

УДК 621.791.(035.5)

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ И СПОСОБОВ ВВЕДЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ПРИСАДКИ НА КАЧЕСТВО НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

*Докт. техн. наук СПИРИДОНОВ Н. В.,
канд. техн. наук, доц. КУРАШ В. В., инж. КУДИНА А. В.,
канд. физ.-мат. наук ХРОЛЕНКО В. В., инж. НИКИТИНА А. С.*

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский аграрный технический университет,
ГУ «Научно-исследовательский конструкторско-технологический
институт сварки защитных покрытий с опытным производством»*

Применяемая в восстановительном производстве электродуговая наплавка при ремонте деталей эффективна благодаря тому, что восстановленная деталь часто в несколько раз дешевле новой и при правильно выбранных режимах наплавки не уступает ей по работоспособности, а иногда и превосходит. Необходимые свойства рабочих поверхностей деталей при восстановлении наплавкой часто получают легированием, т. е. введением в состав металлопокрытий легирующих примесей.

Анализ известных способов ввода твердых износостойких частиц в расплав металла показал, что наиболее эффективными являются способы ввода их вдуванием в расплав струей газа. Известно, что качество металла наплавленного шва зависит в первую очередь от силы сварочного тока, напряжения дуги, размера твердых частиц, расхода и давления транспортирующего и защитного газа, подаваемого в зону горения дуги. Отработка технологического процесса электродуговой наплавки в среде углекислого газа с введением в расплав твердых износостойких частиц производилась при использовании экспериментальной наплавочной установки конструкции НИКТИСП с ОП. Для снижения разбрызгивания металла при наплавке использованы данные [1–3]. Дуговая наплавка осуществлялась с поперечными колебаниями электрода и подачей порошкового присадочного материала (ППМ) под защитную газовую оболочку по геликоидной траектории при помощи специального устройства [4]. Это позволило установить заданные соотношения между

технологическими параметрами наплавки и количеством подаваемого порошка, что снижает глубину проплавления основного металла и улучшает эксплуатационные характеристики наплавленных слоев. Кроме того, такое введение ППМ обеспечивает подачу его в заданную точку сварочной ванны и надежную защиту зоны наплавки от внешней среды.

Длина вылета электрода является важным параметром режимов наплавки и в значительной степени влияет на скорость плавления электродной проволоки. Экспериментально установлено, что для проволоки диаметром 1,2 мм и при токах 150–250 А оптимальная длина вылета электрода находится в интервале 10–15 мм. Для проведения исследований применялась электродная проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246–70 диаметром 1,2 мм при вылете электрода 15 мм.

В качестве ППМ использовали металлопорошки грануляцией 300–500 мкм. Наплавка осуществлялась на пластины из стали 20 по схеме перекрытия валиков и подачи порошка $\sigma = 0,4$ г/с; $\sigma = 2,3$ г/с; расход защитного газа – 9–10 л/мин. Состав присадочного материала: ППМ-1 (С – 0,6–0,9 %; Cr – 15–17; Si – 2,7–3,7; В – 2,2–3; Fe – до 5 %); ППМ-2 (Cr – 12 %; Ni – 6; В – 14 %; основа – Fe); ППМ-3 (Cr – 25 %; С – 2; Ni – 1,5; Cu – 5 %; основа – Fe).

Материал ППМ № 2 получен путем диффузионного борирования отходов стали типа Х18Н10Т. Состав смеси для борирования (% по массе) 100 % (12 % Al + 18 % В₂О₃ + 26 % Fe

+
+ 44 % Al_2O_3).

В результате проведенных экспериментов установлены зависимости глубины проплавления основного металла и высоты наплавочно-го валика от силы тока и напряжения дуги (в интервале $J_A = 170\text{--}250$ А; $U = 22\text{--}30$ В) при постоянной подаче присадочного материала (рис. 1).

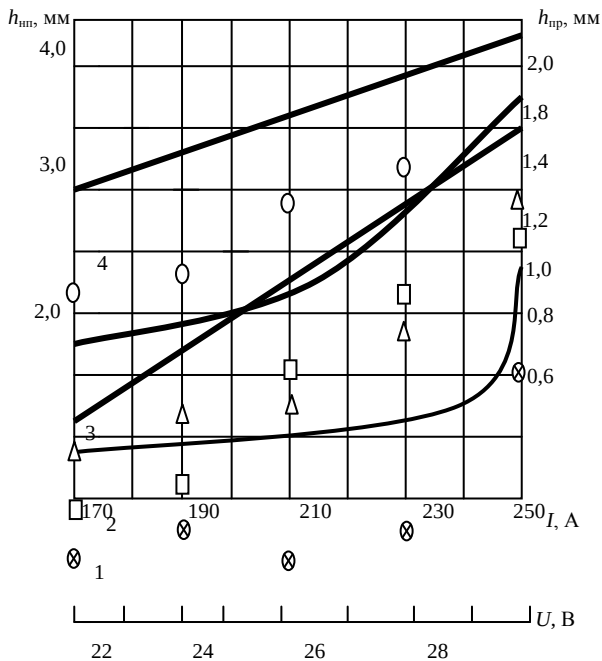


Рис. 1. Зависимость высоты валика $h_{нп}$ и глубины проплавления $h_{пр}$ основного металла от силы тока и напряжения: 1, 3 – подача порошка $\sigma = 0,4$ г/с; 2, 4 – то же $\sigma = 2,3$ г/с

