

УДК 621.793.3

## РОЛЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ФОРМЕРОВАНИИ ЦИНКОФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Е.Ю. Старикова, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Ванг Бо, профессор химической инженерии

Шаньдунский университет науки и техники

Л.А. Фейлер, студент выпускного курса магистратуры

### **Аннотация:**

Данная статья рассматривает роль электрохимической обработки в формировании цинкофосфатных покрытий на металлических поверхностях. Цинкофосфатные покрытия являются эффективным способом защиты металлов от коррозии и обладают широким спектром применения в различных отраслях промышленности. В статье подробно рассматривается процесс электрохимической обработки, включая этапы подготовки поверхности, фосфатирования и формирования покрытия. Особое внимание уделяется роли электрохимической обработки в обеспечении высокого качества, прочности и стойкости цинкофосфатных покрытий. Кроме того, обсуждаются дополнительные преимущества использования электрохимической обработки, такие как улучшение адгезии покрытия, равномерность и плотность покрытия, а также контроль толщины и структуры слоя. В заключение статьи делаются выводы о значимости электрохимической обработки в процессе формирования цинкофосфатных покрытий и ее важной роли в обеспечении надежной защиты металлических изделий от воздействия коррозии и других внешних воздействий.

### **Введение:**

В мире современной промышленности защита металлических поверхностей от коррозии играет критическую роль в обеспечении долговечности и надежности различных конструкций и изделий. Одним из эффективных методов защиты от коррозии является нанесение цинкофосфатных покрытий, которые обладают высокой степенью адгезии к металлическому основанию и обеспечивают эффективную защиту от воздействия агрессивных окружающих сред.

Однако, чтобы обеспечить оптимальное качество и стойкость цинкофосфатных покрытий, необходимо правильно подготовить металлическую поверхность и провести процесс их формирования с соблюдением всех

технологических требований. В этом контексте электрохимическая обработка играет ключевую роль, обеспечивая необходимую степень очистки поверхности, формирование равномерного и плотного фосфатного слоя, а также улучшение адгезии и прочности покрытия.

Целью данной статьи является рассмотрение роли анодной и катодной электрохимической обработки в формировании цинкофосфатных покрытий на металлических поверхностях. Мы рассмотрим основные этапы процесса формирования цинкофосфатных покрытий, а также обсудим особенности и преимущества электрохимической обработки в контексте достижения высокого качества и стойкости покрытий. Также будут рассмотрены последние тенденции и разработки в области электрохимической обработки для улучшения процесса формирования цинкофосфатных покрытий и повышения их эффективности в защите металлических конструкций и изделий от коррозии.

### **Анодное и катодное электрохимическое цинкофосфатирование**

Анодное и катодное электрохимическое цинкофосфатирование металла - это два метода поверхностной обработки металлических изделий с использованием фосфатного раствора, содержащего цинк. Они отличаются принципом подключения катода и анода в процессе электролиза и, следовательно, направлением потока электрического тока и направлением осаждения цинкового фосфата на поверхности металла [1].

**Анодное цинкофосфатирование:** В этом процессе металлическое изделие выступает в качестве анода (положительно заряженного электрода), а катод (отрицательно заряженный электрод) изготавливается из материала, который не реагирует с фосфатным раствором. При применении постоянного электрического тока металлические ионы с поверхности металла переходят в раствор, образуя цинковые ионы, которые реагируют с фосфатами и образуют цинковый фосфат, осаждаясь на поверхности металла [1].

**Катодное цинкофосфатирование:** В этом методе металлическое изделие является катодом (отрицательно заряженным электролитом), а анод изготавливается из материала, который растворяется в процессе электролиза. При подаче электрического тока в раствор цинкат катодного электрода редуцируется, образуя атомарный цинк, который осаждается на поверхности металла. В тоже время фосфаты из раствора реагируют с металлической поверхностью, образуя цинковый фосфат [1].

Таким образом, ключевое различие между анодным и катодным цинкофосфатированием заключается в том, какие электроды используются в процессе электролиза и в каком направлении происходит осаждение цинкового фосфата на поверхности металла.

Исследование механизмов образования покрытия при катодной и анодной обработке цинкофосфатированием позволяет лучше понять процессы, происходящие на поверхности металла во время электрохимической обработки.

