

Заключение

Разработан технологический процесс изготовления биметалла нержавеющая сталь – бронза методом сварки взрывом.

Изготовлена пробная партия заготовок адаптера в количестве 4 шт.

Качество соединения бронза БрХ1Цр – сталь 03Х17Н14М3 удовлетворяет требованиям задания.

Список литературы

1. Дерибас А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом. Новосибирск: Наука, 1980. 421с.
2. Крупин А.В., Соловьев В.Я., Шефтель Н.И. и др. Деформация металлов взрывом. М.: Металлургия, 1975. 183с.
3. «Таблица физических величин» Справочник под редакцией И.К.Кикоина, г.Москва, Атомиздат, 1976, 1006с.
4. Кудинов В.Н., Коротеев В.Ф. Сварка взрывом в металлургии. М.: Металлургия, 1978. 168с.
5. Дерибас А.А. «Метание металлических пластин тангенциальной детонационной волной» ПМТФ, 2000, т.41, № 5, стр.68-75.
6. Физика взрыва, т.1, 2 под редакцией Л.П.Орленко, Москва, Физматлит, 2002, т.1, 824 с., т.2, 664 с.
7. Конон Ю.А., Первухин Л.Б., Чудновский А.Д. Сварка взрывом. М., Машиностроение, 1987, 216с.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ МЕТОДОМ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

О.Б.Дреннов, О.А.Бурцева, В.А.Логунов, Ю.М.Самороков

РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, Россия

Одной из отличительных особенностей сварки взрывом является прочное соединение нагружаемых деталей по всей площади поверхности контакта [1].

Технология сварки взрывом применяется также для плакирования (приваривания) уже готовых труб снаружи или изнутри. В этом случае основная проблема – как избежать деформирования и изменения диаметра: при плакировании изнутри – увеличения диаметра, при плакировании снаружи – его уменьшения. Решение этой проблемы найдено в виде окружения свариваемых труб легко удаляемым инертным наполнителем (при сварке «изнутри») или помещения инертного наполнителя по безззорной схеме внутрь трубы (см.схемы на рисунке 1) [2].

Однако для решения ряда физических задач требуется изготовление биметаллических труб при сохранении исходного диаметра (допуска не превышают одного – двух десятков микрон). В данном случае используется так называемая прецизионная схема сварки взрывом. В качестве инертного наполнителя используются детали из прочного металла, обладающего малой сжимаемостью ρ/ρ_0 в области нагружения, характерной для сварки взрывом при использовании промышленных ВВ, $P \leq 15$ ГПа.

На практике используют сплошной стержень (вариант внешнего плакирования) или кольцевую обойму (вариант внутреннего плакирования), выполненные из прочных конструкционных сталей [3]. Размеры обоймы предварительно рассчитываются с учетом упруго-пластических свойств материалов.

В частности перед авторами была поставлена задача: получить по методу сварки взрывом биметаллическую трубу. Внешний силовой слой выполнен из алюминия или титана. Внутренний проводящий – есть медь. Основное требование: наружный диаметр силовой трубы (\varnothing 128 мм) может увеличиться в пределах допуска (15-20 мкм); внутренний диаметр биметаллической трубы дорабатывается до требуемого размера (часть медного образца стачивается).

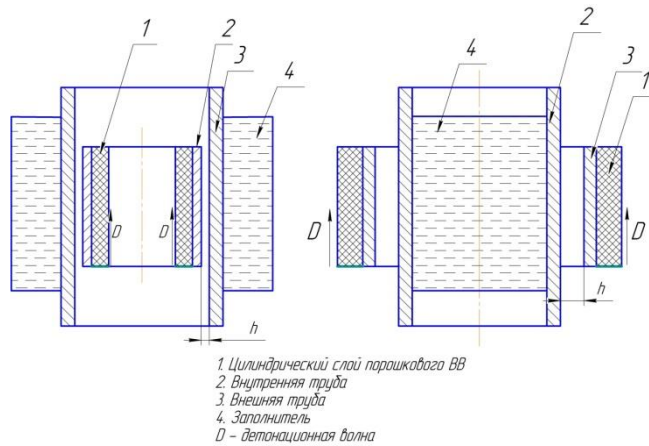


Рисунок 1. Схема внутреннего плакирования; б – схема внешнего плакирования

В процессе отработки схем прецизионной сварки взрывом было показано:

