

УДК 621.794.62

Габышева Влада Анатольевна, бакалавр,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, mocking-bird97@yandex.ru

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ НТТС

Аннотация. В представленной статье проведен сравнительный анализ технологичности различных способов защиты изделий машиностроения, используемых при изготовлении и ремонте, от коррозии. Выявлены свойства и технологические особенности нанесения покрытий, обеспечивающих коррозионную стойкость деталей машин. На основании полученных данных были представлены результаты анализа факторов, влияющих на выбор оптимального способа нанесения защитного покрытия, который должен обеспечивать не только защиту от воздействия окружающей среды, но и снизить вероятность отказов, как отдельных элементов, так и технической системы в целом. Особое внимание было уделено выявлению преимуществ применения фосфатных покрытий на основе водной суспензии. Постоянное совершенствование составов, используемых для фосфатирования, повышение их антикоррозионных свойств, а самое главное простота их нанесения, обеспечивает реальную возможность применения данного типа защитных покрытий как в условиях производства, так и в условиях ремонта.

Ключевые слова: водная суспензия; детали машин; изготовление; коррозия; коррозионная стойкость; ремонт; технологичность фосфатные покрытия.

Gabysheva Vlada A., bachelor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, mocking-bird97@yandex.ru

EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE USAGE OF ANTI-CORROSION COATINGS FOR THE PROTECTION OF MACHINE PARTS

Abstract. In the present article, a comparative analysis of the manufacturability of various methods of protecting engineering products used in the manufacture and repair of corrosion is carried out. The properties and technological features of coating deposition, providing corrosion resistance of machine parts, are revealed. On the basis of the obtained data, the results of the analysis of factors influencing the choice of the optimal method of applying a protective coating were presented, which should provide not only protection from environmental exposure, but also reduce the likelihood of failures, both of individual elements and of the technical system as a whole. Particular attention was paid to identifying the benefits of using phosphate coatings based on water suspension. Continuous improvement of the compositions used for phosphating, increasing their anti-corrosion properties, and most importantly the simplicity of their application, provides a real possibility of applying this type of protective coatings both under production conditions and under repair conditions.

Key words: corrosion; corrosion resistance; machine parts; manufacturability; manufacture; phosphate coatings; repair; water suspension.

Введение

Освоение методов обработки и изготовления изделий машиностроения из металла было основополагающим фактором развития научно-технического прогресса. Но вместе с тем неизбежно возникает проблема отказов технических систем, связанная с коррозионным разрушением металлов. Можно выделить главные проблемы, определяющие важность борьбы с ней: большой ущерб, наносимый экономикам стран, снижение надежности оборудования и невосполнимые потери металлического фонда. Например, согласно [1] убытки, вызванные коррозией составляют, в среднем, от 1 до 5% ВВП страны. Из них наибольшая часть (23,97%) приходится на транспортный сектор (автомобильный, железнодорожный транспорт и авиация).

Время безотказной работы технических систем и технологического оборудования в значительной степени зависит от коррозионной стойкости применяемых при их производстве материалов. В течение всего срока эксплуатации автомобилей более 35% металла приходит в негодность по причине коррозионного разрушения. На скорость возникновения коррозии кузовных элементов автомобилей влияет воздействие химических антигололедных реагентов в зимнее время, колебания температур, повышенная влажность и промышленные отработанные газы [2].

Основная часть

Наиболее распространенным методом антикоррозионной защиты деталей машин является нанесение различных типов защитных покрытий. Они изолируют поверхность металла от воздействия агрессивной среды, тем самым предотвращая возникновение коррозии или значительно замедляя ее разрушительное действие. Защитные покрытия подразделяют на неметаллические, неорганические и металлические покрытия.

К первым относят лаки, эмали, краски. Краски представляют собой суспензию из пигментов и наполнителя в масле, которые после высыхания образует на поверхности однородную пленку. Основные преимущества лакокрасочных покрытий – дешевизна, простота нанесения и возможность получения покрытия любого цвета. Нанесение можно осуществлять валиком, кистью, методом пульверизации или электрофорезом.

К основным недостаткам относят недолговечность защитного действия, слабую стойкость к температурным и механическим воздействиям, а также многослойность покрытия для обеспечения требуемой прочности (предварительное нанесение грунтовочных слоев и покрытие окрашенной поверхности лаками).

