

3. Pampillo C. A., Chen H. S. Mater. Sci. Eng., 1974, 13, 181.
4. Morris D. G. J. Mater. Sci., 1982, 17, 1789.
5. Krenitsky D. J., Ast D. B. J. Mater. Sci., 1979, 14, 275.
6. Toda Y. e. a. Sci. Rep. RITU, Sendai, Japan., 1985, 32, 2, 267.
7. Нагумо и др.— В кн.: Быстрозакаленные металлы.— М.: Металлургия, 1983.
8. Taub A. I., Spaeren F. Acta Met., 1980, 28, 1781.
9. Табачникова Е. Д.— В кн.: Структура и свойства аморфных сплавов.— Устинов, 1985.
10. Wilkins M. L., Cline C. F. Тр. II совещ. по обработке материалов взрывом.— Новосибирск, 1982.
11. Prümmer R. 19-th Univ. Conf., Nov. 8—9, Raleigh, NC State Univ., 1982.
12. Prümmer R.— В кн.: Высокоэнергетическое воздействие на материалы.— Новосибирск, 1986.
13. Нестеренко В. Ф., Першин С. А. ФГВ, 1987, 23, 5.

*Поступила в редакцию 24/IV 1987,
после доработки — 24/VII 1987*

МЕТАНИЕ ПЛАСТИН СЛОЯМИ СМЕСЕВЫХ ВВ

*Ю. П. Бесшапошников, В. Е. Кожевников, В. И. Чернухин,
В. В. Пай*

(Свердловск, Новосибирск)

При сварке взрывом очень важен вопрос определения основных параметров процесса. Согласно общепринятой концепции, это угол соударения γ и скорость точки контакта v_k [1]. На практике, как правило, применяется схема с параллельным расположением основания и метаемой пластины. В этом случае $v_k = D$ и $\gamma = \beta$, где D — скорость детонации, а β — угол поворота. Таким образом, задача сводится к нахождению β и D .

В работах [2, 3] представлены результаты экспериментальных исследований профиля метания пластин слоями трех типов взрывчатых веществ (ВВ) и определены интегральные показатели политропы k продуктов детонации (ПД): для гексогена — 2,8; аммонита 6ЖВ — 2,5 и для смеси 6ЖВ с гранулированной аммиачной селитрой в соотношении 1/4—2,2. В [2] приведена интерполяционная формула для β , дающая неплохое совпадение с экспериментом.

К сожалению, ВВ, исследованные в [2, 3], имеют довольно высокое значение D , поэтому не нашли широкого применения. При сварке взрывом крупногабаритных деталей в основном используются промышленные ВВ, такие как аммониты АТ-1 и А-2Г, а также смеси аммонита 6ЖВ с аммиачной селитрой в различных соотношениях. Часто с целью получения прочного соединения определенных пар металлов возникает необходимость использования смесей 6ЖВ с поваренной солью, тальком и другими компонентами. В литературе пока нет данных по метанию пластин перечисленными ВВ, что затрудняет их применение и сдерживает внедрение в производство сварки взрывом.

В настоящей работе по реостатной методике измерялись профили метания пластин и определялись интегральные показатели политропы k для ПД следующих ВВ насыпной плотности: аммониты АТ-1 и А-2Г, смеси аммонита 6ЖВ с NaCl (соль «Экстра»), тальком (применяемым для РТИ, ГОСТ 19279-74), с аммиачной селитрой марки ЖВ (АСЖВ), с АТ-1 и А-2Г. Эксперименты проводились по схеме, отличающейся от описанной в [3] тем, что D измерялась методом контактных датчиков [5] с использованием частотомеров ЧЗ-34. Начало процесса метания пластины отмечалось на осциллограмме ступенькой, которую обеспечивала небольшая петля из нихромовой проволоки, соединенная одним концом с датчиком в точке О, другим — с заземленной пластиной (см. рис. 1). Точка О изолирована от пластины тонкой прокладкой из фторопласта толщиной 0,03 мм. Типичная осциллограмма представлена на рис. 2, а, где по горизонтали отложено время, по вертикали — напряжение на концах дат-

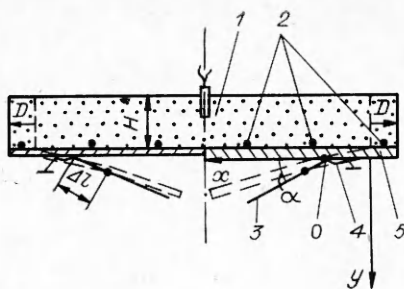


Рис. 1. Схема экспериментального исследования профиля метания пластин.

1 — ВВ; 2 — контактные датчики для измерения D ; 3 — датчик из нихромовой проволоки; 4 — петли для фиксирования начала процесса; 5 — метаемая пластина.

поверхности, которая движется со скоростью D , определяются по формулам:

$$x = \frac{Dt + \Delta l \cdot \cos \alpha}{H}, \quad y = \frac{\Delta l \cdot \sin \alpha}{H},$$

где D — скорость детонации; t — время, определяемое по осциллограмме; Δl — длина отрезка датчика, закороченная на пластину за время t ; α — установочный угол датчика; H — толщина заряда ВВ.

