

Основные стадии процесса окрашивания порошковыми материалами

Высокие потребительские свойства и экологическая чистота при получении порошковых полимерных покрытий (Пк) широко известны. Как и любой технологический процесс окрашивания, нанесение порошковых материалов включает три основные стадии: подготовка поверхности изделий, нанесение краски на поверхность и формирование Пк на изделии.

Предварительная подготовка поверхности изделий

Надежность антикоррозионной защиты и высокое качество декоративной отделки изделий при использовании порошковых красок в значительной мере определяются типом и качеством подготовки окрашиваемой поверхности. Например, такие дефекты Пк, как проколы, пузыри на поверхности, низкая адгезия на отдельных участках изделия, отслаивание при хранении и эксплуатации, преждевременное возникновение точечной коррозии, напрямую связаны с ошибками при выборе технологии подготовки поверхности или с плохим качеством ее выполнения.

При проведении предварительной подготовки поверхности удаляют органические и неорганические загрязнения, а также наносят конверсионные Пк.

Удаление органических загрязнений в виде масел, попадающих при металлообработке, восковых соединений, консервирующих составов, остатков полировочных паст и т.п. осуществляют обезжириванием поверхности.

Если не произвести эту операцию, то при оплавлении слоя порошкового материала,

нанесенного на изделие, между его расплавом и поверхностью металла окажется тонкий слой органических веществ, препятствующий хорошей адгезии Пк. Более того, в процессе оплавления через расплав порошковой краски могут выходить газы (что связано с разложением органических веществ), образуя пузыри на поверхности Пк.

Самым простым, но не самым лучшим способом обезжиривания изделий небольших габаритов и в малых количествах является применение органических растворителей (тетрахлорэтилен, трихлорэтилен, уайт-спирит, бензин и др.). Протирка осуществляется ветошью, поролоновыми губками или щетками. Однако этот способ дорог из-за высокой цены растворителей, на изделии остаются масляные полосы, а применение растворителей повышает пожароопасность производства и ухудшает гигиену труда.

Поэтому при обезжиривании лучше всего применять моющие щелочные растворы, которые выпускаются промышленностью в широком ассортименте. Наибольшее распространение получили моющие композиции типа КМ, являющиеся слабо- и среднещелочными растворами. Время обработки

**А.Ф. Артамонов,
Г.С. Догадин,
В.В. Панюшкин,
С.И. Хренов**

НПФ «ЭЛСТАР», Москва

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОРОШКОВОЙ ОКРАСКИ



- проектирование участков и линий порошковой окраски
- высокоэффективное распылительное оборудование
- разработка всех видов технологического оборудования
- перевод окрасочных производств на порошковую окраску
- сдача "под ключ" окрасочных производств
- консультации и инженеринговые услуги



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА

ЭЛСТАР

Москва, Красноказарменная, 17
тел. (095) 362-7051, 362-7960
e-mail: info@elstar.ru

раствором зависит от степени загрязнения поверхности и при температуре 60 – 70°C составляет 3 – 10 мин. После обезжиривания изделие промывают чистой теплой водой. Иногда для обезжиривания применяют эмульсионные составы: эмульсии органических растворителей в щелочных водных растворах. В этом случае обработка происходит при температуре 20°C за более короткое время, однако требуется более тщательная промывка изделия.

Удаление неорганических загрязнений, оставшихся после обезжиривания (для черных металлов – окалина и ржавчина, для цветных – оксидная пленка), осуществляют механическим или химическим способами.

Следует подчеркнуть, что оставшаяся на окрашиваемой поверхности окалина и ржавчина ухудшают качество Пк, так как при оплавлении порошка через расплав выходят сохранившиеся в них газы. Оксидная пленка, оставшаяся на поверхности цветных металлов, например алюминия, обладает хорошими защитными свойствами к воздействию атмосферы, но плохой адгезией к полимерному Пк.

Механическая очистка осуществляется гидропескоструйными, дробеструйными и дробеструйными аппаратами, абразивными кругами, наждачной бумагой и т.п. При этом не только удаляют загрязнения, но и придают поверхности необходимую шероховатость, а также активируют верхний слой поверхности изделия, что улучшает качество подготовки поверхности. Однако механическая очистка подходит только для изделий простой формы. Изделия сложной формы можно очищать от неорганических загрязнений только химическим способом: травлением растворами на основе азотной, соляной, серной, фосфорной кислот или едкого натра. После травления изделие следует тщательно промыть.

Итак, когда изделие очищено от органических и неорганических загрязнений, следует приступить к нанесению конверсионного Пк.

Нанесение конверсионных покрытий – тонких слоев соединений металлов.

