

О. М. ЛЮБИМЕНКО (канд. ф.-м. наук, доц.)
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
e.n.lyubimenko@gmail.com

ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ В ВОДНЕВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Анотація. Виконанні дослідницькі роботи по визначенню впливу на паливні елементи температури та зміни форми елементів (пластини) при контакті з воднем. Підтверджено, що формозміна пластини з градієнтного сплаву α -PdH_n розвивається в два етапи. В результаті дослідження встановлено експериментальні закономірності індукованого воднем формозмінення паладієвої пластини, визначено, що при насиченні воднем в металі формується тимчасовий градієнтний матеріал «метал-водень» і завжди виникають водневі концентраційні напруження. Це в свою чергу забезпечує ефективне планування та визначення часу проникнення водню в метал. Допомагає контролювати зміну форми та дозволяє регулювати режими роботи паливного елемента. Визначено, що максимальний вигин пластини відбувається при постійній температурі, та визначається двома фундаментальними властивостями системи Pd-H, а саме, коефіцієнтом дифузії і рівноважної розчинності водню в паладії. Проте при зміні температури змінюється коефіцієнт дифузії водню в паладії і рівноважна концентрація водню в паладії, що обумовлює температурну залежність остаточного вигину ($y_{\text{мін}}$) пластини та його змінення (як зростання так і зменшення) при її односторонньому насиченні воднем.

Наукова новизна полягає у використанні відомого матеріалу паладію, який при контакті з воднем стає тимчасовим градієнтним сплавом зі змінними фізичними властивостями. Встановлено, що теплообмін в пластині і енергетична рівновага навколо пластини базуються швидкості на теплового потоку, що виникає під час реакцій в паливних елементах і втратах тепла, які відбуваються в паливному елементі.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання розробленого алгоритму на практиці при виготовленні конкретних пристрів, що працюють на основі паливного елемента – водню з можливістю моделювання цього процесу в програмі MaCad. Та удосконаленням умов роботи паливних елементів та сенсорів водню, бо при низьких температурах має місце відносно невеликий залишковий вигин пластини, а відповідно і форми паливного елемента.

Ключові слова: паливний елемент, температура, дифузія, формо змінення, температура, водень.

Вступ.

Процес виробництва електроенергії в паливних елементах значно ефективніший, ніж у теплових машинах. Паливні елементи (ТЕ) - це електрохімічні пристрої, що використовують водень, моноксид вуглецю або газоподібні органічні палива та кисень повітря для виробництва електричної та теплової енергії [1]. Крім того, в ТЕ немає рухомих частин і мінімізована роль спалювання палива, що робить процес безшумним та екологічно чистим. Промисловість все більше використовує енергоустановки з паливними елементами, та виділяють три напрямки [1]:

- 1) стаціонарна енергетика: енергетичні установки для централізованого та розподіленого електро- та теплопостачання, джерела безперебійного живлення;
- 2) транспортна енергетика: енергетичні установки транспортних засобів, допоміжні силові установки;
- 3) портативна енергетика: джерела струму мобільних пристроїв, зарядні пристрої, живлення різноманітних допоміжних пристроїв тощо.

В паливних елементах водень є одним з кращих видів палива із-за його фізико-хімічних властивостей. В Україні використання водневих технологій допоможе вирішити існуючі виклики для енергосистеми України, а саме:

- балансування енергосистеми;
- надійне енергопостачання;
- довгострокове зберігання відновлюваної енергії;
- перенесення добових та навіть сезонних змін попиту на електроенергію.

Президент Української водневої ради озвучив новий напрямок розвитку використання водню, а саме його додавання (10-15%) до природного газу і транспортування його в газо-транспортну систему, у тому числі до Європи [2]. Також було представлено нові напрямки, які потребують розробки: застосовування в водневій енергетиці генераторів водню (електролізерів) та паливних елементів. Одним з основних елементів таких пристроїв є селективна протонпровідна мембрана. Тому цікаво провести дослідження водневопровідності

мембран в апаратах водневої енергетики. В паливних елементах мембранний електродний блок (МЕБ) (рис.1), включає протонпровідну мембрану (ППМ), анод та катод, покритий шарами каталізатора (СК), газодифузійні шари (ГДС) [3].

