

Уменьшение эффективности обрыва цепей может протекать также в результате насыщения поверхности сорбированными частицами. Однако если бы имел место только этот механизм, то было бы трудно объяснить повышение предела воспламенения смеси H_2 с O_2 путем обработки поверхности сосуда вспышками смеси CO с O_2 [14].

Уменьшением эффективности гетерогенного обрыва цепей, возможно, следует частично объяснить наблюдаемую экстремальную зависимость интенсивности хемилюминесценции от номера вспышки (см. рис. 4, б).

Таким образом, полученные в настоящей работе данные вместе с данными работ [8, 13] показывают, что в пульсирующем горении роль саморазогрева может быть незначительной. Вместе с тем в этом явлении играют существенную роль как газофазные реакции водородсодержащих соединений (промоторов), так и реакции атомов и радикалов (H , OH , HO_2), хемосорбированных на поверхности реакционного сосуда. Не исключается заметная роль также возбужденной молекулы CO_2 , особенно при воспламенении «сухой» смеси окиси углерода с кислородом.

*Институт химической физики
АН СССР, Москва*

*Поступила в редакцию
25/IV 1975*

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Льюис, Г. Эльбе. Горение, пламя и взрывы в газах. М., ИЛ, 1948.
2. В. Н. Кондратьев. Кинетика и механизм газофазных реакций. М., «Наука», 1973.
3. М. Б. Нейман. Acta Physicochim. URSS, 1938, 9, 372.
4. V. F. Gray. Trans. Faraday Soc., 1970, 66, 1118.
5. Д. А. Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М., «Наука», 1967.
6. P. G. Asmore, R. G. W. Norrish. Nature, 1951, 167, 390.
7. J. W. Linnett, V. G. Reuben, T. E. Wheatley. Comb. Flame, 1968, 12, 325.
8. В. В. Азатян, Е. Н. Александров. В сб.: Горение и взрыв. М., «Наука», 1972.
9. В. В. Азатян, В. В. Воеводский, А. Б. Налбандян. Кинетика и катализ, 1961, 2, 341.
10. В. В. Азатян, Л. А. Акопян. Докл. АН СССР, 1961, 141, 129.
11. Н. С. Ениколопян, А. Б. Налбандян. Докл. АН СССР, 1952, 85, 1309.
12. В. В. Азатян, Н. Н. Семенов. Кинетика и катализ, 1972, 13, 17.
13. Е. Н. Александров. Канд. дис., ИХФ АН СССР, 1975.
14. В. В. Азатян. Арм. хим. журнал, 1967, 20, 577.
15. Е. Н. Александров, В. В. Азатян. Докл. АН СССР, 1973, 210, 1358.
16. В. В. Азатян, Е. Н. Александров, М. С. Хачатрян. ФГВ, 1973, 9, 3.

УДК 621.791.1

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ ОТ ФАЗЫ РАЗГОНА МЕТАЕМОЙ ПЛАСТИНЫ

Г. Е. Кузьмин, В. А. Симонов, И. В. Яковлев

Одним из определяющих параметров сварки взрывом является угол соударения свариваемых пластин γ , равный сумме начального угла α и угла поворота метаемой пластины β . Для расчетов режимов сварки и определения параметров образующихся волн необходимо вы-

числить угол β , который зависит от величины r (r — отношение массы ВВ к массе метаемой пластины) и от показателя политропы продуктов взрыва.

Для определения угла β используются обычно упрощенные одномерные и двумерные схемы метания, наиболее полно рассмотренные в работе [1]. Экспериментальное определение угла β с помощью оптической методики, изложенной в работе [2], показало, что поворот метаемой пластины происходит практически мгновенно сразу же за фронтом детонационной волны. Необходимо отметить, что в этой методике использовались заряды малой толщины. Дальнейшие экспериментальные исследования процесса метания с использованием проволочных датчиков сопротивления [3] позволили в значительно большем диапазоне изменять толщину зарядов ВВ и более точно фиксировать фазу ускорения. Из работы [3] следует, что разгон пластины, метаемой зарядом ВВ, толщиной δ_0 происходит на расстояниях $l \approx 2\delta_0$ от фронта детонации, т. е. угол поворота пластины непрерывно увеличивается до максимального для заданного r на отрезке $h \approx (0,4 \div 0,5)\delta_0$ в направлении y (рис. 1).

