

Анализируя представленные в табл. 2 результаты можно отметить, что скорость изнашивания при оптимальном режиме облучения (20 Дж/см², 150 мкс, 5 имп., 0,3 с⁻¹) модифицированного материала уменьшается в 1,5 раза.

Заключение. Ионно-электронно-плазменный метод позволяет сформировать поверхностные слои, характеризующиеся повышенным значением твердости (более чем в 3) и износостойкости (более чем в 7,5 раз). Выявленный эффект обусловлен формированием многофазной многоэлементной структуры с относительно малым размером зерен.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 14-29-00091).

Список литературы.

1. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой / А.П. Ласковнев [и др.]; под ред. А.П. Ласковнева. – Минск: «Беларус. навука», 2013. – 287 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА СКОРОСТЬ СОРБЦИИ ВОДОРОДА ЦИРКОНИЕВЫМ СПЛАВОМ Э110 С НАНЕСЕННЫМ СЛОЕМ НИКЕЛЯ

М.Н. БАБИХИНА

Научный руководитель: ассистент кафедры общей физики В.Н. Кудияров
Томский политехнический университет

E-mail: m.babihina@mail.ru

INVESTIGATION OF HYDROGENATION PARAMETERS INFLUENCE ON THE HYDROGEN SORPTION RATE OF ZIRCONIUM ALLOY E110 COATED BY NICKEL LAYER

M.N. BABIKHINA

Scientific supervisor: assistant of General Physics department V.N. Kudiiarov
Tomsk Polytechnic University

E-mail: m.babihina@mail.ru

***Abstract.** Investigation of temperature and pressure altering influence on hydrogen sorption rate of zirconium alloy E110 coated by nickel layer during hydrogenation at gas atmosphere was done in this work. It was shown that nickel coating on zirconium alloy results in significant hydrogen sorption rate increasing in temperature range 350 - 550 °C. The increasing of hydrogenation temperature from 350 °C to 550 °C at constant pressure 2 atm. leads to the hydrogen sorption rate increasing in 4.45 times for zirconium alloy coated by nickel layer. The increasing of hydrogenation pressure from 0.02 to 0.2 and from 0.2 to 2 atm. at constant temperature 550 °C leads to the hydrogen sorption rate increasing in 49.6 and 4.67 times respectively.*

Введение. Водород оказывает существенное влияние на физико-химические и механические свойства металлов и сплавов. Особенно актуальна эта проблема для циркониевых сплавов, которые эксплуатируются в активной зоне ядерного реактора [1-3]. Для проведения самых различных исследований необходимо подготавливать экспериментальные образцы с различными концентрациями водорода и с его различным распределением по объему материала. Однако при наводороживании циркониевых сплавов важно учитывать, что они покрыты оксидной пленкой, которая

снижает скорость сорбции водорода, а в ряде случаев может и полностью предотвратить проникновение водорода.

Увеличение скорости сорбции водорода возможно при нанесении слоя никеля на циркониевые сплавы. Никель имеет высокую физическую и химическую адсорбционную активность по отношению к водороду, и обладает высокой степенью проницаемости для водорода. Кроме того, оксидная пленка на никеле образуется хуже, чем на цирконии, что способствует абсорбции водорода.

С другой стороны на скорость сорбции водорода оказывают влияние параметры наводороживания. Так при наводороживании из газовой среды важными параметрами являются температура и давление водорода в реакционной камере. В настоящей работе проведено исследование влияния нанесения слоя никеля на скорость сорбции циркониевым сплавом Э110 при различных режимах наводороживания из газовой среды.

Методика и материалы исследования. Для исследования использовались прямоугольные плоские образцы циркониевого сплава Э110 (Zr1%Nb) размерами $20 \times 20 \times 0,6$ мм. Образцы подверглись шлифованию для удаления оксидной пленки с помощью наждачной бумаги с маркировками по ISO-6344 1500 и 2000 для достижения шероховатости $R_a \approx 0,05$ мкм [4]. Затем образцы подверглись ионной очистке, с последующим нанесением никеля. Ионная очистка и нанесение слоя осуществлялось методом магнетронного распыления [5] на вакуумной установке «Радуга-спектр». Наводороживание проводилось на установке Gas Reaction Controller LPB [6] при постоянном давлении 2 атм. и разных температурах в диапазоне 350-550 °С и при постоянной температуре 550 °С в диапазоне давлений водорода 0,02-2 атм.

Результаты исследования. На рисунке 1 представлены кривые сорбции водорода при давлении 2 атм. циркониевым сплавом Э110 до и после нанесения слоя никеля в зависимости от температуры наводороживания.

