

ИЗНОСОСТОЙКАЯ ПЛАЗМЕННАЯ НАПЛАВКА С АКСИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ РАЗРАБОТАННОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Макаренко Н. А., Дьяченко И. О., Мирошниченко А. С.

Разработана и исследована порошковая проволока для плазма-МИГ наплавки деталей, работающих в условиях трения металла о металл. В состав шихты входят криолит, борный ангидрид и ванадат стронция, что позволило при данном процессе повысить коэффициент наплавки, снизить потери на угар и разбрызгивание, уменьшить глубину проплавления основного металла, обеспечить ликвидацию дефектов: наплывов и несплавлений с основным металлом. Приведены составы изготовленных опытных порошковых проволок и исследования их технико-экономических показателей. Оптимизирован состав шихты плавящегося электрода. Исследования показали, что при содержании борного ангидрида менее 4% – в наплавленном металле есть неметаллические включения, при содержании борного ангидрида более 6% – увеличиваются потери на угар и разбрызгивание. Даны рекомендации по применению оптимальных режимов плазменной наплавки с аксиальной подачей порошковой проволоки.

Розроблено і досліджено порошковий дріт для плазма-МІГ наплавлення деталей, які працюють в умовах тертя металу об метал. До складу шихти входять криоліт, борний ангідрид і ванадат стронцію, що дозволило при даному процесі підвищити коефіцієнт наплавлення, знизити втрати на угар і розбризування, зменшити глибину проплавлення основного металу, забезпечити ліквідацію дефектів: напливів і несплавлень з основним металом. Наведено склади виготовлених дослідних порошкових дротів і дослідження їх техніко-економічних показників. Оптимізовано склад шихти плавкого електроду. Дослідження показали, що при вмісті борного ангідриду менше 4% – в наплавленому металі є неметалеві включення, при вмісті борного ангідриду більше 6% – збільшуються втрати на угар і розбризування. Дано рекомендації щодо застосування оптимальних режимів плазмового наплавлення з аксіальним подаванням порошкового дроту.

The powder wire for a plasma - MIG surfacing the details working in conditions of friction of metal about metal is developed and investigated. Into structure mixture enter, boric anhydrite and strontium that has allowed at the given process will raise factor surfacing, to lower losses on an intoxication and splashing, to reduce depth of profusion of the basic metal, to provide liquidation of defects: inflows and not malting with the basic metal. I napliviv unsintered s mainly metal. The powder wire for a plasma - MIG surfacing the details working in conditions of friction of metal about metal is developed and investigated. Into structure mixture enter, boric anhydrite and strontium that has allowed at the given process will raise factor surfacing, to lower losses on an intoxication and splashing, to reduce depth of profusion of the basic metal, to provide liquidation of defects: inflows and not malting with the basic metal.

Макаренко Н. А.

д-р. техн. наук,
проф. ДГМА
sp@dgma.donetsk.ua
аспирант ДГМА

Дьяченко И. О.

Мирошниченко А. С.

студент ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791.927.5

Макаренко Н. А., Дьяченко И. О., Мирошниченко А. С.

ИЗНОСОСТОЙКАЯ ПЛАЗМЕННАЯ НАПЛАВКА С АКСИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ РАЗРАБОТАННОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Износ при трении металла о металл при нормальных температурах происходит в подшипниках скольжения (коленчатые валы, оси, пальцы ковшовых цепей), а также при трении качения (крановые колеса, детали ходовой части гусеничных машин, скаты вагонеток и т.п.). В узле трения обычно присутствуют абразивные частицы: окалина, песок, руда, частицы наклепанного металла и др. Известно [1], что на износостойкость трущейся пары влияет много факторов: соотношение твердости трущихся поверхностей, удельная нагрузка, концентрация и твердость абразива, микроструктура наплавленного слоя. Для наплавки деталей, работающих в этих условиях, чаще всего используют низколегированные стали типов А и В по классификации МИС (15Г2Х, 30ХГСА, 20Х2Г2М, 50Х5ФТ, 3Х5Г2М), а в тех случаях, где рабочие поверхности подвержены большим контактными нагрузкам, – самоупрочняющиеся стали с нестабильным аустенитом и др. Считаем наиболее целесообразным использование в качестве способа для восстановления и упрочнения деталей, работающих в таких условиях, процесса плазма-МИГ наплавки с применением порошковой проволоки, как наиболее экономически и технологически эффективного по сравнению с другими методами наплавки [2–5]. Однако для данного процесса промышленность Украины (до настоящего времени) не выпускает специализированных порошковых проволок, учитывающих особенности процесса плазма-МИГ, поэтому разработка наплавочного материала, предназначенного для восстановления и упрочнения деталей, работающих в условиях трения металла о металл, является актуальной проблемой.

Целью разработки является повышение коэффициента наплавки, снижение потерь на угар и разбрызгивание, уменьшение глубины проплавления основного металла, ликвидация дефектов: наплывов и несплавлений с основным металлом. Задача исследования – оптимизация шихты порошковой проволоки.

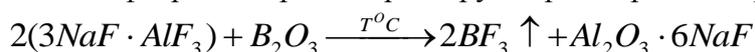
Ферромарганец является источником марганца в наплавленном металле, что способствует повышению его прочности и износостойкости. При содержании ферромарганца менее 12% – его влияние оказывается недостаточным, при содержании ферромарганца более 14% – в наплавленном металле появляются трещины. Алюминий является раскислителем, он препятствует выгоранию ферромарганца, упрочняет наплавленный металл, повышая его износостойкость за счет образования интерметаллидов. При содержании алюминия менее 5% его влияние оказывается недостаточным, при содержании алюминия более 7% – дальнейшего улучшения свойств порошковой проволоки не происходит. Железный порошок повышает производительность наплавки. Установлено, что при содержании железного порошка менее 63,8% – его влияние недостаточно, при содержании железного порошка более 65,8% – снижается прочность наплавленного металла. Ванадат стронция при нагреве распадается с выделением оксида стронция и оксида ванадия. Оксид стронция имеет низкую работу выхода электрона и, попадая в шлак на наплавляемую деталь, снижает прикатодное падение напряжения (наплавка ведется на обратной полярности).

Это приводит к уменьшению выделения энергии на изделия, что снижает глубину проплавления основного металла. Оксид стронция имеет щелочной характер, он легко вступает в реакцию с кислотными оксидами серы и фосфора, образуя сульфаты и фосфаты, тем самым предотвращается кипение ванны при выделении газообразных серного и фосфатного ангидридов, что ведет к снижению потерь на разбрызгивание. Образующийся при распаде ванадата стронция оксид ванадия служит окислителем. Он окисляет серу и фосфор, восста-

навливаясь до ванадия, который легирует наплавленный металл. При содержании ванадата стронция менее 3% – его влияние оказывается недостаточным, при содержании ванадата стронция более 5% – увеличивается количество шлака, снижается производительность наплавки.

Титан упрочняет наплавленный металл за счет образования интерметаллидов. Он реагирует с оксидом ванадия, образующегося при распаде ванадата стронция, восстанавливается оксид ванадия до ванадия, при этом титан окисляется до оксида титана. Эта реакция сопровождается выделением тепла в сердечнике порошковой проволоки, что увеличивает производительность наплавки. Особенно эффективно такое применение титана в сочетании с алюминием. Оксиды титана, образующиеся в результате реакции, способствуют мелкокапельному переносу расплавленного электродного металла в сварочную ванну, что снижает потери металла на угар и разбрызгивание. Кроме того, оксиды титана улучшают смачивание основного металла жидким электродным металлом, снижают вязкость шлака, способствуют ликвидации неметаллических включений в наплавленном металле. При содержании титана менее 1,2% – его влияние недостаточно, при содержании титана более 2,2% – дальнейшего улучшения свойств порошковой проволоки не происходит.

