

УДК 621.793:669.058:661.847.9

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Астальюхина А.С., Пикалов Е.С.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

В данной работе были рассмотрены современные методы нанесения цинковых покрытий, которые являются наиболее эффективными для защиты металлических поверхностей от коррозии. За последние несколько десятилетий цинковые покрытия продемонстрировали высокие потребительские качества, позволяющие использовать их практически во всех сферах промышленности. Причинами широкого использования цинковых покрытий являются их устойчивость к внешним воздействиям, низкая стоимость и безопасность. В зависимости от назначения и характеристик обрабатываемой поверхности используют различные способы нанесения цинковых покрытий, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, которые приведены в данной работе. Также рассмотрены особенности технологии нанесения и дальнейшего использования следующих методов: горячее цинкование, термодиффузионное цинкование, гальваническое цинкование, холодное цинкование и газотермическое цинкование.

Ключевые слова: коррозия, цинковое покрытие, толщина покрытия, срок службы

CHARACTERISTICS OF MODERN METHODS OF APPLYING PROTECTIVE ZINC COATINGS

Astalyuhina A.S., Pikalov E.S.

Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

In this work we were considered modern methods of applying zinc coatings, which are most effective to protect metal surfaces from corrosion. Over the past few decades, zinc coatings showed high consumer qualities, allows their use in almost all industries. The reasons for the wide use of zinc coatings are their resilience, low cost and safety. Depending on the application and the characteristics of the treated surface using a variety of methods for applying coatings of zinc, each of which has its own advantages and disadvantages which are presented in this paper. Also, the features of the technology application and further use of the following methods: hot-dip galvanizing, thermal diffusion galvanizing, electro galvanizing, cold galvanizing and gas-thermal galvanizing.

Keywords: corrosion, the zinc coating, thickness of coating, durability

Коррозия (лат. corrosio) – это самопроизвольное разрушение металлов под воздействием химического или физико-химического влияния окружающей среды.

Процесс разрушения металлов и их защита от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем. Во многих областях промышленности технический прогресс тормозится из-за нерешенности, а подчас и нерешаемости целого ряда коррозионных задач. И особенно актуальными они становятся сегодня, когда использование металлов в самых разных отраслях производства достигло исторического пикового показателя.

Обзор основных методов цинкования

Наиболее распространенным методом защиты металла от коррозии является цинкование. Цинкование – нанесение слоя цинка или его сплава на поверхность металлических изделий или насыщение цинком поверхностных слоев для защиты от коррозии.

Метод защиты основан на том, что цинк в составе покрытия вступает в реакции кор-

розии первым, не подвергая воздействию сам металл.

Цинк способен уберечь железо от ржавчины, которая неизбежно появляется в ходе эксплуатации металлических предметов. И защита эта не чисто механического характера – вместе с железом цинк образует гальваническую пару, а результат взаимодействия цинка с кислородом обеспечивает ещё большую защиту – на цинке образуется поверхностная кора.

Антикоррозийные покрытия с использованием цинка, а именно цинкование, обладают рядом очевидных преимуществ: увеличение срока службы металла до 60 лет; покрытие всего изделия равномерным слоем; устойчивость к отслаиванию.

Цинкование применяется в строительстве, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, энергетики, газодобывающей промышленности, автомобилестроении, сельском хозяйстве.

Современные технологии предусматривают несколько видов цинкования. Каждый из них отличается временем опе-

рации, свойствами, применяемым оборудованием и толщиной образующейся цинковой пленки. Выбор того или иного метода нанесения определяется требованиями к защите, эксплуатационными факторами, условиями нанесения и экономическими аспектами.

Термодиффузионное цинкование – покрытие изделия цинком, осуществляемое из паровой или газовой фазы при высоких температурах (375–850 °С), применяется для покрытия труб и др. частей конструкций, работающих во влажной атмосфере, в бензине, керосине, газовых средах, содержащих серу. Толщина диффузионного слоя зависит от температуры и времени цинкования и составляет обычно 20–100 мкм. Срок службы 10–15 лет [1].

