



УДК 621.791.75.042-492

ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ СЕРДЕЧНИКОМ ДЛЯ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

В. Н. ШЛЕПАКОВ, д-р техн. наук, **А. В. БИЛИНЕЦ**, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассматриваются вопросы разработки новой порошковой проволоки с металлическим сердечником, сочетающей высокую производительность плавления с большим выходом наплавленного металла. Использование толстостенной оболочки обеспечивает отличную подаваемость проволоки.

Ключевые слова: дуговая сварка, порошковая проволока, металлический сердечник

Сварка порошковой проволокой широко применяется во многих отраслях производства и строительства благодаря высокой производительности процесса и возможности регулирования свойств сварного соединения, а также сварочно-технологических свойств путем введения малых добавок материалов в композицию сердечника. Одной из ее разновидностей, получившей развитие в последние годы, является проволока с металлическим порошковым сердечником для сварки в защитных газах, сочетающая высокую производительность плавления с большим выходом наплавленного металла (95...96%), что присуще сварке проволокой сплошного сечения.

Порошковая проволока с металлическим сердечником при плавлении образует на поверхности шва островки шлака, однако, в отличие от сварки проволокой сплошного сечения, шлаковые корочки легко удаляются с поверхности. Процесс сварки проволокой с металлическим сердечником протекает стабильно, с минимальными потерями металла на разбрызгивание. Благоприятная форма швов и глубокий провар делают эти проволоки предпочтительными для роботизированной и автоматической сварки. Сварку проволоками с металлическим сердечником осуществляют в защитных газах (углекислом или смеси на основе аргона).

В Институте электросварки им. Е. О. Патона выполнены разработки порошковых проволок с металлическим сердечником для сварки в углекислом газе и его смеси с аргоном. Проволоки имеют металлическую оболочку большой толщины, что не вызывает проблем с подачей проволоки при механизированной сварке. Небольшое количество неметаллических материалов в сердечнике используют для улучшения характеристик стабильности дугового разряда и регулирования металлургических и технологических свойств шлака.

Базовая порошковая проволока марки ПП-АН70М диаметром 1,2 (1,4; 1,6) мм предназначена для сварки в углекислом газе или его смеси с аргоном. Проволока диаметрами 1,4 и 1,6 мм рекомендована преимущественно для сварки в нижнем положении. При плавлении на поверхности шва она образует островки шлака, по типу, близкому к рутиловому. Основная система легирования металла кремниевомарганцевая. При сварке в смеси аргона с углекислым газом обеспечиваются лучшие характеристики возбуждения дуги и стабильности ее горения. Выполнение многослойных сварных соединений возможно без удаления островков шлака с поверхности предыдущих проходов.

Порошковая проволока марки ПП-АН72М диаметром 1,2 мм предназначена для сварки в смеси газов низколегированных сталей с повышенными требованиями к вязкопластическим свойствам сварных соединений при низких температурах. Применяется система легирования металла шва кремниймарганецникель. Проволока обеспечивает качественную сварку соединений толстого металла в диапазоне сварочных токов 250...350 А. При использовании меньших значений сварочного тока успешно выполняют сварку на вертикальной плоскости сверху-вниз.

При сварке порошковыми проволоками с металлическим сердечником благодаря использованию толстостенной оболочки обеспечивается отличная подаваемость проволоки, не уступающая по этому показателю проволоке сплошного сечения.

Химический состав наплавленного металла, а также механические свойства металла шва и сварного соединения приведены в табл. 1 и 2.

Содержание диффузионного водорода составляет 3...5 см³ на 100 г наплавленного металла. Стойкость против пористости высокая.

Разработан пилотный образец проволоки с металлическим сердечником, позволяющий сваривать тонкий металл (1...3 мм), а также корневые швы без подкладки.

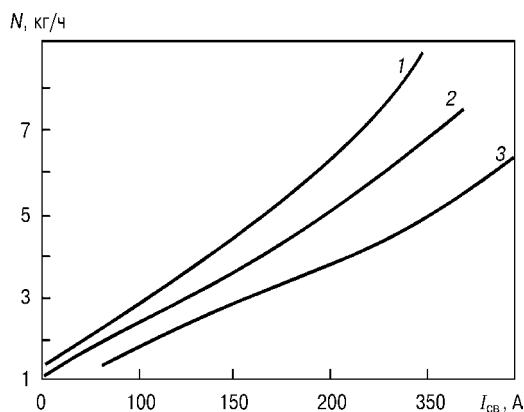
Сопоставление показателей производительности сварки проволоками для механизированной сварки показывает (рисунк), что порошковые проволоки и проволоки с металлическим сердечником благодаря высокой плотности тока позволяют достичь более высоких значений, чем проволоки сплошного сечения.

Таблица 1. Химический состав наплавленного металла

Марка проволоки	Защитный газ	Массовая доля элементов, %					
		C	Mn	Si	Ni	S	P
ПП-АН70М	CO ₂	0,07	1,35	0,55	—	0,012	0,015
ПП-АН70М	Ar + CO ₂	0,07	1,45	0,60	—	0,011	0,016
ПП-АН72М	Ar + CO ₂	0,06	1,442	0,45	1,46	0,012	0,015

Таблица 2. Типичные механические свойства металла шва и сварного соединения

Марка проволоки	Защитный газ	Испытания на растяжение			Испытания на ударный изгиб	
		σ _T , МПа	σ _B , МПа	δ, %	T _{исп.} , °C	KCV ₂ , Дж/см ²
ПП-АН70М	CO ₂	525	600	26	-20	110
ПП-АН70М	Ar + CO ₂	530	610	28	-20	120
ПП-АН72М	Ar + CO ₂	535	605	29	-40	95



Производительность наплавки *N* при использовании порошковых проволок и проволочек сплошного сечения диаметром 1,2 мм для механизированной сварки: 1 — порошковая проволока с металлическим сердечником; 2 — то же с рутиловым сердечником; 3 — проволока сплошного сечения



ния. Проволоки с металлическим сердечником позволяют обеспечить глубокий провар основного металла и высокую произ-

водительность, могут успешно использоваться для роботизированной сварки.

Considered are the issues associated with development of a new flux-cored wire with a metal core, combining high productivity and high yield of the deposited metal. The use of a thick-walled sheath provides excellent feed of the wire.

Поступила в редакцию 08.10.2002

УДК 666.1.056

УСТАНОВКА МАГНЕТРОННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ЛИСТОВОЕ СТЕКЛО

М. Л. ЖАДКЕВИЧ, д-р техн. наук, В. Н. ТРОФИМЯК, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описана универсальная установка магнетронного распыления для нанесения отражающего и других видов покрытий на листовые материалы.

Ключевые слова: нанесение покрытий, магнетронное распыление, отражающее покрытие, листовое стекло, установка циклического действия, вакуумная камера

Одним из практических применений технологий вакуумных покрытий является нанесение алюминиевого покрытия на стекло с целью получения отражающего слоя на зеркалах. К числу традиционных технологий нанесения таких покрытий относится испарение алюминия в вакууме (0,01 Па) с применением резистивного нагрева. В СНГ эта технология реализуется с использованием установок УВН-15 и УВ-18, разработанных СКБ ВП (Латвия, г. Рига) и изготавливаемых «Вакууммаш» (Россия, г. Казань). Однако она имеет существенный недостаток, связанный со взаимодействием алюминия с материалом испарителя (вольфрамом). Включения интерметаллида могут приводить к потускнению отражающего слоя и его отслоению уже через 1,5...2 месяца эксплуатации. В связи с этим только 15...20 % продукции, выпускаемой на этих установках, соответствуют требованиям ГОСТ 17716-91 по отражающим свойствам напыляемого слоя [1]. Кроме того, данное оборудование разработано более 20 лет назад и достаточно устарело.

В последнее время интенсивное развитие получил метод магнетронного распыления, имеющий значительные преимущества в части качества покрытий и скорости их осаждения. Он обеспечивает высокую адгезию осаждаемых покрытий, отсутствие капельной фазы, сохранение стехиометрии распыляемого материала при скоростях осаждения несколько микрометров в минуту. Созданные поточные линии нанесения отражающего алюминиевого покрытия на листовое стекло для производства бытовых зеркал используют этот метод. Линии состоят из 5...7 камер, связывающих всю цепь технологических операций, включающую подготовку поверхности и нанесение покрытий (включая возможность нанесения адгезионного подслоя и многослойного рабочего покрытия), с высоким уровнем автоматизации всего процесса [2]. Такое оборудование предназначено для массового производства продукции с отражающими покрытиями в больших объемах.

Однако использование подобных линий в условиях небольших предприятий затруднительно ввиду их высокой стоимости и значительных габаритов, а также по причине необходимости для таких предприятий быстрого реагирования на запросы заказчиков с выпуском малых партий специализированной продукции. По этой причине в ИЭС им. Е. О. Патона разработана установка магнетронного распыления УМР-15-2 циклического действия для нанесения покрытий на листовые материалы и в первую очередь для нанесения отражающих покрытий на листовое стекло с целью изготовления бытовых зеркал.

Установки циклического действия УМР-15-2 состоят из цилиндрической рабочей камеры объемом 7 м³; группы высоко-

вакуумных диффузионных насосов; двухлинейной системы форвакуумной откачки; системы управления и контроля агрегатов с выносным пультом управления; системы контроля вакуумного состояния элементов; системы подачи и дозировки газовых компонентов; модуля групповой системы магнетронного распыления; источников питания магнетронной распылительной системы; загрузочного модуля с транспортной системой перемещения изделий внутри камеры; транспортной системы перемещения модуля распылительных устройств; наружного элемента транспортной системы загрузочного модуля.

Вакуумная камера герметизируется сдвижной крышкой с электроприводом и пневматической системой прижима. Вдоль образующей цилиндра камеры, расположенной горизонтально, внизу размещена транспортная система распылительного устройства. Собственно групповой распылительный модуль скомпонован из двух распылительных устройств и установлен вертикально на тележке транспортной системы, обеспечивающей возвратно-поступательное перемещение модуля по всей длине камеры. По обе стороны транспортной системы распылительного модуля располагаются заготовки изделий, в нашем случае — листовое стекло (подложки) (рисунок). Перемещаясь между плоскостями подложек, распылительный модуль обеспечивает одновременную обработку поверхностей обеих подложек. Для обеспечения равномерности покрытия по всей площади двух обращенных к модулю подложек магнитные системы распылительных устройств трансформированы таким образом, чтобы зоны эрозии, образуемые петлей разряда при распылении катода, имитировали два линейных источника распыления, обращенных соответственно каждый на «свою» подложку. Реализация такой схемы распылительного устройства позволяет удвоить площадь обработки изделий за один проход распылительного модуля. Групповой модуль распыления, скомпонован-



Установка магнетронного распыления УМР-15-2

© М. Л. Жадкевич, В. Н. Трофимьяк, 2003