

5. ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.0:667.6:669

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ТИПОВ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАМЕТИЛЕНДИЭТИЛЕНТЕТРАМИНА (ТМДЭТА)

Е.А. Виноградова, В.П. Молчанов

© Виноградова Е.А., Молчанов В.П., 2024

Аннотация. В статье отмечено, что в настоящее время актуально развивать химическую промышленную продукцию в области защиты металлических конструкций с целью увеличения срока службы, экономической эффективности и экологичности в использовании. Предложены новые типы антикоррозионных покрытий на основе эффективного аминоксодержащего соединения.

Ключевые слова: антикоррозионное покрытие, тетраметилендиэтилентетрамин (ТМДЭТА), металлические конструкции, коррозия, срок службы, грунтовка.

В современном мире металлические конструкции играют важную роль в различных промышленных областях. Они являются неотъемлемой частью инфраструктуры, обеспечивая прочность, надежность и долговечность сооружений. Металл используется при строительстве зданий и мостов, производстве автомобилей и самолетов, а также в нефтегазовой, энергетической, морской и других отраслях промышленности. Однако в результате коррозии примерно 30 % от общего числа изделий из металлов и сплавов приходят в негодность.

При анализе технического состояния металлических конструкций, эксплуатирующихся в контакте с агрессивными средами, пылевидными частицами, водой и водяным паром, различными химическими веществами, отмечается образование электролитов, которые способствуют развитию коррозии. В результате этого фактический срок службы промышленных объектов не соответствует заявленным характеристикам [1].

Чтобы решить проблему самопроизвольного разрушения металлов, необходимо создавать и внедрять инновационные, а также постоянно совершенствовать уже выпускаемые антикоррозионные покрытия. Они создают защитный слой на поверхности металла, предотвращая его контакт с окружающей средой, агрессивными средами и минимизируя

последствия температурных перепадов. Применение антикоррозионных покрытий имеет несколько преимуществ. Во-первых, значительно увеличивается срок службы металлических конструкций, что позволяет снизить затраты на их ремонт. Во-вторых, антикоррозионные покрытия обеспечивают сохранность и безопасность работы оборудования и сооружений, предотвращая возникновение аварийных ситуаций. В-третьих, покрытия способствуют экономии энергии и ресурсов, так как устраняют необходимость в ранней замене металлических деталей и компонентов. В-четвертых, металлические конструкции могут быть использованы в самых разнообразных условиях и климатических зонах.

Анализ результатов ранее проведенных научных исследований показал, что более надежной защиты от коррозии можно достичь путем разработки антикоррозионных покрытий на основе тетраметилендиэтилететрамина (ТМДЭТА). Это органическое соединение и комплексообразующий агент, который создает стабильные комплексы со многими металлами и одновременно с этим обладает высокой адсорбционной способностью и химической стабильностью. Он также обладает ингибирующими свойствами и может использоваться в качестве ингибитора коррозии как анодного, так и катодного типа в зависимости от условий эксплуатации и свойств металла. Тетраметилендиэтилететрамин может образовывать на поверхности металла пассивные пленки, которые защищают его от окисления, создавать защитные слои и снижать скорость коррозионных реакций. Он может быть эффективным средством защиты как от общей, так и от локальной (точечной, трещин) коррозии. Кроме того, ТМДЭТА обладает хорошей адгезией к металлу, что обеспечивает долговечность, стойкость покрытия и увеличивает срок службы конструкций. Все эти факторы и свойства позволяют ТМДЭТА в составе покрытий эффективно взаимодействовать с металлической поверхностью и предотвращать появление коррозии.

Внедрение антикоррозионных покрытий на основе ТМДЭТА потенциально даст возможность снизить затраты на обслуживание и ремонт металлических конструкций, стать экологически безопасной альтернативой традиционным антикоррозионным покрытиям, которые содержат вредные химические вещества, а также обеспечить импортозамещение.

