

04; 08; 11

© 1991

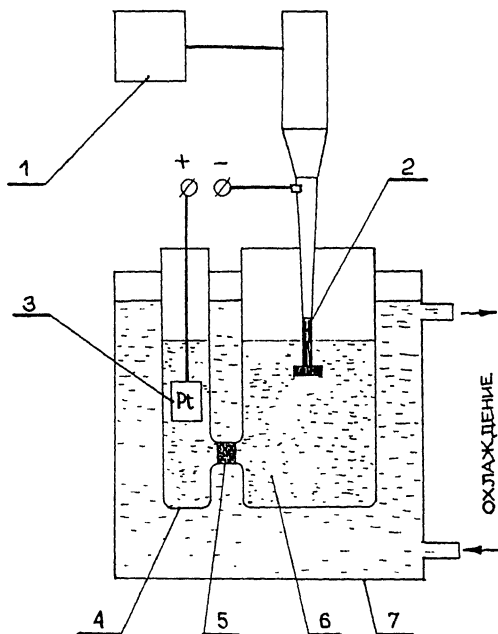
ВОСПРОИЗВОДИМАЯ ЭМИССИЯ НЕЙТРОНОВ  
ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ КАВИТАЦИИ  
И ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ПОВЕРХНОСТЬ ТИТАНОВОГО  
КАТОДА В ЭЛЕКТРОЛИТАХ  
НА ОСНОВЕ ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ

А.Г. Л и п с о н, Б.Ф. Л я х о в,  
Б.В. Д е р я г и н, В.Н. К у д р я в ц е в,  
Ю.П. Т о п о р о в, В.А. К л ю е в,  
М.А. К о л о б о в, Д.М. С а к о в

Исследования аномальных ядерных эффектов в системе металл-дейтерий (в частности при электролизе) непрерывно сталкиваются с проблемой плохой воспроизводимости результатов. Это связано с тем, что поверхность образцов титана и палладия в различных условиях демонстрирует различное поведение, зависящее от способа изготовления образцов, их дефектности, степени неравновесности условий эксперимента [1-3].

Ранее [4] нами было показано, что при кавитационном воздействии на дейтерийсодержащие среды наблюдается слабая нестационарная эмиссия нейтронов. Вместе с тем известно, что в условиях электролиза интенсивность кавитационного воздействия (кавитационной эрозии вибратора) может возрастать [5]. Кроме того, применение электролиза приводит к быстрому образованию на поверхности  $Ti$ -вибратора пленки дейтерида титана ( $TiD_x$ ), с которой будут взаимодействовать кавитационные пузырьки (микрокумулятивные струи). Оба этих процесса должны интенсифицировать протекающие ядерных реакций. Поэтому в настоящей работе была исследована возможность усиления эмиссии нейтронов при воздействии на титановый катод кавитации и электролиза в электролитах на основе тяжелой воды.

С этой целью магнитострикционный вибратор, работающий на частоте 15 КГц (амплитуда смещения торца вибратора - 15 мкм), служил непосредственно катодом в электролитической ячейке с разделенным (стеклянным фильтром) катодным и анодным пространствами (рис. 1). Анодом служила платиновая пластина. В качестве электролитов использовался 1М раствор  $NaOD$  в  $D_2O$  и 0.2 М раствор  $D_2SO_4$  в  $D_2O$  (чистота  $D_2O$  составляла 99.9%;  $NaOD$  - 99.5%;  $D_2SO_4$  - 99.5%). Диапазон используемых плотностей тока составлял 1-100 ма/см<sup>2</sup>. Вибратор, подключенный к генератору УЗДН-1, погружался в электролит катодного пространства ячейки объемом 200 см<sup>3</sup> на глубину 3 см и имел площадь основания 2 см<sup>2</sup> (общая площадь электрода 4 см<sup>2</sup>). Ячейка



