

2. Вазим А.А. Инженерное предпринимательство / ДО 2020: электронный курс /. – Томск: ТПУ Moodle, 2020. – Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3993>
3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 53 (ч. 1). – С. 7598

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ЦИРКОНИЕВОМ СПЛАВЕ ZR-1%NB ПРИ ГАЗОФАЗНОМ ГИДРИРОВАНИИ

А. Ломыгин, А.М. Лидер, В.Н. Кудияров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

INVESTIGATION BY THERMODESORPTION SPECTROSCOPY OF HYDROGEN ACCUMULATION FEATURES IN ZR-1%NB ZIRCONIUM ALLOY DURING GAS-PHASE HYDROGENATION

A. Lomygin, A.M. Lider, V.N. Kudiiarov

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** Modern trends in human development require more and more electricity to maintain the pace of economic and scientific development. One of the most environmentally friendly methods of electricity production is the use of nuclear power plants (NPPs). In connection with high impact on structural materials of nuclear power plants cores there is uncontrolled degradation of core material. Understanding the degradation processes will help predict and prevent various man-made disasters. The purpose of this work is to study the accumulation of hydrogen in the zirconium alloy Zr-1%Nb (E110). In this work, we studied the processes of hydrogen sorption and desorption by the zirconium alloy Zr-1%Nb.*

Проникновение и накопление водорода в металлах и сплавах приводит к изменению их физико-химических и эксплуатационных свойств [1] и может приводить к замедленному разрушению конструкционных материалов по причине водородного охрупчивания [2]. Наиболее простым и точным методом определения состояния и количества водорода в металлах является термодесорбционная спектроскопия (ТДС), при которой осуществляется непрерывное измерение потока десорбированного водорода при постоянном нагреве с заданной скоростью.

Для реализации метода ТДС используется автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller (GRC) LPB фирмы Advanced Materials Corporation. Для возможности проведения экспериментов по ТДС проведена модернизация комплекса квадрупольным масс-спектрометром RGA100 фирмы Stanford Research Systems непосредственно встроенным в вакуумную систему. Для исследования накопления водорода в циркониевом сплаве Zr-1%Nb при газофазном гидрировании были подготовлены образцы размерами 20×20×0,7 мм. Насыщение из газовой атмосферы по методу Сиверта осуществлялось при температурах 350-550 °С при давлении водорода в камере 0,66 атм. в течение 60 минут на автоматизированном комплексе Gas Reaction Controller LPB. Кривые сорбции водорода представлены на рис. 1а. Скорости сорбции водорода циркониевого сплава Zr-1%Nb при температурах 350 °С, 450 °С, 550 °С определялись по линейным участкам кривых сорбции и составили 0,5·10⁻⁴ масс. %/с, 9,5·10⁻⁴ масс. %/с и 23,1·10⁻⁴ масс. %/с соответственно. Повышение температуры наводороживания на каждые 100 °С сопровождается увеличением скорости сорбции на один порядок.

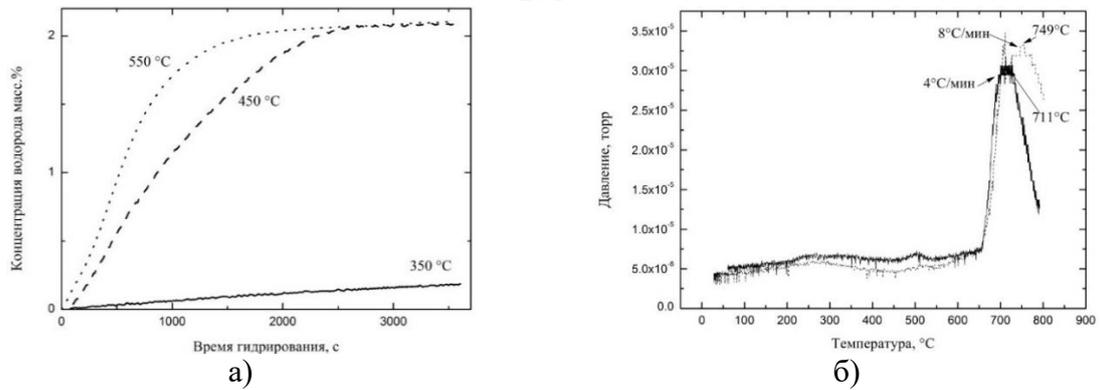


Рис. 1. Кривые сорбции водорода при различных температурах (а) и термостимулированной десорбции водорода после газофазного гидрирования до концентрации 0,15 масс. % (б) из циркониевого сплава Zr-1%Nb

Кривые термостимулированной десорбции водорода из образцов циркониевого сплава после гидрирования до концентрации 0,15 масс. % приведены на рис. 1б. Используя данные РСА и диаграмму состояния Zr-H можно следующим образом интерпретировать полученные результаты. Как мы видим до насыщения α -фазы водородом наблюдается линейная зависимость скорости поглощения водорода от времени наводороживания. Насыщение происходит по линейному закону до зародышеобразования и роста зерен новой фазы, если оно термодинамически вероятно при данных экспериментальных условиях.

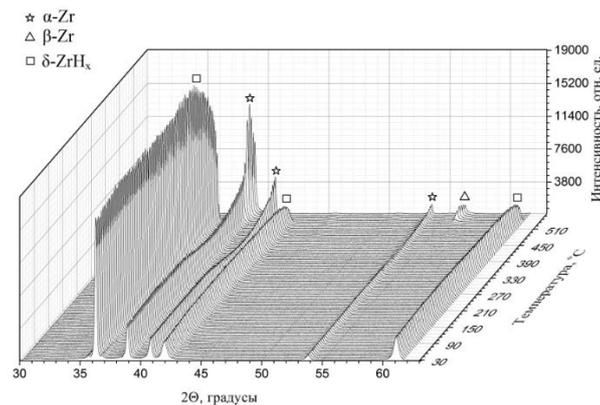


Рис. 2. Фазовые переходы в циркониевом сплаве Zr-1%Nb с концентрацией водорода 0,15 масс. % при линейном нагреве

«Изломы» на кривых сорбции обусловлены изменением скорости диффузии водорода в материале, за счет фазовых переходов. Так, при температуре насыщения 450 °C изменение скорости поглощения обусловлено переходом α - $\alpha+\delta$ (здесь часть водорода находится в твердом растворе, а избыток в виде гидридной фазы)- δ . При дальнейшем увеличении времени наводороживания скорость диффузии водорода существенно уменьшается.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-79-10116).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Laptsev R.S., Kudiiarov V.N., Bordulev Y.S., Mikhaylov A.A., Lider A.M. Gas-phase hydrogenation influence on defect behavior in titanium-based hydrogen-storage material // Progress in Natural Science: Materials International. – 2017. – vol. 27. –no. 1. – P. 105–111.
2. Kudiiarov V.N., Lider A.M., Harchenko S.Y. Hydrogen accumulation in technically pure titanium alloy at saturation from gas atmosphere // Advanced Materials Research. – 2014. – vol. 880. – P. 68–73.