При исследовании микрошлифов наплавленных слоев четко выражены зоны наплавки и расплавления. В каждом конкретном случае в зависимости от условий нагрева и охлаждения участки наплавленных слоев претерпевают различные структурные превращения.

Зона расплавления, расположенная между основным металлом (не подвергшимся термическому влиянию) и зоной наплавленного металла, состоит из нескольких участков (рис. 2).

Начальная, видимая под микроскопом часть зоны расплавления, прилегающая к основному металлу, представляет собой участок неполной

перекристаллизации. Температурные условия нагрева и время в этом месте недостаточны для полного растворения перлита и образования однородного аустенита.

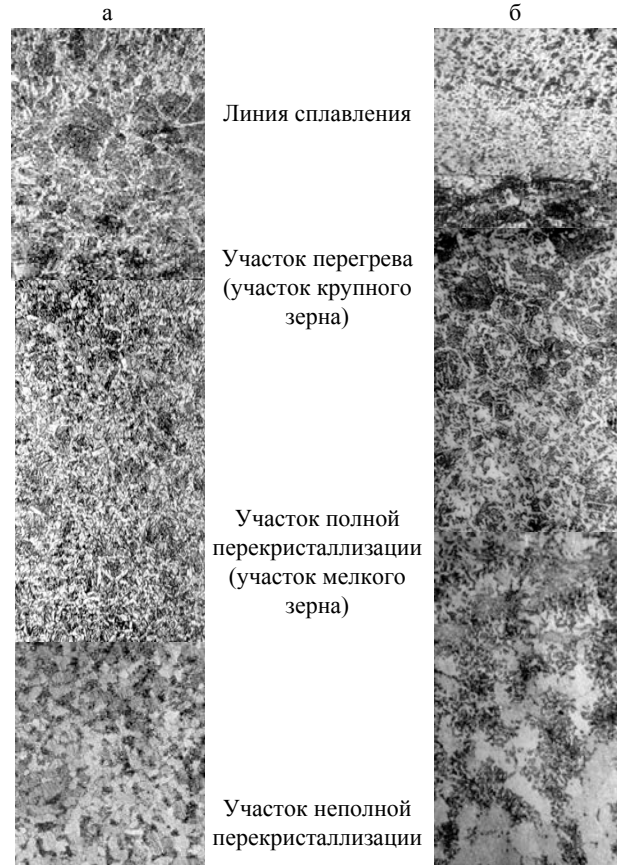


Рис. 2. Структура зоны термического влияния наплавленного металла ($\times 200$): а – без ввода ППМ; б – с вводом ППМ

Поэтому структура отражает начавшийся и не закончившийся процесс аустенизации перлитных участков основного металла. Перлит имеет разрыхленный вид без четко выраженного пластинчатого строения.

К участку неполной перекристаллизации прилегает участок полной перекристаллизации (мелкого зерна). Здесь интенсивного роста аустенитного зерна не наблюдается и при охлаждении образуется мелкозернистая структура. Перлит характеризуется тонким пластинчатым строением, которое можно хорошо наблюдать в электронный микроскоп.

Высокая температура участка перегрева (участок крупного зерна) обуславливает рост зерна и образование видманштеттовой

структуры, для которой характерно грубопластинчатое строение перлита. С повышением скорости охлаждения величина зерна в этом участке заметно уменьшается.

Зона дисперсных кристаллов (зона 1) является характерной для всех структур наплавленного металла с вводом порошкового присадочного материала.

При введении порошкового присадочного материала в хвостовую часть сварочной ванны наблюдается разветвление дендритов, проявляется игольчатое строение, характерное для закалки. Эти изменения можно объяснить уменьшением градиента температуры в жидкости перед фронтом кристаллизации и увеличением скорости кристаллизации.

При введении порошкового присадочного материала в головную часть сварочной ванны отмечаются уменьшение зоны ориентированных дендритов и увеличение зоны их разориентирования. Дендриты этой зоны имеют более крупный размер. Это объясняется увеличением времени нахождения материала в расплавленной ванне, что способствует замедлению скорости охлаждения и создает благоприятные условия для роста частиц избыточных фаз.

