

УДК 532.539+539.89

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Г. АНТИПЕНКО, А. Н. ДРЕМИН, В. В. ЯКУШЕВ

О ЗОНЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПРИ ДЕТОНАЦИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

(Представлено академиком В. Н. Кондратьевым 18 VII 1975)

Известно (¹⁻⁷), что за детонационным фронтом в конденсированных взрывчатых веществах (в.в.) возникает электропроводность величиной $0,1-10 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Однако до настоящего времени нет единого мнения относительно природы этого явления.

Ряд авторов (^{2, 5, 6}) считает, что электропроводность связана с химической реакцией и обусловлена, например (²), свободными электронами, возникающими в ходе реакции. Отмечается, что в этом случае зона высокой электропроводности должна практически совпадать с зоной химической реакции. С другой стороны, если электропроводность возникает по «сетке» частиц углерода (⁷), или из-за диссоциации воды и других соединений, входящих в состав продуктов детонации (п.д.) на ионы в условиях высоких

температуры и давления (⁸), то она должна сохраняться, пока давление в п.д. существенно не упадет вследствие разгрузки.

Настоящая работа посвящена вопросу, с какой из стадий превращения вещества в детонационном комплексе связана наблюдаемая электропроводность.

Идея экспериментов заключается в следующем. При детонации длинного цилиндрического заряда в.в. с увеличением его диаметра ширина зоны химической реакции несколько уменьшается (⁹), время же нахождения п.д. на оси заряда при высоком давлении (длина волны) растет пропорционально радиусу. Таким образом, даже качественное определение зависимости ширины зоны высокой электропроводности от диаметра заряда позволит установить, связана ли она с химической реакцией.

В работе использовалось экспериментальное устройство, показанное на рис. 1. Исследуемый заряд в.в. 2 инициировался генератором плоской ударной волны 1. На другом торце заряда укреплялся тefлоновый блок 5 с электродами 4. При отражении детонационной волны от тefлона, который в этих условиях остается изолятором, электроды некоторое время, зависящее от размеров

заряда, находились в п.д. в условиях высокого давления, так как тefлон, ударная адиабата которого близка к адиабате продуктов, препятствует торцевому разлету. Толщина тefлона выбиралась из условия, чтобы за время наблюдения к электродам в п.д. со свободной поверхности блока не успевала прийти волна разрежения.

В опытах измерялась зависимость сопротивления между электродами от времени с помощью импульсной установки, описанной в (¹⁰). В качестве электродов использовалась медная проволока $d=1 \text{ мм}$. Расстояние между

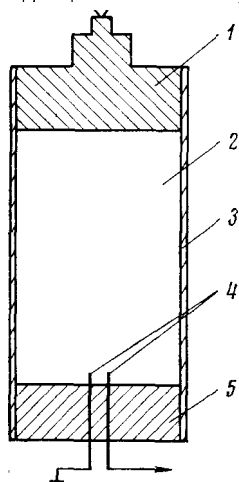


Рис. 1. Схема экспериментального устройства: 1 - генератор плоской ударной волны; 2 - исследуемое в.в.; 3 - бушующая оболочка; 4 - электроды; 5 - тefлоновый блок

центрами электродов составляло 5 мм, длина погруженной в в.в. части — 2 мм. Диаметр зарядов менялся от 20 до 80 мм. Длина зарядов во всех случаях превышала три диаметра, так что режим детонации вблизи электродов можно было считать установившимся ⁽⁹⁾.

Исследовались насыпные в.в.: ТЭН, гексоген, октоген и тротил. Для каждого вещества и каждого диаметра проводилось 2—3 опыта.

Пример экспериментальной осциллограммы показан на рис. 2. На ней увеличение отклонения луча вниз от нулевой линии соответствует росту сопротивления промежутка между электродами. В момент t_0 детонационная волна достигает электродов, в течение 0,3—0,4 мсек. скользит по ним и выходит на торец заряда. Из величин сопротивлений, зарегистрирован-

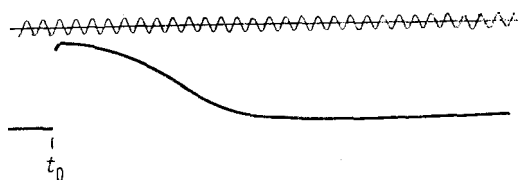


Рис. 2. Осциллограмма эксперимента с ТЭН, $d=80$ мм. Частота меток времени 1 МГц

ных на этой стадии, с помощью электролитического моделирования были приближенно оценены значения удельной электропроводности п.д. Они приведены в табл. 1 и удовлетворительно согласуются с известными ^(1, 2) значениями.

