

**Б.И. БАЙРАЧНЫЙ**, докт. техн. наук, проф., НТУ “ХПИ”,  
**Е.Б. МИШИНА**, аспирант, НТУ “ХПИ”

## СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ

В статті розглядається осадження металів на титан та методи активації його поверхні. Наведено теоретичне обґрунтування наводнення поверхні титанових сплавів, а також практичні дані при проведенні випробувань на розрив та вигин. Проаналізовано вплив наводнення на механічні властивості титану.

В статье рассматривается осаждение металлов на титан и методы активации его поверхности. Приведено теоретическое обоснование наводороживания поверхности титановых сплавов, а также практические данные при проведении испытаний на разрыв и излом. Проанализировано влияние наводороживания на механические свойства титана.

The article deals with deposition of metals on titanium and activation methods of surface. The theoretical justification hydrogenation of titanium surface alloys was made an analysis, as well as practical information for conducting tensile tests and fracture. The hydrogenation effects on the mechanical properties of titanium was examined.

Электрохимическое осаждение металлов на титан широко используется в технике с целью придания изделиям из титановых сплавов функциональных свойств (повышение проводимости, износостойкости, твердости и др.). Формирование покрытий на титане осложняется пассивным состоянием поверхности и необходимостью ее активации, сопровождающейся выделением водорода. Взаимодействие титана с водородом зависит от температуры и структуры сплава [1, 2].

На рис. 1 а показан фрагмент диаграммы состояния титан-водород, который свидетельствует о незначительных объемах поглощения водорода титаном при комнатных температурах.

На рис. 1 б показана растворимость водорода в титане, которая при температуре до 50 °С не превышает  $0,7 \cdot 10^{-2}$  % (атом.).

Исходя из диаграммы состояния титан-водород и уравнения:

$$\lg C = 6,8 - 1,9 \cdot 10^3/T,$$

где  $C \cdot 10^{-4}$  – концентрация водорода, % (вес.);  $T$  – абсолютная температура, К. при низких температурах (20 – 50 °С) количество водорода в  $\alpha$ -Ti фазе соста-

вляет  $0,72 \cdot 10^{-2}$  % (атом).

В данной работе изучено влияние водорода, выделяющегося при осаждении никеля на титан из хлоридного электролита. Электролизу подвергались электроды площадью  $4 \text{ см}^2$ , плотностью тока  $5 \text{ А/дм}^2$  при температуре  $20 - 25 \text{ }^\circ\text{С}$ . Выход по току водорода составляет 80 %.

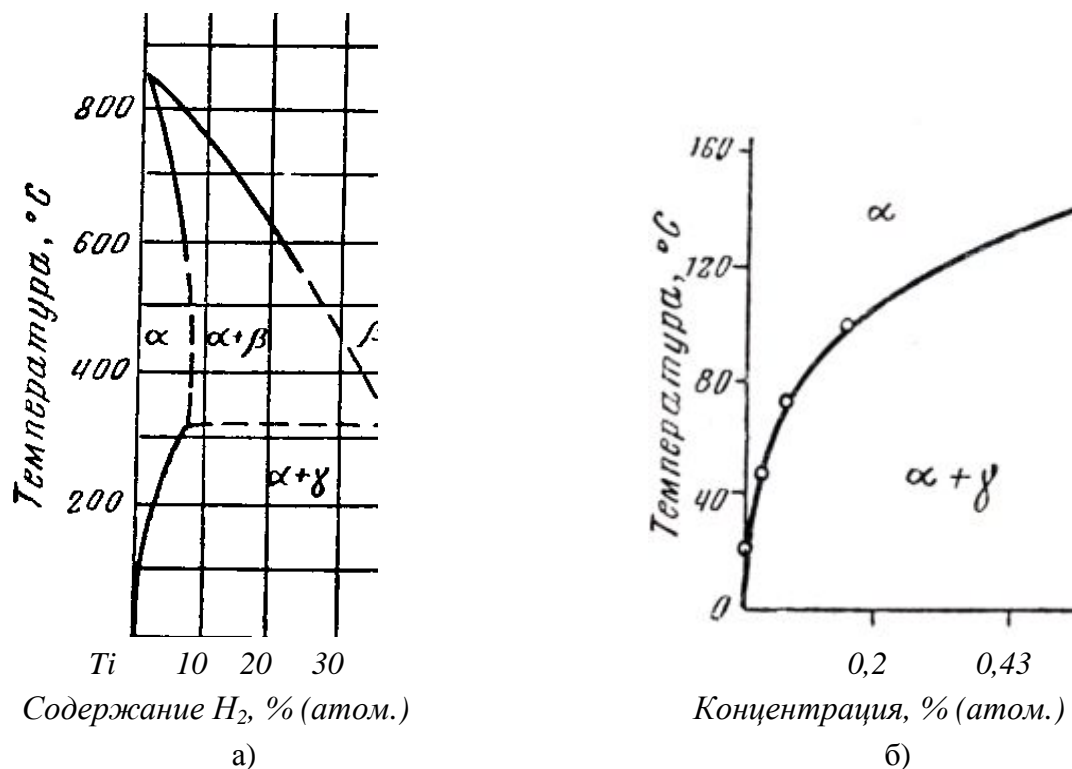


Рис. 1. Фрагмент диаграммы состояния системы титан-водород (а), растворимость водорода в  $\alpha$ -титане (б)