На рис. 1 представлена схема процесів міграції газів і парів у водневому паливному елементі, що включає мембранний каталізатор. Тут процес 1 - зворотна дифузія води в ППМ від катода до аноду; процес 2 – проникнення водню від аноду до катода без електрохімічного окиснення; процес 2.1 - проникнення водню від анода до катода з електрохімічним окисненням, з одночасним проникненням кисню (процес 3) та викликаній їм генерацією води (процес 4), процес 1.1 - проникнення кисню в ППМ (процес 3), що супроводжується реакцією з воднем з утворенням води (процес 1.1), процес 5 - проникність азоту [3]. Інші присутні в атмосфері та паливі гази, такі як He , CO , CO_2 , NH_3 та H_2S , також існують у паливному елементі.

Для того щоб забезпечити послідовну роботу системи паливних елементів необхідно додатково контролювати показниками температури та керувати потоком тепла. В залежності від типу паливного елемента, оптимальна температура може коливатися від кімнатної температури ($+25\text{ }^\circ\text{C}$) до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ [4], і будь-яке відхилення від заданого діапазону температур може призвести до зниження ефективності паливного елемента.

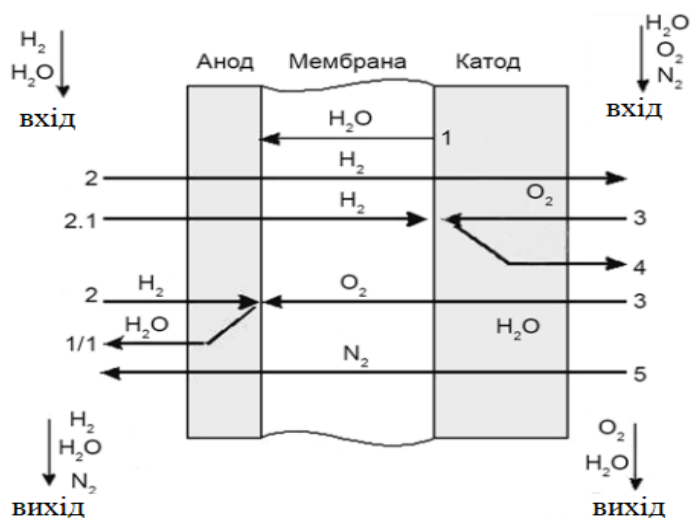


Рисунок 1 – Структурна схема процесів масопереносу у мембранному електродному вузлі [3].

Температура в паливному елементі не є однорідною, навіть коли є постійний газовий потік в каналах. Це відбувається за рахунок теплопередачі [5-9] від газу до поверхні елемента, а для певних типів паливних елементів - фазової зміни реагентів або продуктів. Для точного прогнозування температурно-залежних параметрів, а також швидкості реакції і транспортування необхідно точно визначити розподіл температури і тепла.

Конвективний теплообмін відбувається між поверхнею твердого тіла і газовими потоками, а провідний теплообмін відбувається в твердій та пористій структурах, в результаті чого формується градієнтний сплав водень - матеріал, зі змінними по перерізу властивостями [5-10] та зміною форми металу в результаті насичення воднем та зміни температури.

Приклад такої зміни форми зафіксовано експериментально в водородо-вакуумній установці [5], та отримано залежності зміни форми від часу. Було показано [6-11], що при односторонньому насиченні воднем в умовах, відповідних α - області на діаграмі стану системи Pd-H , пластина зазнає вигин в два етапи.

