

## СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВОДОРОДА ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОЛЬГИ

С.Ю. Харченко

Научный руководитель: ассистент кафедры ОФ В.Н. Кудияров  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: Sergey\_23.m.j@mail.ru

## STAND FOR TESTING ELECTROCHEMICAL PERMEATION OF HYDROGEN THROUGH METAL FOILS

S.Y. Harchenko

Scientific Supervisor: V.N. Kudiyarov  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: Sergey\_23.m.j@mail.ru

*This work describes the design, the basic components and principle of working the experimental Stand for Testing Electrochemical Permeation (STEP) of hydrogen through the metal foils. Diffusion coefficient and the time diffusing hydrogen was determined in titanium foils VT1-0 by electrochemical penetration. The impact of surface condition on the permeation time and the diffusion coefficient of hydrogen investigated.*

Системы металл-водород являются предметом изучения на протяжении многих лет. Это объясняется тем, что с одной стороны процесс взаимодействия водорода с поверхностью и кристаллической структурой металла представляет собой несомненный интерес в области фундаментальных задач. С другой стороны, стоит целый ряд технических проблем по получению и выделению водорода из газовой смеси, его очистке, синтезу, транспортировке, внедрению в промышленный оборот, а также разработке различных металлических сплавов и защитных покрытий, от проникновения водорода [1]. Используя электрохимическую мембранную методику, возможно исследование процессов диффузии водорода в металлических фольгах в зависимости от состояния поверхности. Данная методика используется для изучения процессов проникновения водорода через тонкие металлические фольги, разделяющие два пространства в электрохимической ячейке, заполненной электролитом, посредством одностороннего наводороживания [2]. В настоящей работе описаны принцип работы, конструкция и основные компоненты разработанной на кафедре общей физики ФТИ ТПУ экспериментальной установки STEP (Stand for Testing Electrochemical Permeation) для исследования водородной проницаемости через металлические фольги. Описание методики проницаемости водорода и проверка достоверности получаемых результатов выполнены на образцах титанового сплава VT1-0.

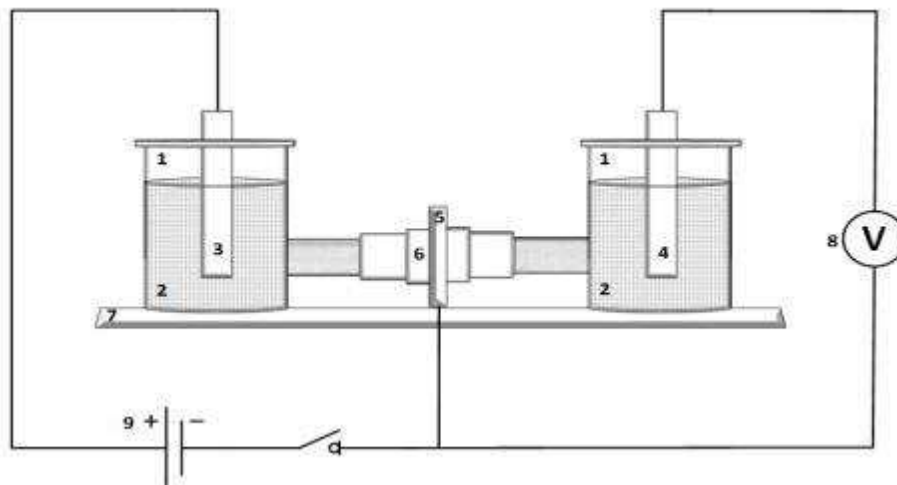
Принцип работы экспериментальной установки STEP состоит в следующем: между двумя электрохимическими отсеками помещается исследуемая металлическая фольга, которая герметично фиксируется относительно ячеек установки. При протекании постоянного тока через электролит происходит выделение ионов водорода на катодной стороне исследуемой металлической фольги в анодном отсеке. Водород, осаждаясь на поверхности, диффундирует через фольгу, и после определенного промежутка времени, выходит с анодной стороны фольги в катодный отсек, где происходит его выделение на катоде. Прохождение ионов водорода через фольгу определяется временем изменения

заряда электрода сравнения в приповерхностной области, а также изменением химического состава приповерхностной области электрода, при взаимодействии его с водородом [3]. Значения коэффициента диффузии водорода в металлических фольгах может быть определено соотношением Бэррера [3]:

$$D = h^2/6t,$$

где  $h$  - толщина образца,  $t$  - время диффузионного перехода.

Схема экспериментальной установки STEP, позволяющей исследовать водородную проницаемость через металлические фольги методом электрохимического проникновения, представлена на рисунке 1.



*Рис. 1. Схема экспериментальной установки STEP для исследования водородной проницаемости методом электрохимического проникновения: 1 – электрохимический отсек; 2 – электролит; 3 – платиновый электрод-анод; 4 – платиновый электрод сравнения; 5 – металлическая фольга-катод; 6 – держатель образцов; 7 – подставка установки; 8 – вольтметр; 9 – источник тока*

Методика проведения экспериментов по исследованию водородной проницаемости через металлическую мембрану методом электрохимического проникновения на сконструированной установке STEP состоит в следующем. Изначально подготавливают специальные образцы – фольги из исследуемого металла, определенного размера 25×25 мм. Поскольку состояние поверхности оказывает существенное влияние на процессы сорбции и диффузии водорода, образцы предварительно подвергают шлифовке. Далее между двумя электрохимическими отсеками помещается исследуемая металлическая мембрана, которая герметично фиксируется относительно двух отсеков при помощи конструкции держателя. Электролитические отсеки заполняются 1М раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, куда помещаются платиновые электроды.