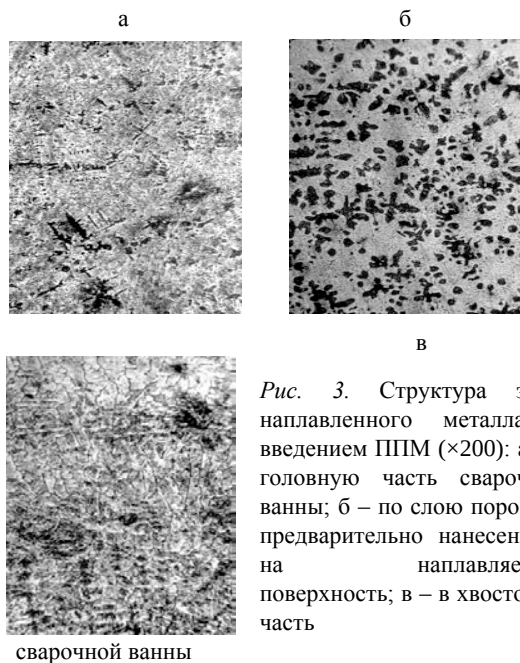


Рис. 3. Структура зоны наплавленного металла с введением ППМ ($\times 200$): а – в головную часть сварочной ванны; б – по слою порошка, предварительно нанесенного на наплавляемую поверхность; в – в хвостовую часть

Для структуры наплавленного металла с введением порошкового присадочного материала в головную часть сварочной ванны

(рис. 3) характерно появление избыточных карбидов и эвтектики на их основе и, возможно, карбоборидов, окруженных эвтектикой. Увеличение времени нахождения частиц порошка в расплавленной ванне создает благоприятные условия для роста частиц избыточных фаз и увеличения размера игольчатых и стержневых включений (рис. 3а). При наименьшем тепловложении карбобориды формируются в виде глобулей, игл и стержней малых размеров (рис. 3б).

При введении порошкового присадочного материала охлаждение аустенита с большой скоростью препятствует превращениям в верхнем районе температур и приводит к образованию мартенсита с повышенным содержанием остаточного аустенита (рис. 4).

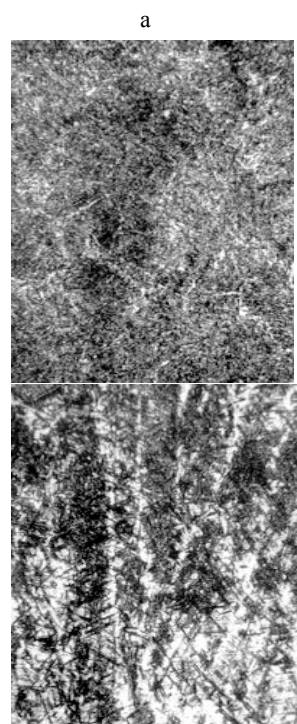


Рис. 4. Структура зоны наплавленного металла с введением ППМ ($\times 200$): а – в головную часть сварочной ванны; б – в хвостовую часть

Введение ППМ изменяет режимы остывания сварочной ванны, что сказывается на структуре наплавленного слоя. Чем больше скорость охлаждения, тем при более низкой температуре произойдет превращение, и поэтому тем более дисперсными и твердыми будут продукты превращения.

Введение ППМ изменяет размер и форму дендритных составляющих наплавленного слоя, способствует появлению карбидов, боридов и карбоборидов в структуре, что отражается на физико-механических свойствах покрытия. Ввод ППМ в хвост сварочной ванны позволяет получить мелкозернистую структуру, уменьшает дендритный характер наплавленного металла. Ввод ППМ в голову сварочной ванны позволяет получить равномерную однородную структуру с крупными дендритными включениями, сориентированными в одном направлении, перпендикулярном основному металлу. При наплавке по слою ППМ (рис. 3б) меняются размер и форма структурных составляющих по глубине (более округлая форма у поверхности, ярко выраженная дендритная структура – в глубине слоя и у границы сплавления с основным металлом), четкая ориентация нарушается.

Анализ полученных результатов показывает, что при электродуговой наплавке в среде углекислого газа проволокой Св-08Г2С с введением в расплав металла частиц твердосплавного порошка фракции 500 мкм и подачей 0,4–2,3 г/с, скорости наплавки 9,8 м/ч, расходе углекислого газа 9–10 л/мин, силе тока $I_A = 180–200$ А, напряжении наплавки $U = 23–26$ В, выбранные режимы являются оптимальными. Выше этих параметров образуется крупнозернистая структура и происходит потеря части присадочного материала, который, не успевая раствориться в расплаве металла, сдувается защитным газом. Ниже указанных параметров происходит недостаточное перемешивание порошка с расплавом основного металла, что затрудняет получение в наплавленном валике однородной структуры и заданной износостойкости покрытия.

