

вие каскадообразующего облучения на  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  в разных структурных фазах должно приводить к образованию отличающихся дефектных структур.

В заключение автор выражает благодарность А.Н. Петрову за помощь в проведении вычислений на ЭВМ.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] E n g e r B., G e e r k J., L i H.C., L i n k e r G., M e y e r O., S t r e h l i a n B. // XVIII Int. Conf. Low Temp. Phys. LT18, Aug. 20-26, 1987, Kyoto, Japan.
- [2] П р о т а с о в В.И. Кинетика радиационного дефектообразования при воздействии быстрых нейтронов на металлы в зависимости от параметров облучения. Канд. дис., Свердловск: ИФМ УрО АН СССР, 1984. 22 с.
- [3] J o r g e n s e n J.D., S c h u t t l e r H.B., H i n k s D.G., G a p o n e D.W., Z h a n g K. B r o d s k y M.B., S c a l a p i n o D.J. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. P. 1024.
- [4] Х а р р и с о н У. Электронная структура и свойства твердых тел. Т. 2. Физика химической связи. М.: Мир, 1983. 332 с.
- [5] A b r a h a m s o n A.A. // Phys. Rev. 1969. V. 178. P. 76.
- [6] К и р с а н о в В.В., М у с и н Н.Н. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 23. С. 71.

Институт физики металлов  
АН СССР,  
Свердловск

Поступило в Редакцию  
8 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 17. 12 сентября 1990 г.

11; 12

© 1990

### ГЕНЕРАЦИЯ НЕЙТРОНОВ МЕХАНИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТАЛЛОВ

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

Ранее нами было показано, что в процессе механического воздействия и некоторое время после его окончания в системе типа титан-дейтерий возможно инициирование  $DD$ -реакций синтеза, сопровождающихся эмиссией нейтронов [1-3]. Было установлено, что генерация нейтронов является следствием образования дейтеридной фазы типа  $TiD_x$ , при механическом воздействии, создающем свежую поверхность, через которую дейтерий диффундирует в образцы. Однако, вследствие высокой дисперсности частиц  $TiD_x$ ,

Параметры эмиссии нейтронов, генерируемых механически активированными поверхностями  $Ti$  и  $LaNi_5$

Система Параметры	$Ti + D_2O$	$LaNi_5 + D_2O$	$TiD_x + D_2O$
$N$ (н/с)	0.3 н/с	1.0 н/с	1.2 н/с
$\tau$ (час)	2.0	2.0	2.0
$n_D$ (н/с)	0.48	0.48	0.48
$\rho$ ( $\sigma$ )	1.0	4.0	5.0

Здесь  $N = \frac{\bar{N} - N_{\phi}}{E}$  - ( $\bar{N}$  - среднее число отсчетов за время  $\tau$ ,  $N_{\phi}$  - уровень фона,  $E$  - эффективность детектора),  $n_D = 2\sqrt{\frac{N_{\phi}}{E^2 \tau}}$  - уровень достоверности измерений ( $n_D = 2\sigma$ ),  $\rho$  - количество стандартных отклонений  $\sigma$  выше уровня фона.

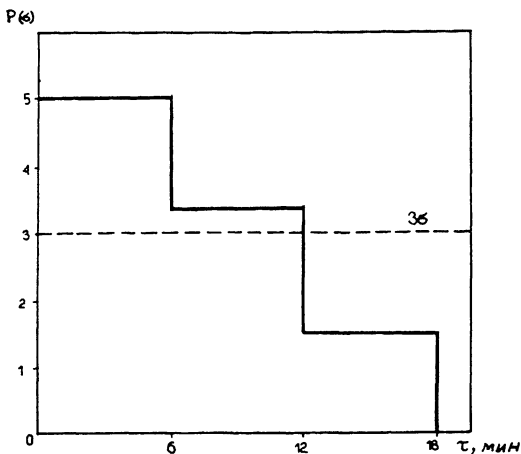
получаемых в [1-3], оставался неясным вопрос о природе и пространственной локализации источников нейтронов в образцах.

В настоящей работе нами предпринята попытка инициирования  $DD$ -реакций непосредственно на поверхности массивных металлических образцов после механической обработки их поверхностей и последующего смачивания тяжелой водой  $D_2O$ .

В работе использовались образцы технического титана и поликристаллического интерметаллида  $LaNi_5$ .

Образцы представляли собой цилиндры диаметром 30 мм и высотой 20 мм. Непосредственно перед проведением эксперимента одно из их оснований подвергалось механической обработке (шлифовке абразивным кругом) на глубину 1 мм. После этого в течение 1 мин по окончании шлифовки на шлифованную поверхность наносился 1 мл  $D_2O$  (степень чистоты 99,9%). Все операции выполнялись на воздухе при относительной влажности 30%, при комнатной температуре. Подготовленный таким способом образец помещался непосредственно перед блоком пропорциональных счетчиков нейтронов  $NWJ-62$  (7 штук), покрытым листовым кадмием толщиной 1 мм. Система регистрации нейтронов и процедура калибровки счетчиков описана в [1-3]. В используемой геометрии эффективность детектора нейтронов равнялась  $1.0 \pm 0.5\%$ . Время экспозиции в каждом отдельном эксперименте составляло 15-20 мин. Перед началом экспериментов, а также в промежутках между ними проводились измерения естественного нейтронного фона, который не имел значительных флуктуаций и составлял 0.04 отсчета/с. Кроме того, для контроля достоверности экспериментальных данных проводились измерения на таких же образцах, смоченных обычной водой  $H_2O$ .