Т а б л и ц а 1

Удельная электропроводность п.д. в $\text{ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$

В.в. (плотность ρ_0 , г/см ³)	Диаметр заряда, мм				
	20	40	51 а	60	80
ТЭН (1,0)	0,071	0,11	0,88 ($\rho_0=0,9$)	0,125 0,13 ^б	0,17
Гексоген (1,1)	0,20	0,33	0,8 ($\rho_0=1,0$)	0,43 0,23 ^б	0,50
Октоген (1,25)	0,57	1,0	—	1,43	1,67
Тринитротолуол (0,85)	0,22	0,33	0,49 ($\rho_0=0,9$)	0,50 4,0 ^б	1,0

а Данные ⁽²⁾; б данные ⁽¹⁾ при $\rho_0=0,8$ г/см³.

В дальнейшем детонация прекращается и регистрируется растущее сопротивление разлетающихся п.д. Следует подчеркнуть, что хотя химическая реакция при этом завершилась, однако, как видно, например, из рис. 2, значительная электропроводность п.д. сохраняется еще некоторое время, зависящее от диаметра заряда.

На рис. 3 представлены результаты опытов в виде усредненных зависимостей $\lg(R/R_1)$ от $t'=(tV/r)$, где R — текущее сопротивление, R_1 — минимальное в данном опыте сопротивление, t — время, r — радиус заряда, V — скорость детонации. Величина t' представляет собой безразмерное время в единицах длины волны.

Для данного в.в. все зависимости, полученные в опытах с различными диаметрами зарядов, укладываются на одну кривую. Это значит, что ширина зоны электропроводности, соответствующая фиксированному значению R/R_1 , пропорциональна диаметру заряда и соответственно длине волны.

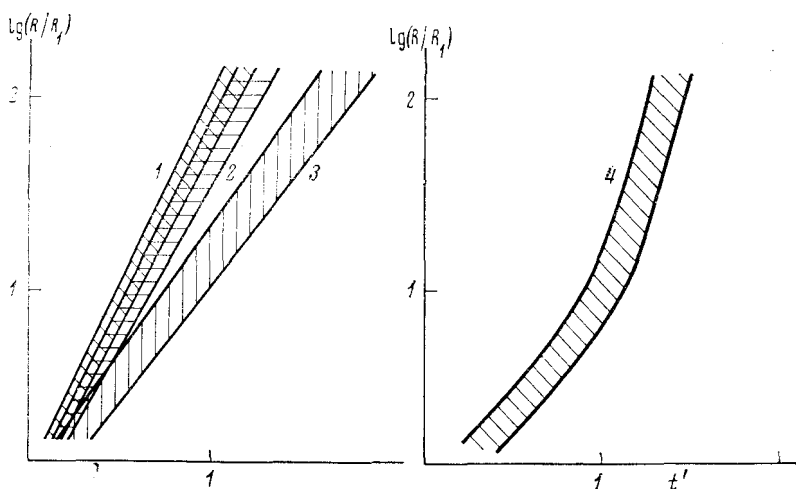


Рис. 3. Зависимость $\lg(R/R_1)$ от t' . 1 – октоген; 2 – гексоген; 3 – ТЭН; 4 – тринитротолуол

Отсюда следует, что п.д. обладают электропроводностью, пока находятся в условиях высокого давления, независимо от наличия химической реакции. Этот факт подтверждает равновесный ионный механизм проводимости п.д., предложенный в (8).

Близость изображенных на рис. 3 кривых для ТЭН, гексогена и октогена указывает на близость свойств п.д. этих в.в.

Интересно отметить, что при детонации ТНТ, имеющего большой отрицательный кислородный баланс, зависимость $\lg(R/R')$ от t' , приведенная на рис. 3, 4, нелинейна. Возможно, в данном случае этот факт связан с конкуренцией двух механизмов электропроводности: ионного и по «сетке» из частиц, богатых углеродом.

Отделение Института химической физики
Академии наук СССР
Черноголовка Московской обл.

Поступило
27 VI 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. А. Бриш, М. С. Тарасов, В. А. Цукерман, ЖЭТФ, т. 37, 1543 (1959). ² М. А. Cook, The Science of High Explosives, London, 1958. ³ R. L. Jameson, S. J. Lukasic, B. J. Petronick, J. Appl. Phys., v. 35, 714 (1964). ⁴ А. Д. Зинченко, В. Н. Смирнов, А. А. Чеилева, Физ. горения и взрыва, № 7, 422 (1971). ⁵ А. П. Ершов, П. И. Зубков, Л. А. Лукьянчиков, В сб.: Динамика сплошной среды, Новосибирск, в. 8, 1971. ⁶ А. П. Ершов, П. И. Зубков, Л. А. Лукьянчиков, Физ. горения и взрыва, т. 10, 864 (1974). ⁷ B. Hayes, Electrical Measurements in Reaction Zones of High Explosives. X Symp. (Intern.) on Combustion, The Combustion Inst., Pittsburgh, 1965. ⁸ В. В. Якушев, А. Н. Дремин, ДАН, т. 221, 1143 (1975). ⁹ А. Н. Дремин, С. Д. Савров и др., Детонационные волны в конденсированных средах, М., «Наука», 1970. ¹⁰ В. В. Якушев, С. С. Набатов, О. Б. Якушева, Физ. горения и взрыва, № 4, 583 (1974).