

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТИТАНА

СюйШупэн, Ши Кунь, В.В. Ларионов

Научный руководитель: профессор–доктор В.В. Ларионов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lvv@tpu.ru

EFFECT OF HYDROGEN ON CONDUCTIVITY OF TITANIUM

Shupeng Xu, Kun Shi, V.V. Larionov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.V. Larionov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: lvv@tpu.ru

***Annotation.** The work carried out research element, phase composition and structure and electrical systems Ti-H. The aim of this work was to study the change in titanium containing hydrogen in comparison with its structure. The evaluation was conducted on changing σ_{dc} and eddy currents in the ISA, Research radiographs, calculate the density of defects, and information about changing the structure of the titanium values of eddy currents. For comparison were used: optical Olympus GX-71 and REM-125K electronic microscopes diffractometer Shimadzu XRD-7000S, spectrometer GD-Profilier. Therefore it is possible to extract a clear effect of hydrogen on the electrical conductivity of the metal layers. Such comparisons are possible, since the penetration depth B_T is a function of frequency. It is shown that saturation of titanium alloy VT1-0 hydrogen accompanied by changes in physical and mechanical properties: the lattice parameters, microhardness, electrical conductivity σ . The greatest quantity of hydrogen sorbed titanium typical sample thickness of 3 mm. Further increase in the thickness (with the same surface area) does not lead to a change in hydrogen concentration in titanium. This important conclusion must be accompanied by the study of the distribution of the hydrogen content in the depth of the titanium sample. For example, data from the literature should be [2] that the greatest amount of hydrogen is concentrated in a layer thickness of up to 0.3 μ . At greater depth there is a uniform distribution of hydrogen. The relationship between the degree of hydrogenation of titanium alloy and a change in its electrical conductivity is established. This makes it possible to detect and determine the degree of hydrogenation method using eddy current in a production environment. A comparison of measurements of samples spectrometry, x-ray diffraction and eddy currents at different frequencies. To investigate the surface layers to 10 microns must be used high frequency eddy current (100-1000 MHz).*

При производстве и эксплуатации изделий из титановых сплавов в их поверхностном слое происходят сложные структурные изменения. Образуются газонасыщенные слои (ГНС), содержащие фазы внедрения кислорода, азота, водорода с различной концентрацией по глубине [1,2]. Для обеспечения надежности изделий из титановых сплавов, необходим сплошной контроль в условиях их производства и эксплуатации на наличие ГНС. Некоторые вопросы разработки эффективных методов и средств контроля состояния слоев металлов рассмотрены авторами в работе [3,4], где определена чувствительность прибора МСА [4]. Физической основой применения вихревого метода для этих

целей является изменение электропроводности титанового сплава при газонасыщении. Поэтому решение указанной задачи заключается в установлении взаимосвязи между степенью ГНС и изменением σ титановых сплавов. Целесообразность использования ВТ обусловлена тем, что ГНС распространяются на различную глубину. Однако для получения достоверной информации о влиянии ГНС титановых сплавов, границ зерен, протяженности и плотности дислокаций, концентрации различных примесных атомов (Н, N, О, Си т.д.), пор и трещин, требуется сопоставление рассматриваемых эффектов на методом ВТ различной частоты. Дефекты кристаллической решетки влияют на многие физические свойства, в том числе на удельное сопротивление металлов [3,4]. Например, объемная доля границ в субмикроструктурных металлических материалах, полученных методами интенсивной пластической деформации [2], составляет 0,1...1,0 %, плотность дислокаций – $10^{14}...10^{15} \text{ м}^{-2}$, а плотность вакансий достигает 10^{-4} (в хорошо отожженных металлах плотность дислокаций составляет $10^4...10^8 \text{ м}^{-2}$, а плотность вакансий – $10^{-23}...10^{-22}$). Это дает основание предполагать, что σ и способность накапливать водород в объеме из водородосодержащей среды может отличаться в зависимости от величины зерен, их границ [2].