Важной особенностью термодиффузионного метода является возможность получения сплошного и равномерного по толщине покрытия на изделиях любой сложной формы.

Термодиффузионный метод цинкования применим для покрытия регенераторов в производстве бензина, теплообменников, печей, аппаратуры для производства синтетического аммиака, метанола и других органических продуктов.

Аппаратура, оцинкованная термодиффузионным методом, является стойкой в восстановительной газовой среде в присутствии серосодержащих веществ (например, H_2S) при температуре до 550 °С.

Недостатками термодиффузионного метода цинкования являются: громоздкость и сложность аппаратуры, применяемой для этой цели, большая продолжительность процесса, небольшая производительность и отсутствие декоративных свойств у диффузионного цинкового покрытия (серые тона, отсутствие блеска).

Горячее цинкование – покрытие металла слоем цинка для защиты от коррозии путем окунания изделия в ванну с расплавленным цинком при температуре около 460 °С. В результате антикоррозийной защиты срок службы изделия значительно продлевается (до 50 лет). Во время цинкования между цинком и железом образуется устойчивое соединение, даже при появлении царапин или сколов на поверхности оцинкованного изделия защитные свойства покрытия будут препятствовать воздействию ржавчины, чего не могут дать другие способы обработки – покраска или нанесение пластика. При этом невысокая стоимость цинка дает методу цинкования

еще одно преимущество перед другими способами антикоррозийной обработки. Кроме того, способ позволяет долгое время избегать ремонта и увеличивает срок службы металлических изделий. Цинкованию подлежат изделия любой формы. В зависимости от экологической среды, в которой будет использоваться конструкция, определяется и толщина наносимого слоя цинка.

Защитный цинковый слой образуется на изделии, которое погружается в массу расплавленного цинка. Далее происходит химическая реакция между основным металлом и цинком. В результате этого процесса вся поверхность конструкции, даже в самых труднодоступных местах, покрывается защитным слоем.

Основным преимуществом данного метода оцинкования по сравнению с электролитическим заключается в более высокой коррозионной устойчивости покрытия, поскольку горячий способ позволяет получить покрытие большой толщины (от 40–200 мкм). Срок службы покрытия от 50 и более лет.

К достоинствам этого метода цинкования можно отнести следующие: высокая коррозионная устойчивость покрытого изделия; относительная дешевизна горячего цинкования; простота реализации; простота обслуживания установок; высокая производительность; способность цинкового покрытия защищать основной металл даже после механического повреждения или нарушения сплошности покрытия; высокая электропроводность покрытия; хорошая теплопроводность.

Недостатки метода горячего цинкования:

- точная регулировка толщины этого покрытия невозможна. Горячий способ не может быть применен для покрытия изделий с точными допусками и в тех случаях, когда высокая температура может изменить свойства крепежа;

- по сравнению с термодиффузионным оцинкованием, существует возможность наводораживания и, как следствие, охрупчивания основного защищаемого материала (водородное охрупчивание) [5].

- детали, подвергающиеся горячему цинкованию, не должны иметь карманов, закрытых полостей и воздушных мешков. Не оцинковываются барабаны, емкости и змеевики из труб.

- относительно большой расход цинка.

Область применения данных изделий достаточно обширна, применяемое обо-

рудование для цинкования стальных конструкций позволяет использовать данную технологию практически в любой соответствующей отрасли – это энергетика, связь, дорожное, промышленное и гражданское строительство, промышленное производство, нефтедобыча и нефтепереработка, городская инфраструктура и коммунальное хозяйство [7].

Холодное цинкование – нанесение на заранее подготовленную поверхность специального цинкнаполненного состава (цинкнаполненные краски, грунты и композиции). Содержание цинкового высокодисперсного порошка в составе для холодного цинкования может достигать 95 % [4].