имела кожух водяного охлаждения, так что температура внутри нее была постоянна и составляла  $20 \pm 2 \text{ C}^\circ$ . В некоторых случаях для изучения возможности усиления эффекта механической активации использовался порошок ультрадисперсного  $Ti$  (размер частиц  $\sim 20 \text{ \AA}$ ), изготовленного в НПО „Красная звезда“, который вводился в катодное пространство ячейки в количестве 100 г/л (щелочной электролит). Аппаратура регистрации нейтронов и процедура калибровки счетчиков нейтронов описаны в [2-4]. Эффективность детектора нейтронов в данной серии экспериментов составляла  $E = 1.2 \pm 0.2 \%$ . С целью уменьшения естественного фона нейтронов была применена пассивная защита из полиэтилена и кадмия (рис. 1), что позволило снизить значение естественного фона по сравнению с [4] более, чем в 3 раза ( $n_\phi = 0.0125 \pm 0.026$  нейтрон/с,  $n_\phi$  - средний фон за 3 месяца наблюдений). Флуктуации естественного фона не превышали 2-х стандартных отклонений выше уровня фона (2б). Работа проводилась при относительной влажности 50% с применением вытяжной вентиляции. Подготовка вибратора (катода) заключалась в следующем: шлифовка поверхности вибратора абразивной шкуркой, травление 10 мин в  $D_2SO_4$ , промывка в  $D_2O$  и кавитация 10 мин в используемом электролите. Эти процедуры повторялись через каждые 10 часов работы вибратора в режиме кавитация-электролиз.

Т а б л и ц а 1

Параметры эмиссии нейтронов при кавитации и электролизе  
в 1M р-ре NaOD в D<sub>2</sub>O

Параметр	Режим			
	кавитация	пост-эффект	кавитация в дисперсии T	пост-эффект в дисперсии Ti
$\bar{N}$ , отсч/с	0.017±0.003	0.019±0.004	0.019± ±0.005	0.016± ±0.004
$n_D$ , н/с (2б)	0.04	0.04	0.04	0.04
$n$ , н/с	0.4±0.1	0.6±0.1	0.6±0.2	0.3±0.1
$L$ , б	20	30	30	15

В качестве контрольных были проведены эксперименты с анодной поляризацией на титане (выделение O<sub>2</sub> на титане, а также с катодной поляризацией на Ti-вибраторе, покрытом гальванически никелем на толщину 10 мкм.

Было установлено, что на Ti-катоде (вибраторе), не подвергаемом кавитационному воздействию, при проведении электролиза как в щелочном, так и в кислом электролитах не наблюдается достоверного превышения над естественным фоном ( $n=0.013±0.005$  отсч/с - эффект не превышает 32 б за 50 часов наблюдения).

Алгоритм экспериментов был следующим: 1 - электролиз 30 мин, 2 - кавитация 10 мин, 3 - электролиз - 10 мин (пост-эффект) и далее цикл повторялся. Оказалось, что устойчивой эмиссии нейтронов можно добиться уже через один-два цикла в отличие от кавитации, в отсутствие электрода где инкубационный период (время от начала кавитации до появления эмиссии) составляет 15-20 часов [4]. Всего проделано 600 таких циклов так, что в кавитации и пост-эффекте было набрано по 100 часов статистики. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2 (для щелочного и кислого электролитов соответственно).

Как видно из таблиц 1 и 2, в режиме кавитации наблюдается эмиссия нейтронов с высокой степенью достоверности, достигающая 20-25 б выше уровня фона (за уровень фона здесь принимается скорость счета нейтронов при электролизе в режиме 1). Применение порошка Ti (в период УЗ-обработки частички T дополнительно активируют поверхность Ti-вибратора) позволяет повысить эффект в щелочном электролите до 30 б. Кроме того, в этом случае в 3 % опытов наблюдались разовые вспышки нейтронов с интенсивностью 500-1000 нейтронов (5-11 отсчетов) в интервале времени, ограниченным мертвым временем амплитудного анализа (1 мс). Подобных вспышек не фиксировалось нами за 3 месяца мониторинга естественного нейтронного фона (за 3 месяца наблюдений получено всего 50 двух-нейтронных вспышек и 2-трехнейтронных).

