

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебряков, И. А. Анализ существующих алгоритмов диагностирования силовых установок и их эффективности / И. А. Серебряков // Изобретатель. – 2021. – № 1–2 (242–243). – С. 26–31.

2. Серебряков, И. А. Анализ эффективности алгоритмов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей / И. А. Серебряков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки 2022, – Т. 46, № 10. – С. 80–85.

3. Серебряков, И. А. Разработка метода оптимизации алгоритмов диагностирования двигателей автомобилей / И. А. Серебряков // Наука и техника, 2022. – Т. 21, № 4. – С. 331–339.

Представлено 18.04.2023

УДК 621.724

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И КОРРОЗИОННОЙ АТМОСФЕРЫ НА ЦИНКОВЫЕ ПОКРЫТИЯ КУЗОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ПОСЛЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА

**INFLUENCE OF DEFORMATION AND CORROSIVE
ATMOSPHERE ON ZINC COATINGS OF CAR BODY PARTS
AFTER RESTORATION REPAIR**

Буйкус К. В., канд. техн. наук, доц.,
Изоитко В. М., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
K. Buikus, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
V. Izoitko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Кузовной листовой прокат для глубокой вытяжки представляет собой один из специфических продуктов металлургического производства со строго определенными требованиями к механиче-

ским, технологическим и коррозионным свойствам при повышенных требованиях по экономичности и экологии. Цинковое покрытие защищает сталь от коррозии, вызываемой атмосферой, водой и почвой. В работе проведены испытания стальных листов с цинковым покрытием на одновременное воздействие деформации и коррозии.

Based on the results of studies on scuffing load and wear resistance, a couple of materials were proposed for application to heat-loaded parts of diesel engines - a cylinder liner and a piston ring.

Ключевые слова: коррозия, цинковое покрытие, листовый металл, двухосная деформация.

Keywords: coating, plasma spraying, wear resistance, scuffing load.

ВВЕДЕНИЕ

Обслуживание и ремонт современных автомобилей в организациях автосервиса требует значительных материальных и трудовых затрат. Поэтому одной из важнейших задач является сбор, обработка и анализ необходимых статистических данных по видам выполняемых работ, эксплуатационной надежности автомобилей в реальных условиях эксплуатации. Эти данные на определенном временном интервале позволят определять количество и номенклатуру запасных частей, необходимые трудовые ресурсы, время проведения обслуживания, фактическую мощность производства с учетом прогноза развития организации. Современные технологии горячего цинкования позволяют получать односторонние и двусторонние металлические листы с одно- или многослойными покрытиями на основе цинка или его сплавов с железом, никелем и др. В процессе эксплуатации автомобилей кузовные листовые штампованные детали в результате столкновений и последующем ремонте, заключающейся в рихтовке, подвергаются действию дополнительных, кроме производственных, деформаций.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы состояла в том, чтобы определить влияние деформации коррозионной среды на свойства цинковых покрытий восстановленных кузовных листовых деталей.

Горяче-формованное цинковое покрытие на поверхности стали – современный и технически совершенный способ защиты стали от

коррозии. В отличие от других видов обработки поверхности, на стали образуется не только цинковое покрытие, но и интерметаллическая фаза железа и цинка, которая покрывается слоем цинка. Толщина создаваемого слоя обычно находится в пределах 50–190 мкм.

Поверхностная часть покрытия состоит из η -фазы, занимающей 65–67 % толщины всего цинкового покрытия. Ниже следует ξ -фаза, которая обычно образована точечными кристаллами, содержащими 5,8–6,2 % Fe. За ней следует δ -фаза, образованная мелкими кристаллами, содержащими 7–12% Fe. Затем следует очень тонкий слой γ -фазы с содержанием Fe в пределах 25–30%. Другие характеристики отдельных слоев цинка приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики отдельных слоев цинка

