

УДК 614.812

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПО СТАЛИ СТ.3.

*Анисович А.Г., к.ф.-м.н., Елисеев С.Ю., к.х.н., Маханько В.И.

* Физико-технический институт НАН Беларуси.

В статье рассмотрена коррозионная стойкость защитных покрытий из алюминия, цинка, никрома, латуни, нанесенных методом активированной электродуговой металлизации на стальную поверхность в среде пенообразователя ПО-ЗАИ.

Не вызывает сомнений утверждение, что пожарная аварийно-спасательная техника должна отвечать самым высоким требованиям надежности, иначе невозможно обеспечить своевременность и высокую эффективность работ по ликвидации разнообразных чрезвычайных ситуаций, возникающих по природным или техногенным причинам.

Наиболее распространенным видом пожарной аварийно-спасательной техники являются пожарные аварийно-спасательные автомобили (ПАСА), создаваемые на базе грузовых автомобилей, шасси которых функционально объединено с пожарным и аварийно спасательным оборудованием.

Практика эксплуатации техники в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям показывает, что наиболее часто нуждаются в восстановлении работоспособности элементы специальной надстройки – пожарный насос, вакуумная система, емкости для воды и пенообразователя.

Очень часто причиной выхода из строя емкостей для воды и пенообразователя является электрохимическая коррозия.

В связи с этим одним из важнейших направлений повышения надежности аварийно-спасательной техники является антикоррозионная обработка деталей специальных агрегатов машин, работающих в условиях воздействия агрессивных сред.

С этой целью в Командном инженерном институте МЧС Республики Беларусь была проведена работа по исследованию эффективности различных антикоррозионных покрытий, наносимых на опытные образцы конструкционного материала, используемого в производстве цистерн (Сталь Ст.3).

Заданные покрытия на исследуемые образцы наносились методом напыления с помощью установки активированной электродуговой металлизации "АДМ-10" производства минского НПООО "МАД" [1].

Из множества современных технологий нанесения защитных покрытий данный метод выгодно отличается высокой производительностью,

а также компактностью рабочего оборудования, позволяющего производить технологические операции не только снаружи, но и внутри цистерны пожарного автомобиля.

В электродуговых металлизаторах происходит расплавление подводимых проволок (из металла соответствующего состава), осуществляющееся электрической дугой. Проволоки расплавляются и металл распыляется, выдуваемый сжатым воздухом. Частички расплавленного металла попадают на поверхность защищаемого металла.

Размер распыляемых частиц зависит прежде всего от давления распыляющего газа, скорости подачи проволоки и формы сопла. В результате последовательной укладки мелких расплавленных или нагретых до жидкокристаллического состояния частиц происходит образование напыленного покрытия.

Строение напыленного покрытия характеризуется наличием границ между частицами, слоями. Каждая отдельная частица имеет строение, соответствующее условиям гетерогенной кристаллизации. Каждая частица деформируется и застывает индивидуально. За счет взаимодействия частиц с окружающей средой содержание кислорода в покрытии почти на два порядка выше его содержания в исходном материале и превышает растворимость кислорода в нем. Этим обуславливается наличие тонкого слоя оксидов на границах между частицами [2]. Покрытия наносились на подложки (размером 100×50×2 мм) изготовленные из стали-3.

Для нанесения покрытий использовались следующие материалы:

Zn – ГОСТ 3640-94 марки Ц2 (наличие примесей не более 1,3%);

Al – ГОСТ 4784-97, марки А (наличие примесей не более 0,5%);

Нихром марки НЖХМц 16-15-1,5 (наличие примесей не более 1,5%);

Латунь – ГОСТ 15527-70 марки Л62 (наличие примесей не более 0,5%).

Исследование коррозионной стойкости покрытий проводилось согласно ГОСТу 9.905-82 "Методы коррозионных испытаний".

Покрытие наносилось с одной стороны пластины. (Исходный внешний вид исследуемых пластин представлен на рисунках 2а, б, в, г.) Торцы пластин также покрывались защитным покрытием. В качестве агрессивной среды применялся 6% раствор пенообразователя ПО-ЗАИ. Каждый образец помещался в герметично закрываемый пластмассовый контейнер на деревянный поддон покрытием к раствору, одним краем пластины контактируя с раствором. Каждый месяц проводился визуальный осмотр пластин, каждые два месяца проводилось взвешивание пластин. После каждого взвешивания в контейнеры заливали свежий раствор.

Мерой интенсивности процесса окисления является его скорость, а конечной целью исследования этого процесса является разработка методов и предложений по защите изделий из металлов от разрушения. К этим методам прежде всего относятся весовые, при помощи которых скорость процесса окисления определяется по изменению веса образца (в $\text{мг}/\text{см}^2 \cdot \text{час}$) в зависимости от времени и температуры нагревания образца.

По этим экспериментальным данным, представив их в виде кривых в координатах привес ($\text{мг}/\text{см}^2$) – время (в часах или минутах) или в аналитической форме, в виде соответствующих этим кривым уравнений, можно установить законы окисления и по ним определить константы реакции окисления.

К сожалению, в нашем случае процесс окисления покрытия осложнен процессом гидролиза пенообразователя и выпадением на поверхности покрытия осадка продуктов гидролиза. Что делает невозможным применение только одного весового способа, и требует привлечения других методов исследования. В частности, исследование структуры поверхности покрытия.

