

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА СКОРОСТЬ СОРБЦИИ ВОДОРОДА ТИТАНОВЫМ СПЛАВОМ VT1-0 С НАНЕСЕННЫМ СЛОЕМ НИКЕЛЯ

М.Н. БАБИХИНА

Научный руководитель: ассистент кафедры общей физики В.Н. Кудияров
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: m.babihina@mail.ru

INVESTIGATION OF HYDROGENATION PARAMETERS INFLUENCE ON THE HYDROGEN SORPTION RATE OF TITANIUM ALLOY VT1-0 COATED BY NICKEL LAYER

M.N. BABIHINA

Scientific supervisor: assistant of General Physics department V.N. Kudiiarov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: m.babihina@mail.ru

Annotation. *The influence of parameters of hydrogenation of the hydrogen sorption rate VT1-0 titanium alloy coated with a layer of nickel. It is shown that an increase in one of the parameters of hydrogenation increases the hydrogen sorption rate. Also with increasing coating time decreases the rate of sorption of hydrogen.*

Введение. Титан и сплавы на его основе широко используются как конструкционные материалы в различных отраслях промышленности: медицине, химической и нефтегазовой промышленности, а также в авиапромышленности [1, 2]. Воздействие водорода на титан является актуальной проблемой. Проникновение и накопление водорода в изделия из титана приводят к изменению их физико-химических и эксплуатационных свойств и ведут к замедленному разрушению из-за водородного охрупчивания [3, 4].

Процесс взаимодействия водорода с различными металлами включают в себя последовательность стадий: адсорбция, абсорбция и диффузия в кристаллической решетке. Роль данных стадий в различных условиях может существенно меняться. Так, например, если вся поверхность образца находится в контакте с водородом, то через некоторое время в процессе взаимодействия при заданной температуре процесс завершится равномерным распределением металла по всему объему металла [5].

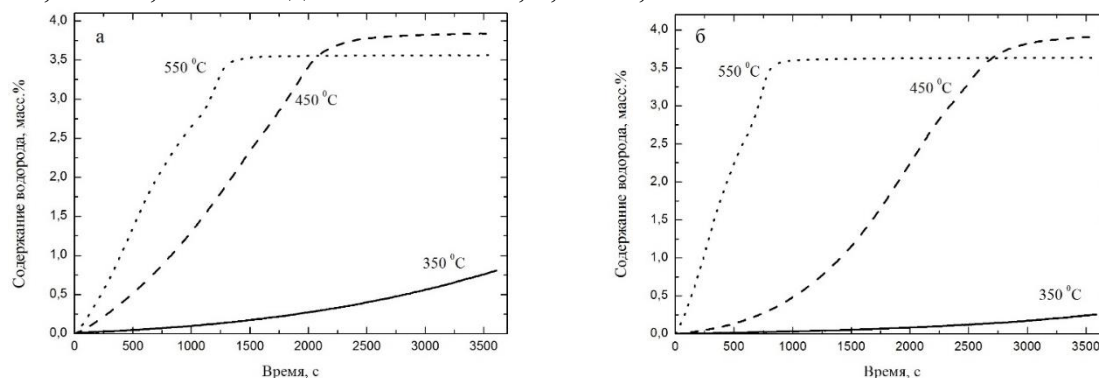
Также важным фактором при взаимодействии водорода с металлами является поверхность. Так, например, для предотвращения проникновения водорода возможна модификация поверхности [6-8], либо нанесение защитных покрытий [9, 10]. С другой стороны возможно увеличение скорости сорбции водорода, нанесением на поверхность металла тонких слоев никеля и палладия, так как 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 [11-13]. 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 [14-17].

Таким образом, появляется задача об установлении влияния того или иного покрытия на особенности взаимодействия водорода со сплавами. Однако, целью данной работы является отработка методики расчета энергии активации сорбции водорода в титановых и циркониевых сплавах с различными состояниями поверхности. Данная методика расчета представлена в статье [18], которая является условной и предназначена для того, чтобы показать как влияют различные покрытия на скорость сорбции водорода и соответственно на энергию активации сорбции водорода. Так как на данную величину влияют различные факторы, например, температура и давление при которых проходит процесс насыщения исследуемого материала.

