

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В. Н., Липидус А. С. Производство ацетилена. — М.: Химия, 1970.
2. Лейбуш А. Г., Семенов В. П., Казарновский Я. С. и др. Производство технологического газа для синтеза аммиака и метанола из углеводородных газов. — М.: Химия, 1971.
3. Монахов В. Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. — М.: Химия, 1979.
4. Анисонян А. А., Евланов С. Ф. // Переработка природного газа. Тр. ВНИИГАЗ/Под ред. П. А. Теснера. — М.: Гостоптехиздат, 1961. — С. 103—117. — Вып. 12 (20).
5. Сталл Д., Вестрам Э., Зинке Г. Химическая термодинамика органических соединений. — М.: Мир, 1971.
6. Гурвич Л. В., Вейц И. В., Медведев В. А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. — М.: Наука, 1979.
7. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. — М.: Мир, 1968.

109088, г. Москва,
Госниихлорпроект

Поступила в редакцию 20/XI 1992,
после доработки — 25/II 1993

УДК 662.215.12:669.01

А. М. Гришкин, В. Ю. Давыдов, В. В. Козмерчук

ЭКСТРУЗИЯ И ДИСПЕРГИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

Показана принципиальная возможность экструзии и диспергирования металлов под действием кратковременных динамических давлений. Зарегистрированы аномально короткие времена задержки воспламенения диспергируемого алюминия в разреженной атмосфере и воздухе. Показано, что этот процесс сопровождается взрывным горением.

В работе [1] показано, что при всестороннем статическом сжатии твердых тел с последующей быстрой разгрузкой твердые тела разрушаются (в основном металлы) с образованием высокодисперсных частиц. Диспергирование металлов происходит, если давление сжатия, предшествующее разгрузке, больше или равно некоторому пороговому. Экспериментально определенные величины пороговых давлений лежат в интервале 0,4—2,0 ГПа. Относительно пластичные металлы (свинец, олово, индий и др.), имеющие низкий предел текучести, диспергированы при комнатной температуре, а алюминий и магний — при 350—570 К. Фракционный состав образующихся частиц находится в диапазоне от долей до десятков микрон. При этом отмечается, что рост давления сжатия приводит к увеличению степени дисперсности разрушаемого металла.

Представлялось интересным изучить возможность диспергирования металлов под воздействием кратковременных динамических давлений, возникающих при взрыве ВВ. Известно, что величина давления детонации ВВ составляет десятки гигапаскалей [2], поэтому возможно, приложив усилие, превышающее пороговое давление на 1—2 порядка, осуществить диспергирование таких металлов, как алюминий, при комнатной температуре.

Для экспериментов изготовлены специальные стальные контейнеры цилиндрической формы (рис. 1) высотой 75 мм с внешним и внутренним диаметром 80 и 20 мм. С одной стороны канал контейнера заканчивался конусообразной частью с углами 90 или 120°, диаметр фильеры — 3 мм. В канал контейнера помещали образец в виде конуса, затем слой насыпного ВВ. Продукты детонации (ПД), образующиеся после взрыва насыпного заряда ВВ, нагружают металл, который выталкивается (экструдирован) через фильеру и диспергируется при выходе из нее.

Исследования проводили с алюминием (масса $m = 1 \div 1,7$ г) и свинцом ($m \approx 7$ г). В качестве ВВ использовали смесь тротила с 23 % алюминия (ТА), масса насыпных зарядов составляла 17—18 г. Заряды инициировали электродетонатором, в ряде опытов устанавливали до-

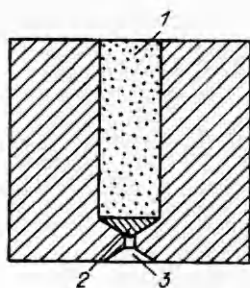


Рис. 1. Экструзионный контейнер.
1 — ВВ; 2 — экструдруемый металл; 3 — фильера.

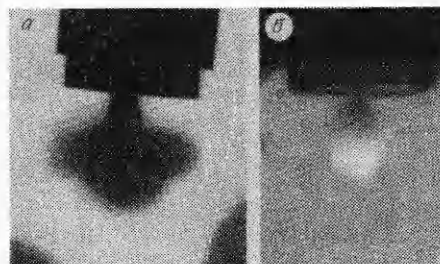


Рис. 2. Экструзия в разреженной атмосфере.
а — свинец; б — алюминий.

полнительный детонатор из тетрила массой 10 г. Опыты проводились при истечении металла в воздух и в разреженную атмосферу с остаточным давлением $p = 30$ кПа. Для съемки процесса использовали ВСК-5 или СФР, а также взрывную подсветку.