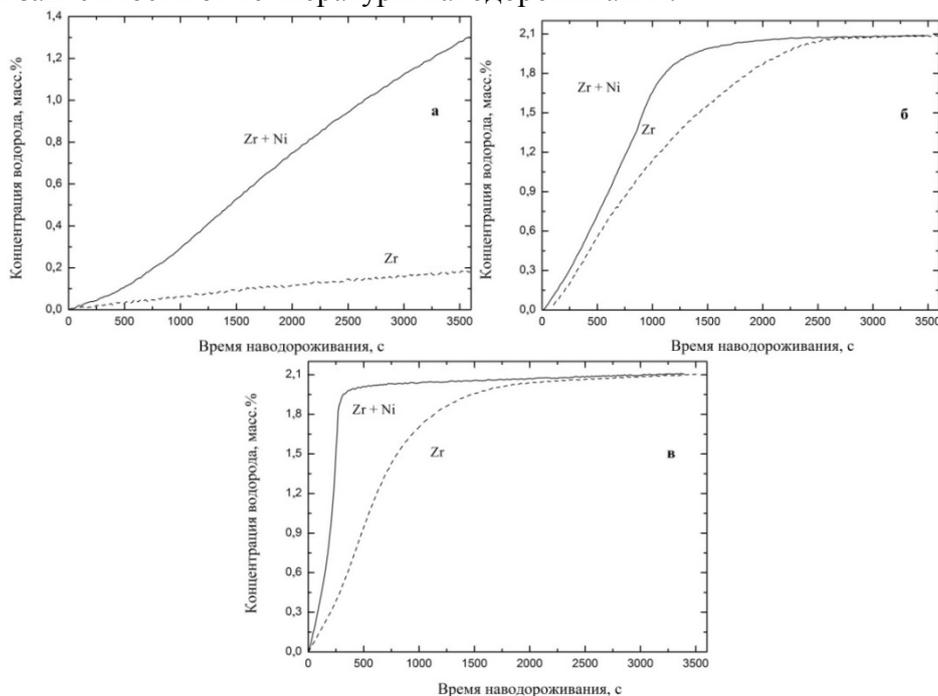


Рисунок 1 – Кривые сорбции водорода при давлении 2 атм. циркониевым сплавом Э110 до и после нанесения слоя никеля в зависимости от температуры наводороживания: а) 350 °С; б) 450 °С и в) 550 °С

Из данных кривых видно, что с увеличением температуры увеличивается скорость сорбции водорода цирконием. Так же в данных графиках сравнивается скорость сорбции водорода цирконием со слоем никеля и без. Из полученных результатов видно, что никель увеличивает скорость проникновения водорода в материал.

Из данных кривых видно, что с увеличением температуры растет скорость сорбции водорода цирконием. Из полученных данных, представленных в таблице 1 видно, что Ni способствует увеличению скорости проникновения водорода в материал.

Таблица 1. Скорость сорбции водорода при различных температурах циркониевым сплавом Э110 до и после нанесения слоя никеля

| Температура, °С | Скорость сорбции (цирконий), $\cdot 10^{-3}$ масс.%/с | Скорость сорбции (цирконий с никелем), $\cdot 10^{-3}$ масс.%/с |
|-----------------|---|---|
| 350 | 0,05 | 0,40 |
| 450 | 0,90 | 1,68 |
| 550 | 1,55 | 5,79 |

На рисунке 2 представлены кривые сорбции водорода при постоянной температуре 550 °С и различных давлениях: 0,02 атм., 0,2 атм., 0,5 атм., 1 атм., 1,5 атм., 2 атм.

