

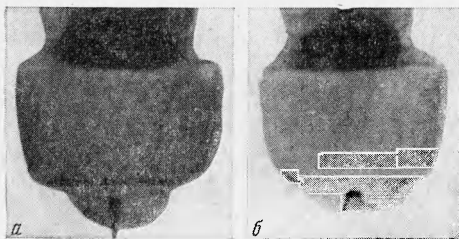
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ ЛИСТОВЫХ ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Л. В. Дубнов, В. А. Пуков (Москва)

Для обработки металлов взрывом (штамповки, сварки, упрочнения) некоторые авторы [1, 2] рекомендуют использовать листовые заряды взрывчатых веществ (ВВ), которые позволяют получить фронт ударной волны желаемой формы, равномерно распределить энергию взрыва по площади обрабатываемого изделия и удобны в работе.

В связи с этим авторы настоящей статьи исследовали взрывы в воздухе листовых зарядов, по физическим свойствам близких к линолеуму и имевших следующие взрывчатые характеристики: скорость детонации в листах 7800 м/сек при плотности 1.7 г/см^3 , критическая по распространению детонации толщина листа при инициировании от капсюля детонатора № 8 (КД-8) — 1.3 мм .

При помощи скоростной съемки изучалась форма фронта расширяющихся продуктов и прилегающих на первых стадиях к ним ударных волн от взрыва листовых зарядов (диски диаметром 200 мм и толщиной 2 мм). Съемки проводились в двух проекциях на СФР с частотой кадров $500 \text{ тыс. в секунду}$.



Фиг. 5

Иницирование детонации осуществляли от одного или нескольких электродетонаторов (на некоторых фигурах видны светящиеся детали крепления заряда).

При односточечном инициировании в центре листа (фиг. 1) на первых стадиях фронт ударной волны по форме напоминает две разлетающиеся чаши, которые, постепенно увеличиваясь, приобретают более расплывчатые контуры. Наблюдается также распространение волны в виде кольца в радиальном направлении.

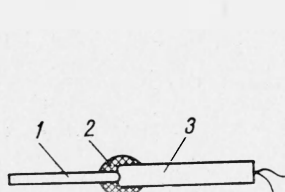
При симметричном инициировании в четырех точках (фиг. 2) фронт ударной волны через $10\text{--}15 \text{ мксек}$ близок к плоскому.

В месте столкновения детонационных волн на плоскости листа имеется усиленное свечение в форме креста; при контрольном взрыве на стальной или алюминиевой плите под ним наблюдается некоторое усиление разрушения (след).

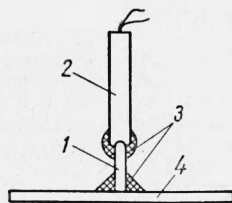
Судя по форме ударной волны, односточечное центральное и многоточечное симметричное инициирование листовых зарядов целесообразнее всего применять при взрывной штамповке.

При периферийном односточечном инициировании (фиг. 3) фронт ударной волны вначале напоминает раскрывающиеся створки раковины, затем постепенно принимает более ровную и плоскую форму. Такой способ инициирования целесообразнее всего использовать при упрочнении и сварке.

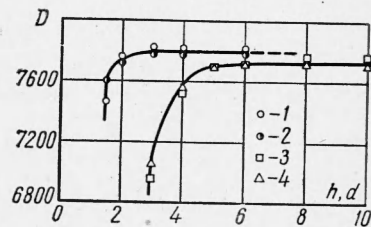
При инициировании в центре листового заряда, имеющего внизу алюминиевую подкладку диаметром 100 мм и толщиной 1.2 мм (фиг. 4), фронт ударной волны имеет плоскую форму в месте контакта пластины.



