

УДК.621.791.92.042

Кассов В. Д., Кабацкий А. В., Бережная Е. В., Малыгина С. В.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И НАПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СЛОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

В практике наплавочных работ с использованием порошковых проволок для увеличения показателей производительности наплавки возможно использование проволок, имеющих диаметр до 5–6 мм. Однако при этом значительно снижается жесткость проволоки, повышается возможность просыпания шихты, а также ухудшаются характеристики горения дуги и переноса электродного металла.

Возможным решением указанных проблем представляется использование для выполнения наплавочных работ проволок с усложненной конструкцией поперечного сечения [1]. К настоящему времени имеется ряд исследований по конструкции поперечного сечения порошковых электродных материалов (проволок и лент) [1–5], использование которых в той или иной мере усложняет технологию изготовления проволоки.

Целью работы является совершенствование технологии износостойкой наплавки порошковой проволокой сложной конструкции.

Предварительные исследования [6] показали перспективность следующей конструкции порошковой проволоки (рис. 1, а). Изготавливается такая проволока путем сворачивания трубки из стальной ленты с введением в нее легирующей шихты и сварочной проволоки, использование которой способствует увеличению жесткости и повышению качества наплавки тем, что заменяет железный порошок в порошковой проволоке. При этом капли электродного металла формируются на проволоке, что также приводит к полному расплавлению шихты, количество которой уменьшено на 10 % за счет исключения железного порошка. Введение проволоки также способствует уменьшению содержания в металле водорода и неметаллических включений, повышению производительности наплавки.

Изготовление порошковой проволоки осуществляется в соответствии с рис. 2 [6]. С разматывателя 1 металлическая проволока 2 подается в тянущие ролики 3. С разматывателя 4 металлическая лента 5, предназначенная для оболочки порошковой проволоки, подается в сгибающие ролики 6 для формирования ленты в U-подобный профиль, в который из бункера 7 предварительно засыпается порошковый материал. Вместе с металлической лентой 5 и порошковым материалом металлическая проволока 2 подается в обжимные ролики 8 для предварительного обжима. Затем из бункера 9 досыпают порошковый материал и выполняют волочение в волочильной машине 10 для формирования порошковой проволоки заданного диаметра и необходимой плотности сердечника. При этом скорость формирования оболочки в фильере на 5–7 % превышала скорость подачи внутренней проволоки. Это обеспечивало создание искусственного натяжения внутренней проволоки, что обеспечивало ее расположение по центру. На намоточном устройстве 11 осуществляется намотка проволоки в бухту.

Кроме отмеченного варианта, при рассматриваемой конструкции порошковой проволоки возможно повысить ее качество при расположении проволоки внутри проволоки у ее стыка (рис. 1, б). При этом в процессе волочения проволоки на меньший диаметр с целью уплотнения шихты, а также при деформации подающими роликами наплавочного автомата высыпание последней происходит значительно меньше.

Реализация рассмотренного варианта сечения осуществлялась при наплавке деталей, работающих в условиях интенсивного износа. При этом с учетом условий работы этих деталей [7, 8], требуется получение наплавленного металла с высокой прочностью, твердостью,

а также стойкостью против образования трещин. В связи с этим в качестве наплавленного металла рабочих поверхностей часто используется сталь, содержащая 0,5 % углерода, основу легирования которой (до 11–12 %) составляет хром. При этом сталь дополнительно легируют вольфрамом, молибденом и ванадием. Концентрации углерода, хрома, вольфрама и ванадия должны обеспечивать образование комплексных упрочняющих карбидных фаз в металле.

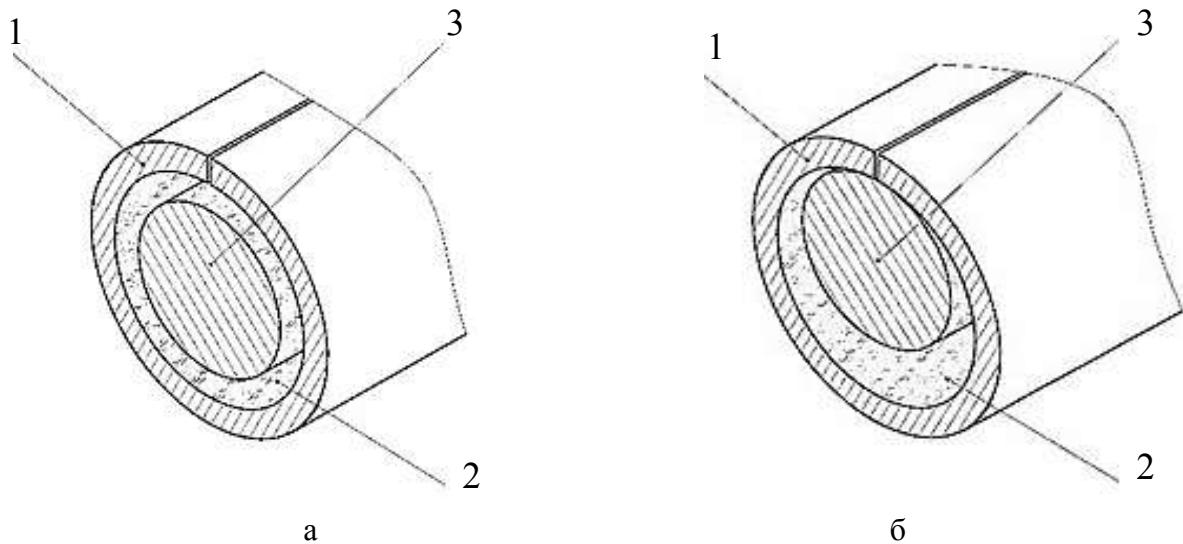


Рис. 1. Схема расположения проволочной вставки Св-08 при наплавке порошковой проволокой \varnothing 5,5 мм внутри легирующей шихты (а), у стыка трубки (б):

1 – стальная трубка; 2 – легирующая шихта; 3 – проволока Св-08 \varnothing 3 мм

За основу была принята порошковая проволока \varnothing 5 мм, содержащая хром металлический (ГОСТ 5905-2004), феррохром ФХ800А (ГОСТ 4757-91), ферровольфрам ФВ70 (ГОСТ 17293-93), ферромolibден ФМо55 (ГОСТ 4759-91), феррованадий ФВд40У0,75 (ГОСТ 27130-94), криолит КП (ГОСТ 10561-80). Установлено, что соотношение содержания Cr / FeCr должно соответствовать 1,55...1,6.

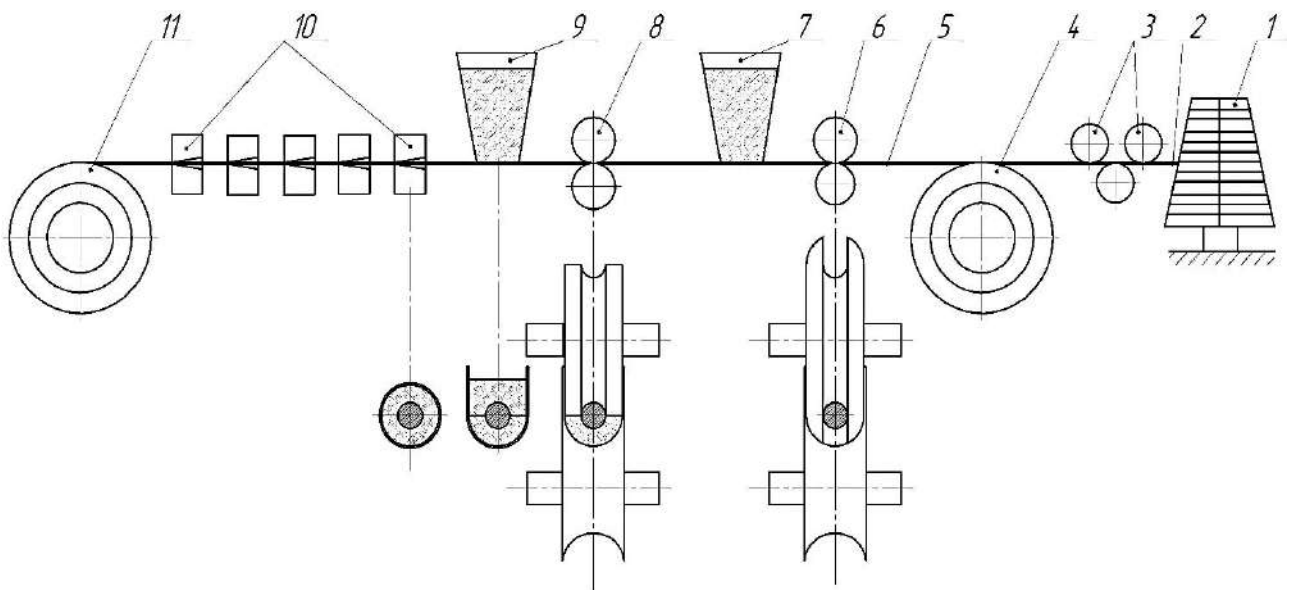


Рис. 2. Общий вид технологической схемы изготовления порошковой проволоки

Из практики металлургии известно благоприятное влияние на свойства металла и его стойкость против трещин при введении в его состав поверхностно-активных элементов (церия, кальция, магния и др.) [9–11]. Для этой цели осуществлялось модифицирование наплавленного металла магнием, который добавляли в виде магниевно-алюминиевой лигатуры (в количестве 5–8 %) для предотвращения выгорания магния, а также для облегчения дробления и размола.

Прочность проволоки обеспечивается толщиной стальной ленты, а относительный вес шихты, для легирования металла наплавки, ее шириной. Достаточная прочность трубки порошковой проволоки обеспечивается ее изготовлением из стальной ленты толщиной 1,0 мм. Для получения в металле наплавки стали и сплава с 12 % хрома ширина ленты должна быть 22 мм. Изготавливалась порошковая проволока из такой ленты диаметром 5–6 мм по технологии, принятой в промышленности путем сворачивания трубки из стальной ленты ГОСТ 503-81 из стали 08кп с введением в нее легирующей шихты и сварочной проволоки Св-08 ГОСТ 2246-80 диаметром 3 мм. Изготовление проволоки в соответствии с рассмотренной технологией не вызвало никаких затруднений.

Процесс наплавки осуществлялся указанной проволокой под слоем флюса. Для обеспечения хорошего формирования металла наплавки и повышения отделимости шлаковой корки использовался флюс следующего состава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав флюса для наплавки

Содержание, %							
TiO ₂	CaO	SiO ₂	NaF	AlF ₃	NaCl	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
31,9	25,0	10,7	9,12	6,24	7,44	2,32	1,07

Оценка формирования металла шва и отделимости шлаковой корки производилась по трех- и четырехбалльной системе соответственно. Формирование считалось «отличным», если шов был совершенно гладким, «хорошим» – если наблюдались незначительные неровности; «удовлетворительным» – при наличии «рыбин», наплывов, вмятин.

Отделимость считалась «отличной», если шлаковая корка отделялась самопроизвольно, «хорошей» – если для отделения шлака требовалось приложить небольшое усилие, «удовлетворительной» – когда шлаковая корка отделялась небольшими участками лишь после приложения значительного усилия; «плохой» – когда требовалось приложение значительного усилия и имело место вьедание шлака на поверхности наплавленного металла.

Наплавка производилась на длине $l = 150$ мм на следующем режиме: $I = 650–700$ А; $U_d = 28–30$ В; $V_{св.} = 40$ м/час. Наплавка велась проволокой $\varnothing 5$ мм с использованием автомата АДС-1000. Химический состав наплавленного металла во 2-м и 3-м слоях приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав наплавленного металла

Содержание легирующих элементов, %									
C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ti	S	P
0,52	–	0,34	11,68	4,45	0,51	0,32	–	0,012	0,008

Микроструктура стали, модифицированной сплавом магния с алюминием при быстром охлаждении после наплавки во всех случаях состоит из твердого раствора (аустенита), мартенсита и следов ледебуритной эвтектики (рис. 3, а). Твердый раствор – белые участки с микротвердостью 378–401 HV₁₀₀, мартенсит – темные участки с микротвердостью 533–586 HV₁₀₀. Структура стали в нижних слоях мало чем отличается от микроструктуры верхнего валика наплавки (рис. 3, б).

