



УДК 669.58

Поступила 26.11.2013

В. М. КОНСТАНТИНОВ, Н. И. ИВАНИЦКИЙ, Л. А. АСТРЕЙКО, БНТУ

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ЦИНКОВЫЕ ПОКРЫТИЯ НА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЯХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Выполнен анализ существующих цинковых покрытий на стальных деталях. Освещены достигнутые результаты по разработке энерго-, ресурсосберегающих технологий термодиффузионного цинкования.

The analysis of existing zinc coatings on steel details is carried out. The reached results on development of energy- resource-saving technologies of thermal-diffusion galvanization are reported.

Защита стальных изделий и конструкций от коррозионного разрушения в настоящее время приобретает особую актуальность. Эксплуатируемые в строительстве, нефтепереработке, сельском хозяйстве изделия попадают в коррозионную среду как низкой, так и высокой агрессивности. Это обуславливает значительные вложения средств, направленных на поддержание как эксплуатируемых, так и вновь создаваемых конструкций в рабочем состоянии. Выбор метода, используемого при нанесении защитного покрытия, является важным этапом обеспечения длительной эксплуатации узла или конструкции. Неправильный выбор вида защитного покрытия приводит к дополнительным эксплуатационным затратам. Для обеспечения антикоррозионной защиты стальных изделий в мировой практике активно используется нанесение специальных металлоподобных покрытий. Наиболее дешевыми и практичными являются цинксо-держащие покрытия. Возможно получение раз-

личных по свойствам и характеристикам цинксо-держащих покрытий. Оцинкованная конструкция за весь срок службы (около 25 лет) не требует ремонта покрытия, тогда как поверхность, окрашенная даже несколькими слоями, за тот же период потребует минимум одного, а то и трех перекрашиваний. Таким образом, при длительном сроке эксплуатации сооружения более дешевое окрашивание оказывается в дальнейшем существенно дороже [1].

Мировой рынок производства и потребления цинка является динамично растущим. Постоянно создаются новые и модернизируются старые производства, использующие в своем производственном цикле как чистый цинк, так и его соединения. Среди «металлических» конкурентов цинка можно выделить никель и хром, однако они существенно дороже цинка [2]. Основной потребитель цинка (см. рисунок) – это строительная индустрия: опоры ЛЭП, несущие каркасы зданий, опорные



Источник: Центр по развитию цинка

а



Источник: International Zinc Association

б

Схема потребления цинка в мире [2]: а – отрасли-потребители цинка в мире; б – сферы потребления

конструкции, фонарные столбы, крыши, водосточные трубы, мосты, коммунальная инфраструктура и т. д. Важным потребителем является также автомобилестроение. Современный автомобиль содержит до 15–20 кг цинка.

Отсутствие собственных металлургических ресурсов цинка в условиях Беларуси требует взвешенного, рационального подхода к выбору цинк-содержащих защитных покрытий с учетом технологических возможностей, рациональных областей их применения, требований, предъявляемых к защитным покрытиям, в различных сферах производства.

Защитные цинковые покрытия можно разделить на две большие группы, различие которых состоит в механизме образования покрытия. Речь идет о диффузионных и не диффузионных цинк-содержащих покрытиях.

Защитные покрытия, полученные не диффузионными методами (основываясь на технологическом признаке), делятся на гальванические, напыленные, наплавленные и механически нанесенные. Механизм получения диффузионных покрытий позволяет получить защитные покрытия, состоящие из интерметаллических фаз, что дает преимущество в использовании такого рода покрытий в большинстве сфер [1, 3].

В настоящее время на предприятиях Республики Беларусь широко применяются гальванический метод цинкования, а также цинкование в расплавленном цинке. По многим причинам их нельзя признать самыми эффективными и экологически безопасными. С возрастанием значения экологического фактора используемых процессов полная или частичная замена данных методов цинкования другими является важной и актуальной задачей.

