

ОСОБЕННОСТИ РАСКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛА СВАРОЧНОЙ ВАННЫ ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. И. БЕЛЫЙ, инж., А. П. ЖУДРА, канд. техн. наук, В. И. ДЗЫКОВИЧ, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны эксперименты по раскислению матрицы композиционных сплавов на основе зернового релита при плазменной наплавке, переходу алюминия в наплавленный металл и его влиянию на расположение армирующих частиц (WC-W₂C) в износостойком слое.

Ключевые слова: плазменная наплавка, присадочный материал, матрица композиционного сплава, армирующие частицы, раскисление

При плазменной наплавке композиционных сплавов [1], работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, возникает необходимость решения проблемы пористости наплавленного слоя. Сердечник порошковой ленты представляет собой зерна твердого сплава на основе плавящихся карбидов вольфрама (релита).

Это, в первую очередь, объясняется применением в качестве оболочки присадочного материала холоднокатаной ленты из стали марок 08кп, 08пс, содержащей 0,03...0,055 % кислорода. Очевидно, что его повышенное содержание создает основные предпосылки для возникновения пор в наплавленном металле. При наплавке армирующие частицы (эвтектический сплав моно- и полукарбидов вольфрама WC-W₂C) подвергаются неполному растворению, что приводит к насыщению сварочной ванны вольфрамом и углеродом. Тем самым создаются благоприятные условия для образования большого количества СО в расплаве, а сравнительно высокие скорости кристаллизации сплава препятствуют его выделению [2]. Это приводит к получению матрицы сплава с высокой пористостью по всему объему наплавленного металла, что значительно снижает прочность закрепления в ней армирующих зерен и эксплуатационные характеристики композиции в целом.

Обязательной технологической операцией при устранении пористости является введение в состав присадочного материала элементов-раскислителей, обладающих большим сродством к кислороду, чем железо. Основными раскислителями при газовой наплавке композиционных сплавов на основе релита [3], дуговой сварке и наплавке порошковыми проволоками [4, 5],

проволоками сплошного сечения в среде защитных газов [6] являются кремний и марганец, которые также оказывают положительное влияние на формирование наплавленного металла. Однако введение кремния в пределах 0,2...1,5 % и марганца в пределах 0,4...2,5 % в состав присадочного материала для плазменной наплавки композиционных сплавов не привело к положительным результатам, что послужило причиной поиска более эффективных раскислителей.

Известно, что алюминий (обладающий наибольшей степенью сродства к кислороду), присутствуя в сварных швах при температурах сварочной ванны, близких к началу кристаллизации, повышает их пластичность. В соединениях с азотом алюминий образует нитриды, уменьшая стабильность карбида железа и снижая диффузию углерода, что положительно влияет на формирование матрицы композиционного сплава [7]. Поэтому для устранения пористости принята комплексная система раскисления, содержащая кремний, марганец и алюминий. Их оптимальное соотношение устанавливалось опытным путем. Кремний и марганец вводились в состав сердечника присадочного материала в виде силикомарганца марки СМн-17, который получил широкое применение в качестве раскисляющей и легирующей добавки при производстве сталей различного назначения [8]. Его содержание изменялось в пределах 0,5...2,5 % через каждые 0,5 %. Алюминий вводили в состав сердечника присадочного материала в виде алюминиевого порошка марки ПА-3 или цельнотянутой алюминиевой проволоки, а его содержание изменяли в пределах 0,5...5,0 % через каждые 1,0 %. В качестве износостойкой составляющей использовали зерновой релит с размерами частиц 0,63...1,10 мм, содержание которого в материале составляло 60...65 %.

