

скорость поглощения водорода металлическими материалами увеличивается с уменьшением размера зерна. Таким образом, перспектива использования титановых сплавов в ультрамелкозернистом состоянии в качестве конструкционных материалов в значительной степени будет определяться влиянием водорода на структурно-фазовое состояние этих сплавов.

В работе методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа были проведены сравнительные исследования влияния наводороживания и дегазации путем отжига в вакууме и облучения электронным пучком на структурно-фазовое состояние двухфазного титанового сплава Ti-6Al-4V в мелко- и ультрамелкозернистом состояниях. Неравновесная ультрамелкозернистая структура со средним размером элементов зеренно-субзеренной структуры 0,29 мкм была сформирована в сплаве методом интенсивной пластической деформации путем прессования со сменой оси деформации и постепенным понижением температуры в диапазоне температур 873–853 К (рис. 1). Показано, что скорость наводороживания сплава в ультрамелкозернистом состоянии существенно (~ в 27 раз) выше, чем для образцов сплава в мелкозернистом состоянии. При этом наводороживание приводит лишь к незначительным структурным и фазовым изменениям.

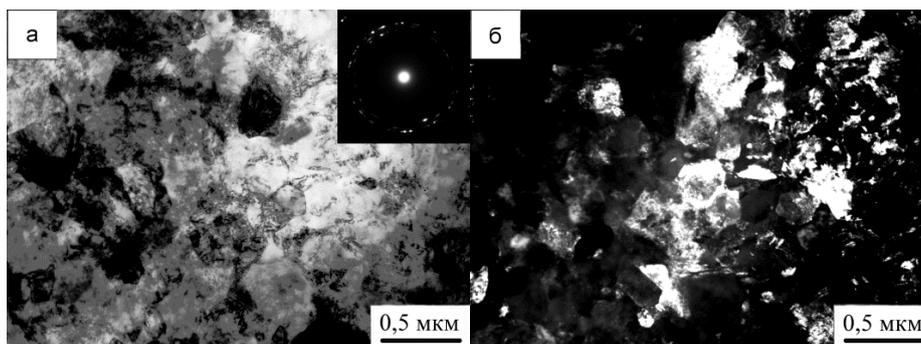


Рисунок 1. Электронномикроскопическое изображение ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-4V: (а) светлопольное изображение и картина микродифракции; (б) темнопольное изображение

Отжиг в вакууме при температуре 823 К в течение 500 мин позволяет лишь незначительно снизить концентрацию водорода в сплаве Ti-6Al-4V. В то же время, использование для дегазации водорода облучения электронным пучком (энергия электронного пучка $E = 30$ кэВ, ток на образце $I = 35$ мкА, время облучения ~60 мин) с предварительным подогревом образца до 518 К, приводит к уменьшению концентрации водорода в сплаве до значений, близких к техническим стандартам для данного сплава.

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ВИХРЕВЫМИ ТОКАМИ

В.В. Ларионов, А.М. Лидер, Н.С. Пушилина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lvv@tpu.ru

Цель работы – разработка технологии диагностики ресурса контейнеров на основе меди с отработавшим ядерным топливом методом вихретокового анализа. Медные контейнеры широко используются для сухого хранения отработавшего ядерного топлива [1]. Для их диагностики, в особенности сварных

соединений, используются различные методы неразрушающего контроля и их комбинации. Вихретоковые методы и средства контроля состояния металлов рассмотрены авторами в работе [2]. В настоящей работе проанализированы закономерности эволюции дефектной структуры меди марки МО1 при насыщении водородом из газовой среды. Физической основой применения вихретокового метода для этих целей является изменение электросопротивления ρ меди от наличия в ней газов и дефектов [2], как результата изготовления деталей, их газонасыщения при эксплуатации, проведения сварочных работ, когда возникает «водородная болезнь» меди. Дефекты кристаллической решетки влияют на удельное сопротивление металлов. Измеряли электросопротивление, отнесенное к единице плотности дислокаций ρ_d / N_d и удельное электросопротивление единицы плотности линейных дефектов ρ_L / N_L . Плотность дислокаций N_d рассчитана по данным рентгеноструктурного анализа по формуле $N_d = \pi \beta^2 ctg^2 \Theta / 16b^2$, где β – уширение рентгеновских линий, обусловленное микродеформацией решетки, Θ – угол, соответствующий максимуму рентгеновской линии, b – вектор Бюргерса. По величине ρ_L / N_L и расстоянию между линейными дефектами, сравнивали изменение удельного электросопротивления, вносимое границами зерен на единицу их плотности в единице объема кристалла $\rho_G / N_G = \rho_L / N_{LD}$. Изменение сопротивления при наличии дефектов $\Delta\rho$ зависит от величины сечения рассеяния электронов проводимости на дефекте. Результаты расчетов и измерений позволили идентифицировать дефекты в меди для целей неразрушающего контроля. В частности, зависимость электросопротивления меди от числа дефектов имеет куполообразный характер. Измерение электросопротивления на различных частотах приводит к деформации полученной зависимости. Это означает, что число дефектов и их вид изменяется от слоя к слою.

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания «Наука» 0.1325.2014 и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы». Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57514X0048.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Larsen E., Watkins A., McJunkin T., Pace D., Bitsoi R. Remote Welding, NDE and Repair of DOE Standardized Canisters. 5th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear & Pressurized Components, San Diego, May 2006.
2. Larionov V.V., Shupeng Xu, Kun Shi, Krening M.X. Effect of Hydrogen on Conductivity of Metals // Advanced Materials Research, Vol. 1084 (2015) pp. 21–25.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ И УПЛОНЯЕМОСТИ КАРБИДА БОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПЛАСТИФИКАТОРА

А.И. Лизунов, В.С. Панов, Ж.В. Еремеева

ПАО «МСЗ»,

Россия, г. Электросталь, ул. Карла Маркса, д.12, 144001

E-mail: artliz481@gmail.com

В настоящее время ведется большое количество работ по совершенствованию технологии производства поглощающих элементов (ПЭЛ) для кластерного органа регулирования (КРО) реактора РМБК. Проектом предусмотрено использование карбида бора и титаната диспрозия, обладающих необходимыми нейтронно-физическими свойствами, высокой физической и химической стабильностью при тепловом воздействии, слабой активируемостью и др. Несмотря на положительные характеристики, эти материалы имеют ряд недостатков: