

УДК 537.7:532.593

ФИЗИКА

Г. И. КАНЕЛЬ, А. Н. ДРЕМИН

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ПРИ СЖАТИИ МЕТАЛЛОВ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 27 XI 1972)

Ранее отмечалось <sup>(1)</sup>, что при определении с помощью манганиновых датчиков профилей давления в ударных волнах, проходящих по металлическим образцам, регистрируемые сигналы искажены электрическими шумами, появляющимися с момента входа фронта ударной волны (ф.у.в.) в образец. В данной работе проведено предварительное исследование электрических сигналов, генерируемых сжимаемыми ударной волной металлическими образцами, в условиях, подобных условиям работы манганиновых датчиков.

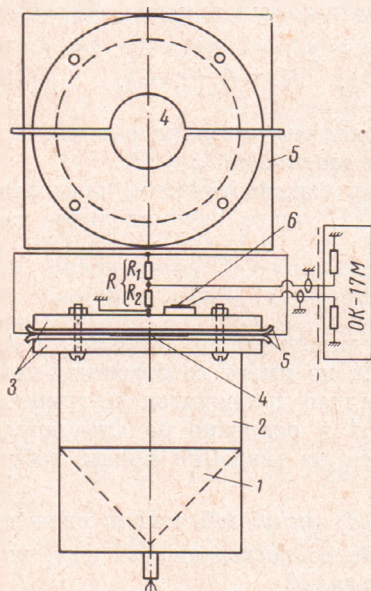


Рис. 1. Принципиальная схема опытов. 1 — взрывная линза, 2 — таблетка взрывчатого вещества, 3 — пластины образца, 4 — электрод, 5 — изоляционные прокладки; 6 — датчик момента выхода фронта ударной волны на свободную поверхность образца

На рис. 1 приведена схема опытов. Взрывная линза 1 и заряд взрывчатого вещества 2 (прессованная таблетка из смеси тротил/гексоген 50/50 диаметром 80 мм и высотой 40 мм) генерировали в образце 3 ударную волну с плоской центральной частью фронта. Образец состоял из двух дисков диаметром 100–120 мм и толщиной от 4 до 10 мм, прижатых друг к другу винтами; внутренние поверхности дисков полировались. Между дисками располагался электрод 4 из медной фольги толщиной 0,015 мм, отделенный от образца изолирующими прокладками 5 из фторопласта, целлофана или слюды; диаметр диска электрода 25 мм; изолирующие прокладки имели толщину по 0,03–0,07 мм с каждой стороны электрода. Все пустоты заполнялись вакуумной смазкой. Получающийся конденсатор имел емкость от 150 до 2500 пф в зависимости от толщины и типа изоляции. Выводы электрода соединялись с образцом через сопротивление нагрузки  $R$ , состоящее из  $R_1 = 500–1500$  ом и  $R_2 = 75–100$  ом. Постоянная времени  $RC_0$  этой цепи составляла 0,25–1,00 мсек. Регистрация сигналов производилась с помощью осцилло-

графа ОК-17М, подключенного параллельно сопротивлению  $R_2$ . Момент выхода ф.у.в. на свободную поверхность образца  $t_2$  фиксировался с помощью плексигласового поляризационного датчика 6 <sup>(2)</sup>, сигнал с которого подавался на второй канал осциллографа.

По описанной схеме проведены опыты с образцами меди М-1, алюминия АД-1, армко-железа и никеля. Для того, чтобы уменьшить остаточную намагниченность железных образцов, последние перед опытом

помещались внутрь катушки, питаемой переменным током с частотой 50 гц, и сила тока постепенно уменьшалась до нуля.

Давление за фронтом ударной волны в образцах меди, железа и никеля было равным  $350 \pm 15$  кбар (эти материалы имеют близкие динамические жесткости); в алюминии давление за ф.у.в. составляло  $280 \pm 15$  кбар.

На рис. 2 приведены типичные осциллограммы опытов. Во всех образцах относительно слабыми возмущениями отмечался вход ф.у.в. в образец (момент времени  $t_0$ ). Прохождение ф.у.в. через электрод (момент  $t_1$ ) сопровождается резким скачком напряжения. В опытах с медью, никелем и железом полярность сигналов, связанных с прохождением ф.у.в. через электрод, была отрицательной, а амплитуда сигналов монотонно убывала со временем без изменения полярности вплоть до момента подхода отраженной волны разрежения от свободной поверхности образца. Непосредственно за ф.у.в. полное падение напряжения на нагрузочном сопротивлении  $R$  было равным для меди  $1,2 \pm 0,2$  в, для никеля  $1,0$  в и для железа  $2,0 \pm 0,5$  в. В случае алюминиевых образцов регистрируемые сигналы имели несколько иной характер. В момент  $t_1$  прохождения ф.у.в. через электрод фиксировался положительный сигнал с амплитудой  $2,0 \pm 0,4$  в; через  $0,3-0,4$  мсек сигнал изменял полярность.