На першому етапі вигин пластини розвивається досить швидко і максимальна стріла прогину досягається за 10-20 с. При цьому збільшення тиску водню викликає досить сильне зростання максимального вигину пластини, так що при $P_{\text{H}_2} = 0,43\text{ МПа}$ стріла прогину досягає 10 мм.

На другому етапі насичення воднем пластина повільно розпрямляється. При цьому досягається або практично повна оборотність вигину, або має місце невеликий залишковий (стаціонарний) вигин.

У даній роботі була поставлена задача вивчити вплив додаткового вмісту водню на закономірності і масштаби формозміни паладієвої пластини для виготовлення паливного елемента при її односторонньому насиченні воднем.

Матеріал і методика експерименту

Досліджуваний зразок був виготовлений у вигляді тонкої пластини розмірами (68x5,5x0,27 мм) з чистого паладію (99,98%). Потім він був підданий відпалу при $700\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 60 хвилин (охолодження з піччю). Одну сторону відпаленого зразка електролітично покривали міддю.

Для досліджень використовували воднево-вакуумну установку ВВУ-4, яка дозволяє вивчати формозміну паладієвої пластини при температурах до $360\text{ }^\circ\text{C}$ і при тисках водню від 0,01 МПа до 2,5 МПа. ВВУ-4 складається з робочої камери і обслуговуючих її чотирьох допоміжних блоків. Установка ВВУ-4 описана в [5].

При підготовці експерименту зразок одним торцем закріплювали в тримачі робочої камери таким чином, щоб вгорі була сторона зразка з мідним покриттям. Робоча частина зразка після закріплення складала 60 мм. Для зняття залишкових напруг закріплений зразок піддавали низькотемпературного вакуумному відпалу безпосередньо в робочій камері: його повільно нагрівали до 200°C зі швидкістю 3 К / хв і потім охолоджували з пічкою. Зазвичай після трьох циклів такого відпалу зразок перестає реагувати (злегка згинатися) на подальші нагрів і охолодження і, таким чином, виявляється підготовленим до експерименту.

Експерименти проводили в наступному порядку. Зразок повільно (3 К / хв) нагрівали до температури експерименту і витримували при цій температурі 20 хв. Після цього в робочу камеру подавали дифузійно очищений водень до заданого тиску. Від початку подачі водню ($t = 0$ с) вели реєстрацію зміни стріли прогину зразка через кварцове вікно за допомогою катетометри і відеокамери Samsung.

Експерименти завжди здійснювали в ізотермічних умовах. Температуру при цьому підтримували і вимірювали за допомогою приладу «ТРЦ-02 плюс» з точністю ± 1 К. Використання відеозапису особливо важливо для перших секунд експерименту, коли формозміна зразка розвивається досить швидко.

Відповідно до поставленого завдання по вище описаній методиці, провели дослідження впливу водню на паладієву пластину, яка імітує форму мембрани. Дослідження провели при температурі 200 °C та тиску водню $0,45 \cdot 10^5$ Па, $1,3 \cdot 10^5$ Па; $2,19 \cdot 10^5$ Па. Отримані характерні часові залежності представлено на рис.2.

