

## **Лекция 6. Технология нанесения гальванических покрытий. Существующие технологии нанесения. Выбор методов и требования к поверхности**

Развитие современной промышленности невозможно представить без широкого применения защитных и функциональных покрытий. Одним из наиболее распространённых методов формирования металлических покрытий является гальваническое осаждение. Данный метод основан на электрохимическом процессе восстановления ионов металлов из раствора электролита на поверхности изделия при прохождении электрического тока.

Гальванические покрытия находят широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря своей технологической универсальности, высокой эффективности и возможности получения покрытий из практически любых металлов. Основной задачей применения гальванических покрытий является повышение эксплуатационных свойств изделий.

Прежде всего, гальванические покрытия широко используются для защиты металлических деталей от коррозионного разрушения. Коррозия является одним из наиболее распространённых видов деградации металлических материалов, особенно при эксплуатации изделий во влажных или химически агрессивных средах. Нанесение защитного металлического слоя позволяет существенно замедлить или полностью предотвратить развитие коррозионных процессов.

Помимо защитных функций, гальванические покрытия применяются для повышения износостойкости деталей. Рабочие поверхности многих механизмов подвергаются интенсивному трению и механическому износу. Использование покрытий с высокой твёрдостью позволяет значительно увеличить срок службы таких деталей.

Не менее важную роль играют декоративные свойства гальванических покрытий. Во многих случаях покрытия применяются для улучшения внешнего вида изделий, придания им блеска, равномерной окраски и эстетической привлекательности. Особенно широко декоративные покрытия используются в производстве бытовых изделий, автомобильных деталей и элементов приборов.

Кроме того, гальванические покрытия могут существенно изменять электрические и магнитные свойства материалов. Например, нанесение серебряных или золотых покрытий позволяет повысить электропроводность контактов и снизить контактное сопротивление в электрических соединениях.

После рассмотрения основных функций гальванических покрытий необходимо перейти к анализу существующих технологий их нанесения. В современной гальванотехнике используется несколько основных технологических подходов, которые отличаются по механизму формирования покрытия и по структуре получаемого слоя.

Наиболее распространённым методом является электролитическое осаждение. В этом процессе деталь, на которую необходимо нанести покрытие, выступает в роли катода, тогда как источник металла располагается на аноде. При прохождении электрического тока через электролит ионы металла перемещаются к катоду и восстанавливаются, образуя металлический слой на поверхности детали.

Другим технологическим направлением является осаждение сплавов. В этом случае покрытие формируется из двух или более металлов, одновременно присутствующих в электролите. Осаждение сплавов позволяет значительно расширить диапазон свойств покрытий, поскольку сочетание различных металлов позволяет регулировать твёрдость, коррозионную стойкость, электрические свойства и другие характеристики покрытия.

В последние годы всё более широкое распространение получают композиционные покрытия. Они представляют собой металлическую матрицу, в которую включены дисперсные частицы различных материалов, таких как карбиды, нитриды, бориды или абразивные порошки. Наличие таких частиц значительно повышает износостойкость и твёрдость покрытия, что особенно важно для деталей, работающих в условиях интенсивного трения.

После рассмотрения основных технологических методов необходимо обратить внимание на принципы выбора оптимального способа нанесения покрытия. Выбор технологии определяется целым рядом факторов, включая материал основы, назначение изделия, условия его эксплуатации и экономические требования производства.

Одним из методов гальванической обработки является железнение, которое применяется преимущественно для восстановления изношенных деталей машин и приборов. В процессе железнения на поверхность изделия наносится слой железа, позволяющий восстановить исходные размеры детали.

Хромирование широко используется для повышения износостойкости деталей. Хромовые покрытия обладают высокой твёрдостью, низким коэффициентом трения и хорошей коррозионной стойкостью. Поэтому данный метод часто применяется для обработки рабочих поверхностей валов, поршней, штоков и других деталей, работающих в условиях интенсивного механического воздействия.

Цинкование является одним из наиболее распространённых методов защиты стали от коррозии. Цинковое покрытие выполняет роль анодной защиты, поскольку цинк обладает более отрицательным электродным потенциалом по сравнению со сталью. В результате даже при повреждении покрытия стальная основа остаётся защищённой от коррозии.

Никелирование применяется как для защиты изделий от коррозии, так и для улучшения их декоративных свойств. Никелевые покрытия обладают

высокой химической стойкостью и характерным блеском, благодаря чему они широко используются в декоративных целях.

Следующим важным аспектом технологии нанесения покрытий являются требования к поверхности изделия перед началом гальванического процесса. Подготовка поверхности является одним из наиболее критических этапов технологического процесса, поскольку именно от состояния поверхности зависит прочность сцепления покрытия с основным металлом.