Наплавку производили на образцы из низкоуглеродистой стали на установке для плазменной наплавки с электрически нейтральной схемой подачи присадочного материала в зону

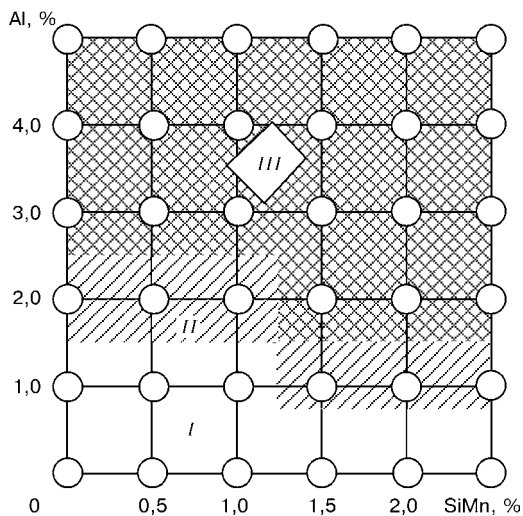


Рис. 1. Оптимальное соотношение алюминия и силикомарганца в наплавочном материале для устранения пористости композиционного сплава: I — поры; II — отдельные поры; III — пор нет

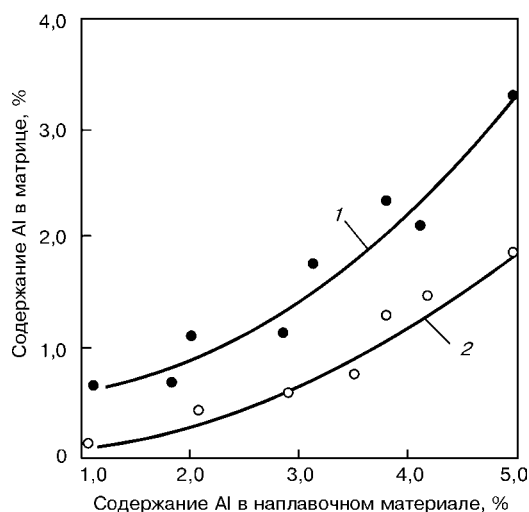


Рис. 2. Зависимость содержания алюминия в матрице сплава от его содержания в наплавочном материале: 1 — при введении алюминия в виде цельнотянутой проволоки; 2 — в виде порошка

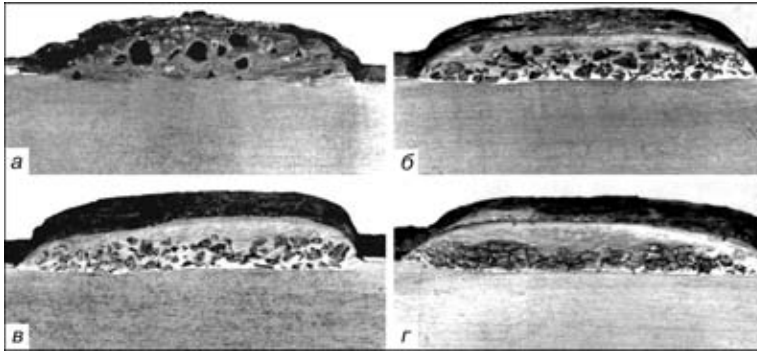


Рис. 3. Макроструктура образцов, наплавленных ленточным релитом с различным содержанием алюминия в присадочном материале: 1 — без алюминия; 2 — 1,5...2,0; 3 — 2,5...3,5; 4 — 4,0...5,0 % Al

Режимы наплавки опытных образцов

Наименование параметра	Численные значения
Сварочный ток, А	210...220
Напряжение на дуге, В	36...38
Скорость наплавки, м/ч	6,8...7,0
Скорость подачи присадочного материала, м/ч	25...26
Амплитуда колебаний плазменной горелки, мм	20
Частота колебаний, мин ⁻¹	34
Расстояние от среза сопла до изделия, мм	14...17
Расход плазмообразующего газа, л/мин	3...4
Расход защитного газа, л/мин	6...8

плазменной дуги. При этом направление подачи присадочного материала совпадало с направлением наплавки. Режимы наплавки приведены в таблице.