Фиг. 6



Фиг. 7

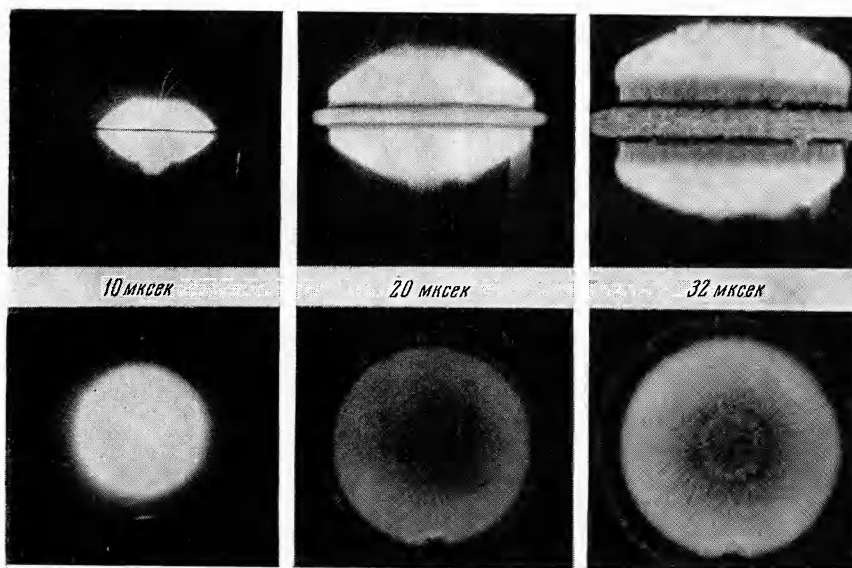


Фиг. 8

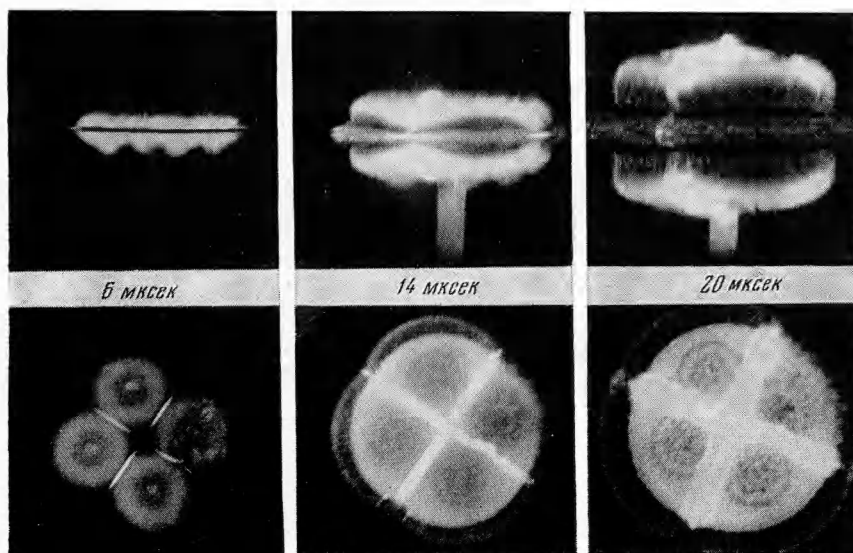
Таким образом, в зависимости от формы листа и характера инициирования можно получить ударную волну желаемой формы.

При малой толщине листа ($1.5\text{--}2 \text{ мм}$) возбуждение детонации в сильной степени зависит от характера начального импульса.

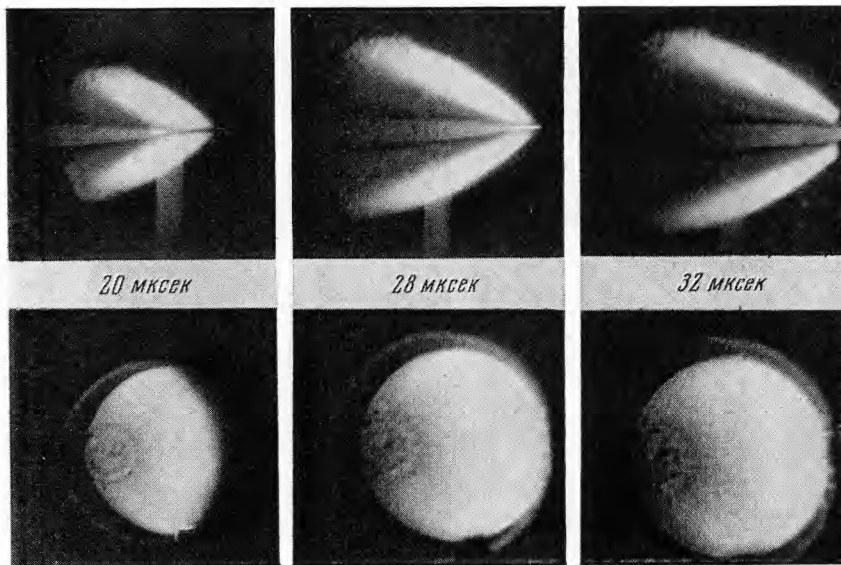
Обычный капсюль-детонатор № 8 в металлической гильзе, помещенный на свободно подвешенный лист, пробивает его, не возбуждая устойчивой детонации. При стальной подкладке толщиной не менее $0.5\text{--}1 \text{ мм}$ листовый заряд безотказно дето-



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

пирует от капсюля. Такой же эффект достигается, если торцовую кумулятивную выемку капсюля заполнить пластичным ВВ (навеска 0.05—0.1 г).