Таким образом, если величина зазора между свариваемыми пластинами $y < h$, то их соударение будет происходить под углом меньшим, чем расчетный. Это, в свою очередь, может привести к изменению режима соударения и изменению параметров образующихся в зоне соединения волн.

Более точные расчетные методы [4] сделали возможным проследить разгон метаемой пластины за фронтом детонации. В этих схемах предполагается, что детонация удовлетворяет условиям Чепмена — Жуге, фронт детонации — прямая линия, перпендикулярная начальному положению пластины, а продукты взрыва — идеальный газ с постоянным показателем политропы. Пластина фактически рассматривается как набр жестких, не связанных между собой элементов, имеющих конечную массу. Влиянием краев пластины пренебрегают и ведется расчет двумерной стационарной газодинамической задачи. Предположения об идеальности детонации о форме фронта являются, очевидно, менее существенными, чем остальные упрощения. Пренебрежение прочностными характеристиками материала пластины, по-видимому, оправдано ввиду больших давлений в продуктах взрыва, по крайней мере на расстояниях нескольких толщин зарядов. Для проверки влияния сжимаемости были проделаны специальные расчеты, в которых материал пластины аппроксимировался уравнением состояния, взятым из [5]. Эти вычисления убеждают в возможности пренебрежения эффектами сжимаемости, что согласуется с результатами других исследований [6]. Более существенное влияние на процесс метания оказывают переменность показателя политропы и боковой разлет продуктов взрыва.

Исследование влияния величины показателя политропы было проведено в работах [4, 7]. Количественная оценка влияния бокового разлета потребовала бы решения трехмерной неустановившейся задачи, однако, очевидно, что изменение показателя политропы и боковой разлет продуктов детонации влияют на угол поворота метаемой пластины в различных направлениях, поэтому могут частично компенсировать друг друга. Таким образом, схема [4] может быть использована для расчета параметров сварки взрывом.

Используя расчетную схему метания, предложенную в работе [4], можно построить положение метаемой пластины в фиксированные моменты времени. Это позволяет проследить всю фазу разгона и построить изменение угла β как функцию от y для разных значений r и различных ВВ. Результаты рас-

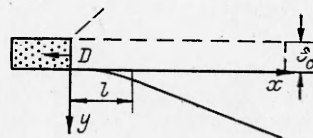


Рис. 1.

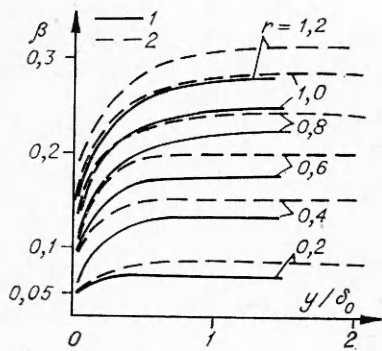


Рис. 2.

они не превышают 1° . Для $r \leq 0,6$ участок разгона составляет менее 5 мм. Отсюда также следует, что если свариваемые пластины установлены на расстоянии меньшем, чем участок разгона, то после соударения на них продолжает действовать давление разлетающихся продуктов детонации. Это должно влиять на характер течения по границе соединения свариваемых металлов.

Учет фазы разгона при определении режимов соударения представляет наибольший интерес в связи с изменением параметров волн, возникающих в зоне соединения свариваемых пластин. Известно, что длина волн λ связана с толщиной метаемой пластины δ и углом соударения γ следующим эмпирическим соотношением [8]:

$$\lambda = A\delta \sin^2(\gamma/2), \quad (1)$$

где $A = \text{const}$.

