

УДК 621.791.1

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ИМПУЛЬСНОГО СОЕДИНЕНИЯ
МЕТАЛЛОВ*Камалян Р. З.¹, Камалян С. Р.²*

ABOUT SOME RESULTS OF IMPULSED METAL COMPOUNDS

Kamalian R. Z., Kamalian S. R.

The results of experimental research of the welding of metals by the energy of the explosion according to the scheme without a gap between the plates of different materials are presented. The peculiarities of this approach are marked and the possibility of obtaining welded joint is shown.

Keywords: explosive, welding zone, the microhardness.

Для получения прочных соединений при любых способах сварки необходимо тем или иным методом добиться непосредственного контакта между атомами соединяемых металлов, удалив при этом возможно более полно неметаллические включения [1].

Большой интерес для указанных целей представляет собой метод соединения металлов с использованием энергии взрыва [1–3]. Получившая широкое распространение схема сварки (рис. 1) состоит из неподвижной и μεταемой пластин, располагаемых под углом на заданном расстоянии от вершины угла. При таком расположении пластин в результате соударения в зоне контакта происходит очистка поверхностей, их активация и образование соединений, имеющих обычно волнообразную форму.

Однако в ряде практических задач установка зазора и угла между свариваемыми деталями оказывается затрудненной либо вообще невозможной.

В связи с этим были проведены исследования особенностей сварки контактирующих первоначально без зазора металлических заготовок. Для этой цели осуществлена серия экспериментов по сварке пластин из стали-титана, меди-стали, меди-дюралюминия, стали-стали, дюралюминия-

стали и алюминиевых труб. Заметим, что некоторые результаты были опубликованы ранее [4].

Все пластины имели размеры 50×150 мм, толщина которых изменялась от 1 до 7 мм. Трубы 37×45 и 55×65 изготавливали из электротехнического алюминия так, чтобы первая практически входила в отверстие второй. Установленные без зазора пластины и трубы металы продуктами детонации заряда ВВ из аммонита №6ЖВ толщиной 10...20 мм насыпной плотности на неподвижную жесткую преграду. В некоторых экспериментах применялись и более высокочувствительные взрывчатые вещества типа ТЭН и гексопласт.

Качество сварки определялось технологической пробой на отрыв и металлографическим методом. Для определения структуры полученных сварных соединений из образцов вырезались шлифы в направлении распространения взрывной волны. Поверхность шлифа зачищались и полировались стандартным методом [1–3]. После соответствующих травлений структура просматривалась под микроскопом ММУ-3 и фотографировалась с помощью микрофотонасадки МФН-12. Увеличение при фотографировании указано на соответствующих рисунках.

¹Камалян Рубен Завенович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой общей и прикладной математики Академии маркетинга и социально-информационных технологий; e-mail: kasarub@mail.ru.

²Камалян Самвел Рубенович, канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой математики и прикладной информатики Краснодарского филиала Российского государственного торгово-экономического университета, доцент кафедры математического моделирования Кубанского государственного университета; e-mail: karuzav@mail.ru.

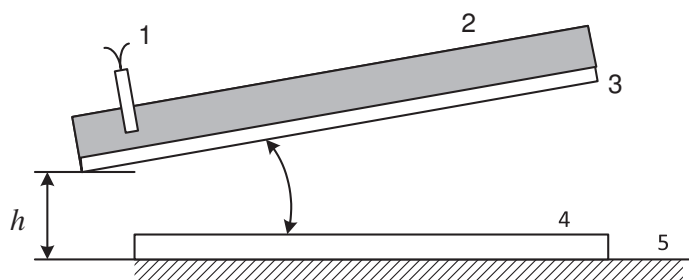


Рис. 1. Схема сварки взрывом под углом α : 1 — детонатор, 2 — заряд ВВ, 3 — метаемая пластина, 4 — неподвижная пластина, 5 — опора.