Параметр	Состав цинкового слоя			
	η -фаза	ξ -фаза	δ -фаза	γ -фаза
Содержание железа, %	–	5,8–6,2	7–12	25–30
Кристаллографическая структура	гексагональная	моноклинная	гексагональная	кубическая
Толщина слоя, мкм	8–12	10–25	30–40	0,1–0,2
Пластичность	хорошо	плохо	плохо	плохо
Твердость и износостойкость	высокая	очень высокая	очень высокая	очень высокая

Цинк является высокоактивным металлом. Хотя он электрохимически менее благородный металл, чем большинство металлов, его стойкость в типичных условиях использования (атмосфера, вода) намного выше, чем, например, в электрохимически более благородной конструкционной стали. Причина кроется в другом механизме действия стимуляторов коррозии (например, SO_2 , хлоридов), контактирующих с поверхностью металла. Эти коррозионно-активные вещества связываются с поверхностью цинка и образуют нерастворимые или очень малорастворимые компоненты слоя продуктов коррозии, которые, таким образом, выполняют защитную функцию.

Цинк защищает стальную основу, создавая барьер на поверхности стали, который ограничивает доступ веществ, ускоряющих процесс коррозии. В случае повреждения этого слоя он обеспечивает катодную защиту стальной подложки. Суть катодной защиты заключается в том, что цинк имеет меньший электродный потенциал

(он более электроотрицательный), чем сталь и при образовании гальванического элемента действует как анод, т. е. растворяется и переходит в раствор. И наоборот, сталь становится катодом и защищается от коррозии. На месте повреждения в начальной фазе в атмосферных условиях начинает развиваться слабая коррозия цинка, а через некоторое время поверхность стали покрывается слоем побочных продуктов коррозии (оксида и карбоната цинка), который замедляет дальнейшую коррозию или даже предотвращает ее.

Однако даже защитные продукты коррозии не образуют идеального барьера от воздействия окружающей среды. Они частично отваливаются, вымываются, в процессе устойчивой коррозии образуются новые продукты. При изменении внешней среды постепенно создается новое равновесное состояние, которое иногда может характеризоваться изменением скорости коррозии. Как правило, решающим агентом коррозии цинка в обычных типах атмосферы является двуокись серы SO_2 .

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для экспериментов в качестве испытуемого материала был выбран капот моторного отсека автомобиля Volvo S80 (двусторонний горячеоцинкованный листовый металл толщиной 0,8 мм).

Для изготовления образцов нарезали листы 100×100 мм ручными рычажными листовыми ножницами. Часть из них была подвергнута двухосному деформированию растяжением (выпучиванием), а затем отрихтована. Достигнутая степень деформации соответствовала 9 % (высота выпуклости 15 мм).

Для наблюдения за поведением поврежденного покрытия на половине еще недеформированных образцов с помощью скальпеля искусственно создавалась царапина.

Для определения влияния коррозионной среды на цинковые покрытия использовали ускоренный коррозионный тест в присутствии диоксида серы и конденсации паров воды. Испытание проводили при длительной выдержке образцов при температуре 40 ± 2 °C, 100 % относительная влажность и концентрация SO_2 2,0 мг на 1 литр испытательного пространства конденсационной камеры. Расположение образцов в камере: от стен 100 мм; от уровня раствора 200 мм; между образцами 20 мм.

Образцы контролировали через 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28 дней от начала испытаний. Во время испытаний раствор меняли каждые 7 дней.

Качественные и количественные изменения внешнего вида покрытия после деформирования и после коррозионного испытания контролировали как макроскопическим, так и микроскопическим наблюдением.

Толщина слоя цинка также измерялась на всех образцах до деформации, после деформации и после коррозионного испытания в области свода выпуклости.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При сравнении состояния поверхности цинкового покрытия до и после деформирования видны изменения. Наиболее существенные изменения произошли в области купола деформированного образца. Рельефы цинкового цветка были значительно расширены по сравнению с первоначальным состоянием, в некоторых местах рисунок цинкового цветка полностью исчез.

