

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Дерибас, В. М. Кудинов, Ф. И. Матвеевков. ФГВ, 1967, 3, 4.
2. А. А. Дерибас, В. В. Пай, В. А. Симонов. III Международный симпозиум «Обработка металлов взрывом». Т. 1, Марианские Лазни, 1976.
3. А. А. Дерибас. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, «Наука», 1972.
4. А. А. Дерибас, В. М. Кудинов и др. ФГВ, 1968 4, 1.
5. М. П. Бондарь, А. А. Дерибас и др. ФГВ, 1976, 12, 5.
6. Таблицы физических величин. Справочник. М., Атомиздат 1976, с. 44.
7. U. Richter. III Internationale Symposium "Sprengbearbeitung von Metallen". В. II, Marianske Lasne, 1976.

О НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЯХ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

И. Д. Захаренко

(Новосибирск)

В литературе описано большое количество исследований, посвященных анализу условий, необходимых для сварки взрывом. В настоящей работе проведены эксперименты, показывающие существенное влияние предварительной очистки поверхности материала на положение нижней границы области сварки. Эксперименты проводились на стальных образцах размером $70 \times 140 \times 7$ мм, одна поверхность которых шлифовалась наждачной бумагой с последовательно уменьшающейся величиной зерна до нулевого размера. Образцы с помощью аргоно-дуговой сварки герметично сваривались в контейнеры, внутрь которых по периметру помещались полоски титановой фольги (рис. 1). Несколько контейнеров помещались в стальную емкость, которая также герметично заваривалась и помещалась в печь, где нагревалась до температуры 1100°C . При этой температуре емкость выдерживалась 5 ч, затем охлаждалась вместе с печью. Газы, содержащиеся в контейнере, поглощались титаном, а окисные пленки диффундировали в основной металл [1]. После термообработки часть контейнеров разгерметизировалась, месяц выдерживалась на воздухе при комнатной температуре. Перед сваркой взрывом эти образцы вновь герметизировались и вакуумировались до давления 10^{-1} мм рт. ст.

Для определения предельных режимов, при которых еще возможна сварка данных образцов, на одну из поверхностей контейнера помещался заряд взрывчатого вещества, при детонации которого происходила сварка образцов по шлифованным поверхностям. Режимы соударения рассчитывались по формулам работы [2]. Правильность проведенных расчетов для некоторых режимов проверялась с помощью методики [3], которая позволяет измерить угол соударения между пластинами. Эти измерения показали хорошее совпадение расчетных и экспериментально измеренных значений угла соударения.

Таким образом, проведены две серии экспериментов с одинаково обработанными

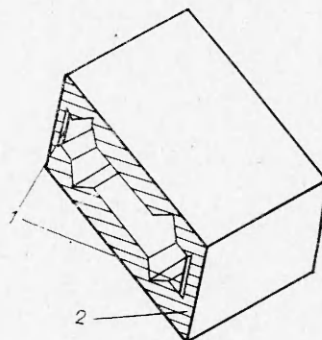


Рис. 1. Свариваемые образцы.

1 — титановая фольга; 2 — контейнер.

Номер эксперимента	r	γ	v_k , м/с	v_c , м/с	$\tau_{ср}$, кг/мм ²
1	0,12	2°40	1900	85	0
2	0,175	3°40	2000	130	30
3	0,234	5°	2200	190	38
4	0,135	3°	3000	160	35
5	0,19	4°	2600	180	35
6	0,12	2°40	2500	110	0
7	0,325	6°	2400	250	0
8	0,21	4°30	3000	230	0
9	0,19	4°	3800	270	0
10	0,39	7°	2600	310	35
11	0,28	5°30	3200	300	38
12	0,27	5°20	3800	340	30

Примечание. r — отношение массы взрывчатого вещества к массе метаемой пластины; v_k — скорость точки контакта; v_c — скорость соударения пластины; γ — угол соударения; $\tau_{ср}$ — предел прочности сварного соединения на срез.

образцами, отличающимися только тем, что в одной серии образцы подвергались очистке посредством растворения окисной пленки при высокой температуре, а в другой образцы перед сваркой выдерживались некоторое время на воздухе и при этом покрывались окисной пленкой. Из сваренных пластин вырезались образцы для определения прочностных характеристик сварного соединения ($\tau_{ср}$) по методике, описанной в работе [2].

В таблице приведены результаты экспериментов по сварке полностью очищенных образцов (1—6) и образцов, имеющих окисные пленки (7—12).

Предварительная очистка поверхности материалов приводит к значительному уменьшению минимальной скорости угла соударения по сравнению с образцами с окисными пленками. Микрофотография сварного шва (рис. 2) показывает, что заметного течения материала вблизи шва, характерного для обычных режимов сварки взрывом, не наблюдается.



Рис. 2. Микрофотография сварного соединения № 4; $\gamma=3^\circ$, $v_k=3000$ м/с; $\times 400$.

Рассмотрим условия, необходимые для сварки металлов в твердом состоянии.

