



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



ный в данном случае из двух распылительных устройств с отдельным электропитанием, обеспечивает возможность выполнения операции ионной обработки, нанесения адгезивного подслоя (при необходимости), нанесения функционального и защитного покрытия в непрерывной последовательности. Конструкция магнетронов позволяет проводить быструю замену распыляемой мишени (20... 30 мин).

Применение загрузочного модуля с собственной транспортной системой перемещения изделий позволило увеличить количество загружаемых подложек и тем самым повысить коэффициент использования рабочего объема камеры. Для установок периодического действия эта величина представляет собой отношение суммарной площади металлируемых поверхностей подложек к объему рабочей камеры

$$K_{н.к} = S_n N / V_k,$$

где S_n — площадь металлизации подложки; N — количество подложек; V_k — объем рабочей камеры.

Для УМР-15-2 при максимальной загрузке $K_{н.к} = 4,7$ (для УВМ-15 $K_{н.к} = 2,6$).

Технические характеристики установки

Производительность за смену, м ²	65
Режим работы	трехсменный
Толщина покрытия, мкм	0,01... 0,5
Численность обслуживающего персонала, чел.	3
Максимальные размеры подложек, м	2,5×1,5
Габариты, м	3,5×4,5×2,5

Установка УМР-15-2 может быть использована предприятиями, ориентированными на металлизацию листовых изделий из стекла, керамики и пластика, но прежде всего для получения отражающего покрытия на листовом стекле в производстве бытовых и декоративных зеркал.

Хотя установка в основном предназначена для нанесения отражающего покрытия на листовое стекло, однако она имеет принципиальные возможности получения таких покрытий из немагнитных металлов и сплавов и реализации режима реактивного распыления для нанесения покрытий из оксидов, нитридов и т. п., а в качестве подложки использование пластика и керамики.

1. Сердюк В. И., Гнатюк О. В. Совершенствование способов повышения качества покрытий, осаждаемых в вакууме // Автомат. сварка. — 2001. — № 8. — С. 59–60.
2. Данилин Б. С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — С. 63–114.

Versatile magnetron sputtering unit for deposition of reflection and other types of coatings on sheet materials is described.

Поступила в редакцию 08.11.2003

Разработано в ИЭС

СПОСОБ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ И МОДУЛЯЦИЕЙ СВАРОЧНОГО ТОКА

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программируемой подачей защитных газов в зону дуги позволяет решить задачи по управлению процессами, протекающими на торце электрода, в дуге и сварочной ванне. Разработанное оборудование для автоматической и механизированной сварки включает специализированный источник питания, блок модуляции вида защитных газов с различными физико-химическими свойствами и устройство синхронизации протекающего через дугу сварочного тока с конкретным видом защитного газа. Указанный комплекс позволяет получать соединения из различных типов сталей малой, средней и большой толщины на токе 80...300 А.

Применение нового способа сварки позволяет повысить энергетические и технологические характеристики дуги, расширить возможности механизированных способов сварки, достичь экономии сварочных материалов и электроэнергии. Новая технология по сравнению с традиционной (сварка в углекислом газе, смесях на основе аргона, импульсно-дуговая сварка в смеси Ar + CO₂) имеет следующие преимущества: повышение механических свойств, в частности, ударной вязкости, при отрицательных температурах на 30 %; уменьшение в 2,5... 3,0

раза расхода аргона; улучшение товарного вида сварных швов; возможность управления глубиной и формой провара; уменьшение на 30 % разбрызгивания; выполнение качественной сварки навесу тонколистового металла.

Благодаря перечисленным преимуществам нового способа сварки плавящимся электродом возможна разработка высокоэффективных и экономных технологий сварки металлоконструкций малой толщины, а также многопроходной сварки металлоконструкций средней и большой толщины.

Автоматическая и механизированная сварка и наплавка плавящимся электродом низкоуглеродистых, низколегированных конструкционных сталей, сплавов на основе алюминия может применяться в области судостроения, химическом, нефтяном и пищевом машиностроении.

На разработанный способ сварки (Б. Е. Патон, В. К. Лебедев, П. П. Шейко, А. М. Жерносеков, С. А. Шевчук) получен патент Украины на изобретение № 43424.

За дополнительной информацией обращаться по телефону: (044) 227 44 78; 261 52 31