

характеризующий прочность оребренной панели, тем выше надёжность готового изделия и его срок службы.

Чтобы выявить корреляцию между прочностью исследованных сварных швов на излом и их тепловым откликом на термограммах, была проведена оценка прочности сварных швов разрушающим методом.[5, 6] Полученные значения предела прочности сварных швов на излом подтвердили пониженную прочность, и, как следствие, наличие внутренних дефектов в сварных швах 1.2.2, 1.3.6, и других.

Таким образом, неоднородность теплового отклика сварного шва оребренной панели несёт информацию о наличии внутренних дефектов типа несплавления, которые снижают прочность сварного соединения. Численным параметром, характеризующим наличие недопустимых дефектов на термограммах исследуемых сварных соединений, принят параметр «дельта», являющийся разницей между минимальной и максимальной яркостью сварного шва на термограмме. В работе показана корреляция между параметрами «дельта» и пределом прочности на излом исследованных сварных соединений.

Разработан алгоритм, который ляжет в основу методики НК оребренных панелей методом активной термографии. Разработанный алгоритм учитывает конструктивные и технологические особенности ОК, особенности теплового отклика ОК и технических аспектов аппаратной реализации средств НК рассмотренным методом.

Для завершения разработки методики необходимо определить браковочный уровень параметра «дельта», учитывающий все особенности ОК и допустимые значения предела прочности на излом сварных соединений. После разработки методики, следует этап её апробации на реальных изделиях.

Список литературы

1. Оребренная листовая панель и способ ее изготовления [Текст]: пат. 2279619 Рос. Федерация: МПК: F28F 3/02 (2006.01), B23K 101/18 (2006.01), B21D 53/04 (2006.01) / Виноградов Е. Д.; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-производственное предприятие «ЭСТ». - N 2004132789/02; заявл. 10.11.2004; опубл. 10.07.2006, Бюл. N 19.
2. Овечкин Б.Б. Основы теплотехники. Перенос энергии и массы: учебное пособие./Б.Б. Овечкин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 106 с.
3. Будадин О. Н., Вавилов В. П., Абрамова Е. В. Тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, – 2011.
4. ГОСТ Р ИСО 18434-1-2013. Контроль состояния и диагностика машин. Термография. Часть 1. Общие методы.
5. ГОСТ Р 53690-2009. Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали.
6. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ЦИРКОНИЕВОМ СПЛАВЕ Э110 ПРИ ГАЗОФАЗНОМ ГИДРИРОВАНИИ

А. ЛОМЫГИН, В.Н. КУДИЯРОВ, Р.С. ЛАПТЕВ

Томский политехнический университет

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

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. В настоящей работе проведено исследование процессов сорбции и десорбции водорода циркониевым сплавом Э110 (Zr-1%Nb). Для исследования накопления водорода в циркониевом сплаве Э110 при газофазном гидрировании были подготовлены образцы размерами $20 \times 20 \times 0,7$ 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 рисунке 1а. Скорости сорбции водорода циркониевого сплава Э110 при температурах 350 °С, 450 °С, 550 °С определялись по линейным участкам кривых сорбции и составили $0,5 \cdot 10^{-4}$ масс. %/с, $9,5 \cdot 10^{-4}$ масс. %/с и $23,1 \cdot 10^{-4}$ масс. %/с соответственно. Повышение температуры наводороживания на каждые 100 °С сопровождается увеличением скорости сорбции на один порядок.

