

О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ХОЛОДНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

П.И. Голубничий*, В.А. Куракин*, А.Д. Филоненко*, В.А. Царев, А.А. Царик*

Предложен электроядерный механизм холодного синтеза, реализующийся при раскрытии кавитационных полостей (трещин) в конденсированной среде.

В работах /1, 2/ сообщается о наблюдении излучения нейтронов (а также трития и интенсивного тепловыделения /1/), сопровождающих процесс электролитического насыщения палладия и титана дейтерием. Если предположить, следуя /1, 2/, что эти сигналы свидетельствуют о протекании реакций слияния ядер дейтерия при комнатной температуре, то возникает вопрос о механизме процесса. Ответ на него важен не только для понимания физической природы явления, но и для выбора направлений дальнейших исследований и оценки возможных приложений.

В настоящей работе предложен один из возможных механизмов, в котором энергия, необходимая для преодоления кулоновского барьера, сообщается дейтронам в процессе ускорения электрическими полями, генерируемыми при механоэмиссионных явлениях в микротрещинах, возникающих в процессе "наводороживания" гидридообразующих материалов типа Pd, Ti и др. Ниже приведено обоснование этого механизма и некоторые выводы.

Напомним особенности взаимодействия этих материалов с изотопами водорода, которые важны для обсуждаемой проблемы:

- аномально большие концентрации водорода (в $10^3 - 10^5$ раз превышающих обычные значения) в твердых растворах;
- достаточно большой коэффициент диффузии водорода при комнатной температуре ($D_p \approx 4 \cdot 10^{-7}$ см²/с, $D_d \approx 5 \cdot 10^{-7}$ см²/с), что более чем на порядок превышает соответствующие коэффициенты для сталей;
- устойчивость гидридов при комнатных температурах;
- эффективность гидролитического наводороживания, в том числе из-за относительной стойкости (неотравляемости) поверхности материалов типа палладия;
- резкое (вплоть до 25 — 30%) увеличение удельного объема металла в момент образования гидридной фазы при закритических водородных концентрациях (фазовый переход $\alpha \rightarrow \beta$ /3/);
- кинетика наводороживания с необходимостью требует протекания стадии гидридообразования, последующего возникновения микропор, развития микротрещин (водородное охрупчивание) и разрушения образцов /3/.

Известно, что образование трещин сопровождается механоэмиссионными эффектами: импульсным акустическим излучением, эмиссией электронов с энергиями $E \lesssim 10^5$ эВ, электромагнитным излучением в гамма ($E \lesssim 0,3$ МэВ), рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах /4, 5/. Эмиссию электронов высоких энергий и жесткого электромагнитного излучения связывают с мощными импульсными электрическими полями, возникающими на свежесформированных поверхностях. В работах /6, 7/ сообщается о регистрации рентгеновского излучения при кавитации в воде, т. е. фактически при быстром иницировании и закрытии "квизитрещин" — кавитационных полостей в жидкости. В /7/ указанный эффект (наблюдаемый в H₂O и D₂O) прямо связан с возникновением сильных электрических полей.

В работах /8 — 10/ оценены параметры импульсов акустического и электромагнитного излучения в радиодиапазоне при росте трещин, инициированных одиночной сильноионизирующей частицей, служащей своего рода триггером, высвобождающим запасенную энергию в напряженной среде. Вклад этого "триггерного" механизма от различного рода фоновых источников (изотопы, космические лучи и т. п.) нельзя ис-

* Ворошиловградский машиностроительный институт, г. Ворошиловград.