– *схема внешнего плакирования.* После динамического нагружения механической сборки стальной стержень зажимается, заклинивается. Выпрессовать его из биметаллической трубы не представляется возможным. Удалить его можно только фрезерными операциями.

– *схема внутреннего плакирования.* По завершению сварного процесса удавалось извлечь биметаллическую трубу выпрессованием.

Для проведения опыта был выбран вариант внутреннего плакирования. К тому же по техническому заданию силовой слой имеет толщину 6 мм, проводящий – 1,5 мм. При внешнем плакировании необходимая для надежной сварки масса порошкового ВВ увеличилась бы примерно вдвое.

Схема постановки опытов приведена на рисунке 2.

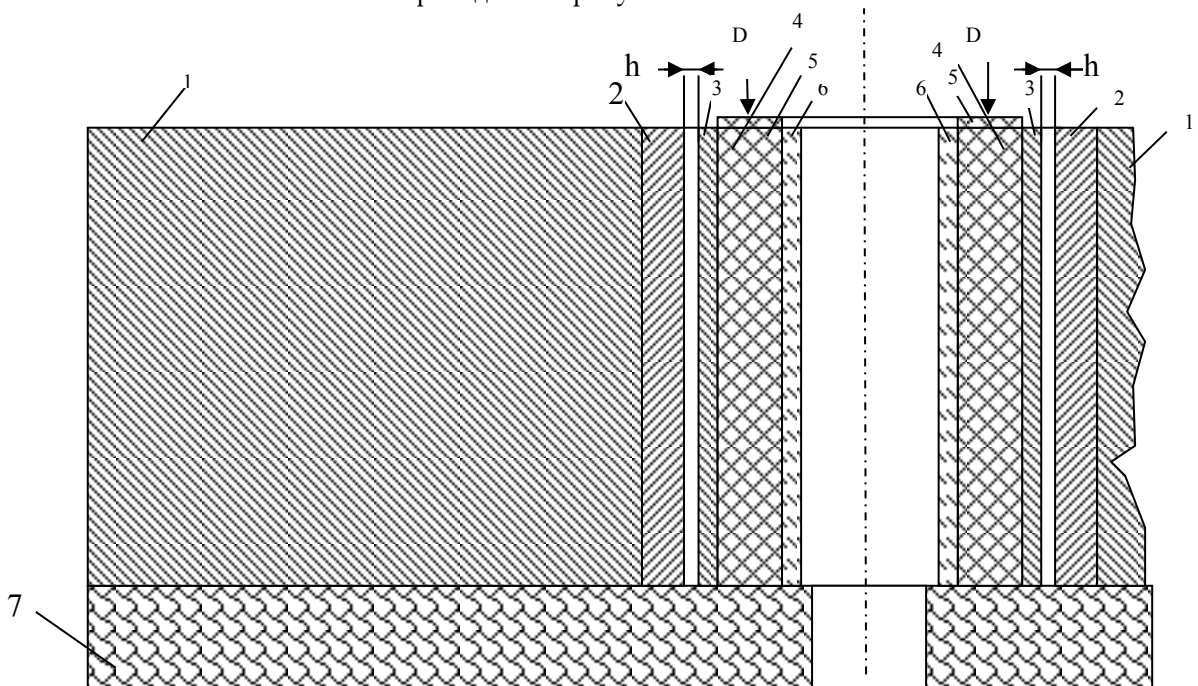


Рисунок 2. Схема экспериментальной сборки

- 1-стальная обойма $\varnothing 550 \times 210$ мм (внешний диаметр 550 мм, толщина стенки 210 мм);
- 2-силовая оболочка $\varnothing 128 \times 6$ мм титан (сплавы ПТЗВ) или алюминий (сплав АМг6)
h-технологический зазор между свариваемыми поверхностями, h=1,5 мм;
- 3-токопроводящая оболочка $\varnothing 113 \times 1,5$ мм, медь марка М1);
- 4-слой порошкового ВВ (аммонит АТЗ: $\rho = 0,93$ г/см³; D=1,8 км/с) $\varnothing 110 \times 9$ мм;
- 5-плосковолновой генератор детонационной волны (кольцевой слой пластического ВВ на основе мелкодисперсного ТЭНа: $\rho = 1,51$ г/см³; D=7,8 км/с) $\varnothing 110 \times 9$ мм, толщина 1,5 мм;
- 6-цилиндр из пенопласта для фиксации насыпного ВВ $\varnothing 92 \times 2$ мм;
- 7-деревянная подставка.

