

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ю. М., Зюндер Д. Параметрическое возбуждение колебаний в плазме полем модулированной СВЧ волны. ЖЭТФ, 1971, т. 61, вып. 3.
2. Алиев Ю. М., Ферленги Э. Параметрическое возбуждение поверхностных колебаний плазмы внешним высокочастотным полем. ЖЭТФ, 1969, т. 57, вып. 5.
3. Алиев Ю. М., Градов О. М., Кирий А. Ю. Дисперсионная теория поверхностных волн неоднородной плазмы, находящейся в сильном ВЧ поле. ПМТФ, 1973, № 1.
4. Степанов К. Н. О влиянии плазменного резонанса на распространение поверхностных волн в неоднородной плазме. Ж. техн. физ., 1965, т. 35, вып. 6.

УДК 534.222.2

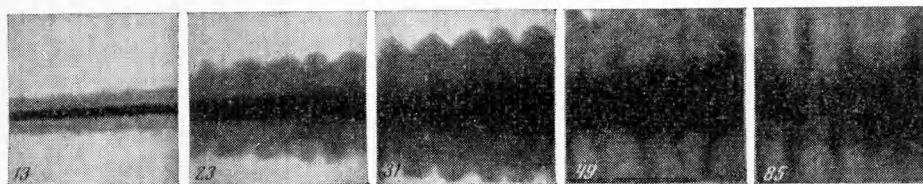
ОБ ОДНОМ ВИДЕ СТРАТООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВЕ ПРОВОЛОЧЕК

Н. В. Гревцев, В. Д. Золотухин, Ю. М. Кашурников,
В. А. Лелягин

(Москва)

В переходном режиме электрического взрыва медной проволоочки обнаружено явление перераспределения продуктов взрыва в процессе разлета. Наблюдение подтверждено скоростными оптическими съемками и видом осажденной пленки.

По существующим представлениям о характере разрушения проводников при электрическом взрыве различается взрыв допороговый, который проявляется в изгибах и дальнейших обрывах проволоочки, и взрыв запороговый, который сопровождается быстрым разделением проволоочки на отдельные страты [1].

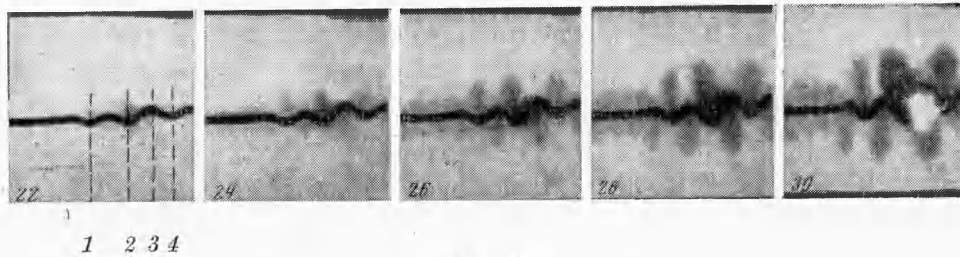


Фиг. 1

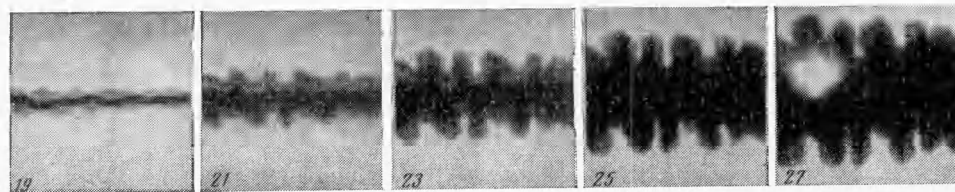
В работах авторов наблюдалось явление изгиба и стратобразования одновременно. Стратообразование явилось результатом эффекта кумуляции продуктов взрыва в процессе разлета.

Оптическая регистрация процесса проводилась камерой СФР с частотой съемки 2 млн. кадр./сек. Методика совместной регистрации электрических параметров и оптической съемки описана в [2]. Взрыв проволоочки осуществлялся от батареи конденсаторов 60 мкФ при индуктивности контура 1 мкГн.

На фиг. 1 приведены последовательные стадии развития взрыва медной проволоочки в воздухе. Фотографировался центральный участок длиной 15 мм. На фотографиях отмечено время в микросекундах от начала импульса тока. Для устранения плазменной стадии производилось отключение тока в конце первой полуволны взрывом последовательно включенной более тонкой вспомогательной проволоочки. Напряжение $U_0 = 7.0$ кВ. Параметры основной и вспомогательной проволоочек: диаметр $d = 0.500 \pm 0.005$ и 0.475 ± 0.005 мм и длина $l = 50$ и 150 мм. В момент отключения тока (13 мксек) проволоочка слегка изогнута и окружена паром. Затем наблюдается развитие паровой оболочки. В местах первоначального изгиба движущийся по нормали



Фиг. 2



Фиг. 3

к поверхности проволоки пар образует кумулятивные выбросы, направленные перпендикулярно первоначальной оси.