Криолит является источником ионов натрия в дуге, чем повышает подвижность дуги, способствует снижению глубины проплавления основного металла. Криолит способствует связыванию водорода, так как содержит в своем составе фтор. Криолит также является шлакообразующим компонентом, который повышает активность шлака, способствует переводу тугоплавких оксидов в оксифториды. Криолит реагирует при нагреве с борным ангидридом



Продуктом реакции является оксид алюминия, растворяющийся во фтористом натрии криолита и поэтому не вызывающий неметаллических включений в наплавленном металле. Фтористый бор представляет собой газ, который в инертной атмосфере является сильным активатором процесса смачивания твердого металла жидким, что способствует ликвидации наплывов и несплавлений с основным металлом. Борный ангидрид также способствует смачиванию основного металла жидким. Реакция борного ангидрида с криолитом сопровождается выделением тепла, что также способствует нагреву сердечника порошковой проволоки и повышению коэффициента наплавки. Фтористый бор активно удаляет оксиды с поверхности частиц, что способствует уменьшению возникновения шлаковых включений в наплавленном металле. При содержании криолита менее 4% - его влияние недостаточно, а при его содержании более 7% – дальнейшего улучшения свойств порошковой проволоки не происходит. При содержании борного ангидрида менее 4% в наплавленном металле есть неметаллические включения, при содержании борного ангидрида более 6% увеличиваются потери на угар и разбрызгивание.

Изготовлены порошковые проволоки трубчатого сечения диаметром 2,2 мм, их составы представлены в табл.1. Исследованы технико-технологические показатели опытных порошковых проволок, разработанных с целью повышения износостойкости наплавленного металла. Их составы приведены в табл. 2. Для изготовления порошковой проволоки применялась лента марки 08 КП, сечением 0,5x15 мм. Выполнялась многослойная плазменная наплавка с аксиальной подачей порошковой проволоки при обратной полярности обеих дуг на следующем режиме: ток плазменной дуги – 105 А; напряжение плазменной дуги – 48 В; ток плавящегося электрода – 340 А; напряжение дуги плавящегося электрода – 26 В; расход аргона: плазмообразующего – 5,4 л/мин, защитного – 15л/мин; скорость наплавки – 48 м/ч. Наплавка производилась на пластины из стали 20 размером 12x100x300 мм. Шихта порошковой проволоки содержит криолит, борный ангидрид и ванадат стронция при следующем содержании компонентов, мас. %: ферромарганец 12-14; алюминий 5-7; железный порошок 63,8 – 65,8; титан 1,2 – 2,2; криолит 4-7; борный ангидрид 4-6; ванадат стронция 3-5, причем коэффициент заполнения проволоки составляет 32%.

Таблица 1

Составы изготовленных опытных порошковых проволок

Компонент	Содержание компонента, мас. %				
	1	2	3	4	5
Ферромарганец	10	12	13	14	15
Алюминий	4	5	6	7	8
Железный порошок	68	65,8	64,2	63,8	63,6
Титан	1,0	1,2	1,8	2,2	2,4
Криолит	8	7	6	4	2
Борный ангидрид	7	6	5	4	3
Ванадат стронция	2	3	4	5	6

Таблица 2

Технические показатели опытных порошковых проволок

Состав порошковой проволоки	Коэффициент наплавки, г/А ч	Потери на угар и разбрызгивание, %	Глубина проплавления, мм	Относительная площадь наплывов % к общей площади наплавки
1	25,9	7,2	2,1	4
2	27,1	5,4	1,6	Нет
3	28,3	5,6	1,9	Нет
4	26,2	6,2	1,8	Нет
5	24,4	6,4	2,2	6

ВЫВОДЫ

1. Разработанная порошковая проволока для плазма-МИГ наплавки деталей, работающих в условиях трения металла о металл, обеспечивает хорошие технико-технологические показатели: высокий коэффициент наплавки (26,2–27,1 г/А·ч); низкие потери на угар и разбрызгивание (5,4–6,2%); малую глубину проплавления основного металла (1,6–1,8 мм), что приводит к экономической целесообразности применения данного вида процесса для упрочнения и восстановления рабочей поверхности.