Параметры эмиссии нейтронов при кавитации  
и электролизе в 0.2 р-ре  $D_2SO_4$  в  $D_2O$

Параметр	Режим	
	кавитация	пост-эффект
$\bar{N}$ , отсч/с	0.018±0.004	0.014±0.004
$n_D$ , н/с	0.04	0.04
$n$ , н/с	0.5±0.1	0.1±0.06
$L$ , $\sigma$	25	5

П р и м е ч а н и е.  $\bar{N}$  - усредненное за время  $\tau=100$  час число отсчетов/с, полученное для каждого вида работы,  $n_D = 2\sqrt{\frac{N\phi}{E^2t}}$  - уровень достоверности измерений ( $N\phi=0.013\pm\pm 0.03$  отсч/с);  $n = (\bar{N}-N\phi)/E$ ,  $L$  - величина эффекта, выраженная как число стандартных отклонений ( $\sigma=0.5 n_D$ ) выше уровня фона.

Кроме того, нами исследовано влияние одновременно проводимого электролиза на генерацию нейтронов в режиме кавитации. Установлено, что малые токи (1 мА/см<sup>2</sup> для 1М NaOD и 10 мА/см<sup>2</sup> для 0.2М  $D_2SO_4$ ) не влияют на эмиссию нейтронов (в обоих случаях). При больших значениях токов для этих электролитов величина эффекта резко снижается. Это связано, по-видимому, с тем, что в процессе электролиза у поверхности вибратора (катода) возникает газовая подушка, которая препятствует приближению кавитационных пузырьков к его поверхности.

Из таблиц 1 и 2 также следует, что при включении электролиза сразу же после остановки кавитации наблюдается значительное превышение интенсивности эмиссии над фоном (пост-эффект), наиболее отчетливо выраженное в щелочном электролите 0.019±0.002 отсч/с (30  $\sigma$ ) и в гораздо меньшей степени в кислом - 0.014±0.004 (5  $\sigma$ ). Этого эффекта не наблюдается в отсутствии электролиза. Следует отметить, что в пост-эффекте также иногда появляются нейтронные вспышки (от 5 до 10) импульсов, разных по амплитуде и разделенных интервалами 2-5 мкс в интервале 1 мс.

В ходе дальнейшего электролиза ( $\tau > 10$  мин) наблюдаются уже фоновые значения скорости счета нейтронов. В контрольных экспериментах, проведенных в режиме анодной поляризации (выделение кислорода на титане), а также в обычном режиме с вибратором, покрытом гальваническим никелем, достоверного превышения над фоном нами получено не было (статистика 10 часов,  $N = 0.012\pm 0.004$  отсч/с как в кавитации, так и в пост-эффекте).

Изучение влияния плотности тока на эмиссию нейтронов в пост-эффекте показало, что максимальная эмиссия для обоих используемых электролитов наблюдается в диапазоне плотностей тока 20-30 мл/см<sup>2</sup>. При больших плотностях тока, по-видимому, резко возрастает скорость молизации выделяемого на катоде дейтерия, что препятствует проникновению дейтерия в Ti-вибратор [6].

Таким образом, получена воспроизводимая (80-90 %) эмиссия нейтронов при комбинированном воздействии электролиза и УЗ-обработки на поверхность титанового вибратора (катада) в щелочных и кислых электролитах. Эффект наблюдается с высокой степенью достоверности на основе больших статистических значений времени экспозиции. Обнаружены пути усиления эмиссии нейтронов при электролитическом насыщении титана дейтерием и проведении процесса на механоактивированной поверхности титана.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Jones S.E. et al. // Nature. 1989. V. 338. P. 337-339.
- [2] Derjaguin B.V., Lipsion A.G., Kluev V.A. et al. // Nature 1989. V. 341. P. 492.
- [3] De Ninno A. et al. // Europhys. Lett. 1989. V. 9. P. 221-224.
- [4] Липсон А.Г., Ключев В.А., Дерягин Б.В. и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 19. С. 89-93.
- [5] Кнепп Р. и др. // Кавитация М., Мир. 1974. 687 с.
- [6] Кудрявцев В.Н., Ваграмян А.Т., Балакин Ю.П. // Защита металлов. 1965. Т. 11. № 5. С. 477.

Институт физической  
химии АН СССР

Поступило в Редакцию  
4 октября 1991 г.