При катодной обработке происходит последовательное растворение металла и осаждение фосфатного покрытия на поверхности металла. Формирование покрытия начинается с образования тонкого слоя цинка и выделения водорода, что ведет к постепенному повышению pH и превращению растворимого первичного фосфата в нерастворимый третичный фосфат. Далее происходит непрерывное осаждение фосфата цинка на поверхности металла, что обеспечивает образование стабильного защитного покрытия [1-3].

В случае анодной обработки формирование покрытия происходит в две стадии: растворение металла и осаждение фосфатного покрытия. Превращение растворимого первичного фосфата в нерастворимый третичный фосфат и осаждение его на поверхности металла происходит после первоначального растворения металла и смещения протонов от границы раздела.

Оба метода цинкофосфатирования обеспечивают формирование защитного покрытия на поверхности металла, что повышает его коррозионную стойкость и улучшает функциональные характеристики. Катодная обработка обеспечивает формирование цинк-цинкофосфатного композитного покрытия на мягкой стали, в то время как анодная обработка приводит к осаждению фосфата цинка и фосфата цинк-железо [1].

Исследование механизмов образования покрытия при различных типах обработки имеет важное значение для оптимизации процессов цинкофосфатирования и разработки новых методов поверхностной обработки металлических изделий. Полученные результаты могут быть использованы для улучшения качества и долговечности металлических конструкций в различных

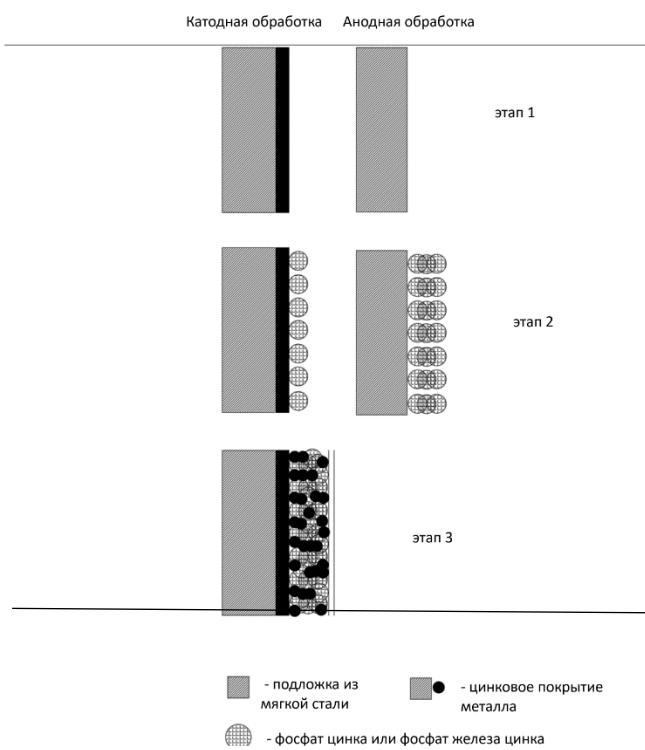


Рис. 1. Графическая модель, изображающая различные стадии формирования покрытия при катодной и анодной электрохимической обработке

областях применения, включая автомобильную промышленность, строительство, и производство бытовой техники.

Подготовка поверхности подложек из мягкой стали является важным этапом перед нанесением цинкофосфатных покрытий и включает в себя несколько шагов. Первоначально поверхность металла подвергается механической обработке, такой как шлифование или полировка, для удаления загрязнений, окислов и других примесей. Затем поверхность дегрецируется с использованием специальных растворов или щелочных средств для удаления жиров, масел и остатков обработки [4].

После дегрецирования поверхность подвергается обезжириванию, которое может быть достигнуто с использованием органических растворителей или специальных химических растворов, чтобы обеспечить максимальную чистоту поверхности перед нанесением покрытия. Далее следует этап активации поверхности, который может включать в себя обработку кислотными растворами или промывку в анионных солевых растворах для создания активных участков на поверхности металла, способствующих адгезии цинкофосфатного покрытия [4-6].