ключать и при анализе упомянутых работ по ядерному синтезу, т. к. наводороженные (надейтерированные) образцы палладия и титана предсталяют собой по сути в миниатюре "кусочки" напряженной (например, "сейсмически активной") метастабильной среды. Триггером, снимающим и регулирующим локальные упругие напряжения в пределах мишени, может служить и собственное излучение при "холодном" ядерном синтезе (n , p , γ), равно как и любые достаточно интенсивные внешние воздействия, включая механические напряжения. Поля, возникающие в раскрывающихся трещинах, по-видимому, вполне достаточны для иницирования реакций синтеза, имеющих "эффективные" пороги от долей до десятков килоэлектронвольт /11/. Как следует из простых оценок /12/, наблюдаемый в /2/ поток нейтронов мог бы быть обеспечен, если дейтроны в среднем ускоряются до энергии 380 эВ.

Учитывая развитые представления, следует ожидать "квазипериодическую" модуляцию интенсивности протекания ядерных реакций синтеза и акустической эмиссии из мишени как следствие "послойного" образования и разрушения (растрескивания) приповерхностного объема дейтерида. Подобная модуляция акустической эмиссии наблюдалась нами экспериментально. Временной интервал между началом электролиза и моментом появления акустических импульсов составляет ≈ 5 часов (электроды титан – платина, плотность тока 10 мА/см², напряжение 30 В). Акустическая эмиссия наблюдалась также определенное время и после выключения тока. Детальное описание эксперимента будет дано в отдельной публикации.

Независимым подтверждением справедливости развиваемой нами модели могут служить данные работы /13/, в которой при ударном разрушении кристаллов дейтерида лития и тяжелого льда зарегистрированы импульсы нейтронной эмиссии.

В рамках предложенной модели находит объяснение практически весь набор экспериментальных результатов, полученных различными группами исследователей. Предлагаемый механизм может иметь и геофизические следствия /2/, связанные с динамикой сейсмически активных зон Земли /9/.

В случае подтверждения предлагаемого механизма очевидны пути развития и оптимизации технологии получения энергии ядерных реакций синтеза, идущих при комнатных температурах. Среди них: направленный синтез материала мишени с "аномальными" в нужном направлении свойствами – специальных композитов, сегнетоэлектриков и т. п.; использование безнейтронных ядерных реакций; различные способы наводороживания – электролиз, имплантация ионов и т. д.; поиск специальных способов "растрескивания" образцов – УДА-технологии (дезинтеграторы), ударные, в том числе термо- и криоудары.

Авторы благодарны Н.А. Черноплекову за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fleischmann M., Pons S. J. *Electroanalyt. Chem.*, 261, 301 (1989).
2. Jones S. E. et al. *Nature*, 338, 737 (1989).
3. Водород в металлах, под ред. Алефельда Г. и Фелькля И., М., Мир, 1981, т. 2.
4. VIII Всесоюзный симпозиум по механоэмиссии и механохимии твердых тел. Тезисы докладов, Таллинн, 1981.
5. X Юбилейный всесоюзный симпозиум по механоэмиссии и механохимии твердых тел, Тезисы докладов, М., 1986.
6. Лымарь В. В., Поюков Ю. Г., Хаврошкин О. Б. В кн. Труды IX Всесоюзной акустической конференции, М., Наука, 1977, т. 3, с. 65.
7. Беляева Т. М., Голубничий П. И., Олзоев К. Ф. Письма в ЖТФ, 13, 812 (1984).
8. Хаврошкин О. Б. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 5, 60 (1985).
9. Хаврошкин О. Б., Царев В. А., Цыплаков В. В. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 26 (1985).
10. Голубничий П. И., Филоненко А. Д. Изв. АН СССР, серия физич., 53, 366 (1989).
11. Таблицы физических величин. Справочник, под ред. Кикоина И. К., М., Атомиздат, 1976.
12. Rafelski J. et al. Preprint Univ. of Arizona, March 27, 1989.
13. Ключев В. А., Липсон А. Г., Топоров Ю. П. X Юбилейный всесоюзный симпозиум по механоэмиссии и механохимии твердых тел. Тезисы докладов, М., 1986, с. 5.

Поступила в редакцию 24 апреля 1989 г.