

Лекция 5. Химическое осаждение покрытий. Физические и химические процессы, происходящие на поверхности при формировании покрытий

В современной промышленности, особенно в машиностроении, приборостроении и электронной технике, широко применяются различные методы нанесения покрытий. Использование поверхностных покрытий позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики изделий, повысить их коррозионную стойкость, износостойкость, а также обеспечить необходимые электрические и декоративные свойства.

Среди множества существующих технологий особое место занимает метод химического осаждения покрытий. Этот метод представляет собой процесс формирования металлического слоя на поверхности изделия без использования внешнего источника электрического тока. В отличие от гальванических методов, где осаждение металла происходит под действием электрического тока, при химическом осаждении восстановление ионов металла осуществляется непосредственно за счёт химической реакции, происходящей в растворе.

Исторически развитие метода химического осаждения связано с работами немецкого химика Юстуса Либиха. В 1836 году он впервые получил серебряное покрытие на стеклянной поверхности методом химического восстановления. Этот эксперимент положил начало технологии химического серебрения, которая впоследствии получила широкое распространение в производстве зеркал и декоративных изделий.

В дальнейшем данный метод получил развитие и стал активно применяться в различных отраслях промышленности. Одним из важнейших преимуществ химического осаждения является возможность нанесения покрытий на изделия сложной геометрической формы. Поскольку процесс не требует подключения детали к электрической цепи, покрытие равномерно образуется как на внешних, так и на внутренних поверхностях деталей.

Кроме того, химическое осаждение позволяет наносить покрытия на неметаллические материалы, такие как пластмассы, керамика и стекло. Это особенно важно в производстве печатных плат, где необходимо создавать токопроводящие слои на диэлектрических подложках. Благодаря этим преимуществам химическое осаждение широко используется в микроэлектронике, приборостроении, химической промышленности и ряде других отраслей.

Для более полного понимания особенностей химического осаждения необходимо рассмотреть существующие классификации покрытий. Покрытия можно классифицировать по различным признакам, включая способ их получения, состав материала покрытия, функциональное назначение и характер взаимодействия с основным металлом.

По способу получения покрытия подразделяются на химические и электрохимические. К электрохимическим относятся гальванические покрытия, формируемые при прохождении электрического тока через электролит. К химическим покрытиям относятся покрытия, образующиеся в результате химических реакций восстановления без участия внешнего источника электрической энергии.

По виду материала покрытия различают металлические, неметаллические и композиционные покрытия. Металлические покрытия образуются из металлов и их сплавов, неметаллические включают оксидные, нитридные и другие соединения, тогда как композиционные покрытия содержат в своём составе различные дисперсные фазы.

С точки зрения функционального назначения покрытия могут быть защитными, декоративными, защитно-декоративными и специальными. Защитные покрытия предназначены для предотвращения коррозии и повышения износостойкости изделий. Декоративные покрытия используются для улучшения внешнего вида изделий. Специальные покрытия применяются

для придания изделиям особых свойств, например повышенной электрической проводимости или отражательной способности.

После рассмотрения общей классификации покрытий следует перейти к изучению сущности метода химического осаждения. Основой данного процесса является восстановление ионов металла, находящихся в растворе. Ионы металла получают электроны и превращаются в атомы металла, которые осаждаются на поверхности детали и образуют сплошной металлический слой.

Общая схема реакции восстановления может быть представлена следующим образом: ион металла принимает электроны и превращается в нейтральный атом металла. В результате этого процесса на поверхности изделия постепенно формируется металлическое покрытие.

Существует несколько методов химического осаждения металлов. Одним из них является контактный метод. В этом случае деталь погружается в раствор соли более электроположительного металла. В результате происходит вытеснение одного металла другим, и на поверхности детали образуется тонкий слой осаждённого металла. Обычно толщина такого покрытия составляет лишь доли микрометра, поэтому данный метод часто используется для формирования промежуточного подслоя перед нанесением других покрытий.