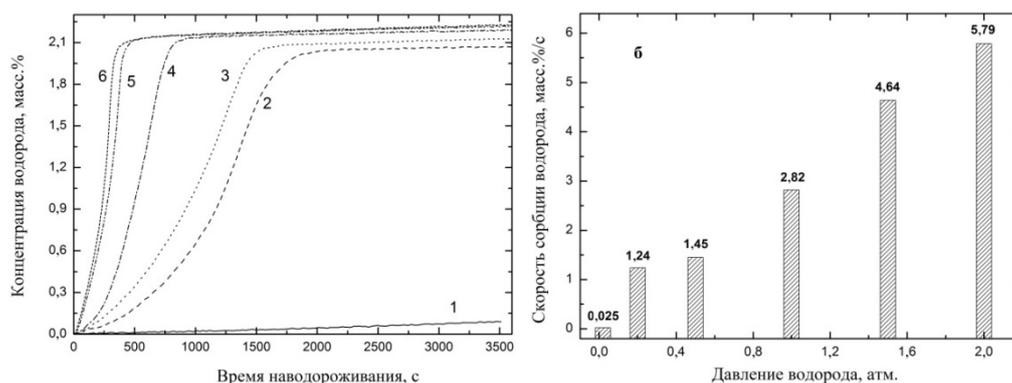


Рисунок 2 – Кривые сорбции водорода при температуре 550 °С циркониевым сплавом Э110 с нанесенным слоем никеля в зависимости от давления наводороживания: 1 – 0,02 атм.; 2 – 0,2 атм.; 3 – 0,5 атм.; 4 – 1 атм.; 5 – 1,5 атм.; 6 – 2 атм. (а) и скорость сорбции водорода при различных давлениях (б)

Из данных кривых видно, что с увеличением давления растет скорость сорбции водорода. Это связано с тем, что при повышении давления увеличивается скорость адсорбции водорода цирконием. Также данные результаты сведены в таблицу 2, которая подтверждает сделанные выводы.

Заключение. Исследование циркониевого сплава Э110 с нанесенным слоем никеля показало, что при увеличении давления до 2 атм. приводит к увеличению скорости сорбции до $5,79 \times 10^{-3}$ масс.%/с при постоянной температуре 500 °С. Изменение давления от 0,02 атм. до 2 атм. при постоянной температуре 500 °С привело к увеличению концентрации водорода от 0,08 масс.% до 2,2 масс.%. Аналогичное исследование проводилось и для исходного циркония и с нанесенным слоем никеля при постоянном давлении. Данная часть исследования показала, что при температуре 550 °С и постоянном давлении 2 атм. скорость сорбции водорода увеличивается

до $1,55 \times 10^{-3}$ масс.%/с и до $1,78 \times 10^{-3}$ масс.%/с для исходного циркония и с нанесенным слоем никеля соответственно. Изменение температуры от 350 °С до 550 °С при постоянном давлении 2 атм. привело к увеличению концентрации водорода от 0,2 масс.% до 2,1 масс.% и от 1,3 масс.% до 2,1 масс.% для исходного циркония и с нанесенным слоем никеля соответственно.

Список литературы

1. Воеводин В. Н. Конструкционные материалы ядерной энергетики – вызов 21 века //Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2007. – №. 2. – С. 10-22.
2. Steuwer A. et al. Evidence of stress-induced hydrogen ordering in zirconium hydrides //Acta Materialia. – 2009. – Т. 57. – №. 1. – С. 145-152.
3. Nagase F. Hydride behavior in Zircaloy cladding tube during high-temperature transients //Journal of Nuclear Materials. – 2011. – Т. 415. – №. 1. – С. 117-122.
4. Литовченко С. В. и др. Приготовление образцов для металлографического исследования микроструктуры. – 2012.
5. Arnell R. D., Kelly P. J. Recent advances in magnetron sputtering //Surface and Coatings Technology. – 1999. – Т. 112. – №. 1. – С. 170-176.
6. Кудияров В. Н., Лидер А. М. Изучение процессов сорбции и десорбции водорода при помощи автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LP. – 2013. - №.10. – С. 3466-3471.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СИЛИКАТНЫЕ КРАСКИ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СОЙСТВАМИ

ЛЕБЕДЕВА Е. Ю.¹, КАЗЬМИНА О.В.^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики высоких технологий

E-mail: kriolanta@mail.ru

THE COMPOSITE SILICATE PAINTS WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL PROPERTIES

LEBEDEVA E.Y.¹, KAZMINA O.V.^{1,2}

¹National research Tomsk polytechnic university

²Institute of physics of high technologies

E-mail: kriolanta@mail.ru

Annotation. *The composition of one-packing silicate paint on the basis of liquid glass modified by acrylic dispersion in number of 5%, including inactive filler in number of 15% in the form of talc and chalk, zinc oxide ranging from 5 to 9% as a hardener, and an active silica component which contents changes depending on its nature was developed. Liquid glass compositions with usage of aerosol and activated quartz sand was received. They improved characteristics and increased viability approximately to one year.*

Введение. На сегодняшний день обычное лакокрасочное покрытие представляет всё больший интерес для исследователей, так как перестает выполнять только декоративные функции. Известны разнообразные составы покрытий, которые защищают, упрочняют окрашиваемую поверхность, предотвращают накопление влаги, и, как следствие, появление плесневых грибов. Однако данными свойствами