Для проверки работоспособности комплекса и достоверности получаемых результатов были исследованы фольги толщиной 100 мкм титанового сплава ВТ1-0 размерами 25 × 25 мм. Электрохимическое проникновение водорода через образцы титанового сплава ВТ1-0 осуществлялось в 1М растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, находящегося в обоих отсеках экспериментальной ячейки. Эксперимент проводился при постоянной плотности тока 30 мА/см<sup>2</sup> в течение 100 минут при комнатной температуре.

На рис. 2 приведена кинетическая характеристика, представляющая собой зависимость электродного потенциала от времени катодной поляризации. Характерной особенностью данной зависимости является резкое возрастание (скачок) катодного потенциала с течением определенного промежутка времени. Данное поведение кривой объясняется потенциометрическим методом анализа, непосредственно с применением уравнения Нернста [4].

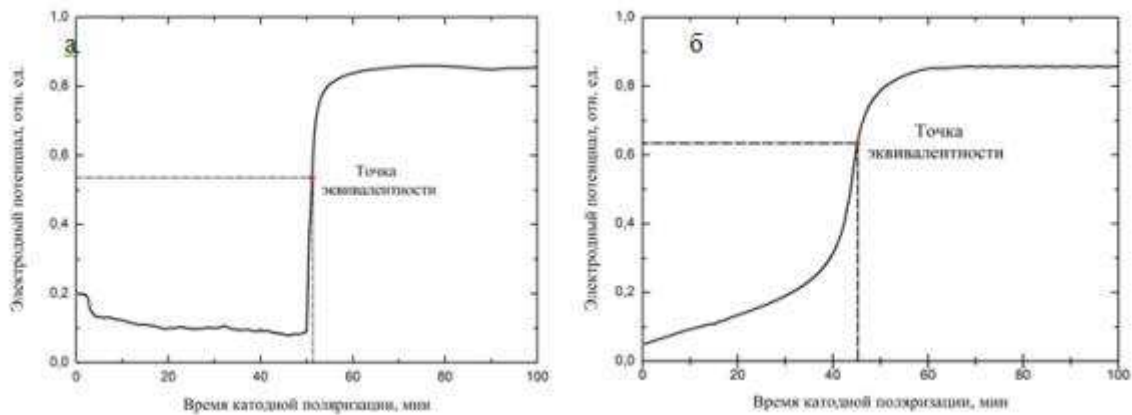


Рис. 2. График зависимости электродного потенциала от времени катодной поляризации для фольги титанового сплава VT1-0 толщиной 100 мкм при постоянной плотности тока 30 мА/см<sup>2</sup> в течение 100 минут: а – до шлифовки; б – после шлифовки

Появление резкого возрастания потенциала обусловлено быстрым изменением концентрации вещества (в частности ионов водорода) на электроде сравнения в катодном отсеке. Это свидетельствует о том, что ионы водорода в данном электрохимическом процессе смогли перейти из анодного отсека и преодолеть фольгу титанового сплава VT1-0 толщиной 100 мкм при постоянной плотности тока 30 мА/см<sup>2</sup>, и вступить в реакцию с электродом сравнения в катодном отсеке. Из графиков видно, что время диффузии водорода в фольге до шлифования составляет 52 минуты, что немного больше, чем время диффузии водорода в фольге после шлифования, которое составляет 44 минуты. Используя соотношение Бэррера был определен коэффициент диффузии водорода при комнатной температуре, который составляет  $63,1 \cdot 10^{-10}$  см<sup>2</sup>/с и  $53,4 \cdot 10^{-10}$  см<sup>2</sup>/с для фольг до и после шлифования соответственно. Сравнивая время диффузии и коэффициент диффузии водорода в фольгах до и после шлифования, можно сделать вывод, что состояние поверхности играет важную роль на проницаемость водорода.

Принцип работы, конструкция, основные компоненты экспериментальной установки СТЕР и методика проведения экспериментов по изучению водородной проницаемости методом электрохимического проникновения описаны в работе. Проанализировав зависимость электродного потенциала от времени катодной поляризации определили время диффундирования водорода и коэффициент диффузии в фольге титанового сплава VT1-0.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канило П.М., Костенко К.В. Перспективы становления водородной энергетики и транспорта // Автомобильный транспорт. – 2008 – №. 23 – С. 107–113.
2. Коноров П.П., Родионов Н.В., Яфясов А.М. Использование электрохимической мембранной методики для исследования процессов переноса водорода в германии – М.: Научно-исследовательский институт физики СПбГУ им. В.А. Фока, 2008. – 96 с.
3. Гельд П.В., Рябов Р.А., Кодес Е.С. Водород и несовершенства структуры металлов. – М.: Металлургия, 1979. – 221 с.
4. Compton R.G., Laborda E., Ward K.R. Understanding Voltammetry: Simulation of Electrode Processes, World Scientific Publishing, 2013. – 260 p.