science, Engineering, and Technology*. CRC Press, 1999.
3. Лучейко И.Д. *Наук. вісмі НТУУ “КПІ”*, 2012, **6**, 145.

КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОБМЕННИКА ТИПА “ТРУБА В ТРУБЕ” В РЕЖИМЕ ПРЯМОТОКА

Лучейко И.Д., Коцюрко Р.В.

*Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя,
46001, Украина, Тернополь, Русская, 56, e-mail: lucheyko_igor@ukr.net*

Стационарные температурные поля $T_i(l)$ при прямом токе теплоносителей (ТН) в данном теплообменном аппарате (ТА) имеют вид

$$\begin{aligned} (T_1' - T_1)(T_1' - T_2')^{-1} &= (1 + \gamma_w)^{-1} \{1 - \exp[-A(1 + \gamma_w)l]\}, \\ (T_2 - T_2')(T_1' - T_2')^{-1} &= \gamma_w (1 + \gamma_w)^{-1} \{1 - \exp[-A(1 + \gamma_w)l]\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $T_1', T_2' < T_1'$ – значения температур ТН на входе внешней и внутренней трубы соответственно; $\gamma_w = W_2 / W_1 = m_2 c_2 / m_1 c_1$ – симплекс водяных эквивалентов W_i – (m_x, m_2) массовые расходы, (c_x, c_2) – удельные теплоемкости ТН); $A \propto 1 / m_2 c_2$ – число переноса для внутреннего ТН; $l = z / L \leq 1$ – относительная продольная координата ТА длиной L .

Введем коэффициент эффективности теплообмена $K \leq 1$ согласно формуле

$$K = 1 - \frac{T_1'' - T_2''}{T_1' - T_2'} \stackrel{\text{Ф-ла (1)}}{=} 1 - \exp[-A(1 + \gamma_w)l], \quad (2)$$

где T_1'', T_2'' – температуры на выходе. Физический смысл коэффициента K : в удобных пределах $[0, 1]$ определяет разность температур ТН на выходе, отнесенной к единичной разности $T_1' - T_2'$ температур на входе.

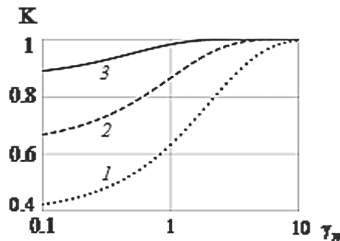


Рисунок 1. Зависимости $K(\gamma_w)$ коэффициента эффективности теплообмена в ТА типа “труба в трубе” при различных значениях числа A : 1 – $A=0,5$; 2 – 1; 3 – $A=2$ /

Как следует из рис.1, уже при $A = \gamma_w = 1$ коэффициент $K \approx 86\%$. При $\gamma_w = \text{const}$ эффективность теплообмена возрастает с увеличением A , т.е. с уменьшением величины $W_2 = m_2 c_2$. В частности, при $c_2 = \text{const}$ негативной стороной является снижение производительности m_2 (кг/с) аппарата по нагреваемому ТН.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ХИМИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Мешалкин В.П.^а, Панарин В.М.,^б Горюнкова А.А.,^б Гришаков К.В.^б

^а*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: clogist@muctr.ru*

^б*Тульский государственный университет,
300012, Тула, проспект Ленина, 92, e-mail: anna_zuykova@rambler.ru*

Разработан алгоритм формирования информационно-измерительной системы построения полей загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитых территорий, в который входят следующие блоки: непрерывный сбор экологической и метеоинформации; запись и хранение информации; преобразование информации в вид, наиболее удобный для анализа; формирование рекомендаций для принятия управленческих решений¹.

Важной задачей является решение задачи сбора измерительной информации о загрязнении атмосферы. Наиболее эффективно применение сети GSM для организации каналов передачи данных. Это позволит создать единую систему с обоснованием загруженности каналов передачи информации, что обеспечит надежность работы системы в целом. Такое решение обеспечивает сбор и хранение информации о местоположении и состоянии источников загрязнения атмосферного воздуха с помощью GPS/ГЛОНАСС и передачу ее с заданной периодичностью с помощью GSM сети в центральный диспетчерский пункт. Вся информация, отображенная на электронных картах города, области или страны, поступает от всех устройств измерения, которые встроены на объекте².

В качестве сервера применяется типовая персональная или в промышленном исполнении IBM-совместимая ЭВМ, функционирующая под специализированным программным обеспечением.

Литература

1. Мешалкин В.П., Лесных В.В., Путилов А.В., Горюнкова А.А. *Цветные металлы*, 2015, **4**, 85.
2. Мешалкин В.П., Панарин В.М., Горюнкова А.А. и др. *Прикладная информатика*, 2015, т 10, **3**, 32.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ И ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 09Г2С ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ

Позднякова А.И., Дергунова Е.С.

*Липецкий государственный технический университет,
398600, Липецк, . Московская, 30, e-mail: dergunova14@yandex.ru*

Для всех промышленных предприятий (нефтедобывающих, энергетических, металлургических и пр.) весьма актуальны вопросы защиты от образования солеотложений в металлических трубопроводах и на поверхностях иных технологических конструкций, соприкасающихся с водой, а также их естественная коррозия. Данная работа посвящена изучению структурных характеристик и коррозионных свойств стали 09Г2С под воздействием ингибиторов солеотложений различного состава с целью подбора оптимального реагента для защиты от солеобразования трубных сталей в процессе эксплуатации.

В качестве материала исследования выбрана конструкционная низкоуглеродистая сталь 09Г2С. Обработка растворами ингибиторов проводилась в диапазоне температур от 15 до 65°C. Для исследования использовались растворы различных ингибиторов с концентрацией 0,5 мг/л. Выдержка образцов составляла от 12 часов до 5 суток.

Исследование структуры сплавов после экспозиции проводили методом металлографического анализа. Установлено, что для всех образцов как до, так и после обработки растворами различных сред при разных температурах характерна феррито-перлитная структура. Обнаружено появление псевдо-границ ферритных зерен вследствие более интенсивного реагирования на состав растворов отдельных участков ферритных зерен. Также была проведена оценка микротвердости материала. Отмечено изменение средних значений микротвердости для всех типов сред за счет протекания процессов перераспределения внутренних напряжений в результате миграции углерода под влиянием активных компонентов растворов ингибиторов. Изучение морфологии поверхности стали, проведенное методами атомно-силовой микроскопии, показало образование на поверхности исследуемого материала защитной пленки. Оценка влияния ингибиторов солеотложений на коррозионные свойства выявила наличие продуктов коррозии по границам ферритных зерен, что свидетельствует о вытравливании перлитных колоний, и увеличение скорости коррозии для всех растворов.

По результатам работы предложены программы обработки воды, уменьшающие негативное влияние коррозионных процессов с одновременным удалением солеотложений в трубном пространстве.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Савицкая Т.В., Мищенко Е.В., Захарова А.Ю., Егоров А.Ф.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: savitsk@muctr.ru*

Промышленные предприятия нефтегазохимического комплекса представляют собой источники техногенной опасности и риска для человека и окружающей среды. В последнее время всё более актуальным становится прогнозирование масштабов возможных последствий химических аварий с выбросами в атмосферу токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ. В связи с этим возникает необходимость выбора программного обеспечения для компьютерного моделирования анализа риска и оценки последствий аварий.

На кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева накоплен большой опыт использования программного комплекса (ПК) ТОКСИ+^{RISK}, предоставленного ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (<http://www.safety.ru/>) и ПК FLACS (версия 10.3), предоставленного норвежской компанией GexCon AS (<http://www.gexcon.com/>).

В ПК ТОКСИ+^{RISK} заложены модели рассеяния на основе решения системы дифференциальных уравнений сохранения массы, импульса, энергии, концентрации опасного вещества в облаке. В ПК FLACS заложены модели на основе вычислительной гидродинамики – CFD-модели (Computational Fluid Dynamics).

С использованием данных ПК проведено моделирование последствий аварий при хранении пропана, метана, бензина, хлора, жидкого аммиака, соляной кислоты с учетом загроможденности окружающего пространства¹. На основе данных о проведенных экспериментах выполнено моделирование выбросов сжиженного природного газа на поверхность воды и струйных выбросов сжиженного пропана. Проведена верификация моделей рассеяния газа, используемых указанными программами².

Литература

1. Савицкая Т.В., Егоров А.Ф., Мищенко Е.В. *Безопасность труда в промышленности*, 2015, **11**, 69.
2. Савицкая Т.В., Егоров А.Ф., Захарова А.Ю. *Безопасность труда в промышленности*, 2015, **12**, 70.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ШИРОКОЙ ФРАКЦИИ ЛЁГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИЮ ТАТАРСТАНА

Самсонов Е.В., Мешалкин В. П.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: esential2169@gmail.com*

Заявленные инвестиционные проекты по значительному увеличению мощностей пиролиза на территории РТ требуют значительного увеличения объемов сырьевой базы. Проект «Ямал-Поволжье», позволит обеспечить достаточные объёмы сырья для развития нефтегазохимии, за счёт реализации меньшего тарифа на транспортировку избыточных объёмов ШФЛУ, с нефтегазодобывающих месторождений полуострова Ямал до центров нефтегазохимии в Поволжье. Мощность проекта составит 10 млн. тонн в год.

Таблица 1. Тарифы на транспортировку углеводородного сырья

-	Трубопроводный транспорт – 73 \$/т	Железнодорожный транспорт – 112\$/т
Стоимость при 10 млн. тонн в год	730 млн. \$	1 120 млн. \$

Несмотря на высокую стоимость реализации данного проекта, его возможности являются основополагающими к развитию НГХ кластера РТ. Рентабельности инвестиционного проекта «Ямал-Поволжье», имеет прямую зависимость от мощности продуктопровода углеводородного сырья. Реализация меньшего тарифа на транспортировку, по сравнению с железнодорожными перевозками, выгодно отличает данный проект и является основной доходной частью данного проекта, которая позволяет осуществлять возврат инвестиций.

Литература

1. Мешалкин В.П., Мошев Е.Р. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2014, **1**, 64.
2. Мешалкин В.П., Катерищук М.Ю., Василенко Е.А. *Известия ВУЗов. Серия «Экономика, финансы и управление производством»*, 2014, **02(20)**, 87.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК ОРГАНИЧЕСКОГО И НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА РЕЗИН НА ОСНОВЕ ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ СТАРЕНИИ

Севостьянова К.А., Омашева А.В., Сугралина Л.М.

*Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова,
100028, Караганда, Казахстан, ул. Университетская, 28,
e-mail: kristina.sevostyanova.93@mail.ru*

В данном исследовании представлен анализ воздействия четырех различных вулканизирующих групп на дальнейшие физико-механические свойства резин на основе изопренового каучука: Рецепттура №2 (сера + ДТДМ + сульфенамид М), Рецепттура №3 (ДТДМ + сульфенамид М), Рецепттура №4 (сера + ГХПК + сульфенамид) и рецепттура №5 с использованием синтезированного кремнеземного наполнителя. Анализ показал, что термостойкость вулканизатов повышается при работе с относительно большими количествами данных ускорителей и низким содержанием серы¹. Вулканизаты, полученные с применением ДТДМ при очень небольшом содержании серы или даже при полном ее отсутствии, отличаются лучшими показателями гистерезиса, меньшим теплообразованием, лучшим значением остаточного сжатия, сниженной реверсией и оптимальной термостойкостью. Помимо ускорителей для повышения теплостойких и физико-механических показателей был взят наполнитель – белая сажа. Несмотря на то, что в данную рецепттуру не был введен никакой ускоритель, добавление в резину данного наполнителя увеличивает такие физико-механические показатели, как сопротивление раздиру, сколам, надрывам, а также усталостная выносливость². Немаловажным аспектом является экономическая сторона данного продукта, так как продукт был получен на базе отхода – кремнеземсодержащего материала Карагандинского кремнивого завода.

Литература

1. Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Т.2. Резины и резинотехнические изделия. - М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. - 648с.
2. Ильясов Р.С., Дорожкин В.П., Минигалиев Т.Б. *Каучук и резина*, 2006, **3**, 27.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ РАБОТЕ КОЛОННОГО АППАРАТА С МНОГОСЛОЙНОЙ НАСАДКОЙ В РЕЖИМЕ ЧАСТИЧНОГО ПОДВИСАНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ

Систер В.Г., Карпенко А.С., Пушнов А.С., Сидельников И.И.

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023, Москва, Б. Семеновская, 38, e-mail: artem-karpenko@list.ru*

Режим инверсии фаз, как показано в работах Жаворонкова Н.М., Кафарова В.В., Мемедляева З.Н. и др., позволяет существенно увеличить эффективность процессов тепло- и массообмена в колонных аппаратах с насадкой. Однако, широкое применение указанного режима в промышленных колонных аппаратах сдерживается его известной гидродинамической неустойчивостью, обусловленной структурными особенностями используемой насадки. Выполненные в Университете машиностроения исследования показали перспективность колонных аппаратов с многослойным расположением короткослоевых регулярных насадок различного типа. Реализуемый в таких аппаратах режим частичного (локального) подвисяния жидкости позволяет увеличить эффективность процесса в условиях большей гидродинамической устойчивости. Фактически реализуемый в многослойном аппарате пульсирующий режим газовой фазы позволяет дополнительно интенсифицировать процесс тепло- и массообмена. В качестве насадки при этом используются различные элементы с величиной порозности в диапазоне от $0,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $0,97 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Гидродинамические а также тепло- и массообменные испытания предлагаемой конструкции многослойной насадки приводились в стеклянном колонном аппарате диаметром 0,2 м на системе вода- воздух.

ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ОБ ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ

Тарасова Н.П., Сотнезов А.В., Зайцев В.А.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047,
Москва, Миусская пл., 9, e-mail: a.sotnezov@gmail.com*

Со вступлением в силу Федерального Закона № 458-ФЗ от 29.12.2014 (в ред. от 29.12.2015) во всех субъектах Российской Федерации должны быть разработаны территориальные схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами (далее - ТКО), призванные определить развитие инфраструктуры по сбору, перегрузке, обработке, переработке, обезвреживанию и размещению отходов и определить применяемые технологии на данных объектах. К сожалению, в настоящее время при разработке территориальных схем недостаточное внимание уделяется экспериментальному изучению морфологического состава и других свойств твердых коммунальных отходов.

Между тем достоверные данные о реальном составе отходов имеют исключительную значимость, так как позволяют разработать наиболее эффективные и экономически выгодные решения утилизации отходов на конкретной территории. В условиях экономического кризиса определяющим критерием при выборе рентабельной технологии утилизации ТКО является востребованность продукции, получаемой при переработке.

Авторами разработаны методические рекомендации по проведению натурных исследований состава ТКО, определению их ресурсного потенциала и предложены критерии выбора экономически эффективных технологий ТКО. Применение методических рекомендаций на практике позволит получить реальные данные о ресурсном потенциале ТКО и объективно выбрать оптимальные технологии их утилизации.

Литература

1. Сотнезов А.В., Зайцев В.А., Тарасова Н.П. *Безопасность в техносфере*, **4**, 2015, 10.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Тарчигина Н.И.,^а Шаймурзина К.И.^б

^аМосковский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023, Москва, Б. Семеновская, 38, e-mail: nailya5050@mail.ru

^бНациональный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
101000, Москва, Мясницкая, 20

Одним из направлений в химической промышленности является производство минеральных удобрений, а самым востребованным - нитроаммофоски.

В производстве нитроаммофоски (НРК) при азотнокислотной переработке хибинского апатитового концентрата, одним из побочных продуктов является конверсионный карбонат кальция (КК), значительная часть которого не находит применения и направляется в отвалы. Таким образом, в существующем технологическом процессе не решается важная задача комплексной безотходной переработки ценного фосфорсодержащего сырья. Кроме того производство нитроаммофоски позволяет наряду с получением удобрения попутно выделить ценные вещества: стронций, редкоземельные элементы, находящие применение в различных отраслях¹. Поэтому становится весьма актуальной проблема утилизации промышленных отходов. Именно на решение этих проблем и были направлены исследования, которые включали следующие этапы: установление физико-химических характеристик карбоната кальция конверсионного, нитроаммофоски марок НРК 16:16:16 и НРК 23:22:0; получение опытных образцов новых видов удобрений методом смешения их с карбонатом кальция, варьируя при этом способ его введения в плав нитроаммофоски различных марок, а также влажность вводимого компонента.

В результате проведенных исследований была установлена природа и структура опытных образцов и получен продукт, соответствующий марке НРК 15:15:12+7СаО.

Литература

1. Tarchigina N.F., Kharichev O.E. 2nd International Conference «Technical sciences: modern issues and development prospects», 2014, Sheffield, UK, **1**, 104.
2. Фосфогипс и его использование / Под ред. С.Д. Эвенчика, А.А. Новикова. - М.: Химия, 1990. - 224с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ГЛАУКОНИТА ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Филиппова О.Б.,^а Есина М.Н.,^б Попова А.Н.^б

*^аВсероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Тамбов, Новорубежный переулок, 28, e-mail: filipova1968@mail.ru*

*^бТамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392000, Тамбов, Интернациональная, 33*

Рассмотрена эффективность 95 % - го концентрата глауконита по отношению к сорбции катионов Ni (II) из перемешиваемых и проточных хлоридных растворов при комнатной температуре. Оценено влияние исходной концентрации сорбата, удельной массы сорбента, продолжительности процесса и линейной скорости потока на коэффициент сорбции (ρ), представляющий собой отношение разности масс катионов в исходном растворе и в среде по завершении сорбции к их начальной величине. Рассмотрена связь концентрации Ni(II) с изменением pH среды, обусловленным гидролизом катионов и наличием CO₂, и с pH образования Ni(OH)₂, как факторов, определяющих возможный интервал pH сорбции. Сорбционное равновесие из непроточных растворов устанавливается через 10 – 20 минут, а величина ρ достигает 96-97 % при удельной массе сорбента 4 - 5 г / 0,1л раствора.

При концентрациях катионов никеля 0,170 – 0,034 ммоль-экв/л величина ρ при достижении равновесия приближается к 1 (в пределах чувствительности рентгенофлуоресцентного анализа). Сорбция катионов Ni(II) описывается изотермой Ленгмюра. Величина предельной удельной адсорбции, константы адсорбционного равновесия и $\Delta G_{\text{адс}}$ равны соответственно 0,14 ммоль-экв/г, 1730 л/моль и -18,1кДж/моль.

При сорбции Ni(II) из проточных растворов использован композиционный сорбент «концентрат глауконита /кварц» в соотношении по массе 8:2. При высоте слоя сорбента 1 см и линейной скорости потока (v) 0,1 м/ч удаётся практически полностью сорбировать катионы никеля ($\rho \sim 1$). Удельная емкость сорбента $Q_{\text{эф}}$ превышает 0,47 мг/г. При возрастании v вдвое $Q_{\text{эф}}$ до проскока составляет 0,16 мг/г сорбента или 0,20 мг/г концентрата глауконита. С повышением h до 1,5 см и v , равной 0,3 м/ч, проскок катиона Ni(II) не наблюдается в течение 120 минут (далее эксперимент прекращали), а $Q_{\text{эф}} > 0,97$ мг/г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСРЕДНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО И РАДИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ УРАНА

Хомяков А.П.,^а Морданов С.В.,^а Никулин В.А.,^а Корченкин К.К.,^б Мелентьев А.Б.^б

^аУральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира,19, e-mail: s.v.mordanov@gmail.com
^бПО «Маяк», 456780, Озерск, проспект Ленина, 31

Переработка отработавшего ядерного топлива является одной из важнейших задач современной радиохимической промышленности. Товарным продуктом урановой ветви переработки ОЯТ является плав гексогидрата уранилнитрата $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O^1$.

Плав получают путем упаривания технологических растворов, поступающих с экстракционного цикла. Плав уранилнитрата является сырьем для получения оксидов урана, которые в дальнейшем используются для производства топлива реакторов РБМК².

Качество и радиационная безопасность азотнокислого уранила продукта существенным образом зависят от равномерности распределения концентрации компонент в растворе, подающимся на упаривание³. Усреднение состава технологических растворов осуществляется с помощью струйного перемешивания в емкостях с рабочим объемом 250 м³.

В докладе представлены результаты моделирования проектных решений по модернизации систем перемешивания емкостей приема технологических растворов с экстракционного цикла. Предложенные меры позволяют сократить продолжительность перемешивания с 30 до 20-25 ч, при этом доля объема растворов усредненного состава по химическому составу повышается с 88,2% до 97,8 %, а по ²³⁵U по отношению к урану в целом – с 74,3 % до 98,5 %.

Литература

1. Глаголенко Ю.В., Дзекун Е.Г., Медведев Г.М. *Атомная энергия*, 1997, Т. 83, **6**, 446.
2. Копырин А.А. *Технология производства и химической переработки ядерного топлива: учебное пособие для вузов.* – М.: Атомэнергоиздат», 2006. – 576 с.
3. Туманов Ю.Н. *Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее.* – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 760 с.



СЕКЦИЯ 5

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
В ПЯТИ ТОМАХ**

26–30 сентября
ЕКАТЕРИНБУРГ • 2016



КЛЮЧЕВЫЕ ДОКЛАДЫ

OXYGEN SURFACE EXCHANGE KINETICS OF SOLID OXYGEN ION CONDUCTORS

Bouwmeester H.J.M.

*Faculty of Science & Technology, MESA⁺ Institute for Nanotechnology,
University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands,
e-mail: h.j.m.bouwmeester@tnw.utwente.nl*

Oxygen surface exchange and diffusion are key processes controlling the performance of devices based upon oxygen ion conductors such as solid oxide fuel cells, electrolyzers, oxygen separation membranes, gas sensors. Though diffusion of oxygen has been well characterized, below a critical length scale the exchange reaction between gaseous oxygen and oxygen in the solid governs overall oxygen transport. At present, however, the lack of fundamental understanding of the surface exchange reaction hampers development trends towards lower operation temperatures. Several methods are available for studying of the surface exchange reaction, among which electrical conductivity relaxation and ^{18}O - ^{16}O pulse isotopic exchange. The paper briefly reviews theory and background of both methods. Data from measurements on different oxygen ion and mixed conducting oxides are presented.

NON-PLATINUM CATALYSTS FOR OXYGEN REDUCTION REACTION: CURRENT STATUS, CHALLENGES AND PROSPECTS

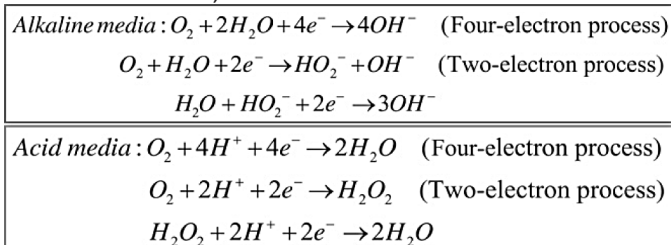
Tsiakaras P.E.,^{a,b} Medvedev D.A.,^a Demin A.K.^a

^a*Institute of High-Temperature Electrochemistry, UB RAS,
Academicheskaya, 20, Ekaterinburg, 620137, Russia*

^b*University of Thessaly, Pedion Areos, Volos 383 34, Greece, e-mail: tsiak@uth.gr*

Proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) convert chemical energy directly into electricity, are considered as clean energy devices and expected to help address the energy and environmental problems in our society. PEMFCs have required the use of highly active catalysts to promote both the fuel oxidation at the anode and oxygen reduction at the cathode.

Attention has been particularly given to the *oxygen reduction reaction* (ORR), which includes several individual reactions (scheme below¹), since it appears to be responsible for major voltage losses within the cell, because of its slow kinetics.



To provide enhanced activity and minimize losses, precious metal catalysts (containing the expensive and scarcely available Pt) continue to be used as cathode materials. At the same time, much research is in progress to reduce the costs associated with Pt cathode catalysts, by identifying and developing non-precious metal alternatives. Whilst none of the latter so far have provided the performance and durability of Pt systems some, such as transition metals supported on porous carbons, have demonstrated reasonable electrocatalytic activity. Among the newer catalysts, iron-based nanostructures on nitrogen-functionalized mesoporous carbons are beginning to emerge as possible contenders for future commercial PEMFC systems.

The present review focuses on the electrochemical ORR on non-Pt catalysts, especially the experimental development during the past five years.

References

1. Jintao Zhang, Zhenhai Xia, Liming Dai. *Science Advances* 2015, 1(7), e1500564.

The authors are grateful to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Mega-grant contract no. 14.Z50.31.0001, for funding.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО ТВЕРДООКСИДНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

Демин А.К.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: a.demin@ihte.uran.ru*

Первый твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ) был разработан почти 80 лет назад (1937 г.). Несмотря на огромное количество разработчиков ТОТЭ, коммерческих продуктов на рынке до сих пор нет. В то же время общепризнано, что будущий потенциал применения ТОТЭ огромен. Это, главным образом, маломощные комбинированные установки для индивидуального домашнего хозяйства, автономные энергоустановки для применения в гражданских и в военных целях (системы на ТОТЭ для военных применяются сегодня в США). В последнее время рассматривается возможность применения ТОТЭ в качестве вспомогательных (в некоторых случаях также и для силовых) энергоустановок в транспортных средствах.

За рубежом исследования и разработки в области ТОТЭ ведутся в рамках множества проектов, в которые вовлечены сотни исследовательских организаций и промышленных предприятий. Так, в Европе только с 2010 года в рамках FP7 были профинансированы 34 проекта по технологиям ТОТЭ, с 2015 года к ним добавилось три проекта в рамках H2020¹. Число участников проектов более полутора сотен, общее финансирование проектов из бюджета ЕС - почти 215 миллионов евро. Практически все страны ЕС участвуют в проектах. В одном из проектов (SOFC-life) участвовал ИВТЭ (единственная команда из стран бывшего СССР).

В США с 2011 года были профинансированы 45 проектов в области ТОТЭ². Большинство проектов посвящены разработке компонентов ТОТЭ. В частности, 3 проекта посвящены разработке анодов, 24 (!) - разработке катодов, 4 - интерконнекторам, 2 - герметикам. Кроме того, 10 проектов посвящены разработке ТОТЭ и энергоустановок на них. Общее финансирование из федерального бюджета - около 110 миллионов долларов.

Ряд фирм США и ЕС проводят разработки за счет собственных средств.

В докладе приводятся сведения о наиболее интересных исследованиях и разработках в области ТОТЭ и о достигнутых характеристиках и результатах.

Литература

1. www.fch.europa.eu/fchju-projects
2. www.netl.doe.gov/events/conference-proceedings/2015/2015sofc

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект 14.Z50.31.0001.

НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ярославцев А.Б.

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: yaroslav@igic.ras.ru*

Использование портативных аккумуляторов обеспечило широкое развитие средств современной мобильной связи, ноутбуков, цифровых фото- и видеокамер, беспроводного инструмента и других изделий портативной электроники. Активно развиваются работы по разработке источников энергии для средств передвижения. Перспективным направлением является использование аккумуляторов и водородного цикла для аккумулирования энергии солнечных батарей или ветряных генераторов энергии в период максимальной активности этих источников [1].

Важнейшим аспектом является повышение мощности и скорости заряда и разряда аккумуляторов. С этой точки зрения значительные преимущества дает использование наноматериалов [2]. Целью данного доклада является обзор современного состояния исследования наноразмерных электродных материалов и электролитов для литий-ионных аккумуляторов и водородной энергетики.

Скорость разряда и заряда литий-ионных аккумуляторов определяется скоростью одновременной диффузии ионов лития и электронов в катоде, аноде и электролите. Диффузия по границам раздела протекает существенно быстрее, чем в объеме кристалла. Это позволяет повысить мощность аккумуляторов (скорость заряда/разряда). Кроме того, использования наночастиц понижает деградацию электродов при циклировании, сопряженную с изменением объема при литировании и сводит к минимуму потери емкости при высоких скоростях циклирования.

Использование наноматериалов в качестве твердых электролитов для аккумуляторов или топливных элементов понижает сопротивление и понижает потери энергии. Наиболее привлекательным представляется использование в гибридных мембран, содержащих наночастицы неорганических компонентов.

Литература

1. Stenina I.A., Safronova E.Yu., Levchenko A.V., Dobrovolsky Yu.A., Yaroslavtsev A *Thermal Engineering*, 2016, **63**, 385.
3. Ярославцев А.Б., Кулова Т.Л., Скундин Успехи химии. 2015, **84**, 826.

Работы ведутся при поддержке Российский научный фонд (грант 14-13-01388) в части литий-ионных аккумуляторов и Минобрнауки в части топливных элементов (уникальный номер RFME-F60414X0122).

ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ГАЗОВОЙ ФАЗЫ С ОКСИДНЫМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Ананьев М.В.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: m.ananyev@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Кинетика процессов взаимодействия оксидных электрохимических материалов с кислородом и водородом газовой фазы газовой фазы в значительной степени определяет основные параметры работы электрохимических устройств на основе твердо-оксидных электролитов (твёрдо-оксидные топливные элементы, катализаторы дожигания топлива, кислородные мембраны, CO₂-лазеры и др.). Исследование кинетики взаимодействия оксидов с кислородом и водородом газовой фазы методом изотопного обмена позволяет получить важную информацию о характере связи кислорода и водорода на поверхности оксида и возможном механизме протекающих процессов^{1,2}.

В докладе рассматриваются методы исследования электродных процессов с использованием стабильных изотопов. Показаны способы определения лимитирующих стадий процесса восстановления кислорода на примере ряда катодных оксидных материалов с перовскитоподобной структурой¹. Рассмотрено влияние микроструктуры на параметры, связанные с электрохимической активностью исследуемых материалов, в том числе в условиях длительных испытаний^{2,3}.

Литература

1. Ananyev M.V., Tropin E.S., Eremin V.A., Farlenkov A.S., Smirnov A.S., Kolchugin A.A., Porotnikova N.M., Khodimchuk A.V., Berenov A.V., Kurumchin E.Kh. *Physical Chemistry and Chemical Physics*, 2016, DOI: 10.1039/c5cp05984d.
2. Farlenkov A.S., Ananyev M.V., Eremin V.A., Porotnikova N.M., Kurumchin E.Kh. *Fuel Cells*, 2015, **15**, 131.
3. Ananyev M.V., Bronin D.I., Osinkin D.A., Eremin V.A., Steinberger-Wilckens R., de Haart L.G.J., Mertens J. *Journal of Power Sources*, 2015, **286**, 414.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04009 и РНФ, проект 16-13-00053, с использованием оборудования ЦКП «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

НОВЫЙ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Воротынцев М.А.,^{а,б,в} Антипов А.Е.,^{а,б} Конев Д.В.,^{а,в} Толмачев Ю.В.^а

^аРоссийский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: mivo2010@yandex.com

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1/3

^вИнститут проблем химической физики РАН, 142432, Черноголовка, проспект Семенова, 1

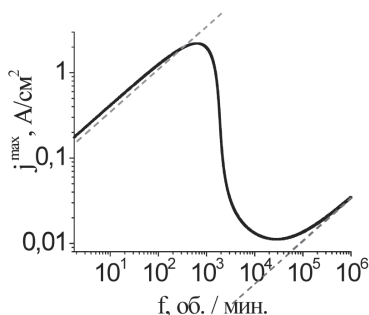


Рисунок 1. Предсказания для зависимости максимальной плотности тока, j_{\max} , от скорости вращения, f . Объем раствора: 1 М BrO_3^- + 0.001 М Br_2 + избыток протонов (из кислоты).

Проточные редокс батареи (ПРБ) представляют перспективное направление в электрохимической энергетике, так как для работы не требуют использования драгоценных, дефицитных или опасных веществ.¹ Недавно был предложен способ, позволяющий добиться для них чрезвычайно высокой плотности энергии на основе $\text{H}_2\text{-BrO}_3^-$ химии за счет очень высокой растворимости LiBrO_3 и LiBr в сочетании с шести-электронным процессом восстановления BrO_3^- .² Однако бромат-анион неэлектроактивен в требуемом интервале потенциалов.

В данном исследовании³ показано, что восстановление BrO_3^- можно осуществить благодаря обратимой Br_2/Br^- редокс паре. Более того, было обнаружено, что благодаря автокаталитическому характеру процесса даже следовые количества брома в объеме раствора позволяют обеспечить чрезвычайно высокие плотности тока за счет восстановления бромата без использования какого-либо гетерогенного катализатора.

Возникновение таких больших токов возможно благодаря окислительно-восстановительному циклу с участием обратимой редокс-пары Br_2/Br^- на электроде и быстрой реакции конпропорционирования между BrO_3^- и Br^- в растворе.

Зависимость максимальной плотности тока от скорости вращения, f , на ВДЭ (Рис. 1) обладает сложной формой - с **аномальным** поведением в среднем интервале скоростей, где ток резко увеличивается по величине **на несколько порядков**, если скорость вращения, f , **уменьшается**.

Литература

1. Weber A.Z., Mench M.M., Meyers J.P. et al, J. Appl. Electrochem., 2011, **41**, 1137
2. Tolmachev Y.V., Piatkivskiy A., Ryzhov V.V., Konev D.V., Vorotyntsev M.A. J. Solid State Electrochem, 2015, **19**, 2711.
3. Vorotyntsev M.A., Konev D.V., Tolmachev Y.V. Electrochim. Acta, 2015, **173**, 779.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант 15-13-20038.

МЕХАНО-ХИМИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ В ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Зуев А.Ю., СерEDA В.В., Малышкин Д.А., Иванов И.Л., Цветков Д.С.

*Институт естественных наук УрФУ,
620000, Екатеринбург, проспект Ленина 51, e-mail: andrey.zuev@urfu.ru*

Псевдокубические перовскиты на основе замещенных оксидов $RVO_{3-\delta}$, а также двойные перовскиты $RBaV_2O_{6-\delta}$ и Sr_2BMoO_6 , где R=PЗЭ и V=3d-переходный металл, с катионным упорядочением по А- и В-позициям, соответственно, являются многообещающими материалами для множества различных устройств для умеренно высокотемпературных применений, таких как твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) и керамические мембраны со смешанной ионной и электронной проводимостью. Уникальной чертой оксидов является их способность подвергаться как термической деформации, так и деформации, вызванной дефектами кислородной нестехиометрии в кристаллической решетке оксида. Последнее называется химической или вызванной дефектами деформацией, которая крайне чувствительна к дефектной структуре оксидного материала. Как было показано недавно, это свойство является изотропным для псевдокубических перовскитов в отличие от двойных перовскитов. Кристаллическая решетка последних расширяется вдоль *a* оси и одновременно сжимается вдоль *c* оси при уменьшении содержания кислорода в решетке оксида.

Нами была предложена недавно модель, основанная на изменении усредненного ионного радиуса, вследствие восстановления/окисления наиболее восстанавливаемого/окисляемого катиона.

Предложенная модель, как было показано нами, полностью совместима с экспериментальными данными по химической деформации для большого числа псевдокубических перовскитоподобных оксидов. Более того, химическое расширение кристаллической решетки исследованных двойных перовскитов вдоль оси *a* также подчиняется предложенной модели. Возможные причины сжатия кристаллической решетки в направлении оси *c* также обсуждаются.

БИОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

Казаринов И.А., Мещерякова М.О.

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
410012, Саратов, Астраханская, 83, e-mail: kazarinovia@mail.ru*

Проблема очистки сточных вод, начиная со второй половины 20-го века, является актуальной для всех стран мира. С коллоидно-химической точки зрения, сточные воды, это гетерогенная смесь растворённых, коллоидных и взвешенных в воде примесей органического и неорганического характера. Органическое вещество, которое ныне идёт в отходы или теряется в процессах переработки сточных вод, богато энергией. Утилизация части этой энергии обеспечила бы новый источник электроэнергии. Либо мы могли бы освободить эту скрытую энергию в производственных процессах, чтобы получить другие полезные химикаты, такие как биотопливо или чистые химические вещества, что в настоящее время требует затрат электроэнергии или органических субстратов.

Промышленные сточные воды, например, от отраслей пищевой промышленности и пивоваренных заводов, сельскохозяйственные сточные воды от животноводческих ферм являются идеальным сырьём для биообработки, поскольку они содержат высокие уровни легко деградируемого органического материала, что приводит к экономической выгоде даже когда требуется подогревание жидкости. Кроме того, они уже имеют высокое содержание воды, что исключает необходимость её добавления. Такие сточные воды – потенциальные объекты переработки, из которых можно получать биоэнергию и биохимикаты.

Есть несколько биологических стратегий обработки промышленных и сельскохозяйственных сточных вод:

1. очистка сточных вод с помощью микробных топливных элементов (МТЭ);
2. метаногенное анаэробное ферментативное расщепление органических веществ в сточных водах;
3. ферментативное производство водорода из сточных вод;
4. биологическое химическое производство.

Три из этих стратегий приводят к выработке биоэнергии (электричество, метан, водород), а четвёртая - к ферментативному получению биохимикатов. В докладе будут проанализированы и показаны пути реализации этих стратегий.

ОТ ЛИТИЙ-ИОННЫХ К НАТРИЙ-ИОННЫМ АККУМУЛЯТОРАМ

Кулова Т.Л.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: tkulova@mail.ru*

Основная область применения литий-ионных аккумуляторов – электропитание портативной электронной аппаратуры. Именно в этом сегменте наиболее ярко проявляется такое достоинство литий-ионных аккумуляторов, как высокая удельная энергия (в расчёте на единицу объёма или единицу веса). Попытки расширить область применения литий-ионных аккумуляторов в сторону более крупных единичных устройств, в частности, для использования в электромобилях, наталкиваются на серьёзные проблемы. Расчёты показывают, что даже после решения технических проблем, широкое распространение крупногабаритных литий-ионных аккумуляторов будет ограничиваться доступностью литиевого сырья. Натрий-ионные аккумуляторы серьёзно уступают литий-ионным аналогам по показателю удельной энергии, но не имеют ограничений по сырью, и не будут испытывать конкуренции в области стационарных установок. Второй важный показатель – экономический. При использовании литий-ионных аккумуляторов в сложной портативной электронной технике стоимость аккумуляторов не является решающим фактором. Однако она может вносить существенный вклад в ценообразование крупных стационарных установок с высоким энергопотреблением. Именно поэтому интерес к натрий-ионным аккумуляторам в последнее время существенно возрос.

Интенсивные исследования активных электродных материалов показали принципиальную возможность создания электродов с приемлемыми значениями удельной ёмкости и с достаточно высоким ресурсом. Сейчас реально можно рассчитывать на разработку анодов с удельной ёмкостью около 300 мАч г^{-1} на основе углеродных материалов, и с ёмкостью около 500 мАч г^{-1} на основе олова, сурьмы, оксидов титана и кобальта. Отдельные анодные материалы могут работать более 1000 циклов и показана возможность их разряда в режимах до 100С. Характеристики катодных материалов намного скромнее. При использовании катодов на основе слоистых оксидов можно рассчитывать на удельную ёмкость около 200 мАч г^{-1} . В лучшем случае такие электроды можно будет разряжать в режиме 30С.

На основании этого можно полагать, что литий-ионные и натрий-ионные аккумуляторы будут иметь свои ниши в разных областях применения, не испытывая серьёзной конкуренции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда. Соглашение 16-13-00024.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ СО СМЕШАННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ, НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ДЛЯ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Немудрый А.П.

*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,
630128, Новосибирск, Кутателадзе, 18, e-mail: nemudry@solid.nsc.ru*

Нестехиометрические оксиды со смешанной кислород электронной проводимостью (СКЭП) используются в качестве электродных материалов, замещающих дорогую платину в ТОТЭ, а также мембранных материалов, обеспечивающих одновременную сепарацию кислорода из воздуха и парциальное окисление метана в каталитических мембранных реакторах. Используя представления о ферроичной природе СКЭП оксидов, нами получены новые катодные и мембранные материалы, которые демонстрируют рекордные транспортные характеристики. Для исследования СКЭП оксидов нами разработаны новые методы получения термодинамических данных для построения детальных фазовых диаграмм « $3-\delta - \lg pO_2 - T$ » и регистрации кинетических (релаксационных) кривых $pO_2 - t$, в которых индикатором прихода оксида в равновесие является pO_2 в реакторе. Новый релаксационный метод позволяет учесть влияние изменяющегося pO_2 в реакторе на скорость прихода оксида в равновесие, что невозможно в других методах. Нами предложен “изостехиометрический” подход для получения и анализа кинетических данных для СКЭП оксидов. Использование изостехиометрического режима (проведение кинетических измерений при $\Delta\delta = \text{const.} = 0.005 \div 0.01$) позволяет получить неискаженные изменением кислородной стехиометрии кинетические данные в отличие от традиционного анализа в изобарических условиях, проследить зависимость константы кислородного обмена от кислородной нестехиометрии δ .

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ГАЛОГЕНИДНЫХ РАСПЛАВАХ

**Хохлов В.А., Бове А.Л., Докутович В.Н., Ефремов А.Н., Корзун И.В.,
Мушников П.Н., Новоселова А.В., Потапов А.М., Салюлев А.Б.,
Смоленский В.В., Филатов Е.С., Шишкин В.Ю.**

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: V.Khokhlov@ihte.uran.ru*

Галогенидные расплавы благодаря термической и радиационной стойкости, уникальному сочетанию своих физических, химических и электрохимических свойств являются перспективными регенеративными средами для переработки высокоактивного маловыдержанного металлического, нитридного, карбидного отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) электрохимическим способом в замкнутом топливном цикле ядерных энергетических установок нового поколения.

Выполнено комплексное физико-химическое и электрохимическое изучение расплавленных многокомпонентных электролитов $(\text{LiCl-KCl})_{\text{эвт}} + \text{UCl}_3 + \text{LnCl}_3$, способы их подготовки и процессы разделения близких по свойствам актинидов и лантанидов, используя электрохимические цепи с жидкометаллическими катодами (ЖМК):

(+) ОЯТ | $(\text{LiCl-KCl})_{\text{эвт}} + \text{UCl}_3 + \text{LnCl}_3$ | ЖМК (-).

На основе полученных результатов разработан алгоритм поиска оптимального состава расплавленных электролитов и выведены корреляционные соотношения, связывающие свойства солевых смесей, содержащих соли актинидов и лантанидов с их молярной массой, ионным потенциалом и кристаллохимическим радиусом актинидов и лантанидов, которые позволяют прогнозировать базовые технологические параметры этих регенеративных сред: плотность, теплоемкость, теплопроводность, электропроводность, окислительно-восстановительные потенциалы солевых расплавов, стандартные потенциалы сплавов актинидов и лантанидов, коэффициенты их разделения с погрешностью, не превышающей ошибку их экспериментального определения.

Эта работа поддержана Министерством образования и науки РФ, проект 14.607.21.0084 (RFMEFI60714X0084).

ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЕ И ГИДРАТАЦИЯ АКЦЕПТОРНО-ДОПИРОВАННЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ОКСИДОВ

Цидильковский В.И., Путилов Л.П.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: VTsidilkovski@ihte.uran.ru*

Протонпроводящие оксиды (ПО) интенсивно исследуются в последнее время в связи с перспективами их использования в топливных элементах, сенсорах и сепараторах водорода и других приложениях, связанных с водородной энергетикой. К числу наиболее перспективных ПО относятся акцепторно-допированные перовскиты семейства ABO_3 ¹.

В докладе приводится краткий обзор сложившихся представлений о дефектообразовании и растворимости водорода в ПО и формулируются ключевые проблемы в этой области. Одна из наиболее важных нерешенных проблем химии и физики ПО – установление связи между растворимостью водорода и электронной структурой соединений.

В основной части доклада представлены результаты разрабатываемой авторами статистической теории дефектообразования и гидратации акцепторно-допированных протонпроводящих оксидов². Теория построена с учетом вкладов электронно-дырочной и фононной подсистем. На примере допированного $BaZrO_3$ показано, что глубокие акцепторные состояния могут существенно влиять на дефектообразование и процессы переноса в протонпроводящих оксидах. Результаты теории хорошо согласуются с независимыми экспериментальными данными по гидратации и вкладам ионных и электронных носителей тока в объемную проводимость цирконатов бария с различным содержанием допанта.

Демонстрируется, что вклад глубоких акцепторных центров в термодинамику равновесия ПО – газ существенно зависит от их глубины. Полученные результаты приводят к новой трактовке дефектообразования в ПО и показывают, что энергетическая структура глубоких центров является одним из важных факторов, определяющих растворимость водорода, окисление и транспортные свойства протонпроводящих оксидов.

Литература

1. Fabbri E., Pergolesi D., Traversa E. Chemical Society Reviews, 2010, **39**, 4355.
2. Tsidilkovski V.I., Putilov L.P. J. Solid State Electrochemistry, 2016, **20**, N3, 629.

Работа частично поддерживалась исследовательской программой УрО РАН, проект 15-20-3-6, и Министерством образования и науки РФ, контракт 14.Z50.31.0001.

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

THE FORMATION OF THE CATHODE DEPOSITS DURING SIMULTANEOUS REDUCTION AND EXCHANGE REACTIONS

Krotov V.E.

*Institute of High Temperature Electrochemistry, UB RAS, Akademicheskaya, 20,
Ekaterinburg, 620137, Russia, e-mail: vekro@ihte.uran.ru*

The reports present the findings of investigation on the electrochemical process, which is characterized by simultaneous occurrence of the reduction reaction and exchange reaction between the component of the growing cathode deposit and electrolyte ions. Using the example of electrocrystallization of the systems UO_2 - ZrO_2 and UO_2 - ThO_2 through the electrolysis of the salt melt $(\text{NaCl-KCl})_{\text{eq}}$ - UO_2Cl_2 containing additives ZrCl_4 and ThCl_4 the basic laws of this process were identified. A thermodynamically justified mechanism¹ of the cathode deposits formation during simultaneous occurrence of the reduction and exchange reactions was offered. The effect of the UO_2Cl_2 , ZrCl_4 and UCl_4 concentrations, the electrolysis current density and temperature on the quantitative composition of the oxide phases was studied^{2,3}. The cathode deposits of UO_2 - ZrO_2 , containing up to 98 mol. % of ZrO_2 , and UO_2 - ThO_2 with the maximum possible concentration of thorium dioxide which is 50 mol. % were obtained. The ZrO_2 and ThO_2 distribution in the cathode deposits was studied and explained. The impact of the electrochemically inert melt component on the current efficiency with respect to uranium dioxide unparalleled in the literature was established⁴.

The mechanism of the cathodic deposits formation comprises an electrochemical reduction of UO_2^{2+} ions to uranium dioxide on the cathode and the exchange reaction between UO_2 and Zr^{4+} and Th^{4+} ions, present in the molten salt electrolyte.

References

1. Krotov V.Ye. *Electrochimica Acta*, 2014, **115**, 28.
2. Krotov V.Ye. // *Melts (Rus)*, 2011, **2**, 40.
3. Krotov V.Ye., Filatov Ye.S. *Electrochimica Acta*, 2014, **116**, 484.
4. Krotov V., Filatov Ye. *Electrochimica Acta*, 2014, **145C**, 254.

PHOTO-THERMAL DRIVEN FISHER-TROPSCH SYNTHESIS

SU Hai-quan, WANG Li-min, XIE Yan-hong, ZHANG Yu-long

*Inner Mongolia Key Laboratory of Coal Chemistry, School of Chemistry
and Chemical Engineering, Inner Mongolia University, Hohhot,
010021, China, e-mail: haiquansu@yahoo.com*

With the increasing energy crisis, Fischer-Tropsch (F-T) synthesis occupies a key position for the direct production of clean liquid fuel from syngas, providing an efficient solution against this issue.¹ Thermal catalysis for F-T synthesis has been studied for many years.² However, how to break the ASF rule to obtain desired products is still challenging. Our recent work showed that the conversion of CO, the selectivity of methane and the selectivity of C₂₊ can be changed through photo-thermal catalysis path.³ Thus, further exploring F-T synthesis under photo-thermal condition may open a new way in this field.

In this work, photo-thermal catalysis for F-T synthesis was presented for the first time. The TiO₂ supported cobalt-based catalysts with 15% Co loading were designed with thermal-sensitive active component Co and photo-sensitive active carrier TiO₂ or ZnO. It was found that photo-thermal catalysis was in favor for the formation of C₁-C₄, while thermal catalysis was more selective toward C₅₊ products. In addition, increasing pressure was in favor for carbon chain growth. Further study under photo, thermal and photo-thermal conditions indicated that the catalytic activity was governed by the thermal catalysis while the product distribution could be tuned by photo catalysis. It was also found that the products of photo-thermal catalysis were not a simple accumulation of photo- and thermal- catalysis, implicating that photo-thermal synergetic effect existed in the photo-thermal catalysis system. The results also suggest that introducing light in the traditional thermal catalysis is favorable for the cracking of long carbon chain. Moreover, the mechanism of photo-thermal synthesis of hydrocarbons was discussed. The results may open a new way for breaking the ASF rule to obtain desired products.

References

1. Bezemer G.L., Bitter J.H., Kuipers H.P.C.E. *J. Am. Chem. Soc.*, 2006, **128**, 3956.
2. Khodakov A.Y., Chu W., Fongarland P. *Chem. Rev.*, 2007, **107**, 1692.
3. Yu S., Zhang T., Xie Y., Wang Q., Gao X., Zhang R., Zhang Y., Su H. *Int. J. Hydrogen. Energy*. 2015, **40**, 870.

Foundation item: Supported by Specialized Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education, 20131501110001, and National Natural Science Foundation of China, 21461017.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МЕТАНСУЛЬФОКИСЛОТЫ НА СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫЙ АККУМУЛЯТОР

Ашурбекова К.Н., Ахмедов М.А., Хидиров Ш.Ш.

*Дагестанский государственный университет,
367000, Махачкала, Гаджиева, 43-а, e-mail: ama.mag@mail.ru*

В настоящее время работы, посвященные различным аспектам усовершенствования и улучшения характеристик свинцово-кислотного аккумулятора, широко обсуждаются в современной технической литературе¹⁻³. В данной работе изучено влияние добавки метансульфокислоты на свинцово-кислотный аккумулятор.

Растворимость соли метансульфоната свинца в воде значительно выше, чем сульфата свинца (табл.1). Данные кривых заряда-разряда на свинцово-кислотного аккумулятора с добавкой и без добавки представлены на рис.1.