На деревянной подставке (7) устанавливается обойма (1). В обойме фиксируется силовая оболочка (2), причем эта операция выполняется в механическом цехе, так как по условиям сборки зазор между поверхностями обоймы и трубы должен быть минимально возможным (практически отсутствовать). Затем коаксиально вводится медная труба (3). Расстояние между свариваемыми поверхностями выдерживается равным h по длине образцов. Затем устанавливается пенопластовый цилиндр (6). Предварительно свариваемые поверхности труб (2) и (3) обезжиривались ацетоном. Зазор h прикрывался сверху защитным кольцом во избежание попадания в полость пыли, микропесчинок и т.п. Пространство между медной и пенопластовой деталями заполняется порошковым ВВ. При заполнении необходимо особое внимание уделять равномерности засыпки. Недопустимо появление локальных пустот. Сверху на слой ВВ устанавливается инициирующее кольцо (5), обеспечивающее одновременность детонации порошкового ВВ (4) по торцевой поверхности. Общая высота мехсборки $H=100$ мм. Отверстие в подставке предназначено для отвода ПВ после детонации ВВ. В противном случае избыточное давление ПВ может привести к изменению параметров нагружения (скорость и угол соударения, давление нагружения), и изменить режим сварки взрывом.

По представленной схеме проведено два опыта (с титановой и алюминиевой силовыми трубными заготовками). В обоих случаях зафиксировано надежное сварное соединение. Внешний диаметр биметаллических труб остался в пределах допусков. Внутренний диаметр трубы составил постоянную величину по всей длине детали.

Сварка взрывом пары Al-Cu, фото микрошлифа представлено на рисунке 3.

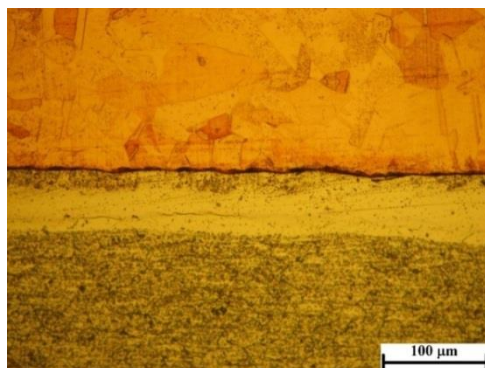


Рисунок 3. Микрошлиф контактной границы Al-Cu

По сварному шву расположены области промежуточного контраста, что указывает на наличие включений. По результатам рентгеноструктурного анализа определены включения в сварном шве. Это интерметаллиды Al_2Cu , Al_4Cu_9 и $AlCu$.

Сварка взрывом пары - TiCu.

Фото микрошлифа приведена на рисунке 4.

