

УДК 621.791.18

В.Н. Ёлкин, В.П. Гордо

V.N. Yolkin, V.P. Gordo

Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники, г. Москва
Research and development institute of power engineering, Moscow

В.В. Мелюков

V.V. Melyukov

Вятский государственный гуманитарный университет, г. Киров
Vyatka State University of Humanities, Kirov

ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ

DIFFUSION WELDING OF DISSIMILAR METALS IN HOT ISOSTATIC PRESSING

Рассмотрена диффузионная сварка разнородных металлов методом горячего изостатического прессования. Исследованы соединения стали марки 09X17H-Ш со сталью марки 08X18H10T и титановым сплавом марки ПТ-3В. Получены значения предела прочности для различных вариантов сварки – с никелевым гальваническим покрытием, прослойкой из тантала, созданием на свариваемых поверхностях рельефа механической и лазерной обработкой.

Ключевые слова: горячее изостатическое прессование, диффузионная сварка, разнородные металлы, рельеф поверхности, прочность соединения.

This article is the results of research the diffusion welding of dissimilar metals by hot isostatic pressing. Investigated the connection steel brand 09X17H-Ш with steel brand 08X18H10T and titanium alloy brand ПТ-3В. The values of tensile strength for different welding – with a nickel-plated, a layer of tantalum, the creation of a relief for welding surfaces of mechanical and laser treatment.

Keywords: hot isostatic pressing, diffusion welding, dissimilar metals, surface relief, strength of joint.

В газостатах, относящихся к технике высоких давлений и температур, в качестве рабочей среды используется сжатый газ, что позволяет проводить баротермическую обработку. Это направление в настоящее время известно

как горячее изостатическое прессование (ГИП). В прикладном отношении ГИП представляет собой технологический процесс, обычно применяемый для компактирования порошковых материалов и устранения дефектов литья. В газостатах также осуществляют пайку и диффузионное соединение деталей из различных материалов.

Обязательным условием для осуществления диффузионной сварки в условиях ГИП является изолирование свариваемых поверхностей от рабочей среды, например за счет помещения деталей в герметичный контейнер, в котором создано разряжение. Это делает процесс сложным и трудоемким. Тем не менее благодаря присущим этому способу особенностям диффузионная сварка в условиях ГИП обладает рядом преимуществ, определяющих ее практическую привлекательность. При ГИП имеет место равенство давления по всем направлениям, что приводит к изотропности свойств. Геометрия сварного узла, в частности положения места сварки, может быть выдержана с большой точностью. Размеры свариваемых деталей ограничены только размером рабочего пространства газостата и могут значительно превосходить размеры деталей, которые могут быть сварены на промышленных установках для диффузионной сварки. При необходимости в газостате можно одновременно осуществить сварку такого количества узлов, которое можно разместить в одной садке.

В таблице приведены условия, при которых осуществляли сварку, и значения предела прочности сварных соединений. Исследовали сварные соединения стали марки 09Х17Н-Ш со сталью марки 08Х18Н10Т и титановым сплавом марки ПТ-3В. Такие соединения применяются, например, в магнитопроводах линейных шаговых электродвигателей.

Условия получения и предел прочности сварных соединений

Соединение	Режим сварки*	Наличие покрытия или рельефа на свариваемых поверхностях, промежуточной прослойки	Предел прочности, МПа
09Х17Н-Ш + 08Х18Н10Т	$T = 922 \text{ }^\circ\text{C}$, $t = 135 \text{ мин}$, $P = 151 \text{ МПа}$	Механическая обработка, без рельефа	<u>332...353</u> 342
		Лазерная обработка свариваемых поверхностей	<u>456...504</u> 481
	$T = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$, $t = 90 \text{ мин}$, $P = 167 \text{ МПа}$	Механическая обработка, без рельефа	<u>390...425</u> 405
		Механическая обработка, без рельефа, никелевое гальваническое покрытие стали 08Х18Н10Т	<u>580...581</u> 580,8

