

УДК 621.357

А.В. ЛИХАЧЕВА

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
alikhachova@mail.ru*

В статье представлена сравнительная характеристика способов нанесения цинковых покрытий. Сравнение проводилось по технологическим и экологическим показателям.

К настоящему времени так сложилось, что два взаимосвязанных направления: развитие и совершенствование гальванотехники и разработка средств и методов обращения с гальваническими отходами – развиваются самостоятельно и зачастую независимо друг от друга. На практике это привело к тому, что технологи-гальваники в силу своего образования и стоящих перед ними задач не имеют четкого представления о направлениях снижения вредного воздействия гальванического производства на окружающую среду, а специалисты-экологи рассматривают гальваническое

производство как «черный ящик», выходными параметрами которого являются отходы различного состава. Поэтому очевидно, что для выработки действующих решений необходимо детально изучить источники и факторы воздействия гальванического производства на окружающую среду, выяснить причины, которые влияют на силу и значимость этого воздействия.

Цинкование – нанесение слоя цинка или его сплава на поверхность металлических изделий или насыщение цинком поверхностных слоев для защиты от коррозии.

Цинкование относится к наиболее распространенным анодным покрытиям (покрытия, выполненные из металла с меньшим электродным потенциалом, чем у защищаемого металла). Преимущества анодных покрытий очевидны, их защитные свойства состоят не только в механической изоляции металла от коррозионной среды, но и в электрохимическом воздействии. В случае нарушения покрытия и образовании коррозионного элемента, защищаемый металл, являющийся катодом, не разрушается. Цинк является анодом ко всем применяемым в промышленности металлам, за исключением алюминия и магния.

Нанесение защитных цинковых покрытий производится следующими способами: холодное цинкование (окраска); горячее цинкование; гальваническое (электрохимическое) цинкование; газо-термическое цинкование напылением; термодиффузионное цинкование.

Способ нанесения покрытия выбирают в зависимости от условий дальнейшего использования изделия и необходимых свойств протекторного слоя.

Холодное цинкование – это нанесение на подготовленную поверхность приемами, используемыми в работе с обычными красками, специального цинксодержащего состава, в результате чего образуется покрытие, обладающее теми же антикоррозионными свойствами, что и полученное методом горячего цинкования (содержание цинка в готовом покрытии 89–93 %). Этот способ не требует особых условий и реактивов при подготовке изделий.

Горячее цинкование – покрытие металла слоем цинка для защиты от коррозии путем окунания изделия в ванну с расплавленным цинком при температуре около 460 °С.

Главным преимуществом технологии горячего цинкования является высокая коррозионная стойкость, которая в несколько раз превышает стойкость покрытий, нанесенных гальваническим способом. К недостаткам следует отнести высокую стоимость покрытия, сложность оборудования для цинкования, неравномерность покрытия (при толщинах покрытия 40–60 мкм наплывы цинка могут достигать 1 мм), необходимость повторной проточки резьбы, возможность возникновения напряжений в металле.

Горячие цинковые покрытия занимают второе место по объему получения, а по качеству и долговечности этот тип покрытий является, на сегодняшний момент, одним из лучших. Хотя имеются проблемы экологической безопасности, обусловленные наличием расплава цинка, применением химических методов подготовки поверхности, а необходимость поддержания температуры расплава цинка в интервале 460–480 °С приводит к неоправданным энергозатратам. Этот процесс длителен и трудоемок, но очень эффективен. Кроме того, после гальванизации в гальванической ванне остается крупная изгарь цинка.

Гальваническое цинкование – это цинкование производимое путем электрохимического процесса в специальном барабане. Гальваническое цинкование может иметь несколько цветов: радужный, голубой, белый и матовый белый. Толщина цинкового покрытия при гальваническом цинковании составляет 10–20 мкм, поэтому гальваническое покрытие носит в основном декоративный характер (таблица 1).