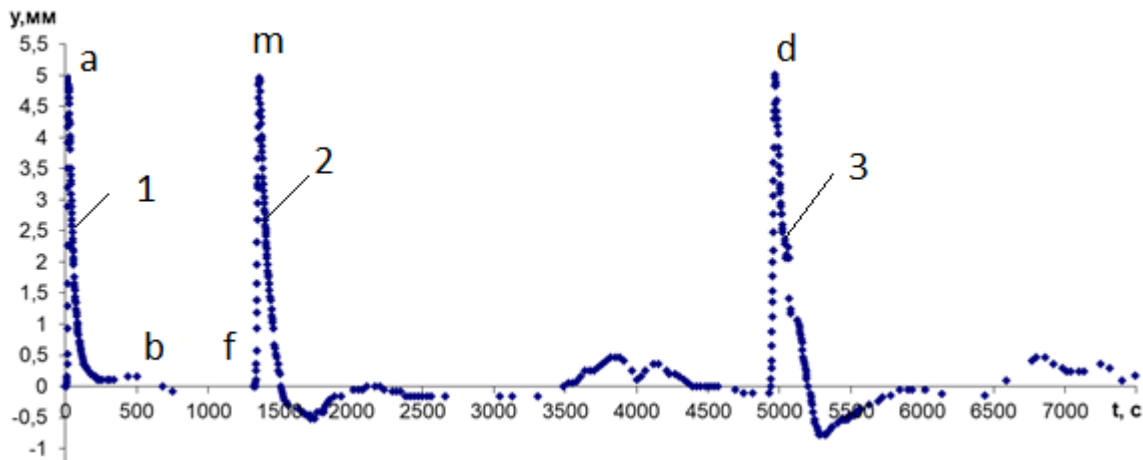


Рисунок 2 – Часова залежність стріли вигину пластини при 200 °C при її односторонньому насиченні воднем: 1) до $0,45 \cdot 10^5$ Па; 2) до $1,3 \cdot 10^5$ Па, 3) до $2,19 \cdot 10^5$ Па.

Як видно з рис. 2, крива 1, змінення форми пластини здійснюється в два часових етапи. На першому етапі пластина швидко згинається, безпосередньо вже в процесі відкриття вентиля на установці при швидкості подачі водню $5,26 \times 10^{-3}$ МПа / с в робочу камеру. При цьому в момент досягнення заданого тиску $P_{H_2} = 0,045$ МПа ($t = 8,55$ с) вигин пластини вже досягає експериментально помітної величини. В подальшому при постійному тиску водню P_{H_2} , зразок продовжує насичуватися воднем і інтенсивно згинатися. Стріла вигину досягає свого максимуму $y_{\max} = 4,89$ мм за проміжок часу $\Delta t_{\max} = 21,0$ с (рис. 2, крива 1, точка a) від початку подачі водню. Після досягнення максимального вигину (точка a), тобто на початку другого, більш тривалого етапу, зразок повільно закономірно розпрямляється. Це свідчить про поступове зменшення напружень у зразку в результаті вирівнювання градієнта концентрації водню по перетину зразка. Через 222 с від початку експерименту було досягнуто стаціонарний початковий стан ($y_{\min} = 0,10$ мм), а через 700с пластина повернулася в початковий стан, який в подальшому на протязі 500 с до завершення експерименту залишався незмінним (рис. 1, крива 1, ділянка b-f). Таким чином експериментально встановлено, що вигин зразка повністю зворотній.

У другій частині експерименту (рис. 2, крива 2) за описаною вище методикою насичували сплав α -PdH_n, коли тиск водню в робочій камері установки ВВУ-4 було збільшено від 0,045 до 0,13 МПа при швидкості подачі водню $3,4 \times 10^{-3}$ МПа /с. Збільшення тиску водню не привело до істотної зміни кінетики формозмінення пластини як на першому, так і на другому етапі її насичення воднем. Після закінчення напуску вигин продовжував збільшуватися і через 28 с від початку подачі водню в камеру було досягнуто більший максимальний вигин пластини: $y_{\max} = 4,95$ мм (відмічений точкою m на кривій 2), ніж в першому експерименті. Другий етап почався з того, що максимальний вигин утримувався протягом 5 с (рис.2, крива 2) і далі пластина почала розпрямлятися. Як бачимо, пластина розпрямляється (рис. 2, крива 2, ділянка k-h) як і в першому експерименті, але потім почали спостерігатися коливання вигину пластини в зворотню сторону, вигини стали зі знаком мінус, то знов поверталися до нуля, то потім спостерігали, що вигин зростає.

