



ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКЕ МАТЕРИАЛОВ МАЛЫХ ТОЛЩИН

Е. Н. ЕРЕМИН, д-р техн. наук (Омский гос. техн. ун-т, РФ)

Предложено соединения малой протяженности и небольшой толщины выполнять электрошлаковой сваркой с использованием комбинации плавящегося и неплавящегося электрода. Описаны технологические особенности указанного способа сварки. Приведены результаты исследований металла шва, полученного при сварке сплава ХН38ВТ. Показаны преимущества новой технологии сварки.

Ключевые слова: электрошлаковая сварка, комбинированный электрод, жаропрочный сплав, механические свойства

В ряде отраслей общего и специального машиностроения широкое применение находят кольцевые заготовки из жаропрочных сплавов толщиной $\delta = 10 \dots 30$ мм. Для изготовления таких изделий рекомендуется применять однопроходную электрошлаковую сварку (ЭШС). Обычно электрошлаковая сварка швов малой протяженности при сравнительно небольшой толщине свариваемых изделий осуществляется с использованием проволочного электрода. При этом в сварных соединениях часто имеют место непровары и подрезы свариваемых кромок.

С целью устранения отмеченных недостатков использовали ЭШС «расщепленным» комбинированным электродом (рис. 1), которая осуществляется путем одновременного ввода в шлаковую ванну неплавящегося и плавящегося электродов. В колодец, образованный свариваемыми кромками 15 и формирующими шов накладками 12 медного водоохлаждаемого приспособления, вводится мундштук специальной конструкции, являющийся одновременно электрододержателем 4 с неплавя-

щимся электродом 3 и направляющим каналом 2 для электродной проволоки 1.

Поскольку при работе с неохлаждаемым мундштуком устойчивость шлакового процесса нарушается вследствие возрастания контактного сопротивления поверхности скольжения проволоки в направляющем канале, в устройстве использовали водоохлаждаемый электрододержатель. Благодаря охлаждению через токоподвод можно пропускать ток до 1500 А и увеличить «сухой» вылет электрода до 20...30 м. С целью предотвращения короткого замыкания при малых зазорах мундштук изолируют слоем оксида алюминия, напыленным на его поверхность. Для наведения шлаковой ванны неплавящийся электрод закорачивается с дном приспособления через подложку-затравку 16 из свариваемого металла $\delta = 1,5 \dots 2,0$ мм, после чего засыпается флюс. Шлаковая ванна 13 наводится путем расплавления флюса теплом, выделенным при прохождении электрического тока по цепи неплавящийся электрод–дно приспособления. После оплавления свариваемых кромок включается подача проволочного электрода. С этого момента сварочный ток проходит как по неплавящемуся, так и по плавящемуся электродам через общий токоподвод. Тепло, выделяемое в шлаковой ванне, расплавляет свариваемые кромки и присадочный материал, и создается металлическая ванна 14. В конце сварки прекращается подача электродной проволоки, а благодаря подогреву металлической ванны неплавящимся электродом с постепенным его выводом из шлаковой ванны устраняется возможность появления усадочной раковины.

Однако стабильность такого процесса сварки невысокая. Причиной тому является нарушение процесса саморегулирования вследствие введения в шлаковую ванну неплавящегося электрода, что приводит к значительным колебаниям сварочного тока и, как следствие, к зашлакованности. Это подтверждается экспериментальными зависимостями тока от межэлектродного расстояния $l_{м.э.}$, полученными при сварке вольфрамовым неплавящимся электродом диаметром $d_{н.э.} = 8$ мм с применением электродной проволоки ЭП-533 диаметром 3 мм и флюса АНФ-21 (рис. 2).

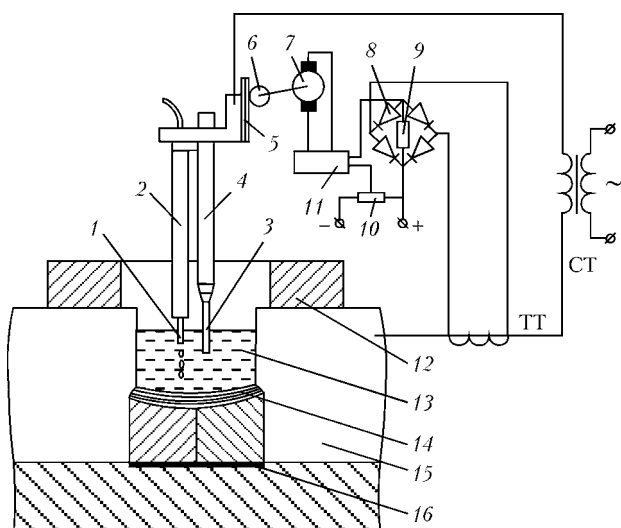


Рис. 1. Схема сварки комбинированным электродом (см. объяснения в тексте)