Окончание таблицы

Соединение	Режим сварки*	Наличие покрытия или рельефа на свариваемых поверхностях, промежуточной прослойки	Предел прочности, МПа
	$T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 180\text{ мин}$, $P = 167\text{ МПа}$	Механическая обработка, без рельефа	<u>535...598</u> 575
		Выступы на стали 08Х18Н10Т**	<u>567...575</u> 571
		Выступы на обеих сталях**	<u>570...589</u> 579
09Х17Н-Ш + ПТ-3В	$T = 922\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 135\text{ мин}$, $P = 151\text{ МПа}$	Механическая обработка, без рельефа, никелевое гальваническое покрытие стали	<u>460...470</u> 464
		Механическая обработка, без рельефа, прослойка из тантала	<u>682...684</u> 683

* Степень разрежения в контейнере (параметр А) около 0,013 Па.

** Форма выступа – равнобедренный треугольник.

Подготовку деталей и температуру сварки выбирали в соответствии с рекомендациями монографии [1]. Контейнер со свариваемыми деталями герметизировали электронно-лучевой сваркой. При сварке сталей применяли следующие технологические приемы: нанесение гальванического никелевого покрытия и создание на свариваемых поверхностях рельефа механической и лазерной обработкой.

Один из возможных путей создания на свариваемых поверхностях рельефа состоит в формировании периодических поверхностных структур с заданными параметрами геометрии. Упорядоченный волнообразный рельеф существенно увеличивает площадь поверхности соединения, что повышает конструктивную прочность и надежность сварного соединения, в том числе за счет механического подкрепления [2].

Для соединения сталей опробованы варианты с рельефом как на одной, так и на обеих свариваемых поверхностях, образованным выступами, имеющими в сечении форму равнобедренного и прямоугольного треугольников. Для варианта, когда рельеф был на обеих свариваемых деталях, применяли предложенное авторами взаимное угловое смещение выступов [3]. Оценивали также вариант создания рельефа путем обработки свариваемой поверхности импульсным лазерным излучением с диаметром точки 1 мм и перекрытием точек 50 % (рис. 1).

На рис. 2 показана геометрия соединений, обеспечивающая механическое подкрепление соединения за счет рельефа в виде выступов на свариваемых поверхностях. На рис. 2, а – выступы в форме равнобедренных треугольников, на рис. 2, б – в виде прямоугольных треугольников.



Рис. 1. Поверхность детали из стали марки 08X18H10T, обработанной импульсным лазерным излучением

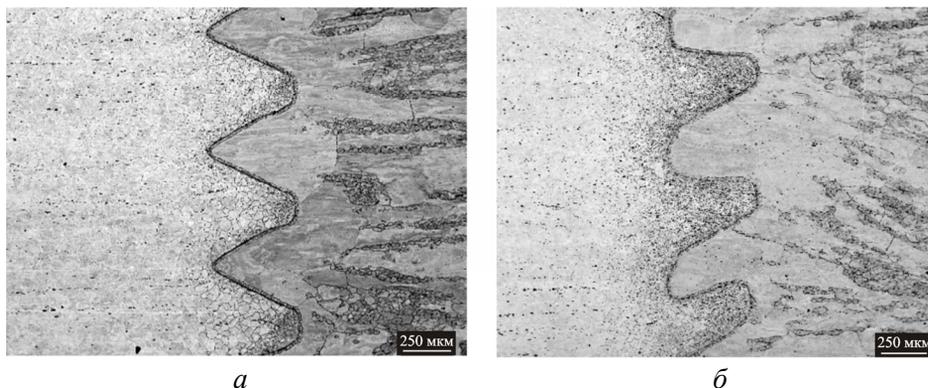


Рис. 2. Геометрия сварных соединений с механическим подкреплением:
а – сталь 08X18H10T; *б* – сталь 09X17H-Ш

На рис. 2, *а* деформации выступов не наблюдается, механическое подкрепление обеспечивается в одном направлении. На рис. 2, *б* благодаря направленному изменению формы выступов вследствие их исходной асимметрии механическое подкрепление обеспечивается в двух направлениях.

