

УДК 538.971

**ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СКОРОСТИ НАГРЕВА НА ДЕСОРБЦИЮ
ВОДОРОДА ИЗ ПАЛЛАДИЯ**

Ху Юйфань

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. В.С. Сыпченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: : huyufan70@gmail.com

**EFFECTS OF UNTRAVIOLET RADIATION AND HEATING RATE ON HYDROGEN DESORPTION
FROM PALLADIUM**

Hu Yufan

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., Ph.D. V.S. Sypchenko

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

E-mail: huyufan70@gmail.com

Abstract. *The paper investigates the effect of UV radiation and heating rate on hydrogen desorption from palladium. In the absence of UV radiation, the temperature maximum corresponding to hydrogen desorption shifts toward the high temperature region (within a certain range) for each unit increase in the heating rate. In addition, UV radiation contributes to some extent to the hydrogen release from palladium.*

Введение. Проблема истощения запасов ископаемых видов топлива становится все более актуальной. Водород становится важным новым источником энергии благодаря отсутствию загрязнения окружающей среды и низкой массовой плотности топливного продукта, высокой плотности энергии и относительной простоте материалов для хранения. Палладий обладает сильным сродством к водороду. Благодаря этому материалы на основе палладия обладают большим потенциалом во многих областях применения водорода, таких как производство и хранение водорода. В связи с тем, что изучение выделения водорода из металлов имеет важное значение для растрескивания под напряжением, коррозии металлических компонентов, хранения водорода в батареях и стабильности металлического водорода, целью данной работы является исследование влияния УФ-излучения и скорости нагрева на десорбцию водорода из палладия. [1, 2].

Экспериментальная часть. В качестве объекта исследования в экспериментальной работе выступал палладия (Палладий Пд 99) $14,10 \times 3,8 \times 0,11$ мм³, который был насыщен водородом путем электролиза с 1 моль/л раствором серной кислоты при токе 0,5 А в течение 30 минут. По расчетам плотность тока $J = 4,5$ А/м².

Установка для насыщения водорода электролизом состоит из катода (палладий), анода (проводник) и электролитической камеры. Ионы водорода в растворе движутся к палладию как катоду под воздействием электрического поля и "растворяются" палладием, таким образом достигая насыщения водородом. [3].

Эксперименты проводились в высоком вакууме, создаваемом с помощью фронтального вакуумного насоса, турбомолекулярных насосов, а выделяемые материалом газы регистрировались с помощью масс-спектрометра. Линейный нагрев применяется к образцу палладия, помещенному во внешний нихромовый нагреватель. (Внешний нагреватель представляет собой кварцевую трубку с намотанной на нее спиралью из сплава нихрома, покрытой теплоизолятором. Для нагрева печной проволоки на кварцевой трубке, которая действует как соленоид, температура образца контролируется хромоникелевой термопарой). Установка оснащена автоматизированной системой, управляемой компьютерной программой Project, и регистрирует как температуру, так и данные масс-спектрометра [4].

Для изучения влияния ультрафиолетового излучения на десорбцию водорода из образца использовался облучатель ультрафиолетовый кварцевый ОУФК-01, который может излучать длины волн в диапазоне от 180 до 275 нм, работает при напряжении 220 вольт с частотой 50 Гц, потребляет не более 300 ВА.

Результаты. На рисунке 1 показан выход водорода из Pd без УФ (а) и с УФ (б). В случае отсутствия УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур на 5 °С за каждую единицу скорости нагрева; в случае существования УФ-излучения наблюдается сдвиг температурного максимума в область высоких температур на 20 °С за каждую единицу скорости нагрева; На рисунке 2 показана зависимость скорости нагрева от температуры.