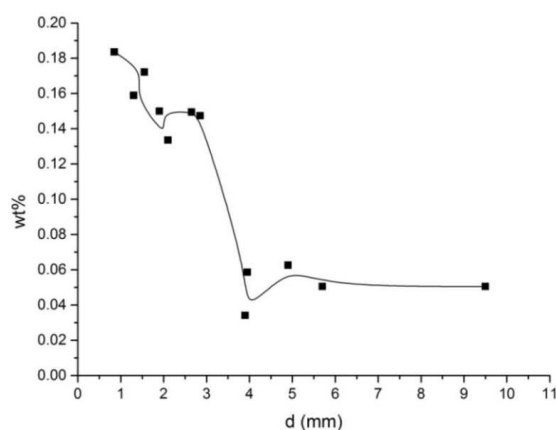


Рис. 1. Содержание водорода в титане в зависимости от толщины образцов при их одинаковой площади

Из рис. 1 следует, что наибольшее количество сорбированного титаном водорода характерно для толщины образца 3 мм. Дальнейшее увеличение толщины (при одинаковой площади поверхности) не приводит к изменению концентрации водорода в титане. Этот важный вывод должен сопровождаться изучением распределения содержания водорода по глубине титанового образца. Например, из литературных данных следует [2], что наибольшее количество водорода концентрируется в слое толщиной до 0.3 мкм. На больших глубинах наблюдается равномерное распределение водорода (рис. 2).

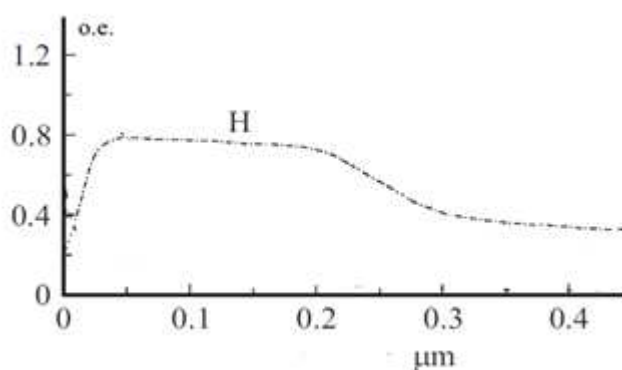


Рис. 2. Распределение водорода в образце титана VT1-0 после его насыщения водородом из газовой фазы

Таблица 1

Результаты рентгенографического исследования образцов Ti

| Название образца | Обнаруженные фазы | Содержание фаз, масс. % | Параметры решетки | Размер частиц по ОКР, нм | Сопротивление, МСм |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| VT1-0+H Содержание H 0.04 wt% | Ti_hexagonal | 93.31 | a = 2.9461 c = 4.6818 | 70.70 | 0,25 |
| | TiH _{1,5} _cubic | 0.59 | a = 4.4064 | 195.25 | 0,25 |
| | TiO ₂ _tetragonal | 6.09 | a = 4.5849 c = 2.9703 | 28.37 | |
| VT1-0+H Содержание H, 0.07 wt% | Ti_hexagonal | 53.53 | a = 2.9430 c = 4.6746 | >300 | 0,35 |
| | TiH _{1,5} _cubic | 7.42 | a = 4.4079 | >300 | |
| | TiO_cubic | 2.28 | a = 4.2729 | >300 | |
| | Ti ₆ O_hexagonal | 36.77 | a = 5.1031 c = 9.4255 | 38.80 | |

ВЫВОДЫ. На основе выполненных исследований элементного, фазового состава и структуры и электропроводности системы Ti–H могут быть выделены следующие результаты.

1. Насыщение титанового сплава VT 1-0 водородом сопровождается изменением физико-механических свойств: параметров кристаллической решетки, микротвердости, электропроводности. Подтверждается взаимосвязь между степенью наводороживания титанового сплава и изменением его электропроводности, что дает возможность обнаруживать и определять степень наводороживания с помощью вихретокового метода в условиях производства. 2. Сопоставление измерений образцов спектрометрическими, рентгенографическими методами и вихревыми токами разных частотах свидетельствует о необходимости использования вихревых токов повышенной частоты (100–1000 МГц). Измерения значений VT в зависимости от зеренности, в частности вдоль границ зерен и перпендикулярно таковым, позволяет исследовать послойные структурные изменения наводороженных титановых сплавов вихревыми токами.

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания «Наука» 0.1325.2014

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Буханова А.А. Механические свойства титана и его сплавов. – М.: Металлургия, 1974. – 544 с.
2. Носкова Н.И., Мулюков Р.Р. Субмикроструктурные и нанокристаллические металлы и сплавы. – Екатеринбург, 2003. – УрО РАН. – 278 с.
3. Дорофеев А. Л., Калинин Н. П., Остапенко В. Д. Электромагнитный метод поверхностных слоев металлов с использованием повышенных частот // Дефектоскопия. – 1981. – № 4. – С. 34–40.
4. Larionov V.V., ShupengXu, Kun Shi, Krening M.X. Effect of Hydrogen on Conductivity of Metals // Advanced Materials Research, Vol. 1084 (2015) pp. 21–25.