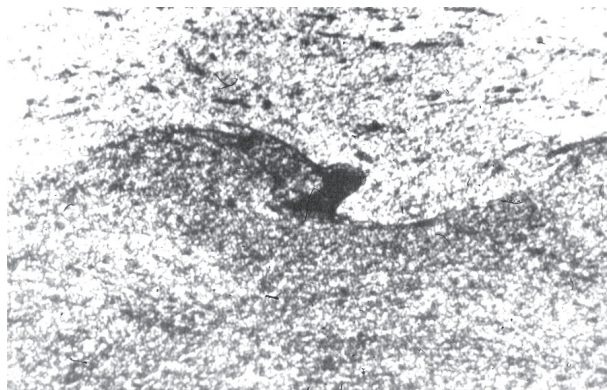


Рис. 2. Микроструктура зоны сварки алюминий-алюминий, полученной взрывом без зазора на трубчатых заготовках ($\times 400$)

Микроструктура зоны сварки, полученной взрывом без зазора на трубчатых алюминиевых заготовках, представлена на рис. 2.

Структура (рис. 2) получена путем травления в реактиве следующего состава: плавиковая кислота — 1 мл; соляная кислота — 1,5 мл; азотная кислота — 2,5 мл; вода — 90 мл. На шлифе отчетливо видно, что сварная зона имеет волнообразный характер. В отдельных участках происходит завихрение волны, образование гребней и их отрыв. В зоне соединения наблюдается пластическая деформация соединяемых материалов.

На рис. 3, 4 и 5 представлены микроструктуры зоны сварки меди и алюминиевого сплава, полученной взрывом при разных режимах с зазором и без зазора между свариваемыми листами.

Микроструктуры, представленные на рис. 3а, 4а, 5а получены путем травления в стандартном реактиве, который, выявляя структуру алюминиевого сплава, оставляет светлыми и четкими включения в зоне соединения.

Электрополировка и травление на приборе Elupovist при напряжении 18 В в течение

1–2 мин. в реактиве состава: этиловый спирт-125 мл, азотная кислота-50 мл, хорошо выявляет структуру меди и алюминия, но растравливает включения в зоне соединения (рис. 3, 4, 5б).

Необходимо обратить внимание на то, что светлая полоса в алюминиевом листе в зоне соединения не является результатом процесса сварки. Это наличие плакировки из чистого алюминия на листе алюминиевого сплава.

Известно [5, 6], что при повышенных температурах медь и алюминий образуют несколько хрупких химических соединений (хрупкие интерметаллидные фазы). При сварке плавлением на границе соединения со стороны меди образуется прослойка интерметаллидов, наличие которой обуславливает относительно низкую прочность соединения. Хорошие результаты медно-алюминиевого соединения получены сваркой взрывом. Этим методом образующиеся интерметаллиды имеют вид отдельных включений и оказывают меньшее влияние на прочность соединения.

При сварке взрывом с зазором между свариваемыми листами на образце №16 видны довольно крупные (толщиной до 0,08 мм)