На сегодняшний день метод гальванического цинкования является самым распространенным способом защиты изделий от коррозии. Наибольшее распространение гальваническое цинкование получило при производстве крепежных изделий, гвоздей и стальной сетки. В большей степени, это обусловлено высокой производительностью гальванических агрегатов, низкой себестоимостью процесса и достаточной степенью защиты от коррозии.

К преимуществам гальванического цинкования относят высокую производительность, равномерные, блестящие, декоративного вида покрытия с точными размерами. Основной недостаток таких покрытий – их низкие адгезионные свойства и, как следствие, низкая коррозионная стойкость деталей, защищаемых ими. Также следует отметить возможность водородной хрупкости металла, которое может возникнуть при анодировании.

Газо-термическое цинкование напылением основано на расплавлении металла покрытия (цинка) в виде проволоки или порошка с последующим его напылением на металл обрабатываемого изделия в газовом потоке.

Метализационные газотермические цинковые покрытия оптимальны для защиты от коррозии крупногабаритных металлоконструкций, которые невозможно поместить в ванну с расплавом цинка или в гальваническую ванну. Расплавленные частицы цинка ударяются о поверхность металла и, деформируясь, образуют «чешуйчатое» покрытие. Покрытие при этом образуется пористое и, как правило, требует покрытия порозаполнителем в виде лакокрасочного материала. Такие комбинированные покрытия могут обладать долговременной защитной способностью в различных условиях эксплуатации (атмосферные условия, пресная и морская вода), достигающей 30 и более лет.

Термодиффузионное цинкование основано на образовании на поверхности железа цинкового покрытия за счет перехода атомов цинка при температурах выше 260 °С в паровую фазу и проникновения в железную подложку; при этом образуется железно-цинковый сплав сложной фазовой структуры. Образование такого покрытия возможно только при высоких температурах 450–600 °С и в замкнутом пространстве реторт или муфтелей, заполненных цинкуемыми деталями и цинкосодержащей порошковой смесью.

Это более технологичный, хотя менее производительный, чем горячее цинкование метод. Этим методом цинковые покрытия наносятся, когда повышены требования к внешнему виду цинковых покрытий и их толщине. Например, на мелкие крепежные изделия (шайбы), в том числе с резьбовыми соединениями (гайки, шурупы, мелкие винты), так как при горячем цинковании мелких изделий повышается расход цинка и существует трудность в обеспечении однородности поверхности. Однако, для цинкования крупных крепежных изделий (болтов, шпилек) предпочтительнее использовать цинкование горячее, а не термодиффузионное.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики разных способов нанесения цинковых покрытий.

Таким образом, все способы получения цинковых покрытий находят свою область применения. Сложно оценить и однозначно отметить лучший способ, сравнивая различные показатели. Так, по энергоемкости и температуре протекания процесса наиболее предпочтительно холодное цинкование. Этот метод также не требует многостадийной подготовки поверхности с использованием различных химических веществ, но в тоже время для получения долговечного покрытия, оно должно быть сравнительно толстым. Кроме того, качество получаемого покрытия сильно зависит от состава материала для холодного цинкования, к которому предъявляются строгие требования. Использование состава для цинкования в смеси с органическими растворителями приводит к загрязнению атмосферного воздуха летучими органическими соединениями. Также имеет место образование и поступление в воздух аэрозольных частиц.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика способов нанесения цинковых покрытий

