ВОПРОСЫ СВАРКИ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК 621.791.927.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-2-237-62-66

С. К. Елсуков, Г. Н. Соколов, И. В. Зорин, С. А. Фастов, И. А. Полунин

ИССЛЕДОВАНИЕ ДУГОВОГО ПРОЦЕССА ПРИ НАПЛАВКЕ РАСЩЕПЛЕННЫМ ЭЛЕКТРОДОМ В СМЕСИ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: naplavka34@yandex.ru

На основе экспериментальных данных выявлено влияние напряжения источника питания на характер существования дуги и каплеперенос электродного металла при наплавке расщепленным электродом в смеси аргона и двуокиси углерода. Определены диапазоны величины напряжения для основных типов дуг на расщепленном электроде, описаны причины и механизмы формирования.

Ключевые слова: наплавка, расщепленный электрод, дуговой процесс, сварка в защитных газах.

S. K. Elsuikov, G. N. Sokolov, I. V. Zorin, S. A. Fastov, I. A. Polunin

INVESTIGATION OF THE ARC PROCESS OF A SPLIT ELECTRODE IN A GAS METALL ARC WELDING

Volgograd State Technical University

Based on the experimental data, the influence of the voltage of the power source on the nature of the existence of the arc and droplet transfer of the electrode metal during surfacing by a split electrode in a protective carbon dioxide and argon gas mixture is revealed. The voltage ranges for the main types of arcs on a split electrode are determined, the causes and mechanisms of the formation of these types are described.

Keywords: surfacing, hardfacing, cladding, split electrode, arc process, GMAW.

Введение

Технологический процесс механизированной электродуговой наплавки расщепленным электродом широко используется в промышленности при изготовлении деталей оборудования и инструмента нефтехимического и металлургического назначения [1]. Особенность такого процесса заключается в том, что две сварочные проволоки, расположенные в подающем механизме с определенным расстоянием, друг от друга имеют общий токоподвод, запитанный от источника постоянного сварочного тока [2, 3]. Это определяет зависимость характера существования дуги от расстояния между проволоками и от напряжения на дуге в промежутке [4]. Поскольку такая технологическая зависимость для рассматриваемого процесса изучена недостаточно, то цель работы состоит в исследовании влияния напряжения на характер существования дуги и каплеперенос

при механизированной наплавке расщепленным электродом в смеси защитных газов.

Методика исследования и эксперимент

Наплавку способом расщепленного электрода (рис. 1) производили на промышленном сварочном автомате А6 MasterTrack (ESAB) с использованием двух проволок диаметром 2 мм марки 08X18H10 (С 0,08; Ni 10; Cr 18; Мо 8–10; Nb 3,15–4,15; Mn 0,3; Si 0,2) на металлические пластины из Ст3 размером 180x100x12, в газовой смеси аргона и двуокиси углерода (в соотношении 82 % + 18 %, ГОСТ Р ИСО 14175–2010), на постоянном токе обратной полярности. В процессе наплавки были заданы основные параметры режима: диапазон напряжений на дуге (24...36 В), оптимальный сварочный ток 330 А, скорость наплавки – 13 м/ч. Межосевое межэлектродное расстояние составляло 10 мм, вылет проволок из токоподводящего наконечника – 15 мм, расход газовой смеси – 15 л/мин.

Рис. 1. Схема исследования процесса существования дуги и каплепереноса при наплавке расщепленным электродом с регистрацией сварочного тока и напряжения

Изменение сварочного тока и напряжения на дуге в процессе наплавки регистрировали с частотой дискретизации 5 кГц с использованием 12 разрядного многоканального аналого-цифрового преобразователя LA-20USB, подключенного к персональному компьютеру. Обработку полученных осциллограмм производили с использованием специализированного программного обеспечения PowerGraph 3.3. Поведение дуги на электроде и каплеперенос фиксировали с помощью скоростной видеосъемки камерой Canon J1 3 с частотой 1/400 кадров в секунду с использованием системы светофильтров. Система светофильтров состояла из защитного стекла, фильтра ультрафиолетового излучения (UV), узкополосного оптического светофильтра (длина волны 660 нм) и поляризационного фильтра (CPL). Исследование полученных в эксперименте образцов металла производили известными методами металлографии с использованием оптического метода (цифровой микроскоп Carl Zeiss Axiovert 40 MAT).