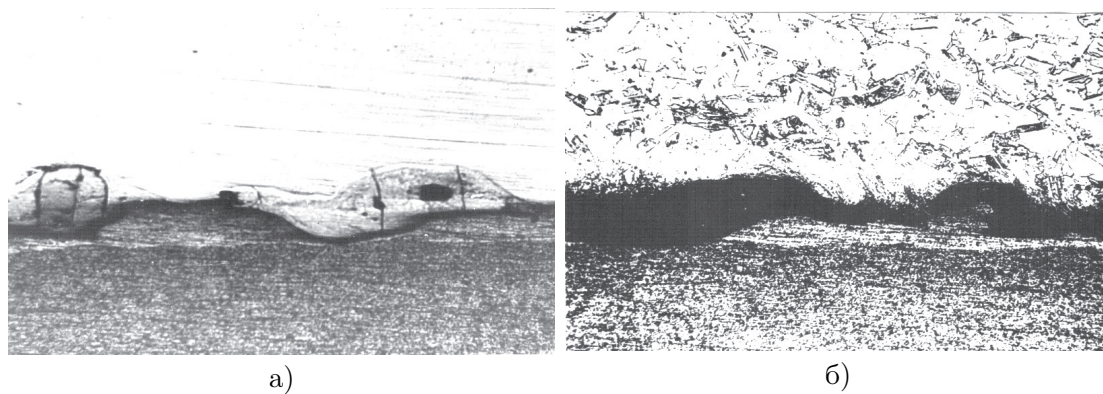


Рис. 3. Микроструктура зоны сварки медь-алюминий, полученная взрывом с зазором при разном травлении ($\times 40$) (образец №16)

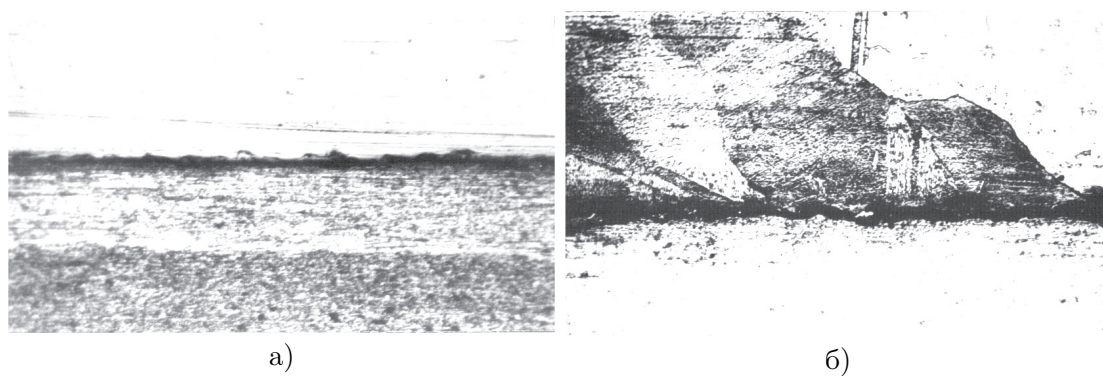


Рис. 4. Микроструктура зоны сварки медь-алюминий, полученная взрывом без зазора (образец №9), при разном травлении ($\times 168$)

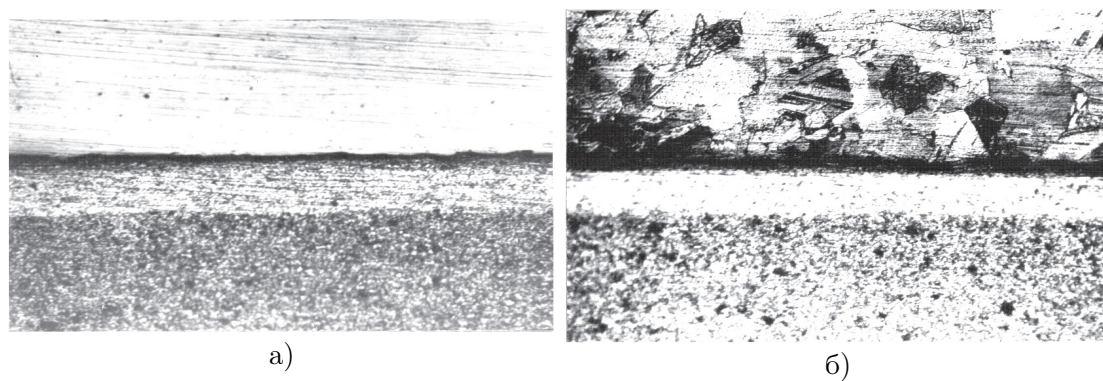


Рис. 5. Микроструктура зоны сварки медь-алюминий, полученная взрывом без зазора (образец №12), при разном травлении ($\times 100$)