Таблица 1. Растворимость солей свинца

Название соли	Формула соли	Растворимость соли в воде, М
Сульфат свинца	$PbSO_4$	0.00014
Метансульфонат свинца	$Pb(CH_3SO_3)_2$	2.6

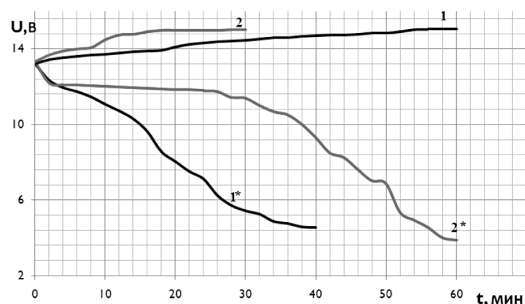


Рисунок 1. Кривые заряда(1,2)-разряда(1',2') свинцово-кислотного аккумулятора в 5,2 М H_2SO_4 (1,1') и в присутствии 0,5М CH_3SO_3H (2,2')

Установлено, что при введении добавки определенной концентрации (0,5 М) CH_3SO_3H в раствор H_2SO_4 из расчета 1/10 время разряда увеличивается в 1,5 раза, а время заряда уменьшается в 2 раза.

Литература

1. Дасоян М.А., Агуф И.А. Современная теория свинцового аккумулятора.-Л.:-Энергия, 1975. -312 с.
2. Кочуров А.А., Шевченко Н.П. Патент 2294582 РФ, 2004.
3. Кочуров А.А., Картуков А.Г. Известия МГТУ МАМИ, 2011, 1, 41.

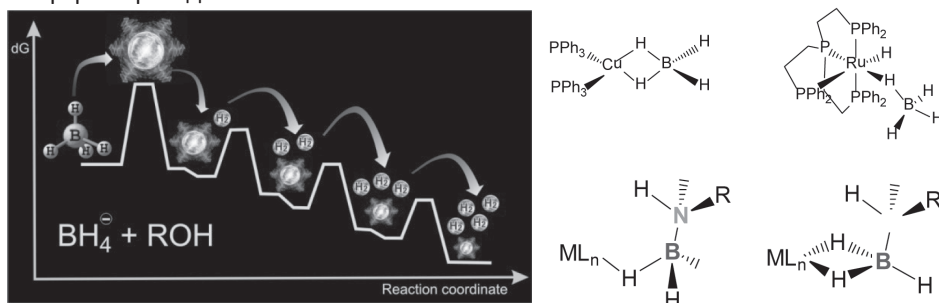
Работа выполнена при финансовой поддержке программы УМНИК 2-15-10, проект ГУ2015 код 0020701.

РОЛЬ Н \cdots Н ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В РЕАКЦИЯХ ВЫДЕЛЕНИЯ H $_2$ ИЗ КОМПЛЕКСОВ ГИДРИДОВ БОРА

Белкова Н.В., Филиппов О.А., Голуб И.Е., Шубина Е.С.

Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, 119991, Москва, Вавилова, 28, e-mail: nataliabelk@ineos.ac.ru

Комплексные гидриды бора характеризуются высоким содержанием водорода, стабильностью в твердом состоянии и с точки зрения проблем водородной энергетики являются перспективными источниками молекулярного водорода. Контролируемое выделение H $_2$ осуществляется, например, в реакциях с кислотами, и может приводить к созданию новых материалов со связью элемент-элемент. Использование комплексов переходных металлов в качестве катализаторов позволяет проводить реакции более эффективно и контролируемо. В большинстве случаев процесс выделения H $_2$ протекает по внутрисферному механизму. Предполагается участие неклассических водородных связей B-H \cdots HX, однако их роль в процессах каталитического дегидрирования и активации B-H и X-H связей сильно недооценена. В данном докладе будут представлены результаты спектрального и теоретического исследования механизмов реакции гидридов бора с XH кислотами, приводящих к выделению H $_2$ в координационной сфере переходных металлов¹⁻² и вне таковой.³



Литература

1. Filippov O.A., Belkova N.V., Epstein L.M., Shubina E.S. *J. Organomet. Chem.*, **2013**, 747, 30.
2. Belkova N.V., Bakhmutova-Albert E.V., Gutsul E.I., Bakhmutov V.I., Golub I.E., Filippov O.A., Epstein L.M., Peruzzini M., Rossin A., Zanobini F., Shubina E.S. *Inorg. Chem.* **2014**, 53, 1080.
3. Golub I.E., Gulyaeva E.S., Filippov O.A., Dyadchenko V.P., Belkova N.V., Epstein L.M., Arkhipov D.E., Shubina E.S. *J. Phys. Chem. A*, **2015**, 119, 3853.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-03-00324, и РНФ, проект 14-13-00801.

КРИСТАЛЛОФОСФОРЫ СО СТРУКТУРОЙ СИЛИКАТ АПАТИТА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ АНИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ

Васин А.А.,^{а,б} Зуев М.Г.,^б Заболоцкая Е.В.,^б Бакланова И.В.^б

*^аУральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: bariga-189@inbox.ru
^бИнститут химии твёрдого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91*

Изменение анионного окружения оптических центров, образованных ионами Eu^{3+} , в различных матрицах, позволяет модифицировать такие параметры как интегральная интенсивность люминесценции, время жизни в возбужденном состоянии. Исследования соединений со структурой типа апатита, образующих серии твердых растворов – $\text{Ca}_2\text{Eu}_x\text{Si}_{6-x}\text{P}_x\text{O}_{26-6}$ (1) и $\text{Ca}_2\text{Eu}_x\text{Si}_{6-x}\text{Ge}_x\text{O}_{26-6}$ (2) показали, что при замене кремнийкислородных тетраэдров на функциональные группы $[\text{PO}_4]^{3-}$ и $[\text{GeO}_4]^{4-}$ происходит изменение интенсивности эмиссии ионов Eu^{3+} за счет увеличения (образцы, допированные фосфором) или уменьшения (образцы, допированные германием) связи $\text{Eu}-\text{O}$. Для кристаллофосфоров (1) характерно снижение интенсивности свечения в области $0.05 \leq x \leq 0.1$ с подъемом при $0.1 \leq x \leq 0.125$.

Концентрационные зависимости интенсивности люминесценции от x для образцов (2), наоборот, свидетельствуют об увеличении квантового выхода при введении групп $[\text{GeO}_4]^{4-}$ в области кристаллической решетки занятые тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Кроме того, анализ спектров ЭПР показал, что в катионных позициях $4f$ и $6h$ присутствуют парамагнитные центры, образованные ионами Eu^{2+} . Механизм восстановления $\text{Eu}(\text{III})$ в $\text{Eu}(\text{II})$ основан на переносе электронов от заряженных кальциевых дефектов V_{Ca}'' к Eu^{3+} . В образцах (2). Наличие на спектрах поглощения полос, соответствующих переходам $4f^7 \rightarrow 4f^6 5d^1(e_g)$ и $4f^6 5d^1(t_{2g}) \rightarrow 4f^7$ подтверждает присутствие ионов Eu^{2+} в структуре.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект А: Инициативный 16-03-01063.

РАЗРАБОТКА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ Mn-КАТАЛИЗАТОРОВ БЛОЧНОГО ТИПА ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Гаврилова А.А.,^{а,б} Шикина Н.В.,^а Яшник С.А.,^а Исмагилов З.Р.^{а,б}

^аИнститут катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 5, e-mail: zri@catalysis.ru

^бИнститут углехимии и химического материаловедения СО РАН,

650000, Кемерово, Советский проспект, 18

Разработка автономных источников тепла с каталитическим сжиганием углеводородов для обеспечения теплом жилых и производственных помещений с децентрализованной системой теплоснабжения является актуальной задачей¹. Применение в качестве катализаторов оксидов переходных металлов, проявляющих активность не ниже платиновых, устойчивых к воздействию высоких температур и более дешевых является перспективным направлением². Ранее была показана высокая каталитическая активность марганецсодержащих катализаторов в реакции глубокого окисления углеводородов³.

Цель работы – разработка наноструктурированных Mn-катализаторов блочного типа с высокой активностью в реакции глубокого окисления углеводородов.

Задачи работы - исследование влияния химической природы и структуры активного компонента, химической природы носителя и метода синтеза на каталитическую активность наноструктурированных Mn- катализаторов блочного типа.

Установлено, что Mn-La-катализаторы, нанесенные на алюмосиликатные блоки, проявляют высокую каталитическую активность в реакции глубокого окисления бутана; использование метода «solution-combustion» позволяет получить дисперсные и дискретные частицы активного компонента, представляющие собой соединение переменного состава $Mn_aLa_bAl_cSi_dO_x$; стабилизировать наноразмерные 10-15 нм, однородные по размеру частицы активного компонента в матрице носителя; повысить активность катализаторов.

Литература

1. Исмагилов З.Р., Керженцев М.А. *Хим. пром.*, 1996, **3**, 197.
2. Алхазов Т.Г., Марголис Л.Я. Глубокое каталитическое окисление органических веществ. – М.: Химия, 1985 – 192 с.
3. Исмагилов З.Р., Цикоза Л.Т., Яшник С.А. и др. *Патент 2185238 РФ*, 2002.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИСЛЫХ СОЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ПРОТОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**Гребенев В.,^а Макарова И.,^а Коморников В.,^а Дмитричева Е.,^а Ксенофонтов Д.,^б
Михейкин А.,^в Чернышов Д.^г**

^аИнститут кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН,
e-mail: vadim.grebenev@gmail.com

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские Горы, 1

^вЮжный федеральный университет,

344006, Ростов-на-Дону, Большая Садовая, 105/42

^гЕвропейский центр синхротронного излучения, Гренобль, Франция

Впервые эффект аномально высокой протонной проводимости кислых солей был обнаружен в Институте кристаллографии при изучении процессов протонного транспорта в кристаллах CsHSO_4 и CsHSeO_4 [1]. По аналогии с "супериониками" эти кристаллы были названы "суперпротониками". Благодаря проведенным в России исследованиям о природе суперпротонной проводимости в водородсодержащих солях, их структуре и свойствах к настоящему времени накоплено довольно много информации [2]. Эти работы внесли определяющий вклад в выяснение структурного механизма протонного транспорта в кристаллах суперпротониках и стали базисом для их практических применений в различных электрохимических устройствах, в том числе топливных элементах. Активные исследования этих кристаллов семейства $\text{Me}_m\text{H}_n(\text{AO})_{4(m+n)/2} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Me} = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}, \text{NH}_4$; $\text{A} = \text{S}, \text{Se}, \text{P}, \text{As}$) обусловлены интересом с точки зрения выявления влияния водородной подсистемы на физико-химические свойства материалов – фундаментальной проблемы современной физики конденсированных состояний, а также прикладной целью – стабилизацией суперпротонных фаз. В отличие от других водородсодержащих соединений в кристаллах-суперпротониках при повышении температуры при фазовых переходах происходят изменения в системе водородных связей, приводящие к радикальному изменению физико-химических свойств. В частности, появляется аномально высокая протонная проводимость, по величине близкая к проводимости расплавов этих солей 10^{-3} – 10^{-1} Ом⁻¹см⁻¹, причем свойства изменяются при относительно невысоких температурах ~ 400 К. Следует особо подчеркнуть, что суперпротонная проводимость связана со структурными особенностями данных соединений, а не с допирующими добавками. Поскольку физико-химические свойства этих кристаллов и их изменения связаны с системами водородных связей, то особое внимание при исследовании кристаллической структуры таких материалов уделяется локализации протонов и установлению положения водородных связей. Нами проводятся систематические исследования этой группы кристаллов, включая изучение фазообразования в системах и построение диаграмм состояний температурных срезов, а также комплексное исследование свойств и структуры в широком диапазоне температур. Работа выполнена в рамках тем НИР "Развитие и применение методов диагностики неорганических, органических и биоорганических материалов с использованием рентгеновского и синхротронного излучений, электронов и нейтронов" и "Исследования процессов образования кристаллических материалов, их дефектной структуры и свойств, в том числе под влиянием внешних воздействий" с использованием оборудования ЦКП ИК РАН при поддержке Минобрнауки (проект №RFMEFI62114X0005).

Литература

1. Баранов А.И., Шувалов Л.А., Щагина Н.М. // Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 36. № 11. С. 381.
2. Баранов А. И. // Кристаллография. 2003. Т. 48. № 6. С. 1081.

Sr-ДОПИРОВАННЫЙ LaYO_3 : ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИКИ И ЕЕ СВОЙСТВА

Данилов Н.А.,^а Медведев Д.А.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, email: nickdanilov7@gmail.com

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В настоящее время широко исследуются высокотемпературные твердооксидные протонные проводники (ВТПП), которые могут быть использованы в электрохимических устройствах, например, твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). ТОТЭ являются перспективными вследствие их высокой эффективности преобразования энергии, низкой чувствительности к примесям в топливе и слабому воздействию на окружающую среду. Использование ВТПП позволяет снизить рабочие температуры ТОТЭ благодаря высокой ионной (протонной) проводимости и ее низкой энергии активации. Особый интерес представляет оксид со структурой перовскита $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{YO}_{3-6}$ (LSY) из-за его высокой химической стабильности и широкой электролитической области.

Целью настоящей работы являлось получение керамики LSY и исследование ее свойств. LSY получали цитрат-нитратным методом с последующим синтезом при 1150 °С (5 ч). Керамические образцы получали путем спекания спрессованного порошка при 1600 °С (5 ч). Аттестацию керамических образцов проводили с использованием рентгенофазового анализа и растровой электронной микроскопии. Термическое расширение измеряли в атмосфере сухого ($p_{\text{H}_2\text{O}} = 0.001$ атм) и влажного ($p_{\text{H}_2\text{O}} = 0.02$ атм) воздуха в интервале температур 100–1000 °С. Проводимость керамических образцов была измерена в атмосфере воздуха 4-зондовым методом в широких диапазонах температур (500–900 °С) и парциальных давлений кислорода ($p_{\text{O}_2} = 10^{-20}$ –0.21 атм). Также было исследовано влияние парциального давления водяного пара на уровень проводимости. В работе проведена оценка возможности практического применения LSY путем сравнительного анализа его термических и электрических свойств со свойствами других ВТПП, таких как $\text{BaCe}_{0.97}\text{Nd}_{0.03}\text{O}_{3-6}$, $\text{BaCe}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$, $\text{SrCe}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$, $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$, $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{Sc}_{0.9}\text{Mg}_{0.1}\text{O}_{3-6}$, $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.1}\text{NbO}_{4-6}$, $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ и LaNbO_4 .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 16-19-00104, и РФФИ, грант 16-03-00006.

ТВЕРДООКСИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПЛЕНОЧНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Дунюшкина Л.А., Кузьмин А.В.

*Институт высокотемпературной электрохимии УРО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: lidung@list.ru*

Потребление энергии в мире ежегодно возрастает. Большую часть производимой электроэнергии вырабатывают тепловые электростанции, использующие в качестве топлива ископаемые углеводороды (уголь, мазут, природный газ), что ведет к обострению сырьевых и экологических проблем. Перспективным решением является применение электрохимического способа получения электроэнергии с использованием энергоустановок на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). ТОТЭ имеют множество достоинств, однако их массовое производство и применение сдерживают высокие рабочие температуры (800–1000 °С), при которых проводимость основного компонента – кислородноионного электролита – достигает достаточного уровня. При высоких температурах ускоряются процессы взаимодействия компонентов ТОТЭ и деградация их свойств, возникает проблема совместимости термических свойств материалов.

Эффективным решением проблемы снижения рабочей температуры ТОТЭ является использование пленочного электролита, поскольку при уменьшении толщины электролита снижается внутреннее сопротивление элемента и увеличивается его мощность. В настоящее время разработка ТОТЭ на основе пленочного электролита – одно из активно развивающихся направлений в электрохимии. Спектр используемых методов нанесения электролитных пленок достаточно обширен, каждый имеет свои достоинства и ограничения. При использовании пленочного электролита в ТОТЭ особое внимание и детальное изучение требуют проблемы взаимодействия материалов и деградации характеристик топливного элемента.

В обзоре обобщены имеющиеся в отечественной и зарубежной периодической литературе данные по осаждению пленок твердооксидных электролитов различными методами, по вольт-амперным и мощностным характеристикам топливных ячеек на пленочном электролите, рассмотрены проблемы в области разработки пленочных ТОТЭ, пути их решения и перспективы развития.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04013.

СИНТЕЗ НОВЫХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Елшина Л.А.,^{а,б} Мурадымов Р.В.,^а Елшина В.А.,^{а,б} Нечаев Г.В.,^а Слаутин Б.Н.,^б Пряхина В.И.,^б Пелегов Д.В.,^б Зеленовский П.С.,^б Шур В.Я.^б

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,

620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: yolshina_94@mail.ru

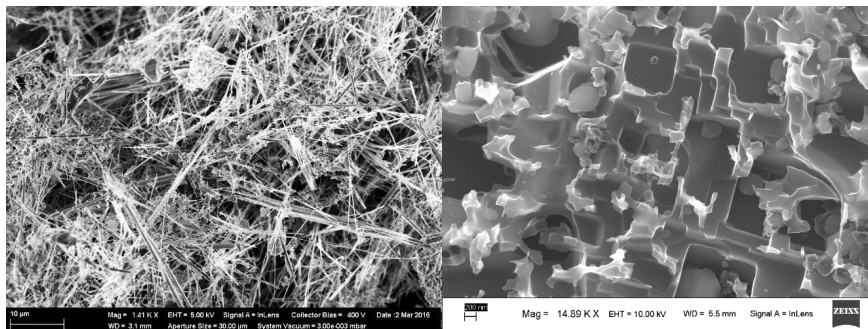
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Новые углеродные и оксидные катодные материалы с высокой поверхностью впервые были синтезированы в расплавленных солях.

Нанотрубки и нанопроволки титаната натрия $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ диаметром от 20 до 200 нм и длиной до нескольких мкм натрия (Рис.1а) были аттестованы при помощи рентгеновской дифрактометрии и Рамановской спектроскопии.

Структурированные углеродные материалы с высокой степенью допирования азотом (до 20 мас.%) с поверхностью до 250 м²/г (Рис.1б) были синтезированы методом прямого химического взаимодействия твердых органических прекурсоров с расплавленными солями в присутствии металлических катализаторов. Новые углеродные материалы, допированные азотом, были исследованы методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, Рамановской спектроскопии.



а

б

Рисунок 1. Изображение во вторичных электронах (а) нанотрубок титаната натрия и (б) допированного азотом структурированного углеродного материала.

Новые катодные материалы были исследованы в традиционных водных электролитах и в ячейках с твердым натрий проводящим электролитом.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ и «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 16-33-00652 «Синтез новых углеродных функциональных материалов в среде расплавленных солей».

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации, постановление 211, контракт 02.A03.21.0006.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РАСПЛАВА $KF-KCl-K_2SiF_6-SiO_2$

Жук С.И.,^а Аписаров А.П.,^а Исаков А.В.,^а Зайков Ю.П.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: Zhuksi83@mail.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Развитие технологий возобновляемой энергетики и характеристик химических источников тока требует исследований в области получения новых кремниевых материалов. Перспективным является метод электролитического осаждения Si в расплавленных солевых электролитах. Целью данной работы было исследование влияния добавок кислорода на механизм процесса электровосстановления ионов кремния в расплаве $KF-KCl-K_2SiF_6-SiO_2$ на углеродной подложке. Показано, что электроосаждение кремния протекает в одну стадию. Добавка кислорода существенно сказывается на кинетических параметрах и приводит к снижению токов пика (Рисунок 1), что отражается также на структуре осадков кремния. Добавка кислорода в расплаве существенно сказывается на механизме анодного процесса.

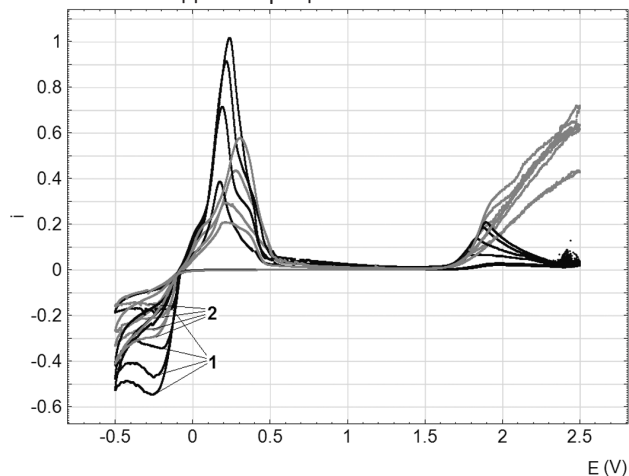


Рисунок 1. Данные циклической вольтамперометрии на стеклоуглеродном электроде в расплаве $KF-KCl-K_2SiF_6$ при 1023 К: 1) 0 мас. % KOH, 2) 2 мас. % KOH.

Анодный процесс при добавке кислорода остается необратимым, однако изменение на вольтамперограмме позволяют говорить об отличительных особенностях анодной реакции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 16-13-00061.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ СОСТАВА LiBF_4 - ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ-КАРБОНАТНЫЙ РАСТВОРИТЕЛЬ ДЛЯ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Игнатова А.А.^а, Черняк А.В.^{а,б}, Волков В.И.^{а,б}, Ярмоленко О.В.^а

^аИнститут проблем химической физики РАН,
142432, Черноголовка, проспект Акад. Семенова, 1, e-mail: anna.elchem@gmail.com
^бНаучный центр РАН, 142432, Черноголовка, Лесная, 9

Получены и исследованы новые жидкие электролиты состава LiBF_4 –тетрафторборат 1-этил-3-метилимидазолия (EMIBF_4) – пропиленкарбонат (ПК). Введение ионной жидкости позволяет получить более безопасные электролиты, т.к. они имеют низкое давление пара, что делает их практически невоспламеняющимися.

Были исследованы EMIBF_4 (№1) и электролиты № 2, 3, 4, 5 состава $\text{LiBF}_4:\text{EMIBF}_4:\text{ПК}=1:4:n$, где $n=1, 2, 3, 4$, соответственно. Для всех электролитов была измерена проводимость (σ) и вязкость (η) при 24 °С. Методом ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля были измерены коэффициенты диффузии (D_s) на ядрах ${}^7\text{Li}$, ${}^{19}\text{F}$ и из них рассчитаны числа переноса (t_+) по катиону Li^+ . Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики EMIBF_4 и электролитов на ее основе

№	η , мПа·с	σ , См/см	D_s (${}^7\text{Li}$), м ² /с	D_s (${}^{19}\text{F}$), м ² /с	t_+
1	37.0*	1.00×10^{-2} *	-	-	-
2	33.6	9.34×10^{-3}	$2.4 \cdot 10^{-11}$	$2.7 \cdot 10^{-11}$	0.47
3	21.1	8.87×10^{-3}	$2.4 \cdot 10^{-11}$	$3.0 \cdot 10^{-11}$	0.44
4	16.0	1.00×10^{-2}	$2.7 \cdot 10^{-11}$	$3.9 \cdot 10^{-11}$	0.41
5	12.9	1.07×10^{-2}	$3.2 \cdot 10^{-11}$	$4.2 \cdot 10^{-11}$	0.43

*- литературные данные

Из табл. 1 видно, что лучшим электролитом с минимальной вязкостью и самой высокой проводимостью является состав № 5. С данным составом была собрана и испытана ячейка $\text{Li} - \text{LiFePO}_4$. Исходная емкость при скорости циклирования C/7 составила 120 мАч/г, на 12-м цикле с разработкой емкость достигла 125 мАч/г. Таким образом, можно говорить о перспективности электролита состава $\text{LiBF}_4:\text{EMIBF}_4:\text{ПК}=1:4:4$ (по моль) для безопасного литиевого аккумулятора.

ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Казаков В.Г., Луканин П.В., Федорова О.В.

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, 198095, Санкт-Петербург, Ивана Черных, 4, e-mail: odo.gturp@mail.ru

В развитии альтернативной энергетики особое место занимает получение биотоплива. Авторами предложен способ химико-технологической переработки черного щелока сульфатной целлюлозы в целях получения экологически чистого топлива с высокой теплотой сгорания. Основой топлива является сульфатный лигнин.

Целевой задачей являлось исследование влияния некоторых технологических параметров на выход органических соединений из раствора.

Получена и исследована регрессионная модель в виде полинома второго порядка:

$$\eta = 89,5154 + 0,3115 \cdot x_1 - 1,4681 \cdot x_2 + 3,5280 \cdot x_3 - 2,6192 \cdot x_1^2 + 0,5875 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,9125 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,3741 \cdot x_2^2 + 4,215 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,6392 \cdot x_3^2,$$

где η – извлечение органических соединений, %,

x_1, x_2 и x_3 – варьируемые факторы в кодированных значениях.

В эксперименте установлено влияние некоторых химико-технологических параметров на выход органических соединений из раствора черного щелока. Рекомендованы оптимальные значения этих параметров, обеспечивающие высокий выход лигнина из раствора:

- расход 83% серной кислоты составляет 60 г/дм³;
- концентрация антрахинона 400 ppm;
- время реакционной выдержки 2 мин.

Биотопливо, полученное на основе диверсификации при переработке черного щелока сульфатной целлюлозы, является продуктом с высокой теплотой сгорания, низкой себестоимостью и высоким потребительским спросом.

Литература

1. Казаков В.Г., Луканин П.В., Смирнова О.С. Пат. РФ 2415984. 2011.
2. Справочные материалы: ВНИИБ- Т.1 Ч.2. Производство полуфабрикатов.- Санкт-Петербург, Политехника, 2003.265 с.
3. Демин В.А. *Химия и технология сульфатных щелоков*, Сыктывкар: СЛИ, 2013. 96 с.

КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФОСФАТА ЛИТИЯ-ЖЕЛЕЗА СО СТРУКТУРОЙ ОЛИВИНА ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Капаев Р.Р.,^а Новикова С.А.,^а Чеканников А.А.,^б Кулова Т.Л.,^б
Скундин А.М.,^б Ярославцев А.Б.^а

^аИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31

^бИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4, e-mail: novikova@igic.ras.ru

Фосфат лития-железа со структурой оливина является перспективным катодным материалом для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) благодаря высокой теоретической емкости, низкой себестоимости, безопасности и практически постоянному рабочему потенциалу (3,5 В)¹. Однако LiFePO_4 имеет и существенные недостатки: низкую электронную и ионную проводимости, что ограничивает его применение в устройствах, требующих быстрого заряда/разряда. Данный доклад посвящен рассмотрению основных синтетических методов, используемых для получения катодных материалов на основе LiFePO_4 , их структуры, а также подходов для его модификации, позволяющих преодолевать ограничения, связанные с низкой электропроводностью LiFePO_4 .

С использованием золь-гель синтеза получен наноразмерный материал с нанесенным углеродным покрытием^{2,3}, что позволяет существенно улучшить электрохимические характеристики, такие как разрядная емкость, скорость заряда и разряда. Рассмотрены такие подходы, как создание композиционных материалов с добавками оксидов⁴ или ионных проводников⁵, а также допирование различными катионами^{3,6}. Показано, что наиболее эффективным способом получения катодного материала для ЛИА с улучшенными характеристиками является допирование LiFePO_4 небольшими количествами двухвалентных катионов, так как осуществляется объемная модификация частиц катодного материала, в сочетании с получением наноразмерных частиц, покрытых слоем углерода^{3,6}.

Литература

1. Padhi A.K., Nanjundaswamy K.S., Goodenough J.B. *J. Electrochem. Soc.*, 1997, **144**, 1188.
2. Сафронов Д.В., Профатилова И.А., Тарнопольский В.А., Стенина И.А., Ярославцев А.Б. Патент РФ RU 2 402 114 С1. Опубликовано: 20.10.2010. Бюл. № 29. С. 1-8.
3. Novikova S., Yaroslvtsev S., Rusakov V., Kulova T., Skundin A., Yaroslvtsev A. *Electrochimica Acta*, 2014, **122**, 180.
4. Svitani'ko A., Scopets V., Novikova S., Yaroslvtsev A. *Solid State Ionics* 2015, **271**, 42.
5. Svitani'ko A., Novikova S., Kulova T., Skundin A., Yaroslvtsev A. *Mendeleev Commun.*, 2015, **25**, 207.
6. Novikova S., Yaroslvtsev S., Rusakov V., Chekannikov A., Kulova T., Skundin A., Yaroslvtsev A. *J Power Sources*, 2015, **300**, 444.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 14-13-01388.

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО TiO_2 , СЕНСИБИЛИЗИРОВАННОГО КРАСИТЕЛЯМИ НА ПЛАТФОРМЕ ТИЕНО[2,3-В]ИНДОЛА

Козюхин С.А.,^а Кармацкий А.А.,^б Садовников А.А.,^а Текшина Е.,^а Иванов В.К.,^а Иргашев Р.А.,^б Русинов Г.Л.,^б Чарушин В.Н.^б

^аИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: sergkoz@igic.ras.ru

^бИнститут органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, 620990, Екатеринбург, С.Ковалевской, 22

Фотоэлектрохимические преобразователи солнечной энергии на основе нанокристаллических полупроводниковых оксидов (TiO_2 , SnO_2 , ZnO , NiO) привлекают пристальное внимание исследователей уже более двадцати лет. Обусловлен такой интерес возможностью получения относительно высокой эффективности при достаточно простой технологии получения самого солнечного элемента (СЭ), получившего аббревиатуру DSSCs от Dye-Sensitized Solar Cells.¹ Помимо широко распространенных красителей на основе полипиридинных комплексов рутения также применяются безметалльные органические красители пуш-пульного типа (D- π -A).² В данной работе приведены результаты по исследованию СЭ типа DSSCs на основе *nc*- TiO_2 с новыми красителями, в которых в качестве донорной части, впервые, использован тиено[2,3-*b*]индол, в качестве π -спейсора – тиофеновые фрагменты, и остаток 2-цианоакриловой кислоты в качестве акцепторного фрагмента и «якорной группы».

Показано, что оптимальное количество тиофеновых фрагментов в качестве π -спейсоров в сочетании с определенной структурой донорной части красителя позволяет достичь эффективности СЭ сравнимой с эффективностью преобразователя, в котором мы применяли коммерческий краситель типа N535. Высокая эффективность новых красителей достигается за счет высокого коэффициента молярной экстинкции (более 20000 л/моль см) в области спектра, соответствующей максимуму солнечного излучения, оптимальных значений энергии оптической щели, а также за счет квазиобратимого поведения в окислительно-восстановительных реакциях, что является необходимым условием для такого рода преобразователей.

Литература

1. O'Regan B., Grätzel M. *Nature* 1991, **353**, 737.
2. Liang M. *J. Chem. Soc. Rev.* 2013, **42**, 3453.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант 15-03-00924_А, а также Совета по Грантам Президента Российской Федерации, грант МК-4509.2016.3.

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МЕМБРАН

Кравец Л.И.,^а Гильман А.Б.,^б Яблоков М.Ю.,^б Satulu V.,^в Mitu B.,^в Dinescu G.^в

^аОбъединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, 141980, Дубна, Жолио-Кюри, б, e-mail: kravets@jinr.ru

^бИнститут синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, 117393, Москва, Профсоюзная, 70

^вNational Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics, Atomistilor Str. 111, 77125, Magurele, Bucharest, Romania

Исследованы электротранспортные свойства композитных мембран, образующихся при осаждении на поверхность пористой подложки слоя полимера, полученного с помощью полимеризации органических соединений в плазме и электронно-лучевого диспергирования политетрафторэтилена в вакууме. В качестве пористой подложки использовали трековые мембраны из полиэтилентерефталата и полипропилена, которые получали облучением полимерных пленок ускоренными на циклотроне ионами ксенона с последующей физико-химической обработкой по стандартным методикам^{1,2}. Осаждение полимера на поверхность мембран проводили в ВЧ-разряде (13.56 МГц). В качестве прекурсоров использовали органические соединения, приводящие к образованию как гидрофобных полимеров, так и гидрофильных, содержащих функциональные группы различной природы.

Установлено, что формирование на одной из сторон трековых мембран сплошного слоя полимера приводит к созданию композитных мембран, обладающих в растворах электролитов асимметрией проводимости - выпрямляющим эффектом. Это обусловлено существенным уменьшением диаметра пор в слое осажденного полимера, приводящем к изменению их геометрии, а также наличием межфазной границы раздела в порах между исходной мембраной и слоем полимера различной природы. Показано, что для описания явления асимметрии проводимости у мембран, содержащих гидрофобные слои необходимо также учитывать явление проскальзывания раствора электролита по гидрофобной поверхности.

Литература

1. Флеров Г.Н. *Вестник АН СССР*, 1984, **4**, 35.
2. Kravets L.I., Dmitriev S.N., Apel P.Yu. *Collect. Czech. Commun.* 1997, **62**, 752.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-08-00896.

СРЕДНТЕМПЕРАТУРНЫЕ СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ГЕРМЕТИКИ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Кузьмин А.В.,^{а,б} Власова С.Г.,^{а,б} Привалова Д.В.,^б Кунакпаева С.Т.,^{а,б}
Поротникова Н.М.,^а Плеханов М.С.,^а Фарленков А.С.^а**

*^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН, 620137, Екатеринбург,
Академическая, 20, e-mail: a.v.kuzmin@yandex.ru*

*^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19*

Многообразие материалов, используемых в электрохимических устройствах, таких как ТОТЭ, электролизёры, электрохимические газовые сенсоры, вызывает необходимость постоянного поиска новых разновидностей герметиков. На данный момент в качестве материалов для склейки и герметизации ячеек электрохимических устройств с лучшей стороны зарекомендовали себя высокотемпературные силикатные стекла. Существует ряд требований, которым должны удовлетворять герметики: химическая стабильность, как в восстановительной, так и в окислительной среде; отсутствие взаимодействия с материалами ЭХУ; низкая проводимость; хорошей адгезия и механическая прочность; ТКЛР, близкий к другим функциональным материалам; хорошая вязкость при рабочей температуре устройства.

В рамках настоящего исследования синтезированы стекла системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Y}_2\text{O}_3$ для применения в качестве герметиков ТОТЭ при рабочих температурах ~ 800 °С. Термические свойства выбранных составов стекол, их совместимость с материалами ТОТЭ (YSZ-электролит и сплав-интерконнектор марки Crofer22APU) изучены методами ДСК и высокотемпературной дилатометрии. Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) исследована микроструктура склейки YSZ/стекло/Crofer22APU, показано наличие процесса кристаллизации силикатных фаз. Образование кристаллических фаз подтверждено методами РФА и КР-спектроскопии.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования "Состав вещества" ИВТЭ УрО РАН.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ КРЕМНИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ CsCl-CsI-K₂SiF₆ НА СЕРЕБРЯННОЙ ПОДЛОЖКЕ

Лаптев М.В.,^{а,б} Жук С.И.,^а Аписаров А.П.,^а Исаков А.В.,^а Зайков Ю.П.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: m_laptev@inbox.ru
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Исследована возможность получения осадков кремния из расплава CsCl-CsI. Источником кремния служили добавки K₂SiF₆. Эксперименты проводились в трехэлектродной ячейке. В эксперименте использовали следующие электроды: рабочий электрод – серебро (флажковый), электрод сравнения и вспомогательный электрод – монокристаллический кремний.

В ходе работы были получены циклические вольтамперограммы, также были получены пленки кремния на серебряном электроде, установлен механизм катодной реакции восстановления ионов кремния.

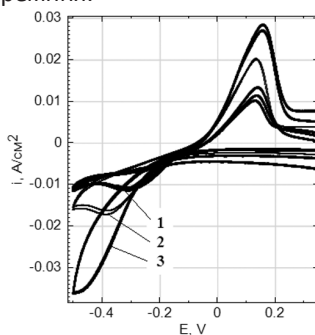


Рисунок 1. Вольтамперометрические зависимости полученные на серебряном электроде из расплава CsCl-CsI-K₂SiF₆ при 600°C: 1 – 0,1 В/с; 2 – 0,5 В/с; 3 – 2,5 В/с.

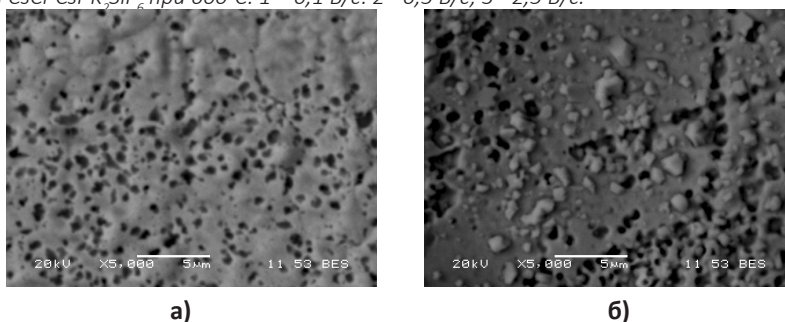


Рисунок 2. SEM-микрофотографии осадков кремния полученных серебре при 50 мВ в атмосфере воздуха при 600°C

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 16-13-00061.

АНАЛОГИ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ: НОВЫЕ КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ

Лаптенкова А.В., Селютин А.А.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9,
e-mail: laptenkova15@gmail.com*

В результате повышенного спроса на электроэнергию перспективными катодными материалами являются аналоги берлинской лазури. Химические источники тока, созданные с их использованием, обладают такими характеристиками, как: высокая эффективность аккумулярования энергии, длительный жизненный цикл, стабильность работы, нетоксичность¹. Кубическая кристаллическая структура данных соединений обеспечивает обратимую интеркаляцию щелочных и щелочноземельных металлов.

В данной работе был предложен новый катодный материал для магний-ионных батарей. Преимуществом использования магния является двухвалентная природа иона, которая обеспечивает высокую ёмкость аккумуляторов. Кроме того, распространённость магния в земной коре и стабильность в атмосфере делает аккумуляторы недорогими и безопасными².

Методика синтеза катодного материала заключалась в обработке прекурсоров магния и переходных металлов (Co, Ni, Cr) свежеприготовленной синильной кислотой. В результате были получены наноразмерные частицы цианидных комплексов металлов, охарактеризованные методами СЭМ, ПЭМ, РФА, БЭТ.

Химическим анализом методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой определен качественный и количественный элементный состав. ТГА показал наличие молекул воды в кристаллической структуре.

Гальваностатическими и вольтамперометрическими методами определены основные электрохимические характеристики полученных материалов.

Литература

1. Moritomo Y., Takachi M., Kurihara Y., Matsuda T. Adv Mater Sci Eng. 2013, 2013, 1-17.
2. Mizuno Y., Okubo M., Hosono E., Kudo T., Zhou H., Oh-Ishi K. J Phys Chem C., 2013, 117, 10877-10882.

Исследования проведены с использованием оборудования ресурсных центров Научного парка СПбГУ РЦ РДМИ, РЦ РОЦ Химия.

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДВУХПАЛУБНЫХ ФТАЛОЦИАНИНАТОВ ЛАНТАНИДОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СЕНСОРОВ И ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ

Лобанов А.В.

*Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,
119991, Москва, Косыгина, 4, e-mail: avlobanov@mail.ru*

Двухпалубные фталоцианинаты лантанидов LnPc_2 обладают высокой стабильностью, интенсивным поглощением в области 630-750 нм и могут быть использованы в различных технологических приложениях.

Предложены способы получения супрамолекулярных комплексов двухпалубных фталоцианатов лантанидов ($\text{Ln} = \text{Ho}, \text{Er}, \text{Yb}, \text{Lu}$) с полимерами и наночастицами различной природы. Во всех изученных системах установлена корреляция между положением максимумов полос поглощения LnPc_2 и ионным радиусом металла-комплексобразователя. В супрамолекулярных комплексах LnPc_2 с макромолекулами и наночастицами обнаружены окислительно-восстановительные процессы, определяемые природой солибилизатора¹. В результате предложены прототипы сенсорных систем для определения альбумина и наночастиц кремнезема в растворах. Получены пленки из поливинилпирролидона и поливинилового спирта, содержащие LuPc_2 и YbPc_2 , для которых также установлен сенсорный отклик на альбумин и нанокремнезем. В целом показана перспективность разработки сенсорных устройств на основе изученных систем.

Анионные формы LuPc_2 и YbPc_2 проявляют фотокаталитические свойства в растворах, содержащих молекулярные доноры и акцепторы электрона. Так, при стационарном освещении происходит фотокатализируемое фталоцианинатами восстановление нафтохинонов по первому кинетическому порядку. Процесс сопровождается обратимым переходом LnPc_2 из анионной в нейтральную радикальную форму.

Специфическое поведение двухпалубных фталоцианиновых комплексов лантанидов представляет интерес для фотокатализа и количественного определения био- и нанообъектов.

Литература

1. Лобанов А.В., Громова Г.А., Горбунова Ю.Г., Цивадзе А.Ю. *Физикохимия поверхности и защита материалов*, 2014, **50**, 465.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-03-03591.

АТТЕСТАЦИЯ ТОТЭ НА ОСНОВЕ ПРОТОННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА СОСТАВА $\text{BaCe}_{0.5}\text{Zr}_{0.3}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$

Лягаева Ю.Г., Вдовин Г.К., Медведев Д.А., Демин А.К.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: yulia.lyagaeva@ya.ru*

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются перспективными электрохимическими устройствами производства электроэнергии, поскольку обладают высоким КПД преобразования химической энергии в электрическую и низким воздействием на окружающую среду. Одной из главных задач разработки ТОТЭ является снижение рабочей температуры до 700 °С и ниже¹, решением которой является уменьшение толщины слоя электролита и/или использование высокотемпературных протонных проводников в качестве электролитов для ТОТЭ. Последнее связано с тем, что данные материалы обладают высокой проводимостью в среднетемпературном интервале (500–700 °С)².

В данной работе единичная ячейка ТОТЭ на основе протонного электролита состава $\text{BaCe}_{0.5}\text{Zr}_{0.3}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$ (BCZY) была изготовлена. Исследование ее вольтамперных характеристик было проведено в интервале температур 600–700 °С, используя влажный H_2 и влажный воздух в качестве топлива и окислителя соответственно. Полуэлемент, состоящий из несущего анода (60%NiO-40%BCZY), функционального анода (50%NiO-50%BCZY) и тонкослойного газоплотного электролита BCZY (толщина 30 мкм), был сформирован методом совместной прокатки и спечен при 1450 °С. В качестве катода использовали кобальтит состава $\text{Y}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{BaCo}_4\text{O}_{7+6'}$, который был нанесен методом окрашивания.

По результатам исследования установлено, что ТОТЭ на основе BCZY демонстрирует высокие значения напряжения разомкнутой цепи (1.141, 1.120 и 1.104 В при 600, 650 и 700 °С соответственно), а также высокую удельную мощность (174, 231 и 289 мВт см⁻² при 600, 650 и 700 °С соответственно), сопоставимую с литературными данными для ячеек ТОТЭ с подобными электролитами. Таким образом, совместная прокатка пленок можно считать эффективным методом изготовления ТОТЭ, который способствует формированию газонепроницаемого электролита и получению ячеек с приемлемыми электрохимическими характеристиками.

Литература

1. Duan C., Tong J., Shang M., Nikodemski S., et.al. *Science*, 2015, **349**, 1321
2. Medvedev D.A., Lyagaeva J.G. et.al. *Progress in Materials Science*, 2016, **75**, 38

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00006, и Министерства образования и науки РФ, контракт 14.Z50.31.0001.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАТОДОВ ЛИА

Медведева А.Е.,^а Махонина Е.В.,^а Румянцев А.М.,^б Первов В.С.^а

^аИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: sonho@inbox.ru

^бФизико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
194021, Санкт-Петербург, Политехническая, 26

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) в настоящее время – наиболее востребованный вид аккумуляторов для мобильных устройств. Задача сегодняшнего дня – улучшение характеристик ЛИА, и, в первую очередь, катодных материалов, лимитирующих их мощность. Судя по огромному количеству публикаций, полномасштабный поиск новых катодных структур пока не обещает существенного прогресса. Поэтому актуальным становится использование возможностей, связанных с модификацией уже известных электрохимически активных фаз. С нашей точки зрения перспективно использование композиционных материалов на их основе. В таких материалах большое значение приобретает размер и морфология частиц, а также свойства интерфейсов. Известно, что увеличение объемной доли межфазных и межзеренных границ способно увеличить ионную проводимость наноструктурированных электродных материалов на порядки. Таким образом, появляется возможность увеличить мощность ЛИА.

Нами исследованы композиционные материалы на основе литий железо фосфата LiFePO_4 , литий марганцевой шпинели LiMn_2O_4 и слоистого оксида $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-x}\text{O}_2$, полученные разными способами, в том числе со структурой "ядро-оболочка". При их получении использовали как метод ультразвукового воздействия на смесь однофазных частиц, так и синтез композитов из исходных реагентов, включая формирование структур типа "ядро-оболочка". Композиционные катодные материалы, полученные разными способами, показали улучшение электрохимических характеристик по сравнению с индивидуальными фазами, входящими в их состав. Так, композиты на основе LiFePO_4 и LiMn_2O_4 , синтезированные из компонентов с использованием ультразвукового воздействия, выдержали длительное циклирование (более 800 циклов) с уникально низким процентом падения емкости. Сравнение материалов одинакового состава в системе LiMn_2O_4 – $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-x}\text{O}_2$, полученных в форме структуры "ядро-оболочка" и образованных из исходных компонентов, показало, что для этой системы композиционные материалы первого вида демонстрируют лучшие показатели, чем обработанная ультразвуком смесь компонентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 14-29-04084 и 14-29-04094.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА. МЕТИЛОВЫЕ И ЭТИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Никитин Е.Д., Богатищева Н.С., Попов А.П. Файзуллин М.З.

*Институт теплофизики УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 107а, e-mail: e-nikitin@mail.ru*

Биодизельное топливо является возобновляемым источником энергии и имеет ряд преимуществ по сравнению с топливом, произведенным из нефти. Биодизель – это смесь метиловых или этиловых эфиров жирных кислот. Сведения о физико-химических свойствах биодизельного топлива необходимы как для разработки технологий производства биодизеля, так и для анализа его горения в двигателе.

В докладе приведены результаты измерений критической температуры T_c , критического давления p_c , теплоемкости и температуропроводности метиловых и этиловых эфиров жирных кислот.

Критические параметры измерены для следующих эфиров:

- метиловых эфиров *n*-алкановых кислот с числом атомов углерода $n = 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$, а также олеиновой, линолевой, линоленовой и эруковой кислот;
- этиловых эфиров *n*-алкановых кислот с числом атомов углерода $n = 10, 11, 12, 14, 16, 18$.

Исследованные эфиры являются термонестабильными при околокритических температурах, поэтому измерения выполнены методом импульсного нагрева, разработанным авторами; метод обеспечивает малое разложение веществ в процессе измерений. Погрешности измерения критических параметров: $\delta T_c = 0.01T_c$ и $\delta p_c = 0.03p_c$, где T_c - абсолютная температура. Получены уравнения для расчета критических параметров метиловых и этиловых эфиров *n*-алкановых кислот.

Теплоемкость и температуропроводность измерены для метиловых эфиров *n*-алкановых кислот с числом атомов углерода $n = 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ и этиловых эфиров *n*-алкановых кислот с $n = 10, 11, 12, 14, 16$ в интервале температуры (290-390) К. Теплоемкость измерялась с помощью дифференциального сканирующего калориметра DSC 204 F1 *Phoenix* (Netzsch) с погрешностью 2%. Измерения коэффициента температуропроводности были выполнены методом лазерной вспышки на установке LFA 457 *MicroFlash* (Netzsch); погрешность измерения – не более 5%. Чистота исследованных образцов эфиров (Alfa Aesar, Sigma-Aldrich) составляла 98.5-99.9 мол. %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-08-00242.

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА Ga-In СПЛАВА НА КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗДЕЛЕНИЯ
ПАРЫ La/U В РАСПЛАВЛЕННОЙ СИСТЕМЕ
Me(Ga-In)/3LiCl-2KCl**

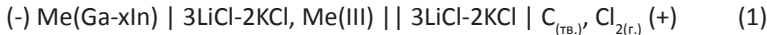
Новоселова А.В.,^а Смоленский В.В.,^а Осипенко А.Г.^б

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: smolenski@etel.ru

^бАО «Государственный научный центр «Научно-исследовательский институт
атомных реакторов», 433510, Димитровград, Западное шоссе, 9

Переработка актинидов путем разделения и трансмутации рассматривается во всем мире как наиболее перспективный способ снижения радиоактивных отходов. В связи с этим используются две наиболее перспективные технологии для отделения актинидов от лантаноидов – гидрометаллургическая и пирохимическая.

Для определения коэффициентов разделения были измерены условные стандартные потенциалы $E_{Me(Ga-xIn)}^{**}$ относительно Cl/Cl_2 электрода сравнения с использованием гальванической ячейки (1).



Эффективность электрохимического разделения металлов определяется коэффициентом разделения:

$$\lg \Theta = \frac{3F(E_2^{**} - E_1^{**})}{2,3RT} \quad (2)$$

$$\lg \theta_{U-La(Ga-In)} = -2.86 + \frac{6006}{T} \pm 0.02 \quad (Ga-20 \text{ мас. \% In}) \quad (3)$$

$$\lg \theta_{U-La(Ga-In)} = -2.42 + \frac{5104}{T} \pm 0.02 \quad (Ga-40 \text{ мас. \% In}) \quad (4)$$

$$\lg \theta_{U-La(Ga-In)} = -2.72 + \frac{4923}{T} \pm 0.02 \quad (Ga-70 \text{ мас. \% In}) \quad (5)$$

Установлено, что в интервале температур 723-823 К коэффициенты разделения достигают величин $10^4 - 10^5$. Это представляет интерес для разработки новых инновационных технологий переработки отработавшего ядерного топлива.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение о предоставлении субсидии 14.607.21.0084, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60714X0084.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЪЕМЕ РЫХЛОГО ОСАДКА И ЕГО СВОЙСТВА

Останина Т.Н., Рудой В.М., Никитин В.С., Даринцева А.Б., Останин Н.И.

*Уральский федеральный университет,
620078, Екатеринбург, Мира 28, e-mail: t.n.ostanina@mail.urfu.ru*

Порошки металлов используют при производстве химических источников тока для изготовления пористых электродов и для получения композиционных металло-керамических материалов. Основное требование к пористым электродам – высокая удельная поверхность, поэтому использование для этих целей электролитических порошков, частицы которых имеют разветвленную наноразмерную структуру, имеет несомненное преимущество. Нестационарные импульсные режимы поляризации позволяют в широком диапазоне менять свойства рыхлых осадков.