На рис. 3, в представлена микроструктура этой стали после наплавки и высокого отпуска, которая во всех случаях состоит из сорбитообразного перлита. Исследование подтвердило, что в процессе высокого отпуска наплавленной стали кроме того, что уменьшаются внутренние напряжения, происходит улучшение ее микроструктуры.

Благоприятное влияние модифицирования магнием на структуру металла проявилось в измельчении зерен за счет снижения скорости роста кристаллов и увеличения числа зародышей кристаллизации [12–15]. Помимо этого, введение магния приводит к перераспределению карбидной фазы в металле с преимущественным ее расположением внутри зерен в виде коагулированных включений. Все это способствует повышению пластических свойств и ударной вязкости металла, стойкости к образованию горячих трещин. Повышается также жаропрочность металла за счет очистки границ зерен от легкоплавких вредных примесей серы, свинца, олова, окислов и других соединений. Положительным на повышение жаропрочности является способность модификатора образовывать с железом или легирующими элементами упрочняющую фазу типа интерметаллида или карбида.

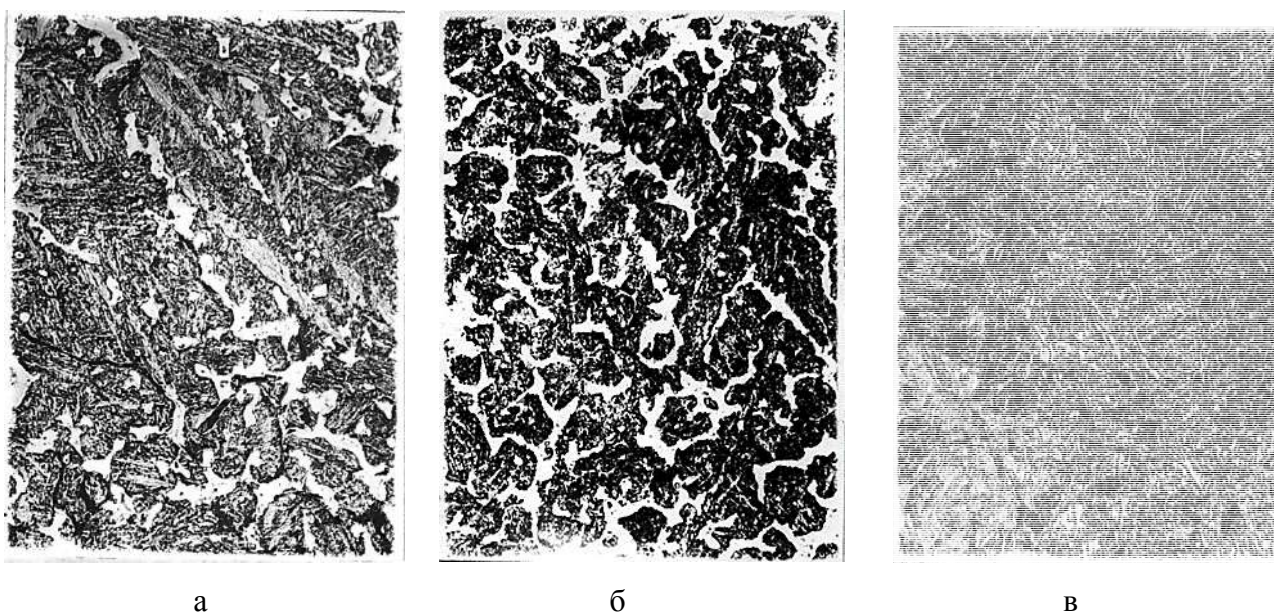


Рис. 3. Микроструктура наплавленного металла: последнего валика (а), в нижних слоях (б) после высокого отпуска (в) $\times 500$

Положительным результатом наплавки стали модифицированными проволоками является также рафинирование металла – уменьшение содержания таких вредных примесей, как сера и фосфор. Так, в табл. 4 показано, что в наплавленной стали содержание серы снизилось до 0,012 %, а фосфора – до 0,008 %, тогда как в материалах, применяющихся для изготовления порошковой проволоки (стальная лента и проволока-сердечник), их сумма составляет 0,07 %. К тому же необходимо добавить, что этими вредными примесями значительно загрязнены отдельные материалы легирующей шихты.