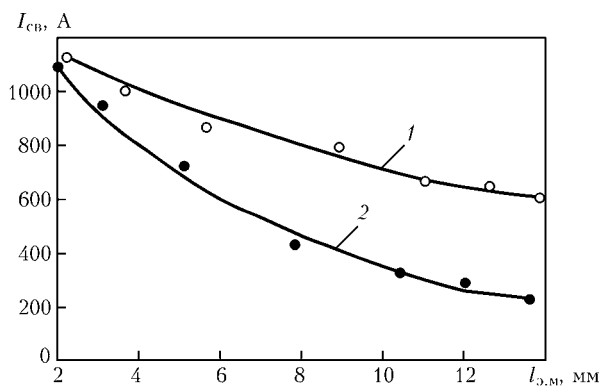


Рис. 2. Зависимость сварочного тока $I_{св}$ от межэлектродного расстояния $l_{m,z}$ при сварке неплавящимся электродом с проволокой (1) при скорости подачи $v_{п.п} = 190$ м/ч и неплавящимся электродом (2)

Как видно из рисунка, в диапазоне максимальных рабочих токов (800... 1100 А) доминирующее значение имеет ток неплавящегося электрода. Поэтому для получения качественных швов необходима его стабилизация. Разработан автомат для стабилизации тока в процессе сварки за счет изменения расстояния между металлической ванной и неплавящимся электродом путем перемещения его в шлаковой ванне (см. рис. 1). При включении сварочного трансформатора (СТ) ТШС-3000 ток протекает по цепи СТ–электроды 1 (плавящийся) и 3 (неплавящийся)–шлаковая ванна 13–металлическая ванна 14–свариваемое изделие 15–второй полюс СТ. В то же время в обмотке трансформатора тока (ТТ) наводится переменное напряжение, пропорциональное сварочному току. Это напряжение выпрямляется с помощью моста 8 и передается на сопротивление 9. Требуемое значение тока сварки задается потенциометром 10 в виде напряжения постоянного тока. Задающее напряжение и напряжение, пропорциональное действительному току в сварочной цепи, выравниваются на входе усилителя 11 и создают входной сигнал. На выходе усилителя появляется усиленное напряжение соответствующего значения и полярности, которое приводит во вращение исполнительный двигатель 7, благодаря чему движутся зубчатое колесо 6 и рейка 5, на которой жестко закреплен неплавящийся электрод. В случае снижения значения тока в сварочной цепи по сравнению с требуемым (заданным) двигатель будет перемещать рейку вниз, уменьшая расстояние между неплавящимся электродом и металлической ванной. Это приведет к повышению сварочного тока, поскольку происходит увеличение проводимости участка неплавящийся электрод–металлическая ванна. С повышением тока в сварочной цепи сверх требуемого значения двигатель вращается в обратную сторону. В результате рейка, а следовательно, и неплавящийся электрод поднимаются вверх, что приводит к снижению тока. Таким образом, требуемое значение тока сварки поддерживается автоматически с определенной точностью. Испытания разработанного устройства показали, что минималь-

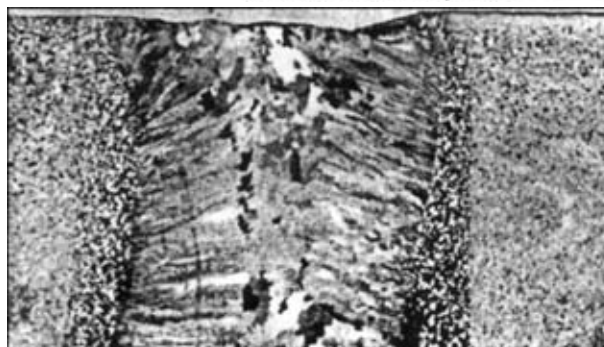


Рис. 3. Макроструктура шва, полученного при сварке сплава ЭИ-703 комбинированным электродом (×2,5)

ная амплитуда сварочного тока $I_{св} = \pm 10$ А, а максимальная его частота $f = 2$ Гц.

Отработку технологии ЭШС комбинированным электродом проводили на образцах из сплава ЭИ-703 (ХН38ВТ) толщиной $\delta = 10... 30$ мм с использованием указанных сварочных материалов.