Цель работы состояла в исследовании влияния концентрационных изменений в ходе импульсных режимов задания тока и потенциала на физические свойства и морфологию рыхлых осадков цинка.

Рыхлые осадки цинка получали из цинкатного электролита, содержащего 0,3 моль/л ZnO и 4 моль/л NaOH в гальваностатическом и потенциостатическом импульсных режимах. Во время электролиза проводили видеозапись процесса роста осадка и сбор выделяющегося газообразного водорода, что в итоге позволило определить *in situ* плотность, пористость и удельную поверхности рыхлых осадков цинка.

Анализ отклика электрохимической системы на импульсное задание тока или потенциала позволил сделать вывод, что при варьировании длительности импульса (паузы) от 1 до 30 секунд в объеме рыхлого осадка происходят периодические концентрационные изменения. Они становятся возможными вследствие диффузии ионов цинката в объем пористого осадка во время пауз и приводят к спаду диффузионных ограничений и утолщению ветвей дендритных частиц. Особенностью импульсного потенциостатического режима является наличие анодных токов в период пауз, что также способствует образованию массивных частиц.

При изменении скважности периодического сигнала прямоугольной формы от 31 до 1 наблюдали переход от компактных пористых осадков к дендритным с постепенным уменьшением размера частиц. Наибольшее влияние на физические свойства рыхлых осадков и морфологию оказывает длительность импульсов.

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Пикалова Е.Ю.,^{а,б} Богданович Н.М.,^а Медведев Д.А.,^{а,б} Кольчугин А.А.^а

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: e.pikalova@list.ru
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Высокотемпературные протоники представляют значительный фундаментальный интерес благодаря феномену протонной проводимости, которая появляется наряду с кислород-ионной во влажной атмосфере при 550 – 700°C. Практический интерес в использовании протоников в ТОТЭ заключается в возможности получения более высокой производительности из-за высоких значений напряжения разомкнутой цепи по сравнению с униполярными проводниками. Для устройств, работающих в среднетемпературном интервале, необходим поиск катодов с высокой каталитической активностью. В данной работе представлены исследования температурной зависимости поляризационной проводимости электродов и устойчивости их характеристик при испытании в течение 1500 часов на воздухе при 700°C в контакте с протон-проводящим электролитом $\text{BaCe}_{0.89}\text{Gd}_{0.1}\text{Cu}_{0.01}\text{O}_3$. Кобальтит $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_3$ и двойной кобальтит $\text{GdBaCo}_2\text{O}_5$, а также несодержащие кобальт материалы $\text{La}_{2-x}\text{Ca}(\text{Sr},\text{Ba})_x\text{NiO}_{4+6}$, $\text{Pr}_{1.9}\text{Ca}_{0.1}\text{NiO}_{4+6}$, $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-6}$ исследовали в составе композитных катодов для лучшей совместимости по термо-механическим свойствам с выбранным электролитом ($8\text{-}10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), слоистый кобальтит $\text{Y}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{BaCo}_4\text{O}_{7+6}$ исследовали индивидуально. Рассмотрено влияние состава токового коллектора на поляризационное и контактное сопротивление электродов. Разработанные высокоактивные двухслойные электроды с функциональными слоями состава $\text{La}_{1.7}\text{Ba}_{0.3}\text{NiO}_4$ - $\text{BaCe}_{0.89}\text{Gd}_{0.1}\text{Cu}_{0.01}\text{O}_3$ и $\text{GdBaCo}_2\text{O}_5$ - $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ и стабильными во времени поляризационными характеристиками могут быть рекомендованы в качестве катодов для среднетемпературных устройств (ТОТЭ, электролизеров, датчиков состава горючих газов) на основе протон-проводящих электролитов.

Литература

1. Medvedev D.A., Gorbova E.V., Demin A.K., Tsiakaras P. *Int. J. Hydrog. Energy* 2014, **39**, 21547.

Данная работа частично финансировалась за счет средств РФФИ, проекты 14-03-00414, 16-33-00883, Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект 15-20-3-15, и Совета по грантам при Президенте РФ, грант СП-1885.2015.1.

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Писарева Т.А., Харанжевский Е.В.

*Удмуртский государственный университет,
426034, Ижевск, Университетская, 1, e-mail: TatianaAPisareva@gmail.ru*

Электрохимические конденсаторы (ЭК) – это класс электрохимических устройств хранения энергии, который идеально подходит для процессов, связанных с быстрым накоплением или высвобождением энергии¹.

В работе обобщены исследования авторов по использованию метода лазерного синтеза для создания наноструктурных углеродных материалов электродов электрохимических конденсаторов. Высокоэффективные электроды ЭК получали методом короткоимпульсной обработки полиимидной пленки марки ПМ-1 в среде аргона при помощи оптоволоконного иттербиевого лазера. В ходе обработки благодаря высокой удельной плотности мощности происходил оптический пробой полиимидной пленки и деструкция материала с образованием углеродных наноструктур.

Полученный материал исследовался методом БЭТ и Рамановской спектроскопии. С помощью сканирующей электронной микроскопии получены изображения материалов и сделаны выводы о его составе.

Для исследования свойств материала формировали электроды ЭК толщиной 100 мкм на основе синтезируемых наноструктурных форм углерода с добавлением высокодисперсного порошка фторопласта.

В докладе приводятся результаты измерений функциональных характеристик ЭК, позволяющие сделать вывод о высокой перспективности использования синтезируемых углеродных материалов. Материалы могут быть использованы в составе с другими материалами, например с активированными углями, для улучшения свойств электрохимических конденсаторов.

Литература

1. Conway B.E. Electrochemical supercapacitors: scientific fundamentals and technological applications. – New York: Springer. 1999. – 698 p.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ $KFeO_2$, ДОПИРОВАННОГО ТИТАНОМ, И ИХ СВЯЗЬ С ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

Проскурнина Н.В.^а, Воронин В.И.^а, Шехтман Г.Ш.^б

^аИнститут физики металлов УрО РАН, 620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18

^бИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: shekhtman@ihte.uran.ru

Интерес к твёрдым электролитам с проводимостью по катионам щелочных металлов обусловлен широкими возможностями их применения в различных электрохимических устройствах, например, в альтернативных источниках энергии: химических источниках тока, электрохимических генераторах¹. Для целенаправленного синтеза новых твёрдых электролитов необходимо знание факторов, определяющих возникновение суперионного состояния в твёрдых телах, в частности особенностей их кристаллической структуры.

В настоящей работе для изучения структурных особенностей, способствующих возникновению суперионного состояния, исследована кристаллическая структура твёрдого раствора на основе $KFeO_2$, содержащего 10 мол.% TiO_2 , методом нейтронографии в интервале температур от комнатной до 700°C.

При комнатной температуре $K_{0,9}Fe_{0,9}Ti_{0,1}O_2$ сохраняет орторомбическую структуру низкотемпературной β -формы $KFeO_2$, а при 430-480°C переходит в кубическую γ -модификацию. Анализ каналов миграции катионов калия, выполненный с помощью программного комплекса TOPOS², показал наличие в кристаллической решётке твёрдого раствора пяти каналов, которые в β -форме неэквивалентны, а при $\beta \rightarrow \gamma$ переходе в результате внутрирешёточной перестройки структуры становятся эквивалентными. Сопоставление изменения транспортных свойств твёрдого раствора и геометрии каналов миграции с температурой показывает, что имеется чёткая корреляция между размером каналов и ионной проводимостью.

Литература

1. Julien C. Materials Science and Engineering, 1990, **6**, 9.
2. Anurova N.A., Blatov V.A. Acta Cryst., 2009, **65**, 426.

ТЕРМОДИНАМИКА СВЯЗАННЫХ СОСТОЯНИЙ И ПЕРЕНОС ЗАРЯДА В



Путилов Л.П., Цидильковский В.И.

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: lev.putilov@gmail.com

Акцепторно-допированные протонпроводящие оксиды (ПО) относятся к классу материалов, перспективных для приложений в водородной энергетике. Вблизи ионов акцепторной примеси в ПО могут образовываться связанные состояния дефектов, влияющие на различные свойства, в частности, на протонную проводимость¹.

В докладе представлены результаты теоретического анализа влияния связанных состояний протонов, кислородных вакансий и электронных дырок на дефектообразование и процессы переноса в ПО. Статистическая теория дефектообразования построена на основе предложенного авторами подхода с учетом вкладов электронно-дырочной и колебательной подсистем². Установлена зависимость константы гидратации, транспортных свойств и концентраций дефектов в различных состояниях от значений энергии связи дефектов, внешних условий и содержания допанта в цирконате бария и родственных материалах.

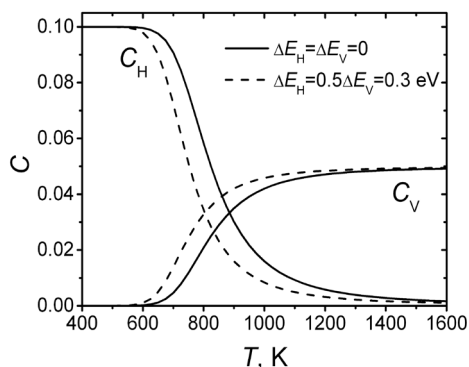


Рисунок 1. Зависимость концентраций протонов (C_H) и вакансий (C_V) в $\text{BaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-d}$ от температуры ($p_{\text{H}_2\text{O}}=2.3 \text{ kPa}$). ΔE_H , ΔE_V – энергии связи протонов и вакансий

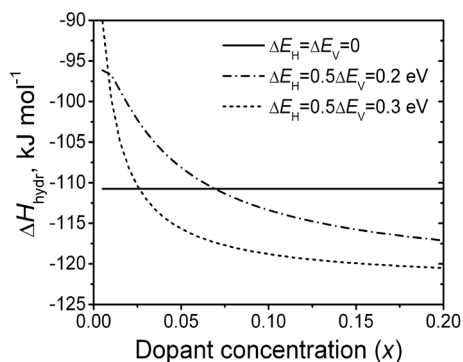


Рисунок 2. Зависимость энтальпии гидратации от концентрации допанта в $\text{BaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-d}$

Литература

1. Yamazaki Y., Blanc F., Okuyama Y., Buannic L., Lucio-Vega J.C., Grey C.P., Haile S.M. Nature Materials, 2013, **12**, 647.
2. Tsidilkovski V.I., Putilov L.P. J. Solid State Electrochemistry, 2016, **20**, 629.

Работа частично поддерживалась исследовательской программой УрО РАН, проект 15-20-3-6, и Министерством образования и науки РФ, контракт 14.Z50.31.0001.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ГРАФЕН-СИЛИЦЕНОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Рахманова О.Р., Галашев А.Е., Зайков Ю.П.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: rakhmanova@ihte.uran.ru*

В молекулярно-динамической модели изучены механические свойства и устойчивость системы, состоящей из двух слоев дефектного (моно-, би-, три- и гексавакансии) силицена, поддерживаемых листами графена. По силиценовому каналу (величина зазора составляет 0.75 нм) движется ион лития под действием электростатического поля. Листы графена и силицена, края которых жестко закреплены, проявляют гибкость и не разрушаются, деформируясь при продвижении иона (Рисунок 1). Моно- и бивакансии в силицене имеют тенденцию к сокращению своего размера, а более крупные вакансии проявляют устойчивость. Управление движением иона с помощью электрического поля оказывается возможным только при использовании совершенного силицена, а также силицена с моно- и бивакансиями. Li^+ проходит сквозь более крупные дефекты, и его движение по силиценовому каналу становится неконтролируемым. Расчет напряжений в силицене показывает, что присутствие моновакансий в нем приводит к наибольшим флуктуациям напряжений при движении иона по каналу. Таким образом, используемая конструкция электрода оказывается устойчивой к процессам интеркаляции/деинтеркаляции иона Li^+ , даже при наличии в силицене большого числа мелких дефектов.

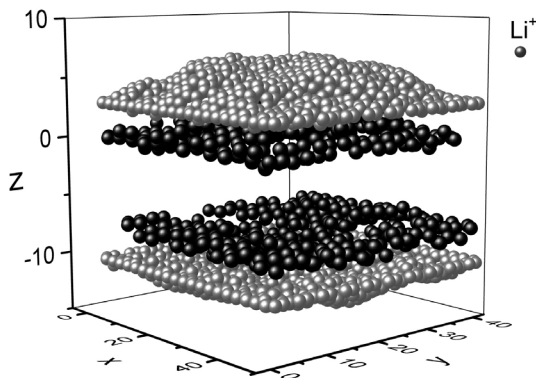


Рисунок 1. Конфигурация плоского канала, образованного дефектным (с моновакансиями) силицином и графеном, соответствующая моменту времени 28 пс (выходу иона лития из канала).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 16-13-00061.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВЛЕННЫХ ГАЛОГЕНИДОВ**Редкин А.А.^а, Зайков Ю.П.^а, Кумков С.И.^б**

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: a.redkin@ihte.uran.ru

^бИнститут математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 16

Расплавленные галогенидные соли используются в различных технологических процессах при относительно высоких температурах (500-1000 °С). При таких температурах происходит интенсивный теплообмен с окружающей средой, и теплофизические свойства имеют большое значение. Их экспериментальное определение является сложной задачей, так как небольшое количество тепла должно быть измерено на фоне гораздо более значительных тепловых потоков. Именно поэтому, эмпирические и теоретические методы широко используются для оценки теплоемкости и теплопроводности расплавленных солей и их смесей. Эти методы могут использоваться при определенных условиях. Более продуктивным эмпирическим подходом является использование молярных величин, которые имеют тенденцию быть константами. Молярная теплоемкость и молярная теплопроводность расплавленных галогенидов были проанализированы и показано, что они являются константами в определенных пределах.^{1,2} Для анализа экспериментальных данных были использованы методы интервального анализа, которые позволяют обрабатывать данные, имеющие значительную экспериментальную неопределенность.

Комплексный анализ теплофизических свойств расплавленных солей позволяет находить взаимосвязи между ними, что дает возможность проводить оценку тех свойств, по которым отсутствуют экспериментальные данные на основании результатов полученных по другим свойствам.

Литература

1. Redkin A., Zaikov Y., Korzun I., Reznitskikh O., Yaroslavtseva T., Kumkov S. Heat capacity of molten halides. *J. Phys. Chem. B*, 119, 509–512 (2015)
2. Redkin A., Zaikov Yu., Tkacheva O., Kumkov S. Molar thermal conductivity of molten salts, *Ionics*, 22, 143-149 (2016)

Работа выполнена при финансовом содействии Российского Фонда Фундаментальных Исследований, гранты 14-03-00640 и 15-01-07909.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЭНЕРГОАККУМУЛИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ

Сармурзина Р.Г.,^а Бойко Г.И.,^б Карабалин У.С.,^в Любченко Н.П.,^б
Байгазиев М.Т.,^б Акчулаков Б.У.^б

^аАО НК "Казмунайгаз", 010000, Республика Казахстан,
Астана, пр.Кабанбай батыра, 19, e-mail: R.Sarmurzina@kmg.kz

^бКазахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева, 050013, Республика Казахстан, Алматы, Сатпаева, 22,
e-mail: amtek@bk.ru

^вАссоциация KazEnergy, Республика Казахстан,
010000, Астана, пр. Кабанбай батыра, 17

Разработаны способы и условия активации алюминия металлами -активаторами¹. Показана возможность управления процессом взаимодействия активированного алюминия с водой, позволяющая получать водород с высокими скоростями, а также гидроксиды, оксиды алюминия различного состава и структуры. Установлены корреляции между составом сплава, температурой и скоростью выделения водорода.

Отработаны условия получения сплавов активированного алюминия в укрупненных количествах².

Осуществлены исследования по изысканию возможности применения водородной энергетики активированных сплавов алюминия для нефтедобывающей и транспортирующей отраслей.

Разработаны новые технологические подходы к разработке месторождений на поздней стадии их эксплуатации³⁻⁴.

Впервые для очистки призабойной зоны пласта с целью повышения притока пластовых флюидов разработана технология, основанная на химическом взаимодействии активированного алюминия с пластовой водой. Выявлено, что при взаимодействии выделяется значительное количество тепла и атомарного водорода, что способствует протеканию процессов крекинга и риформинга непосредственно в нефтяном пласте. Полученные результаты подтверждены комплексом лабораторных исследований⁵.

Литература

- 1.Сармурзина Р.Г.и др. А.С. 535364 СССР, 1976.
- 2.Сармурзина Р.Г, Пресняков А.А, Морозова О.И, Мофа Н.Н. Физика металлов и металловедение, 1988, Т. 66, №3, 504-508.
- 3.Сармурзина Р.Г., Карабалин У.С., Бойко Г.И., Курапов Г.Г., Огай Е.К., Любченко Н.П., Молдабеков Б.Ш. Инновационный патент 28934 РК, 2014.
- 4.Сармурзина Р.Г., Карабалин У.С., Бойко Г.И., Курапов Г.Г., Любченко Н.П., Молдабеков Б.Ш., Байгазиев М.Т. Инновационный патент 30257 РК, 2015.
5. Сармурзина Р.Г., Курапов Г.Г., Карабалин У.С., Бойко Г.И. Инновационный патент 30429 РК, 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ МЕМБРАННЫХ СПЛАВОВ V-M (M=Ti, Co) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОСОБО ЧИСТОГО ВОДОРОДА

Сипатов И.С., Сидоров Н.И., Пряничников С.В., Пастухов Э.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
620016, Екатеринбург, Амундсена, 101, e-mail: ivan.sipatov@gmail.com*

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к технологии получения особо чистого водорода для нужд водородной энергетики. Самым привлекательным металлом для получения и очистки водорода был и продолжает оставаться палладий и его сплавы, однако высокая стоимость препятствует их широкомасштабному применению в качестве мембран для получения особо чистого водорода. Мембраны на основе металлов V группы (V, Ta, Nb) являются альтернативой палладию, как основному металлу мембранных сплавов. Но и для данных металлов проблема образования гидридов остается. Для ее преодоления предложено их сплавлять с различными легирующими добавками¹.

Нами проведены исследования структуры и микротвердости ванадиевых сплавов легированных титаном и кобальтом V₉₀M₁₀ ат.% (M=Ti, Co). Сплавы готовили из чистых компонентов V, Ti и Co (>99,9 масс.%). Навески образцов плавил в вакуумно-дуговой печи в атмосфере аргона (99.9999%).

Полученные сплавы исследовались на рентгеновском диффрактометре XRD 7000C Shimadzu, оптическом микроскопе GX-51 Olympus с программным обеспечением SIAMS 700, микротвердомере Micromet-5103 Buehler. Полученные сплавы V₉₀Ti₁₀, V₉₀Co₁₀ являются твердыми растворами ванадия с ОЦК структурой, определены их параметры решетки 3.0747 и 3.0086Å, соответственно. В таблице 1 приведены результаты по измерению микротвердости и размеру зерна.

Таблица 1. Характеристики сплавов

Сплав	HV при нагрузке 50 г	Размер зерна, мкм
V ₉₀ Ti ₁₀	360	60-200
V ₉₀ Co ₁₀	265	100-250

Литература

1. Kozhakhmetov S., Sidorov N., Piven V., Sipatov I., Gabis I., Arinov B. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 645, S36–S40, doi: 10.1016/j.jallcom.2015.01.242.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-38-00759мол_a, с применением оборудования ЦКП «Урал-М».

ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

Систер В.Г., Иванникова Е.М., Ямчук А.И.

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ),
107023, Москва, Большая Семеновская, 38, e-mail: iegh510@yandex.ru*

Применение биодизельного позволяет решить ряд экологических и экономических вопросов, которые возникали при использовании традиционных источников энергии. Основным компонентом биодизельного топлива являются метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК). Традиционные технологии получения МЭЖК базируются на процессе переэтерификации масел с использованием гомогенного или гетерогенного катализатора, которые имеют ряд недостатков.

Разработана технология получения биодизеля из рапсового масла без катализатора, по часовому съему целевого продукта не уступающая процессу в присутствии катализаторов и не требующий большого избытка метанола. По предлагаемой технологии метанол переводят в сверхкритическое состояние и при этом скорость реакции этерификации увеличивается в несколько десятков раз и наблюдается более полный выход продукта. Отсутствие катализатора и низкие требования к качеству реагентов для реакции в сверхкритическом метаноле позволяют использовать в качестве сырья отходы кулинарных жиров и масел, количество которых оценивается в 3 000 тыс.т/год и при этом решается проблема их утилизации и хранения. Простота конструкции реактора процесса переэтерификации в сверхкритическом метаноле, а также отсутствие катализатора и проблем, связанных с его регенерацией, позволяют создавать локальные и мобильные установки по переработке масел и отходов кулинарных жиров, не требующих наличия инфраструктуры химического производства и высококвалифицированного персонала.

Литература

1. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Митин А.К. Получение биодизеля при сверхкритических параметрах // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. – 2015. - №1. - С. 8-10
2. Ivannikova E.M., Sister V.G., Mitin A.K. Production of biodiesel with supercritical parameters // *Chemical and Petroleum Engineering*. - 2015. - Т. 51.- № 1. - С. 10-13.
3. Систер В.Г., Иванникова Е.М., Гехман А.Е., Валяшко В.М., Макаев С.В., Возможность получения биодизеля в сверхкритических условиях.// *«Альтернативная энергетика и экология»*, 2011, №11, с.46-48.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания ЕЗН, 2749.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ УРАНА(III) НА ЖИДКОМ КАДМИЕВОМ КАТОДЕ В РАПЛАВЛЕННОЙ ЭВТЕКТИКЕ 3LiCl-2KCl

Смоленский В.В., Новоселова А.В., Мушников П.Н.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: smolenski@etel.ru*

Расплавленные соли и особенно расплавленные хлориды щелочных металлов хорошо известны как реакционная среда для избирательного осаждения или растворения продуктов деления. Процессы пирохимического разделения в среде солевых расплавов могут быть перспективным методом в создании ядерных топливных циклов в будущем. Они включают в себя электрорафинирование или восстановительную экстракцию для извлечения актинидов в системе расплавленный хлорид/жидкий металл, что позволит выделять минорные актиниды из отработавшего металлического или нитридного топлива и высокоактивных радиоактивных отходов.

Фазовая диаграмма U-Cd показывает, что ниже 473°C в жидком кадмии существует только интерметаллид UCd_{11} , в то время как при более высоких температурах – только металлический уран. Циклическая вольтамперограмма расплава 3LiCl-2KCl- UCl_3 на жидком кадмиевом катоде при 411°C имеет два катодных и анодных пика тока, связанных с осаждением и растворением UCd_{11} и $\alpha-U$, соответственно. При температуре 503°C наблюдается только пик тока осаждения и растворения металлического урана на поверхности жидкого кадмия.

Для разделения актинидов и лантаноидов очень важно знать условия образования твердой урановой пленки на жидком катоде в зависимости от плотности тока и температуры.

Было установлено, что при катодной плотности тока менее 200 мА/см² катодный процесс протекает с образованием интерметаллического соединения UCd_{11} , а при плотностях тока выше 200 мА/см² на поверхности жидкого кадмия происходит формирование корки из твердого урана. Потенциал пары U(III)/U на Cd после отключения поляризующего тока был равен -2,52 В относительно Cl^-/Cl_2 электрода сравнения.

Это может быть связано как с диффузионными затруднениями при образовании UCd_{11} , так и с низкой растворимостью урана в жидком Cd.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение о предоставлении субсидии 14.607.21.0084, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60714X0084.

ОСОБЕННОСТИ РАСТВОРЕНИЯ ВОДЫ В ПРОТОН-ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ НА ОСНОВЕ СКАНДАТА ЛАНТАНА

Фарленков А.С.,^а Ананьев М. В.,^{а,б} Смольников А.Г.,^{а,в} Кузьмин А.В.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: a.farlenkov@ua.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

^вИнститут физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18

Протон-проводящие электролиты являются перспективными функциональными материалами для электрохимических устройств распределенной и водородной энергетики (твёрдо-окисдные топливные элементы, электролизеры, сенсоры и др.).

Известно, что наиболее высокой протонной проводимостью обладают материалы со структурой перовскита, к которым относятся оксиды на основе LaScO_3 ¹. В данной работе методом высокотемпературной термогравиметрии получены зависимости концентрации протонов в оксидах $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ScO}_{3-\delta}$ ($x = 0, 0.04, 0.09$) от температуры в атмосфере $\text{H}_2\text{O}-\text{O}_2$. Установлено, что с увеличением уровня акцепторной примеси количество растворенной воды в оксиде увеличивается.

Методом термопрограммированной десорбции² показано, что существуют как минимум три формы растворенной воды с разной прочностью ОН-связи в оксиде: первая форма, по-видимому, соответствует хемосорбированной воде на поверхности оксида (температурный интервал десорбции 300–400 °С), и два других состояния, соответствующие воде, инкорпорированной в решетку оксида (температурные интервалы десорбции 500–650 °С и 650–750 °С). Методами ядерного магнитного резонанса ⁴⁵Sc показано, что появление акцепторной примеси и насыщение оксидов в атмосфере, содержащей пары воды, приводит к уменьшению вклада квадрупольно уширенной части спектра, что может свидетельствовать о повышении локальной симметрии вблизи ядра зонда.

Литература

1. Строева А.Ю., Балакирева В.Б., Дунюшкина Л.А., Горелов В.П. *Электрохимия*, 2010, **46(5)**, 585.
2. Фарленков А.С., Ананьев М.В., Тропин Е.С., Ходимчук А.В., Курумчин Э.Х. *Естественные и технические науки*, 2015, **10**, 127.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 16-13-00053, с использованием оборудования ЦКП «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

НОВЫЕ АДсорБИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Фомкин А.А.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: fomkina@mail.ru*

Природный газ является альтернативным источником энергии, который может заменить во многих случаях, широко распространенные виды топлива, получаемые как продукты переработки нефти - бензин, дизельное топливо, пропан-бутановую смесь. В связи с истощением запасов нефти, во всем мире интенсивно ведутся работы, направленные на разработку технологий, позволяющих использовать природный газ метан. Важной проблемой в развитии этой технологии является создание высокочастотных и компактных систем хранения метана. Среди таких систем хранения метана в адсорбированном состоянии имеет ряд преимуществ, поскольку метан находится в нанодиспергированном состоянии (НДС-состоянии) высокой плотности. Для увеличения эффекта аккумуляции используются микропористые адсорбенты, с размером пор до $\sim 3.0-3.2$ нм. Адсорбент с адсорбированным метаном препятствует возникновению ситуации взрыва и пожара при экстремальной разгерметизации системы хранения, поскольку основная масса метана находится в адсорбированном, «связанном» состоянии.

Основной проблемой при адсорбционном хранении метана является выбор оптимального адсорбента при заданных условиях давления и температуры. Адсорбция метана при прочих равных условиях зависит от объема порового пространства, энергии адсорбции и плотности адсорбента в системе хранения.

В работе приведены результаты исследований зависимости объемной плотности метана в системе хранения ($\text{нм}^3(\text{ндс } \text{CH}_4)/\text{м}^3$) от давления и температуры на новых сорбирующих материалах (активных углях, металлоорганических каркасных структурах). Рассмотрены основные физико-химические характеристики, определяющие эффективность адсорбционного аккумуляции природного газа.

Работа поддержана Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы». Соглашение 14.607.21.0079 от 20.10.2014 г. Уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI60714X0079

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ И БИОКОРРОЗИИ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДООБОРОТА

Хасанова Д.И., Шепелин В.А.

ПАО «Нижнекамскнефтехим», 423574, Нижнекамск

В последнее время особый интерес представляют ингибиторы коррозии полимерного типа, которые привлекают низкой токсичностью, доступностью, а также возможностью их полифункционального применения^{1,2}. В работе представлены результаты испытаний разработанного нового экологически безопасного ингибитора коррозии и солеотложений для систем водооборота с низким и средним содержанием фосфора. Ингибитор марки **ОПЦ-800**, представляющий собой многокомпонентную композицию на основе водорастворимых полимеров и органических соединений фосфора (по классификации ГОСТ 12.1.007-76 относится к IV классу малоопасных веществ).

Электрохимическими исследованиями установлено, что введение ингибитора ОПЦ-800 в испытуемую среду приводит к сокращению времени установления стационарного потенциала углеродистой стали (Ст3) в положительную сторону от (-450) до (-255) мВ (н.в.э), что свидетельствует об уменьшении скорости коррозии за счет протекания адсорбционных процессов, подавляющих преимущественно анодное растворение металла (Рис.1).

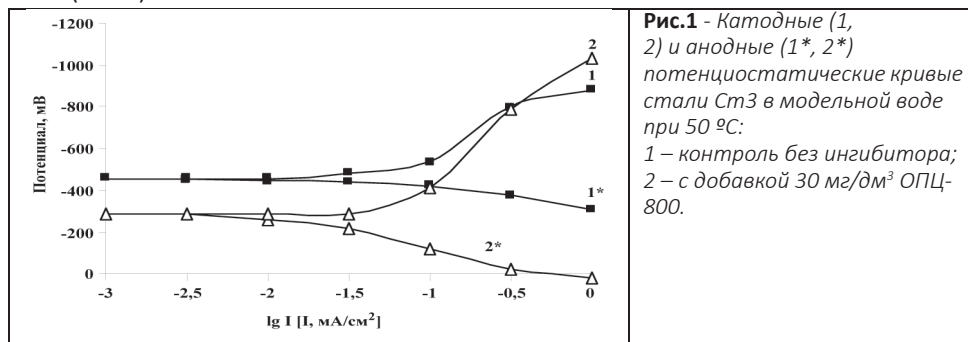


Рис.1 - Катодные (1, 2) и анодные (1*, 2*) потенциостатические кривые стали Ст3 в модельной воде при 50 °С:
1 – контроль без ингибитора;
2 – с добавкой 30 мг/дм³ ОПЦ-800.

Низкие значения скорости коррозии купонов (Ст3), установленных в змеевике на линии обратной оборотной воды нефтехимического производства, в пределах 0,0046-0,011 мм/год свидетельствует о высокой эффективности ингибитора ОПЦ-800.

Литература

1. Балабан-Ирменин Ю.В., Рудакова Г.Я. Применение антинакипинов в энергетике низких параметров. – М.: Новости теплоснабжения, 2011.
2. Коробейникова Е.Ю., Автономова А.Ю. Гетеролигандное комплексообразование меди с 2-фоснобутан-1,2,4-трикарбоновой кислотой и карбоновыми кислотами в водных растворах // Вестник удмуртского университета. 2012. Вып.

ДЕФЕКТНАЯ СТРУКТУРА И ПЕРЕНОС ЗАРЯДА В ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТАХ $Sr_2MMoO_{6-\delta}$ (M=3d-ЭЛЕМЕНТ, Mg)

Цветков Д.С., Голомозин Н.Б., Иванов И.Л., Малышкин Д.А., Зувев А.Ю.

*Уральский федеральный университет,
620000, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail:Dmitry.Tsvetkov@urfu.ru*

Смешанные электрон- и ионпроводящие оксиды типа перовскита являются перспективными материалами для высокотемпературных твердотельных электрохимических устройств, таких как твердооксидных топливные элементы (ТОТЭ), кислородные мембраны и датчики.

В последнее время двойные перовскиты Sr_2MMoO_{6-d} , где M – 3d-металл, привлекли большое внимание в качестве материалов для указанных выше задач. Общеизвестно, что дефектная структура имеет ключевое значение для понимания свойств материалов. Тем не менее, в настоящее время в литературе отсутствует информация о дефектной структуре и связанных с ней свойствах двойных перовскитов состава Sr_2MMoO_{6-d} (M = 3d-металл, Mg) в особенности в зависимости от парциального давления кислорода (p_{O_2}) и температуры в широких интервалах этих параметров.

В настоящей работе изучены кристаллическая структура, кислородная нестехиометрия, общая электропроводность и коэффициент термо-ЭДС двойных перовскитов Sr_2MMoO_{6-d} (M = Fe, Co, Ni, Mg) в зависимости от парциального давления кислорода $-15 \leq \lg(p_{O_2}/\text{атм}) \leq 0$ и температуры $800 \leq T, \text{ }^\circ\text{C} \leq 1050$.

Для изучения кристаллической структуры оксидов Sr_2MMoO_{6-d} (M = Fe, Co, Ni, Mg) использовали рентгеновскую дифракцию «in situ» в атмосфере с контролируемым парциальным давлением кислорода. Общая проводимость и коэффициент термо-ЭДС двойных перовскитов были измерены одновременно с помощью четырехзондового метода на постоянном токе. Кислородную нестехиометрию оксидов Sr_2MMoO_{6-d} (M = Fe, Co, Ni, Mg) измеряли с помощью термогравиметрического анализа и кулонометрического титрования в ячейке из твердого кислород проводящего электролита.

Полученные результаты обсуждены на основе анализа дефектной структуры двойных перовскитов Sr_2MMoO_{6-d} (M = 3d-металл, Mg).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-33-20978.

КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФТОРИРОВАННЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ЛИТИЕВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Цветников А.К., Матвеев Л.А., Курявый В.Г., Устинов А.Ю., Опра Д.П.,
Соколов А.А., Гнеденков С.В., Сергиенко В.И.

*Институт химии ДВО РАН, 690022, Владивосток,
проспект 100-летия Владивостока, 159, e-mail: tsvetnikov@ich.dvo.ru*

Важнейшими принципами «зеленой» химии является использование возобновляемого сырья и переработка отходов. В Институте химии ДВО РАН были впервые разработаны методы жидкофазного¹ и газофазного фторирования² гидролизного лигнина (ГЛ) для катодов литиевых химических источников тока и проводятся исследования процессов и продуктов фторирования древесины³.

Установлено, что по мере увеличения температуры фторирования количество фтора возрастает от 25,6 вес. % при температуре 50°C до 34,7 вес.% при 120°C. Получены данные энергий связи углерода, кислорода в древесине и фтора во фторированной древесине (ФД), содержащей более 30 ат.% фтора. Испытания систем Li/ФД проводили при плотности тока 25 мА/г и разрядом при постоянном сопротивлении внешней цепи 50 кОм. Удельная проводимость ФД $1,6 \cdot 10^{-11}$ См/см.

Показано, что фторированная древесина в качестве катодного материала для литиевых химических источников тока обладает высокими разрядными характеристиками и представляет большой практический интерес для создания нового класса катодных материалов на основе возобновляемого сырья – природного биополимера.

Литература

1. Цветников А.К., Назаренко Т.Ю. *Патент 2036135 РФ*, 1995.
2. Gnedenkov S., Opra D., Sinebryukhov S., Tsvetnikov A., Ustinov A., Sergienko V. *J. Of Solid State Electrochemistry* 2013, V. 17, **10**, 2611.
3. Цветников А.К., Матвеев Л.А., Курявый В.Г., Устинов А.Ю., Николенко Ю.М., Опра Д.П., Соколов А.А., Синебрюхов С.Г., Гнеденков С.В., Сергиенко В.И. *10-я Всероссийская конференция «Химия фтора»*, 2015, Томск, 175.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 14-29-04072.

НЕСУЩАЯ КЕРАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАК ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТВЕРДОКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

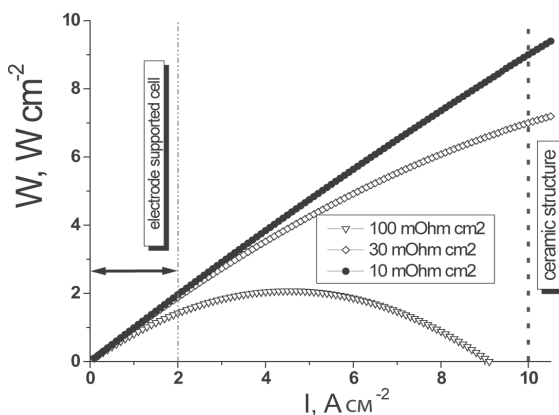
Шкерин С.Н.^а, Никонов А.В.^б, Гырдасова О.И.^в, Липилин А.С.^б

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail:shkerin@mail.ru

^бИнститут электрофизики УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 106

^вИнститут химии твёрдого тела УрО РАН, 620990, Екатеринбург, Первомайская, 91

Применение ячеек с несущим электродом позволяет повысить удельную мощность за счет уменьшения омических потерь в электролите, толщина которого при этом может быть уменьшена. Однако пористые слои как собственно несущего электрода, так и токового коллектора приводят к появлению предельных токов на вольтамперной кривой ячейки. Эти предельные токи как раз и обусловлены газовой диффузией внутри пористых слоев. Их значения даже на уровне $2\text{--}2.5\text{ А см}^{-2}$ – это сложная технологическая задача. Существующий уровень развития материаловедения электродных материалов позволяет (рис.) достичь существенно большей удельной мощности, если будет решена сформулированная проблема.



В докладе рассматривается техническое решение – многослойная керамическая структура (МКС) и его материаловедческое обеспечение в применении к электролиту на основе LaGaO_3 . Ранее получение МКС описано в применении к материалам на основе диоксида циркония¹.

Литература

1. Ivanov V.V. et al *Journal of Power Sources*, 2006, **159**, 605.

Данная работа составляет основу проекта РФФИ, грант 16-19-00042, который, как мы надеемся, будет поддержан.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Ярмоленко О.В.

*Институт проблем химической физики РАН,
142432, Черноголовка, пр. акад. Семенова, 1, e-mail: oyarm@icp.ac.ru*

Область потенциального применения литий ионных аккумуляторов (ЛИА) достаточно широка от портативной электроники до электромобилей. По оценкам специалистов для расширения объёма применения ЛИА требуется заметное улучшение характеристик с точки зрения повышения удельной энергии, мощности и ресурса, обеспечения безопасности и удешевления стоимости. В значительной мере это определяется разработкой электролитных систем. В докладе будут рассмотрены новые растворители и соли лития, появившиеся недавно. Другим эффективным методом совершенствования ЛИА является использование добавок к электролиту. Обычно, количество добавки не больше, чем 5 об. или вес. %, в то время как его присутствие значительно улучшает циклируемость ЛИА, а также его безопасность. В докладе будут рассмотрены различные добавки к жидким электролитам, в частности добавки краун-эфиров, которые не только улучшают проводимость самого электролита, но также снижают сопротивление на границе с электродом, что было показано в нашей лаборатории.

Во второй части доклада будет рассмотрен новый класс полимерных электролитов, перспективных для ЛИА, а именно нанокompозитные гель-электролиты (НГЭ). В основном, они основаны на сополимере поливинилидендифторида с гексафторпропиленом, но в последние годы появились и другие матрицы для НГЭ. Керамические нанопорошки при этом улучшают не только механические свойства полимерных электролитов, но также увеличивают проводимость самого электролита, уменьшают сопротивление на границе с электродом и увеличивают электрохимическую и термическую стабильность полимерных электролитов. Кроме распространенных полимерных матриц, будет рассмотрена система НГЭ на основе полиэфирдиакрилата, которую получают реакцией радикальной полимеризации. Данная система хорошо изучена в ИПХФ РАН и результаты спектроскопии электрохимического импеданса, ДСК-анализа, ЯМР спектроскопии с импульсным градиентом магнитного поля, ЯМР высокого разрешения и квантово-химического моделирования раскрывают структуру данного НГЭ и механизмы ионной проводимости.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

HIGHLY SELECTIVE AND PORE SIZE DEPENDENT K-Co-MoS₂/SBA-15 CATALYSTS FOR MIXED ALCOHOLS SYNTHESIS

Ruijue Hu,^{a,b} Haiquan Su,^{a,b} Yulong Zhang,^b Jianli Li^b

^aCollege of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot, 010021, China

^bInner Mongolia Key Laboratory of Coal Chemistry, School of Chemistry and Chemical Engineering, Inner Mongolia University, Hohhot, 010021, China, e-mail: haiquansu@yahoo.com

The catalytic conversion of synthesis gas to mixed alcohols is one of the most promising processes for providing clean fuels, chemical intermediates etc.¹⁻³ For K-Co-MoS₂/SBA-15 catalyst, large amount of MoS₂ particles were dispersed into the pores of supports SBA-15 (~7.8 nm), and the confined space inhibited the diffusion of reactants and intermediates in and out of the pores and facilitated the chain growth on the catalyst surface, and hence enhanced the reaction rate of methanol homologation. However, MoS₂ particles in K-Co-MoS₂/SBA-15 (~5.1 nm) and K-Co-MoS₂/SBA-15 (~13.2 nm) formed mainly outside the pores provided limitless space for the diffusion of reactants and intermediates, which may decrease the higher alcohols production.

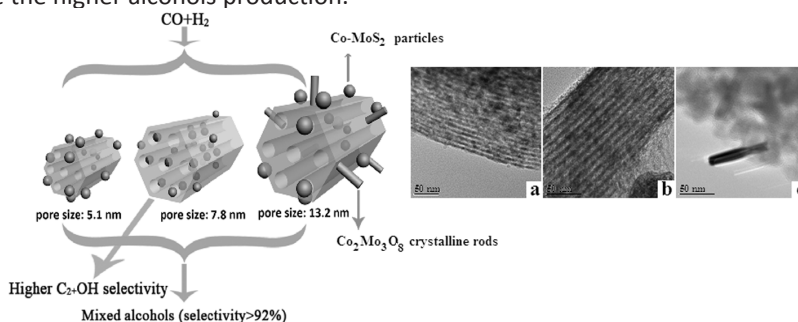


Table 1. Catalytic performance comparison of the catalyst K-Co-MoS₂/SBA-15 in CO hydrogenation. Reaction condition: 11MPa, 305°C, H₂/CO=1.0, and GHSV= 3000 h⁻¹

Support Pore Size of Catalyst (nm)	CO Conv. (%)	Carbon selectivity (%)						STY of alcohol (mg/g _{cat} ·h)
		ROH	Hc	CO ₂	MeOH	EtOH	C ₂₊ OH	
5.1	32.1	92.0	7.8	0.17	80.0	10.4	12.0	118.4
7.8	18.4	92.7	7.3	0.07	71.6	17.7	21.1	147.1
13.2	25.9	93.2	6.6	0.19	78.6	12.8	14.5	89.2

References

- Spivey J.J., Egbeki A. *Chem. Soc. Rev.* 2007, **36**, 1514.
- Subramani V., Gangwal S.K. *Energy Fuels* 2008, **22**, 814.
- Gupta M., Smith M.L., Spivey J.J. *ACS Catal.* 2011, **1**, 641.

Foundation item: Supported National Natural Science Foundation of China, 21461017.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ НЕФТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**Абдикаримов М.Н.^а Тургумбаева Р.Х.^б**

^а*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, 050013, Республика Казахстан, Алматы, Сатпаева, 22, e-mail: m.n.abdikarimov@mail.ru*

^б*Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 050010, Алматы, пр. Достык, 13*

Все известные месторождения Казахстана, имеющие промышленное значение, находятся в Прикаспийской впадине и Северо-Западной части Туранской плиты¹. Ограниченность и невозполнимость ресурсов нефти и газа обуславливает возможность разрабатывать новые альтернативные источники углеводородного сырья на основе нефтебитуминозных пород (НБП), из которых можно получать: этилен, пропилен, бутен, бензол, топливный газ, моторные и реактивные топлива, масла, элементарную серу, металлургический и топливный кокс, металлы, строительные материалы¹⁻³. К ним, прежде всего, относятся запасы природных битумов, которые по некоторым оценкам значительно превышают разведанные запасы нефти. Высоковязкие нефти и природные битумы распространены во многих районах земного шара на различных глубинах, однако, промышленное их скопление имеется в ограниченном числе стран: Канаде, Венесуэле, СНГ, Мадагаскаре, Албании, Тринидаде, Румынии и др.^{2,3}.

В настоящей работе проведено исследование НБП месторождения Тюб-Караган и Мунайлы-Мола методами инфракрасной спектроскопии, газо-жидкостной хроматографии и ЭПР. Продукты пиролиза представляют дизельную фракцию и мазут. Дизельное топливо 200-370 присутствует в количестве 65,18%, а мазут 370-500 – в количестве 34,82%. Содержание бензина незначительно (1,47%).

Литература

1. Надилов Н.К., Браун А.Е., Трохименко М.С. и др. Нефтебитуминозные породы Казахстана: проблемы и перспективы. – Алматы. 2001 г.-5 томов. - 376 с.
2. Sanford E.C. Processibility of Athabasca oil sand: Interrelationship between oil sand fine solids, process aids, mechanical energy and oil sand age after mining // *Canadian Journal of Chemical Engineering*. - 1983. - V. 61, No. 4. - P. 554-567.
3. Joon S., Bhatt S-D., Lee W., Lee H.Y., Jeong S.Y., Baeg J-O., Lee C.W. Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand // *Korean J. Chem. Eng.* - 2009. - V. 26 (1). - P. 64-71.

Работа выполнена по собственной инициативе авторов.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПИСАНИЯ КИНЕТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА ГАЗОВОЙ ФАЗЫ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ ОКСИДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Ананьев М.В.,^{а,б} Поротникова Н.М.,^а Курумчин Э.Х.^а

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: n.porotnikova@mail.ru
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

Материалы $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_{3-6}-\text{Zr}_{0.82}\text{Y}_{0.18}\text{O}_{1.91}$ (LSM—YSZ) являются перспективными для использования в качестве кислородного электрода в высокотемпературных электрохимических устройствах (ЭХУ). Ранее нами предложена модель для описания концентрационной зависимости скорости межфазного обмена кислорода LSM—YSZ с учетом процесса обмена на трехфазной границе (ТФГ).¹ Однако эта аддитивная модель не объясняла смещение максимума на зависимости скорости межфазного обмена кислорода от соотношения фаз с увеличением T и P_{O_2} , а также преобладание r_1 -типа обмена кислорода. Этим недостатком лишена предлагаемая нами более общая модель, учитывающая стадии обмена между формами кислорода в газовой фазе, в адсорбционном слое фаз, входящих в состав композита, на ТФГ и кислородом решетки оксидов в составе композита.

Разработанная модель использована для обработки экспериментальных данных по кинетике взаимодействия кислорода газовой фазы с композитами LSM—YSZ. Наблюдаемое смещение максимума связано с отличиями энергии активации скоростей обмена кислорода между формами кислорода в адсорбционном слое фаз и на ТФГ. Выраженная доля r_1 -типа обмена кислорода соответствует высокой скорости адсорбции по r_1 -типу с участием форм кислорода в адсорбционном слое и на ТФГ. Скоростью-определяющей стадией является процесс обмена между адсорбционными формами кислорода на поверхности LSM и ТФГ, который, по-видимому, лимитируется диффузией адатомов кислорода по поверхности LSM в сторону ТФГ (т.н. *спилловер*-эффект).

Литература

1. Поротникова Н.М. Изотопный обмен кислорода и микроструктура материалов на основе манганита лантана-стронция и цирконий иттриевого электролита: дис. канд. хим. наук: 02.00.04. Екатеринбург. 2013. 153 С.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04009, и стипендий президента РФ 2015-2017. При выполнении работы использовано оборудование ЦКП «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

ИОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ПРОТОНПРОВОДЯЩЕМ ОКСИДЕ $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{3.6}$

Антонова Е.П., Ананьев М.В., Строева А.Ю., Фарленков А.С.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: ekantonova@e1.ru*

Одним из актуальных направлений современной твердотельной электрохимии является исследование высокотемпературных протонпроводящих оксидов. Использование этих материалов в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) имеет ряд преимуществ перед традиционными кислородионными проводниками. Электролиты на основе скандата лантана являются одним из перспективных классов протонных проводников. Целью настоящей работы явилось установление закономерностей ионного переноса в протонпроводящем оксиде $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{3.6}$ (LSS10) в зависимости от внешних условий.

Электропроводность электролита была исследована методом импедансной спектроскопии в температурном интервале 500–900°C в широком интервале парциальных давлений кислорода, коэффициент диффузии кислорода был определен методом изотопного обмена с анализом газовой фазы, растворимость воды в оксиде изучалась методом термогравиметрии.

Установлено, что концентрация протонов в оксиде увеличивается с понижением температуры. При температуре < 500°C достигается максимальное насыщение протонами. Показано, что в воздушной атмосфере LSS10 является смешанным ионно-дырочным проводником, доля дырочной проводимости уменьшается с уменьшением температуры и активности кислорода в газовой фазе. В восстановительных средах проводимость в оксиде преимущественно ионная. Проведено разделение ионной проводимости на протонную и кислород-ионную составляющие. Показано, что доля протонной проводимости увеличивается с уменьшением температуры, а зависимость протонной проводимости от температуры проходит через максимум при 500–600°C, что обусловлено, с одной стороны, уменьшением концентрации протонов с ростом температуры, и увеличением их подвижности с другой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект 16-13-00053, с использованием оборудования центра коллективного пользования «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

РЕОРИЕНТАЦИОННОЕ ДВИЖЕНИЕ ГРУПП BH_4 В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ БОРОГИДРИДАХ $\text{Na}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ И $\text{K}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$: ЯМР ИССЛЕДОВАНИЕ

**Бабанова О.А.,^а Скрипов А.В.,^а Скорюнов Р.В.,^а Солонинин А.В.,^а Садыков А.Ф.,^а
Волкова З.Н.,^а Довгалюк Ю.,^б Филинчук Я.^б**

^аИнститут физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 18, e-mail: Babanova@imp.uran.ru

^бInstitute of Condensed Matter and Nanosciences,
Université catholique de Louvain, Place L. Pasteur 1, 1348 Louvain-la-Neuve, Бельгия

Проблема эффективного хранения водорода играет ключевую роль для развития экологически чистой водородной энергетики. Особое внимание в настоящее время уделяется химическим методам хранения водорода в комплексных гидридах, особенно в борогидридах, которые рассматриваются как перспективные материалы, позволяющие достичь высоких весовых и объемных плотностей водорода. Однако возможности практического использования борогидридов ограничиваются их стабильностью при тепловом разложении и слабой обратимостью процессов десорбции водорода. В попытках улучшить свойства борогидридов были синтезированы системы со смешанными анионами. Одной из таких систем являются биметаллические борогидриды $\text{A}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ (где А – щелочной металл)^{2,3}.