Показатель	Способ нанесения цинковых покрытий				
	холодное цинкование	горячее цинкование	гальваническое цинкование	газо-термическое цинкование	термодиффузионное цинкование
подготовка поверхности	– обезжиривание; – абразивно-струйная обработка	– обезжиривание; – пескоструйная очистка; – травление кислотой; – промывка; – флюсование; – сушка	– механическая обработка; – обезжиривание; – травление; – декапирование; – промывка	– обезжиривание; – пескоструйная очистка; – травление кислотой; – промывка; – флюсование; – сушка	– обезжиривание; – пескоструйная очистка; – травление кислотой; – промывка; – флюсование; – сушка
основной материал	состав, содержащий не менее 94 % чистого цинка с размером частиц 12–15 мкм или не менее 88 % цинка с размером частиц 3–5 мкм	расплавленный цинк (98 %)	цинковые пластины	расплавленный цинк	цинковая смесь
вспомогательные материалы	– абразивный материал; – обезжиривающий раствор	– абразивный материал; – обезжиривающий раствор; – кислота; – раствор для флюсования; – вода	– абразивный материал; – обезжиривающий раствор; – кислота; – вода	– абразивный материал; – обезжиривающий раствор; – кислота; – раствор для флюсования; – вода	– абразивный материал; – обезжиривающий раствор; – кислота; – раствор для флюсования; – вода
температура процесса, °С	минус 20 – плюс 40	460	до 80	не выше 180	450–600
срок службы изделия, лет	25–50 (при толщине покрытия 80–120 мкм)	50	30-50	30	30
факторы воздействия на окружающую среду	– выделение летучих органических соединений; – выделение аэрозолей; – образование отработанных абразивных материалов	– образование изгари; – гартцинка; – золы (нашатырный шлак); – промывных сточных вод; – отработанных абразивных материалов	– выделение из ванн аэрозолей; – образование отработанных технологических растворов; – гальваношламов	– выделение аэрозолей цинковой пыли; – образование промывных сточных вод; – отработанных абразивных материалов	– выделение аэрозолей цинковой пыли; – образование отработанных цинк-содержащих смесей; – промывных сточных вод; – отработанных абразивных материалов

Покрытие, полученное горячем цинкованием характеризуется наибольшей долговечностью, но это очень энергоемкий и материалоемкий процесс. Кроме того, при горячем цинковании образуются такие специфические отходы, как изгарь (пленка), гартцинк и зола (нашатырный шлак).

Гальваническое цинкование на фоне значительной энерго-, водо- и материалоемкости, также характеризуется образованием опасных (с точки зрения воздействия на окружающую среду) отходов: гальваношламов, отработанных технологических растворов (отработанные растворы обезжиривания, травления, отработанные электролиты и пр.), промывных сточных вод и др.

Газо-термическое и термодиффузионное цинкование схожи в характеристиках воздействия на окружающую среду. Они также относятся к энерго- и материалоемким и характеризуются образованием аэрозолей цинковой пыли, отходов производств (отработанных цинксодержащих смесей).

Не смотря на целый ряд проблем, которые возникают при гальваническом цинковании, этот способ получил наибольшее распространение, т. к. позволяет обеспечивать максимальную производительность в сочетании с высоким качеством получаемых покрытий.

При правильно организованной работе отделения цинкования необходимо свести до минимума количество образующихся отходов, рассмотреть варианты их переработки в собственном производстве и предусмотреть способы обращения с ними таким образом, чтобы они не потеряли своей ценности в качестве сырья для других отраслей промышленности.

Список литературы

1 Гаевская, Т.В. Защитные, декоративные и функциональные покрытия, получаемые гальваническими и химическими методами / Т.В. Гаевская // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: мат. докл. респ. науч.-техн. семинара, Минск, 2011. – С. 145–149.

2 Жарский, И.М. Анализ состояния и перспективы развития гальванического производства в Республике Беларусь / И.М. Жарский, А.А. Черник. // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: мат. докл. респ. науч.-техн. семинара, Минск, 2011. – С. 154–155.

3 Покрытия цинковые. Руководство и рекомендации по защите от коррозии чугунных и стальных конструкций. Часть 2. Горячее цинкование: СТБ ISO 14713-2-2012.

4 Радионова, Л.В. Преимущества и недостатки способа горячего оцинкования стальной полосы. Проблемы цинкования / Л.В. Радионова, Ю.М. Субботина // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2013. – №2. – С. 3–9.

A.V. LIKHACHEVA

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF WAYS OF RECEIVING ZINC COVERINGS

The comparative characteristic of ways of receiving zinc coverings is presented in article. Comparison was made on technological and ecological indicators.