

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ДИФФУЗИЮ И НАКОПЛЕНИЕ ВОДОРОДА В СПЛАВЕ Zr–1Nb*

Г.П. Грабовецкая¹, Е.Н. Степанова², Н.Н. Никитенков², И.П. Мишин¹,
В.А. Винокуров¹, В.С. Сыпченко², В.Н. Кудияров²

¹ *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*

² *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Методом мембраны проведены сравнительные исследования диффузии и накопления водорода в сплаве Zr – 1 мас.% Nb в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях при электролитическом насыщении. Установлено, что формирование ультрамелкозернистой структуры приводит к снижению эффективного коэффициента диффузии и скорости накопления водорода в объеме сплава. Рассмотрено влияние плотности дислокаций и протяженности границ зерен на эффективный коэффициент диффузии водорода и способность сплава накапливать водород в объеме.

Ключевые слова: циркониевый сплав, ультрамелкозернистая структура, диффузия, водород, метод мембраны.

Введение

Наличие в металлах примесей внедрения оказывает ощутимое влияние на их эксплуатационные характеристики. В гидридообразующих металлах особое место в ряду примесей внедрения по влиянию на физико-механические свойства занимает водород [1–4]. Это связано с тем, что водород благодаря высокой диффузионной подвижности в металлах может перераспределяться в объеме материала под действием полей упругих напряжений, образуя скопления в наиболее напряженных участках и повышая тем самым вероятность локализации пластической деформации, выделения гидридов и образования пор и трещин [5–7]. Известно [8–10], что диффузия водорода в металле зависит не только от типа кристаллической решетки металла, но и от степени ее совершенства. На диффузию водорода в металлических материалах влияют такие дефекты, как вакансии, примесные атомы, дислокации, а также границы зерен и фаз.

В последнее время активно разрабатываются и исследуются ультрамелкозернистые (УМЗ) металлические материалы. Это связано с тем, что путем формирования УМЗ-структуры можно существенно повысить физико-механические и эксплуатационные характеристики металлических материалов при невысоких гомологических температурах [11–13]. Кроме того, металлические материалы в УМЗ-состоянии рассматриваются как перспективные материалы для хранения и транспортировки водорода [14]. Металлические материалы с УМЗ-структурой имеют большую протяженность границ зерен и часто высокую плотность таких дефектов кристаллической решетки, как дислокации и вакансии. Согласно данным, приведенным в [12, 15, 16], объемная доля границ в УМЗ-металлических материалах, полученных методами интенсивной пластической деформации (ИПД), составляет 0.1–1%, а плотность дислокаций – 10^{14} – 10^{15} м⁻². Относительная концентрация вакансий в таких материалах может достигать 10^{-4} [15, 16]. (В хорошо отожженных металлах плотность дислокаций составляет 10^8 – 10^{10} м⁻², а относительная концентрация вакансий – 10^{-23} – 10^{-22} [15, 16].) Границы зерен и дефекты кристаллической решетки могут быть ловушками для водорода [8, 9], что снижает скорость диффузии водорода в металле. С другой стороны, имеются данные [17–19], согласно которым скорость диффузии водорода по границам зерен и дислокациям выше по сравнению со скоростью диффузии по решетке кристалла. Поэтому представляет интерес сравнить развитие диффузии водорода в материале с мелкозернистой (МЗ) и УМЗ-структурой.

Цель данной работы – исследование влияния формирования УМЗ-структуры на эффективные коэффициенты диффузии и способность накапливать водород в объеме циркониевого сплава Zr – 1 мас.% Nb (далее сплав Zr–1Nb).

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0004, с использованием научного оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>