В результате проведенных экспериментов установлена область оптимальных соотношений алюминия и силикомарганца в наплавочном материале для устранения пористости композиционного сплава (рис. 1). Активное влияние силикомарганца наблюдается при его содержании в составе присадочного материала в пределах 1,4...1,8 %. При этом содержание алюминиевого порошка должно находиться в пределах 2,5...3,5 % (участок III). При введении силикомарганца и алюминия соответственно менее 1,4 % и 1,7 % наплавленный слой поражен порами (участок I).

Введение алюминия в виде цельнотянутой проволоки позволяет снизить его содержание в наплавочном материале на 30...40 % за счет более высокого коэффициента перехода в матрицу композиционного сплава (рис. 2). При этом около 50 % элемента раскислителя расходуется на связывание кислорода в оксиды, выделяющиеся на поверхности валика.

Установлено, что наличие алюминия в составе присадочного материала оказывает существенное влияние на процесс на-

плавки. Перенос металла носит струйный характер, обеспечивается постоянный контакт между присадочным материалом и сварочной ванной, в значительной степени улучшается формирование износостойкого слоя. Легирование матричного расплава алюминием также оказывает влияние на расположение армирующих частиц в объеме наплавленного слоя. Введение алюминия в виде цельнотянутой проволоки в пределах 2,0...2,2 % заметно снижает концентрацию зерен твердого сплава в верхних объемах наплавленного металла, а на поверхности износостойкого слоя они полностью отсутствуют и расположены равномерно по всему объему (рис. 3). С увеличением содержания алюминия в присадочном материале до 5,0 % верхние слои наплавленного металла практически полностью освобождаются от армирующих частиц.

Это явление, по-видимому, объясняется тем, что наличие алюминия в сварочной ванне уменьшает скорость ее кристаллизации, снижает вязкость матричного расплава и способствует более свободному погружению зерен твердого сплава.

Указанный эффект особенно важен при упрочнении наружной поверхности замков бурильных труб, работающих в обсадной колонне. Армирующие частицы не участвуют в процессе приработки наплавленного замка с обсадной трубой и не изнашивают ее, что позволяет значительно повысить служебные характеристики замков бурильных труб.

Проведенные сравнительные испытания опытной партии замков бурильных труб ЗШ-146А показали, что скорость износа наружной поверхности замков, наплавленных материалом, содержащим силикомарганец и алюминий, в 1,2...1,5 раза ниже по сравнению с замками, упрочненными нераскисленным композиционным сплавом, а их ресурс повысился на 30...35 %.

1. А. с. 1622097, МПК В 23 К 9/04. Способ плазменной наплавки композиционных сплавов / А. И. Белый. — Оубл. 23.01.91; Бюл. № 3.
2. Войтович Р. Ф., Пугац Э. А. Высокотемпературное окисление карбидов металлов IV-VI группы // Высокотемпературные карбиды. — Киев: Наук. думка, 1975. — С. 151-154.
3. Жудра А. П. Исследование и разработка материалов для наплавки композиционных сплавов, стойких в условиях интенсивного абразивного изнашивания: Дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1980. — 181 с.
4. Походня И. К., Сутель А. М., Шлепаков В. Н. Сварка порошковой проволокой. — Киев: Наук. думка, 1972. — С. 222.
5. Юзвенко Ю. А., Кирилук Г. А. Наплавка порошковой проволокой. — М.: Машиностроение, 1973.
6. Потатьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. — М.: Машиностроение, 1974. — 188 с.
7. Багрянский К. В., Добротина З. А., Хренов К. К. Теория сварочных процессов. — Киев: Вища шк., 1976. — 424 с.
8. Гасик Л. Н., Игнатьев В. С., Гасик М. И. Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. — Киев: Техніка, 1975. — 151 с.

Experiments of deoxidation of matrix of composite alloys on a granular relite base in plasma surfacing, transition of aluminium into the deposited metal and its effect on arrangement of reinforcing particles (WC-W₂C) in a wear-resistant layer are described.

Поступила в редакцию 11.02.2002