В настоящей работе представлены результаты ЯМР-исследований реориентационного движения групп BH_4 в биметаллических борогидридах $\text{A}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ (А = Na и K). Температурные зависимости скоростей спин-решеточной релаксации ^1H и ^{11}B на различных резонансных частотах для обеих систем соответствуют термически активированными реориентациям групп BH_4 . Для $\text{Na}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ обнаружено сосуществование по крайней мере двух типов реориентационных процессов для групп BH_4 с различными характеристическими частотами. Для $\text{K}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ экспериментальные данные могут быть описаны в рамках одного реориентационного процесса с распределением частот перескоков атомов H. Барьеры для реориентационного движения в $\text{Na}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ и $\text{K}[\text{Al}(\text{BH}_4)_4]$ обсуждаются на основе изменений локального окружения групп BH_4 .

Литература

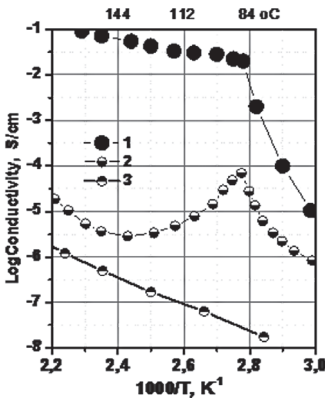
1. Orimo S., Nakamori Y., Eliseo J.R., Zuttel A., Jensen C.M. *Chem. Rev.*, 2007, **107**, 4111.
2. Knight D.A., Zidan R., Lascola R., Mohtadi R., Ling C., Sivasubramanian P.K., Kaduk J.A., Hwang S.-J., Samanta D., Jena P. *J. Phys. Chem. C* 2013, **117**, 19905.
3. Dvoglaliuk Iu., Ban V., Sadikin Y., Černý R., Aranda L., Casati N., Devillers M., Filinчук Y. *J. Phys. Chem. C*, 2014, **118**, 145.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00223 мол_а.

ТВЕРДЫЕ ЭВТЕКТИКИ ГИДРОКСИДОВ КАК САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ МАЛОМЩНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПРИ 250-420 К

Байков Ю.М., Егоров В.М., Мелех Б.Т., Никулин Е.И., Компан М.Е

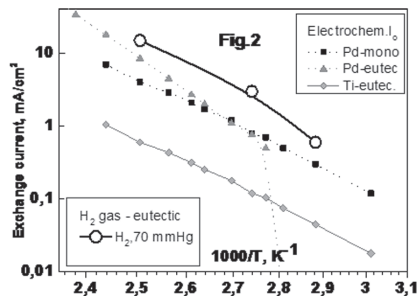
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
197101, Санкт-Петербург, Политехническая, 26, e-mail: baikov.solid@gmail.com



Недавно было открыто интересное явление существенного изменения химических и физических свойств гидроксидов щелочных металлов в результате формирования на их основе микрогетерогенных твердых электролитов. Оказалось, что самоорганизующаяся при затвердевании твердая микрогетерогенная смесь NaOH+KOH (1:1) является хорошо проводящим протонным проводником (10–30 mS/cm, 400–500 K) при температурах существенно более низких, чем индивидуальные компоненты. (Рис.1: 1- эвтектика NaOH+KOH (1:1), 2- KOH, 3- NaOH.) были сформированы гетероструктуры “M1|NaOH+KOH|M2” (M1 , M2 - различные комбинации электродов Pd, Ti, TiFe,

Sn, Ge, графит)¹⁻⁴. Информация о физической природе и размерах частиц получена на основе анализа формы и температурной зависимости пиков ДСК в области фазового перехода (357 K, Рис.1) и низкочастотных импедансных измерений. Размеры частиц составляют ~35–80 nm.

Электрохимическая активность этих гетероструктур была доказана¹⁻⁵. На Рис. 2 сравниваются данные об обменных токах измеренных электрохимически ($Electrochem. I_0$) и путем H/D обмена газ-электролит presented. Здесь же показаны $Electrochemical I_0$ для Pd | KOH.H₂O (Pd-mono) для сравнения гетероструктур с Pd и Ti. Наши исследования направлены на поиск ячеек с микрогетерогенными протониками.



Литература

1. Baikov Yu.M. *J.Power Sources*, 2009, **193**, 1, 371
2. Baikov Yu.M. *Solid State Ionics*, 2010, **181**, 545.
3. Байков Ю.М. *Электрохимия*, 2012, **48**, 360.
4. Baikov Yu.M. *Solid State Ionic*, 2012, **208**, 17.
5. <http://www.solidionics.com>

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ, ФОТО- И ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ ЦИНКА БИ- И ТЕТРАДЕНТАТНЫХ АЗОМЕТИНОВЫХ ЛИГАНДОВ

Бурлов А.С.,^а Власенко В.Г.,^б Кощиенко Ю.В.,^а Мальцев Е.И.,^б Лыпенко Д.А.,^б Дмитриев А.В.,^б Лысакова Т.П.,^а Гарновский Д.А.,^г Ураев А.И.^а

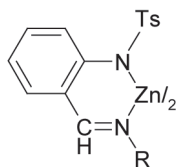
^аНаучно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194/2, e-mail: anatoly.burlov@yandex.ru

^бНаучно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194

^гИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4

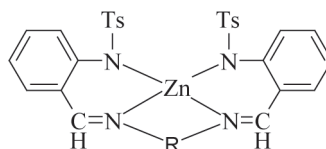
^дЮжный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, проспект Чехова, 41

Синтезированы новые комплексы цинка би- и тетраденатных азометиновых лигандов производных 2-(N-тозиламино)бензальдегида и ароматических, алифатических аминов (**I**, **II**), строение которых изучено методами ИК, УФ, ЯМР ¹H, РСА и рентгеновской спектроскопии поглощения.



I

R = p-C₆H₄-N(CH₂)₂ (а), пиридил (б), 3- (в) и 6-аминоинолил (г), цикло-C₆H₁₁ (д), C₆H₄-цикло-C₆H₁₁-p (е), C₆H₄C(CH₃)₃-p (ж)



II

R = -(CH₂)₃NH(CH₂)₃- (а), -(CH₂)_nO(CH₂)_mO(CH₂)_n- n, m = 2-4 (б)

Все комплексы цинка люминесцируют в синей области спектра с высокими квантовыми выходами ФЛ. На основе этих комплексов изготовлены ряд электролюминесцентных устройств (ЭЛУ). Как пример, ЭЛУ ITO/CuPc/2-TNATA/spiroTPD/ **Ia**/BCP/Vphen/LiF/Al обладало следующими параметрами: в диапазоне длин волн от 500 до 750 нм показало яркость излучения 1000 кд/м² при рабочем напряжении 14 В с координатами CIE (x = 0.431, y = 0.537).

ЭЛУ ITO/CuPc/2-TNATA/spiroTPD/ **Ib**/BCP/Vphen/ LiF/Al показало яркость излучения с длиной волны 525 нм 220 кд/м² при рабочем напряжении 10 В, координаты CIE (x = 0.409, y = 0.506). Максимальная яркость устройства превышает 1000 кд/м² при напряжении 16 В и плотности тока 600 мА/см².

Работа выполнена в рамках Проектной части госзадания, проект 4.742.2014/К.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ БИС(2-ФЕНИЛПИРИДИНАТО-N,C^{2'})[2-(2'-ТОЗИЛАМИНОФЕНИЛ)БЕНЗОКСАЗОЛАТО-N,N']ИРИДИЯ(III)

Бурлов А.С.,^а Кошкинко Ю.В.,^а Мальцев Е.И.,^б Ванников А.В.,^б Лыпенко Д.А.,^б Дмитриев А.В.,^б Власенко В.Г.,^в Макарова Н.И.,^а Лысакова Т.П.,^а Цивадзе А.Ю.,^б Минкин В.И.^а

^аНаучно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194/2, e-mail: anatoly.burlov@yandex.ru

^бИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4

^вНаучно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194

С целью расширения ассортимента соединений, обладающих фото- (ФЛ) и электролюминесцентными (ЭЛ) свойствами, получен новый комплекс бис(2-фенилпиридинато-N,C^{2'})[2-(2'-тозиламинофенил)бензоксазолато-N,N']иридий(III).

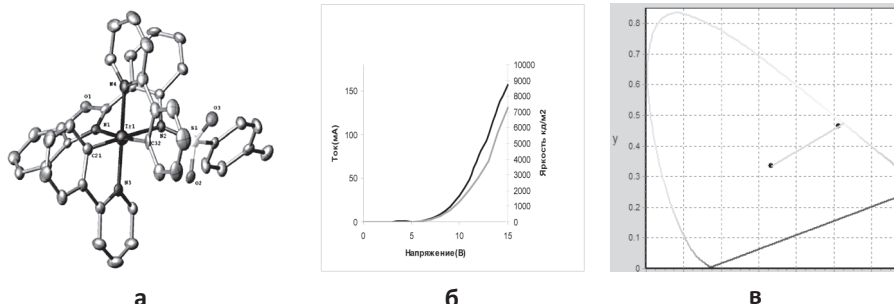


Рисунок 1. Структура комплекса иридия (а), вольт-яркостные характеристики (б) и координаты цветности CIE (в) ЭЛУ.

Строение комплекса иридия установлено методами ИК-, ¹H ЯМР-спектроскопии, квантовой химии и РСА (рис.1а). Изучены электронные спектры поглощения (ЭСП) и спектры ФЛ комплекса. ЭСП: 405, 440, 475 нм (поглощение, ДМСО), ФЛ: 591 нм (ДМСО, λ_{возб} = 590 нм). Интерпретация ЭСП проведена на основе квантово-химических расчетов в приближении TD-DFT.

На основе комплекса иридия изготовлено электролюминесцентное устройство (ЭЛУ) со структурой ИТО/CuPc/2-TNATA/ТАРС/комплекс иридия:СВР/ВСР/Врphen/LiF/Al. Полученное ЭЛУ обладает следующими параметрами: яркость 7500 кд/м² достигается при напряжении 15 В и токе 120 мА (рис.1б). ЭЛУ излучает в желтой области спектра с максимумом ЭЛ около 630 нм. Координаты цветности CIE для ЭЛУ x=0.513, y=0.465 (рис.1в).

Работа выполнена в рамках Проектной части госзадания, проект 4.742.2014/К.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА АДДУКТОВ 2-АМИНО-1-ЭТИЛ-БЕНЗИМИДАЗОЛА В N,N,S- ХЕЛАТАХ КОБАЛЬТА, НИКЕЛЯ, МЕДИ И ЦИНКА

Власенко В.Г.^а, **Гарновский Д.А.**^б, **Бурлов А.С.**^в, **Ураев А.И.**^г, **Макарова Н.И.**^д,
Левченков С.И.^е, **Зубавичус Я.В.**^ж, **Александров Г.Г.**^з

^аНаучно-исследовательский институт физики
Южного федерального университета,

344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194, e-mail: v_vlasenko@rambler.ru

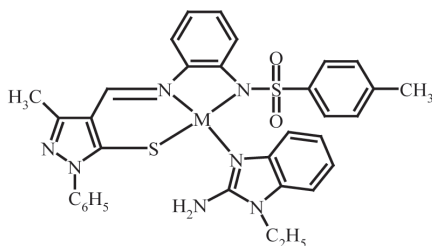
^бЮжный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, проспект Чехова, 41

^вНаучно-исследовательский институт физической и органической химии Южного
федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194/2

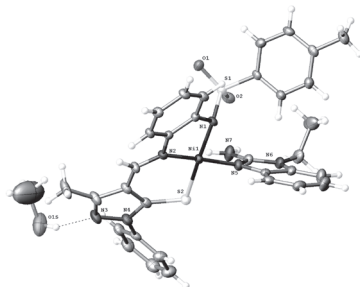
^гНациональный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Москва, пл. Курчатова, 1

^дИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский, 31

Электрохимическим методом получены смешанно-лигандные комплексы кобальта (I), никеля (II), меди (III) и цинка (IV) на основе N,N,S-тридентатного основания Шиффа и 2-амино-1-этилбензимидазола.



M=Co (I), Ni (II), Cu (III), Zn (IV)



Строение полученных соединений доказано данными ИК-, ¹H ЯМР-спектроскопии (для IV) и магнетохимических измерений (для I-III). Изучены электронные спектры поглощения комплексов. Строение II, III подтверждено результатами РСА.

Локальное атомное строение комплексов I-IV установлено из анализа EXAFS рентгеновских M K-краев поглощения. Полученные структурные параметры координационных центров сопоставлены с данными оптимизированных структур комплексов, полученными из квантово-химических расчетов в приближении DFT. Проведена интерпретация полос электронных спектров поглощения комплексов на основе расчетов TD-DFT. Получено хорошее согласие расчетных и экспериментальных структурных и спектральных характеристик комплексов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-03-00503.

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ БИС(1-ФЕНИЛ-3-МЕТИЛ-4- ФОРМИЛПИРАЗОЛ-5-ОЛАТО)КАДМИЯ С АМИНОПРОИЗВОДНЫМИ АЗОТИСТЫХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ

**Власенко В.Г.,^а Бурлов А.С.,^б Кошкиенко Ю.В.,^б Гарновский Д.А.,^в Ураев А.И.,^б
Зубавичус Я.В.,^г Тригуб А.Л.^г**

^аНаучно-исследовательский институт физики
Южного федерального университета,

344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194, e-mail: v_vlasenko@rambler.ru

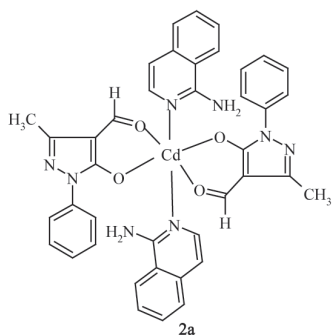
^бНаучно-исследовательский институт физической и органической химии
Южного федерального университета,

344090, Ростов-на-Дону, проспект Стачки, 194/2

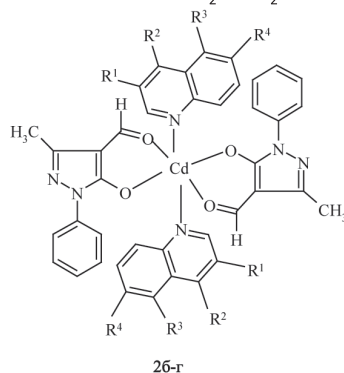
^вЮжный научный центр РАН, 344006, Ростов-на-Дону, проспект Чехова, 41

^гНациональный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Россия, Москва, пл. Курчатова, 1

Синтезированы молекулярные комплексы бис(1-фенил-3-метил-4-формилпиразол-5-олато)кадмия с аминопроизводными азотистых гетероциклов $\text{CdL}_2 \cdot 2\text{NH}_2\text{-Ht}$ (**2a-g**).



$\text{CdL}_2 \cdot 2\text{NH}_2\text{-Ht}$



26-g

$\text{NH}_2\text{-Ht}$ = 1-аминоизохинолин (**а**), 3-аминохинолин (**б**), 5-амино-4,6-диметилхинолин (**в**), 6-аминохинолин (**г**); $\text{R}^1 = \text{NH}_2$, $\text{R}^2 = \text{R}^3 = \text{R}^4 = \text{H}$ (**б**); $\text{R}^1 = \text{H}$, $\text{R}^2 = \text{CH}_3$, $\text{R}^3 = \text{NH}_2$, $\text{R}^4 = \text{CH}_3$ (**в**); $\text{R}^4 = \text{NH}_2$, $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{R}^3 = \text{H}$ (**г**).

Строение **2a-g** изучено методами ИК, УФ, ЯМР ^1H и рентгеновской спектроскопии поглощения. Установлено, что значения параметров локального атомного строения координационных центров **2a-g** близки для всех комплексов. Исследованы их фотолюминесцентные свойства. Флуоресценция комплексов **2a-g** наблюдалась в синей области спектра с максимумами полос флуоресценции при 382-482 нм, квантовые выходы достигали 0.37–0.06.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-03-00503.

СИНТЕЗ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Воробьев И.С., Смирнов К.С., Смирнов С.Е.

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, Москва,
Красноказарменная, 14, e-mail: kudo82@mail.ru*

Растущие потребности в портативных электронных устройствах и расширение областей их применения резко повысили требования, предъявляемые к литий - ионным аккумуляторам в части удельных параметров, компактности и технологичности производства. Одним из перспективных направлений является разработка смесевых композиций электродных материалов, состоящих из двух (или более) активных компонентов, с целью использования преимуществ обоих. Благодаря уникальной комбинации свойств смешанные электроды имеют преимущества над индивидуальными компонентами: более длительный срок службы, уменьшение потерь емкости при циклировании, снижение цены, улучшение термической стабильности, приемлемые профили зарядно-разрядных кривых.

Предложен оригинальный метод синтеза композиционного материала $\text{LiFePO}_4/\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, включающий механоактивацию прекурсора на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена. Проведенные ресурсные испытания твердофазных электродов, приготовленных на основе композиционного материала, показали, что они стабильно циклировались при плотностях тока $0.01 - 0.15 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$: потеря емкости за 150 циклов заряда- разряда составила $0.04 - 0.07 \%$ за цикл. Результаты испытаний свидетельствуют о том, что емкость электрода существенно зависит от природы электропроводящей добавки: использование УНТ дает преимущество по сравнению с графеном по удельной емкости и разрядному потенциалу. На основании проведенных ранее исследований можно предполагать, что использование УНТ приводит к лучшей гомогенности активной массы катода. Установлено также, что оптимальное содержание электропроводящей добавки составляет 6% , что существенно ниже, чем у электродов на основе LiFePO_4 (10%). Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанные твердофазные электроды по удельной емкости и стабильности превосходят известные зарубежные и отечественные аналоги, что обусловлена отсутствием в их составе агрессивного жидкого электролита.

Работа при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

АНАЛИЗ МЕТОДА РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ТИХОНОВА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВЫЧИСЛЕНИЮ DRT ИЗ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА

Гаврилюк А.Л., Осинкин Д.А., Бронин Д.И.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: osinkinDA@mail.ru*

Метод распределения времен релаксации (Distribution of Relaxation Times, DRT) – один из способов обработки данных импедансной спектроскопии, позволяющий определить количество процессов, протекающих в электрохимических объектах, и их природу. Расчет DRT заключается в решении некорректной задачи (уравнение Фредгольма 1-го рода) с помощью методов регуляризации. У любого метода регуляризации имеются настроечные параметры, выбор значений которых существенно определяет вычисляемое распределение. Определение подходящих значений настроечных параметров метода регуляризации является, таким образом, ключевой задачей при вычислении DRT.

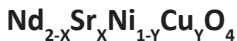
В докладе рассматривается метод регуляризации Тихонова, который уже применяется в импедансной спектроскопии и, с математической точки зрения, глубоко изучен. В этом методе настроечным параметром является коэффициент регуляризации, для выбора которого, в зависимости от вида обрабатываемых данных, существуют различные тесты и критерии. Применительно к импедансной спектроскопии сравнительные исследования качества этих критериев и ограничений по применению самого метода Тихонова к анализу импедансных данных немногочисленны. По-видимому, это связано с множеством факторов, определяющих «качество» импедансных спектров: число точек на декаду частоты; уровень и характер шума; природа физических процессов, лежащих в основе отклика импеданса на переменноточковое возмущение, и др. Сравнительный анализ критериев выбора параметра регуляризации и ограничения метода Тихонова применительно к импедансной спектроскопии и являются предметом данного исследования. Рассмотрены хорошо известные и недавно предложенные тесты¹. Из ограничений метода можно отметить, что в случае проявления в импедансном спектре нескольких элементов с постоянным углом сдвига фаз (CPE) единого оптимального значения параметра регуляризации для получения достоверного решения DRT не существует.

Литература

1. Saccoccio M., Wan T.H., Chen C., Ciucci F. *Electrochim. Acta*, 2014, **147**, 470.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-03-00434.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ



Гильдерман В.К., Антонов Б.Д.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, С. Ковалевской, 22, e-mail: V.Gilderman@ihte.uran.ru*

В последнее время активно исследуются материалы со структурой слоистого перовскита A_2BO_4 , обладающих смешанной проводимостью на основе никелатов $\text{Ln}_2\text{NiO}_{4+\delta}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$ и Nd), которые являются перспективными материалами для катодов электрохимических устройств с твердыми электролитами $\text{La}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{2,85}$ (LSGM) и $\text{Ce}_{0,9}\text{Gd}_{0,1}\text{O}_{2,6}$ (CGO). В данной работе приводятся результаты исследований структуры, коэффициентов термического расширения и электропроводности $\text{Nd}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_4$ в температурном интервале 293 – 1273К на воздухе.

Образцы были приготовлены твердофазным синтезом. Керамическим методом синтезированы образцы следующих составов $\text{Nd}_{1,95}\text{Sr}_{0,05}\text{NiO}_4$ (1); $\text{Nd}_{1,9}\text{Sr}_{0,1}\text{NiO}_4$ (2); $\text{Nd}_{1,8}\text{Sr}_{0,2}\text{NiO}_4$ (3); $\text{Nd}_{1,6}\text{Sr}_{0,4}\text{NiO}_4$ (4); $\text{Nd}_{1,95}\text{Sr}_{0,05}\text{CuO}_4$ (5); $\text{Nd}_{1,9}\text{Sr}_{0,1}\text{CuO}_4$ (6); $\text{Nd}_{1,8}\text{Sr}_{0,2}\text{CuO}_4$ (7); $\text{Nd}_{1,6}\text{Sr}_{0,4}\text{CuO}_4$ (8); $\text{Nd}_{1,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Cu}_{0,9}\text{Ni}_{0,1}\text{O}_4$ (9); $\text{Nd}_{1,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Ni}_{0,9}\text{Cu}_{0,1}\text{O}_4$ (10); $\text{Nd}_{1,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_4$ (11). По данным РФА образцы составов 1-11 содержат фазу A_2BO_4 . Состав 6 - содержит дополнительную примесную фазу $\text{Nd}_{1,8}\text{Sr}_{1,2}\text{Cu}_2\text{O}_6$, состав 7- $\text{Nd}_{1,8}\text{Sr}_{1,2}\text{Cu}_2\text{O}_6$ и Nd_2O_3 , состав 8- Nd_2O_3 и $\text{Nd}_{1,8}\text{Sr}_{1,2}\text{Cu}_2\text{O}_6$, состав 9- $\text{NdSrCuO}_{3,56}$, $\text{Sr}_{1,81}\text{Cu}_{0,905}\text{O}_{3,4}$, Nd_2O_3 и $\text{Nd}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$. Значения коэффициентов термического линейного расширения образцов находятся в диапазоне значений для составов 1-4 $-(13,6\div 14,3)\times 10^{-6}$ град⁻¹, составов 5-8 $-(12,7\div 14,3)\times 10^{-6}$ град⁻¹, составов 9-11 $(12,8\div 13,7)\times 10^{-6}$ град⁻¹ и зависят от величины добавки и температурного интервала.

Для составов 1,2,3, 4 и 9-11 электропроводность имеет максимум при определенных температурах. $T_{\text{отмх}}$ находится в температурном интервале 386-822 °С. Энергия активации электропроводности в интервале температур $T_{\text{комнат}} - T_{\text{отмх}}$ и $T_{\text{отмх}} - 1000^\circ\text{C}$ находится в диапазоне значений 0,046-0,066 эВ и -0,012-(-0,087)эВ, соответственно.

Для составов 5-8 электропроводность только увеличивается с увеличением температуры. Энергия активации электропроводности в интервале температур $T_{\text{комнат}} - 1000^\circ\text{C}$ находится в диапазоне значений 0,04-0,7 эВ.

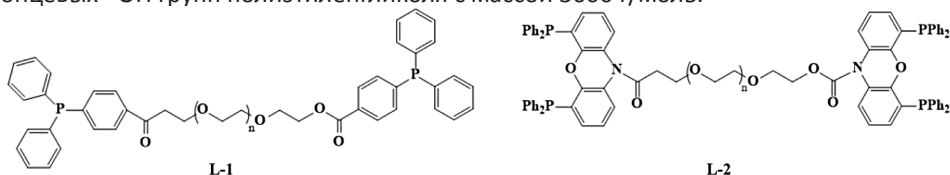
КОМПЛЕКСЫ РОДИЯ С ОБЪЕМНЫМИ ЛИГАНДАМИ В ГИДРОФОРМИЛИРОВАНИИ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Горбунов Д.Н., Кардашева Ю.С., Максимов А.Л., Караханов Э.А.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
119234, Москва, Ленинские Горы, 1-3, e-mail: suskab_91@mail.ru

Гидроформилирование (оксо-синтез) – каталитический процесс, который широко применяется для получения спиртов и альдегидов.

В работе проведен синтез новых металлокомплексных систем с макромолекулярными лигандами и исследована их каталитическая активность в гидроформилировании непредельных соединений. Эти системы сочетают в себе высокую каталитическую активность с простотой отделения продуктов от катализатора и возможностью многократного использования металлокомплекса. Лиганды были получены модификацией концевых –ОН групп полиэтиленгликоля с массой 3000 г/моль:



Использование каталитических систем, состоящих из ацетилацетонатодикарбонилла родия и синтезированных полимерных лигандов **L-1** и **L-2**, позволяет получать альдегиды с высокими выходами (табл. 1), при этом каталитический комплекс может быть выделен из реакционной среды осаждением или наночисткой.

Таблица 1. Гидроформилирование октена-1

Условия реакции: 3 МПа; 80°C; 3 ч.

L-1 (P/Rh=4,4)*		L-2 (P/Rh=8,8)**	
Альдегиды, %	Селективность по н-альдегиду, %	Альдегиды, %	Селективность по н-альдегиду, %
94	66	89	99

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Федеральная целевая программа “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно технологического комплекса России на 2014–2020 гг.”, мероприятие 1.3, Соглашение о предоставлении субсидии 14.607.21.0083. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI60714X0083.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ УГЛЕРОДА В АКТИВНУЮ МАССУ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ГЕРМЕТИЗИРОВАННОГО СВИНЦОВО-КИСЛОТНОГО АККУМУЛЯТОРА НА ЕГО РАЗРЯДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Данилова В.О., Бурашникова М.М., Казаринов И.А.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, 410012, Саратов, Астраханская, 83,
e-mail: burashnikova_mm@mail.ru

Одной из важных проблем герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов (ГСКА), эксплуатируемых в условиях высокоскоростного заряда и постоянного недозаряда, является необратимая сульфатация отрицательной активной массы, существенно ограничивающая срок службы аккумулятора. Было показано^{1,2}, что добавка углерода в отрицательную активную массу снижает сульфатацию, однако механизм этого явления не достаточно изучен^{3,4}. Различные формы углерода имеют широкий интервал своих физических свойств, каждое из которых может повлиять на электрохимическое поведение отрицательных пластин и на технологию их изготовления.

Цель данного исследования состоит в определении влияния размера/структуры частиц и оптимального содержания углерода в активной массе отрицательного электрода на его разрядные характеристики. В качестве добавок в отрицательную активную массу использовались графит RFL 99.5M, графит ГАК-2, углерод наноструктурированный технический активированный НСУ «С», которые различались по удельной поверхности и размеру частиц. Исследование разрядных характеристик исследуемых отрицательных электродов в макетах свинцово-кислотных аккумуляторов показало, что наиболее высокие емкость и коэффициент использования активной массы показали электроды с добавкой углерода НСУ «С», который характеризуется наиболее высокой удельной поверхностью и малым размером частиц.

Литература

1. Boden D.P., Loosemore D.V., Spense M.A., Wojcinski T.D. *J. Power Sources*, 2010, **195**, 4470.
2. Fernandez M., Valenciano J., Trinidad F., Munos N. *J. Power Sources*, 2010, **195**, 4458.
3. Moseley P. T. *J. Power Sources*, 2009, **191**, 134.
4. Pavlov D., Nikolov P., Rogachev T. *J. Power Sources*, 2011, **196**, 5155.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в сфере научной деятельности, государственное задание 4.1212.2014/К.

ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ПРОТОННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ГАЗОВЫХ СЕНСОРАХ

Демин А.К.,^а Волков А.Н.,^а Горбова Е.В.,^а Tsiakaras P.^{а,б}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрРАН, 620990, Екатеринбург,
Академическая, 20, e-mail: a.demin@ihte.uran.ru

^бLaboratory of Alternative Energy Conversion Systems, Department of Mechanical
Engineering, University of Thessaly, PedionAreos, Volos 383 34, Greece.

В данном сообщении рассмотрены электрохимические устройства для анализа различных газовых смесей, состоящие из двух ячеек, основой по крайней мере одной из которых является протонный электролит и через нее пропускают ток. Схемы двух типов таких устройств показаны на рисунке 1.

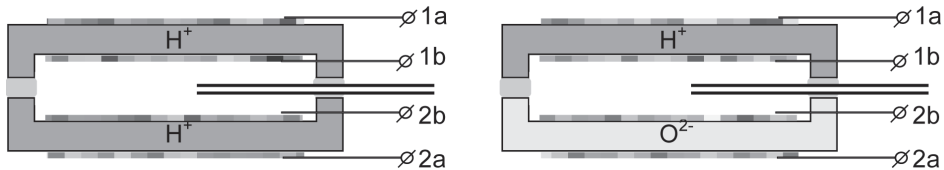


Рисунок 1. Схемы газовых сенсоров.

Каждое устройство состоит из двух пластин электролита с выемкой с одной стороны, соединенных по периметру стеклогерметиком и капилляра, соединяющего внутреннюю полость анализируемой газовой средой¹.

Сенсор первого типа позволяет определять концентрацию водорода в смеси с азотом и инертными газами. При подаче на клеммы «b» положительного потенциала сенсор работает в амперометрическом режиме, и концентрация водорода определяется по предельному току. При обратной полярности на верхней ячейке внутрь полости закачивается водород, его концентрацию снаружи определяют по ЭДС на нижней ячейке.

С помощью сенсора этого типа в амперометрическом режиме можно также определять концентрацию, например, диоксида углерода и оксида азота в инертных газах или азоте.

Сенсор второго типа позволяет в амперометрическом режиме определять влажность азота и инертных газов, если подать положительный потенциал на клемму 2a и соединить между собой клеммы «b». При накачке кислорода внутрь полости с помощью нижней ячейки, с помощью верхней ячейки в потенциометрическом режиме можно измерять влажность воздуха.

Литература

1. Kalyakin A., Demin A., Gorbova E., et.al. *ElectrochimicaActa*. 2014. **141**. 120.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект 14.Z50.31.0001.

ЧИСЛА ПЕРЕНОСА В ПЛЕНОЧНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ CaZrO_3 , ДОПИРОВАННОМ ИТТРИЕМ, ОСАЖДЕННОМ НА ПОРИСТОЙ ПОДЛОЖКЕ $\text{SrTi}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$

Дунюшкина Л.А., Панкратов А.А., Горелов В.П.

*Институт высокотемпературной электрохимии УРО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: lidung@list.ru*

В работе сообщается об изготовлении, аттестации и электрохимических характеристиках пленки электролита $\text{CaZr}_{0.95}\text{Y}_{0.05}\text{O}_{3-6}$ (CZY), осажденной на пористой подложке $\text{SrTi}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-6}$ (STF). Плотная пленка CZY толщиной 6 мкм получена методом химического осаждения из растворов. Данный метод позволяет получать сплошную пленку электролита на несущем пористом электроде. Благодаря низкой вязкости и высокой смачивающей способности раствора на пористом электроде формируется композиционный слой, состоящий из фаз электролита и электрода. Такая структура границы электрод/электролит должна улучшить электрохимические свойства.

Фазовый, элементный состав и микроструктура пленки были изучены методами рентгеновской дифракции, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Полученные данные указывают на протекание диффузионных процессов между подложкой и пленкой. Электрохимические свойства пленки электролита изучали с помощью газовой концентрационной ячейки Pt1/STF/CZY-film/Pt2. Измерены спектры импеданса, ЭДС и вольтамперные характеристики концентрационной ячейки в условиях градиента парциального давления кислорода в интервале температур 500–600°C. Из данных импеданса и ЭДС рассчитаны числа переноса ионов в пленке CZY, они изменяются в интервале 0.93–0.97 (Рис.1). Полученные значения намного выше, чем отношение ЭДС Нернста к измеряемой ЭДС, которое определяет число переноса ионов в случае идеальных неполяризуемых электродов; различие обусловлено поляризационным сопротивлением ячейки. Для улучшения электрохимических характеристик пленки необходимы исследования в области поиска материалов электродов с удовлетворительными электрохимическими свойствами, а также оптимизация технологии осаждения пленки.

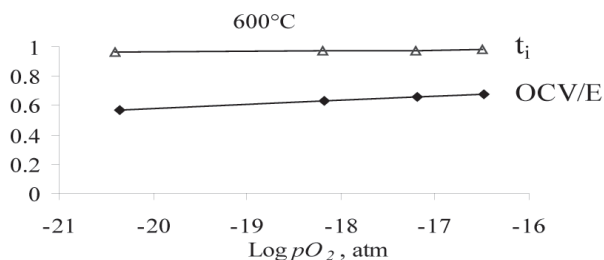


Рисунок 1. Отношение OCV/E_N для концентрационной ячейки и числа переноса ионов в пленке CZY как функция $pO_2(1)$ при $pO_2(2) = 0.21 \text{ atm}$.

ОЧИСТКА ВОДОРОДА ОТ АММИАКА ПРИ КАТАЛИТИЧЕСКОМ ГИДРОЛИЗЕ АММИНБОРАНА

Дьянкова Н.Я., Лапин Н.В.

*Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов
РАН, 142432, Черноголовка, акад. Осиньяна, б, e-mail: dyankova@iptm.ru*

Амминборан ($\text{NH}_3 \cdot \text{BH}_3$, АВ), содержащий более 19масс.% водорода, может рассматриваться в качестве источника водорода для питания топливных элементов. В настоящее время исследуются способы генерации водорода путем термолиза, гидротермолиза, а также каталитическим гидролизом водных растворов амминборана.

В присутствии катализатора $\text{NH}_3 \cdot \text{BH}_3$ гидролизуется нацело с высоким выходом водорода, образованием в растворе малотоксичной борной кислоты и аммиака, часть которого наряду с водородом увлекается в газовую фазу. Количество NH_3 в газовой фазе в зависимости от температуры колеблется от 0,2 до 2,0 масс.%. NH_3 является ядом для топливных элементов на основе протонпроводящих мембран.

Задачей данной работы являлся поиск поглотителя аммиака с целью получения чистого водорода. В работе испытаны методы пропускания газовой фазы через водные растворы соляной, борной кислот, через твердые соли и растворы солей элементов, образующих аммиакаты.

В работе использовали водный раствор АВ с концентрацией 0,24 масс.%. В качестве катализатора использовали оксид кобальта Co_3O_4 . Масса загружаемого катализатора 40 мг. Количество поглотителя определялось, исходя из стехиометрии той или иной реакции. Температура проведения процесса гидролиза находилась в интервале 20-80 °С. Объем выделяемого газа измеряли волюмометрическим методом. Состав газовой фазы анализировали с помощью газового хроматографа. Содержание аммиака в газовой фазе и гидролизате определяли объемным методом обратного титрования избытка кислоты щелочью.

Экспериментально установлено, что наиболее эффективным способом получения водорода, свободного от аммиака, является введение комплексобразующего агента непосредственно в исходный раствор амминборана. В этом случае присутствие NH_3 не обнаруживается не только в газовой фазе, но и гидролизате.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, НЕСТЕХИОМЕТРИЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ $\text{NdBaCo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($x=0; 0.2$) В АТМОСФЕРЕ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КИСЛОРОДА

Иванов И.Л., Леонтьева Е.А., Цветков Д.С., Зуев А.Ю.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: ivan.ivanov@urfu.ru*

Перовскитоподобные, частично замещенные, кобальтиты неодима-бария с общей формулой $\text{NdBaCo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{6-\delta}$ обладают значительной кислородной нестехиометрией и демонстрируют высокие значения кислород-ионной и электронной проводимости, что позволяет использовать их в качестве материалов для электродов твердооксидных топливных элементов и кислородных мембран.

Целью настоящей работы явилось изучение кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии, общей электропроводности и коэффициента Зеебека кобальтитов $\text{NdBaCo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($x=0; 0.2$) в атмосферах низкого и высокого парциального давления кислорода.

Синтез образцов $\text{NdBaCo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($x=0; 0.2$) осуществляли по стандартной керамической технологии. Фазовый состав образцов анализировали методом рентгенофазового анализа (в $K\alpha$ -излучении меди ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$)). Кристаллическую структуру кобальтитов изучали методом высокотемпературного рентгеноструктурного анализа «in situ» в температурном интервале $25 \leq T, ^\circ\text{C} \leq 1000$ и в диапазоне парциального давления кислорода $-3 \leq \log(\text{PO}_2/\text{атм}) \leq -0,1$. Рентгенофазовые и рентгеноструктурные исследования проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 с высокотемпературной приставкой Anton Paar НТК 16N. Уточнение параметров элементарных ячеек $\text{NdBaCo}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{6-\delta}$ ($x=0; 0.2$) проводили методом полнопрофильного анализа Ритвельда.

Относительную кислородную нестехиометрию измеряли методом кулонометрического титрования с твердым электролитом и ТГ. Абсолютное значение кислородной нестехиометрии определено методом термогравиметрии в токе водорода. Общую электропроводность и коэффициент Зеебека измеряли 4-контактным методом на постоянном токе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ, СП-3215.2015.1.

СТРУКТУРА, КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ $\text{BaZr}_{0.9}(\text{Nd,Pr})_{0.1}\text{O}_{3-d}$

Иванов И.Л., Мычинко М.Ю., Степарук А.С., Цветков Д.С., Серeda В.В., Зуев А.Ю.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: ivan.ivanov@urfu.ru*

Перовскитоподобные, частично замещенные, цирканаты бария с общей формулой $\text{BaZr}_{1-x}\text{Me}_x\text{O}_{6-\delta}$ обладают кислород-ионной и протонной проводимостями, поэтому являются перспективными для использования в качестве электролита в среднетемпературных топливных элементах.

Целью настоящей работы явилось изучение структуры, кислородной нестехиометрии, общей электропроводности и коэффициента Зеебека цирканатов $\text{BaZr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{O}_{3-d}$ и $\text{BaZr}_{0.9}\text{Pr}_{0.1}\text{O}_{3-d}$ в атмосферах с различной влажностью в зависимости от парциального давления кислорода и температуры.

Синтез образцов осуществляли глицерин-нитратным методом. Фазовый состав образцов анализировали методом рентгенофазового анализа (в $K\alpha$ -излучении меди ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$)). Рентгенофазовые и рентгеноструктурные исследования проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-7000. Уточнение параметров элементарной ячейки $\text{BaZr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{O}_{3-d}$ проводили методом полнопрофильного анализа Ритвельда.

Относительную кислородную нестехиометрию измеряли методом кулонометрического титрования с твердым электролитом. Абсолютное значение кислородной нестехиометрии определено методом ТГ при восстановлении в токе водорода. Общую электропроводность и коэффициент Зеебека измеряли 4-контактным методом на постоянном токе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00208 мол_a

ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГОЕМКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Илатовский В.А., Птицын Г.А., Комиссаров Г.Г.

*Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН,
119991, Москва, Косыгина, 4, e-mail: gkomiss@yandex.ru, komiss@chph.ras.ru*

В результате исследования фотоэлектрохимической активности дисперсных систем на основе органических полупроводников из класса тетрапиррольных соединений проведена оценка эффективности фотогенерации восстановленных форм энергоемких соединений в суспензии из пигментированных полых стеклянных сфер диаметром 10 - 100 микрон. Электролит - 0,1 М КСl + 0,1М НСl + 10⁻² М EDTA + 10⁻³ М А^{N+}, где А^{N+} - окисленная форма одного из соединений: FMN – флавинмононуклеотид, MV²⁺ - метилвиологен, GV²⁺ - гептилвиологен, NAD - никотинамиддинуклеотид, ADF – аденозиндифосфат. Установлено, что порядок следования пигментов в рядах фотоактивности 24 исследованных фталоцианинов и порфиринов для дисперсных систем полностью соответствует данным, полученным для электродных пигментных систем. При этом квантовый выход реакций восстановления энергоемких соединений в дисперсных системах превышает аналогичные показатели для классических пигментных фотоэлектрохимических преобразователей. В качестве микроносителей для пигментных пленок пригодны различные по природе образования микронного масштаба (диэлектрики, металлизированные диэлектрики, широкозонные полупроводники). Для систем на основе органических полупроводников, эффективно работающих только при малых толщинах пигментного слоя (менее 50 нм), наиболее эффективный метод организации фотоэлектрохимической системы – микроэлектродный, в виде суспензии со средним размером частиц-носителей не более 100 микрон и поликристаллическим пигментным слоем, состоящим из монокристаллических кластеров со средним сечением порядка 10 – 15 нм. Наиболее высокий квантовый выход по току $\eta = 32\%$ получен при восстановлении гептилвиологена на кластерной нанопленке фталоцианина галлия, хлорированного по центральному атому и 4-х положениях бензольных колец ([4-Cl]₄-GaCl). Учитывая, что в присутствии катализаторов, например, платины, гептилвиологен легко отдает два атома водорода, весь процесс можно рассматривать как прямое преобразование световой энергии в своеобразное химическое топливо, к тому же совершенно безопасное без дополнительной активации.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ – СТЕКЛО $65\text{Li}_2\text{O}-8\text{B}_2\text{O}_3-27\text{SiO}_2$

Ильина Е.А., Расковалов А.А., Саетова Н.С.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
 620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: koksharova.zh@mail.ru*

Одним из перспективных твердых электролитов для литиевых химических источников тока является $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZ), а также соединения на его основе¹. LLZ имеет две структурные модификации: кубическую и тетрагональную. В литературе изучено влияние спекающих добавок (стекло) только на кубическую структуру LLZ^{2,3}. Целью работы являлось увеличение проводимости тетрагональной модификации LLZ при введении стекла $65\text{Li}_2\text{O}-8\text{B}_2\text{O}_3-27\text{SiO}_2$ (LBS).

Соединение $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ синтезировали по золь-гель методу⁴. Стекло было получено закаливанием расплава. Полученный LLZ тетрагональной модификации смешивали со стеклом и гомогенизировали в планетарной мельнице FRITZSCH с агатовыми шарами. Таблетки получали прессованием порошкообразного материала при давлении 240 МПа, после чего их спекали в течение 1 часа при температуре 1150 °С в засыпке в атмосфере аргона.

Введение 3 масс.% стекла (LBS) позволило на два порядка увеличить проводимость тетрагонального LLZ – $1,5 \cdot 10^{-5}$ См/см при 25 °С.

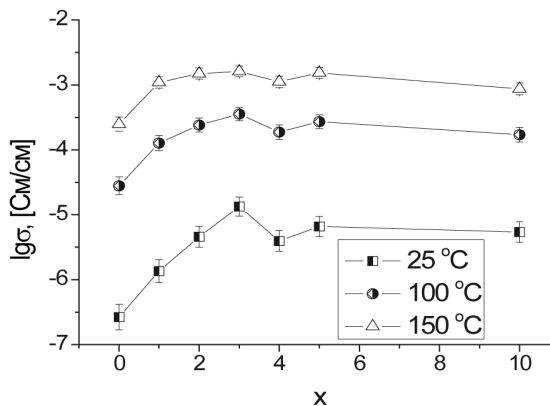


Рисунок 1. Концентрационные зависимости проводимости композитов LLZ – x масс.% LBS при различных температурах.

Литература

1. Zeier W.G. The Royal Society of Chemistry, 2014, **43**, 16133
2. Janani N., Deviannapoorani C., Dhivya L., Murugan R. RSC Adv., 2014, **4**, 51228
3. Yang C., Yi-Qiu L., Xiang-Xin G. Chin. Phys. B, 2013, **22**, 0782011
4. Il'ina E.A., Raskovalov A.A., Shevelin P.Y., Voronin V.I., Berger I.F., N.A. Zhyravlev N.A. Materials Research Bulletin, 2014, **53**, 32

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТА LiLaO_2

Калашнова А.В., Пантюхина М.И., Плаксин С.В.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: tsuaya@e1.ru*

Огромные усилия в последние десятилетия направляются на создание и развитие литиевых источников тока. Из-за повышенного интереса к суперионным проводникам, все чаще появляются новые экспериментальные методики синтеза твердых электролитов, а также новые теоретические подходы к изучению явлений быстрого ионного переноса в твердых телах.

Известно, что в системе $\text{Li}_2\text{O-La}_2\text{O}_3$ существует фаза LiLaO_2 с моноклинной сингонией¹. Ранее лантанат лития был синтезирован Галицким². Исходными веществами для синтеза данного соединения служили $\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) и La_2O_3 (ос.ч.). Порошки LiNO_3 и La_2O_3 смешивали и спекали в корундовых тиглях в температурном интервале $750^\circ\text{C} - 850^\circ\text{C}$ в течении 8-10 часов в атмосфере воздуха.

Твердый электролит состава LaLiO_2 позже был синтезирован Икбелом традиционным твердофазным методом синтеза из La_2O_3 и Li_2O в молярном соотношении 1:1³. Смесь помещали в золотую капсулу и затем спекали при температуре 800°C в течение 24 ч.

В настоящей работе нами была использована другая методика синтеза, основанная на предварительном соосождении из жидких прекурсоров исходных материалов (Li_2CO_3 , La_2O_3), с последующим синтезом по керамической технологии. Полноту прохождения синтеза контролировали методом рентгенофазового анализа полученного соединения.

Было выполнено комплексное физико-химическое исследование фазы LiLaO_2 . Измерение электропроводности было выполнено методом импедансной спектроскопии на импедансометре e7-25 в температурном интервале $150^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$. Измерение электронной составляющей проводимости было проведено поляризационным методом. Экспериментально исследована кинетическая устойчивость фазы LiLaO_2 в контакте с расплавленным литием.

Литература

1. Huggins R.A. *Electrochim.Acta*, 1977, **22**, 773.
2. Галицкий И.Н., Демидов А.И., Морачевский А.Г. *ЖПХ*, 1992, **65**, 263.
3. Iqbal M. et al. *Solid State Ionics*, 2016, **285**, 33.

ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА НА КАЧЕСТВО ЦЕМЕНТА

Кривобородов Ю.Р.,^а Бурлов И.Ю.,^б Кузнецова Т.В.^в

^аРоссийский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: ykriv@rambler.ru

^бОАО «Подольск-Цемент», 142101, Подольск, Плещеевская, 15

^вРоссийская инженерная академия, 125009, Москва, Газетный пер., 9-4

Использование альтернативного топлива в производство портландцементного клинкера вызывает обогащения его состава примесными компонентами. Например, использование отходов (отработанных шин) сопровождается увеличением оксида цинка в клинкере. Исследования его влияние на цементный клинкер малочисленны^{1,2}. Известно, что примеси в сырье могут образовывать твердые растворы с основными клинкерными минералами и изменять свойства цемента. Возможность модифицирования цементных минералов различными примесями была показана в работах³.

В наших исследованиях было изучение влияние оксида цинка на спекание клинкера, характер газовой атмосферы при его обжиге, образование твердых фаз основных минералов клинкера с оксидом цинка и свойства получаемого цемента.

В процессе исследования применяли современные методы физико-химического анализа: РФА, ДТА, оптическую и электронную микроскопию. Физико-механические испытания проводили, используя стандартные и принятые в исследовательской практике методы.

Установлено, что спекаемость сырьевой смеси улучшается при введении в нее небольшого количества (0,5 масс. %) ZnO. Энергия активации клинкерообразования E_a при наличии ZnO в сырьевой смеси более, чем на 30% ниже чем для бездобавочной смеси. Оксид цинка распределяется по разным фазам клинкера, но в основном находится в алюминатной и алюмоферритной фазах. Выявлено, что внедрение оксида цинка в алитовую фазу стабилизирует ромбоэдрическую модификацию алита. В присутствии оксида цинка прочность цементного камня повышается, особенно в ранние (до 7 сут) сроки твердения.

Литература

1. Vochenek A., Kurdowski W. Influence of zinc on Portland cement properties. Proceeding of II Intern. Conference on Concreate and Reinforced Concreate, (v.6), 2014, 144-156.
2. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент.-М.:Стройиздат, 1974.- 266 с.
3. Кривобородов Ю.Р., Бойко А.А. Влияние минеральных добавок на гидратацию глинозёмистого цемента // *Техника и технология силикатов*, 2011. №4.– С. 12–16

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЛЁНОК $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ И $\text{SrZr}_{0.95}\text{Y}_{0.05}\text{O}_{3-\delta}$ ПОЛУЧЕННЫХ РАСТВОРНЫМ МЕТОДОМ

Куимов В.М., Дунюшкина Л.А.

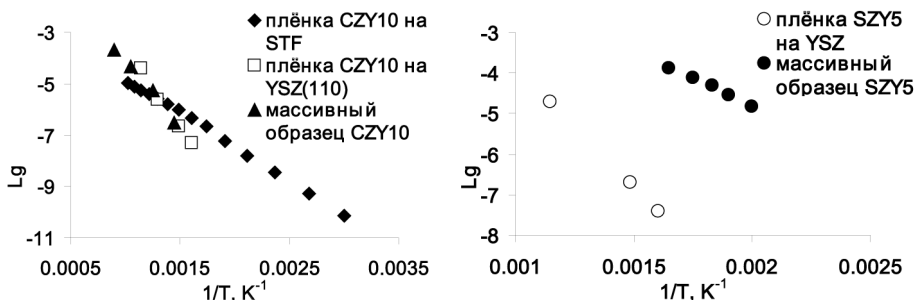
Институт высокотемпературной электрохимии УРО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: kvazighaboid@yandex.ru

Использование протонных тонкоплёночных электролитов позволяет снизить омические потери и понизить рабочие температуры электрохимических устройств, таких как ТОТЭ, электролизер и других.

Целью данной работы является исследование электропроводности плёнок $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (CZY10) и $\text{SrZr}_{0.95}\text{Y}_{0.05}\text{O}_{3-\delta}$ (SZY5).

Плёнки CZY10 осаждали с помощью химической растворной технологии на монокристаллах YSZ с кристаллографической ориентацией поверхности (110) и на пористой керамике $\text{SrTi}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (STF). Плёнки SZY5 осаждали на неориентированном монокристалле YSZ. По данным РФА и СЭМ, пленки являются однофазными, имеют зернистую микроструктуру. Данные энерго-дисперсионной рентгеновской спектро-скопии показали, что в пленке CZY10, синтезированной на подложке STF, содержатся стронций и железо, продифундировавшие из STF.