Эксперименты показали, что металл частично или полностью выталкивается через фильеру за время нагружения его ПД. При использовании дополнительного детонатора контейнер разрушался, в то время как при детонации только смеси ТА он, как правило, оставался целым. Установлено, что в разреженной атмосфере при нагружении металла только зарядом ТА скорость экструзии свинца $u = 1300$ м/с, а алюминия — 2000 м/с (рис. 2).

Экспериментальное определенное время задержки воспламенения алюминия в разреженной атмосфере $t = 15$ мкс. В работе [3] изучалось воспламенение частиц магния размером 90 мкм за отраженной ударной волной (УВ) в атмосфере чистого кислорода. Измеренное в этой работе минимальное время задержки воспламенения составляет $t = 1,4$ мс при давлении кислорода $p = 20$ кПа и 2 мс при $p = 30$ кПа. В настоящих экспериментах время задержки воспламенения на два порядка меньше.

При нагружении алюминия зарядом ТА и дополнительным детонатором при $p = 0,1$ МПа $u = 2700 \div 3300$ м/с, $t < 7$ мкс. На рис. 3, а приведен снимок, где видно воспламенение диспергированного алюминия, на рис. 3, б, показывающим дальнейшее развитие процесса, можно выделить две области пламени: широкую, коническую и узкую, почти цилиндрическую. Большая скорость радиального расширения верхней области свидетельствует о более интенсивном протекании горения в ней.

Такая высокая реакционная способность металлов объясняется особенностями процесса экструзии металлов взрывным способом:

1) частицы металлов попадают в окислительную среду, лишенные окисной пленки;

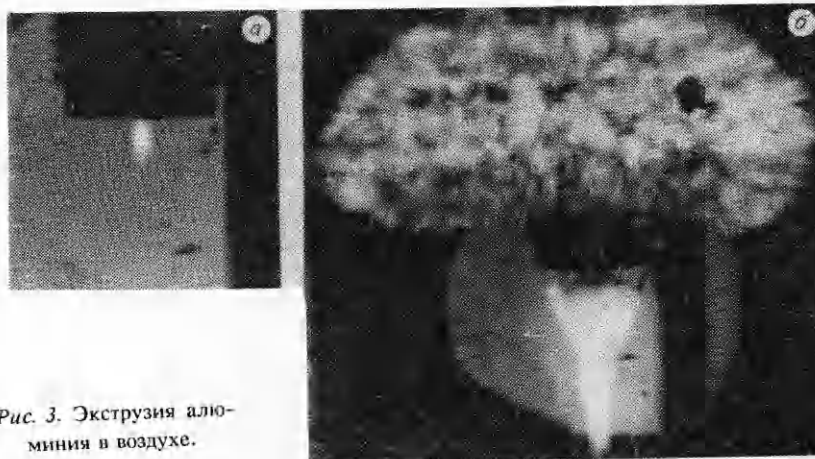


Рис. 3. Экструзия алюминия в воздухе.

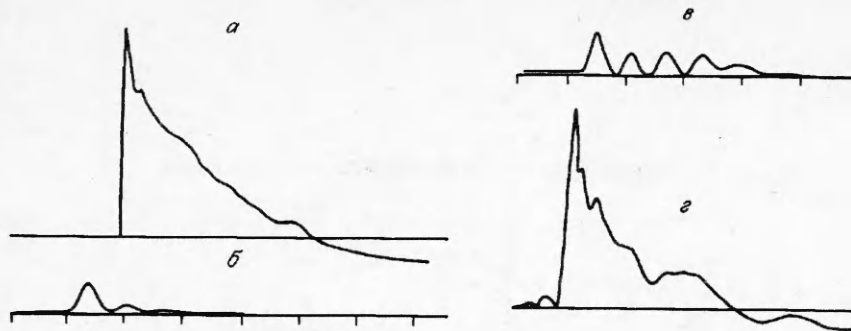


Рис. 4. Осциллограмма параметров УВ.

а — детонация заряда ТГ 40/60; б — детонация заряда ТА; в — экструзия свинца; г — экструзия алюминия.

2) высокая скорость движения частиц обеспечивает интенсивный подвод окислителя к их поверхности;

3) при течении через фильеру с высокой скоростью металл механически активируется. Подводимая энергия трансформируется в энергию дефектов кристаллической решетки. Очевидно, механоактивация тем выше, чем больше скорость и давление деформирования;

4) согласно работе [1], фракционный состав диспергируемого металла лежит в диапазоне от долей до десятков микрон. Можно ожидать, что при высоких взрывных давлениях будут образовываться еще более мелкие частицы, с которых легко начинается процесс воспламенения.

Указанные факторы, по нашему мнению, объясняют аномально короткие времена задержки воспламенения диспергируемого металла.