Для чего следует наносить конверсионные Пк? Во-первых, для того чтобы повысить адгезию порошкового Пк. Все конверсионные Пк имеют хорошую адгезию к поверхности металла, а внешняя сторона Пк имеет достаточную шероховатость, что улучшает ее адгезию к порошковому Пк. Во-вторых, конверсионные Пк обладают антикоррозионными свойствами. Это обеспечивает надежную защиту изделия при незначительных повреждениях порошкового Пк (сколах, царапинах).

Наибольшее распространение получили следующие виды конверсионных Пк: фос-

фатные слои для черных и хроматные – для цветных металлов (алюминия и его сплавов).

В зависимости от состава фосфатирующих растворов на поверхности металла образуется слой аморфного фосфатного железа или слой тетрагидрата фосфата цинка с кристаллической структурой. Железофосфатное аморфное Пк толщиной около 1 мкм образуется при обработке стальных изделий кислотными солями ортофосфорной кислоты с добавками окислителей. Для получения такого Пк чаще всего используют составы КФ-12, КФ-14, КФ-3 или универсальные моющие фосфатные составы КФА-8 и КФА-9.

Цинкфосфатные Пк толщиной 1,5 – 2,0 мкм образуются из цинка, содержащегося в растворе, которым обрабатывают поверхность. В отличие от вышеназванных это Пк более надежное, но и более дорогое.

При хроматировании поверхности алюминия изделие, предварительно протравленное от оксидных пленок, обрабатывают соединениями шестивалентного хрома. Для хроматирования используют составы «Формихром», «Алькон» и др. Образующееся конверсионное Пк толщиной около 1 мкм имеет хорошие адгезионные и защитные свойства.

На заключительной стадии нанесения конверсионных Пк для предотвращения вторичной коррозии проводят пассивирование поверхности изделия окислителями, например соединениями хрома.

Оборудование для предварительной подготовки поверхности

Технологические операции подготовки поверхности могут проводиться методом окунания изделия в ванны с растворами или в агрегатах струйного облива.

При использовании ванн изделия опускают в них подъемниками или подвесным конвейером. Для лучшей обработки изделий растворы в ваннах целесообразно перемешивать с помощью мешалок, циркуляционного насоса или барботажем воздуха. Температуру растворов необходимо поддерживать в заданных диапазонах. Преимуществами ванн являются простота конструкций, низкие капитальные затраты, возможность обработки изделий с внутренними полостями. К их недостаткам относятся большой удельный расход и повышенная температура растворов, продолжительность обработки. Ванны могут применяться при любой производственной программе.

Агрегаты струйного облива непрерывного действия представляют собой ряд камер, в которые изделия поступают по конвейеру через боковые тамбуры. Химические растворы подаются на изделия через специальные распыливающие форсунки, установленные

внутри камер на трубопроводах, расположенных по периметру камер. Растворы с изде-лий стекают в специальные емкости, от-куда насосами опять подаются на форсунки. При циклическом движении раствора про-исходит его очистка от нерастворимых при-месей, корректировка концентрации и по-догрев до требуемой температуры. Достоин-ствами агрегатов струйного облива являются механическое воздействие струй на изделия, небольшой удельный расход и пониженная температура используемых рас-творов, малое время обработки. К недостат-кам следует отнести большие капитальные затраты, необходимость применять беспен-ные химические растворы. Агрегаты струй-ного облива непрерывного действия целесо-образно использовать при массовом произ-водстве.

Выбор количества и последовательности проведения операций, а также применяемо-го оборудования зависит от вида изделия (размер, форма, материал), производствен-ной программы (единичное, мелкосерий-ное, массовое), требований, предъявляемых к технологическому процессу (с учетом со-стояния изделия до окраски и требования к качеству Пк).

Например, при производстве единичных изделий из черного металла различной кон-фигурации, эксплуатирующихся внутри по-мещений, возможны следующие операции по подготовке поверхности перед окраской:

- обезжиривание и фосфатирование;
- промывка;
- промывка в деминерализованной воде или пассивация.

Для изделий из алюминия, эксплуатиру-ющихся вне помещений, количество опера-ций возрастает до семи:

- обезжиривание;
- промывка;
- травление;
- промывка;
- хроматирование;
- промывка;
- промывка в деминерализованной воде.

Причем чем больше загрязнена поверх-ность изделий и чем более жесткие требова-ния по условиям и срокам эксплуатации ко-нечного покрытия предъявляются, тем больше операций потребуется при проведе-нии подготовки поверхности изделий.