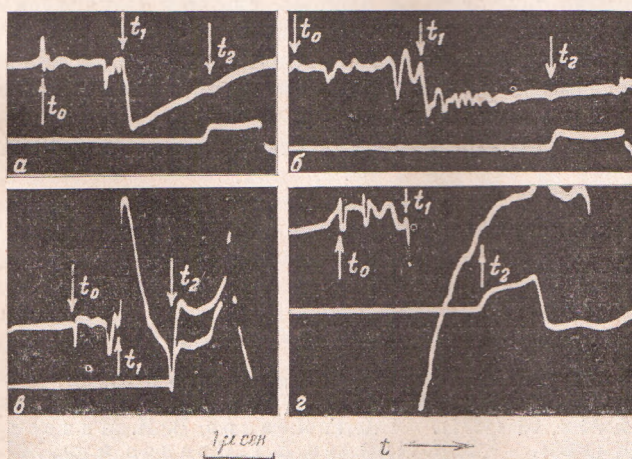


Рис. 2. Типичные осциллограммы опытов. *a* — медный образец, толщина пластин 6 мм,  $RC_0 = 0,5$  мсек; *б* — никелевый образец, толщина пластин 11,5 мм,  $RC_0 = 3,0$  мсек; *в* — алюминиевый образец, толщина пластин 5 мм,  $RC_0 = 0,4$  мсек; *г* — железный образец, толщина пластин 5 мм,  $RC_0 = 0,6$  мсек.  $t_0$  — момент входа ударной волны в образец,  $t_1$  — момент прохождения ф.у.в. через электрод,  $t_2$  — момент выхода ф.у.в. на свободную поверхность образца; на нижнем луче — сигнал от поляризационного пьесигласового датчика, расположенного на свободной поверхности образца

Замена медного электрода на алюминиевый в опытах с образцами меди и алюминия не привела к существенным изменениям амплитуды и характера регистрируемых сигналов. Не наблюдалось заметных изменений и при замене материала изолирующих прокладок.

Специальными опытами установлено, что электросопротивление фторопластовых изолирующих прокладок за фронтом ударной волны с интенсивностью  $350 \pm 15$  кбар в данной постановке опытов остается больше 5 ком, а емкость конденсатора, состоящего из электрода и пластин образца, увеличивается приблизительно в два раза.

Отсутствие зависимости полярности и амплитуды регистрируемых сигналов от материала электродов дает возможность утверждать, что внешняя контактная разность потенциалов между электродом и образцом не вносит существенного вклада в регистрируемый сигнал. По этой же причине, а также ввиду большого электросопротивления прокладок, можно считать несущественным вклад электрохимических процессов в изоляции, подобных описанным в <sup>(3)</sup>. Зависимость амплитуды и полярности сигналов от материала образцов и симметричная относительно изоляции схема опытов исключает возможность вклада в регистрируемый сигнал поляризации изолирующих прокладок.

Наиболее вероятным источником наблюдавшихся сигналов является динамическое перераспределение фронтом ударной волны объемных электрических зарядов в металлических образцах, обсуждавшееся в работах <sup>(4-6)</sup>. Согласно этим работам, разделение зарядов может происходить по крайней мере по трем причинам: диффузия заряженных носителей через ф.у.в. из-за различия в концентрации их за и перед ф.у.в., проскок носителей заряда по инерции вследствие скачкообразного изменения скорости вещества на ф.у.в., ударная поляризация металла. Следует, однако, отметить, что в упомянутых работах наблюдались электрические эффекты только при ударном сжатии металлов с плохой электропроводностью таких, как висмут, сурьма и т. п. В случае же алюминия, меди и железа измерения провести не удалось, так как амплитуда регистрируемых сигналов оказалась слишком низкой ( $< 10$  мВ). Предложенная в данной работе постановка опытов отличается от описанных в <sup>(4-6)</sup> и позволяет исследовать распределение электрических потенциалов за фронтом ударной волны в металлах.

Авторы выражают благодарность С. И. Анисимову, А. Г. Рабинькину и В. В. Якушеву за участие в дискуссиях.

Филпал Института химической физики  
Академии наук СССР  
Черноголовка Моск. обл.

Поступило  
17 XI 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Н. Дремин, Г. И. Канель, Физика горения и взрыва, 8, № 1, 147 (1972).  
<sup>2</sup> G. E. Laufer, J. Appl. Phys., 36, № 7, 2113 (1965). <sup>3</sup> В. В. Якушев, А. Н. Дремин, ЖФХ, 14, № 1, 96 (1971). <sup>4</sup> А. Г. Иванов, В. Н. Минеев и др., Письма ЖЭТФ, 7, в., 191 (1968). <sup>5</sup> В. Н. Минеев, А. Г. Иванов и др., ЖЭТФ, 61, в. 1 (7), 254 (1971). <sup>6</sup> В. Н. Минеев, А. Г. Иванов и др., Тез. III Всесоюз. симпозиума по горению и взрыву, Л., 1971, стр. 254.