В результате использования таких составов на изделиях формируется покрытие с антикоррозионными характеристиками, которые практически ничем не уступают по свойствам покрытиям, получаемым горячим цинкованием.

Суть метода заключается в нанесении на чистую металлическую поверхность специальных красителей или грунтовок, содержащих в своем составе до 98 % цинковой пудры. В этом случае цинк так же, как и при горячей оцинковке, становится анодом в гальванической паре с железом и обеспечивает его катодную защиту. Металл, который в гальванической паре является защитником, называют протектором, отсюда название – протекторная защита. Наносится такое покрытие принятым при обычной покраске способом – распылителем. Толщина покрытия определяется количеством наносимых слоев композиции от 40 мкм – 1 слой, 120 мкм – 3 слоя. Срок службы покрытия 9–13 лет [4].

Нанесенное по всем правилам на хорошо подготовленную поверхность покрытие дает потребителю следующие преимущества: надежная катодная защита от коррозии; красивый внешний вид; долговечность и устойчивость; могут быть обработаны как элементы, так и вся конструкция в сборе, поэтому защищаются сварные швы, стыки и соединения элементов.

Недостатками цинковых покрытий являются:

- отсутствие характерного металлического блеска, что, однако, легко компенсируется высокой совместимостью практически со всеми видами лакокрасочных материалов;
- малая долговечность покрытия;
- покрытие чувствительно к механическим воздействиям.

Методом холодного цинкования наносят покрытия на детали автомобилей, трубы, арматуру, различные резервуары, мостовые сооружения, части судов, нефтепроводы, газопроводы, цистерны, металлоконструкции и многое другое.

Холодным цинкованием хорошо укрепляют различные металлоконструкции и трубы. Широко используется холодное цинкование при ремонте уже установленных магистральных трубопроводов.

Газотермическое напыление цинка, или цинковая металлизация – это специальный технический процесс, позволяющий наносить на металлоконструкции надёжные защитные антикоррозионные слои из алюминия, цинка или других стойких металлов, не подвергающихся разрушению. Газотермическое напыление может наноситься такими методами, как газопламенное напыление, плазменное напыление и электродуговая металлизация [8].

Процесс заключается в том, что покрываемая поверхность и наносимый защитный слой играют роль катода и анода, обменивающихся заряженными частицами, что обеспечивает максимальное присоединение защитного слоя и полную его непроницаемость для влаги и кислорода. При этом достигается ещё и такой эффект, что газотермическое напыление даже в случае механического повреждения защитного слоя может самовосстанавливаться. При металлизации поверхность детали предварительно не нагревается и при напылении не поднимается выше 180 °С [8]. Покрытие можно производить не только в цеху, но и на открытых местностях. Ещё одним достоинством такого способа получения покрытий является то, что напыление позволяет экономить исходное, зачастую дорогостоящее сырьё и энергетические ресурсы.

В случае газотермического напыления могут быть получены покрытия из чистого цинка (> 99,9 %) благодаря тому, что не происходит химического взаимодействия между материалом детали и покрытием. Толщина цинкового покрытия от 60 до 300 мкм [3].

Газотермические покрытия в силу своей природы являются пористыми. Для снижения скорости их электрохимического растворения они пропитываются порозаполнителями в виде лакокрасочных покрытий. Такие комбинированные покрытия могут обладать долговременной защитной способностью, достигающей 30 и более лет. Однако они весьма чувствительны к меха-

ническим воздействиям и требуют восстановления свойств лакокрасочных покрытий через каждые 5–7 лет.

Электролитическое, или гальваническое, цинкование – наиболее рациональный и совершенный способ цинкования, получивший широкое распространение в промышленности для защиты стальных изделий от коррозии. Электролитическое осаждение цинка из водных растворов его солей, несмотря на высокий потенциал этого металла ($-0,70$ В), достигается благодаря тому, что почти не выделяется на катоде [6].