Другим методом является контактно-химический метод, который основан на возникновении разности потенциалов между двумя металлами. В этом случае осаждение металла происходит за счёт так называемого внутреннего электролиза, возникающего при контакте различных металлов.

Наиболее распространённым методом является метод химического восстановления. В этом случае раствор содержит соль осаждаемого металла, восстановитель, а также различные добавки, такие как комплексообразователи, буферные вещества и стабилизаторы. Восстановитель

играет ключевую роль в процессе, поскольку именно он является источником электронов, необходимых для восстановления ионов металла.

Переходя к рассмотрению физико-химических процессов, происходящих на поверхности в процессе химического осаждения, следует отметить, что данный процесс является автокаталитическим. Это означает, что образующийся металл сам ускоряет дальнейшее протекание реакции. После образования первых атомов металла они становятся активными центрами для дальнейшего восстановления ионов металла.

Процесс формирования покрытия включает несколько последовательных стадий. На первой стадии происходит адсорбция ионов металла на поверхности детали. Ионы, находящиеся в растворе, притягиваются к поверхности и закрепляются на ней.

Следующей стадией является каталитическое восстановление ионов металла. На поверхности происходит передача электронов от восстановителя к ионам металла, в результате чего они превращаются в атомы.

На третьей стадии образуются атомы металла, которые объединяются между собой, образуя зародыши новой фазы. Эти зародыши постепенно увеличиваются в размерах и соединяются между собой.

На заключительной стадии происходит рост металлической плёнки. Атомы металла продолжают осаждаться на поверхности, формируя сплошной металлический слой, который постепенно увеличивается по толщине.

Одним из наиболее распространённых процессов химического осаждения является химическое меднение. Этот процесс широко используется для металлизации пластмасс и других диэлектрических материалов. Кроме того, химическое меднение применяется при производстве печатных плат для формирования проводящих дорожек и металлизации отверстий.

В качестве восстановителя в процессе химического меднения чаще всего используется формальдегид. В ходе реакции формальдегид окисляется,

отдавая электроны, которые используются для восстановления ионов меди. В результате на поверхности изделия образуется металлический слой меди.

Процесс химического меднения является автокаталитическим. Это означает, что после образования первоначального слоя меди дальнейшее осаждение происходит значительно быстрее, поскольку медная поверхность катализирует реакцию восстановления ионов меди.

Другим важным процессом является химическое никелирование. Этот метод является одним из наиболее широко используемых способов получения металлических покрытий. В качестве восстановителя в данном процессе обычно используется гипофосфит натрия.

Особенностью химического никелирования является то, что вместе с никелем в покрытие включается фосфор. В результате формируется никель-фосфорное покрытие, обладающее высокой твёрдостью, хорошей износостойкостью и высокой коррозионной стойкостью.

Благодаря этим свойствам химическое никелирование широко применяется для защиты металлических деталей от коррозии, повышения их износостойкости и улучшения внешнего вида изделий. Никелевые покрытия обладают равномерной структурой и способны обеспечивать надёжную защиту поверхности даже в агрессивных средах.

После завершения процесса осаждения покрытия часто проводится дополнительная обработка изделий. Одним из методов является термическая обработка, которая способствует улучшению структуры покрытия и повышению его прочностных характеристик. Кроме того, применяется механическая обработка, включающая шлифование, полирование и притирку поверхности. Эти операции позволяют получить требуемую точность размеров и улучшить внешний вид изделия.

Подводя итог рассмотренному материалу, следует отметить, что химическое осаждение покрытий является одним из наиболее эффективных

методов формирования металлических покрытий. Этот метод обладает рядом значительных преимуществ, включая высокую равномерность покрытия, возможность обработки деталей сложной формы и возможность нанесения покрытий на неметаллические материалы.

Кроме того, химические покрытия характеризуются низкой пористостью и высокой плотностью структуры, что обеспечивает надёжную защиту основного материала от коррозии и других видов разрушения.

Таким образом, технология химического осаждения покрытий занимает важное место в современной промышленности и продолжает активно развиваться, обеспечивая создание новых функциональных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.