У третій частині експерименту (рис. 2, крива 3) за описаною вище методикою насичували сплав α -PdH_n, коли тиск водню в робочій камері установки ВВУ-4 було збільшено від 0,13 до 0,219 МПа при швидкості подачі водню $3,29 \times 10^{-3}$ МПа /с. Як бачимо, збільшення тиску водню також не привело до зміни кінетики формозмінення пластини як на першому, так і на другому етапі її насичення воднем. Після закінчення напуску вигин продовжував збільшуватися і через 29 с від початку подачі водню в камеру був досягнутий

максимальний вигин пластини: $y_{\max} = 5,01$ мм (відмічений точкою d на кривій, рис.2), більший ніж в першому та другому експерименті. Другий етап почався з того що максимальний вигин утримувався протягом 8 с (рис.2, крива 3) і далі пластина почала розпрямлятися. Як бачимо, пластина розпрямляється з такою ж швидкістю, як і в попередніх експериментах. Проте, як бачимо з рис. 2, крива 3, через 250 с після початку напуску спостерігається деяке зменшення вигину пластини в протилежну область, зі знаком мінус. Потім спостерігаємо деякі коливання остаточного вигину пластини то в області позитивних то негативних значень вигину.

На нашу думку такі коливання вигину на другому етапі вигину пластини можуть бути пов'язані з коливаннями температури в камері біля мембрани. Тому одночасно з вигином пластини провели вимірювання температури за допомогою приладу ТРЦ-02 плюс, та побудували залежність зміни температури в ході трьох насичень зразка (рис.3).

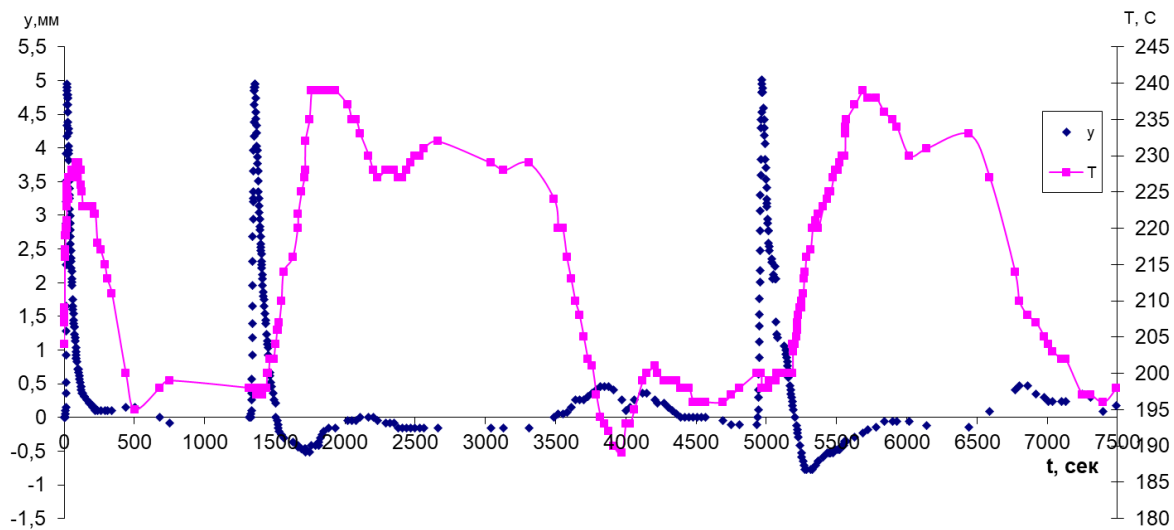


Рисунок 3 – Залежність зміни вигину (y) та температури (T) пластини при $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ при її односторонньому насиченні воднем: 1) до $0,45 \cdot 10^5$ Па; 2) до $1,3 \cdot 10^5$ Па, 3) до $2,19 \cdot 10^5$ Па.