При электролитическом цинковании стали сплав между железом основы и цинком не образуется. Поэтому цинковое покрытие не содержит примеси основного металла. Загрязнения его другими металлами (железом, свинцом) весьма незначительны, их количество не превышает сотых долей процента. Степень чистоты электролитического цинкового покрытия тем выше, чем чище исходные материалы, применяемые для электролиза, и прежде всего материал анодов.

Полученное при нормальных условиях электролитическое цинковое покрытие отличается значительно меньшей хрупкостью, чем покрытия цинком, наносимые другими способами; оно обладает большей пластичностью и хорошей сцепляемостью с основным металлом.

Электролитический способ позволяет точно регулировать количество наносимого на поверхность цинка и получать на изделиях несложной конфигурации достаточно равномерные покрытия. В связи с этим расход цинка на покрытие значительно меньше, чем при других способах. Потери цинка, неизбежные при горячем способе, в данном случае незначительны. Экономия металла при электролитическом способе по сравнению с горячим составляет 50% и более [2].

Толщина цинкового покрытия, необходимая для защиты изделий от коррозии, зависит от материала и характера обработки покрываемых изделий, назначения, условий службы и хранения изделий и колеблется в довольно широких пределах, от 3 до 40 мкм. Покрытие ложится равномерно, по сравнению с горячим цинкованием, полностью повторяя поверхность изделия. Срок службы покрытия до 40 лет.

В настоящее время гальваническое цинкование широко распространено и применяется во всех областях промышленности для защиты от коррозии разнообразных металлических изделий, таких как болты, гай-

ки, шайбы, крепежные и конструкционные элементы.

К преимуществам этого наиболее распространенного метода цинкования необходимо отнести высокую производительность и равномерность покрытия, блестящий, декоративный характер поверхности с неизменными размерами.

Основным недостатком таких покрытий являются низкие адгезионные свойства, что в итоге приводит к низкой коррозионной стойкости изделий, обработанных таким методом.

Цинкованию могут подвергаться детали из сталей различных марок с прочностью на растяжение вплоть до 1500 Н/мм².

Электролитическое цинкование не рекомендуется к применению в следующих случаях: для высоко нагруженных пружин; для деталей, работающих при температуре выше 250 °С; для деталей, эксплуатирующихся в пресной горячей воде при температуре выше 60 °С; в некоторых других случаях, связанных с особенностью условий эксплуатации изделий [6].

Заключение

Ни один из вышеперечисленных способов цинкования не является универсальным для всех условий эксплуатации. Все они в какой-то мере взаимно дополняют друг друга и позволяют решать разнообразные технические задачи, связанные с защитой изделий от коррозии и приданием их поверхности необходимых функциональных свойств. На сегодняшний день в одном изделии возможно использовать несколько типов покрытий.

Список литературы

1. Все о коррозии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.okorrozii.com/holodnoe-zinkovanie.html> (дата обращения: 9.11.2015).
2. Елинек Т.В. Успехи гальванотехники. Обзор мировой литературы за 2003–2004 гг. // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2005. – Т. 13, № 2. – С. 16–20.
3. Кудрявцев В.Н. Покрытия и обработка поверхности. 7-я международная выставка и конференция: тезисы докл. (Москва, 17–19 марта 2010 г.). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – С. 108.
4. Лобанов С.А. Практические советы гальванику. – СПб.: Питер, Машиностроение, 2001. – С. 257.
5. Михайлов А.А. Обработка деталей с гальваническими покрытиями. – М.: Машиностроение, 2002. – С. 144.
6. Окулов В.В. Цинкование. Техника и технология. / Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2008. – С. 252.
7. Проскуркин Е.В., Горбунов Н.С., Диффузионные цинковые покрытия. – М.: Металлургия, 1972. – С. 248.
8. Толмачев И.Д. Современные технологии получения газотермических покрытий [Электронный ресурс] // ООО «Техносервис ПВП»: сайт. —URL: <http://tservi.com/sovremennye-tehnologii-polucheniya-gazotermicheskikh-pokrytiy> (дата обращения: 9.11.2015).