Материалы и методика исследований. Для исследования использовались прямоугольные образцы титанового сплава BT1-0 размерами 20x20x1 мм. Образцы подверглись шлифованию наждачными бумагами с маркировками по ISO-6344 600, 1500, 2000 и 2500 для удаления окисной пленки и подготовки поверхности для дальнейшего эксперимента. Затем образцы подверглись ионной очистке с последующим нанесением слоя никеля на вакуумной установке «Радуга-спектр». После чего образцы насыщались из газовой среды на установке Gas Reaction Controller LPB.

После проведения насыщения образцов из газовой среды с помощью полученных экспериментальных данных можно построить кривые сорбции водорода насыщаемого материала. Из данных кривых рассчитывается скорость сорбции на начальной стадии поглощения, с помощью проведения усредненной прямой к начальному линейному участку прямой. Далее строится зависимость натурального логарифма скорости сорбции водорода от температуры в градусах Кельвина в степени минус один. К полученным точкам проводится аппроксимирующая прямая, по которой определяется тангенс угла наклона прямой. Полученное значение тангенса умножается на универсальную газовую постоянную и полученное произведение будет являться энергией активации сорбции водорода [19].

Результаты исследований. На рисунке 1 представлены кривые сорбции водорода титановым сплавом BT1-0 с нанесенным слоем никеля при температурах 350 °C, 450 °C, 550 °C и давлениях 1 атм., 1,5 атм., 2 атм.



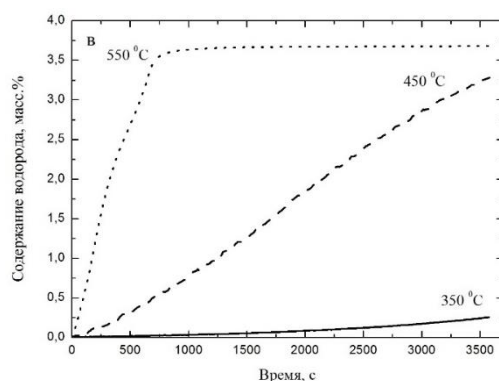


Рисунок 1 – Кривые сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 с нанесенным слоем никеля при температурах 350 °С, 450 °С, 550 °С и давлениях а) 1 атм., б) 1,5 атм., и в) 2 атм.

Из графиков видно, что при увеличении давления при постоянной температуре происходит увеличение скорости сорбции водорода. Аналогичный эффект происходит и при увеличении температуры при постоянном давлении. Результаты расчета скорости сорбции водорода сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты изменения скорости сорбции водорода при различных давлениях и температурах

№	Температура, °С	Давление, атм.	Скорость сорбции ВТ1-0+Ni, $\cdot 10^{-3}$ масс.%/с
1	350	1	0,22
		1,5	0,066
		2	0,065
2	450	1	1,78
		1,5	1,48
		2	0,99
3	550	1	2,71
		1,5	4,39
		2	4,92

Установлено, что при увеличении давления при насыщении образцов из газовой среды с нанесенным слоем никеля энергия активации сорбции водорода увеличивается, что подтверждается результатами, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета энергии активации сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 с нанесенным слоем никеля

№	Давление, атм.	Температура, °С	Энергия активации адсорбции водорода, кДж/моль
1	1	350	55,16
		450	
		550	
2	1,5	350	90,81
		450	
		550	
3	2	350	92,54
		450	
		550	

Таким образом, насыщение образцов при постоянном давлении 1 атм. уменьшает энергию активации сорбции водорода в 1,68 раза в отличие от насыщения образцов при постоянном давлении 2 атм.

На рисунке 2 представлены кривые сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 при температуре 450 °С и давлении 2 атм. с различным временем нанесения покрытия.