Любой процесс коррозии начинается на поверхности металла при действии корродирующего агента. Основным способом борьбы с возникновением коррозии является изоляция окрашиваемой поверхности от действия корродирующего агента. Такой эффект возможен при применении материалов с лакокрасочной пленкой, не поддающейся действию коррозионной среды [2]. Важнейшее свойство защитной пленки – ее проницаемость, обусловленная протеканием диффузных и

сорбционных процессов. Активный реагент из окружающей среды диффундирует к поверхности покрытия и сорбируется на его поверхности. Затем происходит диффузия активного реагента в слое покрытия и химическое взаимодействие агента среды и компонентов покрытия с последующей диффузией продуктов их взаимодействия в покрытие. Разрушение покрытия происходит на стадии взаимодействия активного агента рабочей среды с компонентами покрытия. Наличие активных групп в составе антикоррозионных покрытий может менять полярность, оказывать влияние на проницаемость, на характер межфазных взаимодействий и повышать адгезию к металлическим поверхностям [3].

Лакокрасочные покрытия получили популярность благодаря распространению противокоррозионных грунтовок. Основными преимуществами антикоррозионных грунтовок на основе ТМДЭТА являются:

устойчивость к перепадам температур без разрушения декоративного слоя;

экологическая безопасность при использовании;

разнообразие ассортимента лакокрасочных материалов;

простота в использовании при нанесении;

широкий спектр применения;

высокая эффективность защиты от коррозии;

экономическая эффективность.

Есть несколько видов грунтовок: эпоксидные, универсальные, цинковые и протекторные. Каждая из них может быть изготовлена на основе ТМДЭТА и предложена на рынке строительной химии. Механизм действия грунтовок зависит от природы пленкообразователя и компонентов рецептуры, а также от условий эксплуатации конструкций.

Принцип действия эпоксидных грунтовок (их еще можно назвать изоляционными) основан на диффузионных процессах и адгезионной прочности покрытий. Эти смолы отличаются упругостью и более высокой стойкостью, а ТМДЭТА является отвердителем. Антикоррозионная стойкость обусловлена наличием гидроксильных групп, обеспечивающих хорошую адгезию и высокую прочность за счет эпоксидной основы. Присутствие метильных групп придает коррозионную стойкость. Тетраметилэтилентетрамин обеспечивает быструю реакцию полимеризации эпоксидной смолы, что позволяет ускорить процесс высыхания и повысить производительность. За счет ТМДЭТА формируется твердая и прочная пленка, обладающая высокой химической стойкостью и механической прочностью, т.е. способная защитить поверхность от воздействия агрессивных сред. Эпоксидные грунтовки применяют на поверхности конструкций и изделий из

металлов в качестве первого слоя при создании комбинированных покрытий с использованием красок и лаков.

Универсальные грунтовки на основе полиуретановых смол предназначены для применения в разных типах конструкций и обеспечивают хорошую адгезию и защиту от коррозии. Эти смолы обладают высокой эластичностью, что позволяет грунтовке гибко подстраиваться под движение и деформацию поверхности, предотвращая появление трещин. Кроме того, полиуретановые смолы обладают высокой стойкостью к погодным условиям, поэтому грунтовки на их основе можно использовать не только внутри помещений, но и на открытом воздухе. Уникальность ТМДЭТА заключается в его способности образовывать химическую связь с поверхностью металла, обеспечивая прочное сцепление грунтовки с металлическим основанием. Вследствие этого предотвращается коррозия поверхности и образуется защитный слой, который останавливает попадание влаги и агрессивных веществ на металл. Улучшаются адгезия и сцепление между металлом и последующими слоями покрытия, такими как краска и лак. Данные качества позволяют увеличить срок службы металлических конструкций и сократить затраты на их ремонт и обслуживание.

Цинковые грунтовки являются пассивирующими, так как создают на поверхности металла адсорбционные или фазовые слои, которые приводят к торможению коррозионного процесса. Влага проникает через покрытие, частично растворяет пигмент (хроматы цинка) и, обогащаясь ионами, пассивирует металл [4]. Тетраметилендиэтилентетрамин вносится в качестве добавки для формирования таких свойств, как повышение термической стабильности грунтовки, повышение сцепления с основанием и уменьшение отслаивания покрытия, повышение устойчивости к кислотам, растворителям, щелочам.

