

В. Н. КОЧНЕВ

УДАРНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОДА

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 9 VIII 1974)

При исследовании электрических сигналов, возникающих в процессе ударного сжатия различных классов соединений, не учитывались вклады возможной поляризации границы металл/вещество (⁴, ⁵) и э.д.с., имеющейся в схеме при использовании двух различных металлических электродов (³). Такого рода допущения могут быть справедливыми только в случае высоковольтной ударной поляризации. Однако очень большое количество веществ, особенно изотропных полярных жидких диэлектриков, имеют величину сигнала порядка 1—5 в. В этом случае не следует пренебрегать изменением потенциала ударносжатого электрода и исходной э.д.с.

Рассмотрим влияние этих составляющих на примере систем металл/вода/металл. При ударном сжатии системы возникают две новые границы раздела: 1 — граница раздела металла/ударносжатый металл, 2 — граница раздела вода/ударносжатая вода. Экспериментальное устройство для регистрации сигналов представляет собой гальванический элемент, у которого один электрод находится при высоких давлениях и температурах, а второй при обычных условиях. Ударная э.д.с., возникающая в такой системе при одинаковых металлических электродах, может быть записана:

$$\Delta E_{\text{уд}} = \Delta \varphi_{\text{Me}/\text{э}} + \varphi_{\text{ф.у.в.}} + \varphi_{\text{Me}/\text{Me}^+},$$

где $\Delta \varphi_{\text{Me}/\text{э}}$ — изменение потенциала рабочего электрода, $\varphi_{\text{ф.у.в.}}$ — скачок потенциала на фронте ударной волны, $\varphi_{\text{Me}/\text{Me}^+}$ — скачок потенциала на границе раздела металл/ударносжатый металл. Как следует из работ (¹, ²) и наших экспериментов (³), $\varphi_{\text{Me}/\text{Me}^+}$ не вносит существенных вкладов в $\Delta E_{\text{уд}}$. Остается выяснить, какой же из двух составляющих определяется э.д.с.

До настоящей работы существовало мнение, что сигнал в воде связан с разворотом полярных молекул в объеме на фронте ударной волны (⁴, ⁵).

Для получения экспериментальных результатов использовалась схема, описанная в работе (³). Подготовка ячейки проводилась следующим образом: электроды шлифовались и отмывались от поверхностноактивных веществ, вода очищалась двойной перегонкой. Электрические сигналы регистрировались с помощью осциллографов С1-11 или ОК-33. На рис. 1 приведены характерные осциллограммы электрических сигналов. В процессе ударного сжатия системы металл/вода/металл возникал сигнал, представляющий собой два импульса тока, один из которых возникает в момент сжатия рабочего электрода, второй нарастает до подхода ударной волны к поверхности электрода сравнения (рис. 1а). Экспериментально было показано, что электрический сигнал вызван постоянной э.д.с., величина которой близка к величине второго импульса электрического тока. Было установлено, что ударная э.д.с. определяется природой металла, из которого изготовлены электроды. Так, для систем Al/вода/Al, Pb/вода/Pb, Sn/вода/Sn при давлении ударной волны 90 ± 5 кбар $\Delta E_{\text{уд}} = 0,6 \pm 0,1$ в, а для систем Cu/вода/Cu, Ni/вода/Ni $\Delta E_{\text{уд}} = 0,15 \pm 0,02$ в при том же давлении в воде. Внесение небольшого количества (0,02%) стеариновокислого натрия в систему Cu/вода/Cu приводит к смене полярности электрического сигнала