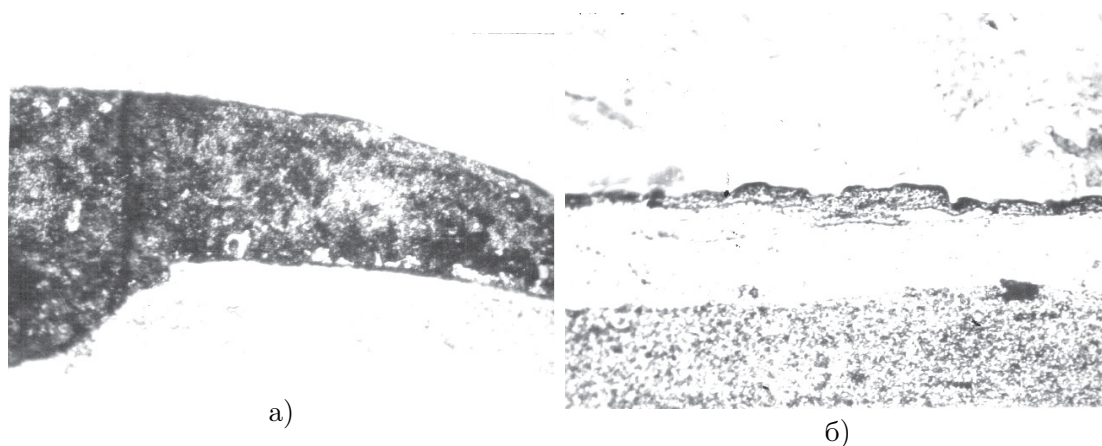


Рис. 6. Микроструктура зоны сварки медь-алюминий, полученной взрывом с зазором и без зазора ($\times 100$) (образец №9)

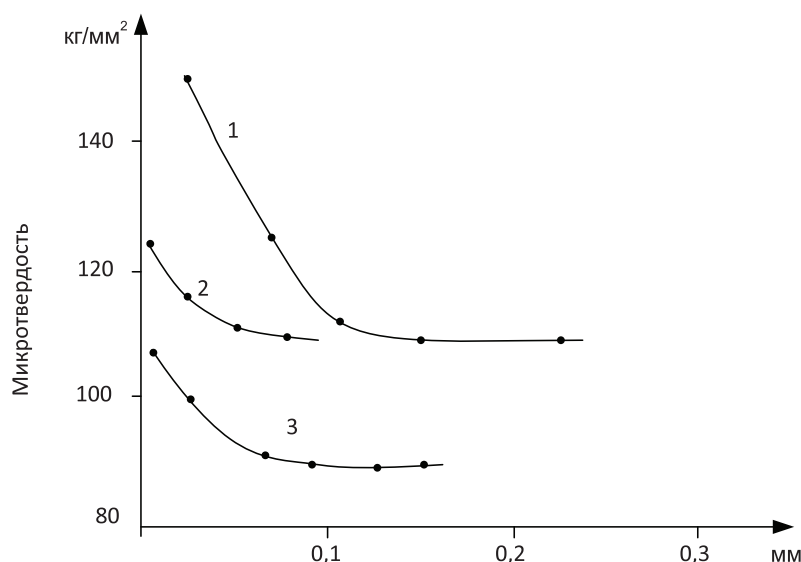


Рис. 7. Распределение микротвердости в меди у границы зоны сварки: 1 — образец №16, 2 — №12; 3 — №9

включения интерметаллидов (рис. 3). Причем, со стороны меди выявлен интерметаллид голубоватого цвета с микротвердостью 280–320 HV (возможно это CuAl_2). Остальная часть включения имеет неоднородную структуру (возможно это эвтектика $\alpha + \text{CuAl}_2$) с твердостью ~ 460 HV.

При сварке взрывом без зазора между свариваемыми листами на образце №9 также видны интерметаллиды, но они более мелкие (толщиной до 0,01 мм), а на образце №12 их еще меньше (рис. 4, 5).

По своей структуре зоны соединения отмеченных материалов при сварке взрывом с зазором и без зазора идентичны (рис. 6), что свидетельствует об аналогичных процес-

сах, протекающих на границе сварки в общих случаях.