Выбросы вызваны столкновением потоков пара от участков проволоки, расположенных под углом один к другому. Вместе с развитием паровой оболочки наблюдается

Время, мксек	Сечение	Скорость паровой кумулятивной струи, м/сек
22	1	—
	2	375
	3	290
	4	360
24	1	250
	2	315
	3	395
	4	320
26	1	430
	2	400
	3	520
	4	410
28	1	210
	2	—
	3	305
	4	320

увеличение диаметра проволоки, принимающей вид расширяющегося полого цилиндра [3], оболочка которого состоит из жидких капель различной дисперсности. При больших увеличениях диаметра проволоки капли вовлекаются в движение паровыми кумулятивными струями, образуя отчетливо заметные на фотографиях уплотнения. На конечном этапе (85 мксек) в уплотнениях сосредоточен почти весь материал крупнодисперсных фракций разрушения. Это дополнительно подтверждается тем, что запыление стеклянной пластинки, расположенной вблизи проволоки, имеет вид четко выраженных полос, перпендикулярных оси проволоки.

На фиг. 2 приведены последовательные стадии развития взрыва, когда малая длина вспомогательной проволоки не обеспечила полного отключения плазменной стадии. При этом напряжение $U_0 = 5.7$ кВ, для основной проволоки $d = 0.500 \pm 0.005$ мм, $l = 50$ мм, для вспомогательной $d = 0.410 \pm 0.005$ мм, $l = 50$ мм. На фотографиях видны кумулятивные образования сначала паровой (22 мксек), а затем капельной фракции

продуктов взрыва (26 мксек). По результатам измерения траектории движения выбросов графическим дифференцированием найдены скорости кумулятивных потоков пара (таблица) в проекции на вертикальную плоскость для различных сечений, указанных на фиг. 2.

Скорость расширения пара на прямолинейных участках 145 м/сек, скорость расширения проволоки 30 м/сек. Замер скоростей парокapельных струй дал значительный разброс из-за размытости границы переднего фронта. Средняя скорость 190 м/сек.

Образование кумулятивных выбросов материала зарегистрировано при взрыве проволок без обрыва тока (фиг. 3; $U_0 = 3.7$ кВ, $d = 0.500 \pm 0.005$ мм, $l = 50$ мм). Отличие состоит в том, что вторичный пробой вносит искажение в окончательное распределение материала.

Таким образом, в некотором диапазоне начальных условий электрического взрыва проволок наблюдается стратообразование вызвано не первичными процессами разрушения, а перераспределением материала проволоки во время разлета. Отмеченное явление имеет место в переходном режиме, в котором одновременно с изгибом проволоки образуется паровая оболочка.

Поступила 31 VIII 1973

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова К. Б., Валицкий В. П., Вандакуров Ю. В., Златин Н. А., Перегуд Б. П. Магнитогидродинамические неустойчивости при электрическом взрыве. Докл. АН СССР, 1966, т. 167, № 4, стр. 778.
2. Гревцев Н. В., Золотухин В. Д., Каширников Ю. М., Летагин В. А., Махорин Б. И. Высокоскоростная микросъемка теплового расширения проводника в процессе электрического взрыва. В сб. «Современное состояние и перспективы высокоскоростной фотографии и кинематографии и метрологии быстропротекающих процессов»: Всесоюз. науч.-техн. конференция. Москва, 1972. Тезисы докладов. М., ВНИИОФИ, 1972, стр. 96.
3. Корнев, Чейс. Метод измерения радиального распределения плотности паров в экспериментах с взрывающимися проволоками. Приборы для научных исследований, 1971, № 8, стр. 75.

УДК 536.33 + 45

МОДЕЛЬ КОМПАНИЙЦА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ВОЛНЫ

Г. В. Федорович

(Москва)

Скорость фронта тепловой волны растет по экспоненциальному закону, если по такому закону убывает плотность газа перед фронтом волны. При распространении волны в неоднородной атмосфере это может приводить к отклонению формы фронта от сферической и в конечном счете к «прорыву» атмосферы тепловой волной.

Эффект прорыва атмосферы ударной волной сильного взрыва, предсказанный в [1], обусловлен экспоненциальным ростом скорости фронта ударной волны при распространении вверх. По сравнению с таким ростом, становится несущественным медленное (степенное) изменение скорости, связанное с уменьшением удельной энергии газа при увеличении объема ударной волны. Аналогичный эффект может иметь место при развитии тепловой волны, которая при сильном взрыве предшествует ударной [2]. Как следует из рассмотрения сферической тепловой волны [3], скорость ее фронта v определяется величиной коэффициента температуропроводности $\chi = aT^n$ вблизи фронта волны (T — средняя по объему температура газа) и величиной объема V волны

$$(1) \quad v = \chi V^{-1/3}$$

Если, следуя работе [3], считать удельную теплоемкость газа C постоянной (это ограничение не принципиально), то коэффициент температуропроводности χ определяется через плотность газа и расселендов пробег света l соотношением $\chi = 16\sigma T^3 l / {}^3\rho C$ (σ — постоянная Стефана — Больцмана), т. е. меняется обратно пропорционально некоторой степени плотности газа. Это относится и к коэффициенту a в выражении, аппроксимирующем зависимость χ от T . В экспоненциальной атмосфере, где $\rho \sim \exp[-z/Z]$ величины χ и a растут экспоненциально с высотой z , однако характерный масштаб изменения этих величин Z_0 меньше, чем масштаб изменения плотности воздуха Z . Следовательно, согласно (1) в неоднородной атмосфере фронт тепловой волны распространяется вверх быстрее, чем вниз, и его форма отклоняется от сферической.

Как и в случае ударной волны, эффект «вытягивания» фронта может иметь место для тепловой волны, образовавшейся на высоте, где ее предельный радиус R^* (соответствующий переходу тепловой волны в ударную) сравнивается с масштабом изменения