

УПРОЧНЯЮЩИЕ ЭФФЕКТЫ В АМОРФНОМ СПЛАВЕ Co–Fe–Cr–Si–B ПРИ РАЗНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Пермякова И.Е.

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва, Россия,
inga_perm@mail.ru

Проведен комплексный сравнительный анализ отклика механических характеристик быстрозакалённого АС $\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{0.5}\text{Cr}_4\text{Si}_7\text{B}_{18}$ и структурных превращений при разных внешних воздействиях. Отжиг осуществлялся в вакуумной печи при заданном температурно-временном диапазоне; КВД – в камере Бриджмена с варьированием числа оборотов; лазерная обработка – с привлечением эксимерного УФ-лазера, работающего в импульсном режиме при подобранных параметрах. Для исследованного АС обнаружены схожие эффекты упрочнения при различных видах обработок, а именно два пика микротвердости по мере усиления того или иного воздействия (рис. 1). Однако степень и природа наблюдаемых эффектов различна.

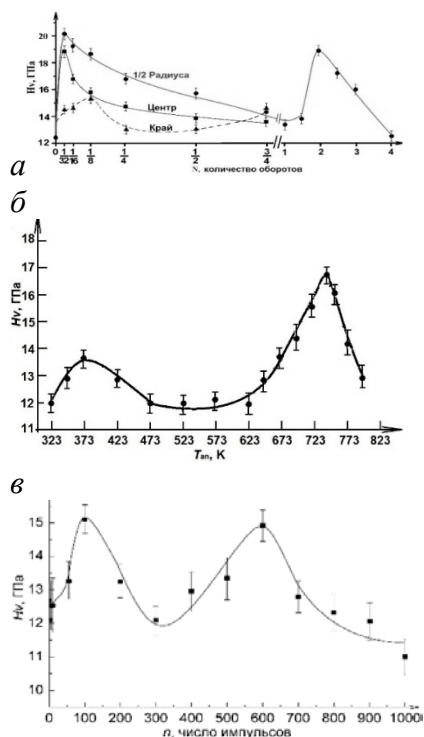


Рис. 1 Поведение микротвердости HV АС $\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{0.5}\text{Cr}_4\text{Si}_7\text{B}_{18}$ при КВД (а), термической обработке (б), лазерном облучении (в)

Первый максимум HV при КВД (рис. 1а) в области $1/2R$ дискового образца и самый большой по сравнению с другими воздействиями, связан тем, что при КВД АС на ранних стадиях ($N < 1$) обнаружено формирование двух морфологических типов полос сдвига (ПС) – радиальных и дуговых. Их взаимные пересечения, объединения и перемычки способны внести существенный вклад в деформационное упрочнение материала. Кроме того, известно, что в зоне колоний ПС происходят тепловые флуктуации, ведущие к адиабатическому разогреву. С учётом этого, зависимость микротвердости от величины деформации можно сравнить с зависимостью $HV(T)$. При отжиге АС наблюдается эффект низкотемпературного упрочнения в диапазоне 373 К (рис. 1б). Вероятно, аналогичный эффект наблюдается и на начальных стадиях ИПД, поскольку материал способен нагреваться при КВД. Эффект низкотемпературного упрочнения – первый пик HV при отжиге (рис. 1б) может быть связан с сегрегацией атомов-металлоидов на специфических дефектах аморфной матрицы – областях свободного объема, вносящих определяющий вклад в процессы пластической деформации.

При этом снижается подвижность данных дефектов, а, следовательно, повышается микротвердость и прочность. Что касается лазерного воздействия, то эффект упрочнения при малых дозах облучения занимает промежуточное место: он уступает КВД, но эффективнее отжига (рис. 1в). Это связано с тем, что при обработке лазером идет не просто нагрев, но и ударное упрочнение под воздействием сверхкоротких импульсов. Второй пик HV при всех видах воздействия связан с началом процессов кристаллизации, выделением нанокристаллических фаз и их оптимальным распределением. Данные ПЭМ и РСА это подтверждают. Таким образом, сопоставляя структуру и механическое поведение изученного АС, выявлены оптимальные режимы обработок для получения необходимых механических свойств в рамках аморфного и аморфно-нанокристаллического состояний.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-08-00341 "А").