Электропроводность плёнок изучали методом импеданса. Температурные зависимости электропроводности плёнок CZY10 и SZY5 представлены на рисунке. Для сравнения приведены данные для массивных образцов того же состава^{1,2}.



Электропроводности плёнок CZY10 на YSZ (110) и массивного образца сопоставимы. Сравнительно низкая энергия активации проводимости пленки CZY10 на STF вероятно вызвана диффузией элементов подложки. Различие в электропроводности плёнки SZY5 и массивного образца может быть обусловлено их разной микроструктурой.

Литература

1. Dudeck M, Bucko M. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 2010, **14**, 565.
2. Chen C.T., Kim S.K. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2012, **37**, 12432.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04013.

ОЧИСТКА УРАНСОДЕРЖАЩИХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНЫХ СЛОИСТЫХ ГИДРОКСИДОВ И СПИРАЛЬНЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Кулемин В.В., Кулюхин С.А., Красавина Е.П., Крапухин В.Б., Румер И.А.,
Лавриков В.А., Гордеев А.В., Горбачева М.П.**

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulemin@ipc.rssi.ru*

Одним из радионуклидов, выделение которого из водных растворов представляет определенную трудность, является U(VI). В настоящее время для извлечения U(VI) из водных растворов разработано большое количество различных неорганических и органических сорбентов. Однако лишь немногие из них сохраняют свою сорбционную способность в отношении U(VI) в водных растворах сложного химического состава. Большинство авторов отмечает, что присутствие посторонних ионов в растворе снижает не только скорость сорбции U(VI), но и значения сорбционной ёмкости многих сорбентов. Кроме того, большинство сорбентов эффективно сорбируют U(VI) лишь в узком диапазоне значений pH раствора. В то же время, существует возможность совместного включения органических соединений и ионов U(VI) в состав слоистых двойных гидроксидов (СДГ) в процессе их образования. Цель работы состояла в исследовании процессов очистки урансодержащих водных растворов с последующим удалением твердой фазы СДГ с помощью спиральных фильтрующих элементов (СФЭ).

Исследован процесс очистки 10^{-3} - 10^{-2} моль/л водных растворов UO_2^{2+} , содержащих гуминовые кислоты, β -циклодестрин или ЭДТА, при формировании СДГ-Mg-Al-OH. Установлено, что в результате формирования СДГ-Mg-Al-OH в растворах 10^{-3} - 10^{-2} моль/л водных растворов UO_2^{2+} , содержащих гуминовые кислоты, β -циклодестрин или ЭДТА, происходит практически полное извлечение как U(VI), так и органических соединений. При этом степень очистки водных растворов как от U(VI), так и органических соединений превышает 99.9%.

Показано, что использование СФЭ позволяет практически полностью отделить твердую фазу СДГ-Mg-Al-[U(VI)-органика]-OH с размерами частиц более 5 мкм от маточного раствора. В маточном растворе определяются только частицы твердой фазы нанометрового размера.

Работа была выполнена при финансовой поддержке АО "ГНЦ РФ- ФЭИ" (Обнинск), договор 1/5771, и Минобрнауки РФ, контракт 14.625.21.0001, уникальный идентификатор: RFMEFI62514X0001.

ГАЗОФАЗНАЯ КОНВЕРСИЯ ОКСИДОВ U(VI), Sr, Mo И Zr В НИТРИРУЮЩЕЙ АТМОСФЕРЕ

**Кулюхин С.А., Неволин Ю.М., Коновалова Н.А., Гордеев А.В.,
Бессонов А.А., Горбачева М.П.**

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulyukhin@ipc.rssi.ru*

Процесс окислительной перекристаллизации ОЯТ (волоксидация) рассматривается как одно из перспективных направлений модифицирования головных операций Пу-рекс-процесса. Данный метод позволяет не только практически полностью удалять летучие продукты деления, такие как Хе, Кг и ^3H , в процессе конверсии UO_2 в U_3O_8 , но и осуществлять охрупчивание оболочек ТВЭЛов, состоящих из сплава циркония, путем перевода металлического Zr в порошкообразный ZrO_2 . Наиболее перспективным продолжением вышеуказанного способа окислительной перекристаллизации является не растворение продуктов окисления в азотной кислоте, а их обработка оксидами азота, в результате которой будут образовываться водорастворимые соединения компонентов топлива и продуктов деления. В связи с вышесказанным, целью данной работы является экспериментальная проверка возможности газофазной конверсии U_3O_8 , MoO_3 , SrO и их смеси, а также ZrO_2 в водорастворимые соединения в нитрирующей атмосфере.

U_3O_8 , MoO_3 , SrO и их смеси, а также ZrO_2 помещали в атмосферу NO_x газов/паров азотной кислоты и выдерживали 1-12 дн при комнатной температуре (20-25 °C) или проводили нагревание в течение 1-5 ч при температурах от 70 до 150°C. Фазовый состав получающихся продуктов конверсии определяли методом порошковой дифрактометрии. Далее продукты газофазной конверсии растворяли в воде, затем определяли содержание U, Mo, Sr и Zr в водной фазе методом спектрофотометрии и ИСП масс-спектрометрии.

В ходе работы показано, что в процессе газофазной конверсии в нитрирующей атмосфере в зависимости от условий эксперимента U_3O_8 и SrO практически полностью переходят в водорастворимые соединения, в то время как MoO_3 и ZrO_2 не претерпевают каких-либо изменений. Установлена возможность отделения U_3O_8 от MoO_3 и ZrO_2 путем газофазной конверсии в нитрирующей атмосфере.

РАСТВОРИМОСТЬ NdF_3 ВО ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ**Мушников П.Н., Смоленский В.В.**

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: P.Mushnikov@ihte.uran.ru*

Одним из перспективных направлений развития ядерной энергетики считается создание гомогенного жидкосолевого ядерного реактора (ЖСР) на быстрых нейтронах. Ключевым свойством соли-носителя ЖСР является высокая растворимость в ней фторидов лантанидов (продуктов деления) и актинидов (топливной смеси). Наиболее перспективными считаются эвтектическая смесь LiF-NaF-KF (FLINAK), а также эвтектическая смесь LiF-CaF₂. Недавние работы показали высокую растворимость трифторидов лантанидов в расплаве FLINAK¹⁻³. Данные по растворимости фторидов лантанидов и актинидов в расплаве LiF-CaF₂ в литературе отсутствуют.

Нами была определена растворимость трифторида неодима при различных температурах в расплавах 46,5LiF-11,5NaF-42KF и 80,5LiF-19,5CaF₂ (мол. %). В расплаве FLINAK растворимость определяли визуально-политермическим методом, а в расплаве LiF-CaF₂ методом отбора проб.

Установлено, что температурная зависимость растворимости подчиняется закону Аррениуса $\lg S = 3.45 - 1889.3 \cdot 1/T$ для расплава FLINAK и $\lg S = 1.19 - 828.6 \cdot 1/T$ для расплава LiF-CaF₂ (рис. 1).

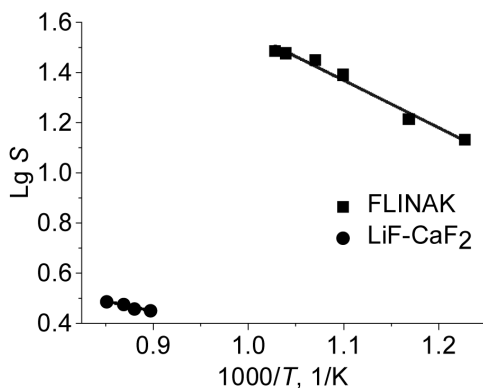


Рисунок 1. Логарифмическая зависимость растворимости трифторида неодима от обратной температуры

Литература

1. Серегин М.Б., Паршин А.П., Кузнецов А.Ю. и др., *Радиохимия*, 2011, **53**, 416.
2. Лизин А.А., Томилин С.В., Гневашов О.Е. и др., *Атомная энергия*, 2013, **115**, 11.
3. Воложин М.В., Закиров Р.Я., Мушников П.Н. и др., *Атомная энергия*, 2013, **115**, 17.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТОДОВ ЛИТИЙ – ДИОКСИД МАРГАНЦЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Негородов М.В., Пуцылов И.А., Смирнов С.Е.

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
111250, Москва, Красноказарменная, 14, e-mail: mnegorodov@mail.ru*

Развитие современной радиоэлектронной техники происходит по пути минимизации массогабаритных параметров и увеличения функциональных возможностей. В итоге огромное количество современных средств измерений изготавливается в портативном исполнении. В ряде случаев данные устройства должны использоваться вдали от электрических сетей, в связи с чем разработка новых высокоэффективных первичных источников тока с повышенной емкостью и надежностью является задачей чрезвычайно важной.

Настоящая работа посвящена разработке твердофазных литий - диоксид марганцевых элементов с повышенной емкостью. Макетирование источников тока проводили в полипропиленовой трех-электродной ячейке. В качестве активного вещества положительного электрода использовали порошки диоксида марганца, в том числе в нанодисперсном состоянии, электропроводящим веществом служили естественные и искусственные графиты различной модификации, ацетиленовая сажа, углеродные нанотрубки и графен. Макеты не содержали жидкой фазы, так как в структуре катода и в межэлектродном пространстве источника тока использовали твердополимерный электролит на основе полисульфидсульфона.

Исследования показали, что максимальные энергетические параметры макетов твердофазных литиевых элементов достигаются при использовании в катоде нанодисперсных материалов – нанодисперсного диоксида марганца, углеродных нанотрубок и графена, при этом включение в технологию изготовления электрода обработки высоким давлением, является обязательным. Переход от обычного прессования к пластическому деформированию нанодисперсной активной массы на аппаратуре типа наковален Бриджмена повышает емкость катода и источника тока на его основе до 30%. Эффект достигается за счет высокой гомогенизации структуры и снижения контактных потерь на высокоразвитой поверхности раздела фаз наноструктурированного электрода. Макеты твердофазных источников тока имеют значительный выигрыш по емкости, удельной энергии и сохраняемости у источников тока с жидким электролитом.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ЦЕЗИЯ ИЗ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Кулемин В.В., Кулюхин С.А., Крапухин В.Б., Румер И.А., Лавриков В.А., Мелихов И.В.

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: kulemin@ipc.rssi.ru*

При переработке металлических радиоактивных отходов (МРО) особую важность приобрела проблема извлечения и локализации летучих радионуклидов и радиоаэрозолей из газовой фазы. Преобладающей формой, в которой будет существовать радиоактивный цезий в газовой фазе при переработке МРО, являются аэрозоли CsOH. Однако не исключено присутствие аэрозолей CsI, окисление которых в паровоздушной среде в результате протекания химических реакций может привести к образованию I₂. В связи с этим, цель работы состояла в исследовании процессов извлечения летучих соединений ¹³⁷Cs и ¹³¹I из воздушного потока с применением различных фильтрующих элементов.

Показано, что ¹³¹I₂ и ¹³⁷CsOH сорбируются на базальтовой вате, однако степень их извлечения невелика и составляет соответственно ~ 86% и ~(90-93)% для слоя базальтовой ваты толщиной 15-18 см. Использование каскада барботеров вместе с колонкой с базальтовой ватой позволяет практически полностью извлечь ¹³¹I и ¹³⁷Cs в виде ¹³¹I₂, ¹³⁷Cs¹³¹I и ¹³⁷CsOH из воздушного потока (степень извлечения >99.9%).

В работе использована новая установка для фильтрационной очистки газовых потоков, сконструированная в виде скруббера с погруженным слоем, при этом в качестве каплеотбойников и фильтрующих материалов применены спиральные фильтрующие элементы с переменной поверхностью. Данная установка позволяет удалять ¹³¹I и ¹³⁷Cs в виде ¹³¹I₂, ¹³⁷Cs¹³¹I и ¹³⁷CsOH из воздушного потока со степенью извлечения >99.0%.

Применение новой модульной установки, включающей блок водной очистки и вышеописанный фильтрационный блок, позволяет удалять ¹³¹I и ¹³⁷Cs в виде ¹³¹I₂, ¹³⁷Cs¹³¹I и ¹³⁷CsOH из воздушного потока со степенью извлечения >99.9%. В блоке водной очистки в результате контакта газового потока с распыленной водой происходит его очистка от летучих соединений ¹³⁷Cs и ¹³¹I со степенью извлечения >99.0%. Доочистка газового потока протекает в фильтрационном блоке, описанном выше.

Работа была выполнена при финансовой поддержке АО "ГНЦ РФ- ФЭИ" (Обнинск), договор 2/5774, и Минобрнауки РФ, контракт 14.626.21.0002, уникальный идентификатор - RFMEFI62614X0002.

ЛИТИЙ-ИОННЫЙ АККУМУЛЯТОР ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ

**Кулова Т.Л.,^а Кузьмина А.А.,^а Никольская Н.Ф.,^а Скундин А.М.,^а
Стенина И.А.,^б Ярославцев А.Б.^б**

^аИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31

^бИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: tkulova@mail.ru

Всё возрастающие требования к расширению областей применения литий-ионных аккумуляторов приводят к тому, что в настоящее время ни одна электрохимическая система не может обеспечить создание универсального аккумулятора, обладающего высокими показателями одновременно удельной энергии, ресурса работы и удельной мощности. Настоящая работа посвящена разработке основ аккумулятора, обладающего повышенными циклическим ресурсом и удельной мощностью. В этом аккумуляторе использован положительный электрод на основе феррофосфата лития, допированного никелем ($\text{Li}_{0.99}\text{Fe}_{0.99}\text{Ni}_{0.01}\text{PO}_4/\text{C}$), и отрицательный электрод на основе титаната лития, допированного галлием ($\text{Li}_{4.2}\text{Ti}_{4.8}\text{Ga}_{0.2}\text{O}_{12}/\text{C}$). Положительные электроды имели ёмкость 150 и 80 мАч/г при циклировании в режимах C/8 и 20C. Отрицательные электроды при циклировании в обычном диапазоне потенциалов (1.0–3.0 В) имели ёмкость 140 и 50 мАч/г, а при циклировании в расширенном диапазоне потенциалов (0.01–3.0 В) – 235 и 80 мАч/г в тех же режимах. Лабораторный макет аккумулятора имел стекловую конструкцию номинальной ёмкостью 0.1 Ач. Электролит – 1M LiPF_6 в смеси этиленкарбонат–диэтилкарбонат–диметилкарбонат (1:1:1). Напряжение разомкнутой цепи разряженного аккумулятора составляет около 1.0 В. При заряде напряжение остаётся постоянным 1.9 В до сообщения примерно половины ёмкости, а при дальнейшем заряде возрастает до 3.5 В. Начальное напряжение разряда полностью заряженного аккумулятора составляет 3.3 В, но при снятии четверти ёмкости оно снижается до 1.8 В и практически не меняется до конца разряда. Аккумулятор выдержал более 2000 зарядно-разрядных циклов при токе 1 С. Удельная мощность аккумулятора достигала 800 Втч/кг.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, Соглашение 14.604.21.0126 от 26 августа 2014 г. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI60414X0126.

ВОДОРОДНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Медведев Д.А.,^{а,б} Волков А.Н.,^а Калякин А.С.,^а Демин А.К.,^а Циакарас П.^{а,в}

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,

620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: dmitrymedv@mail.ru

^бУральский федеральный университет, 620009, Екатеринбург, Мира, 19

^вУниверситет Фессалии, 383 34, Волос, Греция

Высокотемпературные протонпроводящие материалы (ВТПМ) являются уникальными оксидными системами, которые могут быть потенциально использованы в различных электрохимических устройствах:¹ твердооксидные топливные элементы, электролизеры, мембранные реакторы для синтеза аммиака и получения водорода. Кроме того, такие материалы могут являться функциональными компонентами сенсорных устройств, позволяющих определять концентрации водорода в газах, твердых телах и расплавах.² В настоящей работе представлены результаты применения ВТПМ состава $\text{BaCe}_{0.7}\text{Zr}_{0.1}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$ в водородном комбинированном сенсоре, работающем в амперометрическом и потенциометрическом режимах.

Выбор материала $\text{BaCe}_{0.7}\text{Zr}_{0.1}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-6}$ был обусловлен оптимальным сочетанием его требуемых свойств (стабильность, термическое расширение, протонная проводимость). Электрохимическая аттестация сенсора была проведена при различных содержаниях водорода (0.1–10 об.%) в анализируемой атмосфере и различных температурах (450–550 °С). Полученные результаты показали высокую точность отклика сенсора и воспроизводимость в обоих режимах. Экспериментальные данные были также сопоставлены с теоретическими для подтверждения работоспособности водородного сенсора.

Литература

1. Medvedev D., Murashkina A., Pikalova E., Demin A., Podias A., Tsiakaras P. *Progress in Materials Science* 2014, **60**, 72.
2. Hübert T., Boon-Brett L., Black G., Banach U. Hydrogen sensors – A review. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2011, **157**, 329.

Настоящая работа поддержана Министерством образования и науки РФ, Мега-Грант, договор 14.Z50.31.0001, и Российским Фондом Фундаментальных Исследований, грант 16-33-00006.

ПАРОВОЙ ОСМОТИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ(ПОД) С КПД ДО 50%

Назаров П.А.

Центр физико-химических методов исследования и анализа
Казахского национального университета им. аль-Фараби,
050012, Республика Казахстан, Алматы, Карасай батыра,
95а, e-mail: pnazarov@list.ru

Эволюция ПОД^{1,2}, относительно прототипа³ заключается в увеличении температуры ($T_1=380\text{C}$) реагентов левой части схемы двигателя, и в изменении фазового состояния воды (H_2O – Пар), добавления второй 6 и третьей⁷ ступени опреснения отработанного раствора соли или замена этих ступеней^{6,7} процессом *выпаривания* воды из этого раствора соли (рис.1).

Благодаря процессу «парового осмоса» или процессу быстрого перехода молекул пара через мембрану в жидкий раствор внутри реактора осмоса 3(рис. 1), увеличивается КПД и удельная мощность ПОД^{1,2} (Вт/кг).

Идеальный КПД технологической схемы по 2-й теореме Карно равен:

$$\text{КПД} = [(T_1 - T_2) / T_1] \times 100\% = [(653\text{k} - 293\text{k}) / 653\text{k}] \times 100\% = 55\%$$

Реальный КПД схемы доходит до 35-45%, что больше чем у ТЭС и Дизеля.

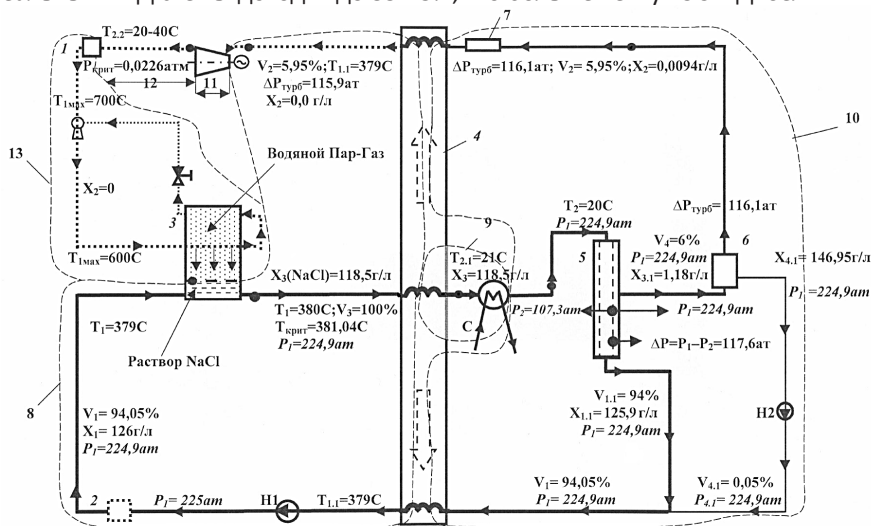


Рисунок 1. Где 1,2 – парогенераторы; 3 – реактор «парового» осмоса, 4 – рекуператор, 5 – реактор обратного осмоса, 6 – блок электродиализа, 7 – картридж с хим реактивами, 8 – $T_1=378-380\text{C}$; 9 – $T_{2,1}=21\text{C}$; 10 – $T_2=20\text{C}$; 11 – $(379 - 20\text{C})$; 12 – 20C ; 13 – $T_{2,2}=600-700\text{C}$

Литература

1. Назаров П.А., Патент Республики Казахстан № 30395, 08.01.2014.
2. Назаров П.А., Заявка на патент РФ № 2014108948, 11.03.2014.
3. Sydney Loeb, Patent of USA №4193267, 1978.

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРНОГО ДОПИРОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_{2-x}\text{P}_x\text{O}_{11}$

Обрубова А.В., Белова К.Г., Анимица И.Е.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: OAV-hn@yandex.ru*

В настоящее время актуальным направлением развития неорганического материаловедения является поиск новых или модификация известных протонных электролитов на основе сложных оксидов, что обусловлено необходимостью оптимизации электрических характеристик и повышения химической стабильности к кислотным газам.

Данная работа посвящена комплексной аттестации физико-химических свойств твердых растворов $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_{2-x}\text{P}_x\text{O}_{11}$, полученных при оксоанионном допировании двойного перовскита $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_{11}$. Введение на место атома металла В-подрешетки атома неметаллической природы (группировки $[\text{PO}_4]^-$) позволяет кардинально менять характеристики химической связи и, соответственно, параметры электропереноса.

В рамках работы изучены структура, гидратация и электропроводность твердых растворов $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_{2-x}\text{P}_x\text{O}_{11}$ при варьировании термодинамических параметров среды (T , $p\text{H}_2\text{O}$, $p\text{O}_2$). Показано, что протонный транспорт доминирует при температурах ниже 650°C в атмосфере с повышенной влажностью. Образцы с малой концентрацией допанта (10–20 мол%) имеют максимальные значения проводимости, которые превышают на 0.5 порядка проводимость недопированного состава. Установлено, что допирование фосфором повышает химическую устойчивость керамики к углекислому газу (рис. 1). Можно предполагать, что метод оксоанионного допирования может быть успешно распространен на другие перовскитоподобные системы.

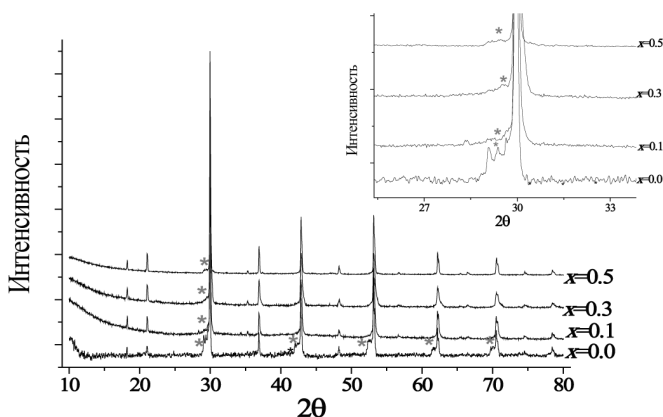


Рисунок 1. Рентгенограммы образцов $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_{2-x}\text{P}_x\text{O}_{11}$ ($0.0 \leq x \leq 0.5$), обработанных в атмосфере CO_2 ($500^\circ\text{C} - 10$ часов) (* – примесные фазы).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ Ni-SSZ АНОДОВ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Осинкин Д.А., Гаврилюк А.Л., Бронин Д.И.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: OsinkinDA@mail.ru*

К настоящему времени анализ импедансных измерений проводится методом нелинейных наименьших квадратов, требующим выбора эквивалентных электрических схем (ЭЭС). При этом один и тот же импедансный спектр может соответствовать нескольким различным ЭЭС. По сравнению с NLLS метод распределения времен релаксации (DRT) имеет существенные достоинства: отсутствие необходимости выбора ЭЭС и более высокая чувствительность к определению количества процессов и их времен релаксации¹.

Одним из практических применений метода DRT является мониторинг эволюции электрохимических процессов в топливных элементах при его долговременных испытаниях (рис. 1). В настоящей работе будут представлены результаты расчета DRT спектров импеданса долговременных испытаний анодов ТОТЭ с помощью разработанного авторами программного обеспечения.

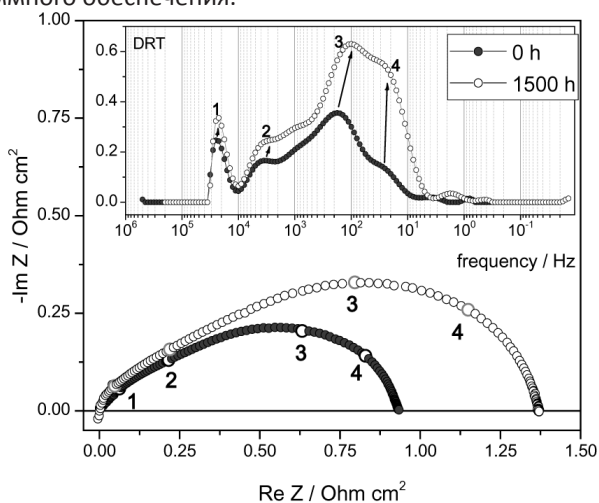


Рисунок 1. Спектры импеданса и частотные зависимости DRT в различные моменты эксперимента (Ni-SSZ, влажный водород, 800 °C)

Литература

1. Boukamp V.A. *Electrochim. Acta*, 2015, **154**, 35.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-03-00434.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛА НА КАТОДЕ

**Патрушев А.В., Останина Т.Н., Трофимов А.А., Рудой В.М.,
Котельников И.В., Галиева И.И.,**

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: patrushev.xs666@mail.ru*

Получение электролитических порошков металлов, обладающих однородной разветвленной структурой, в настоящее время осуществляется по сложной технологии, при которой необходимо регулярное удаление рыхлого осадка с катода. В связи с этим, особый интерес представляет процесс диспергирования частиц металла в ходе электролиза, позволяющий исключить операцию счистки осадка с электрода.

Целью настоящей работы являлось исследование эффекта диспергирования металла на катоде из водных растворов электролитов.

Эффект диспергирования частиц цинка, меди и никеля в процессе электроосаждения при высоких плотностях тока (в 9 и более раз выше предельной диффузионной плотности тока) наблюдали при электролизе из сульфатных слабокислых растворов (рН от 3 до 5,5). В момент включения тока происходило интенсивное образование и удаление с поверхности катода пузырьков водорода. Через некоторое время от начала электролиза на видеозаписи наблюдали отрыв частиц металла с последующим оседанием на дно ячейки. Постепенно на электроде формировался нерегулярный осадок, плотность тока снижалась и диспергирование прекращалось.

Проведенные исследования показали, что важную роль в возникновении и развитии эффекта диспергирования имеет процесс выделения газообразного водорода (размер пузырьков и скорость их отрыва), а также увеличение рН у поверхности электрода в процессе электроосаждения. Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют о наличии в составе диспергированных частиц гидроксидов и оксидов. Частичная адсорбция труднорастворимых соединений на поверхности частиц способствует ослаблению когезии и возникновению процесса диспергирования. Уменьшению размера частиц способствует увеличение тока и уменьшение концентрации раствора. Существенного увеличения длительности процесса диспергирования удалось достичь, используя режим линейного увеличения тока во времени.

Исследования частично выполнены с использованием оборудования центра коллективного пользования "Состав вещества" ИВТЭ УрО РАН.

Работа выполнена при поддержке программы 211 Правительства РФ, 02.A03.21.0006.

ВЛИЯНИЕ СПЕКАЮЩЕЙ ДОБАВКИ СТЕКЛОБРАЗНОГО LiPO_3 НА ПРОВОДИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТА $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$

Першина С.В., Ильина Е.А., Расковалов А.А., Антонов Б.Д.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Академическая, 20, Екатеринбург, e-mail: SvPershina_86@mail.ru*

Литий-проводящие электролиты на основе $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZ) активно исследуются для применения в полностью твердофазных источниках тока, прежде всего из-за высокой проводимости при комнатной температуре^{1,2}. Ограничивает применение керамики LLZ в качестве электролита высокая пористость и, как следствие, высокое зернограничное сопротивление. Одним из способов повышения плотности и снижения пористости керамики является введение добавки, склеивающей частички керамического порошка, например Li_3BO_3 ³.

В рамках данной работы исследуются электролиты тетрагональный LLZ – стеклообразный LiPO_3 при варьировании содержания стекла (x) от 0 до 4 % (по массе). Синтез исходных компонентов осуществлялся по технологиям, описанным в работах^{4,5} для LLZ и LiPO_3 , соответственно. Спрессованные таблетки спекали под засыпкой LLZ в печи с инертной атмосферой. Установлено, что характер изменения проводимости системы LLZ–x LiPO_3 зависит от температуры спекания. При температурах 1000 °С и 1150 °С стекло увеличивает плотность образцов с 56 до 64 % от теор., но при этом транспортные свойства ухудшаются. При отжиге на 1200 °С плотность образцов повышается до 70% и наблюдается рост проводимости с $4 \cdot 10^{-7}$ См/см для чистого LLZ до $2 \cdot 10^{-6}$ См/см для состава при x = 4 со снижением энергии активации проводимости с 62 до 52 кДж/моль. Таким образом, увеличение проводимости связано не только с плотностью. Было замечено, что на рентгенограммах образцов при x = 2-4, спеченных при 1200 °С, наблюдается незначительное уширение дифракционных пиков LLZ. На основании этого можно предположить, что одной из причин роста проводимости является частичный переход тетрагональной модификации LLZ в кубическую, проводимость которой выше.

Литература

1. Murugan R., Thangadurai V., Weppner W. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2007, **46**, 7778.
2. Awaka J., Kijima N., Hayakawa H., Akimoto J. *Solid State Chem.*, 2009, **182**, 2046.
3. Takano R., Tadanaga K., Hayashi A., Tatsumisago M., *Solid State Ionics*, 2014, **255**, 104.
4. Il'ina E.A., Andreev O.L., Antonov B.D., Batalov N.N., *J. Power Sources*, 2012, **201**, 169.
5. Pershina S.V., Raskovalov A.A. et al., *J. Non-Cr. Sol.*, 2015, **430**, 64.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00354 мол_а.

СТРУКТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ Pr_2NiO_4 , ЗАМЕЩЕННОГО КАЛЬЦИЕМ

Пикалова Е.Ю.,^{а,б} Богданович Н.М.,^а Медведев Д.А.,^{а,б} Пикалов С.М.^в

^аИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,

620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: e.pikalova@list.ru

^бУральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

^вИнститут металлургии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, Амундсена, 101

Никелиты редкоземельных элементов Ln_2NiO_4 ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Nd}$ и Pr) привлекают внимание в аспекте их возможного применения в качестве катодов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). В рассматриваемом ряду Pr_2NiO_4 обладает наименьшими значениями поляризационного сопротивления¹, однако материал термически нестабилен в рабочих условиях ТОТЭ и разлагается при температуре 800°C на $\text{Pr}_4\text{Ni}_3\text{O}_9$ и $\text{PrO}_{1.71}$. Исследование влияния замещения кальцием на структурную стабильность $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{NiO}_{4+\delta}$ проведено с целью прояснения перспектив использования таких материалов в качестве электродов в контакте электролитами на основе CeO_2 и BaCeO_3 .

Твердые растворы $\text{Pr}_{2-x}\text{Ca}_x\text{NiO}_{4+\delta}$ ($x = 0.0-0.7$) были получены методом трехступенчатого твердофазного синтеза. Установлено, что замещение кальцием в позицию празеодима приводит к структурному переходу от орторомбической к тетрагональной модификации и ее стабилизации во всем температурном интервале до 850°C. Замещение также приводит к увеличению общей вследствие увеличения дырочной составляющей. Изменение коэффициента термического расширения составов носит нелинейный характер, его величины находятся в интервале $14.5-15.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Методом РФА показано увеличение стабильности материалов при содержании кальция более 0.3. Сочетание стабильности с высокими значениями проводимости (135 См/см) и относительно невысоким КТР ($14.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) позволяет рекомендовать материал $\text{Pr}_{1.5}\text{Ca}_{0.5}\text{NiO}_{4+\delta}$ для применения в качестве катодов ТОТЭ.

References

1. Ferchaud C., Grenier J.-C., Zhang-Steenwinkel Y., Marc M.A. van Tuel, Frans P.F. van Berceel, Bassat J.-M. J. *Power Sources* 2011, **196**, 1872.

Данная работа частично финансировалась за счет средств РФФИ, проект 14-03-00414, Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект 15-20-3-15, и Совета по грантам при Президенте РФ, грант СП-1885.2015.1.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Подсобляев Д.А., Кулагин В.М.

*Международный союз благотворительных общественных организаций
«Мужество и гуманизм», Департамент по науке,
115172, Москва, Народная, 3, e-mail: podsa@mail333.com, intermig54@mail.ru*

Решение задачи обращения с ТБО и ПО (твердыми бытовыми и промышленными отходами) в последнее время стало важной проблемой муниципальных образований. Простое депонирование отходов на вновь строящихся полигонах ТБО и ПО в существующих условиях нельзя признать удовлетворительным решением. Как правило, отсутствуют пригодные для полигонов ТБО и ПО территории вблизи городов, т.к. они являются зонами отдыха, либо представляют интерес для дачного строительства и т.п.

Кроме того, загрязнение окружающей среды от полигонов ТБО и ПО способствует росту числа онкологических заболеваний.

Одним из аспектов решения задачи обращения с отходами является разработка замкнутого цикла переработки.

Нами предложен как вариант решения данной задачи высокотемпературный плазменный пиролиз органических отходов с использованием в качестве рециклируемого рабочего газа двуокиси углерода.

Также разработаны способ и линия для разделения органической и неорганической компонент отходов.^{1,2,3}

Преимущества такого решения:

- более эффективная утилизация энергии
- простота обращения с двуокисью углерода
- отсутствие необходимости восполнения убыли рабочего газа в процессе переработки
- простое получение товарных продуктов (жидкой и твердой углекислоты)

Литература

1. Подсобляев Д.А., Ермолов Н.А., Кулагин В.М., Стручков А.В. *Патент 2537333 РФ*, 2015.
2. Подсобляев Д.А., Ермолов Н.А., Кулагин В.М., Стручков А.В. *Патент 2537786 РФ*, 2015.
3. Подсобляев Д.А., Ермолов Н.А., Кулагин В.М., Стручков А.В. *Патент 2537949 РФ*, 2015.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ХИМИЯ ИОННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КОБАЛЬТИТАХ СО СТРУКТУРОЙ ДВОЙНОГО ПЕРОВСКИТА

Политов Б.В.,^а Сунцов А.Ю.,^б Леонидов И.А.,^б Патракеев М.В.,^б Кожевников В.Л.^б

^аУральский федеральный университет,

620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: politoffboris@yandex.com

^бИнститут химии твёрдого тела УрО РАН, 620099, Екатеринбург, Первомайская, 91

На сегодняшний день твёрдооксидные материалы со структурой двойного перовскита $R\text{BaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ (R – редкоземельный элемент) являются перспективными для применения в качестве компонентов многих высокотемпературных устройств. Для успешной эксплуатации подобных нестехиометрических соединений необходима информация об особенностях изменения содержания кислорода при высоких температурах. Поэтому, в данной работе исследованы области гомогенности сложных оксидов $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{BaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ ($x = 0, 0.1$) по кислороду.

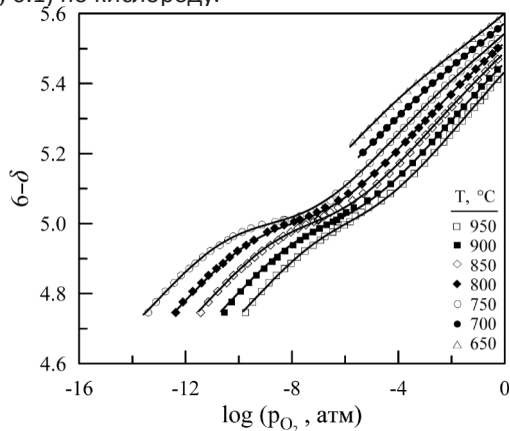


Рисунок 1. Изотермические сечения $p_{\text{O}_2} - T - \delta$ диаграммы $\text{Pr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{BaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$. Символы – экспериментальные данные, линии – результат теоретических расчётов

На основании экспериментальных $p_{\text{O}_2} - T - \delta$ диаграмм исследуемых соединений построена теоретическая модель дефектообразования в интервале температур 650–950 °С. В соответствии с предложенной моделью рассчитаны равновесные концентрации вакансий в позициях кислорода O_2 и O_3 и ионов Co^{2+} , Co^{3+} и Co^{4+} . Показано, что изменение концентрации дырочных носителей заряда в зависимости от парциального давления кислорода коррелирует с изменением электропроводности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-03-06024а.

ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЁКОЛ СИСТЕМЫ $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{V}_2\text{O}_5$

Саева Н.С., Расковалов А.А.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: n.saetova@yandex.ru*

В настоящее время большое внимание уделяется изучению ванадиевых бронз в качестве электродного материала для химических источников тока. Ванадиевые бронзы обладают такими преимуществами как высокая электропроводность, большой окислительный потенциал и способность к интеркаляции/деинтеркаляции лития¹. Однако, глубокая интеркаляция в таких материалах приводит к фазовым переходам, зачастую необратимым. Таким образом, теоретические значения ёмкости этих катодных материалов не могут быть достигнуты в реальных условиях. Решить проблему фазовых переходов можно путём получения катодного материала на основе оксида ванадия в стеклообразном виде. Для получения аморфного материала в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{V}_2\text{O}_5$ был добавлен оксид бора в качестве стеклообразователя.

Стёкла системы $30\text{Li}_2\text{O}-(1-x)\text{B}_2\text{O}_3-x\text{V}_2\text{O}_5$ были получены путём закаливания расплава. Варка стёкол проводилась в платиновом тигле при температуре 950 °С в течение 1 ч. Увеличение концентрации V_2O_5 позволило увеличить электрическую проводимость исследованных стёкол при комнатной температуре с $4,3 \cdot 10^{-8}$ до $5,3 \cdot 10^{-6}$ (рис. 1).

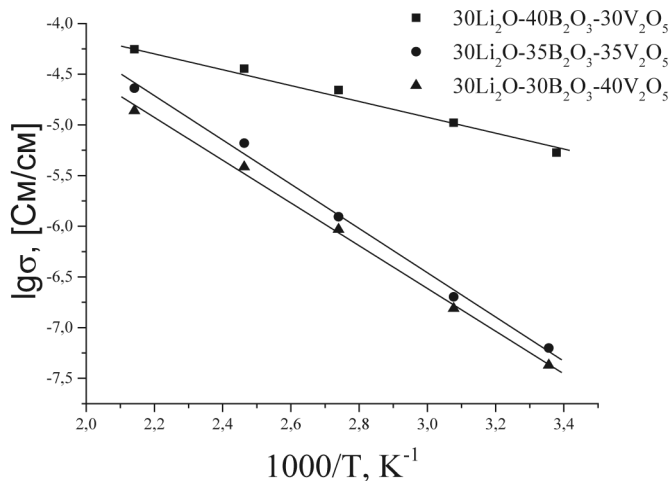


Рисунок 1. Температурные зависимости электропроводности.

Литература

1. McNulty D., Buckley D.N., O'Dwyer C. Journal of Power Sources, 2014, **267**, 831.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРИСТОЙ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА Ф-42 ДЛЯ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Сапишева А.А., Шалаева В.С., Бурашникова М.М.

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, 410012, Саратов, Астраханская, 83,
e-mail: burashnikova_mm@mail.ru*

Важным направлением применения волокнистых полимерных материалов, полученных методом электроформования, являются химические источники тока, где они могут быть использованы в качестве межэлектродных сепараторов. Функции сепаратора в герметизированном свинцово-кислотном аккумуляторе должны удовлетворять большому набору требований, в частности, обеспечивать реализацию газовых циклов в аккумуляторе. Одним из способов управления транспортом кислорода и улучшения уплотняющих и механических свойств сепаратора может быть использование сепаратора типа «сэндвич», состоящий из стекловолоконной матрицы и полимерной мембраны¹.

Целью данной работы явилось разработка методики получения полимерной мембраны. Выбор материала для полимерной мембраны обуславливается следующими свойствами полимера: наличие гидрофобных групп, химическая и термическая стабильность. В качестве материала для получения полимерной мембраны использовался фторопласт Ф-42. Полимерная мембрана была получена методом электроформования на лабораторной установке Nanospider-200S.

Важнейшей характеристикой полимерной мембраны является ее пористая структура. Поэтому исследовалось влияние концентрации формовочного раствора и величины электрического напряжения на пористость и размер пор получаемого материала. Морфология поверхности материала изучалась методом электронной микроскопии, пористость и размер пор – методом вытеснения жидкости на поромере 3G (QuantachromeInstruments). Проведенными исследованиями было показано, что снижение напряжения и повышение концентрации формовочного раствора приводят к увеличению пористости и размеру пор мембраны. Наиболее оптимальными параметрами полученной мембраны для использования ее в качестве сепаратора является величина общей пористости 70-80%, размер пор 1-2 мкм.

Литература

1. Valve-regulated Lead-Acid Batteries / Eds. D.A.J. Rand, P.T. Moseley, J. Garche, C.D. Parker. ELSEVIER, 2004.-602 с.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Синицына П.В.,^а Манаенков О.В.,^а Сульман Э.М.,^а Матвеева В.Г.,^а Бронштейн Л.М.^б

^аТверской государственной технической университет,
170023, Тверь, наб. А. Никитина, 22, e-mail: sulman@online.tver.ru

^бИнститут элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,
119991, Москва, Вавилова, 28

В настоящее время особое внимание уделяется исследованиям, направленным на разработку эффективных методов конверсии растительной биомассы в сырьё для химической и топливной промышленности, в частности - в низшие полиолы, такие как этилен- и пропиленгликоль¹. С этой точки зрения, целлюлоза оценивается как один из перспективных видов возобновляемых ресурсов.

Наиболее активными в процессе конверсии целлюлозы являются Ru-содержащие гетерогенные каталитические системы². Новые возможности открывает использование магнитноотделяемых катализаторов на основе магнитных наночастиц (МНЧ)³. За счёт лёгкого отделения от реакционной массы посредством внешнего магнитного поля, катализаторы на основе МНЧ имеют важное преимущество.

Основная задача направлена на исследование процесса гидрогенолиза целлюлозы в среде субкритической воды в присутствии Ru-содержащего катализатора на основе магнитных наночастиц оксида железа - 5% Ru-Fe₃O₄-SiO₂, подбор оптимальных условий процесса, обеспечивающих максимальный выход гликолей.

Было установлено, что при использовании данного катализатора селективность по пропиленгликолю составляет – 23%, по этиленгликолю – 14% при 100%-ной конверсии целлюлозы. Оптимальными условиями процесса являются: температура 255 °С, парциальное давление водорода 60 бар, время процесса 50 минут, число оборотов пропеллерной мешалки 600 об/мин. Данные результаты позволяют говорить о перспективности использования исследуемой каталитической системы в процессах конверсии целлюлозы в низшие полиолы – ценное сырьё для химического синтеза.

Литература

1. Роговин З.А. Химия целлюлозы. - М.: Химия, 1972. – 518 с.
2. Manaenkov O.V., Matveeva V.G., Sulman E.M. *Topics in Catalysis*, 2014, **57**, 147.
3. Bronstein L.M., Shifrina Z.B. *Chemical Reviews*, 2011, USA, **111**, 530.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-08-00455.

ВОДОРОД ИЗ ВОДЫ И ОТХОДОВ АЛЮМИНИЯ

Скачкова О.В.,^б Яценко С.П.,^а Пасечник Л.А.,^а Шевченко В.Г.,^а

^аИнститут химии твердого тела УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: yatsenko@ihim.uran.ru

^бУральский федеральный университет,
620083, Екатеринбург, Куйбышева, 48, e-mail: vms@weburg.me

Перевод двигателей внутреннего сгорания на водородное топливо перспективно для снижения токсичности атмосферы в городах. Конкурентом в части использования баллонного или сорбированного на ИМС с РЗМ водорода является использование разложения воды активированным алюминием. Качество водорода из воды без использования источников тока не сопоставимо лучше, чем получение за счёт крекинга углеводородов.

При использовании отходов алюминия метод активации галлиевыми сплавами даёт ряд преимуществ, в том числе невысокой стоимости водорода и возможности использования негромоздкой аппаратуры для транспорта. Для проведения реакции с получением регулируемого объёма 1,145 нм³ водорода из 1 кг алюминия требуется 2 литра воды и при этом получается 2,89 кг глинозёма с выделением 3650,7 ккал тепла.

Используемые галлиевые сплавы имеют температуру кристаллизации ниже 10°C и легко переохлаждаются без кристаллизации. Алюминий также контактирует с щелочным галлатным раствором, уровень которого регулируется подачей воды и забором водорода.

Рекомендованы условия ведения процесса и схема установки не ухудшающие качество получаемого гидроксида алюминия, пригодного для производства первичного алюминия.

Литература

1. Яценко С.П., Скачков В.М., Шевченко В.Г. Получение водорода разложением воды активированным алюминием. // Жур. прикладной химии. 2011, т.84, вып.1, с.35-38.

НАТРИЙ-ИОННЫЙ АККУМУЛЯТОР С ДВУХФАЗНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

**Скундин А.М.,^а Капаев Р.Р.,^б Кулова Т.Л.,^а Стенина И.А.,^б Чеканников А.А.,^а
Ярославцев А.Б.^б**

^аИнститут физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31-4

^бИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, e-mail: askundin@mail.ru

В последнее время предложено и исследовано много разных соединений в качестве активных электродных материалов натрий-ионных аккумуляторов, и нет общепринятого варианта электрохимической системы (в отличие от хорошо разработанных литий-ионных аккумуляторов). В настоящей работе исследуется электрохимическая система с двухфазными электродами, при работе которых практически не образуются фазы переменного состава, а напряжение аккумулятора мало изменяется в процессе разряда. Положительный электрод был изготовлен на основе нанокompозита ванадофосфата натрия с углеродом ($\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$), отрицательный электрод – на основе нанокompозита титаната натрия с углеродом ($\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7/\text{C}$). Токообразующая реакция описывается уравнением $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7 \leftrightarrow \text{NaV}_2(\text{PO}_4)_3 + \text{Na}_4\text{Ti}_3\text{O}_7$ (слева направо – заряд, справа налево – разряд). Конструктивной основой и токоотводом обоих электродов служила алюминиевая фольга толщиной 15 мкм. Активная масса обоих электродов состояла из активного вещества, сажи (электропроводная добавка) и поливинилиденфторида (связующее). В качестве электролита был использован 1 М NaPF_6 в смеси пропиленкарбонат – этиленкарбонат (1:1). Предварительными опытами было установлено, что удельная ёмкость активного материала положительного электрода снижается за 20 циклов в режиме C/10 с 110 до 102 мАч/г, ёмкость активного материала отрицательного электрода на первом цикле составила 160 мАч/г, а на последующих – около 100 мАч/г. Ограничителем ёмкости в макете аккумулятора был отрицательный электрод. Напряжение разомкнутой цепи свежеобработанного макета аккумулятора было близко к 1.4 В. При заряде напряжение быстро возрастало до 3.0 В, заряд проводили до напряжения 3.4 В. На разрядной кривой наблюдалось начальное плато при напряжении около 2.9 В, соответствующее 80% ёмкости. При последующем разряде напряжение снижалось до 1.5 В.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 16-13-00024.

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ТИТАНАТА ЛИТИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Слаутин Б.Н.,^а Горшков В.С.,^б Кузнецов Д.К.,^а Зеленовский П.С.,^а Аликин Д.О.,^а
Киселёв У.А.,^а Холкин А.Л.,^{а,в} Шур В.Я.,^а Пелегов Д.В.^а

^аУральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: dmitry.pelegov@urfu.ru

^бОАО Элионт, 620137, Екатеринбург, Шефская, 1Б

^вDepartment of Physics and CICECO – Materials Institute of Aveiro, University of Aveiro,
3810-193 Aveiro, Portugal

Быстрое развитие рынка аккумуляторов для электрического транспорта и стационарных систем накопления электрической энергии стимулировал интерес к титанату лития $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) с его низкой стоимостью, выдающейся циклируемостью и отличной безопасностью. В этом докладе мы показываем, что структурная неоднородность в коммерческом материале отрицательного электрода LTO с субмикронным размером зерна, полученного при помощи классического твердофазного синтеза, может быть описана локально с помощью измерения спектров комбинационного рассеяния отдельных частиц и визуализации методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Использованная модификация обычного твердофазного синтеза состоит из трёх последовательных стадий с промежуточным размолом. Для увеличения содержания примесных фаз TiO_2 и Li_2TiO_3 сознательно был использован неполный синтез с пропущенной заключительной стадией. Спектры комбинационного рассеяния отдельных частиц (Рис. 1) позволил нам сделать некоторые выводы об особенностях синтеза, которые не могут быть получены иначе.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ, при финансовой поддержке постановление № 211 Правительства Российской Федерации, контракт 02.А03.21.0006

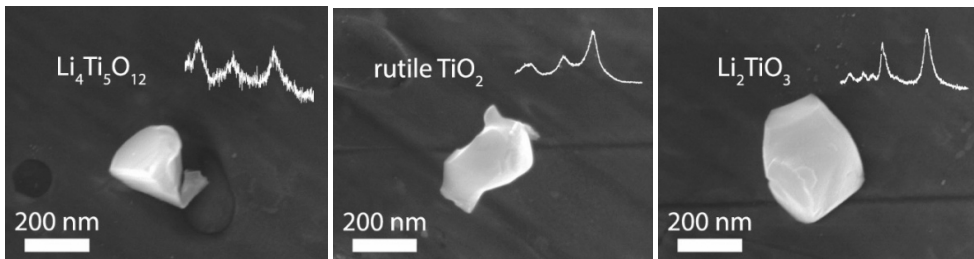


Рисунок 1. СЭИ изображения отдельных частиц с соответствующими спектрами комбинационного рассеяния. Размеры СЭМ изображений составляют 0.8×1.0 мкм.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЯХ-ИНТЕРКОННЕКТОРАХ ДЛЯ ТОТЭ

Солодянкин А.А.^а, Яскельчик В.В.^б, Ананьев М.В.^{а,в}

^аУральский Федеральный Университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: mindfy@mail.ru

^бБелорусский государственный технический университет,
220006, Беларусь, Минск, Свердлова, 13А

^вИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20

В настоящее время твердооксидные топливные элементы не нашли широкого внедрения ввиду недостаточно длительного срока службы. Одной из основных причин деградации твердооксидных топливных элементов является взаимодействие между функциональными материалами ТОТЭ и интерконнектором, который изготавливается из высокохромистых жаростойких сталей¹.