При наблюдении в оптический микроскоп на деформированных образцах видны трещины, образующие сетку, а на недеформированных образцах встречаются лишь отдельные трещины в виде границ зерен.

Влияние коррозионной среды на внешний вид поверхности цинкового покрытия на деформированном образце проявлялось изменением количества и размеров трещин. Это связано с катодной защитной функцией цинка, выступающего в роли анода, т.е. создания на поврежденном месте слоя продуктов коррозии (оксида и карбоната цинка), который замедляет дальнейшую коррозию или даже предотвращает ее.

Влияние агрессивной среды на внешний вид покрытий было видно уже при макроскопическом наблюдении невооруженным глазом. В первый же день коррозионного испытания появился тонкий слой продуктов коррозии. На седьмые сутки с обеих сторон образцов образовался сплошной слой продуктов коррозии.

Появились только признаки точечной коррозии. Лишь изредка в области края выпуклости от недеформированного листа встречались точки диаметром 1–2 мм. На самом деле это незначительные коррозионные повреждения, особенно если учесть, что реальная среда не такая агрессивная.

Коэффициент ускорения испытаний в конденсационной камере в присутствии SO₂ составляет 122 (трое суток в камере равен одному году эксплуатации в реальных условиях). Поэтому результаты, полученные в конденсационной камере, будут соответствовать примерно девяти годам эксплуатации. Однако реальный срок службы фактически увеличивается за счет того, что оцинкованные листы дополнительно покрывают грунтовочным составом и эмалью.

После восстановительного ремонта деформированных участков толщина покрытия стала больше примерно на 50 %, что вызвано увеличением шероховатости. После коррозионного испытания толщина покрытия уменьшилась, в результате воздействия агрессивной среды на более развитую поверхность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированы качественные и количественные изменения цинкового покрытия при испытаниях образцов листов оцинкованной стали, восстановленных рихтовкой после деформирования, на коррозию при температуре 40 ± 2 °С, 100 % относительная влажность и концентрации SO₂ 2,0 мг на 1 литр испытательного пространства конденсационной камеры. Во всех образцах измеряли толщину цинковых покрытий.

Наиболее значительные изменения цинкового покрытия произошли в полюсе выпуклости. На деформированных образцах трещины образуют сетку, тогда как на недеформированных образцах трещины только рассеяны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янин, Е. П. Коррозия как источник загрязнения окружающей среды / Е. П. Янин. – М. : НП «АРСО», 2020. – 112 с.
2. Авдеенко, А. П. Коррозия и защита металлов: Краткий курс лекций. / А. П. Авдеенко, А. Е. Поляков. – Краматорск: ДГМА, 2003. – 104 с.
3. Киселев, В. Г. Основные направления совершенствования системы защиты от коррозии в Российской Федерации / В. Г. Киселев, И. Ю. Шкарбуль // Проблемы энергетики. – 2008. – № 3–4. – С. 110–115.

4. Колотыркин, Я. М. Современные методы противокоррозионной защиты / Я. М. Колотыркин // Защита металлов. –1993. – № 2. – С. 119–121.

5. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.

6. Groysman, A. Corrosion for everybody / A. Groysman. – Dordrecht: Springer-Verlag, 2010. – 368 p.

Представлено 18.04.2023

УДК 621.793:620.172

**ОСНАЩЕНИЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ**

MODERNIZATION OF VACUUM-PLASMA EQUIPMENT
FOR THE IMPLEMENTATION OF THE PROCESSES HARDENING
AND RESTORATION OF CAR PARTS OF INCREASED PRECISION

Лойко В. А., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
V. Loyko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В статье предложено переоснащение вакуумно-плазменного оборудования для упрочнения и восстановления деталей повышенной точности автомобилей нанесением покрытий.

The article proposes the re-equipment of vacuum-plasma equipment for hardening and restoring parts of increased accuracy of automobiles by applying coatings.

Ключевые слова: установка, устройство, электрическая дуга, испаритель, вакуум, плазменный поток, плазмодод, ионный источник, вакуумная камера, детали автомобиля.