Отже фізична природа формування максимального вигину пластини в перші секунди обумовлена формуванням тимчасового градієнтного сплаву $\alpha\text{-PdH}_n$ (з певною концентрацією водню в паладії та товщиною), який має інші фізичні властивості ніж чистий паладій по глибині проникнення водню. При цьому найбільші вигини пластини мають місце в районі температур $200\text{--}210\text{ }^{\circ}\text{C}$, де сумарна дія обговорюваних фізичних факторів (D , p_0) є з очевидністю максимальною в момент формування тимчасового градієнтного сплаву $\alpha\text{-PdH}_n$. Наступне розпрямлення пластини, а саме другий етап добре корелює зі зміною температури (крива T на рис.3).

Отже, є всі підстави вважати, що ці саме, рівноважна розчинність водню в паладії і його коефіцієнт дифузії при зміні температури в головному визначають величину максимального та остаточного вигину пластини.

У зв'язку з цим становить інтерес зіставити температурні залежності максимального вигину пластини з температурними залежностями коефіцієнта дифузії і рівноважної концентрації водню в паладії при наших експериментальних тисках.

Зіставляючи дані, представлені на рис. 3, крива y та T , наочно бачимо, що при зміні температури змінюється коефіцієнт дифузії водню в паладії [10], і саме спільна дія цих двох чинників, коефіцієнта дифузії і рівноважної концентрації, обумовлює температурну залежність остаточного вигину ($y_{\min}$) пластини при її односторонньому насиченні воднем.

Обговоримо тепер той експериментальний факт, що індуковані воднем формозмінення пластини при підвищених температурах є повністю оборотним. Очевидно, що повна оборотність явища (підвищені температури) однозначно вказує на реалізацію когерентного механізму вигину пластини. При цьому при вигині зберігається когерентне будова формується тимчасового градієнтного сплаву $\alpha\text{-PdH}_n$ (шар 1), когерентна будова шару 2 (напружений паладій) і когерентне будова області сполучення шарів 1 і 2. При реалізації когерентного механізму формозміни водневій концентраційні (ВК) напруги, що виникають в пластині, не перевищують межі пропорційності паладію і градієнтного сплаву $\alpha\text{-PdH}_n$, та як бачимо з кривої T , на рис.3, ще можуть викликати пружні зміни форми зразка.

По завершенні насичення воднем по когерентного механізму в умовах досягнення рівноваги з газовою фазою вихідна паладієва пластина виявляється перетвореної в пластину з рівноважного сплаву $\alpha\text{-PdH}_n$, який успадковує початковий стан для чистого паладієвого зразка. Тому для моделювання процесу проникнення водню в паливний елемент необхідно знати швидкість потоку газу, проникність мембрани та температуру газу, схему паливного елементу де тривають ці процеси.

Висновки

В результаті дослідження встановлено експериментальні закономірності індукованого воднем формозмінення паладієвої пластини, визначено, що при насиченні воднем в металі формується тимчасовий градієнтний матеріал «метал-водень» і завжди виникають водневі концентраційні напруження. Це в свою чергу забезпечує ефективне планування та визначення часу проникнення водню в метал. Допомогає контролювати зміну форми та дозволяє регулювати режими роботи паливного елемента. Визначено, що максимальний вигин пластини відбувається при постійній температурі, та визначається двома фундаментальними властивостями системи Pd-H, а саме, коефіцієнтом дифузії і рівноважної розчинності водню в паладії. Проте при зміні температури змінюється коефіцієнт дифузії водню в паладії і рівноважна концентрація водню в паладії, що обумовлює температурну залежність остаточного вигину ($y_{\min}$) пластини та його змінення (як зростання так і зменшення) при її односторонньому насиченні воднем.