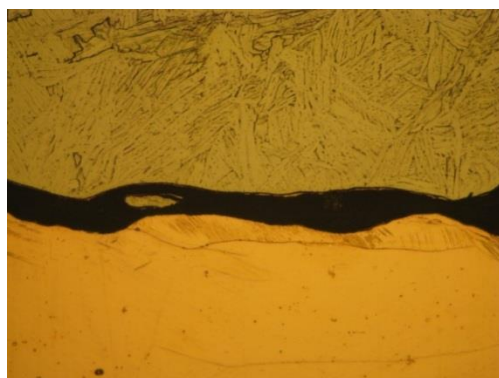


Рисунок 4. Микрошлиф контактной границы Ti-Cu

По сварному шву также отмечено присутствие включений. Рентгеноструктурным анализом определен характер включений. Это интерметаллид $TiCu_2$.

Таким образом, экспериментально показана возможность выполнения прецизионной сварки взрывом (без изменения исходных размеров основного образца) в цилиндрической геометрии.

Список литературы

1. А.Дерибас «Физика упрочнения и сварки взрывом». Н.:Наука СО, 1980.
2. А.В.Крупин, В.Я.Соловьев, Н.И.Шефтель и др «Деформация металлов взрывом» М.: Металлургия,1973.
3. О.Б.Дреннов, А.Л.Михайлов, Ю.М.Самороков «Способ изготовления биметаллических труб сваркой взрывом» Патент RU2537671 С1. Опубликовано 10.01.2015 бюл. №1.

НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОЙ ИМПЛОЗИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ЛАЙНЕРОВ В УСТРОЙСТВЕ ALT-3

А. М. Буйко

РФЯЦ-ВНИИЭФ,Саров, Россия

Представлены расчеты устройства с изменениями его измерительного и лайнерного узлов. Они показывают новые возможности устройства для изучения свойств материалов - при их безударном и ударно-волновом сжатиях до давлений ~ 20 Мбар и ~ 80 Мбар, соответственно.

Введение

Устройство ALT-3 (см. рисунок 1), аналогичное ALT-1,2 [1], разрабатывалось [2-5] для проверки эффективности магнитной имплозии цилиндрического Al-лайнера как ударника - под действием тока ~ 70 МА (азимутальное магнитное поле $B_\phi \sim 6$ МГс, см. рисунок 2b). Такой лайнер может иметь скорость $v_{imp} \sim 20$ км/с ($R_{imp}=1$ см) и генерировать в Al-образцах ударно-волновое давление более 5Мбар. В экспериментах ALT-1,2 аналогичный Al-лайнер толщиной 2мм разогнался до ~ 12 км/с ($R_{imp}=1$ см) - под действием тока ~ 30 МА ($B_\phi \sim 2$ МГс, см рисунок 2a).

Магнитная имплозия лайнеров - по сравнению с имплозией от взрывчатки - имеет такие преимущества, как практически мгновенное (со скоростью света) выравнивание магнитных полей, действующих на лайнеры, разгон и сжатие лайнеров без образования ударных волн, получение более высоких давлений и регулировка времен их нарастания. Как правило, используют двухслойные лайнерные системы. Они состоят из внутреннего слоя - ударника или исследуемого материала и прилегающего снаружи рабочего слоя - хорошего проводника, на внешнюю поверхность которого $R_{out}(t)$ действует азимутальное магнитное поле [см, МА, МГс]

$$B_\phi(t) = I(t) / 5R_{out}(t), \quad (1)$$

где $I(t)$ – ток, протекающий по рабочему слою. Поле B_ϕ (как и продольное поле B_z в [6-8]) диффундирует в рабочий слой и формирует в его скин-слое магнитное давление [МГс, Мбар]

$$P_B = B^2 / 8\pi, \quad B = B_\phi(B_z), \quad (2)$$

которое является результатом действия объёмных сил, пропорциональных $[jB]$, где $j(r,t)$ и $B(r,t)$ - плотность тока и магнитное поле в скин-слое (см. рисунок 2c).