Лаки, в свою очередь, состоят из смеси пленкообразующих веществ, воды и органических растворителей. После нанесения на поверхности формируется твердая прозрачная однородная пленка. Лаковые покрытия лучше переносят пластические деформации за счет большей упругости, по сравнению с покрытиями, полученными с использованием красок. Однако слабее их протекторные свойства [3].

Одним из основных недостатков лакокрасочных покрытий является проницаемость по отношению к различным коррозионным агентам (вода, кислород воздуха). Снизить негативное влияние данного фактора можно путем введения противокоррозионных пигментов (цинковые белила, фосфат хрома, цианамид свинца) и нанесением большего числа слоев ЛКМ [4].

Эмали являются разновидностью щелочноалюмоборсиликатных стекол с низкой температурой плавления. Состав подбирается, исходя из требуемых свойств защитного покрытия. Эмали обладают хорошей коррозионной стойкостью и находят широкое применение в машиностроении, строительстве, электротехнике и домашнем хозяйстве.

К преимуществам данного типа покрытий относят стойкость к температурным воздействиям, действию агрессивных сред и ультрафиолета. К недостаткам эмалей можно отнести малую прочность на удар, толчок и кручение, а также плохую ремонтпригодность [3].

Металлические защитные покрытия получают различными способами нанесения: гальваническим, горячим, контактным или плазменным напылением. Для защиты от коррозионного разрушения чаще всего используют цинковые, кадмиевые и многослойные покрытия.

Самым распространенным методом является цинкование. Цинковые покрытия можно получить горячим, электролитическим и холодным методом. Метод горячего нанесения, при котором деталь окунается в ванну с расплавленным цинком, требует большого расхода металла, при этом качество поверхностного слоя значительно хуже по сравнению с покрытием, полученным электролитическим методом. Однако при электролитическом осаждении цинка происходит наводороживание металла, что приводит к уменьшению пластичности. Сущность холодного цинкования заключается в том, что на поверхность детали наносят специальный состав с большим процентом содержания цинка. Преимущество холодного цинкования по сравнению с другими способами – ремонтпригодность и относительная простота нанесения. Недостатки цинковых покрытий – слабая стойкость к истиранию, воздействию щелочей, кислот и масел [5].

Кадмирование используется значительно реже ввиду дороговизны металла. Поэтому данный метод применяют для ответственных деталей, работающих в условиях тропического климата или в контакте с морской водой.

Никелевые и медные покрытия по отдельности не могут обеспечить требуемого уровня коррозионной стойкости, поэтому они входят в состав многослойных покрытий. Хромовые покрытия обеспечивают высокую

твердость и хорошую коррозионную стойкость, но процесс нанесения требует точного соблюдения технологии (плотности тока, способа подвешивания, температуры электролита). В противном случае неизбежен брак или неравномерная толщина поверхностного слоя [6].

К неорганическим защитным покрытиям относятся покрытия, полученные методами оксидирования и фосфатирования. Оксидирование применяют для защиты от коррозии алюминия и магния. Получают оксидные покрытия химическим и электрохимическим способом. Химический способ гораздо дешевле, однако оксидная пленка в результате получается тонкой и ее защитные свойства сравнительно невелики. Во втором случае, возможно, получить твердый оксидный слой с хорошими защитными свойствами, который может служить основой для последующего нанесения лакокрасочного покрытия.

Еще одним методом антикоррозионной защиты, получившим широкое распространение, является фосфатирование. Сущность фосфатирования заключается в нанесении на деталь раствора фосфорнокислых солей в виде водной суспензии, в результате которой на поверхности металла образуется слой нерастворимых солей [7]. Фосфатный слой характеризуется устойчивостью к воздействию смазочных масел, органических растворителей и атмосферных условий, хорошими адгезионными свойствами и высоким электросопротивлением. Защитные свойства фосфатных покрытий выше, чем у покрытий, полученных оксидированием [3]. Повысить коррозионную стойкость фосфатированных изделий можно пропиткой маслами, лаками или смазочными материалами [7].

Фосфатные покрытия изготавливаются в виде водной суспензии, состоящей из мелкодисперсного металлического порошка и фосфатного связующего. За рубежом наибольшее распространение получили покрытия марок «SermeTel» (Серметел) и «Dacromet» (Дакромет). Для нанесения на высокопрочные стали производителем рекомендуется использовать

покрытия SermeTel CR962 и SermeTel CR984-LT. Их отличительными особенностями являются отсутствие наводороживания поверхности металла, хорошая поверхностная проводимость и возможность применения при длительных нагревах до 538°C [8].