Водород в титане находится в частично ионизированном состоянии. Неионизированные атомы образуют с титаном твердые растворы внедрения. Кристаллическая решетка  $\alpha$ -титана имеет два типа пустот: тетрагональные и октаэдрические. Т.к. радиус атома водорода равен  $0,041 \text{ нм}$ , то они могут размещаться только в октаэдрических пустотах с радиусом  $0,062 \text{ нм}$ . При никелировании титана в начальной стадии поверхность катода покрывается молекулами водорода, который диффундирует в октаэдрические пустоты кристаллической решетки титана. Исходя из размера атома водорода  $0,041 \text{ нм}$  и покрытия им всей поверхности катода, в первый момент времени поверхность катода поглощает  $1,64 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3$  водорода, вес которого  $1,46 \cdot 10^{-12} \text{ г}$ .

В процессе электролиза образец покрывается слоем никеля, что препятствует дальнейшему поглощению и диффузии водорода вглубь образца.

Т.е. в реальных условиях электролиза количество водорода, поглощенное титаном, на 5 – 6 порядков меньше по сравнению с выделившимся водородом.

Таким образом, можно предположить, что поглощение водорода не окажет существенного влияния на изменение физико-механических свойств титана. Для подтверждения этих расчетов было проведено изучение механических свойств методом пластической деформации на разрыв и изгиб [3].

На поверхности титана после обработки и разрыва отсутствуют структурные изменения, характерные образованию гидридов. Структура металла, наблюдаемая при увеличении в 300 раз, для образцов, обработанных в растворах с выделением водорода, не отличается от исходной поверхности.

В таблице приведены данные механических испытаний электродов из титана марки ВТ-1 на разрыв и влияния наводороживания на эти свойства.

Как видно из таблицы, предел прочности необработанного образца и образцов, подвергавшихся наводороживанию в процессе электролиза, имеют очень близкие значения.

Таблица

Механические свойства покрытий титана

№	Материал электрода	Толщина покрытия, мкм	Испытания на разрыв			Испытания на излом, количество изгибов до излома
			Предел прочности $\sigma$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$ , %	Сила разрыва Р, кгс	
1	Ti	-	32,5	40	230	3
2	Ti навод.	-	33,7	35	235	2
3	Ti-Ni	4	33,2	38	235	3
4	Ti-Ni-Cu	4	39,4	38	278	3

Относительное удлинение образцов не изменяется и составляет примерно 40 %. Сила разрыва незначительно возрастает с увеличением толщины покрытия на титане. Таким образом, количество поглощенного водорода не вызывает охрупчивания металла или существенного снижения прочностных характеристик.

Испытания Ti электродов на излом также указывают на несущественные изменения механических свойств титана при никелировании.

При проведении этих испытаний образцы дополнительно подвергались травлению в H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> при температуре 120 °С.

Количество изгибов до излома необработанного титана равно 3.

Обработка в  $H_3PO_4$  не оказывает влияния на механические свойства, о чем свидетельствует аналогичное количество изгибов.

При наводороживании поверхности титановых образцов количество изгибов незначительно уменьшается и равно 2.

Такое же количество изгибов получено и при испытании образцов, на которые в процессе электролиза осаждался никель и медь.

Полученные данные свидетельствуют о том, что количество водорода, которое может поглощаться титаном, составляет небольшие величины, а водород, выделяющийся при никелировании, адсорбируется поверхностью, и возможно, его адсорбция вглубь кристаллической решетки не происходит.

Поэтому на основании проведенных расчетов и экспериментов при осаждении никеля толщиной до 5 мкм водород не оказывает существенного влияния на механическую прочность титановых сплавов.

**Список литературы:** 1. Макквиллэн А.Д. Титан / А.Д. Макквиллэн, М.К. Макквиллэн; [пер. с англ. С.Г. Глазунова]. – М.: Металлургиздат, 1993. – 461 с. 2. Ажогин Ф.Ф. Гальванотехника / Ф.Ф. Ажогин. – М.: Металлургия, 1987. – 735 с. 3. Якименко Г.Я. Техническая электрохимия: учебник в 3 ч. / Г.Я. Якименко, В.М. Артеменко; под ред. Б.И. Байрачного. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – Часть 3: Гальванические производства. – 272 с.

*Поступила в редколлегию 18.05.12*

УДК 666.762

**Т.Б. ГОНТАР**, асистент, УПА, Харків,

**С.М. ВІЛКОВ**, канд. техн. наук, приват-проф., УПА, Харків,

**О.Б. СКОРОДУМОВА**, докт. техн. наук, проф., УПА, Харків,

**Я.М. ГОНЧАРЕНКО**, канд. техн. наук, УПА, Харків

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕМОНТУ ТЕПЛОВИХ АГРЕГАТІВ**

У роботі досліджено вплив хлоридів та фторидів лужних та лужноземельних металів на процес згоряння екзотермічної суміші, що використовується для гарячого ремонту вогнетривких футерівок теплових агрегатів. Розроблено оптимальний склад екзотермічної суміші. Встановлено вплив типу зв'язуючого на ступінь згоряння алюмінію.