На рис. 3 показан вид поверхности образца (диаметр рабочей части 3 мм) с рельефом, образованным механической обработкой, после испытаний на растяжение. Видно, что разрушение имеет смешанный характер: частично идет по поверхности соединения, частично – по основному металлу. Соединение титана со сталью получали на одном режиме с разными промежуточными слоями – никелевым гальваническим покрытием на детали из стали марки 08X18H10T и промежуточной прослойки из тантала толщиной 0,1 мм.

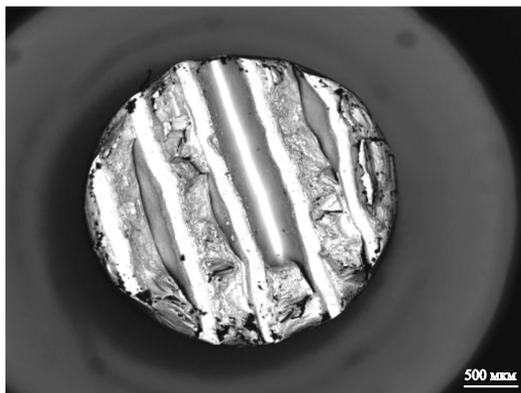


Рис. 3. Смешанный характер разрушения

Для контроля качества рассмотренных сварных соединений в производственных условиях может быть использован разработанный авторами способ [4].

В соответствии с классификацией методов сварки давлением по видам энергетического воздействия и активирующим параметрам, приведенным в работе [5], описанную выше сварку деталей с гладкими свариваемыми поверхностями (включая варианты с никелевым покрытием и танталовой прослойкой) можно отнести к P , T , A , t -процессам. Варианты, при которых на свариваемой поверхности одной из заготовок или на свариваемых поверхностях обеих заготовок механической обработкой или воздействием лазерного излучения создан определенный рельеф, могут быть отнесены к P , T , A , f , t -процессам, поскольку наличие рельефа помимо увеличения площади контакта и создания механического подкрепления обеспечивает интенсификацию (f) механической активации процесса соединения.

Список литературы

1. Казаков Н.Ф. Диффузионная сварка материалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 312 с.
2. Соединение труб из разнородных металлов / С.Н. Киселёв, Г.Н. Шевелёв, В.В. Рошин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981. – 176 с.
3. Заготовка для диффузионной сварки разнородных металлов: пат. 2243872 Рос. Федерация. – № 200330769/02; заявл. 20.10.2003; опубл. 10.01.2005, Бюл. № 1.
4. Способ контроля качества сварных и паяных соединений разнородных материалов: пат. 2253555 Рос. Федерация. – № 2003125055/02, заявл. 12.08.2003; опубл. 10.06.2005, Бюл. № 16.

5. Конюшков Г.В., Мусин Р.А. Специальные методы сварки давлением. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 632 с.

Получено 1.11.2013

Ёлкин Владимир Николаевич – инженер, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (101000, г. Москва, а/я 788, e-mail: v.n.yolkin@gmail.com).

Гордо Владимир Павлович – кандидат технических наук, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (101000, г. Москва, а/я 788, e-mail: vgordo@yandex.ru).

Мелюков Валерий Васильевич – доктор технических наук, профессор, Вятский государственный гуманитарный университет (610000, г. Киров, ул. Красноармейская, 26, e-mail: rus_melyukov@mail.ru).

Yolkin Vladimir Nikolaevich – Engineer, Research and Development Institute of Power Engineering (101000, Moscow, p.o. box 788, e-mail: v.n.yolkin@gmail.com).

Gordo Vladimir Pavlovich – Candidate of Technical Sciences, Research and development institute of power engineering (101000, Moscow, p.o. box 788, e-mail: vgordo@yandex.ru).

Melyukov Valery Vasilevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vyatka State University of Humanities (610000, Kirov, Krasnoarmeiskaya st., 26, e-mail: rus_melyukov@mail.ru).