Эксперименты показали, что шлифованные образцы, смоченные  $H_2O$ , не дают превышения над фоном. Титановые образцы, не



Кинетике эмиссии нейтронов с механически активированной поверхности образцов  $LaNi_5$  в присутствии  $D_2O$ .

подвергавшиеся предварительному дейтерированию (сошлифованные), также не проявляют способность эмитировать нейтроны после смачивания  $D_2O$  (см. таблицу). Эффект наблюдается лишь на образцах  $LaNi_5$  и превышает 4 стандартных отклонения (значения усреднены по суммарному времени экспозиции  $\sim 2$  час). При этом максимальные значения скорости счета нейтронов зафиксированы в первые 5–7 минут от момента начала контактирования с  $D_2O$ . Через 10–15 минут эффект затухает полностью до уровня естественного фона (см. рисунок). Однако после повторной сошлифовки поверхностного слоя на глубину 1 мм и последующего нанесения  $D_2O$  эмиссия нейтронов воспроизводится вновь.

В следующей серии экспериментов нами использовались предварительно дейтерированные титановые образцы, которые получали путем высокоскоростного трения титана по титану в присутствии  $D_2O$  [3]. Такие образцы, подвергнутые только шлифовке, не демонстрируют превышения над естественным фоном. Однако при нанесении на их шлифованную поверхность  $D_2O$  они эмитируют нейтроны с эффектом  $\sim 5\sigma$  выше уровня фона в течение 15–20 минут. Данные результаты также многократно воспроизводятся повторно. Следует заметить, что эмиссия нейтронов полностью прекращается при добавлении на поверхность и  $LaNi_5$  и  $TiD_x$  образцов 1 мл  $H_2O$ .

Таким образом, образцы  $LaNi_5$  и  $TiD_x$ , поверхность которых подвергнута механической обработке и приведена в контакт с  $D_2O$ , генерируют слабые нейтронные потоки, источником которых является, по-видимому, механоактивированная поверхность образцов.

Рассмотрим возможные причины наблюдаемого эффекта. Известно, что переходные металлы и их интерметаллиды обладают высо-

кой каталитической активностью, достаточной для разложения  $H_2O$  и  $D_2O$ . Эта активность наиболее заметно может проявляться на механоактивированной поверхности при наличии большого числа точечных дефектов и дислокаций, создаваемых при шлифовке. С другой стороны, конкурирующим процессом, приводящим к созданию непроницаемой для дейтерия гидроокисной пленки, будет являться процесс окисления поверхности в присутствии  $D_2O$ . Поэтому процессы диффузии атомарного дейтерия, образующегося при разложении  $D_2O$  на поверхности металла, через стенки дефектов будут лимитироваться нарастанием гидроокисной пленки, что в конце концов приведет к прекращению проникновения дейтерия в приповерхностный слой и к прекращению эмиссии нейтронов, которая связана с возникновением микрообластей, пересыщенных дейтерием. (Подобный механизм эмиссии нейтронов при насыщении титана дейтерием предложен нами в [3]). Повторная сошлифовка поверхностного слоя приводит к созданию новых дефектов и возможности повторной эмиссии нейтронов при нанесении  $D_2O$ , что и наблюдается экспериментально.

Различие эмиссионной способности  $Ti$  и  $\alpha Ni_5$  обусловлено, по-видимому, большей каталитической активностью последнего. Аналогично, генерация нейтронов может наблюдаться только с поверхности соединения  $TiD_x$ , и не наблюдается (в пределах нашей чувствительности) на чистом  $Ti$ . Это связано с тем, что поверхность  $TiD_x$  обладает большей дефектностью, чем поверхность чистого  $Ti$ , вследствие ее частичного разупорядочения, обусловленного искажениями решетки дейтеридов титана 4.

Таким образом, обнаружена генерация нейтронов механически активированной поверхностью металлов в присутствии  $D_2O$ . Из вышеприведенных данных можно полагать, что она является чисто поверхностным эффектом, во многом схожим с явлением экзотермической эмиссии (эффектом Крамера) и связана с дефектностью поверхности образцов и ее каталитической активностью. Для повышения выхода нейтронов и уточнения механизма эмиссии необходимы эксперименты в высоком вакууме.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Л и п с о н А.Г., К л ю е в В.А., С а к о в Д.М. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 48. № 11. С. 588-590.
- [2] D e r j a g u i n B.V., L i p s o n A.G., K l u e v V.A. et al. // Nature. 1989. V. 341. P. 492.
- [3] Л и п с о н А.Г., К л ю е в В.А., Т о п о р о в Ю.П. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 15. № 17. С. 26-30.
- [4] Гидриды металлов / Под ред. В. Мюллера. М.: Наука, 1973. 430 с.

Институт физической химии  
АН СССР,  
Москва

Поступило в Редакцию  
28 июня 1990 г.