Рентгеноимпульсная съемка взрыва капсюля-детонатора (фиг. 5, а) показывает, что в случае незаполненной выемки капсюля образующаяся кумулятивная струя оказывает кинжальное пробивное действие на лист без возбуждения детонации. При заполненной выемке площадь первичного возбуждения возрастает и детонация распространяется по листу (фиг. 5, б).

Устойчивая детонация при инициировании вдоль плоскости листового заряда возникает согласно схеме на фиг. 6, где 1 — листовое ВВ, 2 — пластилин, 3 — капсюль-детонатор № 8.

Для оценки минимальной площади возбуждения детонации листового заряда были выполнены опыты с промежуточными детонаторами в виде цилиндрических шашек того же ВВ диаметром от 2.5 до 8 мм и длиной 20 мм по схеме фиг. 7, где 1 — промежуточный детонатор, 2 — капсюль-детонатор, 3 — пластилин, 4 — листовое ВВ.

Предварительно было установлено, что критический диаметр d цилиндрического заряда данного ВВ равен 2.5 мм. Установлено, что по описанной схеме детонация возбуждается от шашек диаметром 4 мм и выше.

Из опытов следует, что листовые заряды целесообразно инициировать капсюлем с плоской торцевой частью.

Зависимости скорости детонации D м/сек от толщины листа h мм и параллельно от диаметра цилиндрического заряда d мм при взрывании в воздухе и под водой на глубине 0.4—0.5 м приведены на фиг. 8, где 1 — плоский заряд в воде, 2 — плоский заряд в воздухе, 3 — цилиндрический заряд в воде, 4 — цилиндрический заряд в воздухе.

Очевидно, что характеры зависимости скорости детонации от толщины листа и от диаметра заряда аналогичны как в воздухе, так и в воде. Предельная толщина листа, отвечающая максимальной скорости детонации, примерно в 2 раза меньше, чем предельный диаметр цилиндрического заряда того же ВВ (соответственно ~2 и 5 мм).

Установлено, что в случае погружения заряда в воду наблюдается некоторое уменьшение критических и предельных значений толщины и диаметра. Некоторое увеличение максимальной скорости детонации у листов в сравнении с цилиндрическими зарядами объясняется разницей в плотностях (листья имели плотность ρ на 0.01 ÷ 0.02 г/см³ выше, чем цилиндрические заряды).

Здесь (ниже) приведены результаты измерения влияния плотности среды

Среда	ρ , г/см ³	δ , мм
Воздух	$1.29 \cdot 10^{-3}$	9.9
Эфир	0.7	11.3
Вода	1.0	11.5
Рассол	1.4	12.5
Ртуть	13.6	21.0

ρ г/см³ на величину передаваемого импульса взрыва, мерой которого во всех случаях служила величина обжатия свинцовых столбиков δ мм.

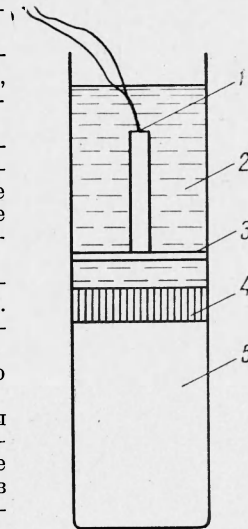
Опыты проводились, как показано на фиг. 9, где 1 — капсюль-детонатор № 8, 2 — передаточная среда, 3 — листовый заряд, 4 — стальная пластина, 5 — свинцовый столбик.

Для оценки влияния толщины слоя жидкости (воды) над зарядом на величину передаваемого импульса при постоянном промежуточном слое 5 мм приводим (справа) значения обжатия δ мм, полученные для различной высоты слоя воды над зарядом H мм.

H мм	3	5	10	15	20
δ мм	12.4	11.5	8.4	6.8	5.7

Увеличение слоя жидкости над зарядом сравнительно слабо усиливает импульс взрыва. Для оценки влияния толщины промежуточного слоя жидкости (воды) на величину передаваемого импульса при постоянном (50 мм) столбе воды над зарядом приводим (слева) значения обжатия δ мм для различных значений толщины слоя жидкости H мм между пластиной и зарядом.

Как и следовало ожидать, с увеличением слоя жидкости между зарядом и пластиной величина передаваемого импульса уменьшается. Таким образом, изменяя свойства среды, ее массу и взаиморасположение заряда и обрабатываемой взрывом детали, можно управлять величиной импульса взрыва, воспринимаемого деталью.



Фиг. 9

Поступила 10 III 1964

ЛИТЕРАТУРА

1. Cavanaugh R. M. Explosionsbearbeitung von Metallen. Techn. Mitt., 1960, vol. 53, No. 10, S. 427—428.
2. Harper W. A. Blasts hardness into steel. Prod. Engng, 1959, vol. 30, No. 15, p. 62—63.