Снижение или устранение деградации ТОТЭ в зоне контакта интерконнектора с другими функциональными материалами возможно с помощью формирования на поверхности стали-интерконнектора защитных покрытий. В качестве покрытий используются соединения на основе марганец-кобальтовой шпинели, оксида марганца и хрома лантана^{1,2}. Покрытия наносят различными способами: плазменное напыление, термическое напыление, пакетная цементация, трафаретная печать, радиочастотное магнетронное распыление, электрофоретическое осаждение и т.д.

В данной работе разработана технология нанесения покрытий субмикронной толщины на поверхности сталей 15X25T и Crofer 22 APU методом электрокристаллизации из неводных растворов. Выбор компонентов, способных защитить поверхность стали интерконнектора, был основан на термодинамических расчетах. Методом рентгенофазового анализа исследован фазовый состав покрытий. Методом растровой электронной микроскопии исследована микроструктура, сплошность, толщина покрытий. Показано, что на границе интерконнект — высокотемпературный герметик защитное покрытие повышает адгезию к стеклокерамическому герметику и препятствует диффузии хрома.

Литература

1. Magdefrau N.J. Ph.D. Thesis, University of Connecticut, 2013, 158 p.
2. Neumann A. Ph.D. Thesis, Forschungszentrum Juelich, 218 p.

Работа выполнена с использованием оборудования центра коллективного пользования «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.

СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА РУТЕНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛУПРОДУКТОВ БИОТОПЛИВ

Сульман Э.М., Проценко И.И., Никошвили Л.Ж.

*Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. А. Никитина, 22, e-mail: igorprocenko@inbox.ru*

Преобразование целлюлозы и гемицеллюлоз в левулиновую кислоту (ЛК) через кислото- и металл-катализируемые реакции, и ее последующее превращение в гамма-валеролактон (ГВЛ) путем каталитического гидрирования, представляет собой важную технологическую цепочку в процессе переработки лигноцеллюлозной биомассы¹.

ГВЛ является перспективным универсальным строительным блоком, поскольку он может быть использован в качестве топливной добавки, растворителя для обработки биомассы, а также предшественника для производства углеводов, полимеров и продуктов тонкого химического синтеза².

Ключевым фактором, оказывающим влияние на поведение Ru-содержащих катализаторов селективного гидрирования ЛК, является размер частиц Ru. Наночастицы Ru, при условии стабилизации их работы, обладают высокой площадью поверхности и позволяют составить конкуренцию традиционному промышленному катализатору 5%-Ru/C.

Ранее было показано, что использование сверхсшитого полистирола (СПС) позволяет успешно решать проблему обеспечения контроля над размером каталитически активных частиц металлов и их дисперсностью.

В данной работе для селективного гидрирования ЛК до ГВЛ в качестве катализаторов применялись Ru-содержащие наночастицы, стабилизированные матрицей СПС.

Были проведены кинетические исследования при варьировании условий реакции (температуры, давления водорода, содержания ЛК). Показано, что 5%-Ru/СПС позволяет обеспечить высокие выходы ГВЛ (более 99%) и может рассматриваться как перспективный катализатор для возможного использования в гидрировании ЛК до ГВЛ.

Литература

1. Geboers J. [et al.] // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. 2014. Vol. 388-389, P. 106-115.
2. Kuwahara Y., Magatani Y., Yamashita H. // Catalysis Today. 2015. Vol. 258. Pt. 2. P. 262-269.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-08-01469.

КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ ПЕРОВСКИТОВ $\text{PrBa}_{1-x}\text{Co}_2\text{O}_{6-\delta}$ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ДЕФИЦИТОМ БАРИЯ

Сунцов А.Ю.^а, Калинин М.О.^б, Леонидов И.А.^а, Патракеев М.В.^а, Кожевников В.Л.^а

^аИнститут химии твердого тела УрО РАН,
620099, Екатеринбург, Первомайская, 91, e-mail: suntsov@ihim.uran.ru
^бУральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, Мира, 19

В последнее время большие усилия были уделены поиску новых материалов для топливных элементов, которые могут эффективно работать при температурах 500–700 °С. Одной из основных проблем в рамках решения этой задачи является значительное уменьшение кислород-ионной проводимости при уменьшении рабочей температуры. В этой связи кобальтиты $R\text{BaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$, где R – лантаноид или иттрий, привлекают внимание как катоды для среднетемпературных элементов, поскольку даже при умеренных температурах имеют достаточно высокий уровень как ионной, так и электронной проводимости.

Целью настоящей работы является изучение возможности образования однофазных кобальтитов $\text{PrBa}_{1-x}\text{Co}_2\text{O}_{6-\delta}$ с контролируемой дефектностью по бария, а также изучение особенностей обмена кислородом между оксидами и газовой фазой. Для контроля фазового состава и расчета структурных параметров использовали метод порошковой рентгеновской дифракции и полнопрофильного анализа Ритвелда. Установлено, что увеличение концентрации дефектов в подрешетке бария приводит к уменьшению объема элементарной ячейки. Для получения информации о равновесном содержании кислорода в зависимости от температуры и парциального давления кислорода в газовой фазе был использован метод кулонометрического титрования. Экспериментальные изотермические зависимости $\delta(T, p_{\text{O}_2})$ были получены для кобальтита с $x=0.1$ в интервале температур 650–950 °С и парциальных давлений 10^{-13} –0.21 атм. Для описания экспериментальных данных была разработана модель дефектообразования, в соответствии с которой рассчитаны концентрации дефектов в подрешетках кислорода и кобальта. Анализ электропроводности указывает на то, что основными носителями заряда являются поляроны малого радиуса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-60202.

АНИОННОЕ ДОПИРОВАНИЕ КАК НОВЫЙ СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФАЗ

Тарасова Н.А., Анимица И.Е.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: Natalia.Tarasova@urfu.ru*

Одним из приоритетных направлений развития альтернативной энергетики является разработка и создание топливных элементов и их компонентов, в том числе, электролитических мембранных материалов. В связи с этим возникает задача поиска технологичного и недорогого твердого электролита с высокой проводимостью, стабильного в условиях высокой температуры, окислительной и восстановительной атмосферы. В настоящее время мировым трендом являются разработки по созданию среднетемпературных топливных элементов (200-500 °С). Область средних температур является наиболее оптимальной с точки зрения энергетических затрат. Перспективными проводниками для этого температурного диапазона являются протонные электролиты на основе сложных оксидов.

Наиболее изученным методом модифицирования их структуры и оптимизации физико-химических свойств является *катионное* допирование. Однако развитие методов *анионного* допирования может стать альтернативой для получения новых материалов с улучшенными свойствами.

Перовскитоподобные сложные оксиды $ABO_{3.5}$ со структурной разупорядоченностью в кислородной подрешетке являются относительно менее изученным классом протонных проводников. Поскольку число незанятых кристаллографических кислородных позиций в таких фазах может быть велико, то могут реализоваться значимые концентрации протонных носителей тока, соответственно, высокие значения протонной проводимости.

Настоящая работа посвящена исследованию новых типов протонных электролитов – галоген-допированных кислород-дефицитных перовскитоподобных сложных оксидов (структура, транспортные свойства, химическая устойчивость). Изучены вопросы о механизмах переноса, миграционных и оседлых формах протонов, взаимосвязи их концентрации и подвижности, установлении влияния природы и концентрации допанта, а также степени кислородного разупорядочения на величину формирующейся протонной проводимости.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ Co_3O_4 НА РЕАКЦИЮ ОКИСЛЕНИЯ-ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА НА НИКЕЛЕВОМ ПЛАНАРНОМ ЭЛЕКТРОДЕ

Трофимов А.А., Шмакова В.С., Фролова Д.Ю., Кулошвили Т.С.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: 1497535@gmail.com*

Литий-воздушные аккумуляторы являются одним из наиболее перспективных направлений развития химических источников тока. По своим теоретическим характеристикам они гораздо эффективнее литий-ионных аккумуляторов. Однако эксперты указывают, что до реального выхода их на рынок потребуется, примерно, 10 – 15 лет исследований.

Одной из нерешенных в окончательном виде проблем, является выбор материала-основы и катализатора для кислородного или воздушного электрода. Существо настоящей работы связано с разработкой методики количественного сравнения эффективности катализаторов. Эффективность электрода учитывается по большому количеству параметров, в том числе, по активности катализатора. Однако в явном виде активность катализатора не может быть измерена в силу того, что учитываются одновременно капиллярные, гидрофобные, свойства электрода, поверхность контакта катализатора и целый ряд других свойств.

В работе использован подход, позволяющий оценить деполяризующее действие катализатора как его удельную характеристику.

Эксперимент представляет собой исследование, позволяющее на основе поляризационных и импедансных измерений определить силу тока на единицу поверхности смоченного периметра носителя катализатора, ширину диффузионной зоны доставки или отвода продуктов кислородного электрода в стационарном режиме. В настоящее время получены данные по площади, которую занимают частицы катализатора Co_3O_4 окклюдированные в электролитический осадок никеля и поляризационные кривые на чистом никеле и электроде с включениями. Отмечен каталитический эффект. Подготовлена ячейка для измерений поляризации с воздушным пузырьком, которая позволяет реализовать контролируемую трехфазную границу: газ, щелочной электролит, электрод с нанесенным на него слоем катализатора. Изменения объема газового пузырька и конфигурации границы в процессе электрохимических измерений предполагается визуализировать.

МИНИМИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ СОСТАВОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Фролов Е.И., Кондратюк И.М., Гаркушин И.К.

*Самарский государственный технический университет,
443100, Самара, Молодогвардейская, 244, e-mail: frolov_zhenya@inbox.ru*

Зачастую при выборе рабочего тела тепловых аккумуляторов или электролита химических источников тока используют уже известные составы, хотя при детальном рассмотрении, их компонентного состава, можно предложить более эффективный вариант. В этой связи предложен алгоритм [1], позволяющий с минимальными экспериментальными затратами, выявить полной спектр составов, удовлетворяющих комплексу необходимых свойств.

Примером успешной реализации данного подхода на системе из фторидов, бромидов, метаванадатов, молибдатов лития и калия, является выявление ряд новых многофункциональных составов. Например, достигнуто понижение температуры плавления по сравнению с самым низкоплавким компонентом – бромидом лития более, чем на 150 °С. Ряд составов с минимальной температурой плавления представлен в таблице 1.

Разработанный подход, может быть реализован на системах различного класса веществ, и полученные функциональные материалы позволят оптимизировать технологические процессы, улучшить качество изделий.

Таблица 1. Характеристики эвтектических составов системы Li, K//F, Br, VO₃, MoO₄

№	Эвтектический состав системы	Температура плавления, °С	Удельная энтальпия плавления, Дж/г
1	LiF-LiBr-LiVO ₃ -Li ₂ MoO ₄	394	183
2	KBr-KVO ₃ -K ₂ MoO ₄ -Li ₂ MoO ₄ [2]	366	127
3	KBr-LiVO ₃ -Li ₂ MoO ₄ -LiKMoO ₄	408	62
4	KBr-LiVO ₃ -Li ₂ MoO ₄ -LiBr	321	93,6
5	KBr-LiVO ₃ -LiKMoO ₄	414	64,2
6	KBr-KVO ₃ -LiKMoO ₄	362	117,0
7	KBr-KVO ₃ -K ₂ MoO ₄ -LiKMoO ₄	361	108,7

Литература

1. Гаркушин И.К., Фролов Е.И., Губанова Т.В. Электрохимическая энергетика. 2011, **11**, 93.
2. Фролов Е.И., Шашков М.О., Гаркушин И.К. Патент 2555369 РФ, 2015.

Работа выполнена в рамках государственного задания СамГТУ на 2016 г., код проекта 1285.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ НА КОМПОЗИТЕ $\text{Pd-CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$

Халиуллина А.Ш., Дунюшкина Л.А., Куимов В.М.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620990, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: lidung@list.ru*

Разработка ТОТЭ на основе протонных оксидных электролитов – один из векторов развития возобновляемой энергетики. Снизить омические потери в ТОТЭ и понизить их рабочие температуры до 500-700°C возможно при использовании пленочного электролита. Пленка электролита должна быть газоплотной для предотвращения не-электрохимического натекания топлива и окислителя, а электрод пористым – для подвода газообразного топлива и окислителя к электролиту. Электрод должен обладать высокой электронной проводимостью и хорошей электрокаталитической активностью к окислению топлива или восстановлению окислителя. Также электроды должны быть прочными, химически и термически совместимыми с электролитом.

В данной работе рассмотрена возможность получения пленочного электролита на основе CaZrO_3 на композитном электроде, содержащем керамическую фазу на основе CaZrO_3 и металлический Pd.

Электрод получали из порошков Pd (ч.) и $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$, полученного методом сжигания из солей $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$ (ч.д.а.), $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$ (ч.д.а.) и CaCO_3 (о.с.ч.) с этиленгликолем и лимонной кислотой. Pd и $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ соединяли в массовом соотношении 1/1, тщательно перетирали и спекали при 1400°C. Пленкообразующий раствор $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ готовили по методике, описанной в работе¹. Раствор наносили методом окунания подложки с последующим медленным вытягиванием и синтезом при 1000°C.

По данным РФА композит после спекания содержит фазы Pd, CaZrO_3 , а также CaPd_3O_4 в количестве около 10%; пленка $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ однофазна.

По данным СЭМ толщина пленки $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ около 3 мкм, пленка имеет хорошую адгезию и плотность. Результаты энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии показали, что в пленке $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ не содержится Pd, следовательно, он не диффундирует в пленку при синтезе.

Можно заключить, что композит $\text{Pd-CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$ является перспективным электродным материалом ТОТЭ в контакте с протонным электролитом на основе CaZrO_3 . Химическая растворная технология позволяет получать плотные пленки электролита на композите $\text{Pd-CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-6}$.

Литература

1. Duniyushkina L., Smirnov S., Kuimov V., Gorelov V., *Int. J. Hydrogen Energy*, 2014, **39**, 18385.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04013.

ИЗОТОПНЫЙ ОБМЕН КИСЛОРОДА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКЕ $O_2, Pt | YSZ | Pt, O_2$ В УСЛОВИЯХ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Ходимчук А.В.,^{а,б} Ананьев М.В.,^{а,б} Поротникова Н.М.,^б Ерёмин В.А.,^б Тропин Е.С.,^б
Фарленков А.С.,^б Курумчин Э.Х.^б

^аУральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: annakhodimcuk@gmail.com

^бИнститут высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20

Ранее методом изотопного обмена кислорода с анализом изотопного состава газовой фазы изучали обмен кислорода в электродной системе $O_2, Pt | O^{2-}$ в условиях адсорбционно-десорбционного равновесия [1]. В электрохимических системах с электролитами на основе ZrO_2, Bi_2O_3, CeO_2 наглядно продемонстрировано наличие нескольких параллельных маршрутов доставки кислорода газовой фазы в электролит, выявлено влияние на кинетику обмена кислорода электронной подсистемы электролита.

В настоящей работе разработана электрохимическая ячейка с разделенным газовым пространством для метода изотопного обмена кислорода с анализом газовой фазы. Конструкция данной ячейки позволяет проводить эксперимент по изотопному обмену кислорода в условиях градиента электрохимического потенциала кислорода. В качестве исследуемой системы была выбрана электрохимическая ячейка на основе электролита $Zr_{0.82}Y_{0.18}O_{1.91}$ (YSZ) с платиновыми электродами ($O_2, Pt | YSZ | Pt, O_2$). Электрохимические измерения осуществляли по трехэлектродной схеме подключения, разность потенциалов варьировалась в интервале $\Delta U = \pm 1.2$ V.

В работе рассматриваются возможные причины влияния напряжения на ячейке на скорости межфазного обмена (r_H , ат·см⁻²·с⁻¹), диссоциативной адсорбции (r_a , ат·см⁻²·с⁻¹), инкорпорирования кислорода (r_i , ат·см⁻²·с⁻¹) и эффективный коэффициент диффузии кислорода ($D_{эфф}$, см²·с⁻¹) в интервале температур 600–800 °С и давления 0.2–1.3 кПа.

Литература

1. Kurumchin E.Kh. Isotope Exchange Studies of Electrochemical Systems with Solid Oxide Electrolytes. Ionics, 1998, v.4, №5/6, p. 390-394

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 14-29-04009.

**КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И КИСЛОРОДНАЯ НЕСТЕХИОМЕТРИЯ
НОВЫХ КИСЛОРОД-АККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Цветкова Н.С., Цветков Д.С., Зуев А.Ю.

*Уральский федеральный университет,
620002, Екатеринбург, Мира, 19, e-mail: Nadezhda.Tsvetkova@urfu.ru*

Сложный оксид $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+\delta}$ со структурой сведенборгита интересен уникальной способностью к большой кислородной сверхстехиометрии ($\delta \approx 1.5$), которая реализуется в интервале низких температур (200–400 °С). Вместе с этим, применение $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+\delta}$ ограничено, поскольку при температурах 600–900 °С соединение термически нестабильно. Целью настоящей работы является подбор допантов, стабилизирующих структуру $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+\delta}$ в интервале средних температур, исследование влияния допирующих добавок на кристаллическую структуру и кислородную нестехиометрию оксидных фаз $\text{YBaCo}_{4-x}\text{M}_x\text{O}_{7+d}$ (M = Al, Ga, Zn).

Поликристаллические образцы $\text{YBaCo}_{4-x}\text{M}_x\text{O}_{7+d}$ (M = Al, Ga, Zn) с различным содержанием допантов получали твердофазной реакцией. Синтез проводили ступенчато в интервале температур 900–1200 °С. Фазовый состав образцов контролировали методом РФА на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 в Cu K α – излучении. Уточнение структурных параметров оксидов проводили полнопрофильным анализом по методу Ритвелда в программе Rietica.

Кислородную нестехиометрию, δ , сложных оксидов $\text{YBaCo}_{4-x}\text{M}_x\text{O}_{7+d}$ (M = Al, Ga, Zn) в зависимости от температуры (25–1000 °С) исследовали методом термогравиметрического анализа (ТГА, термовесы Rubotherm DynTherm LP-ST). δ в зависимости от парциального давления кислорода p_{O_2} изучали методом кулонометрического титрования в автоматизированной установке в интервале $T = 800\text{--}1050$ °С и $p_{\text{O}_2} = 10^{-5}\text{--}0.21$ атм. Абсолютное значение содержания кислорода определяли методом окислительно-восстановительного титрования.

Низкотемпературная абсорбция кислорода исследована долговременным отжигом в атмосфере O_2 при температуре максимальной абсорбции, определенной из данных ТГА.

В результате работы определены области гомогенности оксидных фаз $\text{YBaCo}_{4-x}\text{M}_x\text{O}_{7+d}$ по Al, Ga, Zn; установлен состав термически стабильных оксидов и изучена их способность к абсорбции кислорода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам, СП-3440.2016.1.

НАТРИЙ-КАТИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ $\text{NaFeO}_2\text{-SnO}_2$

Шехтман Г.Ш., Антонов Б.Д.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: shekhtman@ihte.uran.ru*

Твёрдые электролиты с высокой натрий-катионной проводимостью представляют интерес для разработки электрохимических альтернативных источников электрической энергии, работающих при повышенных температурах, таких как высокоэнергетические химические источники тока с натриевым анодом¹, термоэлектрические преобразователи². В настоящее время известно большое количество натрийпроводящих твёрдых электролитов⁴, однако большинство из них имеет недостатки, затрудняющие практическое применение, поэтому работы, посвящённые синтезу новых твёрдых натрийкатионных проводников остаются актуальными.

Ранее было показано⁴, что довольно высокую проводимость по катионам Na^+ имеют твёрдые растворы со слоистой структурой α -модификации NaFeO_2 в системе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$. В настоящей работе приводятся результаты исследования электропроводности и кристаллической структуры феррита натрия, допированного оловом.

В системе $\text{Na}_{1-x}\text{Fe}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_2$ обнаружена широкая область твёрдых растворов на основе NaFeO_2 , причём до $x \approx 0,20$ сосуществуют γ - и α -модификации. С увеличением содержания олова относительное количество γ -фазы в образцах уменьшается, и в интервале $x \approx 0,20\text{-}0,30$ образцы однофазны и имеют структуру $\alpha\text{-NaFeO}_2$.

Чистый NaFeO_2 имеет смешанную электронно-ионную проводимость. Введение Sn^{4+} сопровождается ростом натрий-катионной и снижением электронной составляющих. Последняя в образцах с $x > 0,1$ не превышает долей процента. Максимальную электропроводность ($\sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$) и минимальную энергию активации проводимости ($\sim 35 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) имеют твёрдые растворы со структурой $\alpha\text{-NaFeO}_2$.

Литература

1. Julien C. Materials Science and Engineering, 1990, **6**, 9.
2. Cole T. Science, 1983, **221**, 915.
3. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твёрдого тела. Т.1. – СПб.: Изд-во СПб университета, 2000. – 616.
4. Бурмакин Е.И., Шехтман Г.Ш. Электрохимия, 1985, **21**, 752.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО ИСТОЧНИКА ТОКА

Щелканова М.С., Шевелин П.Ю., Суслов Е.А.

*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
620137, Екатеринбург, Академическая, 20, e-mail: werty0@e1.ru*

Фаза $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ обладает слоистой структурой¹, способной к обратимому внедрению лития, а также имеет высокие удельные энергетические характеристики и хорошую циклируемость^{2,3}. Поэтому представляется перспективной разработка высокоэнергетических электрохимических преобразователей энергии с катодами из литий-ванадиевых бронз типа $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ и систематическое изучение поведения бронз в ячейках с твердым и апротонным электролитом.

Литий-ванадиевые бронзы $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ получены твердофазным синтезом (590°C) и методами химического осаждения (400°C)⁴. Проведено исследование физико-химических свойств бронзы с помощью методов РФА, растровой электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, дифференциальной сканирующей калориметрии. Получены неизвестные ранее сведения об электропроводности бронзы $\text{Li}_{1+x}\text{V}_3\text{O}_8$ в интервале 20-550°C. Сняты циклические вольтамперограммы и импеданс-спектры ячеек.

Электрохимическими методами были исследованы симметричные ячейки $\text{LiV}_3\text{O}_8 | \text{LiCl}_4 | \text{LiV}_3\text{O}_8$ и $\text{LiV}_3\text{O}_8 | \text{Li}_{7.86}\text{Mg}_{0.07}\text{ZrO}_6 | \text{LiV}_3\text{O}_8$, имитирующие работу катода источника тока с апротонным и твердым электролитом. Методом разрыва тока и импедансной спектроскопии установлено, что при температуре 550°C величина сопротивления ячейки $\text{LiV}_3\text{O}_8 | \text{Li}_{7.86}\text{Mg}_{0.07}\text{ZrO}_6 | \text{LiV}_3\text{O}_8$ составляет ~100 Ом. Исследование вольтамперных характеристик в интервале 20-600°C показало, что зависимость внутреннего сопротивления источников тока $\text{LiV}_3\text{O}_8 | \text{Li}_{7.86}\text{Mg}_{0.07}\text{ZrO}_6 | \text{LiV}_3\text{O}_8$ от температуры носит экспоненциальный характер.

Литература

1. Иванов-Шиц А.К., Демьянец Л.Н. Материалы ионники твердого тела. 2003. 12. с. 35.
2. Stanley Whittingham M. *Chemical Reviews*, 2004, Vol. 104, No. 10. P. 4271-4301.
3. Xunhui Xiong, Zhixing Wang, Huajun Guo, Xinhai Li, Feixiang Wu, Peng Yue. *Electrochimica Acta*. 2012, Vol. 71, P. 206-212.
4. Dai J., Li S. F.Y., Gao Z., Siow K.S. *J. Electrochem. Soc.* 1998, Vol. 145, P. 3057-3062.

ЗАОЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ BrO_3^- ИОНА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ДИСКОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Антипов А.Е.,^{а,б} Воротынцев М.А.,^{а,б,в,г} Модестов А.Д.,^а Конев Д.В.^{а,в}

^аРоссийский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: 89636941963antipov@gmail.com

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1/3

^вИнститут проблем химической физики РАН, 142432, Черноголовка, проспект Семенова, 1

^гICMUB, UMR 6302 CNRS-Université de Bourgogne, Dijon, France

В работе изучается реакция перехода бромата лития LiBrO_3 в бромид LiBr , которой благодаря очень высокой растворимости обоих веществ в воде и переносу 6 электронов на один затраченный бромат-ион соответствуют очень высокие плотности энергии¹, что перспективно для проточных редокс батарей². Измерения в нестационарных условиях необходимы для изучения релаксационных процессов в такой системе, в частности, для установления времени выхода на стационарный режим.

Показано (см. рис. 1), что при наложении заданного тока потенциал ВДЭ $E(t)$ в течение очень короткого начального промежутка времени t_k (в миллисекундном интервале) быстро эволюционирует от большого положительного (бестокового) значения в отрицательную сторону за счет распространения диффузионного фронта внутри тонкого кинетического слоя без участия бромат-иона. Затем (при $t > t_k$) активируется реакция конпропорционирования $\text{BrO}_3^- + 5 \text{Br}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Br}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$, благодаря которой начинают резко расти концентрации брома и бромида внутри кинетического слоя, а нестационарный диффузионный слой распространяется вне него. В результате при наложении достаточно сильного тока потенциал $E(t)$ проходит через минимум, после чего начинается его смещение в положительную сторону с приближением к его стационарному значению.

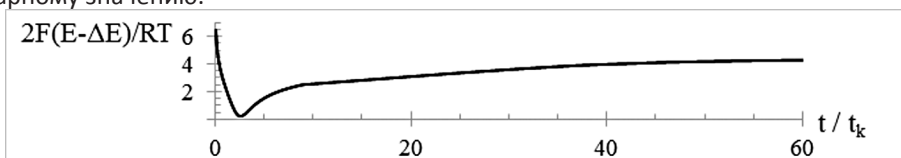


Рисунок 1. Зависимость величины $2F(E-E^\circ\Delta E)/RT$ от безразмерного времени t/t_k при наложении заданного тока.

Литература

1. Vorotyntsev M.A., Konev D.V., Tolmachev Y.V., *Electrochim. Acta*, 2015, **173**, 779.

ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ БРОМАТА В КИСЛЫХ РАСТВОРАХ: ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА ДИФфуЗИОННЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРОТОНОВ

Антипов А.Е.,^{а,б} Воротынцев М.А.,^{а,б,в,г} Толмачев Ю.В.^а

^аРоссийский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: 89636941963antipov@gmail.com

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские Горы, 1/3

^вИнститут проблем химической физики РАН,
142432, Черноголовка, проспект Семенова, 1

^гИнститут молекулярной химии университета Бургундии, Франция, Дижон

LiBrO₃ представляет собой перспективный окислитель для проточных редокс батарей, обладающих чрезвычайно высокой плотностью энергии¹. При достаточно высокой концентрации протонов в системе может протекать ток с очень высокой плотностью, лимитируемый предельным диффузионным потоком бромата². Поскольку высокая кислотность раствора, несмотря на ее ключевую роль для протекания реакции пропорционирования, может привести к разложению BrO₃⁻, интерес вызывает случай, когда в объеме раствора концентрация BrO₃⁻ значительно выше, чем концентрация H⁺. В работе представлены результаты численного интегрирования уравнений диффузионного транспорта для ВДЭ для модели слоя Нернста при избытке бромата (см. рис. 1).

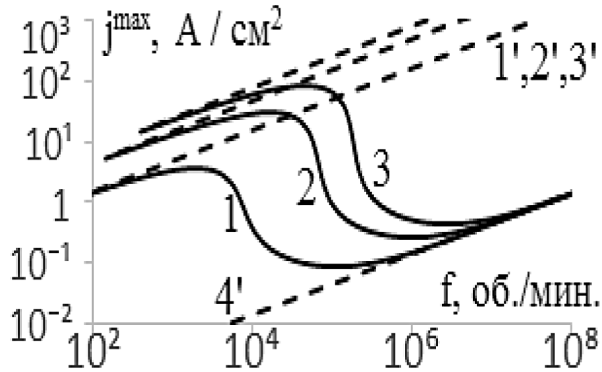


Рисунок 1. Зависимость максимальной плотности тока j^{\max} от скорости вращения ВДЭ f . Объем раствора: 1М (кривая 1), 3М (кривая 2) или 5М (кривая 3) H⁺ + 0.001 М Br₂ + избыток BrO₃⁻. Соответствующие пунктирные прямые соответствуют предельным диффузионным токам по компонентам системы: протонам (H⁺) (прямые 1', 2', 3') и бромату (Br₂) (прямая 4').

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-33-00975.

Литература

1. Tolmachev Y.V., Pat. Appl. 14/184,702 USA, 2014

2. Vorotyntsev M.A., Konev D.V., Tolmachev Y.V., Electrochim. Acta, 2015, **173**, 779.

КОНВЕРСИЯ МЕТАНОЛА В ПРИСУТСТВИИ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Антонюк С.Н.,^а Голосман Е.З.,^б Апекова Ф.В.^а

^аМосковский технологический университет,
119571, Москва, проспект Вернадского, 86, e-mail: antonyuk2006@yandex.ru
^бООО "НИАП-Катализатор", 301660, Новомосковск, Связи, 10

Необходимость увеличения объема производства метанола связывают не только с обеспечением сырьем традиционных химических производств кислородсодержащих соединений, но также и с решением актуальных проблем транспорта и экологии.

На кафедре Технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива Московского технологического университета (МИТХТ) совместно с ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН и ООО "НИАП-Катализатор" разработана технология комплексной переработки метанола с получением синтез-газа, водорода и монооксида углерода, диметилового эфира, а также метилформиата (МФ) - полупродукта для получения алкилформамидов и муравьиной кислоты^{1,2}.

Для реализации процесса комплексной переработки метанола разработаны эффективные медьсодержащие каталитические системы с использованием бессточной технологии химического смешения гидроксокарбоната меди и гидроксокарбоната цинка с алюмокальциевыми цеменстами в качестве носителей. С целью повышения теплопроводности каталитических систем в образцы катализаторов вводили добавки порошков меди или цинка до 50%об.

Изучение активности и селективности медьцинкалюмокальциевых систем в дегидрировании метанола до метилформиата показало, что в зависимости от типа катализатора процесс может быть реализован с производительностью до 400 – 600 г МФ/л_{кат}·ч. при температуре 220 - 250°C и объемной скорости подачи метанола 12 ч⁻¹.

Литература

1. Круглова М.А., Ярошенко М.П., Антонюк С.Н. и др. Вестник МИТХТ, 2008, 3, 6, 22.
2. Круглова М.А., Ярошенко М.П., Антонюк С.Н. и др. Катализ в промышленности. 2008 г., 5, 57

Исследования проводили в рамках выполнения Государственного задания Министерства образования и науки РФ, 2014/114, код проекта 564.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ

Десятов А.В.,^а Колесников В.А.,^а Колесников А.В.,^а Круглая Т.И.,^а Попель О.С.^б

^аРоссийский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, email: avdesyatov@mail.ru, t.kruglaya@gmail.com

^бОбъединенный институт высоких температур РАН, 125412, Москва, Ижорская, 13-2

Сочетание катода на основе активированного угля и анода на основе предварительно литированного графита позволяет создать принципиально новый тип накопителя энергии – литий-ионный конденсатор, обладающий преимуществами двойнослойных конденсаторов (высокая удельная мощность и значительное количество рабочих циклов) и литий-ионных аккумуляторов (высокая удельная энергия). Использование доступных материалов при изготовлении устройства позволит снизить стоимость продукта, что расширит области применения. В качестве одной из областей применения рассматриваются автономные опреснительные системы на возобновляемых источниках энергии.

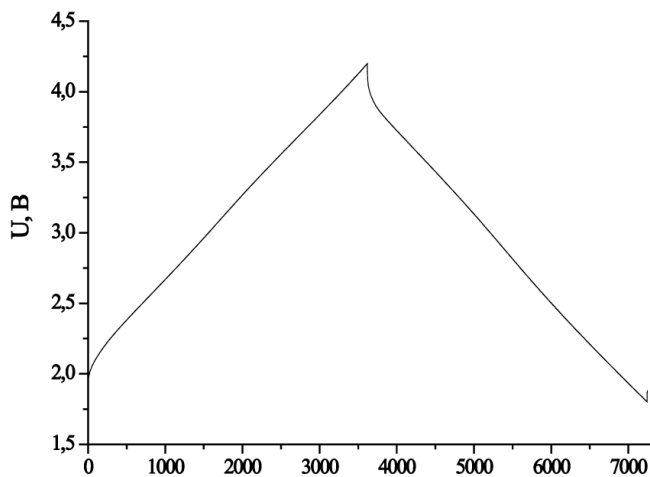


Рисунок 1. Заряд-разрядный профиль литий-ионного конденсатора, 1,8–4,2 В, 1С.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы” по Соглашению 14.577.21.0122 от 20 октября 2014 года. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0122.

ОЧИСТКА ВОДОРОДА ОТ ПРИМЕСИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА НА НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Джафарова С.Т.

*Институт Катализа и Неорганической химии им. академика М.Ф.Нагиева
НАН Азербайджана, 1143, Азербайджан, Баку, проспект Гусейн Джавида, 113,
e-mail: rsevil7@gmail.com*

Водород – высокоэффективный экологически чистый энергоноситель. Сырьевым ресурсом для получения водорода является газ, биомасса, причем как растенный, так и отходов, уголь, некоторые представители флоры, например, водоросль *Chlamydomonas reinhardtii*.

Сам процесс получения водорода состоит из двух этапов. На первом этапе получают водородсодержащий газ (синтез-газ), представляющий смесь оксида углерода и водорода. На втором этапе этот газ очищают от монооксида углерода реакцией его водяной конверсии и далее селективным окислением.

В данном тезисе доклада представлены результаты исследования каталитической активности медьсодержащих наноконпозиционных систем, следующего состава Cu – Me – O (Me – Co, Ni, Zn) и Cu – Me – Al – O (Me – Co, Zn), полученных методом гидротермального синтеза в жидкой фазе в реакции селективного окисления монооксида углерода.

Композиционные материалы получены в автоклаве из кристаллогидратов нитратов гидротермальным методом в присутствии этиленгликоля, глицерина, формальдегида. Продукты реакции охарактеризованы методами РФА, ИКС, УФ, электронной микроскопии.

Исследования активности указанных катализаторов проведены в реакторе проточного типа с неподвижным слоем катализатора 0.1 см³, в интервале температур 20-300°C, объемной скорости 9000-11000 ч⁻¹. Температура процесса измерена хромель-копелевой термопарой на выходе из катализатора.

Исследования показали, что наибольшей активностью обладают Cu – Co – O катализаторы, дающий 100% конверсию монооксида углерода при температуре 180-190°C.

Таким образом, гидротермальный метод позволяет управлять морфологией дисперсного продукта и получать наноразмерные оксидные материалы, обладающие высокой каталитической активностью в процессе селективного окисления монооксида углерода.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «SOCAR», проект 07 от 15.10.2014г.

КОНЪЮГАТЫ ПОРФИРИН – КЛОЗО-ДЕКАБОРАТ ДЛЯ СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЯЧЕЕК

Ежов А.В.,^а Жданова К.А.,^а Жданов А.П.,^б Брагина Н.А.^а

^аМосковский технологический университет,
119571, Москва, проспект Вернадского, 86, e-mail: artem.ejov@gmail.com

^бИнститут общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
119991, Москва, Ленинский проспект, 31

Ранее нами был продемонстрирован синтез ряда порфиринов, содержащих алкоксильные заместители, которые конъюгировали с клозо-декаборат анионом через амидиновый линкер.¹ Чтобы исследовать их способность к фотоэлектропреобразованию, были изготовлены модельные сенсibilизированные красителем солнечные ячейки. Фотоанод получали нанесением пасты из TiO₂ на полупроводниковое стекло FTO, выдерживали в течение суток в растворах красителей с концентрацией 0,5 мМоль/л в смеси ацетонитрила с трет-бутанолом. Измерение генерируемого ячейкой напряжения и силы тока проводили в свете люминесцентной лампы. В качестве красителя использовали 5,10,15,20-тетрафенилпорфирин (ТФП), 5-(4-аминофенил)-10,15,20-трис(4-*n*-тетрадецилоксифенил)порфин (**1**) и [2-{1-(5-(4-аминофенил)-10,15,20-трис(4-*n*-тетрадецилоксифенил)порфирин)}этилиденаммониононагидроклозо-декаборат)](1-) тетрабутиламмония (**2**).

Как видно из представленных в таблице 1 результатов, введение алкоксильных заместителей позволило добиться увеличения напряжения, а конъюгирование порфирина с борным кластером обеспечило увеличение как напряжения, так и силы тока более, чем в 1,5 раза.

Таблица 1. Фотоэлектрические параметры модельных ячеек

Краситель	Напряжение, мВ	Сила тока, мкА
ТФП	110	30
1	130	30
2	190	50

Литература

1. Жданова К.А., Жданов А.П., Ежов А.В., Фахрутдинов А.Н., Брагина Н.А., Жижин К.Ю., Кузнецов Т.Н., Миронов А.Ф. *Макрогетероциклы*, 2014, **7** (4), 394-400.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 16-33-00459 мол_а и 16-03-01039 А.

ПОЛИМЕРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ГИБКИХ ПОДЛОЖКАХ

Колесников В.А., Десятов А.В., Емец В.В., Крюков А.Ю., Саранин Д.С., Потапова К.А.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: kruk_s@mail.ru; danilasaranin@gmail.com

В представленной работе были разработаны солнечные элементы на основе органических полупроводников. В качестве фотоактивного компонента использовали объемный гетеропереход на основе высокоэффективного полимера РТВ7 и акцептора – фуллеренового производного РСВМ (рисунок 1). Максимальная достигнутая эффективность использования солнечного света (КПД) составила более 5%.

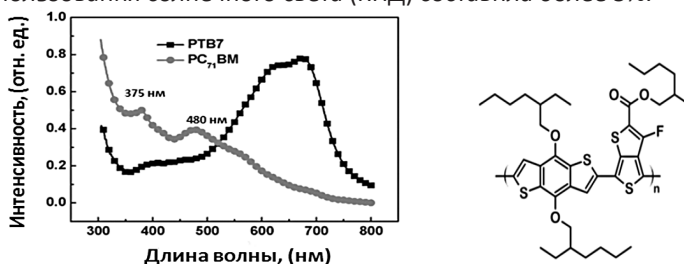


Рисунок 1. Спектр поглощения полимера РТВ7 и акцептора РСВМ (слева), Схема молекулы полимера РТВ7 (справа)

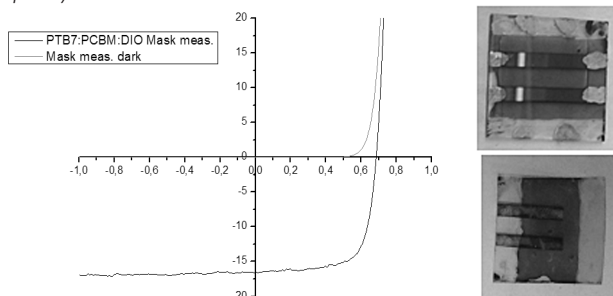


Рисунок 2. ВАХ солнечного элемента на основе органических полупроводников (слева), фото (справа)

Таблица 1. Выходные вольтамперные характеристики

$U_{\text{хх}}, \text{В}$	$J_{\text{кз}}, \text{мА/см}^2$	Фактор заполнения	КПД (%)	$R_{\text{шунт}}, \Omega \cdot \text{см}^2$	$R_{\text{послед}}, \Omega \cdot \text{см}^2$
0,69	16,55	0,7	>5,0	$5,1 \cdot 10^6$	0,56

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», соглашение 14.574.21.0096, Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57414X0096.

ЗАВИСИМОСТЬ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ СО СТРУКТУРОЙ NASICON ОТ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ

Куншина Г.Б., Бочарова И.В., Беляевский А.Т.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им.
И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН,
184209, Апатиты, Академгородок, 26а, e-mail: kunshina@chemy.kolasc.net.ru*

В настоящее время практическое использование твердых электролитов в твердотельных литий-ионных аккумуляторах сдерживается из-за высокого сопротивления межзеренных границ, присущего поликристаллическим материалам. Ионная проводимость зерен $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$, определенная методом комплексного импеданса, достигает $3 \cdot 10^{-3}$ См/см, в то время как общая проводимость составляет лишь $7 \cdot 10^{-4}$ См/см¹.

Нами проведены исследования по зависимости ионной проводимости твердых электролитов со структурой NASICON состава $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ (LATP) и $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ (LAGP) от их микроструктуры с целью получения образцов с максимальной ионной проводимостью. Было установлено, что на ионную проводимость твердых электролитов влияет не только величина температуры спекания, при которой достигается высокая плотность (низкая пористость) таблеток, но и продолжительность спекания, в результате чего происходит рост кристаллитов, что приводит к снижению зернограничного сопротивления и повышению общей проводимости.

Из однофазных порошков LATP и LAGP, синтезированных по оригинальной методике из жидкофазных прекурсоров²⁻³, были приготовлены таблетки, которые спекали при температуре 850-1000 °С в течение 1-12 ч с последующим измерением электрохимических характеристик. На основе анализа спектров электрохимического импеданса было установлено, что при одинаковой плотности самое высокое значение зернограничного сопротивления имеют таблетки после спекания в течение 1 ч. Это можно объяснить тем, что за непродолжительное время не успевает произойти рост зерен. Формирование микроструктуры с высокой кристаллическостью происходит в результате спекания LAGP при 850°С в течение 12 ч.

Литература

1. Aono H., Sugimoto E., Sadaoka Y. et al. *J. Electrochem. Soc.* 1990. **137**, №4, 1023.
2. Куншина Г.Б., Громов О.Г., Локшин Э.П., Калинин В.Т. *Пат. 2493638 РФ*, 2012.
3. Куншина Г.Б., Бочарова И.В., Локшин Э.П. *Заявка 2015114901 РФ*, 2015.

Работа при финансовой поддержке ведущих научных школ, грант НШ 487.2014.3.

КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Макаренков Д.А., Назаров В.И., Мавлюдова Я.А.

*Московский Государственный Машиностроительный Университет,
105066, Москва, Старая Басманная, 21-4, e-mail:zlata_yana88@mail.ru.*

В последние годы широкое распространение получили топливные гранулы, которые используются в котельных агрегатах как фермерского, так и городского хозяйства. Улучшение их теплофизических свойств достигается за счет ввода в состав гранул компонентов с повышенной теплотворной способностью. Рассмотрены вопросы гранулирования топливных гранул на основе отходов различной природы. Разработана методика для определения их теплофизических свойств (теплотворная способность и зольность). Исследования проводились как в закрытой матрице, так и в модульной ячейке с термонагревом, моделирующей канал матрицы роторного гранулятора. Компрессионные испытания проводились в широком диапазоне удельных давлений прессы $P_{уд}$, с определением плотности и прочности гранул^{1,2}.

Полученные данные позволили провести плотные испытания получения пеллет на роторном грануляторе с плоской матрицей. Особенностью данной конструкции является вращающаяся матрица с подвижными роликами, ось которых фиксирована.

Теплофизические свойства гранул определяли на установке АБК-1В. Данные испытания показали, что для топливных гранул, состоящих из опилок, пивной дробины и торфа с увеличением содержания пивной дробины теплотворная способность увеличивается. Для топливных гранул, содержащих лузгу подсолнечника и торф с увеличением количества лузги увеличивается теплотворная способность. Исследования зольности топливных гранул показали, что наименьшую зольность имеют гранулы с высоким содержанием пивной дробины и лузги подсолнечника. Наиболее предпочтительным вариантом является состав гранул, содержащих технический углерод и древесные листья. Удельная теплотворная способность данных гранул достигает 22.135 кДж/г.

Литература

1. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование. — М.: Химия, 1991. — 240с.
2. Исакович Г.А., Слуцкий Ю.Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. — М.: Стройиздат, 1988. — 214 с.

СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ФОТОПОТЕНЦИАЛА 5,10,15,20-ТЕТРАФЕНИЛПОРФИРИНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АЦЕТИЛАЦЕТОНАТА МАРГАНЦА

Наговицын И.А.,^{а,б} Комиссаров Г.Г.^б

^аИнститут общей физики им. А.М. Прохорова РАН,
119991, Москва, Вавилова, 38, e-mail: langmuir@bk.ru

^бИнститут химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 119991, Москва, Косыгина, 4

В рамках физико-химического подхода¹ к функциональному моделированию первичных процессов фотосинтеза изучены оптические и фотовольтаические свойства тонких пленок смесей 5,10,15,20-тетрафенилпорфирина (ТФП) и ацетилацетоната марганца (III) (MnAc) на SnO₂-оптически прозрачных электродах. Основное внимание было уделено изучению изменения величины фотопотенциала (ФП) при изменении соотношения компонентов в пленке. За ключевую стадию фотосинтеза – окислительную реакцию с выделением кислорода – отвечает ассоциированный с фотосинтетической мембраной белок, включающий кластер марганца². Нанесение пленок осуществляли на установке, собранной в лаборатории на основе центрифуги ЦЛМН-Р10-02 «Элекон» (Россия), при скорости 2000 об/мин из растворов (0,6 мг/мл) в хлороформе. Фотовольтаические измерения проводили по методике³. Обнаружена сенсбилизация ФП на 23-50 % при добавлении 0,8 – 30 % (расчет на количество молекул) MnAc в пленку ТФП. Максимальное усиление наблюдали при 30 % содержании MnAc; дальнейшее увеличение его количества приводило к уменьшению ФП. Величина ФП однокомпонентных пленок ТФП (49 мВ) значительно превышает таковую для однокомпонентных пленок MnAc (0,3 мВ). Свойства пленок контролировали методами абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии (спектрометры Shimadzu UV-1800 и RF-5300рс), флуоресценцию ТФП ($\lambda_{em} = 654$ нм) регистрировали при $\lambda_{ex} = 420$ нм. Коллектив благодарит Костину М.В. (НИОПИК) за синтез MnAc.

Литература

1. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез: физико-химический подход. – М.: УРСС, 2003. – 224 с.
2. Photosynthesis Plastid Biology, Energy Conversion and Carbon Assimilation ed. Eaton-Rye J.J., Tripathy B.C., Sharkey T.D. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2012. – 856 p.
3. Наговицын И.А., Щербатов Д.Ю., Чудинова Г.К., Савранский В.В., Комиссаров Г.Г. *Краткие сообщения по физике ФИАН*, 2004, **2**, 3.

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОМПЛЕКСА АЦЕТИЛАЦЕТОНАТА МАРГАНЦА С СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ. ВЛИЯНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА.

Наговицын И.А.,^{а,б} Чудинова Г.К.,^{а,в} Бутусов Л.А.,^г Комиссаров Г.Г.^б

^аИнститут общей физики им. А.М. Прохорова РАН,
119991, Москва, Вавилова, 38, e-mail: langmuir@bk.ru

^бИнститут химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 119991, Москва, Косыгина, 4

^вНациональный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
115409, Москва, Каширское шоссе, 31

^гРоссийский университет дружбы народов, 117198, Москва, Миклухо-Маклая, 6

В рамках альтернативной концепции фотосинтеза¹ впервые получены ассоциаты сывороточного альбумина человека (САЧ) и ацетилацетоната марганца (III) (MnAc) (аналог кислород-выделяющего комплекса природного фотосинтеза), исследовано их влияние на флуоресценцию новых наноразмерных поверхностей $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$, в том числе, в присутствии H_2O_2 как возможного источника кислорода в фотосинтезе. Наноразмерные соединения цинка представляют значительный интерес с точки зрения эволюции фотосинтетических процессов² и, в то же время, разработки новых типов солнечных преобразователей, например³. Образцы $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$ предоставлены В.А. Мошниковым, И.Е. Кононовой (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), синтез MnAc проведен Костиной М.В. (НИОПИК). Комплекс САЧ: MnAc = 1:17 готовили перемешиванием раствора САЧ (10^{-5} М) в 0,1 М NaCl и раствора MnAc в хлороформе до испарения последнего. Нанесение пленок на поверхности $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$ проводили методом спинкоатинга (2000 об/мин, $[\text{САЧ}:\text{MnAc}] = 10^{-5} - 10^{-13}$ М). Наблюдали тушение люминесценции $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$ ($\lambda_{\text{ex}} = 280$ нм (максимум поглощения САЧ), $\lambda_{\text{em}} = 365$ нм) на 13-84 % с минимумом при концентрации САЧ: MnAc = 10^{-11} М. Добавление H_2O_2 в концентрациях 10^{-5} - 10^{-9} М в раствор САЧ: MnAc (10^{-11} М) усиливает люминесценцию $\text{ZnO}:\text{SiO}_2$ по мере снижения её концентрации, максимальное усиление в 5,8 раза наблюдали при концентрации $\text{H}_2\text{O}_2 = 10^{-7}$ М.

Литература

1. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез: физико-химический подход. – М.: УРСС, 2003. – 224 с.
2. Mulkidjanian A.Y. *Biol Direct.* 2009, **4**, 26.
3. Anta J.A., Guillén E., Tena-Zaera R. *J. Phys. Chem. C*, 2012, **116** (21), 11413.

ЛИПИДЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ КАК СЫРЬЁ ДЛЯ СИНТЕЗА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Нагорнов С.А.,^а Романцова С.В.,^б Корнев А.Ю.,^а Мещерякова Ю.В.^а

^аВсероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Тамбов, Новорубежный переулок, 28, e-mail: snagornov@yandex.ru

^бТамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
392000, Тамбов, Интернациональная, 33

Одной из наиболее перспективных технологий получения альтернативных топлив является синтез биотоплива из липидов, синтезируемых микроводорослями. Липидная фракция микроводорослей может включать органические соединения различных классов. Однако сырьём для синтеза биодизельного топлива могут служить только простые омыляемые липиды – триацилглицерины.