Замер микротвердости показал, что на всех образцах (№16, №9, №12) в зоне соединения в меди имеется наклеп, свидетельствующий о наличии пластической деформации при сварке взрывом. В алюминиевом листе на образцах №9, №12, №16 наклепа не обнаружено.

Распределение микротвердости представлены на рис. 7 и 8.

Таким образом результаты микроструктурного анализа в сравнении образцов, сваренных по схемам с зазором и без зазора показывают, что для пар металлов Cu–Al и Al–Al получено сварное соединение. Для пары Ст.3–Ti сварное соединение не получено,

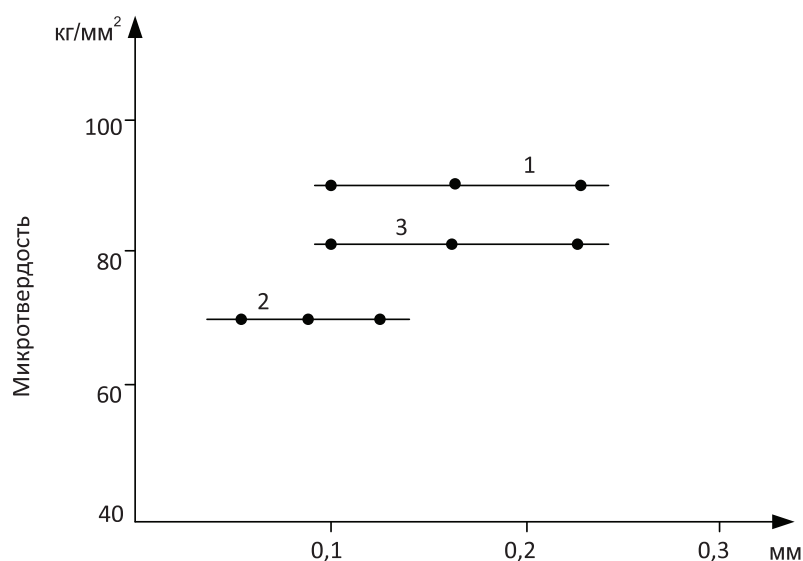


Рис. 8. Распределение микротвердости в алюминиевом сплаве у границы зоны сварки: 1 — образец № 16, 2 — № 12; 3 — № 9

хотя наблюдались следы сварки по всей поверхности пластин. По-видимому в этом случае сразу, за точкой контакта соударяющихся пластин, на границу свариваемых металлов приходит волна разгрузки и происходит разрушение образующегося соединения. Заметим, что при некоторых геометрических размерах пластин и параметров нагружения сварки Cu–Al не наблюдается вообще. Возможно это связано с существованием области сварки [7] для указанных металлов.

Литература

1. Дерибас А. А. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск: Наука, 1972. 188 с.
2. Крупин А. В., Соловьев В. И., Шефтель Н. И., Кобелев А. Г. Деформация металлов взрывом. М.: Металлургия, 1975. 416 с.
3. Конон Ю. А., Первухин Л. Б., Чудновский А. Д. Сварка взрывом. М.: Машиностроение, 1987. 216 с.
4. Камалян Р. З. К вопросу сварки взрывом материалов, метаемых без зазора // Известия вузов. Сев.-Кавказ. регион. Технические науки. 1994. № 1–2. С. 261–264.
5. Гуляев А. П. Металловедение. М.: Металлургия, 1977. 648 с.
6. Казаков Н. Ф. Диффузионная сварка материалов. М.: Машиностроение, 1976. 312 с.
7. Захаренко И. Д. О необходимых условиях сварки взрывом // ФГВ. 1978. № 3. С. 139–142.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, зона сварки, микротвердость.

Статья поступила 5 сентября 2012 г.

Академия маркетинга и социально-информационных технологий, г. Краснодар

Краснодарский филиал Российского государственного торгово-экономического университета, г. Краснодар

© Камалян Р. З., Камалян С. Р., 2013