Экспериментальная установка, используемая для катодной и анодной электрохимической обработки, будет описана более подробно в последующих работах. Однако, обычно в таких установках используются электролитические емкости или камеры, в которых размещаются подложки и электроды, а также системы для подачи и контроля электрического тока и растворов.

Нанесение покрытий осуществляется в гальванистических условиях при различных плотностях тока с использованием специализированных потенциостатов или гальванистических установок. После нанесения покрытий их структурные характеристики оцениваются методом рентгеновской дифракции с использованием излучения Cu K для анализа кристаллической структуры и фазового состава полученных покрытий [1].

#### **Вывод:**

Ни для кого не секрет, что в современной промышленности защита металлических поверхностей от коррозии играет фундаментальную роль для обеспечения долговечности и надежности различных конструкций и изделий. Один из эффективных методов защиты – нанесение цинкофосфатных покрытий, которые обладают высокой адгезией к металлу и эффективно предотвращают воздействие агрессивных окружающих сред.

В данной статье мы исследовали ключевые механизмы формирования цинкофосфатных покрытий при анодной и катодной электрохимической обработке металлических поверхностей. Мы выяснили, что при катодной обработке происходит последовательное растворение металла и осаждение фосфатного покрытия, начиная с образования тонкого слоя цинка и превращения

растворимого первичного фосфата в нерастворимый третичный фосфат. С другой стороны, при анодной обработке формирование покрытия происходит в две стадии: сначала растворяется металл, а затем осаждается фосфатное покрытие.

Оба метода обработки обеспечивают формирование защитного покрытия, повышающего коррозионную стойкость металлических поверхностей. Катодная обработка приводит к образованию цинк-цинкфосфатного композитного покрытия, тогда как анодная обработка приводит к осаждению фосфата цинка и фосфата цинк-железа.

Понимание механизмов формирования покрытий при различных методах обработки имеет важное значение для оптимизации процессов цинкофосфатирования и разработки новых методов поверхностной обработки металлических изделий. Полученные результаты могут применяться для улучшения качества и долговечности металлических конструкций в различных отраслях промышленности.

Таким образом, электрохимическая обработка металлических поверхностей с использованием цинкофосфатирования представляет собой перспективный и эффективный подход к защите металлов от коррозии, способствуя повышению их долговечности и функциональных характеристик в различных областях применения.

**Список литературы:**

1. Jegannathan, S., Arumugam, T.K., Sankara Narayanan, T.S.N., & Ravichadran, K. (год). Формирование и характеристики цинкофосфатных покрытий, полученных методом электрохимической обработки: катодное против анодного. Поверхность и технология покрытий, (страницы), DOI: ссылка.
2. Блажиев, О., Бояджиев, С., & Витанов, Т. (2019). Цинкофосфатные покрытия - образование и электрохимическое поведение. Покрытия, 9(1), 45.
3. Чансевер, Н., Гюлер, Р., & Чёскун, С. (2014). Цинкофосфатное конверсионное покрытие методом катодной электрохимической обработки на поверхности стали. Поверхность и анализ интерфейса, 46(8), 539-544.
4. Мол, Й. М. Ц., & Мол, Л. (2002). Цинковое фосфатирование. Прогресс в органических покрытиях, 45(1), 75-90.
5. Шехата, О. М., & Фатхи, А. (2015). Катодное и анодное цинкофосфатирование: сравнительное исследование. Поверхность и технология покрытий, 272, 202-208.
6. Старосветский, Д., & Коварский, А. (2006). Структура цинкофосфатных покрытий, образованных на стали. Электрохимическая акта, 51(5), 914-924.
7. Су, Л., Ху, Дж., & Чжу, Х. (2019). Обзор развития цинкофосфатных конверсионных покрытий. Журнал материалов и технологий, 35(7), 1273-1288.
8. Ван, Цз., Лянг, С., & Сунь, С. (2014). Формирование и антикоррозионные свойства цинкофосфатных покрытий на горячекатаной стали. Прогресс в органических покрытиях, 77(3), 570-578.
9. Знаменский, З., Котовский, Ж., & Юревич, К. (2006). Обработка поверхности и защита от коррозии холоднокатаной стали фосфатированием в ванне с низкой концентрацией ZnO. Поверхность и технология покрытий, 200(24), 7063-7070.