Испытания также показали, что исследуемые порошковые проволоки имеют также достаточно высокие сварочно-технологические характеристики: отличное формирование

шва, хорошу відделимості шлакової корки. Результати досліджень дозволяють рекомендувати використання розглянутої порошкової проволоки на виробництві при наплавці робочих поверхностей зношених деталей.

ВЫВОДЫ

Выбранная конструкция порошковой проволоки позволяет повысить качество, технологичность, производительность как при изготовлении проволоки, так и при выполнении наплавки.

Применение порошковой проволоки выбранной конструкции и состава при наплавке износостойкой поверхности позволило получить наплавленный металл с благоприятной структурой, а также пониженным содержанием вредных примесей.

Результаты исследований позволяют рекомендовать использование рассмотренной порошковой проволоки на производстве при наплавке рабочих поверхностей изношенных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И. К. Производство порошковой проволоки / И. К. Походня, В. Ф. Альтер [и др.]. – Киев : Высшая школа, 1980. – 232 с.
2. Кассов В. Д. Математическое моделирование состава металла, наплавленного порошковой проволокой сложной конструкции / В. Д. Кассов, О. О. Разумович // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014. – Вып. 63–65. – С. 131–134.
3. Грибков Э. П. Изготовление порошковых лент для восстановительной наплавки деталей станочного оборудования / Э. П. Грибков, В. А. Данилюк, В. Д. Кассов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – Вып. № 31, – С. 180–184.
4. Чигарев В. В. Износостойкая наплавка порошковой лентой / В. В. Чигарев, А. Г. Белик, Т. Н. Филиппенко // Сборник научных работ национального университета кораблестроения. – 2009. – № 3. – С. 168–175.
5. Пат. 11531 Україна. МПК С22В 9/10, С21 D 7/04. Пристрій для виробництва комбінованого порошкового дроту в металевій оболонці / Горовий С. Є., Руднев О. Л., Пахомов Ю. А., Живченко В. С. – № u200509116 ; заявл. 27.09.2005 ; опубл. 15.12.2005.
6. Пат. 84906 Україна. МПК В23К 35/40. Спосіб виготовлення порошкового дроту / Грибков Е. П., Данилюк В. О., Бережна О. В., Чепель Ю. А. ; патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № u201303311 ; заявл. 18.03.2013 ; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
7. Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины / А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, Л. С. Малинов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 9. – С. 37–41.
8. Рябцев И. А. Порошковые проволоки для наплавки стальных валков горячей прокатки / И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 99–100.
9. Влияние модифицирования кальцием на качество колесной стали / В. П. Турбар, Д. М. Гаркаленко, Л. В. Таболаева [и др.] // Металл и литье Украины. – 2009 – № 4–5. – С. 55–57.
10. Михайлов Г. Г. Термодинамика процессов взаимодействия иттрия, кальция, магния и алюминия с кислородом в жидкой стали / Г. Г. Михайлов, Л. А. Макровец, Л. А. Смирнов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 5–13. – DOI: 10.14529/met160201.
11. Голубцов В. А. Модифицирование стали для отливок / В. А. Голубцов, В. В. Лунев. – Челябинск ; Запорожье : ЗНТУ, 2009. – 356 с.
12. Шуб Л. Г. Рекомендации по модифицированию стали / Л. Г. Шуб // Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из черных сплавов : сб. докладов Литейного консилиума №2. – Челябинск : Челябинский Дом печати, 2007 – 120 с.
13. Бабаскин Ю. З. Структура и свойства литой стали / Ю. З. Бабаскин. – Киев : Техника, 1981. – 210 с.
14. Браун М. П. Микролегирование стали / М. П. Браун. – Киев : Наукова думка, 1982. – 303 с.
15. Крецановский Н. С. Модифицирование стали / М. Ф. Сидоренко. – М. : Металлургия, 1970. – 296 с.

Статья поступила в редакцию 11.03.2018 г.