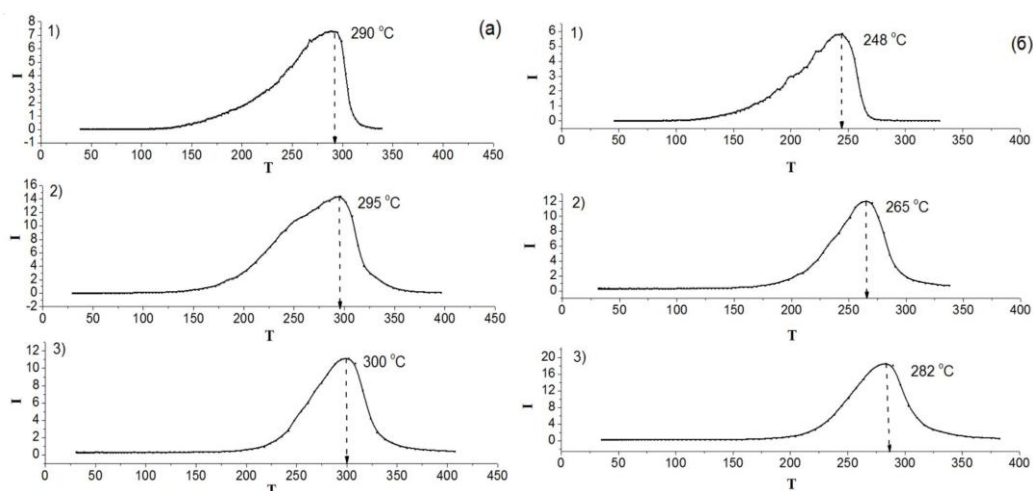


Рис. 1. Выход водорода Pd без УФ (а) где 1-скорость нагрева 1 °С/сек; 2-скорость нагрева 2 °С/сек; 3-скорость нагрева 3 °С/сек и с УФ (б) где 1-скорость нагрева 1 °С/сек; 2-скорость нагрева 2 °С/сек; 3-скорость нагрева 3 °С/сек

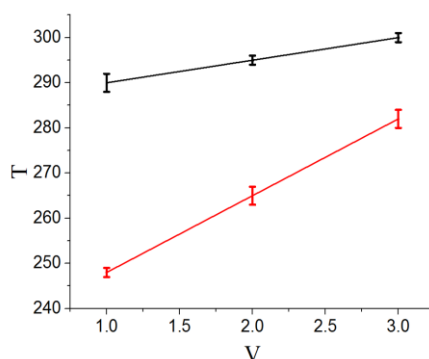


Рис.2. Зависимость скорости нагрева от температуры: черная линия – без УФ; красная линия – с УФ

Энергия активации десорбции водорода при линейном нагреве образца определена по формуле Редхеда [4]:

$$E_d = kT_{\max} \left(\ln \frac{v_1 T_{\max}}{\beta} - 3.64 \right)$$

где β – скорость нагрева, $v_1 \sim 10^{13} \text{ с}^{-1}$ – собственная частота колебаний кристаллической решетки (частотный фактор десорбции), k – коэффициент Больцмана, $T_{\max}$ – температура в максимальном интенсивности.

Энергия активации может быть рассчитана по температурам, показанным на рис. 1 и представленным в таблице 1

Таблица 1

Энергия активации десорбции изотопов водорода

Скорость нагрева	Энергия активации E_d , эВ	
	Без УФ	С УФ
1	1.761	1.626
2	1.743	1.650
3	1.739	1.683

Полученные результаты показывают, что E_d водорода в 0,9 раза ниже при УФ облучении, чем при его термической десорбции в отсутствие УФ. Причина может быть связано с неравновесным характером десорбции водорода в условиях радиационного воздействия [5].

Закключение. На основании результатов данной работы можно сделать следующие выводы: при увеличении скорости нагрева, как с ультрафиолетовым излучением, так и без него, максимум спектра смещается в область высоких температур. Более того, ультрафиолетовое излучение способствует выделению водорода из палладия в определенной степени ($1 \text{ }^\circ\text{C/c} \rightarrow 3 \text{ }^\circ\text{C/c}$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tyurin Yu.I., Nikitenkov N.N. etc. Diffusion and release of hydrogen from metals under the effect of ionizing radiation // Vacuum. – 2016. – Vol. 103. – P. 73-80.
2. Tyurin Yu.I., Nikitenkov N.N. etc. Study and modeling of hydrogen release from Ti, Zr, Ni, Pd, Pt during linear heating // Vacuum. – 2021. – Vol. 46. – P. 19523-19541.
3. Tyurin Yu.I., Nikitenkov N.N. etc. Data on hydrogen isotopes yield from Pd under thermal, electric current, radiation and UV stimulations // Data in Brief. – 2020. – Vol. 28. – P. 104850.
4. Сыпченко В.С., Никитенков Н.Н., Кудрявцева Е.Н., Хашхаш А.М., Чернов И.П., Хоружий В.Д. Особенности накопления водорода в металлах при насыщении в плазме, электролите и в водородной атмосфере под давлением // Известия РАН. Серия физическая – 2012. – Т.76., №6. – С. 794-797.
5. Тюрин Ю. И., Никитенков Н. Н., Ларионов В. В. Диффузия и выход водорода из металлов под действием ионизирующего излучения // Журнал физической химии. – 2014. – Т. 85., №. 6. – С. 1148-1154.