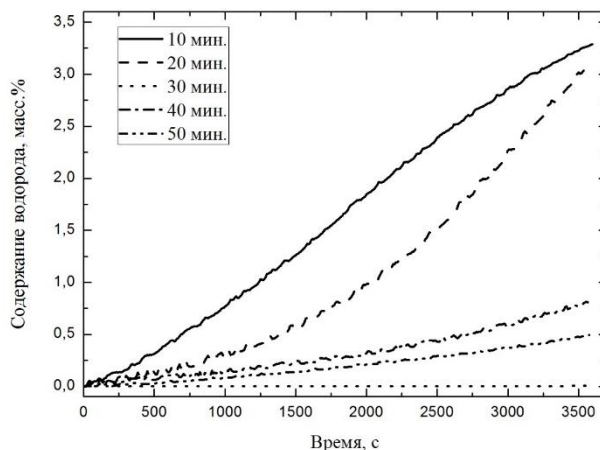


Рисунок 2 – Кривые сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 при температуре 450 °С и давлении 2 атм. с разным временем нанесения покрытия

Из рисунка 3 видно, что при увеличении времени нанесения покрытия уменьшается скорость сорбции водорода. Результаты измерения скорости сорбции сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты измерения скорости сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 с нанесенным слоем никеля при температуре 450 °С и давлении 2 атм.

№	Время нанесения покрытия, мин	Скорость сорбции ВТ1-0+Ni, $\cdot 10^{-4}$ масс.%/с
	10	9,90
	20	8,54
	30	3,49
	40	2,12
	50	1,36

Таким образом, в зависимости от времени нанесения покрытия меняется скорость сорбции водорода. Так при 10-минутном нанесении покрытия скорость сорбции больше в 7,3 раза, чем при 50-минутном нанесении покрытия.

Заключение. В настоящей работе проведено исследование влияния параметров наводороживания на скорость сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 с нанесенным покрытием никеля. На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. В зависимости от времени нанесения покрытия при постоянных параметрах наводороживания уменьшается скорость сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0;
2. Происходит увеличение скорости сорбции водорода при увеличении давления при постоянной температуре и при увеличении температуры при постоянном давлении;

От увеличения скорости сорбции зависит энергия активации сорбции водорода титановым сплавом ВТ1-0 с нанесенным слоем никеля.

Список литературы

1. Setoyama D. et al. Mechanical properties of titanium hydride //Journal of alloys and Compounds. – 2004. – Т. 381. – №. 1. – С. 215-220.
2. Shen C. C., Wang C. M. Effects of hydrogen loading and type of titanium hydride on grain refinement and mechanical properties of Ti–6Al–4V //Journal of Alloys and Compounds. – 2014. – Т. 601. – С. 274-279.
3. Кудияров В. Н. и др. Особенности накопления и распределения водорода при насыщении титанового сплава ВТ1-0 электролитическим методом и из газовой среды //Журнал технической физики. – 2014. – Т. 84. – №. 9.
4. Перевалова О. Б., Панин А. В., Кретова О. М. Водород в техническом титане //Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – №. 9 (1). – С. 121-125.
5. Гельд П. В., Рябов Р. А. Водород в металлах и сплавах. – Металлургия, 1974.
6. Бойко В. И., Валяев А. Н., Погребняк А. Д. Модификация металлических материалов импульсными мощными пучками частиц //Успехи физических наук. – 1999. – Т. 169. – №. 11. – С. 1243-1271.
7. Бурдовицин В. А. и др. Структура поверхности алюмооксидной керамики при облучении импульсным электронным пучком //Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – №. 1.
8. Казаков А. В. и др. Структура поверхности полипропилена при облучении импульсным электронным пучком в форвакуумном диапазоне давлений //Доклады ТУСУРа. – 2014. – Т. 34. – №. 4.
9. Козлов В.А., Месник М.О. Основы коррозии и защиты металлов. – 2011.
10. Стекольников Ю. А., Стекольников Н. М. Физико-химические процессы в технологии машиностроения: учеб. пособие //Елец: ЕлецГУ. – 2008.
11. Горелов С. М., Цупак Т. Е., Винокуров Е. Г. ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НИКЕЛЬ–НАНОРАЗМЕРНЫЙ ДИОКСИД ЦИРКОНИЯ //Специализированная экспозиция и конференция. – 2015. – С. 33.
12. Bibienne T. et al. Synthesis, characterization and hydrogen sorption properties of a Body Centered Cubic 42Ti–21V–37Cr alloy doped with Zr 7 Ni 10 //Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – Т. 620. – С. 101-108.
13. Kido T., Sugano N. Trans. // At. Energy Soc. Jpn. 1 (2002) 469-471 (на японском)
14. Кудияров, В. Н., Лидер, А. М., Пушилина, Н. С., & Тимченко, Н. А. (2014). Особенности накопления и распределения водорода при насыщении титанового сплава ВТ1-0 электролитическим методом и из газовой среды. Журнал технической физики, 84(9). 23
15. Кудияров В. Н. , Тимченко Н. А. , Зубавичус Я. В. , Лидер А. М. Исследование формирования в титановом сплаве ВТ1-0 гидридных фаз при насыщении водородом из газовой среды методом коротковолновой дифракции синхротронного излучения // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 11/3. - С. 48-52
16. Лаптев Р. С. , Лидер А. М. , Кудияров В. Н. , Гаранин Г. В. , Бордулев Ю. С. Временное и импульсное распределение аннигиляции позитронов в титано-