Наукова новизна полягає у використанні відомого матеріалу паладію, який при контакті з воднем стає тимчасовим градієнтним сплавом зі змінними фізичними властивостями. Встановлено, що теплообмін в пластині і енергетична рівновага навколо пластини базуються швидкості на тепловому потоку, що виникає під час реакцій в паливних елементах і втратах тепла, які відбуваються в паливному елементі.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання розробленого алгоритму на практиці при виготовленні конкретних пристрів, що працюють на основі паливного елемента – водню з можливістю моделювання цього процесу в програмі MaCad. Та удосконаленням умов роботи паливних елементів та сенсорів водню, бо при низьких температурах має місце відносно невеликий залишковий вигин пластини, а відповідно і форми паливного елемента.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Що таке паливний елемент. <http://www.inenergy.education/articles/bazovaya-informatsiya/cto-takoe-toplivnyy-element/>
2. <https://saee.gov.ua/uk/news/3410>
3. Бекман И.Н., Бессарабов Д.Г., Бунцева И.М. Математическое и программное обеспечение экспериментов по изучению нестационарной водородопроницаемости мембран, используемых в мембранных электролизерах и водородных топливных элементах. Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2015;(21):55-69. <https://doi.org/10.15518/isjaee.2015.21.007>
4. Герятовіч М. В. Вітро-сонячний комплекс з воднево акумулюючої установкою // Радіоелектроніка, електротехніка та енергетика. Т. 3: 13 Міжнар. наукова технічна конф. студентів і аспірантів, Москва, 1-2 березня 2007: Додати тез. доп. - М., 2007. №3. С. 353
5. Гольцов В. А. Установка, методика и результаты исследования водородоупругой деформации палладиевой пластины / В. А. Гольцов, Е. Н. Любименко, Ж. Л. Глухова // Физико-химическая механика материалов. – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 55–60.
6. Любименко О. М. Експериментальне дослідження поведінки пластини з паладію при додатковому насиченні воднем при 150 °С. // Фізика і хімія твердого тіла. – 2015 – Т. 16, № 3. – С.549 – 552.
7. Гольцова М.В., Экспериментальные закономерности и феноменологическая модель формоизменения палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом // Альтернативная энергетика и экология. –2014. –№ 1. –С. 152–166.
8. Водородные концентрационные напряжения: термодинамическое описание и математическое моделирование / Ж. Л. Глухова, В. А. Гольцов, Т. А. Щеголева, Е. Н. Любименко // Металлофизика и новейшие технологии. – 2009. – Т. 31, № 3. – С. 333–342.
9. Любименко Е. Н. Закономерности формоизменения палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом / Е. Н. Любименко, М. В. Гольцова // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (98). – 2011. – №4(74). – С. 100–107.
10. Любименко Е. Н. Формоизменение палладиевой пластины, индуцированное водородом / Е. Н. Любименко // Физико-химическая механика материалов. – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 83–88.
11. Гольцова М. В. Формоизменение палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом: влияние скорости роста давления газообразного водорода / М. В. Гольцова, Е. Н. Любименко // Физика металлов и металловедение. – 2012. – Т. 113, № 11. – С. 1073–1079.

REFERENCES

1. Beckman I.N., Bessarabov D.G., Buntseva I.M. Mathematical methodology and software package for experiments to study the transient hydrogen permeation in membranes used in electrolyzers and hydrogen fuel cell. *Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)*. 2015;(21):55-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.15518/isjaee.2015.21.007>