Методом ИК-спектроскопии установлена идентичность триацилглицеринов растительных масел и компонентов липидной фракции микроводорослей *Chlorella vulgaris*, выращенных в стрессовых условиях.^{1,2} Компоненты липидной фракции могут служить сырьём для синтеза биодизельного топлива по реакции переэтерификации.

С использованием квантово-химического расчёта установлено строение и определены индексы реакционной способности молекулы субстрата (триацилглицерина) и возможных реагентов – метилового спирта и алкоголятов. По данным расчёта наибольшую активность в реакции нуклеофильного замещения проявляет алкоголят-ион, имеющий большой частичный отрицательный заряд на атоме кислорода.

Как показывает расчет, реакционным центром субстрата является атом углерода в *ν*-положении молекулы триацилглицерина как по величине заряда, так и по стерическим соображениям.³

Анализ ИК-спектров компонентов биодизельного топлива, синтезированного из липидной фракции микроводоросли и исходных триацилглицеринов позволил установить, что в условиях протекания реакции алкоголиза в радикалах высших карбоновых кислот процесс *цис-транс*-изомеризации не происходит.

Литература

1. Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г., Пашинин В.А. Вестник ТГУ, **17(1)**, 2012, 339.
2. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Мещерякова Ю.В. *Наука в центральной России*, 2015, **6(18)**, 33.
3. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Мещерякова Ю.В., Корнев А.Ю. *Наука в центральной России*, 2016, **1(19)**, 45

ЭКСТРАКЦИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ СИНТЕЗА БИОТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Нагорнов С.А.,^а Романцова С.В.,^б Корнев А.Ю.,^а Мещерякова Ю.В.^а

^аВсероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Тамбов, Новорубежный переулок, 28, e-mail: snagornov@yandex.ru

^бТамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 392000, Тамбов, Интернациональная, 33

Биодизельное топливо используется для улучшения экологических и противоизносных свойств дизтоплива, а также для повышения его цетанового числа. В качестве возобновляемого непищевого растительного сырья для его синтеза можно использовать триацилглицерины, синтезированные микроводорослями (сырьё третьего поколения).

Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 обладает стрессположительной реакцией и является одним из перспективных штаммов – продуцентов триацилглицеринов. Полной экстракции липидов из клеток препятствует наличие твердой, плотной клеточной оболочки.

Для её разрушения предлагается использование ферромагнитных частиц, которые движутся в вихревом электромагнитном поле.

Хроматографически определён качественный жирнокислотный состав и количественное соотношение кислот в исследуемых триацилглицеринах. Результатом дезинтеграции клеточных стенок является более полное извлечение триацилглицеринов из клетки.^{1,2}

Для повышения степени экстракции триацилглицеринов предлагается использование аппаратов с закрученным потоком инертных тел.³

Составлена математическая модель противоточной многоступенчатой экстракции, уравнения которой позволяют рассчитывать концентрацию липидов как в растворителе, так и в биомассе на каждой ступени разделения.⁴ Разработана программа для решения уравнений математической модели. Для полного разделения экстракта и шрота необходимо три ступени экстракции.

Литература

1. Нагорнов С.А., Мещерякова Ю.В., Дмитриев В.М., Ликсутина А.П., Ерохин И.В. *Наука в центральной России*, 2015, **3(15)**, 11.
2. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Мещерякова Ю.В. *Наука в центральной России*, 2015, **6(18)**, 33.
3. Нагорнов С.А., Дмитриев В.М., Мещерякова Ю.В., Ликсутина А.П. *Патент 2555554 РФ*, 2014.
4. Нагорнов С.А., Лузгачев В.А., Мещерякова Ю.В., Мещеряков А.Г. *Наука в центральной России*, 2015, **6(18)**, 40.

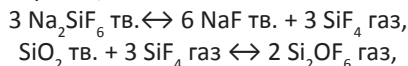
ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ КРЕМНЕКИСЛОТЫ ВО ФТОРОСИЛИКАТЕ НАТРИЯ НА ЧИСТОТУ ПОЛУЧАЕМОГО ТЕТРАФТОРСИЛАНА

Поляченко О.Г., Брановицкая Н.В., Поляченко Л.Д.

*Могилевский государственный университет продовольствия,
2012027, Беларусь, Могилев, проспект Шмидта, 3, e-mail: polyachenok@mogilev.by*

Фторосиликат натрия Na_2SiF_6 является побочным продуктом крупнотоннажного производства фосфорных удобрений путем кислотной переработки апатитов и фосфоритов. Он широко применяется в различных отраслях производства, в том числе для получения SiF_4 , который используется в современных технологиях получения полупроводниковых материалов. Перспективным является его применение для получения кремния солнечного качества путем восстановления SiF_4 некоторыми активными металлами или путем конвертирования SiF_4 в газообразный силан SiH_4 с его последующим термическим разложением и получением полупроводникового кремния для развития наземной солнечной энергетики¹.

Ниже показано, что качество получаемого в этих целях Na_2SiF_6 должно удовлетворять особому критерию, соблюдение которого не требуется в других областях его применения – он должен содержать минимальное количество примеси дисперсного SiO_2 (кремнекислоты). Наши опыты показали, что дисперсный SiO_2 , в отличие от компактного, достаточно быстро реагирует с Na_2SiF_6 при температурах 600–650 °С с образованием летучего оксофторида Si_2OF_6 , который затем разлагается на стенках кварцевого сосуда с образованием SiO_2 ; особенно быстро такая реакция идет на поверхности Pt. Как следует из стехиометрии реакций



даже небольшая примесь SiO_2 во фторосиликате может привести к значительному загрязнению получаемого SiF_4 оксофторидом и к существенному снижению степени использования Na_2SiF_6 . Так, 1 масс. % SiO_2 бесполезно расходует по второй реакции около 10 % исходного Na_2SiF_6 . Наши опыты показали, что химический анализ Na_2SiF_6 часто существенно занижает содержание SiO_2 во фторосиликате, а обычная технология получения Na_2SiF_6 дает 2–3 % SiO_2 . Поэтому нами разработан² способ получения Na_2SiF_6 , обеспечивающий содержание SiO_2 во фторосиликате на уровне 0,1 %.

Литература

1. Туровский Б.М., Мильвидский М.Г. *Цветные металлы*, 1981, N 9, 1–7.
2. Поляченко О.Г., Брановицкая Н.В., Поляченко Л.Д. Заявка патент РБ. *Афіцыйны бюлетэнь*, 2015, N 1, 14.

«ONE–POT» ЖИДКОФАЗНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ Н-БУТАНОЛА ДО 2-ЭТИЛГЕКСАНОЛА

Сулман А.М., Матвеева В.Г., Долуда В.Ю., Григорьев М.Е.

*Тверской государственной технической университет,
170026, Тверь, набережная А. Никитина, 22, e-mail:sulman@online.tver.ru*

Конденсацией низших спиртов можно получить те же товарные продукты, что и конденсацией соответствующих альдегидов и кетонов. В ряде случаев, однако, промышленность не располагает необходимыми карбонильными соединениями, а имеет только низкомолекулярные спирты. В этом случае реакция конденсации может служить главным техническим методом переработки этих спиртов. Получаемые спирты с удвоенным или утроенным числом углеродных атомов используют для производства пластификаторов, поверхностно-активных веществ, флотореагентов, растворителей и др.¹

2-этил-1-гексанол (2EH) - наиболее важное соединение, принадлежащее к классу “спиртов пластификаторов” (высшие спирты C6–C11). Так например, 2-этил-1-гексанол используется для синтеза бис(2-этилгексил)фталата, наиболее широко применяемого пластификатора для поли(винилхлорида). Кроме того 2EH используется в качестве компонента катализатора в системе полимеризации акрилатов для водных дисперсий сополимерных латексов.² Поэтому появился интерес разработать «one–pot» процесс с участием гетерогенных металлических катализаторов. Синтез 2EH, через реакцию Гербе, состоящий в самоконденсации н-бутанола (BuOH), является наиболее благоприятным маршрутом. Известно, что реакция Гербе состоит из трех основных этапов: (1) дегидрирование спиртов дающие соответствующие альдегиды, (2) реакции альдольной конденсации образующихся альдегидов и (3) гидрирование ненасыщенных продуктов конденсации, чтобы дать высшие спирты Гербе.

В данной работе проводился синтез 2-этил-1-гексанола в присутствии гетерогенных палладиевых систем. Процесс проводился в реакторе PARR 4843 при варьировании таких параметров, как концентрация н-бутанола, количество катализатора, время реакции, природа растворителя, температура и давление. Изучено влияние параметров проведения процесса на конверсию н-бутанола и селективность по 2-этилгексанолу.

Литература

1. Локтев С.М., Клименко В.Л., Камзолкин В.В. Высшие жирные спирты. –М.: Химия, 1970.-234с.
2. Carlini C., Macinai A., Raspolli Galletti A.M., Sbrana G. Selective synthesis of 2-ethyl-1-hexanol from n-butanol through the Guerbet reaction by using bifunctional catalysts based on copper or palladium precursors and sodium butoxide, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 212 (2004) 65–70.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ДИЭТИЛАЦЕТАЛЯ ФУРФУРОЛА В ЭТИЛФУРФУРИЛОВЫЙ ЭФИР

Черняк М.Ю.,^а Симакова И.Л.,^б Морозов А.А.,^а Симонов М.Н.^б

^аИнститут химии и химической технологии СО РАН,
660036, Красноярск, Академгородок, 50-24, e-mail chem.krsk@gmail.com

^бИнститут катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
630090, Новосибирск, проспект Ак. Лаврентьева, 5

Перспективными компонентами биотоплив являются продукты гидрирования фурфурола и 5-гидроксиметилфурфурола, получаемых из растительной биомассы, в том числе алкилфурфуриловые эфиры, которые можно получить гидрированием соответствующих ацеталей фурфурола¹⁻⁴.

Цель представляемого сообщения состоит в поиске возможностей селективного каталитического гидрирования диэтилацетала фурфурола (ДЭАФ) в этилфурфуриловый эфир (ЭФЭ).

Основной маршрут процесса на палладиевом катализаторе (6%Pd/C) – гидрирование фуранового кольца с образованием диэтилацетала тетрагидрофурфурола (ДЭАТГФ). Конверсия ДЭАФ после 8 часов превышает 80 %. Палладий-рениевый и медный катализаторы малоактивны в процессе гидрирования ДЭАФ.

Принципиальное увеличение доли процесса гидрогенолиза ДЭАФ в ЭФЭ, а также рост скорости гидрирования в 5 – 10 раз наблюдаются при переходе от свежего катализатора к отработавшему один цикл. Выход ЭФЭ достигает 55 %, а селективность – 85 %. Найденный метод получения алкилфурфуриловых эфиров превосходит известные аналоги как по числу стадий, так и по селективности и скорости процесса гидрирования.

Литература

1. Roman-Leshkov Y., Barret C.J., Liu Z.Y., Dumesic J.A. *Nature* 2007, **447**, 982-986.
2. Симакова И.Л., Морозов А.А., Тарабанько В.Е., Черняк М.Ю. *Журнал СФУ, Химия*. 2014, **7(4)**, 536-545.
3. Тарабанько В.Е., Черняк М.Ю., Симакова И.Л., Кайгородов К.Л., Безбородов Ю.Н., Орловская Н.Ф. *Журнал прикладной химии* 2015, **88(11)**, 1563-1567. Tarabanko V.E., Chernyak M.Yu., Simakova I.L., Kaigorodov K.L., Bezborodov Yu.N., Orlovskaya N.F. *Russian Journal of Applied Chemistry* 2015, **88(11)**, 1778-1782.

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛИГНИНА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Шиманская Е.И., Степачёва А.А., Сульман Э.М.

*Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, А. Никитина, 22, e-mail: shimanskaya-tstu@yandex.ru*

В данной работе проводятся экспериментальные исследования, направленные на усовершенствования технологии переработки технических лигнинов с получением ценных химических веществ, используемых в качестве жидкого топлива.

В данной работе в качестве источника лигнина были использованы опилки хвойных пород. Процесс гидропереработки проводился при следующих условиях: масса субстрата – 1.0 г, масса катализатора – 0.1 г, температура – 200°C, парциальное давление водорода – 10 МПа, объем растворителя – 30 мл. В работе использовались следующие полярные растворители: пропанол-2, вода, этанол. Были синтезированы следующие каталитические системы: Ru/MN-270, Pd/MN-270, Ru/Al₂O₃, Pt/Al₂O₃ и Pd/Al₂O₃ (MN-270 – сверхсшитый полистирол марки Purolite). Тестирование ряда катализаторов на основе сверхсшитого полистирола показало, что наивысшая степень конверсии исходного сырья (28%) была получена при использовании катализатора Pt/MN-270 с селективностью по бензолу 60%. Среди прочих продуктов были найдены толуол (18%), циклогексан (9%) и метилциклогексан (3%). Немного меньшая конверсия (23%) была достигнута при использовании Ru/MN-270, причем селективность по бензолу составила 78%. Минимальная конверсия (12%) была получена при проведении процесса в присутствии Pd/MN-270. Тестирование катализаторов на основе оксида алюминия выявило, что наибольшая эффективность проведения процесса достигается при использовании в качестве катализатора Ru/Al₂O₃. В этом случае конверсия сырья по истечении двух часов составила 87%, а основными продуктами являлись фенол (35%), о-крезол (27%), п-крезол (26%), фурфуроловый спирт (13%). При использовании Pt/Al₂O₃ и Pd/Al₂O₃ наблюдалась меньшая степень конверсии субстрата (64 и 58% соответственно). Основными продуктами были метоксициклогексан и фурфуроловый спирт. Сравнение каталитического действия синтезированных систем показало, что наиболее перспективными в процессе одностадийной переработки лигнина являются катализаторы на основе металлов платиновой группы, нанесенные на оксид алюминия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-08-00245 А.

ЭФФЕКТИВНЫЕ НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ДЛЯ СИСТЕМ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ ВОДОРОСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА

Яковлева Н.В., Виноградова Т.С., Фармаковский Б.В.

ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»,
191015, Санкт-Петербург, Шпалерная, 49, e-mail: mail@crism.ru

Решение проблем создания материалов и инновационных технологий для водородной энергетики является весьма актуальным. Повышение эффективности новых материалов возможно за счет использования преимуществ наноматериалов и многослойных функциональных покрытий на их основе.¹

Комплексные исследования, проведенные в научном нанотехнологическом центре ФГУП ЦНИИ «КМ «Прометей», показали возможность создания мультипористых нанокатализаторов на основе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ для систем паровой конверсии углеводородного сырья в водородосодержащее топливо.²

Оптимизированы составы пористого носителя на основе систем $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Ni-Al}_2\text{O}_3$. Методом физической сорбции газов на приборе «Tristar 3020» определены характеристики пористости (объем и размеры пор, удельная поверхность), построены кривые распределения пор по размерам. Установлено, что полученные каталитические покрытия являются в основном мезопористыми.

Разработаны и освоены технологии микроплазменного и магнетронного напыления нанокаталитических систем на ленточную металлическую подложку, обеспечивающие наличие мультипористой структуры с удельной поверхностью до $30 \text{ м}^2/\text{г}$. Это позволит создать двухступенчатую систему паровой конверсии, обеспечивающую получение из метана более 60% водорода.

Предложены модификации конструкции термохимических реакторов для их практической реализации в высокоскоростных энергетических системах.

Литература

1. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Новые материалы и нанотехнологии. / под ред. Л.М. Гохберга, А.Б. Ярославцева. – Москва: 2014-52 с.
2. Фармаковский Б.В., Виноградова Т.С., Яковлева Н. В. - Создание термохимических реакторов на основе нанокатализаторов для систем паровой конверсии топлива // Труды симпозиума. 9-й Международный симпозиум «Термохимические процессы в плазменной аэродинамике» СПб, 2-6 июля 2012 г. С. 28.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

B		S	
Bouwmeester H.J.M.	336	Saengdeejing A.	38
C		Satulu V.	367
Cesa M.C.	252	Sauerzopf F.	154
Chandrasekhar D.B.	11	Shechtman D.	15
Chang-Hsu Y.	11	Shih Y.-C.	11
Chen Y.	38	SU Hai-quan	353
Cooks R.G.	8	Sun L.	263
D		Swain S.P.	11
Demin A.K.	337	T	
Dinescu G.	367	Tebello Nyokong	16
E		Tropsha A.	17
Elipilli S.	9	Tsay S.-C.	11
G		Tsiakaras P.	411
Ganesh K.N.	9	Tsiakaras P.E.	337
H		W	
Haiquan Su	396	WANG Li-min	353
Hosseini M.W.	10	Wang Q.	263
Hwu J.R.	11	Wang R.L.	154
J		Wang Y.	263
Jianli Li	396	Weber H.W.	154
K		Worsfold P.J.	18
Kagerbauer D.	154	X	
Krotov V.E.	352	Xia D.	263
Kulkarni P.	9	XIE Yan-hong	353
L		Y	
Lindhorst T.K.	12	Yang C.P.	154
M		Yulong Zhang	396
Medvedev D.A.	337	Z	
Michael Zinigrad	32	ZHANG Yu-long	353
Miller J.S.	13	Zhao H.	263
Mitu B.	367	Zhong H.	263
Mohri T.	38	Zhou Qi-F.	19
N		A	
Nenkov K.	154	Абдикаримов М.Н.	397
Nozaki K.	14	Абдрахманов Р.Н.	48
P		Абдуллин И.Ш.	318
Pär Jönsson	66	Абдыгалимова С.Ш.	237
R		Автократова Е.В.	86
Ruijue Hu	396	Агафонов С.Н.	71
		Акбердин А.А.	49, 73, 134
		Аксенов В.И.	266
		Аксютин О.Е.	20
		Акчулаков Б.У.	383

Алдошин С.М.	21	Баталов А.В.	213
Александров А.А.	50, 67	Баушева А.В.	217
Александров Г.Г.	404	Бачурихин А.Л.	289, 312
Александров Д.В.	188	Белецкая И.П.	23
Алексеев Н.В.	51	Белкова Н.В.	355
Алексеев С.Г.	135	Белова К.Г.	429
Аликин Д.О.	441	Белогурова О.А.	136
Алфимов М.В.	22	Бельтюков А.Л.	196, 197
Амдур А.М.	59	Беляев М.С.	53
Ананьев М.В.	342, 387 398, 399, 442, 449	Беляевский А.Т.	461
Анимица И.Е.	429	Береславский А.Л.	174
Анисонян К.Г.	224	Берсенев И.С.	54
Антипов А.Е.	343, 454, 455	Бессарабов А.М.	290, 291, 307
Антонова А.В.	153	Бессонов А.А.	422
Антонова Е.П.	399	Бесшапошников Ю.П.	273
Антонова О.В.	62, 126	Бирюков В.В.	267
Антонов Б.Д.	408, 432, 451	Бобков В.И.	299
Антонюк С.Н.	456	Бове А.Л.	348
Анучкин С.Н.	57	Богатищева Н.С.	374
Анчаров А.И.	126	Богатырева Е.В.	206
Апекова Ф.В.	456	Богданович Н.М.	377, 433
Аписаров А.П.	193, 362, 369	Богомяков А.С.	76
Аргинбаева Э.Г.	58, 153	Бойко Г.И.	383
Арутюнян Н.А.	120, 208	Бойнович Л.Б.	61
Архипов П.А.	217	Борецкая А.В.	313
Асеев К.М.	272	Бочарова И.В.	461
Асташов А.Г.	51	Бочвар Н.Р.	69
Ахмедов М.А.	354	Брагина Н.А.	459
Ашихмина Т.Я.	256	Бродова И.Г.	55
Ашурбекова Ка.Н.	245	Бродский В.А.	232
Ашурбекова К.Н.	354	Бронин Д.И.	407, 430
Ашурбекова Кр.Н.	245	Бронштейн Л.М.	438
Б		Булахтина М.А.	53
Баженова Л.Н.	261, 298	Бурашникова М.М.	410, 437
Бабанова О.А.	400	Бурлов А.С.	402, 403, 404, 405
Бабенко А.А.	52, 73	Бурлов И.Ю.	419
Бабинцева М.В.	284	Бурмасов С.П.	56
Базылева О.А.	53, 58, 153	Бурухина Т.Ф.	293
Байгазиев М.Т.	383	Бурцев В.Т.	57
Байгускарова Э.Ш.	288	Бутусов Л.А.	464
Байков Ю.М.	401	Бутусов О.Б.	268, 292
Бакланова И.В.	356	Быков А.С.	195
Балакирев В.Ф.	79	В	
Балдаев Л.Х.	63	Важенин В.А.	261, 298
Баранец И.В.	270	Валеев Д.В.	137
Барбин Н.М.	135	Валидов Ш.З.	300
Барышев Е.Е.	212	Валитов В.А.	58

Валова М.С.	261, 298	Гаврилова А.А.	357
Валова М.С.	88	Гаврилов А.С.	200
Вальнюкова А.С.	76	Гаврилюк А.Л.	407, 430
Вальцифер В.А.	283	Гайдадин А.Н.	271
Ванников А.В.	403	Гайдукова А.М.	232, 276
Вартан Г.А.	94	Гайдуков Е.Н.	165
Варченя П.А.	222	Галашев А.Е.	381
Василенко Е.А.	293	Галиева И.И.	431
Васильева А.А.	314	Галиева Э.В.	58
Васин А.А.	356	Ганебных И.Н.	261, 298
Ватолин А.Н.	138	Гапонцева Т.М.	68
Ватолина Н.Д.	138	Гарбер А.К.	238
Ватолин Н.А.	59, 60, 128, 200, 231	Гарина Н.Ю.	284
Вдовин Г.К.	372	Гаркушин И.К.	447
Ведмидь Л.Б.	71	Гарновский Д.А.	402, 404, 405
Вендило А.Г.	290, 307	Гартман Т.Н.	272
Вершинин А.О.	219	Гафитулин М.Ю.	290
Вигдорович В.И.	61	Гельчинский Б.Р.	246
Винник Д.А.	210	Гильдерман В.К.	408
Виноградова Т.С.	471	Гильман А.Б.	367
Винокуров Е.Г.	293	Гимгин С.В.	141
Витенько Т.Н.	315	Гладких Н.А.	142
Вихарева Т.В.	225	Глезер А.М.	33
Власенко В.Г.	403	Гнеденков С.В.	170, 391
Власенко В.Г.	402, 404, 405	Головинов П.С.	226
Власова С.Г.	368	Голомозин Н.Б.	390
Воинков Р.С.	95	Голосман Е.З.	312, 456
Войтенко С.И.	234	Голуб И.Е.	355
Волков А.Н.	427	Гоник И.Л.	143
Волкова Э.Н.	400	Гончаренко Т.В.	224, 227, 230, 233
Волков А.Н.	411	Гончаров К.В.	227
Волкова Н.А.	95	Гончаров О.Ю.	63
Волков А.Ю.	62	Горбачева М.П.	171, 172, 177, 421, 422
Волков В.И.	363	Горбачук Е.В.	300
Волков Г.М.	269	Горбова Е.В.	411
Волошина А.Д.	300	Горбовец М.А.	53
Вольфсон С.И.	270	Горбунова Т.И.	297
Воробьева О.И.	260	Горбунов Д.Н.	409
Воробьев И.С.	406	Гордеев А.В.	421, 422
Воронин В.И.	379	Горелов В.П.	412
Воронич С.С.	303	Горкуша Д.В.	64, 66
Воронова Л.М.	68	Горшков В.С.	441
Воротынцев М.А.	343, 454, 455	Горюнкowa А.А.	322
Вошкин А.А.	257, 294	Гостев В.В.	302
Вусихис А.С.	139, 148	Грачев В.А.	65, 144
Выбыванец В.И.	140	Гребенев В.	358
		Григорович К.В.	39, 64, 66, 82, 145, 238
		Григорьев М.Е.	468

Гринберг Б.А.	273	Дорофеев Г.А.	180
Гришаков К.В.	322	Дорохов А.В.	286
Громов П.Б.	146	Дроздов А.А.	53, 58, 153
Губин А.Ф.	228	Дудкина Е.Н.	234
Гудов А.Г.	56	Дунюшкина Л.А.	360, 412, 420, 448
Гулевский В.А.	226	Дьянкова Н.Я.	413
Гуляева Р.И.	147, 187	Дьяченко А.Н.	70
Гуляков В.С.	148	Дюмаев К.М.	274
Гурулев Д.Н.	149	Дякина В.П.	154
Гусева С.В.	145		
Гусев Б.В.	150	Е	
Гуськов В.Н.	63	Егоркин В.С.	170
Гырдасова О.И.	392	Егорова С.Р.	280
		Егоров А.Ф.	317, 324
Д		Егоров В.М.	401
Данилова В.О.	410	Ежов А.В.	459
Данилов Н.А.	359	Елшина В.А.	361
Даринцева А.Б.	376	Елшина Л.А.	361
Датий К.А.	76	Емельяненко А.М.	61
Дашевский В.Я.	50, 67	Емельяненко К.А.	61
Дашеев Д.Э.	205	Емельянова С.М.	154
Девяткина Т.И.	184	Емец В.В.	460
Дегтярев М.В.	68	Ерёмин В.А.	449
Дедюхин А.Е.	160, 202	Ерошкин С.Б.	229
Демин А.К.	338, 372, 411, 427	Ершов И.П.	318
Демина Л.И.	151	Есина М.Н.	330
Демин С.В.	151	Ефимов С.В.	229
Дергунова Е.С.	314, 323	Ефремов А.Н.	348
Дерюгин А.А.	282		
Десятков А.В.	457, 460	Ж	
Джафарова С.Т.	458	Жаворонков Д.А.	275
Дикарева Ю.М.	307	Жаворонков П.А.	288
Дильдин А.Н.	152	Жданова К.А.	459
Дмитриев А.В.	402, 403	Жданов А.П.	459
Дмитриев А.Н.	40	Жеребцов Д.А.	210
Дмитриев Е.А.	316	Живулин В.Е.	210
Дмитриев С.Н.	24	Жидовинова С.В.	71
Дмитричева Е.	358	Жилина Е.М.	71
Добаткин С.В.	69	Жилов В.И.	151, 167, 168
Добрынина Н.Ю.	138	Жиляев В.А.	72
Добужская А.Б.	117	Жинова Е.В.	175
Довгалюк Ю.	400	Жихарев В.М.	198
Додонов В.Г.	76	Жуков В.В.	295
Докутович В.Н.	348	Жук С.И.	362, 369
Долматов А.В.	173	Журавлева О.Е.	66
Долотовская Н.В.	258	Жучков В.И.	73, 157
Долотовский И.В.	258		
Долуда В.Ю.	468		
		З	

Заблоцкая Ю.В.	230	Исабаев С.М.	175
Заболоцкая Е.В.	356	Исагулов А.З.	121
Загайнов С.А.	74	Исаков А.В.	193, 362, 369
Зайков Ю.П.	101, 160, 193, 194, 202, 209, 242, 362, 369, 381, 382	Исмагилов З.Р.	308, 357
Зайцев А.И.	41, 155	Истомин П.В.	159
Зайцев В.А.	328	Истомин С.А.	219
Занавескина С.М.	75	К	
Занавескин К.Л.	75, 156	Кабанов О.В.	316
Занавескин Л.Н.	156	Каблов Е.Н.	25
Занозина И.И.	284	Казаков А.А.	291
Занозин И.Ю.	284	Казакова Е.Г.	285
Заремба Г.А.	290	Казаков В.Г.	364
Захарова А.Ю.	324	Казаринов И.А.	345, 410
Захарова Е.М.	275	Калашников Ю.Д.	96, 191
Захаров В.П.	275	Калашнова А.В.	418
Захаров Ю.А.	76	Калинин Г.Ю.	44, 85, 225
Заходяева Ю.А.	257, 294	Калинкин М.О.	444
Заякин О.В.	77, 157	Калякин А.С.	427
Зеленин Е.А.	231	Камаева Л.В.	89
Зеленовский П.С.	361, 441	Каменецкий Б.И.	62
Зельдович В.И.	78	Кантюков Р.А.	292
Зенитова Л.А.	318	Кантюков Р.Р.	268
Зиганшин А.Г.	178, 179	Капаев Р.Р.	365, 440
Зиканова Т.А.	175	Карабалин У.С.	383
Зубавичус Я.В.	404, 405	Карамышева Н.А.	208
Зуев А.Ю.	344, 390, 414, 415, 450	Карамян Г.Г.	94
Зуев М.Г.	356	Карасев А.В.	66
Зюбан Н.А.	110, 158	Карасева Н.А.	314
И		Караханов Э.А.	409
Ибишев К.С.	80	Карбаев М.М.	49
Иваненко Е.А.	176	Каргина Н.А.	80
Иванникова Е.М.	385	Кардашева Ю.С.	409
Иванов В.А.	221	Кармацкий А.А.	366
Иванов В.К.	366	Карпенко А.С.	327
Иванов И.Л.	344, 390, 414, 415	Карпов М.И.	42
Игнатова А.А.	363	Карташов Э.М.	304
Игнатьева Е.В.	79	Катаев А.А.	160, 202
Игнатьев И.Э.	79	Кенжетаетаева С.О.	237
Идрисов Р.А.	305	Кидалов Н.А.	226
Илатовский В.А.	416	Ким А.С.	49
Ильина Е.А.	417, 432	Ким С.В.	80
Ильиных Л.В.	259	Кимяшов А.А.	161
Ильясов И.Р.	313	Киселев А.Д.	70
Ильясов Р.Р.	86	Киселёв У.А.	441
Иманаев И.Р.	295	Князева Л.Г.	286
Иргашев Р.А.	366	Кобелев В.А.	162, 163
		Ковалев А.А.	261, 298

Ковязин А.А.	164	Крайденко Р.И.	70
Кожевников В.Л.	435, 444	Крапухин В.Б.	421, 425
Козюхин С.А.	366	Красавина Е.П.	171, 172, 177, 421
Колбин Т.С.	135	Красиков С.А.	71, 173
Колдаев А.В.	208	Краснова О.Г.	168
Колесников А.В.	165, 228, 260, 312, 319, 457	Крашенинин А.Г.	128
Колесникова О.Ю.	276	Краюхин С.А.	141, 164
Колесников В.А.	165, 232, 260, 276, 319, 457, 460	Кривилев М.Д.	107
Колосов В.Н.	81, 166	Кривобородов Ю.Р.	296, 419
Колпакова А.С.	244	Крохалев А.В.	215
Колпаков И.Е.	75	Круглая Т.И.	457
Кольчугин А.А.	377	Крымский В.В.	79
Колясников А.Ю.	54	Крымский С.В.	86
Комиссаров Г.Г.	416, 463, 464	Крюков А.Ю.	460
Комкова Д.А.	62	Ксенофонов Д.	358
Комолова О.А.	64, 66, 82, 238	Кудинов Д.З.	139, 148
Коморников В.	358	Кудрявцев А.С.	174
Компан М.Е.	401	Кузгибекова Х.М.	175
Кондратьева Е.С.	228	Кузнецова Е.Г.	286
Кондратюк И.М.	447	Кузнецова И.К.	316
Конев Д.В.	343, 454	Кузнецова Т.В.	150, 296, 419
Коновалова Н.А.	171, 172, 177, 422	Кузнецов В.П.	93
Концевой Ю.В.	83	Кузнецов В.Я.	146
Коньшев А.А.	52	Кузнецов Д.К.	441
Копарулина Е.С.	178, 179	Кузнецов Е.А.	108
Копкова Е.К.	146	Кузнецов С.А.	87
Копьёв Д.Ю.	233	Кузьмина А.А.	426
Корнев С.В.	130	Кузьмин А.В.	360, 368, 387
Коржов В.П.	84	Кузьмин В.И.	176
Корзун И.В.	348	Кузьмин С.В.	34, 215
Кориневская Г.Г.	200	Кузьминых Е.В.	180
Корнев А.Ю.	465, 466	Куимов В.М.	420, 448
Корченкин К.К.	331	Кулагин В.М.	434
Корякова О.В.	88	Кулемин В.В.	171, 172, 177, 421, 425
Коряков В.Б.	118	Куликова Т.В.	297
Костикова Г.В.	167, 168, 169	Кулова Т.Л.	346, 365, 426, 440
Костина М.В.	85, 170	Кулошвили Т.С.	446
Косухин А.В.	140	Кулюхин С.А.	171, 172, 177, 421, 422, 425
Косухин В.В.	140	Кумков С.И.	382
Котельникова А.Л.	200	Кунакпаева С.Т.	368
Котельников И.В.	431	Кунцова А.И.	178
Котенков П.В.	79, 99, 103	Куншина Г.Б.	461
Коцюрко Р.В.	321	Курбангалеева А.З.	280
Кошелева М.К.	304	Курбатова Л.Д.	88
Кощиенко Ю.В.	402, 403, 405	Курумчин Э.Х.	398, 449
Кравец Л.И.	367	Курунов И.Ф.	74
		Курченко Е.И.	70
		Курявый В.Г.	391

- Кучин В.В. 179
- Л**
- Лавриков В.А. 171, 172, 177, 421, 425
- Лавров В.В. 119
- Ладьянов В.И. 63, 89, 180, 196, 197
- Ламберов А.А. 280, 313
- Лановецкий С.В. 190, 240
- Лапин Н.В. 413
- Лаптев М.В. 369
- Лаптенкова А.В. 370
- Ларин Е.А. 258
- Лебедев В.А. 90, 181
- Левашов Е.А. 91
- Левченков С.И. 404
- Леонидов И.А. 435, 444
- Леонов В.П. 122
- Леонтьева Е.А. 414
- Леонтьев Л.И. 50, 67, 73, 92, 139, 224, 233
- Липилин А.С. 392
- Лисиенко Д.Г. 221
- Литвинова И.С. 51
- Литвинов Б.В. 78
- Лобанов А.В. 371
- Логинова И.В. 241
- Локшин Э.П. 182, 183
- Ломакин Г.В. 303
- Лубнин А.Н. 180
- Луканин П.В. 364
- Лучейко И.Д. 320, 321
- Лучейко И.И. 315
- Лучнева С.И. 184
- Лыкасов А.А. 145
- Лыпенко Д.А. 402, 403
- Лысак В.И. 34, 176, 215
- Лысакова Т.П. 402, 403
- Любченко Н.П. 383
- Лягаева Ю.Г. 372
- Лядов А.С. 277
- М**
- Мавлюдова Я.А. 462
- Магомедова А.О. 245
- Майорова А.В. 297
- Макаренков Д.А. 462
- Макарова А.С. 278
- Макаров А.В. 93
- Макарова И. 358
- Макарова Н.И. 403, 404
- Макровец Л.А. 97, 185
- Максимов А.Л. 409
- Малеева М.А. 142
- Малышкин Д.А. 344, 390
- Мальцева И.Е. 169
- Мальцев Е.И. 402, 403
- Малютин Л.Н. 186
- Мамяченков С.В. 141
- Манаенков О.В. 438
- Мансурова А.Н. 187, 213
- Марков А.А. 261, 298
- Маркушев М.В. 86
- Мартоян Г.А. 94
- Марченкова Е.Б. 154
- Марченко В.В. 154
- Масленников А.Н. 75, 156
- Мастюгин С.А. 95
- Матвеева В.Г. 438, 468
- Матвеенко Л.А. 391
- Матушкина А.Н. 59
- Махин М.Н. 156
- Махонина Е.В. 373
- Медведева А.Е. 373
- Медведев Д.А. 359, 372, 377, 427, 433
- Медянкина И.С. 189, 199, 204
- Медянкин А.Н. 188
- Мейлах А.Г. 83
- Мелентьев А.Б. 331
- Мелех Б.Т. 401
- Мелихов И.В. 425
- Мелкомукова О.Г. 190
- Мелконян Р.Г. 279
- Мельниченко Е.И. 96, 191
- Мельчаков С.Ю. 221
- Менщикова Т.К. 214
- Меньшиков С.Ю. 261, 298
- Мешалкин В. П. 325
- Мешалкин В.П. 253, 262, 299, 322
- Мещерякова М.О. 345
- Мещерякова Ю.В. 465, 466
- Мизина Л.В. 171, 172, 177
- Милютин А.Д. 319
- Минаев Ю.А. 57
- Миндубаев А.З. 300
- Минкин В.И. 403
- Мирошников А.И. 27
- Мирошниченко М.Н. 81, 166

Мисин В.М.	274	Никулин С.С.	274
Михайлов Г.Г.	97, 125	Новикова С.А.	365
Михейкин А.	358	Новицкий Н.А.	143
Мищенко Е.В.	324	Новоселова А.В.	348, 375, 386
М.М., Бурашникова	437		
Модестов А.Д.	454	О	
Морданов С.В.	331	Обрубова А.В.	429
Морозов А.А.	469	Овсепян С.В.	58
Морозов А.Е.	53, 153	Овсянников Б.В.	98, 129, 222
Мошев Е.Р.	262	Овчинникова Л.А.	128, 200
Муждабаева М.А.	146	Оганесян Ю.Ц.	24
Мурадымов Р.В.	361	Оглезнева С.А.	111
Мурадян С.О.	85, 170	Огородникова Т.Г.	234
Мухамедьярова А.Н.	280	Окнина Н.В.	277
Мушников П.Н.	348, 386, 423	Окороков Б.Н.	82
Мычинко М.Ю.	415	Олейник К.И.	195
		Олонцев В.Ф.	302
Н		Олюнина Т.В.	224, 227, 233
Набойченко С.С.	43, 164	Олянина Н.В.	196, 197
Навроцкий В.А.	271	Омашева А.В.	326
Наговицын И.А.	463, 464	Опра Д.П.	391
Нагорнов С.А.	465, 466	Орлов В.В.	124
Назаров В.И.	462	Орлов В.М.	81
Назаров П.А.	301, 428	Орыщенко А.С.	35, 44, 122, 229
Насыров И.Ш.	275	Осинкина Т.В.	173
Невмятулина Х.А.	293	Осинкин Д.А.	407, 430
Неволин Ю.М.	171, 172, 177, 422	Осипенко А.Г.	221, 375
Невский А.В.	263	Останина Т.Н.	376, 431
Негородов М.В.	424	Останин Н.И.	376
Немудрый А.П.	347	Охотина Н.А.	270
Неудачина Л.К.	218		
Нечаев А.И.	283	П	
Нечаев Г.В.	361	Павловская М.С.	198
Нечвоглод О.В.	147, 192	Пайвин А.С.	219
Нечкин Г.А.	162, 163	Палаткина Л.В.	143, 158
Низамутдинов А.С.	305	Палаткин С.В.	158
Никитина А.О.	193	Панарин В.М.	322
Никитин В.С.	376	Панкратов А.А.	412
Никитин Е.Д.	374	Пантелеева М.В.	112
Николаев А.Ю.	194, 209	Пантюхина М.И.	418
Николаев В.Г.	267	Панфилова О.А.	270
Николайчук П.А.	244	Папижук Е.Н.	306
Никольская Н.Ф.	426	Паренаго О.П.	277
Никонов А.В.	392	Пасечник Л.А.	105, 189, 199, 439
Никонова С.В.	314	Пастухов Э.А.	83, 99, 195, 384
Никошвили Л.Ж.	443	Патракеев М.В.	435, 444
Никулин В.А.	331	Патрушев А.В.	431
Никулин Е.И.	401	Пахомов Д.Е.	303

Пахомов Р.А.	100	Привалова Д.В.	368
Пахомов Я.А.	108	Привалова Т.М.	174
Пацелов А.М.	126	Проскурнина Н.В.	379
Пашков Г.Л.	112	Прохорова Т.Ю.	166
Пелегов Д.В.	361, 441	Проценко И.И.	443
Первова М.Г.	297	Пряничников С.В.	384
Первов В.С.	373	Пряхина В.И.	361
Перов Д.В.	108	Птицын Г.А.	416
Першина С.В.	432	Пугачев В.М.	76
Першин П.С.	101	Путилов Л.П.	349, 380
Пестов С.М.	281	Пуцылов И.А.	424
Петлин И.В.	186	Пушин В.Г.	104, 154
Петрова А.Н.	55	Пушнов А.С.	327
Петрова С.А.	60	Пягай И.Н.	105, 204
Петров С.Н.	225		
Петрунин М.А.	142	Р	
Петрышев А.Ю.	54	Разумов В.А.	303
Петухов Р.В.	200	Разумов В.Ф.	22
Пикалова Е.Ю.	377	Разяпов А.З.	303
Пикалова Е.Ю.	433	Рапиков А.Р.	237
Пикалов С.М.	433	Расковалов А.А.	417, 432, 436
Пилюгин В.П.	68, 126	Рахимова О.В.	240
Пироженко К.Ю.	118	Рахманова О.Р.	381
Писарева Т.А.	378	Редькин А.А.	160, 202, 382
Плаксин С.В.	418	Резник П.Л.	98, 129
Плеханов М.С.	368	Резницких О.Г.	201
Плотникова К.А.	297	Ремпе Н.Г.	106
Поварова К.Б.	53, 58, 153	Реутов Д.С.	200
Подсобляев Д.А.	434	Решетников С.М.	107
Позднякова А.И.	323	Ринкевич А.Б.	108
Политов Б.В.	435	Ровнушкин В.А.	117, 201
Полубояринова Е.Ю.	307	Рогожин В.В.	184
Поляченко Л.Д.	234	Романцова С.В.	465, 466
Поляченко О.Г.	234	Рощин А.В.	109
Пономаренко А.А.	173	Рощин В.Е.	109
Попель О.С.	457	Рубинштейн Г.М.	114
Попов А.А.	102	Руденко А.В.	202
Попова А.Н.	76, 330	Рудобашта С.П.	304
Попова М.А.	102	Рудой В.М.	376, 431
Попов А.П.	374	Румер И.А.	421, 425
Попова Э.А.	99, 103	Румянцев А.М.	373
Попов Д.В.	268, 292	Румянцев Б.А.	238
Поротникова Н.М.	368, 398, 449	Русинов Г.Л.	366
Потапова Е.Н.	296	Рустамбеков М.К.	306
Потапова К.А.	460	Руцкий Д.В.	110, 158
Потапов А.М.	348		
Потапов С.О.	235, 236	С	
Потолоков Н.А.	214	Сабирзянов Н.А.	105, 189, 204

Сабилов Р.К.	270	Синицына П.В.	438
Саварина М.А.	136	Сипатов И.С.	83, 384
Савельев Д.С.	165	Систер В.Г.	306, 327, 385
Савицкая Т.В.	317, 324	Ситдииков О.Ш.	86
Саврай Р.А.	93	Ситшаева А.С.	241
Савченко И.А.	48	Скачкова О.В.	204, 439
Сагарадзе В.В.	45	Скачков В.М.	105, 114, 131, 189, 199, 222
Садовников А.А.	366	Скопов Г.В.	115
Садыков А.Ф.	400	Скорюнов Р.В.	400
Садыхов Г.Б.	224, 227, 230, 233, 239	Скрипов А.В.	400
Саенков К.Л.	111	Скундин А.М.	365, 426, 440
Саетова Н.С.	417, 436	Слаутин Б.Н.	361, 441
Сазонова Е.А.	302	Смирнов А.Н.	48
Сайкова Д.И.	112	Смирнов К.С.	406
Сайкова С.В.	112	Смирнов Л.А.	56, 97, 116, 117, 125, 163
Салина В.А.	134	Смирнов С.Е.	406, 424
Салихов С.П.	109	Смирнягина Н.Н.	106, 205
Сальникова Е.В.	167, 169	Смоленский В.В.	348, 375, 386, 423
Салюлев А.Б.	348	Смольников А.Г.	387
Самойлова О.В.	185, 203, 211	Советин Ф.С.	272
Самойлович М.И.	108	Соколов А.А.	391
Самохин А.В.	51, 57	Соколова Ю.В.	118, 206
Самсонов Е.В.	325	Соловьева Д.С.	306
Самченко С.В.	150	Солодова И.Л.	126
Сапишева А.А.	437	Солодянкин А.А.	442
Саранин Д.С.	460	Соложенкин П.М.	207
Сармурзина Р.Г.	383	Солонинин А.В.	400
Свинцова Е.А.	218	Сотнезов А.В.	328
Свиридова В.А.	235, 236	Спиридонова И.В.	284
Севостьянова К.А.	326	Спиридонова Р.Р.	295
Селиванов Е.Н.	113, 139, 147	Спирин Н.А.	119
Селиверстов А.Ф.	171, 172, 177	Спирин С.А.	117, 201
Сельменских Н.И.	147	Спрыгин Г. С.	145
Селютин А.А.	370	Старых Р.В.	100
Семашко В.В.	305	Стенина И.А.	426, 440
Семенов С.А.	206	Степанов А.Б.	120, 208
Сергеева С.В.	192	Степанова Т.И.	291
Сергиенко В.И.	391	Степарук А.С.	415
Середа В.В.	344, 415	Степачёва А.А.	470
Середкина О.Р.	240	Стерхова И.В.	89
Серова В.Н.	305	Столяров В.Л.	33
Сидельников А.Ю.	282	Стрельников В.Н.	283
Сидельников И.И.	327	Строева А.Ю.	399
Сидоров Н.И.	384	Сугралина Л.М.	326
Сидоров О.Ф.	282	Суздальцев А.В.	101, 194, 209, 242
Симакова И.Л.	469	Сулейманов С.И.	245
Симонов М.Н.	469	Султангазиев Р.Б.	49, 121
Синебрюхов С.Л.	170	Сульман А.М.	468

Сульман Э.М.	438, 443, 470	Урядников А.А.	286
Сунцов А.Ю.	435, 444	Усольцев Д.Ю.	54
Суриков В.Т.	204	Устинов А.Ю.	391
Суслов Е.А.	452	Файзуллин М.З.	374
Счастливая И.А.	122	Файзуллин Р.Р.	63
Счастливец В.М.	123	Фарафонова О.В.	314
Сысоев В.И.	48	Фарленков А.С.	368, 387, 399, 449
Сычев А.В.	73	Фармаковский Б.В.	471
Сыч О.В.	124	Федорова О.В.	364
Т		Федоров В.А.	214
Тайлаков О.В.	308	Федоров С.А.	59
Танклевская Н.М.	125	Филатов Е.С.	348
Танутров И.Н.	235, 236	Филатов С.В.	74
Тарасова Н.П.	278, 328	Филинчук Я.	400
Тарасова Т.А.	316	Филиппова О.Б.	330
Тареева О.А.	182, 183	Филиппов О.А.	355
Тарчигина Н.И.	329	Фомина О.В.	127, 225
Текшина Е.	366	Фомина О.Н.	85
Тепляков Ю.Н.	145	Фомкин А.А.	388
Терентьев Д.И.	135	Фролова Д.Ю.	446
Ткачева О.Ю.	160, 202	Фролова Н.Ю.	78
Толмачев Т.П.	126	Фролов Е.И.	447
Толмачев Ю.В.	343, 455	Х	
Толокнов Д.А.	235, 236	Хаджиев С.Н.	277
Торлопов М.А.	285	Халезов Б.Д.	128, 200, 231
Трещёв С.Ю.	63	Халиуллина А.Ш.	448
Тригуб А.Л.	405	Халтанова В.М.	106
Тропин Е.С.	449	Харанжевский Е.В.	107, 378
Трофимов А.А.	431, 446	Харламов В.О.	215
Трофимов Е.А.	152, 203, 210, 211	Хасанова Д.И.	389
Трохин В.Е.	291, 307	Хаяров Х.Р.	300
Трошин Д.П.	261, 298	Хейфец А.Э.	78
Трушин А.М.	316	Хидиров Ш.Ш.	354
Тупицин М.А.	215	Хисамутдинов Н.Е.	216
Тургумбаева Р.Х.	397	Хлопцева Т.С.	284
Турина М.В.	243	Хлусова Е.И.	124
Тыщенко В.А.	284	Ходимчук А.В.	449
Тюрин А.Г.	244	Ходинев И.А.	53
Тюшняков С.Н.	192	Холкина А.С.	217
Тягунов А.Г.	212	Холкин А.Л.	441
Тягунов Г.В.	212	Холмогорова А.С.	218
У		Холстов В.И.	214
Удоева Л.Ю.	213	Хомская И.В.	78
Удоратина Е.В.	285	Хомяков А.П.	331
Уполовникова А.Г.	52	Хохлов В.А.	348
Ураев А.И.	402, 404, 405	Хохлаков А.А.	219
		Худорожкова А.О.	217

Ц

Цветкова Н.С.	450
Цветков Д.С.	344, 390, 414, 415, 450
Цветков Ю.В.	51
Цветников А.К.	391
Цепелев В.С.	212
Циакарас П.	427
Цивадзе А.Ю.	151, 167, 168, 169, 403
Цидильковский В.И.	349, 380
Цуканов В.В.	229
Цыганкова Л.Е.	61

Ч

Чарушин В.Н.	28, 366
Чашухина Т.И.	68
Чеканников А.А.	365, 440
Ченцов В.П.	139, 148
Черенков А.В.	140
Чернавин А.Ю.	163
Черничкин Е.Е.	226
Чернуха А.С.	210
Чернышев Е.Г.	126
Чернышов Д.	358
Черняк А.В.	363
Черняк М.Ю.	469
Чикова О.А.	129
Чудинова Г.К.	464
Чуманов И.В.	152
Чумарев В.М.	187, 220
Чупахин О.Н.	28

Ш

Шабанов О.М.	245
Шагалов В.В.	243
Шаймурзина К.И.	329
Шакирова Г.Д.	246
Шалаева В.С.	437
Шаньгина Д.В.	69
Шарай Т.В.	136
Швыдкий В.С.	119
Шевелин П.Ю.	452
Шевченко В.Г.	439
Шель Н.В.	286
Шепелин В.А.	389
Шехтман Г.Ш.	379, 451
Шикина Н.В.	308, 357
Шилкин Г.С.	140

Шиманская Е.И.	470
Шишкин В.Ю.	348
Шишлов О.Ф.	261, 298
Шкерин С.Н.	392
Шкинев В.М.	257
Шмакова В.С.	446
Шокурова Н.А.	151
Шопперт А.А.	241
Шорохов Е.В.	55
Штанский Д.В.	91
Штуца М.Г.	179
Шубин А.Б.	83, 99, 103
Шубина Е.С.	355
Шубин Ю.В.	130
Шуняев К.Ю.	221
Шур В.Я.	361, 441
Шурыгина Н.А.	33

Щ

Щелканова М.С.	452
---------------------	-----

Э

Эфендиев М.Ш.	289
--------------------	-----

Ю

Юрьев А.А.	246
Яблоков М.Ю.	367
Явойская О.В.	216
Яковлева Н.В.	471
Яковлев Г.А.	173
Ямчук А.И.	385
Ямщиков Л.Ф.	221
Ярмоленко О.В.	363, 393
Ярославцев А.Б.	339, 365, 426, 440
Ярошенко Ю.Г.	119
Яскельчик В.В.	442
Ясницкая К.В.	266
Яхваров Д.Г.	300
Яценко С.П.	105, 114, 131, 189, 199, 222, 439
Яшник С.А.	308, 357

ПАРТНЁРЫ И СПОНСОРЫ



ИСКУССТВО НАУКА И СПОРТ

БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «ИСКУССТВО, НАУКА И СПОРТ»

Благотворительный фонд «Искусство, наука и спорт» основан российским предпринимателем и меценатом Алишером Усмановым с целью оказания помощи в организации общественно значимых мероприятий в области искусства, культуры и спорта, а также реализации научно-образовательных и социальных проектов на территории Российской Федерации.