Каждый метод цинкования в связи с определенным комплексом свойств получаемых покрытий, а также конфигурацией обрабатываемых изделий имеет свою область применения. Цинкования в расплаве обычно применяют в условиях массового производства для простых по конфигурации изделий и заготовок (листы, проволока, ленты, трубы). Однако этот метод не обеспечивает качественной защиты изделий сложной конфигурации с внутренними поверхностями. Гальваническое цинкование распространено для различного рода крепежных, конструкционных стальных элементов, придает товарный вид продукции. Однако в ряде случаев (повышенная агрессивность среды, механическое воздействие на покрытие) гальваническое покрытие не обеспечивает требуемый комплекс защитных свойств. Метод цинкования в по-

рошковых средах (термодиффузионное цинкование, ТДЦ) позволяет обрабатывать стальные изделия сложной конфигурации. Возможно цинкование термообработанных деталей.

Основными эксплуатационными характеристиками защитных покрытий являются антикоррозионные свойства, устойчивость к истиранию и высокая прочность сцепления покрытия с поверхностью обрабатываемого изделия. Основным фактором, влияющим на комплекс получаемых свойств, является структура покрытия. Поэтому большой интерес вызывает взаимосвязь микроструктуры и свойств различных видов покрытий. Диффузионные цинковые покрытия по сравнению с гальваническими и металлизационными имеют более прочную (диффузионную) связь с защищаемой сталью, а плавное изменение концентрации цинка по толщине покрытия обуславливает менее резкое изменение его свойств. Более высокая по сравнению с гальваническими и металлизационными цинковыми покрытиями твердость диффузионных цинковых покрытий обеспечивает им более высокую сопротивляемость истиранию. Диффузионный способ нанесения покрытий обеспечивает получение беспористых цинковых покрытий, в связи с этим появляется возможность наносить на изделия коррозионностойкие диффузионные цинковые покрытия небольшой толщины, например, 25–30 мкм. При горячем цинковании при нанесении тонких покрытий (25–30 мкм) требуется тщательная подготовка поверхности изделия перед цинкованием и, тем не менее (особенно при цинковании длинномерных изделий) возможно образование в покрытии различных несплошностей, что резко снижает защитную способность таких горячецинковых покрытий. Гальванические или металлизационные цинковые покрытия отличаются большой пористостью, особенно если слой этих покрытий небольшой толщины (30–50 мкм). Поэтому эти покрытия зачастую пропитывают различными органическими составами, чтобы закупорить поры в покрытии.

В тех случаях, когда диффузионно оцинкованные изделия предназначены для работы в очень жестких коррозионных условиях, рекомендуется производить пассивацию. Эта операция исключает образование «белой ржавчины» или вредных цинковых солей на поверхности. После чего на покрытие образуется пленка из стабилизированных солей цинка, которая препятствует воздействию влаги или конденсата на цинк [3].

Наиболее характерными областями применения для различных видов цинковых покрытий являются следующие [3, 4].

1. Гальванические покрытия широко применяют в машиностроении, а также производстве бытовой техники для защиты от коррозии и улучшения декоративного вида различных деталей и изделий.

2. Металлизационные покрытия наносят на разные емкости, металлоконструкции, наружные поверхности трубопроводов, сварные швы трубопроводов и др.

3. Горячеоцинкованные покрытия используют при производстве оцинкованного стального полового проката, труб и проволоки при строительстве промышленных и гражданских объектов. Также применяют для защиты разных металлоизделий.

4. Диффузионные покрытия широко применяют в гражданском и промышленном строительстве, коксохимической и нефтедобывающей промышленности, судостроении и морском флоте, в первую очередь для защиты различных трубопроводных систем и технологических аппаратов, а также для защиты крепежных изделий (болтов, гаек и др., особенно высокопрочных). Диффузионный способ цинкования находит все большее распространение при цинковании длинномерных стальных изделий (труб, компонентов дорожных ограждений и линий электропередач, арматуры и др.), что обусловлено высокими химическими и физико-механическими свойствами диффузионных цинковых покрытий.

Кафедра «Материаловедение в машиностроении» БНТУ длительное время успешно занимается разработкой и внедрением цинк содержащих диффузионных покрытий на стальных и чугунных деталях [5–7]. Активно разрабатываются следующие направления: рекуперирование тепла за счет термостагирования обрабатываемых объемов деталей [8]; совмещение некоторых операций термической обработки и ТДЦ [9, 10]; создание эффективных синтетических импортозамещающих насыщающих порошковых смесей с использованием цинк содержащих отходов [11].