Из приведенных выше результатов следует, что если использовать схему сварки с углом $\alpha = 0$ и расположением свариваемых пластин на расстояниях меньших, чем участок разгона, то образующиеся волны будут иметь длину меньшую вычисленной по выражению (1). Если $\alpha \neq 0$, то λ будет возрастать с удалением от начальной точки соударения. В специальной серии экспериментов исследовался характер изменения волн в зависимости от величины зазора между свариваемыми пластинами. В экспериментах использовались пластины размером $300 \times 120 \times \delta$ мм, которые устанавливались под начальным углом $\alpha = 3^\circ$ так, что зазор между пластинами в направлении распространения детонации изменялся от 0 до 15 мм. При $r = 1$ угол β мог непрерывно изменяться в одном эксперименте от 0 до 15° . Результаты этих экспериментов для сочетаний металлов медь+медь (3), сталь+медь (2) и алюминий+медь (4) представлены на рис. 3 в виде графиков, отражающих изменение длины волны в зависимости от расстояния между пластинами. На рис. 3, 1 приведены расчетные значения длин волн λ , полученные из соотношения (1). Эти результаты свидетельствуют о существенном изменении параметров волн, связанном с изменением начального расстояния между свариваемыми пластинами.

Из анализа рис. 2 видно, что для различных значений r можно получить одинаковые параметры волн на границе соединения, изменяя только начальное расстояние при установке пластин. При этом

четов можно сравнить с параметрами волн, получающимися в экспериментах.

На рис. 2 представлены зависимости $\beta = f(y)$ для различных значений r . На рис. 2, 1 приведена эта зависимость для зарядов аммонита 6ЖВ с показателем политропы $k = 2,5$, а на рис. 2, 2 та же зависимость для зарядов аммонит+аммиачная селитра 50/50 с $k = 2,2$.

Для большинства пар свариваемых металлов величина r , обеспечивающая хорошее качество соединения, лежит в диапазоне от 0,6 до 1,2. При этих значениях r существенные изменения угла β происходят при $y \leq 10$ мм, а при $y > 10$ мм

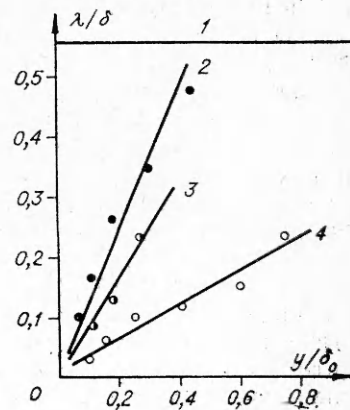


Рис. 3.



Рис. 4.

характер границы соединения будет разным. Аналогичное изменение характера границы соединения, а также изменение параметров волн можно достичь, изменяя начальное расстояние для одного и того же r . На рис. 4 представлена фотография микроструктуры границы соединения двух медных пластин, сваренных при разных начальных расстояниях.

Таким образом, при получении сваренного взрывом соединения с требуемыми параметрами волн необходимо учитывать фазу разгона метаемой пластины. Кроме этого, фазу разгона можно использовать для создания волн нужных размеров и конфигураций. Это особенно важно, если на границу соединения накладываются какие-то специальные требования или полученное взрывом соединение требует дальнейшей механической обработки, например прокатки.

*Институт гидродинамики
СО АН СССР, Новосибирск*

*Поступила в редакцию
12/V 1975*

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Дерибас. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, «Наука», 1972.
2. А. А. Дерибас и др. ФГВ, 1967, 3, 2.
3. Г. Е. Кузьмин и др. ФГВ, 1973, 9, 4.
4. А. А. Дерибас, Г. Е. Кузьмин. ПМТФ, 1970, 1.
5. Р. Г. Мак-Куин, С. П. Марш. В кн.: Динамические исследования твердых тел при высоких давлениях. М., «Мир», 1965.
6. N. E. Hoskin, W. S. Allan et al. In. Proc. 4-th Simpos. (Internat) Detonation. White Oak, Md. 1965. Washington, 1967.
7. А. А. Дерибас, Г. Е. Кузьмин. В сб.: Динамика сплошной среды. Вып. 8. Новосибирск, ИГ СО АН СССР, 1971.
8. А. А. Дерибас и др. ФГВ, 1968, 4, 1.