Размер пластин, используемых в опытах, составлял $(400 \div 500) \times (200 \div 300)$ мм при толщине от 3 до 30 мм. Пластинки изготавливались из сталей 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, Ст. 3, меди М1Р, титана ВТ1-0 и алюминия АД0. Величина k определялась сравнением экспериментальных профилей метания (построенных по осциллограммам с использованием формул, приведенных выше) с рассчитанными на ЭВМ по двумерной модели [4] для соответствующих значений r (r — отношение массы ВВ к массе пластины).

Для каждого опыта выбиралось значение k , при котором наблюдалось наилучшее совпадение эксперимента с расчетом. Погрешность определения координат нижней поверхности пластины не превышала 5%. Как видно из табл. 1, для определенного типа ВВ при значительном снижении D величина k тоже уменьшается. Довольно четко эта тенденция просматривается для АТ-1, А-2Г и смеси 6ЖВ с NaCl. Например, в опытах 4, 3, 9 (см. табл. 1) при $D = 2440; 1720; 1540$ м/с $k = 2,5; 2,3$ и 2,1, соответственно. В опытах 31 и 32, где состав ВВ и скорость детонации были такими же, как в [2, 3], значения k также совпали, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости таких экспериментов. Угол β , найденный при обработке осциллограмм, довольно хорошо совпадал с вычисленным по формуле для угла поворота [2] при подстановке в нее соответствующих значений k , y и r . Различие не превышало 8%, за исключением случаев $r > 2,2$.

В связи с тем, что при сварке взрывом используются материалы с самыми разнообразными механическими свойствами, например с сильно различающимися прочностными характеристиками, которые могут как-то изменять кинематические параметры пластины [6, 8], в данной работе рассматривался вопрос о влиянии прочности на форму профиля метания. Для выяснения роли этого фактора проведены опыты по схеме с геометрически симметричным расположением сравниваемых пластин и прово-

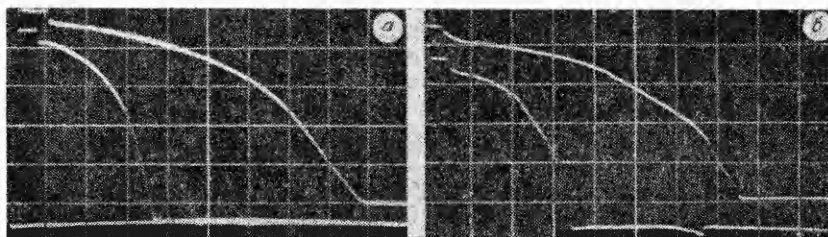


Рис. 2. Осциллограммы опыта 39. Развертка верхнего луча осциллограммы 2 мкс/дел., нижнего — 5 мкс/дел.

а) нержавеющая сталь; б) свинец. Перегибы на осциллограмме в конце процесса свидетельствуют о потере устойчивости пластины.

Таблица 1

Номер опыта	ВВ	r	D, м/с	k	Номер опыта	ВВ	r	D, м/с	k	
1	АТ-1	0,46	2340	2,4	24	6ЖВ/NaCl = 1,25/1	0,5	2120	2,3	
2		0,62	2180	2,4	25		1,0	2400	2,4	
3		0,94	1720	2,3	26		1,26	2400	2,4	
4		0,96	2440	2,5	27		1,4	1460	2,0	
5		1,0	2540	2,5	28	3,2	2400	2,4		
6		1,0	2380	2,5	29	6ЖВ/тальк = 2/1	0,97	2270	1,9	
7		1,0	2350	2,5	30		6ЖВ/тальк = 3/1	1,1	2550	2,0
8		1,0	2200	2,5						
9		1,0	1540	2,1						
10		1,28	2340	2,5	31	6ЖВ/гранул. АС = 1/1	0,45	2060	2,2	
11	1,4	2500	2,5							
12	1,4	2630	2,5	32	6ЖВ	1,05	4180	2,5		
13	1,4	2510	2,5							
14	1,54	2440	2,5	33	6ЖВ/АСЖВ = 1/8	0,92	2600	2,4		
15	1,7	1930	2,4	34	6ЖВ/АТ-1 = 2/3	0,56	2680	2,4		
16	2,14	2480	2,5							
17	2,5	2030	2,4							
18	3,2	2200	2,4							
19	0,55	2200	1,9	35	6ЖВ/АТ-1 = 1/8	1,1	2160	2,3		
20	0,55	1630	1,8							
21	А-2Г	0,55	1590	1,8	36	6ЖВ/А-2Г = 1/4	1,0	2340	2,0	
22		0,66	2000	1,9						
23		0,92	2540	2,0						

Примечание. Смеси указаны в объемных соотношениях.