Для защиты от коррозии стальных крепежных деталей широко используются покрытия «Dacromet 320», разработанные фирмой «Diamond Sharock Corp.». В их состав входит цинковая составляющая, а само покрытие наносится методом погружения детали в готовый раствор. Излишки удаляются центрифугированием. Для отверждения покрытия детали должны пройти ступенчатый нагрев в промежутке температур от 80 до 300°C.

На территории Российской Федерации для фосфатирования часто применяют 3% раствор соли «Мажеф» (сокращение от марганец-железо-фосфор). Препарат представляет собой смесь однозамещенных фосфатов железа и марганца в соотношении 1:10. Процесс нанесения покрытия происходит при 90–100°C в течение 1–2 ч минут [7].

Также в области машиностроения известны фосфатные покрытия на основе цинковых, марганцевых, алюмофосфатных, алюмохромфосфатных и других связующих.

В процессе совершенствования фосфатных покрытий на основе цинковых связующих были получены «цинкламельные покрытия», из состава которых был исключен токсичный шестивалентный хром, что позволило повысить экологическую безопасность и упростить процесс получения материала. Данный тип покрытия состоит из базового слоя и нескольких дополнительных слоев, которые придают ему специальные свойства, например, коррозионную, фрикционную и химическую стойкость. Базовый слой создается за счет тонких алюминиевых и цинковых чешуек (ламель). Разработкой цинкламельных покрытий занимаются компании «Delta» и «Geomet».

Покрытие в виде суспензии из порошков цинка и алюминия можно наносить напылением или погружением детали в раствор. Следующим шагом идет нагрев до 240°C с целью отверждения защитной пленки. После нанесения цинк-алюминиевое покрытие представляет собой множество слоев алюминиевых и цинковых частиц (около 10 и 70% частиц в составе покрытия соответственно) и связующий органический материал. Толщина получаемых покрытий, применяемых в автомобилестроении, колеблется от 4 до 8 мкм. Покрытия с большей толщиной наносят на детали и элементы строительных конструкций [9].

На сегодняшний день вопросам создания защитных покрытий на основе металлических наполнителей и неорганических связующих большое внимание уделяет ФГУП «ВИАМ». По данной проблеме разработано и запатентовано несколько видов композиционных покрытий на основе алюмохромфосфатных связующих [10–13], которые в настоящее время признаны наиболее перспективными, что обусловлено простотой их нанесения (методом пульверизации), высокой ремонтпригодностью и защитными свойствами. Составы с мольным соотношением фосфорной кислоты к соединениям алюминия и хрома 1,5:1 обладают высокой водостойкостью. Время отверждения разнится от 1 часа (при 105°C) до 3 часов (при 75–90°C). Уменьшение содержания фосфорной кислоты приводит к коагуляции раствора в процессе приготовления [8].

Заключение

Фосфатирование является наиболее технологичным методом защиты от коррозии. К основным преимуществам фосфатных защитных покрытий можно отнести: простоту нанесения (при помощи кисти, валика или напылением), экологическую безопасность и экономическую эффективность (так как процесс не требует затрат электроэнергии или дорогостоящего и сложного оборудования). Помимо своих

антикоррозионных свойств, неорганические композиционные фосфатные покрытия могут служить хорошей основой под лакокрасочные покрытия за счет своих высоких адгезионных свойств. На сегодняшний день известно множество составов защитных фосфатных покрытий, и по всему миру продолжается разработка новых их видов, что позволяет сделать предположение о дальнейшем улучшении их физико-химических свойств. Следовательно, данный метод антикоррозионной защиты может применяться как в условиях производства, так и в условиях ремонта.