ВЫВОДЫ

1. При электродуговой наплавке в среде углекислого газа электродной проволокой Св-08Г2С с введением ППМ в расплавочную ван-

ну со скоростью $\sigma = 0,4–2,3$ г/с и гранулометрическим составом класса «С» по ГОСТ 21448–75 мощность дуги ($I_A = 180–200$ А; $U = 23–26$ В) является оптимальной. Увеличение мощности дуги приводит к потерям легирующей присадки и образованию крупнозернистой структуры, что отрицательно сказывается на физико-механических характеристиках наплавленного валика. При мощности дуги, ниже оптимальной, частицы металлопорошка, недостаточно расплавляясь, образуют неоднородную структуру, что приводит к снижению износостойкости полученного слоя.

2. Включение в расплав металла ППМ изменяет размер и форму дендритных составляющих наплавленного слоя, способствует появлению карбидов, боридов и карбоборидов в структуре, что отражается на физико-механических свойствах покрытия.

3. Введение ППМ в хвост расплавленной ванны позволяет получить мелкозернистую структуру, уменьшает дендритный характер наплавленного металла, что повышает качество структуры и физико-механические свойства наплавленного слоя.

4. Ввод ППМ в голову расплавленной ванны позволяет получить равномерную однородную структуру с крупными дендритными включениями, сориентированными в одном направлении, перпендикулярном основному металлу. При наплавке по слою ППМ меняются размер и форма структурных составляющих по глубине (более округлая форма у поверхности, ярко выраженная дендритная структура – в глубине слоя и у границы сплавления с основным металлом), четкая ориентация нарушается.

5. Результаты исследований могут использоваться в технологических процессах электродуговой наплавки для получения износостойких металлопокрытий при восстановлении в ремонтном производстве деталей машиностроения и сельскохозяйственной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерохин, А. А. Основы сварки плавлением / А. А. Ерохин. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.

2. **Технология** электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

3. **Ленивкин, В. А.** Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В. А. Ленивкин, Н. Г. Дюр-геров, Х. Н. Сагиров. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

4. **Кураш, В. В.** Влияние легирующих присадок из феррохрома на процесс электродуговой наплавки в среде углекислого газа / В. В. Кураш, В. В. Хроленок // Сварка и родственные технологии. – 1999. – № 2. – С. 111–114.

Поступила 25.10.2006

УДК 621.694.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ЭЖЕКТОРА

Докт. техн. наук, проф. ГРУДАНОВ В. Я., канд. техн. наук, доц. БРЕНЧ А. А., СЕКАЦКАЯ Ю. А.

Могилевский государственный университет продовольствия

Вода является неотъемлемым компонентом при производстве различных видов продукции и применяется практически во всех отраслях пищевой промышленности. Как известно, качество готовой продукции во многом зависит от качества сырья, из которого она изготовлена. Поэтому в данных типах производства необходимо осуществлять подготовку воды и строго контролировать ее состав.

Источником водоснабжения большого числа предприятий пищевой промышленности являются подземные воды, которые отличаются большим содержанием железа и железобактерий и повышенным содержанием углекислоты и сероводорода. Наличие в воде большого количества железа существенно влияет на качество воды, придает ей неприятный вкус, делает непригодной для производственных целей. Железобактерии вызывают отложения в металлических трубах водопроводной сети, подающих такую воду. Отложения ведут к суживанию сечения труб и значительным потерям напора, быстрому разрушению труб. Высокое содержание углекислоты препятствует переходу двухвалентного железа в трехвалентное и выпадению соединений железа в осадок.

Согласно СанПиН 10-124РБ 99 содержание железа в воде хозяйственно-питьевых водопроводов, имеющих сооружения для

улучшения качества воды, не должно превышать 0,3 мг/л. Еще более жесткие требования к содержанию железа в воде предъявляют отдельные производства.

Удаление из воды железа – сложнейшая задача в водоочистке, называемая обезжелезиванием. В подземных водах железо чаще всего встречается в растворенном состоянии в виде двууглекислого соединения $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Метод обезжелезивания выбирается в зависимости от того, в какой форме железо содержится в воде. В настоящее время применяют следующие методы обезжелезивания: безреагентный, осуществляемый путем аэрации, отстаивания и фильтрования; реагентный (коагулирование, хлорирование, известкование); катионного обмена, применяемый в том случае, если, кроме обезжелезивания, необходимо производить и умягчение воды; с помощью катализаторов. Правильно выбрать метод можно только пробным обезжелезиванием.

Из подземных вод двухвалентное железо обычно устраняют при помощи аэрации. Двууглекислое соединение $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ (гидрокарбонат железа (II)) – нестойкое соединение, в котором железо (II) при контакте с воздухом легко окисляется.

Необходимость аэрации зависит от физико-химических показателей источника