Утилизацию отходов, образующихся на участке подготовки поверхности, необходи-мо проводить как при их сбрасывании в во-доемы, так и при сливах в сточную канали-зацию. Отличие заключается лишь в кон-центрациях загрязняющих веществ, которые могут находиться в водосбросе. Для удаления этих веществ из сточных вод в на-

стоящее время наиболее распространены реагентные методы очистки. Их сущность заключается в переходе веществ при добав-лении различных реагентов в нерастворимое состояние и последующем выделении полу-ченных осадков выпариванием, которые в дальнейшем утилизируют. Очищенную до требуемых норм воду используют повторно или сливают в канализацию или водоемы.

Так как при нанесении порошкового ма-териала поверхность изделия должна быть сухой, после последней промывки изделие сушат обдувкой теплым воздухом (напри-мер, на выходе из агрегата подготовки по-верхности) или направляют в сушильные печи с температурой 120°C.

Нанесение порошкового материала на поверхность изделия

После подготовки поверхности изделие поступает на участок для нанесения порош-кового Пк. В основе процесса нанесения порошковой краски лежит действие сил электростатического поля на заряженные частицы краски в направлении к проводя-щей поверхности заземленного изделия.

Существуют два вида устройств, реализу-ющих этот процесс: распылительные и каме-ры с электрическим кипящим слоем, которые в настоящее время применяют очень редко.

Рассмотрим нанесение Пк с помощью распылителей.

Дозирующие устройства

Порошковую краску поставляют на уча-сток окраски в полиэтиленовых мешках, упакованных в картонные коробки. Забор порошка осуществляется либо непосред-венно из коробок, либо из бункеров-дозато-ров, в которые предварительно пересыпают порошок. Бункером-дозатором чаще всего является камера с кипящим слоем порошка, возникающим при определенной скорости воздуха из насыпного слоя, проходящего через пористую перегородку. Обычно бун-керы-дозаторы применяются на участках с автоматической перекачкой порошка из сис-тем рекуперации. Забор из коробок ис-пользуется на участках с небольшой произ-водительностью или при частой смене цве-та краски.

Во всех случаях забор и подача порошко-вой краски в транспортный шланг осуще-ствляются эжекторным насосом и регули-руются давлением подаваемого воздуха. От эжектора к распылителю краска транспор-тируется пневматическим методом по гиб-кому шлангу. Расход воздуха на транспор-товку подбирают с учетом того, чтобы не происходило выпадения частиц порошка из

потока воздуха и накопления их в шланге, так как это приводит к поршневой (пульсирующей) транспортировке.

Распылительное оборудование

Двигаясь по шлангу, частицы порошковой краски попадают в распылитель. Это устройство решает две задачи: во-первых, зарядку частиц, во-вторых, создание на выходе факела требуемой конфигурации и скорости воздушных потоков. Зарядка частиц порошка может проводиться электростатическим и трибостатическим способами.

У электростатических распылителей зарядка частиц осуществляется в поле коронного разряда, образующегося на кончиках игольчатых высоковольтных электродов, размещаемых в зоне выходного сопла распылителя. Образующееся при коронном разряде избыточное содержание в воздухе отрицательных ионов обеспечивает их осаждение на частицы порошка и зарядку последних отрицательным зарядом. Степень зарядки частиц увеличивается с ростом тока и напряжения коронного разряда, в то время как повышение расхода порошкового материала через распылитель снижает степень зарядки. Регулируя эти параметры, можно управлять процессом зарядки частиц. Преимуществом электростатических распылителей является высокая и надежная степень зарядки распыляемого порошка и, как следствие, высокая эффективность осаждения порошка на изделия, высокая производительность окрасочных работ, способность осуществлять зарядку порошковых материалов любых типов. К недостаткам этих распылителей можно отнести некоторые сложности, возникающие при окрашивании изделий сложной конфигурации. Это связано с избытком свободных ионов в пространстве между распылителем и изделием, препятствующих проникновению заряженных частиц порошка в полости и заэкранированные части окрашиваемого изделия. Однако в последнее время у некоторых фирм появилось распылительное оборудование, автоматически регулирующее эмиссию отрицательных ионов в зависимости от конфигурации изделия и по своим способностям к окрашиванию сложных изделий приближающееся к трибораспылителям.

У трибостатических распылителей зарядка порошка осуществляется за счет трибоэлектризации, т.е. перетекания электронов с частиц порошка при их соударениях со стенками трибоэлектризирующих элементов распылителей. При этом частицы приобретают положительный заряд. Для эффективной зарядки частиц производители порошковых красок добавляют в их состав

трибоэлектризирующие добавки. На зарядку порошка влияют влажность воздуха, скорость воздушного потока и расход порошкового материала. К преимуществам трибостатических распылителей следует отнести возможность окрашивания изделий сложной формы. Их недостатками являются более жесткие требования к степени осушки сжатого воздуха, применение порошковых материалов с трибоэлектризирующими добавками, сложности при напылении порошка после рекуперации.

После зарядки частицы порошка движутся в факеле от распылителя к изделию как под действием сил электрического поля, так и увлекаемые потоком воздуха, выходящего из сопла распылителя. Вблизи изделия поток воздуха, сталкиваясь с его поверхностью, начинает обтекать изделие, стремясь при этом унести частицы порошка мимо изделия. Силы электрического поля продолжают действовать на частицы по направлению к изделию. Если действие электрического поля преобладает над действием воздушного потока, то процесс осаждения порошка на изделие эффективен, в противном случае осаждение порошка практически не происходит.

Заряженные частицы порошка, осаждаемая на электропроводящую заземленную поверхность изделия, индуцируют в ней заряд противоположного знака. Возникающая при этом сила «зеркального отображения» удерживает заряженную частицу на поверхности изделия независимо от наличия внешнего электрического поля. Такая ситуация позволяет транспортировать изделие с нанесенным слоем порошкового материала из зоны напыления в зону формирования Пк.

Окрасочные камеры и системы рекуперации порошка

При нанесении порошковых красок на изделие осаждается не весь распыляемый материал. Эффективность осаждения зависит от конфигурации изделия и колеблется от 30% для сетчатых изделий до 90% — для листовых. Для исключения запыления окрасочного участка и возможности более полного использования порошковой краски их наносят в окрасочных камерах, внутри которых вентиляторами рекуперационных установок создается небольшое разряжение.

Окрасочные камеры бывают тупиковыми и проходными. Тупиковые камеры применяются на участках с небольшой производственной программой. Загрузка и выгрузка изделий в камеру осуществляется вручную через оконный проем оператора, окрашивающего изделие распылителем. Изделие вывешивается в камере на зазем-

ленном механизме, вращающемся вокруг вертикальной оси, что позволяет оператору окрашивать его со всех сторон.

В проходные камеры изделия вводят в зону окрашивания транспортным механизмом через боковые проемы-тамбуры. Движущееся изделие окрашивается оператором вручную, в автоматическом режиме стационарными распылителями или распылителями, перемещаемыми роботами-манипуляторами. Возможна комбинация всех трех способов.

Воздух отсасывают из окрасочной камеры рекуперационными установками через воздухозаборные окна, размещаемые в задней стенке или в полу камеры. Рекуперационные установки предназначены для создания необходимого воздушного потока в оконных проемах окрасочной камеры и для очистки (аспирации) воздушного потока от частиц порошковой краски с целью повторного нанесения ее на изделие. Производительность вентилятора определяется из условий недопустимости выброса порошка из камеры и образования внутри камеры концентрации порошково-воздушной смеси выше половины нижнего концентрационного предела воспламенения.

Для очистки воздушного потока от частиц порошка применяются циклоны или фильтры-рекуператоры. Достоинствами циклонов являются простота эксплуатации и низкое аэродинамическое сопротивление. К недостаткам относятся не очень высокая эффективность улавливания порошкового материала (около 90%), связанная с большим проскоком частиц малого размера. По нормативным документам степень очистки воздуха должна составлять не менее 99,8%. Поэтому после циклонов предусмотрена дополнительная очистка воздуха, например рукавными фильтрами.

Указанного недостатка лишены фильтры-рекуператоры. Воздух очищается от порошка при прохождении через фильтрующий материал. Достоинством фильтрации является то, что определенным размером пор фильтрующего материала обеспечивается требуемая степень очистки воздуха. Однако по мере забивания пор фильтра требуется проводить его периодическую очистку продувкой сжатым воздухом.

Формирование покрытия на изделии

После нанесения слоя порошковой краски изделие направляют на участок формирования Пк, где в печах осуществляется их нагревание для отверждения порошковой краски с образованием сплошного Пк требуемого качества. В печах формирования Пк под действием температуры в зависимости от типа порошковой краски происходит

либо их плавление (термопластичные порошки), либо плавление с последующей полимеризацией (термореактивные порошки). Для получения Пк порошковый материал следует нагреть до необходимой температуры и выдержать в течение указанного времени. Температурно-временной режим отверждения задается производителями красок и указан в их паспортах. Следует, однако, учитывать, что изделие в печи должно находиться дольше с учетом времени разогрева до требуемой температуры.

В низкотемпературных печах формирования Пк применяются конвективный теплообмен и инфракрасный нагрев. Индукционный способ обычно используют для нагрева деталей перед нанесением порошковой краски и применяют в основном в трубной промышленности.

Конвективные печи

В печах этого типа теплота от нагреваемого элемента через нагретый воздух передается детали и порошковой краске. Существуют печи с естественной и вынужденной конвекцией.

Печи с естественной конвекцией конструктивно представляют собой камеру, в нижней части и на стенках которой располагаются электронагреватели (калориферы). Перемещение воздушной массы осуществляется за счет естественного перемещения нагретого воздуха снизу вверх. Изделия равномерно вывешивают внутри печи. Для такой конструкции характерен большой перепад температуры (свыше 40°C) по объему печи, что отрицательно сказывается на качестве получаемого Пк. Неравномерность температуры удается частично снизить регулированием степени разогрева нагревательных элементов в разных частях печи. Кроме того, такие печи малопродуктивны, поскольку при естественной конвекции коэффициент теплоотдачи невелик. Для повышения теплоотдачи, а следовательно, производительности, устраивают продувку теплоносителя вентилятором как через объем печи, так и через нагревательные элементы, размещаемые в специальном устройстве. Калориферы могут располагаться как внутри рабочего пространства печи, так и вне его. Правильная организация воздушных потоков в рабочем пространстве позволяет достаточно легко обеспечить требуемый перепад температур $\pm 5^\circ\text{C}$ по всему объему.

В настоящее время в качестве источников тепла используются электроэнергия (ТЭНы и ленточные нагреватели) или тепловая энергия, получаемая при сжигании природного газа, нефтепродуктов и т.д.

Печи с вынужденной конвекцией широко применяются для получения порошковых Пк.

Это обусловлено универсальностью метода — равномерным нагревом деталей различной теплоемкости и разной формы сложности, что важно для получения качественного Пк.

Существенным недостатком таких печей, особенно крупногабаритных, являются дополнительные затраты энергии, связанные с разогревом всего рабочего объема печи во время выхода на режим.

Существуют тупиковые и проходные, горизонтальные и вертикальные, одно- и многоходовые печи.

Основные требования к печам

<i>Температурный режим, регулируемый в интервале, °С</i>	120, 200
<i>Стабильность поддержания температуры при установленном номинальном значении, °С</i>	±2
<i>Неравномерность поля температур в рабочем объеме, °С</i>	±5
<i>Температура на внешних поверхностях печи, °С</i>	<40

Терморadiационные печи

К этому типу относятся печи инфракрасного нагрева. Процесс формирования Пк в них осуществляется за счет нагревания поверхности световым излучением.

В зависимости от температуры излучателя их подразделяют на светлые и темные, имеющие свои спектры излучения. Светлыми излучателями являются лампы накаливания с вольфрамовой нитью и внутренним отражателем, а также лампы из кварцевого стекла с вольфрамовой нитью, заполненные парами йода. К темным излучателям относится серийный ТЭН с рефлекторным отражателем. В терморadiационных печах предпочтительнее использовать светлые излучатели, передающие большую часть тепловой энергии световым потоком и лишь незначительную долю за счет теплопередачи.

Достоинствами печей этого типа являются минимальные потери на нагрев воздушной среды и быстрый выход на режим. Основным фактором, сдерживающим их

применение, является невозможность термобработки деталей сложной формы и с разной толщиной стенок.

Нередко используют печи комбинированного типа: с предварительным инфракрасным нагревом и последующим конвективным разогревом.

При формировании порошкового Пк выделяются летучие компоненты, поэтому любая печь должна иметь собственный вытяжной вентилятор, не соединенный с общецеховой вентиляцией.

Следует также помнить, что после формирования Пк деталь необходимо охладить естественным или принудительным способом.

Транспортировка изделий

Для перемещения изделий в технологическом цикле окрашивания порошковыми материалами существуют различные транспортные схемы.

Небольшие производственные программы по окрашиванию малогабаритных изделий выполняются на «тупиковых» участках, имеющих агрегаты подготовки поверхности, тупиковые окрасочные камеры и камерные печи формирования Пк. Изделия перемещают вручную операторы и вспомогательный персонал.

При окраске крупногабаритных или длинномерных изделий даже при небольших производственных программах следует перемещать изделия на тележках или подвесах по закольцованным транспортным путям. Перемещение изделий по путям может производиться вручную.

При выполнении больших производственных программ по окрашиванию однотипных изделий простой и средней сложности для транспортировки изделий по окрасочному участку целесообразно применять конвейерные линии непрерывного или импульсного действия. При окрашивании изделий небольших размеров используют конвейерные линии непрерывного действия, а длинномерных изделий — линии импульсного действия для экономии производственных площадей.