Протекторные антикоррозионные грунтовки в качестве пигмента содержат в составе порошки цинка или алюминия. Под воздействием агрессивной среды эти пигменты разрушаются, тем самым защищая поверхность стальных деталей. Цинк в данном случае играет роль анода и переходит в ионное состояние. Связующим в таких грунтовках являются пленкообразующие материалы на основе полистирола, алкидных или фенольных смол [3], а ТМДЭТА обладает высокой антикоррозионной активностью и создает дополнительный защитный слой, препятствующий проникновению различных сред, тем самым замедляя разрушение пигмента. Тетраметилендиэтилентетрамин также является низкотоксичным соединением, которое реагирует с поверхностными оксидами и формирует стабильные комплексы, предотвращая процессы коррозии.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности формирования тенденции развития антикоррозионной защиты за счет использования

уникальных свойств ТМДЭТА. Защитные свойства покрытий улучшаются благодаря применению ингибиторов как катодного (порошки металлов), так и анодного (ТМДЭТА) типов. Снижается токсичность за счет взаимодействия пленкообразующих смол и ТМДЭТА. Нанесение применяемых эластичных антикоррозионных грунтовок приводит к повышению технологичности, адгезии, надежности и увеличению срока службы.

Создание указанных покрытий представляет собой инновационное решение для рынка строительной химии, которое поможет расширить ассортимент, привлечь клиентов из разных областей промышленности, стабилизировать спрос внутри страны.

Библиографический список

1. Черкасова Т.Г. Эксплуатационная надежность антикоррозионной защиты в промышленно развитом регионе // Вестник КузГТУ. 2012. Вып. 3. С. 163–165.
2. Мощенко Е.М. Разработка состава антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов: магистерская диссертация: 18.04.01. Томск, 2022. 138 с.
3. Левиев Л.В., Прокопчук Н.Р. Антикоррозионные покрытия химстойкости // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015. № 4. С. 134–138.
4. Лакокрасочные покрытия в машиностроении / под ред. М.М. Гольдберга. М.: Машиностроение, 1974. 576 с.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF NEW TYPES OF ANTICORROSIVE COATINGS BASED ON TETRAMETHYLENEDIETHYLENETETRAMINE (TMDETA)

E.A. Vinogradova, V.P. Molchanov

***Abstract.** Currently, it is important to develop chemical industrial products in the field of protection of metal structures, in order to increase service life, economic efficiency and environmental friendliness in use, therefore, new types of anticorrosive coatings based on an effective amino-containing compound are proposed in this article.*

***Keywords:** anticorrosive coating, tetramethylenediethylenetetramine (TMDETA), metal structures, corrosion, service life, the primer.*

Об авторах:

ВИНОГРАДОВА Елизавета Андреевна – магистр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vinogradli27@yandex.ru

МОЛЧАНОВ Владимир Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

About the authors:

VINOGRADOVA Elizaveta Andreevna – Master's Degree, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vinogradli27@yandex.ru

MOLCHANOV Vladimir Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

УДК 66.011

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕЛЬ-ФОРМОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

И.В. Кольцов

© Кольцов И.В., 2024

***Аннотация.** В статье представлены преимущества углеродных волокон, которые эффективно используются в различных отраслях промышленности. Дано описание процесса получения «белого» волокна мокрым способом. Указаны основные результаты моделирования процессов гель-формования химических волокон.*

***Ключевые слова:** производство химических волокон, формование, волокно, гель-формование, гелеобразование, моделирование, полиакрилонитрил, углеродное волокно, прекурсор.*

Производство углеродных волокон является одной из важнейших отраслей современной промышленности, имеющих серьезное значение для перспектив развития авиации, кораблестроения, машиностроения и энергетики, производства спортивного инвентаря, медицины, строительства, науки и технологий, включая оборонные направления.

Углеродные волокна обладают большой прочностью на растяжение, а также характеризуются высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью. У них высокая теплостойкость: при тепловом воздействии вплоть до 1 600–2 000 °С в отсутствие кислорода механические показатели волокна не изменяются. Кроме того, они устойчивы к агрессивным химическим средам, однако окисляются при нагревании в присутствии