Благотворительная деятельность Фонда «Искусство, наука и спорт» направлена на поддержку проектов в следующих сферах:

Культура и искусство

Сохранение и приумножение культурного наследия России — одна из приоритетных задач Фонда. «Искусство, наука и спорт» осуществляет всестороннюю поддержку деятелей культуры и иницируемых ими мероприятий в области архитектуры, живописи, музыки, литературы и других видов искусства. Многие из проектов, реализованных при содействии Фонда «Искусство, наука и спорт» и личном участии Алишера Усманова, стали знаковыми событиями в культурной жизни страны.

Наука и образование

«Искусство, наука и спорт» поддерживает проекты по обмену опытом и мнениями между специалистами различных отраслей науки — форумы, конференции, фестивали и другие современные площадки для профессиональных дискуссий. Помощь также оказывается образовательным учреждениям всех уровней, включая высшие учебные заведения.

Спорт

Стремясь сделать вклад в развитие и популяризацию спорта в России, Фонд поддерживает спортивные клубы и федерации, содействует в организации и проведении профессиональных и любительских соревнований, поощряет молодых спортсменов, принимает участие в программах, направленных на пропаганду здорового образа жизни и физической культуры.

Социальная сфера

Благотворительный фонд «Искусство, наука и спорт» организует и поддерживает мероприятия по развитию инфраструктуры объектов здравоохранения и социального обслуживания. Под патронажем Фонда находится ряд детских домов, школ-интернатов и других учреждений для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Серьезное внимание уделяется учреждениям, воспитывающим тяжелобольных детей и детей с ограниченными возможностями.

**СОСПП**Свердловский областной
Союз промышленников
и предпринимателей

СВЕРДЛОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ СОЮЗ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ



Пумпянский
Дмитрий Александрович,
Президент СОСПП

Свердловский областной Союз промышленников и предпринимателей (СОСПП) - крупнейшее и наиболее влиятельное бизнес-объединение Свердловской области, в состав которого входит большинство крупных и средних предприятий, работающих на территории Свердловской области, 15 отраслевых союзов. Совокупный объем производства на предприятиях, входящих в Союз, - около 70 процентов от общепромышленного производства региона. СОСПП представляет весь спектр уральской экономики, но его основу составляют гиганты отечественной черной и цветной металлургии, химической промышленности, машиностроения, оборонно-промышленного комплекса. Для оперативного решения вопросов в Свердловской области действуют 6 территориальных объединений и 38 филиалов СОСПП. В состав Президиума и Совета Союза входят наиболее авторитетные предприниматели региона. Являясь представителем Российского союза промышленников и предпринимателей в регионе, Союз имеет возможность оказывать влияние на федеральную повестку взаимоотношений власти и бизнеса.

Отстаивание консолидированной позиции предпринимательского сообщества, выстраивание конструктивных взаимоотношений с органами власти – одна из главных задач деятельности СОСПП.

Союз предлагает и лоббирует совершенствование действующих и запуск новых инструментов поддержки бизнеса, наполнение их финансовыми ресурсами. Так, в регионе были разработаны программы «Развитие промышленности и науки на территории Свердловской области до 2020 года» и «Повышение инвестиционной привлекательности Свердловской области до 2020 года».



Образование как получение знаний, компетенций и навыков, востребованных на рынке труда, - общая цель и системы образования, и профессионального сообщества, и власти. При активном участии СОСПП разработана Комплексная государственная программа «Уральская инженерная школа», получившая поддержку Президента России. Союз активно поддерживает проведение чемпионата рабочих профессий по мировому стандарту WorldSkills.

СОСПП – инициатор и ответственный исполнитель по пилотному проекту развития системы профессиональных квалификаций в Свердловской области.

Ежегодно, начиная с 2011 года, Свердловский областной Союз промышленников и предпринимателей проводит благотворительную акцию «Екатерининская ассамблея». Средства, полученные в ходе мероприятия, перечисляются благополучателю на реализацию проекта, отбор которого ежегодно проводит экспертная группа и члены Президиума Совета СОСПП.

Телефон: +7 (343) 371-29-25, 371-28-85

Факс: +7 (343) 371-05-62

E-mail: sospp@sospp.ru

www.sospp.ru



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО был основан в начале 1899 г. Возникнув на гребне хозяйственных и культурных успехов России на рубеже XIX-XX вв., он сам становится вскоре одним из факторов дальнейшего успешного развития страны. Полвека спустя институт получит оценку не только как знаменитое высшее учебное заведение, но и как „крупное достижение русской культуры" начала XX в.

Сегодня Политехнический университет стремится с максимальной ответственностью реализовывать государственную политику в сфере высшего образования. Одно из направлений этой политики – создание новой экономики: экономики знаний, лидерства и инноваций. И ключевым звеном здесь становятся высококвалифицированные инженерные кадры, владеющие передовыми мировыми технологиями, способные решать новые комплексные задачи промышленности и готовые вывести российскую экономику на новый уровень развития.

Технологические потребности инновационной экономики знаний требуют инженерно-технических кадров нового поколения, которые владеют широким спектром ключевых компетенций. Понимая это, Политехнический университет ставит перед собой задачу подготовки специалистов с системным и глобальным мышлением; обладающих как специализированными, так и меж-, мульти-, транснациональными знаниями, умениями и навыками; готовых к постоянному обучению и самосовершенствованию.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого – крупнейший технический вуз страны с исторически сложившимися сильнейшими научными школами, имеющий неоспоримые результаты и достижения в научной, образовательной и инновационной деятельности. Основываясь на ключевых мировых тенденциях развития сферы исследований, разработок, технологий и образования, СПбПУ к 2020 году стремится войти в сотню лучших университетов, встав в один ряд с лидерами на мировой образовательной арене. Именно эту задачу ставит масштабная государственная Программа «5-100-2020».

Стратегической целью СПбПУ является модернизация и развитие вуза как глобально конкурентоспособного научно-образовательного центра, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и технологии мирового уровня и входящего в число ведущих мировых университетов.

Политехнический университет видит свою миссию как в обеспечении собственной конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках образовательных услуг, так и в том, чтобы стать надежным партнером государства в наращивании экономической мощи и международного влияния России: обеспечить опережающую подготовку кадров нового поколения и технологическую модернизацию системообразующих отраслей промышленности на основе применения мультидисциплинарных знаний и передовых надотраслевых технологий.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2010 года № 812-р в отношении СПбПУ установлена категория «Национальный исследовательский университет», что явилось признанием его роли и возможностей как в области подготовки кадров, так и в области научных исследований и разработок.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.
+7 (812) 552 60 80
www.spbstu.ru



КОМПАНИЯ НИКА-ПЕТРОТЭК в настоящее время активно развивается на рынке услуг по интенсификации нефтедобычи, имея в своем составе промышленные площадки по производству современных керамических расклинвателей (пропантов) и химреагентов, а также развитую научно-техническую базу.

Производство химических реагентов.

Технопарк «Камбарка», Удмуртская Республика

На базе технопарка «Камбарка», расположенного в Удмуртской Республике, налажено производство химических реагентов для интенсификации нефтедобычи, нефтепромысла, бурения и транспортировки нефтепродуктов. При производстве химических реагентов компания Ника-Петротэк проводит как внутренний контроль качества на всех этапах производства, так и независимую оценку для получения отраслевых сертификатов и разрешений.

Производство пропанта.

Площадка Семилукского огнеупорного завода, Воронежская область

Сегодня компания Ника-Петротэк владеет производственными мощностями Семилукского огнеупорного завода, на которых осуществляется выпуск пропанта, как основного элемента процесса гидроразрыва пласта. Крепкие традиции огнеупорного производства, а также сотрудничество с Российской Академией Наук, помноженные на модернизированное оборудование обеспечивают необходимую технологическую базу для производства пропанта – современного керамического расклинвателя. Высокотехнологичное оборудование позволяет выпускать широкую линейку пропантов для любых геологических условий интенсификации нефтедобычи, включая месторождения России, Ближнего Востока, Латинской Америки и стран Африки.

Научно-техническое подразделение. Екатеринбург

Для осуществления комплексного сервиса компания Ника-Петротэк имеет в своем составе научно-техническое подразделение, которое занимается сбором и анализом эксплуатационных характеристик фонда скважин для формирования уникального подхода к их работкам. Наши специалисты способны разработать и реализовать технологический процесс интенсификации под геологические условия любой сложности. Наша команда регулярно участвует в отраслевых конференциях, включая ведущее международное сообщество инженеров-нефтяников SPE. Мы создали и запатентовали разработки химических систем и методики тестирования, включая оценку качества пропантов. Кроме того, в нашем распоряжении имеется обширная патентная база по всем группам продуктов. Научно-исследовательская деятельность Ника-Петротэк ведется совместно со специалистами Российской Академии Наук, при активном их участии.

620075, Екатеринбург, ул. Толмачева, д. 22 оф.5
тел. +7 (343) 287 49 40; +7 920 222 22 04
nikapetrotech.com

SIBUR

СИБУР является крупнейшей в России интегрированной газоперерабатывающей и нефтехимической компанией. Мы строим сильный, конкурентоспособный на мировом рынке и устойчивый бизнес с уникальными преимуществами и возможностями для обеспечения прибыльного роста.

Группа владеет и управляет самой широкой в России комплексной инфраструктурой по переработке и транспортировке ПНГ и ШФЛУ, расположенной преимущественно в Западной Сибири – крупнейшем российском нефтегазодобывающем регионе. Эта инфраструктура включает в себя восемь из девяти действующих газоперерабатывающих заводов в Западной Сибири, пять компрессорных станций и три газофракционирующие установки.

В нефтехимическом сегменте СИБУРу принадлежат три установки пиролиза, одна установка гидрирования пропана, два завода по производству базовых полимеров, выпускающих полиэтилен и полипропилен, три завода по производству синтетических каучуков, выпускающих базовые и специальные каучуки и термоэластопласты, и 13 предприятий, производящих широкий ассортимент полуфабрикатов, пластиков и продуктов органического синтеза, в том числе полиэтилентерефталат, гликоли, спирты, БОПП-пленки, вспенивающийся полистирол и акрилаты.

СИБУР выпускает продукты на 26 производственных площадках, клиентский портфель Компании включал более 1 400 крупных потребителей в топливно-энергетическом комплексе, автомобилестроении, строительстве, потребительском секторе, химической и других отраслях примерно в 75 странах мира, общая численность сотрудников Группы превышает 27 тыс. человек.

www.sibur.ru



Alfa Aesar®

ALFA AESAR – ведущий поставщик продуктов тонкого органического синтеза для научных исследований. Компания Alfa Aesar - ныне - часть компании Thermo Fisher Scientific - является ведущим производителем и поставщиком химических веществ, металлов и продуктов биохимии, предназначенных для исследований и научных разработок.

Мы предлагаем более 46 000 товаров на складе, в размерах от граммовых количеств каталожных продуктов до сотен килограмм и тоновых количеств. Поскольку мы также имеем возможности наработки более специализированных соединений, вам не потребуется искать дополнительного поставщика пакета требуемых химических соединений, металлов и материалов для научных исследований.

Наша линейка продуктов включает в себя: неорганику, органику, металлоорганические соединения, чистые металлы и элементы, драгоценные соединения металлов и катализаторы, биохимические продукты, топливные элементы, наноматериалы, редкоземельные металлы и соединения, аналитические продукты, некоторое лабораторное оборудование

Наш ассортимент включает в себя более 5000 биохимических продуктов. Это обеспечивает полный выбор для всех ваших потребностей в области исследований.

Наш постоянный растущий ассортимент продукции предназначен для биотехнологических исследований, включающих в себя области геномики, протеомики, иммунологии, клеточной и молекулярной биологии и исследований сосудистой системы.

Alfa Aesar – надежная компания, ориентированная на клиентов. Качество продукции имеет первостепенное значение, но имеющийся опыт в наработке продуктов – это еще не все. Такие факторы, как наличие продукта, упаковки и скорости доставки столь же важны для удовлетворения ваших потребностей. Зачастую это превосходит ваши ожидания. Осуществляемый нами контроль качества гарантирует высокий уровень сервиса и постоянное стремление к усовершенствованию. Мы предоставляем клиентам непревзойденный уровень сервиса, доставляя за один день продукты из каталога, имеющиеся в наличии на складе, а также благодаря дружелюбному и квалифицированному персоналу.

www.reakor.ru



*Милёхин Юрий Михайлович,
генеральный директор, доктор технических наук,
профессор, член-корреспондент РАН, академик
РАРАН, лауреат Государственных премий СССР и РФ,
лауреат премии Правительства РФ*



ФГУП «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДВОЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «СОЮЗ» - головное предприятие оборонно-промышленного комплекса страны, специализирующееся на разработке и производстве твердых ракетных топлив, твердотопливных зарядов, корпусов ракетных двигателей из полимерных композиционных материалов, энергетических установок на их основе для ракетных комплексов различного назначения, космических систем, установок на новых физических принципах, а также создании высокоэффективных технологий двойного назначения.

Предприятие основано в октябре 1947 года на базе опытно-исследовательского завода 512, производившего в годы Великой Отечественной войны пороховые заряды для легендарных «Катюш».

ФГУП «ФЦДТ «Союз» создано и внедрено более 90 номенклатур высокоэффективных твердых ракетных топлив, более 1400 прогрессивных технологических процессов, высокопроизводительных аппаратов, оборудования и автоматизированных систем управления для заводов отрасли. На основе разработанных ФГУП ФЦДТ «Союз» технологических процессов и оборудования построено большинство заводов страны по производству твердых ракетных топлив.

ФГУП «ФЦДТ «Союз» разработано и сдано в эксплуатацию свыше 500 номенклатур твердотопливных зарядов ракетных и артиллерийских систем мирового уровня для вооружения всех родов войск и видов Вооруженных Сил.

Продукция предприятия поставляется на российский и мировой рынки.

За достигнутые высокие результаты более 200 сотрудников предприятия удостоены высших премий страны – Ленинской, Государственной, премий Правительства; свыше 1000 сотрудников награждены орденами и медалями. Работниками предприятия получено более 1000 дипломов и медалей отечественных и международных выставок.

**140090, г. Дзержинский Московской области, ул. Академика Жукова, д. 42
+7 (495) 551-72-97, www.fcdt.ru**



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОИЯИ) – международная межправительственная организация, всемирно известный научный центр, являющийся собой уникальный пример успешной интеграции фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований с разработкой и применением новейших технологий и университетским образованием. Рейтинг ОИЯИ в мировом научном сообществе очень высок. Членами ОИЯИ сегодня являются 18 государств. На правительственном уровне заключены Соглашения о сотрудничестве Института с шестью странами.

Основные направления теоретических и экспериментальных исследований в ОИЯИ: физика элементарных частиц, ядерная физика и физика конденсированных сред. В составе ОИЯИ семь лабораторий, каждая из которых по масштабам исследований сопоставима с большим академическим институтом. Штат ОИЯИ насчитывает около 4500 человек, из них более 1200 – научные сотрудники, в том числе действительные члены и члены-корреспонденты национальных академий наук, более 260 докторов и 570 кандидатов наук, около 2000 – инженерно-технический персонал.

На долю ОИЯИ приходится более 40 открытий в области ядерной физики. В свете последних достижений Института особого упоминания заслуживает программа исследований сверхтяжелых элементов. Признанием выдающегося вклада, ученых Института в современную физику и химию стало решение Международного союза чистой и прикладной химии о присвоении 105-му элементу Периодической системы элементов Д.И. Менделеева названия дубний и 114-му элементу названия флеровий, в честь Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и ее основателя академика Г.Н. Флерова. За последние 16 лет учеными Дубны впервые в мире были синтезированы сверхтяжелые элементы с порядковыми номерами 114, 115, 116, 117 и 118. Эти важные открытия увенчали многолетние усилия ученых разных стран по поиску «острова стабильности» сверхтяжелых ядер.

**141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6
+7 (49621) 6-50-59, www.jinr.ru**

INTERTECH Corporation

- инновационное оборудование
- своевременная поставка
- сервисная и методическая поддержка
- обучение пользователей
- демонстрационная лаборатория
- горячая линия 8 800 2004225

Thermo
SCIENTIFIC



**Московское представительство
«ИНТЕРТЕК ТРЕЙДИНГ КОРПОРЕЙШН»**

Адрес: 119333, г. Москва, Ленинский пр-т., д. 55/1, стр. 2

Тел.: +7 (495) 232-42-25

info@intertech-corp.ru

INTERTECH Corporation более 25 лет поставляет аналитическое оборудование для научных и производственных лабораторий, обеспечивает своевременную поставку, запуск, обучение и поддержку пользователей оборудования.

Поставляемое оборудование производится лидирующими на аналитическом рынке компаниями Thermo Fisher Scientific, TA Instruments и включает новейшие приборы для молекулярного анализа: ИК-Фурье и КР спектрометры и микроскопы, компактные ЯМР спектрометры, УФ-Вид и нано УФ-Вид спектрофотометры; приборы для термического анализа и реологии, дилатометры; приборы для элементного анализа: атомно-абсорбционные спектрометры, ИСП-АЭС и ИСП-МС; приборы для исследования наноструктур: РФЭС, АСМ, профилометры.

Современное аналитическое оборудование для исследовательских лабораторий и промышленных предприятий от ведущих производителей

www.intertech-corp.ru



SPECTRO TECHNICAL SERVICES более 25 лет специализируется на поставке и техническом обслуживании оборудования для контроля качества продукции и технологий. **Мы предлагаем оборудование для исследования элементного состава материалов от ведущих мировых производителей:**

- SPECTRO Analytical Instruments GmbH, Германия (спектральный анализ

элементного состава материалов – искровые, ИСП, РФА; стационарные, мобильные спектрометры)

- ELTRA GmbH, Германия (анализаторы газообразующих примесей в твердых и жидких материалах)
- SPECTRUMA Analytic GmbH, Германия (спектральный анализ элементного состава покрытий и поверхностей – спектрометры тлеющего разряда)

Также мы предлагаем оборудование для решения следующих задач:

- Определения параметров рабочих масел и жидкостей (SPECTRO Scientific, США)
- Бесконтактного измерения температуры и экологического мониторинга (LAND, Англия)
- Анализа частиц материалов по размерам и форме (SYMPATEC, Германия)
- Автоматизации производственного процесса и подготовки проб перед анализом (FLSmidth, Herzog)
- Лабораторных и промышленных задач, решаемых с помощью печей, термообработки материалов (LINN High Therm, IPSEN).

Наши сервисные центры в Екатеринбурге и Москве имеют все возможности для своевременного комплексного технического обслуживания оборудования, поставляемого на территорию России и в страны СНГ и методической поддержки пользователей. Мы регулярно проводим учебные курсы (на основании лицензии на проведение образовательной деятельности), направленные на повышение квалификации и подготовку кадров заводских лабораторий и производства.

SPECTRO Technical Services - спектр лучших решений для лабораторий и производства - от мобильных до полностью автоматизированных систем!

620062 Екатеринбург, ул. Гагарина, д. 14, оф. 616

+7 (343) 365-59-48, 376-25-08

+7 (343) 365-59-48 (факс)

ural@spectro-ts.com



КОМПАНИЯ «НЕОЛАБ» работает на отечественном рынке аналитического и лабораторного оборудования с 1962 г. В нашей производственной программе продукция ведущих мировых производителей: газовые хроматографы, масс-спектральные анализаторы SIFT, спектрометры, CHNS/O-элементные анализаторы, анализаторы азота по методу Дюма, анализаторы Общего Углерода в воде, поляриметры, рефрактометры, плотномеры, оборудование для контроля качества воды, пищевых продуктов и напитков, почвы, кормов, растительного сырья и др., полная гамма приборов для контроля качества нефтепродуктов, исследования зерна и пластовых флюидов, общелабораторное оборудование и лабораторная мебель.

Мы обеспечиваем установку и ввод поставляемого оборудования в эксплуатацию, обучение персонала, гарантийное и послегарантийное обслуживание, методическую поддержку.

119034, Москва,
Еропкинский переулок, д. 16
тел. (495) 648-60-80
факс (495) 646-61-81
www.neolabllc.ru



РЕАТОРГ – быстрорастущая, клиентоориентированная компания, имеющая обширный опыт и компетенции в проектировании химических и фармацевтических предприятий, их оснащении оборудованием европейских и азиатских производителей, сырьем, предлагающая Заказчикам комплексные решения с учетом всех предъявляемых требований и бюджетных ограничений, гарантируя при этом качество и надежность. Постоянная работа компании по расширению ассортимента оборудования, расходных материалов, аксессуаров и сырья призвана защитить инвестиции заказчиков и обеспечить максимальную экономическую эффективность.

Сотрудники компании «РЕАТОРГ» - это высококвалифицированные специалисты, имеющие соответствующее образование и многолетний опыт работы на действующих химических производствах. В 2015 году компания «РЕАТОРГ» получила сертификат соответствия ИСО 9001:2011 (ISO 9001:2008) и Свидетельство СРО.

Москва, Гамсоновский переулок, д.2
+7 (495) 966 3140, 8 (800) 775 3211
www.reatorg.ru

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ ЗАВОД ПО ОБРАБОТКЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ», входящее в Группу компаний «Ренова», оказывает полный комплекс работ по аффинажу, переработке и изготовлению промышленных изделий из золота, серебра и металлов платиновой группы.

АО «ЕЗ ОЦМ» является старейшим предприятием российской отрасли драгоценных металлов, заложившим основы отечественного аффинажного производства. Екатеринбургский аффинажный завод (исторически первое название предприятия) был запущен в эксплуатацию еще 23 октября 1916 года и первым в России начал изготавливать технические изделия из драгоценных металлов. Эта же дата является датой начала

Среди постоянных партнеров АО «ЕЗ ОЦМ» – 1200 крупных предприятий России и Зарубежья. Номенклатура продукции насчитывает более 300 000 видов изделий из драгоценных металлов и сплавов производственного назначения. Предприятие активно предлагает своим клиентам на российском и зарубежных рынках новые изделия, основанные на современных научно-технических разработках, и удовлетворяющие их постоянно растущим потребностям в качественной продукции.

Гарантия качества нашей продукции это:

- Сертификат TÜV CERT Rheinland соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ISO 9001:2008.

- Статус "Good Delivery" ("Надежная поставка") выпускаемых слитков золота и серебра, подтверждается Лондонской ассоциацией участников рынка драгоценных металлов (LBMA) с 1999 года.

- Сертификаты Good Delivery Лондонского рынка платины и палладия (LPPM), подтверждается с 1999 года

Основная продукция:

- Банковские и мерные слитки из золота, серебра и металлов платиновой группы
- Аноды из благородных металлов
- Порошки и химические соединения платиновых металлов
- Сетки катализаторные
- Мишени серебряные
- Тигли промышленные
- Посуда лабораторная из благородных металлов
- Аппараты стеклоплавильные и фильерные питатели
- Мишени из драгоценных металлов
- Прокат
- Проволока, в т.ч. термоэлектродная проволока
- Припои
- Стоматологические изделия



Акционерное общество
Екатеринбургский завод
по обработке цветных металлов

624097, Свердловская обл.,
г. В-Пышма, пр. Успенский, 131
Телефон: (343) 311-46-00, www.ezocm.ru



ООО "ФИЗЛАБПРИБОР" предлагает импортное оборудование и материалы для лабораторий и центров контроля качества, реagenты для анализа и сырье для синтеза субстанций. Мы представляем в России компании YMC, VICI (Valco Instruments), Bio-Lab, TCI, Tosoh, Zellwerk, Reaction Engineering, Peak Biotech.

Наша Компания, ФИЗЛАБПРИБОР, работает с 2006 года на российском рынке, головной офис располагается в Москве.

Наши возможности:

- Техническая поддержка и послепродажный сервис поставленного оборудования проводится с помощью собственной сервисной службы.
- Кроме обычной доставки, осуществляется срочная доставка из Европы – товар доставляется до склада заказчика в течение 1 - 2 недель.
- Для грузов, где требуются специальные условия транспортировки, мы делаем доставку в условиях «холодовой цепи», на условиях от «двери до двери», с предоставлением распечатки температурной кривой.

Помимо поставок оборудования, сырья и расходных материалов, мы также предлагаем:

- консультации и помощь в разработке методов,
- подбор оборудования для экспресс-контроля сырья.
- проведение обучающих семинаров по поставляемой продукции.
- обучение специалистов от наших покупателей на производствах наших партнеров.

www.fizlabpribor.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ректор - Сергей Михайлович Кутепов, доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач России.

От медицинского факультета к медицинскому университету. Свердловский государственный медицинский институт основан Постановлением СНК РСФСР от 10 июля 1930 г. На сегодняшний день Уральский государственный медицинский университет (УГМУ) 85 лет успешно работает как мощный и влиятельный в регионе образовательный, научный и методический центр. УГМУ по праву считается ведущим высшим учебным заведением медицинского профиля, занимающим почетное место в десятке лучших медицинских вузов страны, по рейтингу Эксперт РА (2016) входит в Топ-100 лучших университетов России. Кадровый потенциал практического здравоохранения Екатеринбурга, Свердловской области практически полностью сформирован выпускниками УГМУ, весомый вклад внесен в подготовку врачебных кадров для Уральского региона в целом.

Образование через всю жизнь. В настоящее время в УГМУ реализуются образовательные программы специалитета по направлениям - Лечебное дело, Педиатрия, Стоматология, Медико-профилактическое дело, Фармация, Клиническая психология; бакалавриата - Социальная работа, Сестринское дело; магистратуры – Общественное здравоохранение. Сформировалась преемственность образовательных программ подготовки кадров высшей квалификации по специальностям интернатуры (31 специальность), ординатуры (61 специальность), аспирантуры (42 специальности). По 30 специальностям осуществляется профессиональная переподготовка и усовершенствование врачей. В университете ежегодно учатся более 4,5 тысяч студентов, на факультете повышения квалификации - более 5 тысяч врачей.

Ученые УГМУ – здравоохранению Урала. Оглядываясь назад и сберегая традиции, вуз устремлен в будущее, ориентируется на лучшие мировые практики, внедряя инновационные технологии обучения, совершенствуя научный поиск, что позволяет уверенно достигать высокой цели: *«Во благо здоровья уральцев – изучать, исцелять, воспитывать!»*.

г. Екатеринбург, ул. Репина, д.3, (343) 214-86-71, www.usma.ru



ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ВолГТУ) – ведущий вуз Поволжья, крупный научный центр Юга России, входящий в число лидеров технических вузов страны.

В структуре университета – восемь факультетов очного обучения, три – очно-заочного и заочного обучения, факультет подготовки иностранных специалистов и факультеты довузовской подготовки и послевузовского образования. В состав ВолГТУ также входят три филиала: Волжский политехнический институт (ВПИ), Камышинский технологический институт (КТИ) и Волжский научно-технический комплекс (ВНТК), наукоемкая продукция которого востребована предприятиями оборонной, атомной, авиационной, металлургической, химической и других отраслей промышленности, отдельные виды которой поставляются за рубеж.



Сегодня Волгоградский государственный технический университет отмечает свое 85-летие и продолжает решать свою главную задачу – подготовку высококвалифицированных инженерных кадров для машиностроения, химической и нефтехимической промышленности, металлообработки, автомобильного хозяйства, оборонной промышленности и других ведущих отраслей экономики страны, внося весомый вклад в дело укрепления ее могущества.

400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28
Тел.: (8442) 23-00-76
www.vstu.ru



УРАЛМЕХАНОБР

«УРАЛМЕХАНОБР» – это комплексный научно-исследовательский и проектный институт в области горного дела, обогащения, металлургии, химии и стандартизации, основанный в 1929 г. С 2000 г. ОАО «Уралмеханобр» является частью структуры Уральской горно-металлургической компании ООО «УГМК-Холдинг». Мы объединяем опыт проектирования всех предприятий холдинга.

В сферу деятельности ОАО «Уралмеханобр» входят следующие направления:

- Разработка технологий в области обогащения, горного дела и металлургии;
- Комплексное проектирование строительства и реконструкции обогатительных, горных, металлургических и химических предприятий;
- Выполнение научно-исследовательских работ прикладного характера;
- Аналитический контроль и изучение вещественного состава минерального сырья.
- Комплексные инженеринговые услуги на всех стадиях инвестиционного проекта;
- Адаптация технической документации под требования законодательств РФ, Казахстана, Узбекистана и др. стран-членов СНГ для реализации инвестпроектов на территории данных государств.

Нашими заказчиками являются ведущие системообразующие компании России и зарубежья. ОАО «Уралмеханобр» выполняет работы по проектированию и ведет научно-исследовательскую деятельность для металлургических, горных и обогатительных предприятий 23 субъектов РФ, а также компаний Китая, стран СНГ, Ирана, Австралии, Африки и т.д.

ОАО «Уралмеханобр» в своей деятельности сочетает славные традиции советской инженерной школы и прогрессивные мировые тенденции в области горнодобывающей и химико-металлургической промышленности, что гарантирует качество выполнения поставленных перед нами задач для достижения Ваших целей.

620144, Екатеринбург, ул. Хохрякова, 87
+7 (343) 344-27-42, www.umbr.ru



Уральский Банк реконструкции и развития

УРАЛЬСКИЙ БАНК РЕКОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЯ (УБРИР) – один из крупнейших универсальных банков страны, основан в 1990 г. Лидер банковской отрасли Свердловской области, занимает 1 место по активам и средствам частных клиентов среди банков Урала и Западной Сибири и 55 место – в рейтинге надежности банков журнала Forbes. Входит в ТОП-10 среди крупнейших российских банков по приросту вкладов с начала 2015 года.

Сеть банка насчитывает около 1500 точек обслуживания клиентов – собственных отделений, банкоматов и терминалов.

УБРИР имеет аккредитацию государственного Агентства по страхованию вкладов (АСВ) на выплаты вкладчикам банков, в отношении которых произошел страховой случай. В октябре 2015 года банк выбран АСВ в качестве инвестора для финансового оздоровления ВУЗ-банка, в ноябре 2015 года УБРИР приобрел 99,99% акций ВУЗ-банка.

Банк включен в составленный ЦБ РФ список российских банков, где негосударственные пенсионные фонды по закону могут размещать пенсионные накопления, а также в список 52 российских банков, в которых по закону могут обслуживаться счета жилищно-коммунальных хозяйств.

УБРИР – социально-ответственный банк, входит в ТОП-15 российских банков по расходам на благотворительность, он занимает 12 место по соотношению благотворительных затрат и прибыли (исследование журнала «Банковское обозрение» по итогам 2014 года). В 2008 году УБРИР при участии корпоративных клиентов начал реализацию благотворительного проекта «Дети верят в чудо», помогая детям с ограниченными возможностями. С каждого комиссионного сбора за отправленное платежное поручение банк перечисляет на реализацию благотворительной программы 1 рубль. В 2014 году УБРИР также запустил проекты по социальной адаптации ребят в детских домах в разных городах России – «Полугай» (психологические занятия по развитию уверенности в себе) и «Кто я, или Проверено на себе» (обучающая программа, направленная на получение знаний о профессиях). Сегодня УБРИР поддерживает 42 детских учреждения в 27 городах России.

www.ubrr.ru



ДИА•М
современная лаборатория

КОМПАНИЯ ДИАЭМ с 1988 года поставляет оборудование, расходные материалы и реактивы российских и зарубежных производителей для нужд химических, биологических, медицинских, пищевых лабораторий, фармацевтических и биотехнологических предприятий.

Ассортимент продукции Диаэм - самый широкий на российском рынке – более ста тысяч наименований:

- **Общелабораторное оборудование:** центрифуги, морозильники, холодильники, термостаты, гомогенизаторы, мешалки, весы, дозаторы, вытяжные, ламинарные шкафы, микроскопы, системы очистки воды, насосы и пр.
- **Аналитическое оборудование:** спектрофотометры, анализаторы влажности, рефрактометры, плотнометры, автоматические титраторы, хроматографы, кондуктометры, pH-метры и пр.
- **Биотехнологическое оборудование:** биореакторы, шейкеры-инкубаторы, термостаты и пр.
- **Оборудование для работы с ДНК, РНК:** ДНК-амплификторы, секвенаторы, электрофорез, электропораторы, генные пушки, станции дозирования и выделения ДНК и пр.
- **Клеточная инженерия:** микроманипуляторы, микродиссекторы, микроинъекторы и пр.
- **Оборудование для ИФА:** анализаторы, промыватели, шейкеры для планшет
- **Криозамораживание:** криозамораживатели программируемые, криохранилища, сосуды Дюара и пр.
- **Органический синтез:** роторные испарители, реакторы химические и пр.
- **Испытательное оборудование:** печи, климатические, испытательные камеры и пр.
- **Пластик:** пробирки, контейнеры, пипетки, планшеты, чашки Петри, наконечники для пипеток, штативы, пластик для ИФА, ПЦР и пр.
- **Стекло:** пробирки, колбы, пипетки и пр.
- **Принадлежности:** для микроскопии, микробиологии, инструменты из нерж. стали, промывалки, штативы, термосумки и пр.
- **Реактивы:** красители, индикаторы, стандарт-титры, среды, соли, ферменты и пр.

www.dia-m.ru

Reaxys®

REAXYS – кратчайший путь от постановки вопроса в области химии до получения ответа.

Reaxys является уникальным информационным онлайн-ресурсом, помогающим исследователям, преподавателям, студентам и специалистам в области информации находить и использовать информацию о химии и ее применении в других науках. База данных Reaxys содержит данные о структуре химических соединений, их свойствах и реакциях, а также включает информацию о методах проведения эксперимента и охватывает широкий спектр литературы в области химии.

Reaxys входит в портфолио издательства Elsevier – ведущего мирового поставщика научных, технических и медицинских информационных продуктов и услуг. Компания сотрудничает с глобальным научным сообществом, публикует более 2500 журналов и более 30000 книжных наименований. Онлайн-решения Elsevier также включают ScienceDirect, Scopus, SciVal, Reaxys Medicinal Chemistry, Mendeley, PharmaPendium, Embase, Knovel, которые позволяют повысить продуктивность деятельности специалистов в сфере науки, образования и различных отраслях промышленности.

www.elsevierscience.ru



ИХТТ УрО РАН

ФГБУН ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИХТТ УрО РАН) - один из ведущих научных центров фундаментальных и прикладных исследований в области физикохимии твердого тела и материаловедения. Институт (первоначально - Химический институт АН СССР) был организован в г. Свердловске (Екатеринбурге) в 1932 г. Институт внёс большой вклад в развитие Уральского региона исследованиями по комплексному использованию первичных и генераторных смол, углей и нефти, разработке методов извлечения редких металлов, созданию физико-химических основ металлургических процессов. В 50-х годах на его базе были созданы Институт металлургии и Институт электрохимии УФАИ СССР. В 1991 г. в связи с изменением научных направлений и выделением в самостоятельное подразделение лабораторий органического профиля, Институт был реорганизован в Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской Академии Наук.

Основное направление научных исследований ИХТТ УрО РАН - направленный синтез твердофазных соединений и сплавов в различных структурных состояниях, исследование их физико-химических свойств с целью разработки перспективных материалов, совершенствования и создания новых технологий, в том числе по переработке отходов промышленных производств и охране окружающей среды. При Институте работает Специализированный учёный совет по защитах докторских и кандидатских диссертаций по неорганической и физической химии. Институт принимает активное участие в выполнении проектов и программ национальных и международных научных фондов, таких, как Российский научный фонд, Российский фонд фундаментальных исследований, Международный научный фонд (INTAS) и др. Специалисты Института постоянно участвуют в международных конференциях и симпозиумах. Институт установил долговременные контакты с научными центрами и учёными США, Франции, Германии, Швеции, Испании, Польши, Чехии для выполнения совместных проектов.

Наиболее значимые результаты фундаментальных и прикладных исследований получены в следующих областях: физикохимия оксидных соединений, в том числе, высокотемпературных сверхпроводников; тугоплавкие износостойкие соединения и материалы на их основе; легкоплавкие быстротвердеющие и энергоёмкие сплавы; комплексная переработка техногенного и минерального сырья с получением на его основе новых материалов; квантовая химия и спектроскопия твердого тела.

www.ihim.uran.ru



ЛАБЦЕНТР

ЗАО "ЛАБЦЕНТР" – российская компания, осуществляет свою деятельность с 2004 года. Специализируется на комплексном оснащении лабораторий широким спектром оборудования - от общелaborаторного, стандартного назначения до подбора высокоточных аналитических приборов эксклюзивного характера под проект заказчика.

Приоритетные направления:

- Аналитические приборы (элементный анализ, хроматография, хромато-масс-спектрометрия, спектрометрия УФ-Видимого диапазона, ИК-Фурье, Raman и КР спектрометрия);
- Микроволновые системы синтеза и проборазложения Milestone;
- Рентгеновские спектрометры и дифрактометры Rigaku;
- Электронные сканирующие и просвечивающие микроскопы;
- Оборудование Metrohm для ионного анализа (титраторы, ионные хроматографы, вольтамперметры);
- Биотехнологическое оборудование;
- Оборудование и приборы для проведения физико-механических испытаний;
- Оборудование для материаловедения: оптическая микроскопия и пробоподготовка;
- Лабораторная мебель, общелaborаторное оборудование;

Компания напрямую сотрудничает только с ведущими мировыми производителями лабораторного оборудования, занимающими лидирующее положение в своих сегментах рынка: Rigaku, Agilent Technologies, Tescan, Milestone, Hitachi, Merck Millipore, Metrohm и др.

620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 55 оф. 501, Телефон: +7 (343) 359-29-70, www.labcenter.ru



ПАО «ОТИСИФАРМ» – компания, образовавшаяся в результате выделения брендированного безрецептурного бизнеса из крупнейшей российской фармацевтической компании ПАО «Фармстандарт».

Под управлением ПАО «Отисифарм» находится портфель самых популярных безрецептурных препаратов отечественного производства, таких как Арбидол®, Афобазол®, Амиксин®, Пенталгин®, Флюкостат®, Компливит® и др.

ПАО «Отисифарм» занимается продвижением и продажей безрецептурных лекарственных препаратов и биологически-активных добавок. Основное внимание компания уделяет совершенствованию качества препаратов и стратегическому развитию своих брендов.

На текущий момент продуктовый портфель компании Отисифарм состоит из 67 препаратов, которые представлены в наиболее значимых терапевтических категориях коммерческого сегмента фармацевтического рынка России.

Производство продукции компании осуществляется на промышленных площадках по производству лекарственных средств ПАО «Фармстандарт», где внедрена, функционирует и постоянно совершенствуется система управления качеством: ПАО «Фармстандарт-Лексредства», ПАО «Фармстандарт-Томскхимфарм», ПАО «Фармстандарт-УфаВИТА» и ЗАО «ЛЕККО».

На всех предприятиях ПАО «Фармстандарт», где производятся лекарственные средства компании ПАО «Отисифарм» внедрена, функционирует и постоянно совершенствуется система управления качеством. Действующая система управления качеством разработана и внедрена строго в соответствии с требованиями Директивы 2003/94/ЕС, национальных стандартов РФ ГОСТ Р 52249-2009 (GMP) «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» и ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ИСО 9001:2008) «Системы менеджмента качества»

www.otcpharm.ru

NETZSCH

Если Вам необходим термический анализ, адиабатическая реакционная калориметрия или определение теплофизических свойств – обращайтесь в NETZSCH. Более 50 лет опыта в прикладных исследованиях, современная линейка приборов и широкий спектр предлагаемых услуг гарантируют, что наши технические решения не только смогут соответствовать всем Вашим потребностям, но и превзойдут Ваши ожидания.

Отделение Analyzing & Testing группы компаний NETZSCH разрабатывает и производит высокоточные современные приборы для термического анализа и измерения теплофизических характеристик, а также предлагает проведение квалифицированных измерений в наших лабораториях. Наши приборы широко используются как в производстве, так и для проведения научных исследований. Основными областями применения являются: наноматериалы, керамические, полимерные, композиционные, фармацевтические материалы, а также металлы, огнеупоры различных видов топлива.

Лидерство в области инновационных технологий и бескомпромиссные стандарты качества делают нас одной из ведущих мировых компаний в сфере термического анализа. Последовательно соединяя новые уникальные разработки, тесно сотрудничая с пользователями и учитывая их потребности, мы разрабатываем новые приборы.

Фирма NETZSCH - это высший уровень технической компетенции. Первокласное программное обеспечение, высоко ценится экспертами, особенно в области расчетов (таких как расчет кинетики реакции и многокомпонентный анализ), подтверждает высокую степень технической грамотности и гарантирует превосходство наших продуктов и услуг.

117198, г. Москва, Ленинский пр., д. 113/1, оф. 413Д
Тел.: +7 (499) 272-0532; Моб.: (985) 760-35-57
www.netzsch-thermal-analysis.com/ru/home/



НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «УРАЛЬСКИЙ БИОМЕДИЦИНСКИЙ КЛАСТЕР» - объединение предприятий, научно-исследовательских организаций и компаний в области здравоохранения. Партнерство было создано в 2010 году, объединив более 30 участников.

Сферы деятельности:

1. Производство фармацевтической продукции, медицинской техники, изделий медицинского назначения, дезинфицирующих средств и упаковки для фармацевтики.
2. Научно-исследовательская деятельность (разработка оригинальных молекул для лекарств, масштабирование технологий получения препаратов, разработка биотехнологических и химических субстанций).
3. Менеджмент проектов в медицине и фармацевтики.
4. Дистрибуция лекарств. Сервисное обслуживание медицинской техники.
5. Подготовка квалифицированных кадров для здравоохранения и фармацевтической промышленности.

Стратегическая цель Партнерства - улучшение качества жизни российских пациентов.

www.urbiomed.ru



ЗАВОД МЕДСИНТЕЗ

ЗАВОД МЕДСИНТЕЗ - единый комплекс по производству субстанций, жидких и твердых лекарственных форм препаратов, соответствующих российским и европейским требованиям GMP. Завод работает в соответствии с Системой менеджмента качества по версии MC ISO 9001:2000.

Завод Медсинтез производит инфузионные растворы, готовые лекарственные формы генно-инженерного инсулина человека «Росинсулин»®, противовирусный препарат «Триазавирин»® (препарат на основе оригинальной молекулы, разработанной российскими учеными).

В рамках соглашения о стратегическом партнерстве с международным химико-фармацевтическим концерном Bayer на площадке завода Медсинтез производится антибиотик «Авелокс».

Завод Медсинтез реализует полный цикл производства генно-инженерного инсулина. «Росинсулин»® выпускается во флаконах, картриджах, одноразовых предварительно заполненных и многоразовых шприц-ручках. На предприятии создается инсулиновая помпа.

Препарат «Триазавирин» разработан российскими учеными на основе оригинальной молекулы. Эффективен против 15 видов гриппа, включая вирус A/H1N1 (свиной грипп) и H5N1 (птичий грипп) на любой стадии болезни, также обладает широким спектром противовирусного действия.

www.medsintez.com



ВЕДУЩИЙ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ХОЛДИНГ РОССИИ - крупнейшая компания, предоставляющая весь комплекс услуг по созданию и оснащению фармацевтических, химических, пищевых, биотехнологических производств, объектов химического синтеза, электронной и нефтехимических предприятий, различных лабораторных комплексов от greenfield project до выпуска первой таблетки, ампулы или продукции животного происхождения. В активе компании колоссальный опыт по организации «под ключ» аналитических и исследовательских лабораторий, полного цикла производства готовых лекарственных форм, промышленного производства фармацевтических субстанций, производства биологически активных веществ и биопродуктов, а также создание вивариев и радиофармпроизводств.

Консолидация проектировочных, строительных и инженерных решений с интеграцией единиц оборудования различных производителей в единую технологическую линию в структуре одного исполнителя обеспечивает заказчику уверенность в успешном вводе объекта в эксплуатацию.

В рамках системы «одного окна», сотрудничая с одним исполнителем, наши клиенты получают:

- комплексное проектирование, строительство объекта, монтаж конструкций комплексов чистых помещений собственного производства, инженерных систем

- проектирование, создание и оснащение технологических линий для разработок и производства лекарственных форм

- подбор и поставку оборудования для пилотного производства и контроля качества субстанций, лекарственных форм, определения биологической безопасности и контроля качества пищевых продуктов от международных и отечественных производителей

- разработку и генерирование современных технологий для производства, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы по масштабированию химических технологий от лабораторного до промышленного уровней

- инсталляция и запуск, квалификация и сервисное обслуживание, подбор расходных материалов.

phct-group.com



ХОЛДИНГ УРАЛХИМПЛАСТ – один из крупнейших российских производителей синтетических смол для различных отраслей промышленности – специализируется на выпуске смол для теплоизоляционной, деревообрабатывающей, литейной, нефтяной, дорожной индустрии. На многих рынках занимает доминирующее положение.

Номенклатура и ассортимент продукции, выпускаемой Уралхимпластом, насчитывают более 100 позиций. Высокий технический уровень производства и качество большей части продукции компании подтверждены сертификатом TÜV и аттестованы по системе ISO 9001:2008.

Свердловская обл.
г. Нижний Тагил
Северное шоссе, 21
+7 /3435/ 34-62-01
+7 /3435/ 34-69-85
ucp.ru

ЛАБТЕСТ

Компания ООО «НКЦ «ЛАБТЕСТ» воплощает в себе более чем 30-ти летний опыт работы в области спектрального аналитического и научного оборудования, применяемого для анализа состава и свойств материалов.

В число наших пользователей входят сотни научных и контролирующих организаций, промышленных предприятий, работающих в таких областях, как металлургия, добыча и обогащение ископаемых, цемент, нефтехимия, агрохимия, геология, стекло, керамика, полимеры, наноматериалы, авиационные материалы, микроэлектроника, ядерные материалы, энергетика, транспорт, фармацевтика, экология, пищевая промышленность, криминалистика, и многое другое.

Мы поставляем оборудование, комплектующие и материалы, предлагаем решения и осуществляем инжиниринг в таких областях исследований и контроля, как: элементный, молекулярный и изотопный анализ; определение удельной поверхности, распределения размеров пор, размера и молекулярной массы частиц; определение магнитных свойств металлов, разработка новых композиционных материалов, определение реологических свойств, проведение биохимических исследований.

Важнейшим фактором работоспособности лаборатории является оперативная и квалифицированная техническая и методическая поддержка со стороны поставщика, возможность поставки со склада запасных частей, комплектующих и материалов. В данном направлении мы ведём напряжённую работу – совершенствуем логистику, обучаем специалистов, внедряем системы контроля.

Для оценки возможностей поставляемого оборудования мы проводим его демонстрацию в нашей лаборатории.

Важнейшим фактором успеха компании является ценовая политика, основными принципами которой является справедливость и прозрачность. Независимо от различных логистических потерь, наша цена остаётся неизменной и соответствует официальной цене в стране производителя оборудования.

В качестве основного капитала в «НКЦ «ЛАБТЕСТ» рассматривается репутация и профессионализм.

123557, г. Москва, Большой Тишинский пер., д. 38
+7 (495) 605-35-07, 605-36-10

MERCK**SIGMA-ALDRICH®**

**MERCK MILLIPORE И SIGMA ALDRICH ТЕПЕРЬ ОДНА КОМАНДА –
LIFE SCIENCE ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ MERCK**

Life Science подразделение компании Merck объединило в себе продукты и услуги мирового класса, инновационные возможности и исключительный талант компаний Merck Millipore и Sigma-Aldrich, став одним из глобальных лидеров в направлении

Life Science.

Объединение основано на взаимном дополнении сильных сторон компаний и позволит нам отвечать Вашим потребностям еще лучше. Теперь в нашем портфеле более 300,000 продуктов. Merck является поставщиком многих известных брендов в данной области, таких как Millipore, Milli-Q®, SAFC и BioReliance®. Предлагаемые нами комплексные решения охватывают каждый этап биотехнологического процесса – от исследовательских центров до практических биотехнологических производств и подразделений контроля качества.

Наша широкая линейка инновационных продуктов и технологических решений, сбалансированная география и значительные производственные и исследовательские возможности, позволяют нам предвосхищать и удовлетворять потребности клиентов, так как все, что мы делаем, начинается с нашей общей цели – решать самые серьезные проблемы в жизни и науке в сотрудничестве с глобальным научным сообществом.

Merck Millipore + Sigma-Aldrich = Merck's life science business

merckgroup.com
sigmaaldrich.com

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Уральское отделение Российской академии наук
XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии
Тезисы докладов в 5 томах
(Доклады представлены в авторской редакции)
Т. 3 : тез. докл. – Екатеринбург:
Уральское отделение Российской академии наук, 2016 г.. – 512 с.
Т. 3. Физико-химические основы металлургических процессов
Актуальные вопросы химического производства, оценка технических рисков
Химические аспекты альтернативной энергетики

Под редакцией О.А. Кузнецовой
Ответственный за выпуск: Ю.Г. Горбунова
Дизайн, верстка Е.В. Шестакова, Е.В. Останина

Подписано в печать 02.08.2016
Формат 70х100 1/16. Бумага ВХИ 80г/м2
Печать офсетная. Усл.печ.л. ____
Тираж 600 шт.

ООО «ДжиЛайм», Екатеринбург
Тел.: +7(343)362-42-28
www.glime.ru

ISBN-978-5-7691-2450-1.