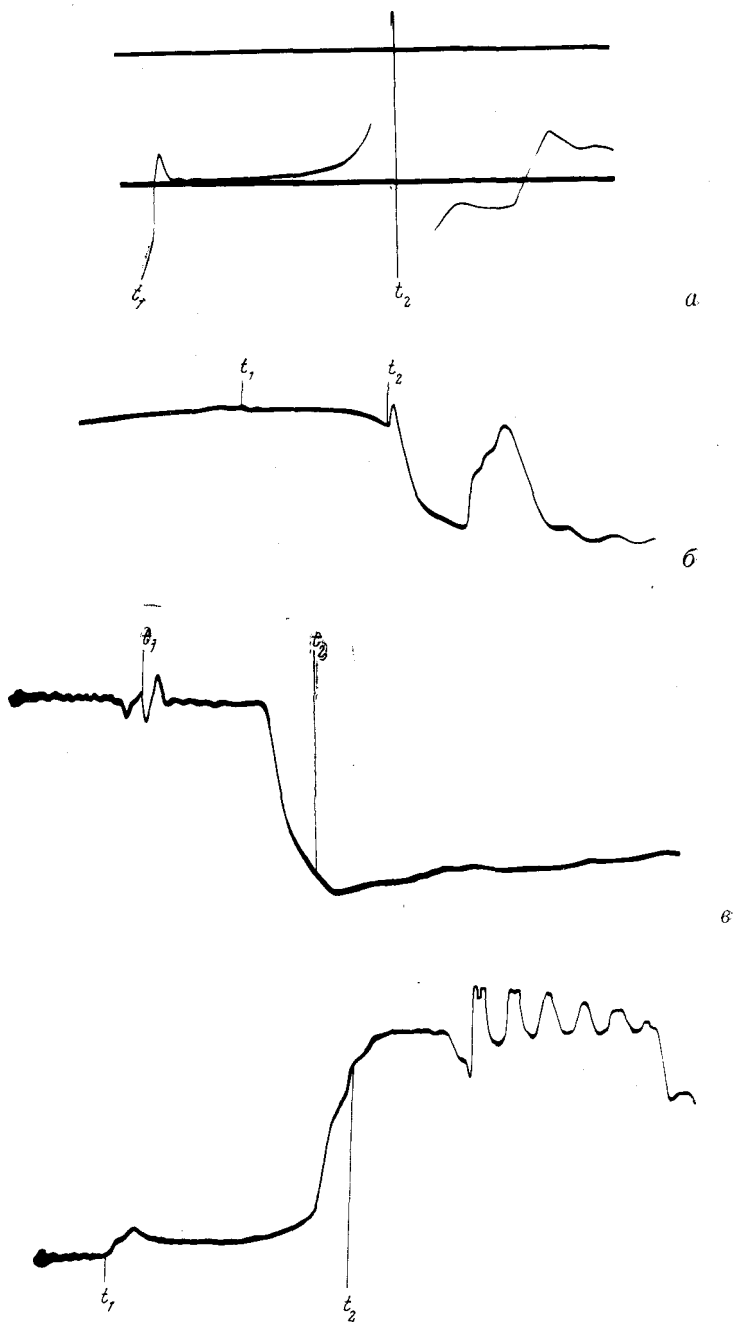


Рис. 1. Характерные осциллограммы электрических сигналов. t_1 — момент ударного сжатия поверхности рабочего электрода, t_2 — момент ударного сжатия электрода сравнения, P — давление в воде = $90+5$ кбар. Электрические сигналы, в системах металл/вода/металл (а); в системе Cu/0,02% стеариновокислого натрия/Cu, величина сигнала в t_2 равна 0,2 в (б); в системе Cu/вода/Al, величина сигнала в момент t_2 равна 1,7 в (в); в системе Al/вода/Cu, величина сигнала в момент t_2 равна 1,6 в (г). Погрешность амплитудных измерений $\pm 10\%$ от величины сигнала

(рис. 1б). Влияние природы металла и поверхностноактивных веществ на ударную э.д.с. свидетельствует об определяющем влиянии изменения потенциала ударносжатого электрода.

Исходя из общих закономерностей, вода должна поляризоваться при прохождении ударной волны, так как молекула полярна и центр тяжести смещен в область отрицательного заряда. Отсутствие значительного вклада поляризации в объеме в ударную э.д.с. свидетельствует о том, что в ударносжатой воде время релаксации поляризации значительно меньше, чем разновременность ударного сжатия рабочего электрода по всей поверхности (10^{-8} сек.). Об этом свидетельствует также постоянство ударной э.д.с.

Изменение потенциала электрода может быть связано либо с поляризацией воды на границе металл/электролит, либо с химическими процессами, протекающими при высоких давлениях и температурах. Время возникновения сигнала значительно меньше времени протекания диффузионных процессов⁽⁶⁾. Ожидать ускорения таких процессов за фронтом ударной волны не следует, так как вязкость воды, по мнению авторов⁽⁷⁾, увеличивается на один — два порядка. Полярность сигнала соответствует развороту молекул с учетом основного правила ударной поляризации — легким концом в сторону движения фронта ударной волны. Из сказанного следует, что основной причиной появления ударной э.д.с. является поляризация воды на поверхности рабочего электрода. Безусловно, величина вклада этой поляризации в э.д.с. должна зависеть от исходной ориентации дипольных молекул.

Влияние исходной э.д.с. на величину и форму сигналов следует из опытов, результаты которых приведены на рис. 1в и 1г. Разность потенциалов в системе до ударного сжатия составляла 1,1 в. Давление в воде в обоих случаях поддерживалось равным 90 кбар. Различие сигналов несложно объяснить, учитывая в схеме регистрации сигнала источник тока, э.д.с. которого перед ударным сжатием падает на внутреннем сопротивлении ячейки. В процессе регистрации сигнала падение сопротивления от 20 ком до 1 ом приводит к тому, что исходная э.д.с. вносит вклад в электрический сигнал.

В заключение следует отметить, что с помощью интерпретации электрических сигналов можно получать точную информацию о поведении системы металл/вещество/металл при ударном сжатии. Так, например, можно сделать оценки о временах дипольной релаксации при высоких давлениях и температурах или об изменении, которое может произойти на границе раздела ударносжатый металл/ударносжатое вещество.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
природных газов

Поступило
9 VIII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Илюгин, В. Н. Кологривов, Журн. прикл. мех. и техн. физ., т. 5, 175 (1962). ² С. А. Бордюловский, С. М. Караханов, В. В. Полюдов, Физика горения и взрыва, № 4, 582 (1972). ³ О. Н. Бреусов, А. Н. Дремлин и др., Электрохимия, т. 7, 3, 411 (1971). ⁴ R. F. Eichelberger, G. E. Hauver, Les Ondes de Detonation, Paris, 1962, p. 363. ⁵ В. Н. Мунеев, Ю. Н. Тюняев и др., Физика земли, № 4, 33 (1968). ⁶ Anson Frede, Martin Robert, Garitzky Ghaim, J. Phys. Chem., v. 73, 1835 (1969). ⁷ S. D. Hamann, M. Lihton, J. Appl. Phys., v. 40, № 2, 912 (1969).