Прежде всего поверхность должна быть абсолютно чистой. Наличие масел, жиров, оксидных пленок и механических загрязнений может привести к нарушению процесса осаждения металла и ухудшению адгезии покрытия. Поэтому перед нанесением покрытия поверхность подвергается тщательной очистке.

Кроме того, большое значение имеет шероховатость поверхности. Поверхность должна обладать оптимальной микрогеометрией, обеспечивающей хорошее сцепление покрытия с металлом основы. Слишком гладкая поверхность может ухудшить адгезию покрытия, тогда как чрезмерная шероховатость может привести к образованию дефектов покрытия.

Не менее важным требованием является химическая активность поверхности. Металл основы должен быть способен вступать во взаимодействие с осаждаемым металлом, что обеспечивает формирование прочной адгезионной связи между слоями.

Для обеспечения указанных требований проводится комплекс операций подготовки поверхности. Этот комплекс включает несколько последовательных этапов, каждый из которых направлен на удаление определённого типа загрязнений.

Первым этапом является механическая очистка поверхности. В ходе этой операции удаляются механические загрязнения, окалина, ржавчина и следы коррозии. Для этого применяются различные методы механической

обработки, включая абразивную очистку, пескоструйную обработку и шлифование.

Следующим этапом является обезжиривание. Эта операция направлена на удаление органических загрязнений, таких как масла, смазки и остатки технологических жидкостей. Обезжиривание может выполняться как химическими растворами, так и с использованием органических растворителей.

После обезжиривания выполняется травление поверхности. Этот процесс представляет собой химическое или электрохимическое удаление оксидных пленок с поверхности металла. Травление обеспечивает очистку поверхности на атомном уровне и способствует повышению её химической активности.

Завершающим этапом подготовки поверхности является промывка и активирование. Промывка необходима для удаления остатков реагентов и продуктов химических реакций. Активирование поверхности обеспечивает создание условий для эффективного осаждения металла в гальванической ванне.

Важной частью технологии гальванических покрытий является также расчёт параметров процесса. Для получения покрытия заданной толщины необходимо определить продолжительность процесса осаждения. Расчёт времени осаждения основывается на законе Фарадея, который связывает количество осаждённого металла с величиной электрического тока и временем его прохождения через электролит.

Толщина покрытия определяется исходя из требований к изделию и условий его эксплуатации. Для повышения коррозионной стойкости требуется более толстый слой покрытия, тогда как декоративные покрытия могут иметь меньшую толщину.

Одним из наиболее важных параметров гальванического процесса является плотность тока. Этот параметр определяет скорость осаждения металла и структуру формируемого покрытия. Оптимальное значение плотности тока обеспечивает образование равномерного мелкокристаллического покрытия.

Кроме того, при проектировании гальванического процесса необходимо учитывать расход электроэнергии. Этот показатель определяется напряжением, силой тока и продолжительностью процесса и играет важную роль при оценке экономической эффективности производства.

Современная гальванотехника активно развивается, внедряя новые технологические решения. Одним из таких направлений является импульсное электроосаждение. В этом методе электрический ток подаётся в виде коротких импульсов, что позволяет получать покрытия с более мелкой зернистостью и улучшенными механическими свойствами.

Ещё одним перспективным направлением является использование наноструктурированных покрытий. Такие покрытия обладают уникальными механическими и коррозионными свойствами благодаря формированию наноразмерной структуры металла.

Важным направлением развития гальванических технологий является также повышение их экологической безопасности. Традиционные гальванические процессы связаны с использованием токсичных веществ, таких как цианиды и соединения шестивалентного хрома. Поэтому современные исследования направлены на разработку экологически безопасных электролитов и технологий очистки сточных вод.

Несмотря на высокую эффективность гальванических покрытий, в процессе их нанесения могут возникать различные дефекты. Одним из наиболее распространённых дефектов является неравномерность толщины

покрытия. Этот дефект может возникать из-за сложной геометрии детали или неравномерного распределения электрического поля.

Другим распространённым дефектом является пористость покрытия. Она может возникать при недостаточной очистке поверхности или при наличии примесей в электролите.

Также возможно образование трещин в покрытии. Основной причиной появления трещин являются внутренние напряжения, возникающие в процессе осаждения металла.

Одним из наиболее серьёзных дефектов является отслаивание покрытия, которое возникает при недостаточной адгезии между покрытием и основным металлом. В большинстве случаев причиной этого дефекта является недостаточная подготовка поверхности.

Подводя итог рассмотренному материалу, следует отметить, что технология нанесения гальванических покрытий представляет собой сложный технологический процесс, включающий подготовку поверхности, электрохимическое осаждение металла и последующую обработку изделий. Правильный выбор метода нанесения покрытия, оптимизация параметров процесса и строгий контроль качества подготовки поверхности позволяют получать покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками.

В следующей лекции для более глубокого понимания механизмов формирования гальванических покрытий будет рассмотрена физико-химическая природа процессов, протекающих при электролизе и электроосаждении металлов.