1. Чаще всего рассматривается условие $p > p_{кр}$, т. е. на свариваемых поверхностях образцов необходимо создать давление, выше некоторого критического, которое приводит к смятию микронеровностей и установлению физического контакта между свариваемыми материалами.

2. Энергия активации — дополнительная энергия (например, тепловая), которую необходимо сообщить атомам поверхностных слоев материала, для того чтобы они вступили во взаимодействие.

3. Очистка поверхностей. Поверхность металла всегда покрыта окисным пленкам и адсорбированными газами, которые препятствуют возникновению соединения между ними. Удаление окисных пленок может происходить посредством диффузии при длительном нагревании образцов, посредством механического разрушения пленок при значительной деформации материала или каким-либо другим способом.

В соответствии с приведенной выше схемой для сварки металлов в твердом состоянии существуют три точки зрения на критические режимы при сварке взрывом.

В [4, 5] делаются попытки связать критические режимы при сварке взрывом с давлениями, возникающими в точке контакта. Однако трудности, связанные с вычислением давления при косом соударении твердых тел, не позволяют получить достаточно убедительные количественные оценки.

Имеются работы [6, 7], авторы которых пытаются связать энергию активации с пластическими деформациями, возникающими на границе раздела материалов. Однако отсутствие достоверных данных о величине энергии активации для различных материалов и весьма приближенный характер описания пластических деформаций при сварке взрывом также не позволяют получить достоверных данных о влиянии активационных процессов на положение границ области сварки взрывом.

Согласно третьей точки зрения, критические режимы сварки взрывом связаны с процессами очищения поверхности материалов вследствие возникновения в точке контакта струи материала [8—11].

При решении вопроса об определяющих процессах при сварке взрывом возникают трудности, связанные с тем, что режимы соударения, соответствующие области сварки, характеризуются большими скоростями соударения, чем режимы, соответствующие области, лежащей ниже нижней границы области сварки. При увеличении скорости соударения растет давление и температура в точке контакта и улучшаются условия самоочищения материалов. Поэтому невозможно, изменяя режимы соударения, изменять одно из необходимых условий, зафиксировав два других, и таким образом выяснить, какое из условий определяет положение границы области сварки.

На рис. 3, 1 по результатам проведенных экспериментов (номера соответствуют таблице) построена нижняя граница для стальных образцов, имеющих окисную пленку. Очевидно, что в области I все необходимые условия сварки выполняются. В области II ниже кривой 1 для образцов, имею-

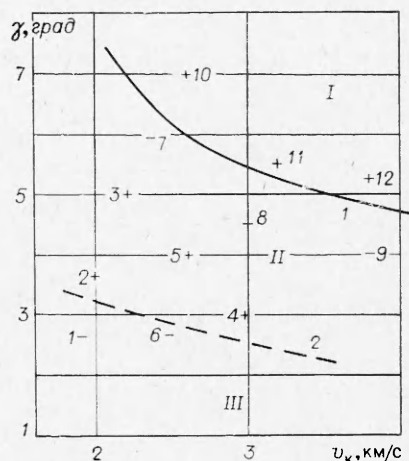


Рис. 3. Зависимость положения нижней границы от режимов соударения.

щих окисную пленку, не выполняется какое-либо из необходимых условий сварки. В то же время в этой области сварка термически очищенных образцов происходит, следовательно, давление и энергия активации в режимах соударения, соответствующих области II, достаточны для сварки данных материалов. Это означает, что положение кривой I определяется процессом самоочищения материала.

При сварке образцов с полностью очищенными поверхностями также существует граница области сварки (см. рис. 3, 2), положение которой, по-видимому, определяется критическими давлениями или энергией активации, однако в данной работе этот вопрос не исследовался.

В заключение автор благодарит В. В. Пая, В. М. Зеленого за помощь в проведении экспериментов по измерению режимов соударения пластин.

*Поступила в редакцию 1/III 1977,
после доработки — 6/IV 1977*

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Е. Чарухина и др. Биметаллические соединения. М., «Наука», 1970.
 2. А. А. Дерибас. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск, «Наука», 1971.
 3. Г. Е. Кузьмин, В. И. Мали, В. В. Пай. ФГВ, 1973, 9, 3.
 4. R. H. Wittman. Обработка металлов взрывом. Марианские Лазни, 1973.
 5. А. Н. Михайлов, А. Н. Дремин, В. П. Фетцов. ФГВ, 1976, 12, 4.
 6. А. Н. Кривцов, В. С. Седых. Физика и химия обработки материалов, 1969, 1.
 7. И. П. Краснокутская и др. Физика и химия обработки материалов, 1969, 6.
 8. А. А. Дерибас, И. Д. Захаренко. ФГВ, 1974, 10, 3.
 9. G. Cowan, A. Holtzman. I. Appl. Phys. 1963, 34, 4.
 10. L. Chladek. Обработка металлов взрывом. Мариански Лазни, 1973.
 11. Л. Б. Первухин, А. С. Гельман. Обработка металлов взрывом. Мариански Лазни, 1976.
-