- вом сплаве ВТ1-0 при различном содержании водорода // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 11/3. - С. 138-143
17. Бордулев Ю. С. , Лаптев Р. С. , Кудияров В. Н. , Лидер А. М. Исследование структуры титанового сплава ВТ1-0 при накоплении и термостимулированном выходе водорода методом спектрометрии по времени жизни позитронов // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 11/3. - С. 167-172
 18. Глазунов Г. П. и др. Кинетика поглощения водорода в твэльных оболочках из сплава Zr-1% Nb //Вопросы атомной науки и техники. – 2009. – №. 2. – С. 90-94.
 19. Глазунов Г. П. и др. Кинетика поглощения водорода в твэльных оболочках из сплава Zr-1% Nb //Вопросы атомной науки и техники. – 2009. – №. 2. – С. 90-94.

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОРОШКА ПН85Ю15

О.А. РУБЦОВА, Е.Е. КОРНИЕНКО

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: oksana.rubtsova@yandex.ru

RESEARCH OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF 85Ni15Al PLASMA COATINGS

O.A. RUBTSOVA, E. KORNIENKO

Novosibirsk State Technical University

E-mail: oksana.rubtsova@yandex.ru

Annotation. *NiAl and Ni₃Al phases are characterized by high heat resistance, corrosion resistance, wear resistance and relatively low density. Thus the materials can use in various branches of mechanical engineering. 85Ni15Al powder was sprayed on low carbon steel tubes. To select the optimal regimes of plasma spraying was varied arc current: 100, 140, 170 and 200 A. The mixture of air and propane-butane was used as protective gas. The microstructure, porosity, microhardness and wear resistance have been investigated. It was shown that the coatings produced at arc currents 170 and 200 A have maximum microhardness and wear resistance. The coating obtained at arc current 200 A has most dense. So for obtaining dense and wear resistant coatings is recommended to lead spraying on arc current more than 170 A.*

Введение. Согласно диаграмме состояния, в сплавах системы Ni-Al образуются пять химических соединений: NiAl₃, Ni₂Al₃, NiAl, Ni₃Al, Ni₅Al₃ [1]. Наибольшей жаростойкостью среди них обладают фазы NiAl и Ni₃Al. Стоит отметить, что они также характеризуются относительно низкой плотностью, высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью [2]. Благодаря своим уникальным свойствам, фазы NiAl и Ni₃Al на сегодняшний день являются наиболее изученными [3,4]. Относительно низкая удельная масса и высокая жаропрочность позволяют применять данные интерметаллиды в авиационной и аэрокосмической технике, высокая прочность и хорошее сопротивление окислению при высоких температурах обуславливает применение сплавов на основе Ni₃Al для изготовления высокотемпературных штампов и форм и т.д. [5].

К недостаткам этих материалов можно отнести их низкую пластичность: при комнатной температуре обработка объемных изделий затруднена [5]. Целесообраз-