Результаты и их обсуждение

Экспериментально выявлены два типа существования дуги с расщепленным электродом при наплавке в смеси аргона и двуокиси углерода. Дуга первого типа существует при пониженном напряжении с источника тока (26...27 В). Капли электродного металла одновременно образуются на расположенных под

углом внутренних боковых поверхностях обеих плавящихся сварочных проволок. При совокупном действии анодного и катодного плазменных потоков дуга приобретает характерную V-образную форму. Возникающая результирующая электромагнитная сила в зазоре между проволоками обуславливает перемещение капель к оси расщепленного электрода, слияние их в «общую» большую каплю и переход ее в сварочную ванну (рис. 2, а, б). Процесс перехода капли происходит с временным периодом 0,3 с с коротким замыканием дуги (рис. 2, в). В момент отрыва капли не происходит взрыва жидкой перемычки между ней и электродом. Вследствие этого переход капли в сварочную ванну происходит без разбрызгивания. Доля участия основного металла в наплавленном металле составляет 0,26 (рис. 2, г). Металлургические и технологические дефекты при металлографическом исследовании сечения валика не обнаружены.

Показано, что увеличение содержания двуокиси углерода в защитной смеси способствует снижению поверхностного натяжения расплавленного металла, в результате чего объем «общей» капли увеличивается. При использовании чистого аргона в качестве защитного газа большая «общая» капля на расщепленном электроде в исследованных диапазонах параметров режима наплавки не образуется (рис. 3).

Рис. 2. Схема (а), видеокдры (б), осциллограмма (в) процесса существования дуги V-образной формы на расщепленном электроде и сечение (г) наплавленного металла ($I = 330 \text{ A}$; $U = 26 \text{ B}$)

Рис. 3. Кадр высокоскоростной съемки процесса при наплавке в газовой смеси ($\text{Ar}+\text{CO}_2$) (а) и в чистом аргоне (б)

Формирование дуги второго типа связано с увеличением напряжения на ней с 34 В до 36 В. При этом дуга существует поочередно на каждой проволоке. Она приобретает столбчатую форму, ее длина увеличивается и возрастает подвижность катодного пятна (рис. 4, а, б). Оно смещается к оси второй проволоки, которая в этот период не плавится. Расстояние между торцом второй проволоки и сварочной ванны становится меньше длины дуги на первой плавящейся проволоке и ее анодное пятно пе-

ремещается на торец второй проволоки. Такой процесс перемещения дуги стабильно сохраняется с временным периодом 0,1 с без коротких замыканий (рис. 4, в). Доля участия основного металла в металле шва в этом случае составляет 0,43, что на 65 % больше по сравнению с дугой первого типа. Это связано с тем, что в момент существования дуги вся тепловая мощность концентрируется на одной проволоке и форма проплавления приобретает седловидную форму (рис. 4, з).

Рис. 4. Схема (а), видеокдры (б), осциллограмма (в) процесса существования столбчатой дуги на расщепленном электроде и сечение (г) наплавленного металла ($I = 330\text{A}$; $U = 36\text{V}$)

В диапазоне рабочих напряжений на дуге с расщепленного электрода 27...33 В процесс существования дуги на нем характеризуется нестабильностью (дуга хаотично перемещается с переменной частотой). Также нестабильно каплеобразование, которое характеризуется повышенным разбрызгиванием электродного и неудовлетворительным формированием наплавленного металлов.

Выводы

1. При постоянном расстоянии между двумя проволоками расщепленного электрода при наплавке в смеси аргона и двуокиси углерода, на токе 330 А и изменении напряжения в диапазоне 24...26 В и 34...36 В на нем формируется два типа дуг: V-образная дуга с образованием общей капли с двух проволок и – дуга со

столбчатой формой, существующая попеременно на сварочных проволоках.

2. Доля участия основного металла в наплавленном с использованием дуги V-образной формы уменьшается на 65 %, по сравнению с дугой столбчатой формы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фрумин, И. И. Автоматическая электродуговая наплавка / И. И. Фрумин. – Харьков : Metallurgizdat, 1961. – 421 с.
2. Спицын, В. В. Перенос металла и горение дуги при сварке расщепленным электродом в CO_2 / В. В. Спицын // Сварочное производство. – 1969. – № 4. – С. 5–7.
3. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М. : Машиностроение, 1974. – 240 с.
4. Исследование процесса наплавки расщепленным электродом сплава Inconel 625 / И. В. Зорин, С. К. Елсуков, Г. Н. Соколов, Ю. Н. Дубцов, В. И. Лысак, В. О. Харламов // Сварочное производство. – 2018. – № 11 (1008). – С. 9–15.