

качественного концентрата с увеличением степени извлечения минеральных частиц (на 3-10%), к сокращению расход реагентов (на 50%). Эффект интенсификации процессов извлечения тонкодисперсных частиц из водных сред обусловлен образованием электролизных газов, снижением показателя жесткости воды, формированием новой структурной организации раствора.

ФОРМИРОВАНИЕ В ОБОЛОЧКАХ ТВЭЛОВ ГРАДИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА И ГИДРИДОВ ПО ТОЛЩИНЕ СТЕНКИ

В.Н. Кудияров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: viktor.kudiiarov@gmail.com

Одним из важных требований к изделиям из циркониевых сплавов активной зоны реакторов является низкое поглощение водорода, поскольку водородное охрупчивание может стать одной из причин разрушения циркониевой оболочки. В зависимости от уровня содержания водорода и температуры эксплуатации водород может находиться в циркониевых сплавах в виде твердого раствора или в виде гидридов. Наибольший охрупчивающий эффект на циркониевые сплавы оказывают гидриды, так как они обладают более низкой пластичностью, чем циркониевая матрица, и могут служить участками образования и развития трещин.

Степень влияния гидридов на свойства циркониевых сплавов во многом будет определяться равномерностью распределения гидридных пластин. Так при эксплуатации в энергетических реакторах типа LWR (Light Water Reactor) по толщине оболочки твэла при высоком выгорании и интенсивном наводороживании образуется градиент концентрации водорода и, как следствие, формирование плотного гидридного слоя толщиной 50-100 мкм у наружной поверхности. Такой гидридный слой является потенциальным местом зарождения хрупкой гидридной трещины в оболочке твэла, что может приводить к попаданию ядерного топлива или, по меньшей мере, газообразных и легколетучих продуктов деления в теплоноситель. Учет влияния распределения водорода на механические свойства циркониевых оболочек является важной задачей при проектировании твэла и не может быть выполнен без подготовки образцов со сформированным плотным слоем гидридов у наружной поверхности.

В этой связи, в настоящей работе разработан проект методики наводороживания образцов оболочечных труб из сплавов циркония с обеспечением заданного градиента концентрации водорода и распределения гидридов по толщине стенки труб.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМО- И РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОГО ВЫХОДА ВОДОРОДА НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V

В.Н. Кудияров, Е.Н. Степанова, В.С. Сыпченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: victor31479@mail.ru

Эффективным способом повышения механических свойств титановых сплавов, существенно зависящих от микроструктуры и фазового состава, является измельчение зерна. В то же время, известно, что

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.

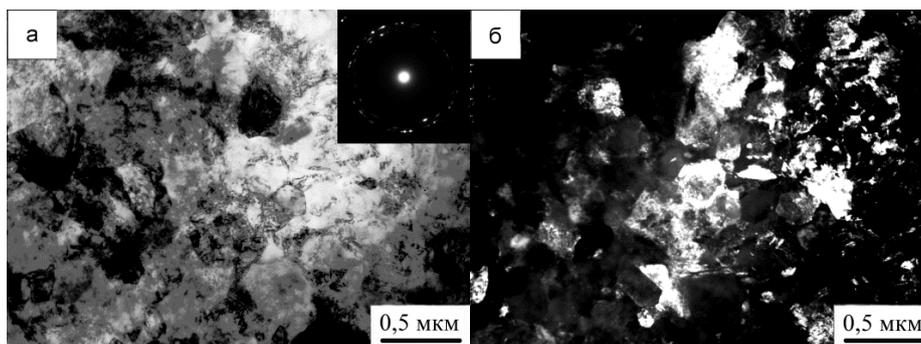


Рисунок 1. Электронномикроскопическое изображение ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-4V: (а) светлопольное изображение и картина микродифракции; (б) темнопольное изображение

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