Разработан термостат-рекуператор, предназначенный для рекуперирования тепла остывающего контейнера после ТДЦ и подогрева контейнеров перед следующим циклом термодиффузионного цинкования. Указанное устройство позволяет уменьшить время на нагрев и охлаждение обраба-

тываемых деталей и насыщающей смеси, что в свою очередь обеспечивает повышение производительности и экономию энергоресурсов. Применение системы рекуперирования тепла при процессах термодиффузионного цинкования позволяет более эффективно использовать тепло от нагретых реторт, сократить время выдержки в печи последовательно используемых реторт в 1,6–2,0 раза, тем самым, сокращая затраты на общий цикл обработки изделий.

Температурный интервал процессов ТДЦ составляет от 300 до 600 °С в зависимости от времени выдержки и ряда специфических технологических параметров процесса. Широкий интервал рабочих температур ТДЦ обеспечивает принципиальную возможность совмещения операции отпуска закаленных стальных деталей с процессом ТДЦ. Проведенный теоретический анализ процессов и комплекс экспериментальных работ позволили разработать несколько вариантов включения диффузионного цинкования в общий цикл термической обработки стальных изделий. Разработан и внедрен в производство совмещенный технологический процесс термической обработки и ТДЦ граверных шайб. После интегрированного цикла термической и антикоррозионной обработки эксплуатационные характеристики данного типа изделий соответствовали параметрам, регламентируемым соответствующей нормативно-технической документацией.

Эффективным приемом снижения затрат на ТДЦ является использование отходов от производств горячего цинкования (изгарь, дросс, зола и пыль) для приготовления синтетических цинк содержащих порошковых сред, осуществления термодиффузионной обработки изделий. Проведенные исследования показывают, что диспергированные отходы эффективно применять в качестве самостоятельной синтетической насыщающей смеси для цинкования.

Таким образом, рациональное применение разрабатываемых технологий термодиффузионного цинкования для антикоррозионной обработки стальных деталей и элементов металлоконструкций позволяет существенно повысить эффективность, снизить затраты, расширить область рационального применения ТДЦ, повысив его конкурентоспособность.

Литература

1. Обзор рынка цинка и оцинкованной продукции / В. И. Полькин, Н. Л. Пономарева. <http://www.zdc.ru>. Некоммерческое партнерство «Центр по развитию Цинка».
2. Обзор Российский цинк 27.04.2007 г. Сергей Кривохижин. ФК Открытие.
3. Защитные цинковые покрытия: сопоставительный анализ свойств, рациональные области применения / Е. Проскуркин // Оборудование. 2005. № 3, 4.

4. Восстановление деталей машин: Справ. / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов / Под ред. В. П. Иванова. М.: Машиностроение, 2003.
5. В о р о ш н и н Л. Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л. Г. Ворошнин, Ф. И. Пантелеенко, В. М. Константинов. 2-е изд., перераб. и доп. Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001.
6. А с т р е й к о Л. А. Диффузионные цинковые покрытия, полученные в гидротермально обработанных порошковых средах: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. Минск, БНТУ, 2006.
7. Г а л и н Р. Г., А с т р е й к о Л. А. Диффузионные цинковые покрытия, полученные в гидротермически обработанных порошковых средах // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 1. С. 28–32.
8. К о н с т а н т и н о в В. М., Б у л о й ч и к И. А., З д а н о в и ч О. В. Повышение эффективности процессов термодиффузионного цинкования за счет использования термостатирования // Металлургия. 2012. № 34. С. 121.
9. К о н с т а н т и н о в В. М., Б у л о й ч и к И. А. Анализ способов интенсификации диффузионных процессов при цинковании на различных стадиях ХТО // Металлургия. 2012. № 34. С. 96.
10. Заявка на получение патента РБ № а20130386 / В. М. Константинов, И. А. Булойчик, А. М. Скибарь. Способ термодиффузионного цинкования стальных упругих элементов: МКИ С 23С 10/36.
11. У р б а н о в и ч Н. И., Г е г е н я Д. В. Изучение возможности использования изгари в составе насыщающих смесей для активации процесса диффузионного насыщения // Металлургия. 2012. № 34. С. 168.