2. Установлено, что оптимальный состав порошковой проволоки, позволяющий получить высокую стойкость наплавленного металла, следующий, мас. %: ферромарганец 12–14; алюминий 5–7; железный порошок 63,8–65,8; титан 1,2–2,2; криолит 4–7; борный ангидрид 4–6; ванадат стронция 3–5. Обеспечивается коэффициент заполнения проволоки 32% при применении ленты марки 08КП сечением 0,5х15 мм. Рекомендуется многослойная плазменная наплавка с аксиальной подачей порошковой проволоки при обратной полярности обеих дуг на следующем режиме: ток плазменной дуги – 105 А; напряжение плазменной дуги – 48 В; ток плавящегося электрода – 340 А; напряжение дуги плавящегося электрода – 26 В; расход аргона (плазмообразующего 5,4 л/мин; защитного 15 л/мин); скорость наплавки – 48 м/ч.

3. Исследования показали, что ванадат стронция при нагреве распадается с выделением оксидов стронция и ванадия. Оксид стронция имеет низкую работу выхода электрона и, попадая в шлак на наплавляемую деталь, снижает прикатодное падение напряжения (наплавка ведется на обратной полярности), что приводит к уменьшению выделения энергии на изделии, что снижает глубину проплавленного основного металла. Оксид стронция имеет щелочной характер, он легко вступает в реакцию с кислотными оксидами – серы и фосфора, образуя сульфаты и фосфаты, тем самым предотвращается кипение ванны при выделении газообразных серного и фосфатного ангидридов, что ведет к снижению потерь на разбрызгива-

ние. Образующийся при распаде ванадата стронция оксид ванадия служит окислителем, окисляет серу и фосфор, восстанавливаясь до ванадия, который легирует наплавленный металл. При содержании ванадата стронция менее 3% – его влияние оказывается недостаточным, при содержании ванадата стронция более 5% – увеличивается количество шлака, снижается производительность наплавки.

4. Установлено, что криолит является источником ионов натрия в дуге, чем повышает подвижность дуги, способствует снижению глубины проплавления основного металла. Криолит способствует связыванию водорода, так как содержит в своем составе фтор. Криолит также является шлакообразующим компонентом, который повышает активность шлака, способствует переводу тугоплавких оксидов в оксифториды. Криолит реагирует при нагреве с борным ангидридом. Продуктом реакции является оксид алюминия, растворяющийся во фтористом натрии криолита и поэтому не вызывающий неметаллических включений в наплавленном металле. Фтористый бор представляет собой газ, который в инертной атмосфере является сильным активатором процесса смачивания твердого металла жидким, что способствует ликвидации наплывов и несплавлений с основным металлом. При содержании криолита менее 4% – его влияние недостаточно, а при его содержании более 7% – дальнейшего улучшения свойств порошковой проволоки не происходит.

5. Исследования показали, что борный ангидрид также способствует смачиванию основного металла жидким. Реакция борного ангидрида с криолитом сопровождается выделением тепла, что также способствует нагреву сердечника порошковой проволоки и повышает коэффициент наплавки. Фтористый бор активно удаляет оксиды с поверхности частиц, что способствует уменьшению возникновения шлаковых включений в наплавленном металле. При содержании борного ангидрида менее 4% – в наплавленном металле есть неметаллические включения, при содержании борного ангидрида более 6% – увеличиваются потери на угар и разбрызгивание.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением* / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 2014. – 767 с.
2. Чигарев В. В. Улучшение формирования наплавленного слоя при плазма-МИГ наплавке / В. В. Чигарев, К. А. Кондрашов, Н. А. Макаренко // *Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук.пр.* – Мариуполь, 2009. – Вып. 9. – С. 153–155.
3. Макаренко Н.А. Разработка порошковой проволоки для наплавки роликов МНЛЗ с помощью плазма-МИГ процесса / Н.А. Макаренко, В. А. Невидомский, Н. А. Грановский // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля.* – Луганськ : СНУ. – 2008. – №7(53). – С. 79–84.
4. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М.: Машиностроение, 2007. – 187 с.
5. *Вирішення питання зменшення глибин проплавлення при плазма-МИГ наплавленні мідних сплавів* / В. В. Чигарьов, Н. О. Макаренко, К. А. Кондрашов, О. В. Грановський // *Вісті академії інженерних наук України.* – Київ, 2007. – №3. – С. 16–18.