2. Geriatovich MV Wind-solar complex with hydrogen storage plant // Radioelectronics, electrical engineering and energy. Vol 3: 13 Int. scientific technical conf. students and graduate students, Moscow, 1-2 March 2007: Add theses. ext. - M., 2007. №3. P. 353
3. Goltsov V. A. Installation, methodology and results of the study of hydrogen-elastic deformation of a palladium plate / V. A. Goltsov, E. N. Lyubimenko, J. L. Glukhova // Physical and chemical mechanics of materials. - 2009. - Vol. 45, No. 5. - C. 55-60.
4. Lyubimenko O. M. The experimental behavior of the plate with the paladium in the case of pre-enriched water at 150 ° C. // Physics and chemistry of solid. - 2015 - Vol. 16, No. 3. -P.549 - 552.
5. Goltsova MV, Experimental laws and a phenomenological model of the shape change of a palladium plate with its one-sided saturation with hydrogen // Alternative Energy and Ecology. 2014. –№ 1. –P. 152–166.
6. Hydrogen concentration stresses: thermodynamic description and mathematical modeling / J. L. Glukhova, V. A. Goltsov, T. A. Shchegoleva, E. N. Lyubimenko // Metallophysics and latest technologies. - 2009. - Vol. 31, No. 3. - P. 333–342.
7. Lyubimenko E. N. Patterns of Formation of a Palladium Plate during Its Unilateral Saturation with Hydrogen / E. N. Lyubimenko, M. V. Goltsova // Issues of Atomic Science and Technology. Series: Physics of Radiation Damage and Radiation Materials Science (98). - 2011. - No. 4 (74). - P. 100–107.
8. Goltsova M. V. Features of the formation of the gradient alloy palladium – hydrogen and the shape change of the palladium plate in the process of one-sided saturation with hydrogen / M. V. Goltsova, E. N. Lyubimenko // Physics of metals and metal science. - 2011. - Vol. 112, No. 4. - P. 393–403.
9. Lyubimenko E. N. Formation of a gradient Pd – H alloy and the shape change of a palladium plate upon one-sided saturation with hydrogen / E. N. Lyubimenko, M. V. Goltsova // Metallophysics and latest technologies. - 2011. - Vol. 33, No. 6. - P. 819–829.
10. Lyubimenko E. N. Formation of a palladium plate induced by hydrogen / E. N. Lyubimenko // Physico-chemical mechanics of materials. - 2012. - Vol. 48, No. 1. - P. 83–88.
11. Goltsova M. V. Formation of a palladium plate upon its one-sided saturation with hydrogen: the effect of the growth rate of pressure of gaseous hydrogen / M. V. Goltsova, E. N. Lyubimenko // Physics of metals and metal sci-ence. - 2012. - Vol. 113, No. 11. - P. 1073–1079.

Надійшла до редколегії 16.10.2021

Рецензент: Нікіфоров А. П., д-р техн. наук

E.N. LYUBIMENKO¹

¹Donetsk National Technical University

Restoration of energy saving fuel elements after using them in a hydrogen environment. Performing research to determine the effect of temperature on fuel cells and changes in the shape of the elements (plates) in contact with hydrogen. It is confirmed that the deformation of the α -PdHn gradient alloy plate develops in two stages. As a result of the research, experimental regularities of hydrogen-induced palladium plate deformation were established, it was determined that when hydrogen saturation in metal a temporary gradient material “metal-hydrogen” is formed and hydrogen concentration stresses always occur. This in turn provides effective planning and determination of the time of penetration of hydrogen into the metal. Helps control shape change and allows you to adjust the modes of operation of the fuel cell. It is determined that the maximum bending of the plate occurs at a constant temperature, and is determined by two fundamental properties of the Pd-H system, namely, the diffusion coefficient and equilibrium solubility of hydrogen in pala-action. However, when the temperature changes, the diffusion coefficient of hydrogen in palladium and the equilibrium concentration of hydrogen in palladium change, which determines the temperature dependence of the final bending (umin) of the plate and its change (both increase and decrease) with unilateral hydrogen saturation. The scientific novelty is the use of the known material palladium, which in contact with hydrogen becomes a temporary gradient alloy with variable physical properties. It is established that the heat exchange in the plate and the energy equilibrium around the plate are based on the velocity on the heat flux that occurs during reactions in the fuel cells and the heat losses that occur in the fuel cell.

The practical importance of the work lies in the possibility of using the developed algorithm in practice in the manufacture of specific devices operating on the basis of a fuel cell - hydrogen, with the possibility of modeling this process in MaCad. But improving the working conditions of fuel cells and hydrogen sensors, because at low temperatures there is a relatively small residual bending of the plate, and accordingly the shape of the fuel cell.

Key words: *fuel cell, temperature, diffusion, form of change, temperature, hydrogen.*