лочных датчиков (см. рис. 1). Материал и толщины метаемых пар пластин выбирались такими, чтобы H и соответственно D были одинаковыми при равных r . С целью проведения более корректного сравнения в опытах попарно металлись следующие пластины: нержавеющая сталь — свинец; хастеллой — медь; Ст. 30ХГСА (отпуск) — Ст. 30ХГСА (закалка). Измерения показали, что, несмотря на предельно высокие различия в прочности (табл. 2), профили метания сравниваемых попарно пластин в пределах погрешности измерений (не более 5%) хорошо совпадают, т. е. влияние прочности не зарегистрировано. В опыте 39, где металлись свинец с нержавеющей сталью, до $y = 0,2$ (примерно таким выбирается зазор для большинства свариваемых пар) расхождение профилей метания не превышает погрешности измерений (рис. 3). Далее начинается потеря устойчивости свинцовой пластины, о чем свидетельствуют перегибы на осциллограмме (см. рис. 2, б) в конце процесса (построение

Таблица 2

Номер опыта	ВВ	r	D, м/с	Материал пластины	Толщина пластины, мм	σ_B , МПа	k	$\beta_{экс}$ в момент полного закорачив. нихромового датчика на пластину
37	6ЖВ/АТ-1 = 2/3	0,64	2800	Ст. 30ХГСА (отпуск)	6	700	2,5	9,8
		0,64	2800	Ст. 30ХГСА (закалка)	6	1350	2,5	9,5
38	АТ-1	1,0	2000	Медь М1Р	4	220	2,4	14,5
		1,0	2050	Хастеллой (ХН65МВ)	4	1200	2,4	14,16
39	АТ-1	0,97	2370	Свинец	4	15	2,5	—
		0,97	2430	Нерж. ст. 06ХН28МОТ	6	600	2,5	11,7

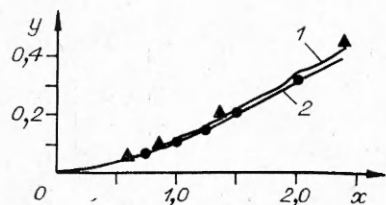


Рис. 3. Профили метания для опыта 39.
1 — свинец; 2 — сталь.

профиля по приведенным ранее формулам уже не является корректным, так как нарушается условие стационарности).

Механизм наблюдаемого явления, по-видимому, аналогичен описанному в [7],

где рассматривается потеря устойчивости границ двух сред с различными плотностями. Анализ результатов опытов 1—36 также показал, что независимо от толщины и прочности материала профиль метания пластин определяется только параметрами r и k (т. е. не зависит от прочности) и хорошо согласуется с двумерным расчетом на ЭВМ.

Таким образом, по методике [3] экспериментально определены интегральные показатели продуктов детонации промышленных ВВ типа АТ-1, А-2Г и некоторых наиболее часто используемых при сварке взрывом смесей 6ЖВ с различными компонентами. Установлено, что при снижении D показатель политропы k имеет тенденцию уменьшаться. Это может быть объяснено неидеальностью детонации и, очевидно, связано с тем, что способ определения k предполагает некоторые условные допущения, рассматривающие показатель политропы как интегральную характеристику процесса. Показано, что прочность при $15 \leq \sigma_b \leq 1350$ МПа не оказывает заметного влияния на форму профиля метания. Это дает основание при расчетах пользоваться моделью, предложенной в [4], и в конечном счете позволяет после измерения D с хорошей точностью вычислять кинематические параметры процесса сварки практически для любых металлов (а следовательно, прогнозировать качество и служебные свойства получаемых композиций) и оправдывает способ описания процесса метания одной характеристикой ВВ — показателем политропы.

В заключение авторы благодарят Г. Е. Кузьмина за представленные расчеты на ЭВМ и В. А. Симонова за обсуждение полученных в работе результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерибас А. А. Физика упрочнения и сварки взрывом. — Новосибирск: Наука, 1980.
2. Бондарь М. П., Иштуткин С. Н., Кузьмин Г. Е. и др. Тр. II совещания по обработке материалов взрывом. — Новосибирск, 1982.
3. Кузьмин Г. Е., Мали В. И., Пай В. В. ФГВ, 1973, 9, 4, 558.
4. Кузьмин Г. Е. Канд. дис. — Новосибирск: ИГиД им. М. А. Лаврентьева, 1977.
5. Симонов В. А. ФГВ, 1979, 15, 6, 118.
6. Zhang Kai, Li Lungyuan, Yang Wenbin. VI Intern. Symp. «Use of explosive energy in manufacturing metallic materials of new properties». Gottwaldov, 1985.
7. Яковлев И. В. ФГВ, 1973, 9, 3, 447.
8. Мерзиевский Л. А., Реснянский А. Д. Сб. трудов 9-й Международной конференции. — Новосибирск, 1986.

Поступила в редакцию 13/II 1987

УДАРНЫЙ СИНТЕЗ КУБИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ZrO_2

С. С. Бацанов, Д. Л. Гурьев, Л. И. Копанева
(Менделеево)

Один из нерешенных вопросов химии динамических давлений — определение времени протекания реакций конденсированных веществ. В ряде работ сделаны попытки оценить это время по исследованию продуктов реакций и особенностей их протекания [1—3].

Так, при детонационном синтезе халькогенидов цинка из элементов с учетом быстрого охлаждения тонких слоев вещества на стенках массивной камеры и времени полета продуктов от места детонации до стенок