В результате проведенных экспериментов установлены оптимальные режимы ЭШС комбинированным электродом (табл. 1). На таких режимах швы формируются без несплавлений, подрезов и зашлаковок (рис. 3).

Результаты механических испытаний показали, что свойства металла шва, полученного при использовании комбинированного электрода, выше, чем в случае проволочного электрода (табл. 2).

Оценка химического состава металла шва по основным легирующим элементам, проведенная на оптическом анализаторе ARG-MET-930SP, показала, что потери титана при сварке комбинированным электродом составляют 12... 15 %, в то время как при сварке проволокой они достигают 20... 26 %. Это можно объяснить меньшим разогревом плавящегося электрода на вылете при его подаче в шлаковую ванну одновременно с неплавящимся электродом при питании их через один токоподвод. Кроме того, концентрация вольфрама в первом случае даже возросла, в то время как во втором потеря его достигает 5... 7 %. По-видимому, это происходит вследствие электролитического легирования металла шва из-за частичного растворе-

Таблица 1. Оптимальные параметры режимов ЭШС комбинированным электродом сплава ЭИ-703

δ , мм	$d_{н.э}$	$I_{св}$, А	U_d , В	$v_{св}$, м/ч	$v_{п.п}$, м/ч
16	8	800...1000	18...19	5,4...6,0	160...180
18	8	900...1100	19...20	4,9...5,6	180...200
20	10	1000...1200	20...21	4,5...5,5	190...220

Таблица 2. Механические свойства металла шва, полученного при ЭШС сплава ЭИ-703

Тип электрода	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	KCU^{20} , МДж/м ²
Комбинированный	526...561	271...306	29,3...32,5	43,2...48,7	1,35...1,59
	541	285	30,4	45,8	1,47
Проволочный	483...516	242...261	24,1...28,6	31,7...42,6	1,10...1,26
	498	251	26,1	36,9	1,16



ния неплавящегося электрода. Как показали эксперименты, расход вольфрамового электрода при сварке на симметричном переменном токе в зависимости от параметров режима составляет от 0,2 до 0,8 г/мин. Очевидно, что повышенная концентрация основных легирующих элементов при сварке комбинированным электродом обуславливает более высокие механические свойства металла шва, чем в случае проволочного электрода.

Полученные результаты показали целесообразность применения ЭШС комбинированным электродом при производстве изделий небольших толщин из жаропрочных сплавов.

It is suggested that joints of small length and thickness should be made by electroslag welding combined with the use of non-consumable electrode. Technological peculiarities of welding are described. Results of investigation of weld metal in welding of alloy KhN38VT are given. Advantages of the new welding technology are shown.

Поступила в редакцию 25.03.2005

Выводы

1. Применение комбинации плавящегося и неплавящегося электродов при ЭШС жаропрочных сплавов малых толщин позволяет исключить образование несплавлений, подрезов и зашлаковок.

2. Повышение механических свойств металла шва при сварке жаропрочных сплавов комбинированным электродом обусловлено его электрохимическим легированием вследствие частичного растворения неплавящегося электрода.

НОВОСТИ



Сварочная проволока оцинкованная ПСГ-0301 и ПСГ-0302 (аналог Св-08Г2С)

ОАО «Электромашиностроительный завод фирма «СЭЛМА» осуществляет поставку сварочных проволок для механизированной сварки конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей в среде защитных газов (CO₂, Ar + CO₂, Ar + CO₂ + O₂).

Марка	Диаметр, мм	Масса катушки, кг	Цена за 1 кг с НДС, грн.
ПСГ-0301	0,8	5	9,88
		15	8,64
	1,0	5	10,15
		15	8,37
ПСГ-0302	1,2	15	8,53

Сварочная проволока		ПСГ-0301	ПСГ-0302
Химический состав, %	Углерод, не более	0,10	0,05...0,11
	Марганец	1,4...1,7	1,80...2,10
	Кремний	0,60...0,85	0,70...0,95
	Хром, не более	0,20	0,20
	Никель, не более	0,25	0,25
	Сера, не более	0,025	0,025
	Фосфор, не более	0,03	0,03



Машина для контактной стыковой сварки МСО 606-1

Машина МСО-606-1 предназначена для контактной стыковой сварки изделий круглого сечения из низкоуглеродистых и низколегированных сталей сечением до 2000 мм², а также арматурной стали IV, V классов сечением до 500 мм².