Проведенные эксперименты показали, что диспергирование алюминия на воздухе сопровождается взрывным горением. В связи с этим представлялось интересным изучить параметры воздушных УВ, образующихся при взрывной экструзии алюминия. Параметры взрывных УВ регистрировали пьезодатчиками, расположенными по оси симметрии контейнера. Для сравнения провели эксперименты со свинцом, который при сгорании на единицу массы выделяет в 30 раз меньше энергии, чем алюминий [4]. Кроме того, записаны параметры взрывных УВ, образующихся при детонации насыпного заряда ТА массой 20 г, помещенного в бумажную оболочку. Тарировку датчиков проводили подрывом сферического заряда ТГ 40/60 массой 160 г, для которого известна зависимость параметров УВ от расстояния. Типичные осциллограммы экструзии свинца и алюминия, полученные при детонации ВВ, приведены на рис. 4. Сравнение профилей давления на фронте УВ, полученных при детонации сферического заряда ТГ 40/60 и экструзии алюминия, еще раз подтверждает, что диспергирование алюминия на воздухе сопровождается взрывным горением. Величины давления на фронте УВ, зарегистрированные на различных расстояниях от заряда, представлены в таблице, откуда видно, что значения $p_{УВ}$ при взрывной экструзии алюминия в 5—15 раз выше, чем при взрывной экструзии свинца и детонации открытого заряда ВВ.

Следующую серию экспериментов провели с модифицированными контейнерами. Внешний диаметр контейнера увеличили до 90 мм, а диаметр канала остался прежним, т. е. сделали толще стенки контейнера. Для замедления разгрузки открытый конец контейнера закрыли крышкой, в центре которой было отверстие диаметром 10 мм для инициирования заряда ВВ. В качестве ВВ использовали смесь флегматизированного гексогена с 30 % алюминия.

Скорость экструзии алюминия в воздух при массе заряда 12 и 15 г составляла 2900—3100 и 3400—3800 м/с соответственно, масса металла — 1,6—1,7 г.

х, мм	$p_{УВ}$, кПа для экспериментов			
	I	II	III	IV
200	46	31	329	476
300	30	20	155	198
400	—	—	102	188
600	—	—	69	45

Примечание. I — ВВ(ТА-23) в бумажной оболочке, $m_{ВВ} = 20$ г; II — экструзия Рб, ТА-23, $m_{ВВ} = 17$ г, $m_{Рб} = 7$ г; III — экструзия А1, ТА-23, $m_{ВВ} = 18$ г, $m_{А1} = 1.5$ г; IV — экструзия А1, ТА-23 + тетриловая шашка, $m_{ВВ} = 28$ г, $m_{А1} = 1.5$ г.

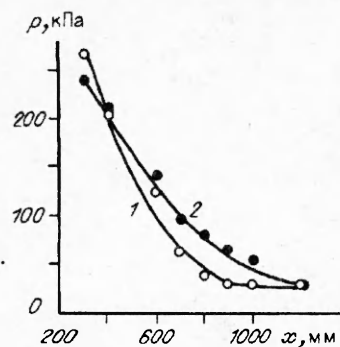


Рис. 5. Зависимость давления на фронте УВ от расстояния.

1 — экструзия алюминия; 2 — истечение ПД.

В дополнительных экспериментах определяли параметры воздушной УВ, образующейся при экструзии алюминия и истечении ПД через фильеру контейнера (газовая кумуляция). Масса заряда в обоих случаях составляла 15 г. Результаты эксперимента приведены на рис. 5. Видно, что давление на фронте УВ при истечении диспергируемого металла выше только в ближней зоне. Полученный результат можно объяснить тем, что высокая энергоёмкость компактного металла нивелируется быстрым торможением конденсированной фазы.

В заключение необходимо отметить, что описанное явление может быть использовано для получения чистых высокодисперсных порошков металлов.

Для этого нужно, чтобы металл диспергировался в инертной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В. Т., Хоконов Х. Б. Явление диспергирования твердых тел при быстрой релаксации напряжений всестороннего сжатия // Докл. АН СССР. — 1988. — 300, № 5.
2. Дремин А. Н., Савров С. Д., Трофимов В. С. и др. Детонационные волны в конденсированных средах. — М.: Наука, 1970.
3. Бойко В. М., Папырин А. П. О воспламенении частиц магния за отраженной ударной волной // Химическая физика процессов горения и взрыва. — Черногоровка, 1986.
4. Свойства неорганических соединений/Под ред. А. И. Ефимова. — Л.: Химия, 1983.

115487, г. Москва,
ЦНИИХМ

Поступила в редакцию 20/XII 1992