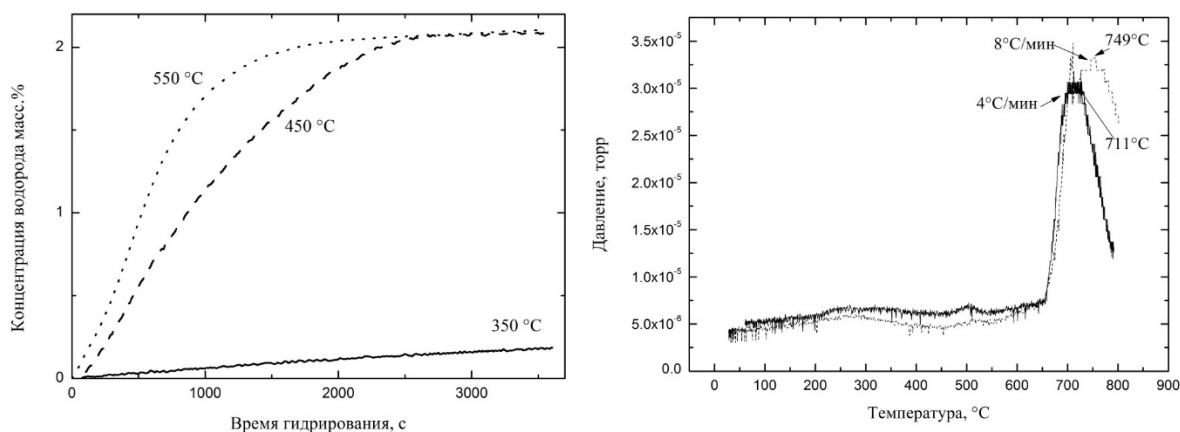


Рисунок 1 – Кривые сорбции водорода при различных температурах (а) и термостимулированной десорбции водорода после газофазного гидрирования до концентрации 0,15 масс.% (б) из циркониевого сплава Э110

Кривые термостимулированной десорбции водорода из образцов циркониевого сплава после гидрирования до концентрации 0,15 масс.% приведены на рисунке 1б.

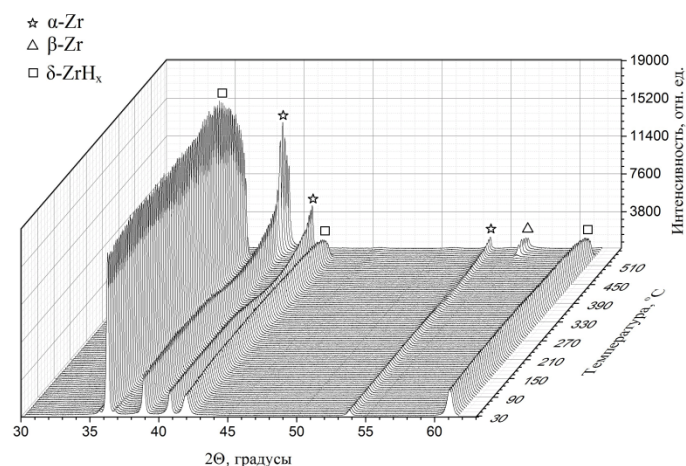


Рисунок 2 – Фазовые переходы в циркониевом сплаве Э110 с концентрацией водорода 0,15 масс.% при линейном нагреве

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. «Изломы» на кривых сорбции обусловлены изменением скорости диффузии водорода в материале, за счет фазовых переходов. Так, при температуре насыщения 450 °С 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. Эти результаты находятся в хорошем согласии с теорией, поскольку хорошо известно, что диффузия водорода в гидридной фазе на два порядка ниже, чем диффузия в α и β фазах циркония. Другая тенденция объясняется тем, что решетка гидроксида циркония, содержащая более 57 % (ат.) водорода, при таких температурах становится термодинамически неустойчивой и стремится к уменьшению в ней содержания водорода. При температуре 550 °С первый «перелом» наблюдается при концентрациях водорода $\sim 0,8$ масс.%, что соответствует фазовому переходу $\alpha+\delta$ в фазу β . Далее следует этап, при котором происходит насыщение β фазы водородом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № FSWW-2020-0017.

Список литературы

1. Laptev 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. – Т. 27. – №. 1. – С. 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. – Trans Tech Publications Ltd, 2014. – Т. 880. – С. 68-73.