Список литературы

1. Baorong Hou, Xiaogang Li, Xiumin Ma, Cuiwei Di, Dawei Zheng, Meng Zheng, Weichen Xu, Dongzhu Lu, Fubin Ma. The cost of corrosion in China // *npj Materials Degradation* (2017) 1:4. – DOI: 10.1038/s41529-017-0005-2.
2. Кручер, И.Л. Способы подготовки поверхности кузова автомобиля при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами / И.Л. Кручер // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2017. – Том 9, № 3. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN317.pdf> (дата обращения: 20.11.2018).
3. Нечаев, А.В. Электрохимия и коррозия металлов / А.В. Нечаев. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 236 с.
4. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов / А.Д. Яковлев. – 4-е изд., исправл. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. – 448 с.
5. Защитные покрытия: учеб. пособие / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россина, А.С. Юровских. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 200 с.
6. Гамбург, Ю.Д. Гальванические покрытия: справочник по применению / Ю.Д. Гамбург. – М.: Техносфера, 2006. – 220 с.
7. Стекольников, Ю.А. Физико-химические процессы в технологии машиностроения: учеб. пособие / Ю.А. Стекольников, Н.М. Стекольников. – Елец: Издательство Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, 2008. – 130 с.
8. Защита от коррозии углеродистых сталей / С.С. Виноградов [и др.] // *Авиационные материалы и технологии*. – 2017. – С. 242–263.
9. Окулов, В.В. Покрытие «Дакромет», его коррозионные свойства и возможность применения в тропиках / В.В. Окулов. – URL: <http://www.galvanicus.ru/qa/?answer=60> (дата обращения: 28.11.2018).
10. Состав для получения покрытия: пат. 2349681 Рос. Федерация: МПК С23С 26/00 / Мубояджян С.А., Егорова Л.П.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ»). – № 2007114132/02; заявл. 16.04.2007; опубл. 20.03.09, Бюл. № 8. – 6 с.
11. Термостойкое композиционное покрытие на основе фосфатов для защиты высокопрочных сталей от коррозии / С.А. Демин [и др.] // *Сталь*. – 2013. – № 6. – С. 77–79.

12. Состав для получения защитного покрытия на стальных деталях: пат. 2480534 Рос. Федерация: МПК С23С26/00 / Каримова С.А., Виноградов С.С., Губенкова О.А., Демин С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ»). – № 2012102791/02; заявл. 27.01.2012; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12. – 6 с.

13. Способ нанесения защитного покрытия на стальные детали: пат. 2510716 Рос. Федерация: МПК С23С22/00 / Каримова С.А., Виноградов С.С., Губенкова О.А., Демин С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП «ВИАМ»). – № 2012131893/02; заявл. 25.07.2012; опубл. 27.01.2014, Бюл. №10. – 7 с.

References

1. Baorong Hou, Xiaogang Li, Xiumin Ma, Cuiwei Di, Dawei Zheng, Meng Zheng, Weichen Xu, Dongzhu Lu, Fubin Ma, The cost of corrosion in China, *npj Materials Degradation* (2017) 1:4, DOI: 10.1038/s41529-017-0005-2.
2. Krucher I.L. *Electronny zhurnal «NAUKOVEDENIE»*, 2017, vol. 9, no. 3, URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN317.pdf>
3. Nechaev A.V. *Jelektrohimiya i korrozija metallov* (Electrochemistry and corrosion of metals), Ekaterinburg, UrFU, 2014, 236 p.
4. Jakovlev A.D. *Himija i tehnologija lakokrasochnyh pokrytij* (Chemistry and technology of paint and varnish coatings), Saint-Petersburg, HIMIZDAT, 2010, 448 p.
5. Lobanov M.L., Kardonina N. I., Rossina N.G., Jurovskih A.S. *Zashhitnye pokrytija* (Protective coatings), Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural, 2014, 200 p.
6. Gamburg J.D. *Gal'vanicheskie pokrytija* (Electroplating), Moscow, Tehnosfera, 2006, 220 p.
7. Stekolnikov J.A., Stekolnikova N.M. *Fiziko-himicheskie processy v tehnologii mashinostroenija* (Physical and chemical processes in engineering technology), Elec, Izd-vo Eleckogo gosudarstvennogo universiteta im. I.A. Bunina, 2008, 130 p.
8. Vinogradov S.S., Nikiforov A.A., Demin S.A., Chesnokov D.V. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2017, pp. 242–263.
9. URL: <http://www.galvanicus.ru/qa/?answer=60>
10. Mubojadzhan S.A., Egorova L.P. Patent RU 2349681 C2, 20.03.09.
11. Demin S.A., Gubenkova O.A., Karimova S.A., Vinogradov S.S. *Stal'*, 2013, no. 6, pp. 77–79.
12. Demin S.A., Gubenkova O.A., Karimova S.A., Vinogradov S.S. Patent RU 2480534 C1, 27.04.2013.
13. Demin S.A., Gubenkova O.A., Karimova S.A., Vinogradov S.S. Patent RU 2510716 C2, 27.01.2014.