Образцы, покрытые цинком, выдержали 6 месяцев испытания в агрессивной среде без значительных следов коррозии (если не считать появления следов осадка на поверхности покрытия). Контрольные образцы без защиты цинковым покрытием имели следы коррозии уже на второй день испытаний [3]. (Надо отметить, что на образцах без покрытия появлялась ржавчина, но не было отмечено выпадение кристаллов продуктов гидролиза пенообразователя). Внешний вид покрытий после десяти месяцев испытаний представлен на рисунке 3.

Уже после первого месяца пребывания в среде паров раствора пенообразователя на пластинах появился налет светло желтых кристаллов. После каждого наблюдения образцы взвешивались, а налет снимался деревянным шпателем. В таблице 1 приведены данные взвешивания образцов.

Первые следы ржавчины в виде отдельных пятен появились (через четыре месяца испытаний) в месте контакта деревянной опоры и пластины с алюминиевым покрытием, через пять месяцев - на пластине с латунным покрытием. На пластине с цинковым покрытием она появилась через восемь месяцев после начала испытаний, на торце контактирующим с деревянной опорой. На образце покрытым никромом следы некоторого изменения (по темнению) покрытия появились через десять месяцев, после начала испытаний. Появление следов ржавчины на торцах пластин, повидимому, связано с недостаточно тщательной защитой торцов пластин. Начавшееся ржавление может уже распространяться и под покрытием. (Даже если отслоения защитного покрытия не наблюдается).

Таблица 1.

Изменение веса образцов при коррозионных испытаниях (г)

образец	13.01.2004	13.03.2004	14.05.2004	13.07.2004	13.09.2004
Ст.3 без покрытия	34,3071	34,3339 Δ 0,0268	34,3693 Δ 0,0354	34,8990 Δ 0,5297	35,9810 Δ 0,682
Zn-покрытие	47,6629	47,6928 Δ 0,0299	47,7574 Δ 0,0646	47,8110 Δ 0,0536	47,8787 Δ 0,0677
Al-покрытие	51,8631	51,9863 Δ 0,1232	52,2072 Δ 0,2209	52,4940 Δ 0,2868	52,8901 Δ 0,3961
Нихром-покрытие	43,2718	43,2996 Δ 0,0278	43,3110 Δ 0,0114	43,3182 Δ 0,0072	43,3191 Δ 0,0009
Латунное покрытие	43,7942	43,8195 Δ 0,0253	43,8827 Δ 0,0632	43,9969 Δ 0,1142	44,2845 Δ 0,2876

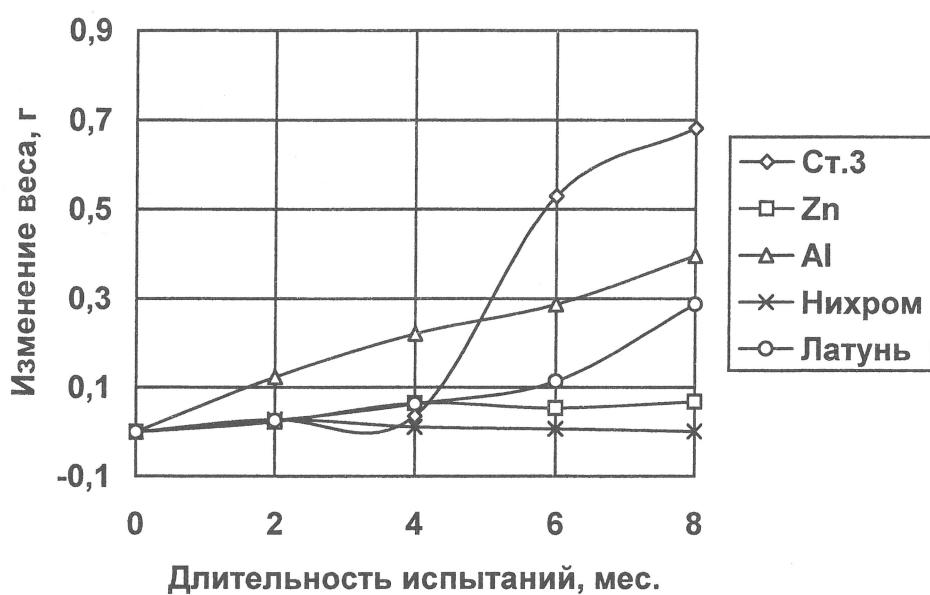


Рис. 1. Изменение веса образцов в процессе испытаний.

Приведенные данные показывают, что в первые два месяца резких изменений внешнего вида покрытий не происходит (за исключением контрольного образца, ржавчина на котором появилась на следующий день после начала испытаний). Появление желтовато-белого налета происходит

как на алюминиевом, так и на цинковом покрытии. Но на алюминиевом покрытии в значительно большей степени.

Подтверждением того, что покрытие влияет на степень гидролиза пенообразователя служит изменение pH растворов (таблица 2). pH пенообразователя 9,08-9,09 (точность измерения pH 0,01). Исходное значение pH чистого (6%) раствора – 9,10. Эти данные позволяют сделать вывод, что покрытие влияет на смещение равновесия реакции гидролиза пенообразователя и тем самым изменяет pH среды, что в свою очередь влияет на коррозионную стойкость покрытия [2].

Для латунного, алюминиевого, цинкового покрытий это характерно в наибольшей степени. Особенно сильно это сказывается на латунном покрытии. И хоть на нем не появляются отложения желтоватых кристаллов, покрытие само меняет цвет с желтого на грязно-серый, с включениями пятен зеленоватого цвета.

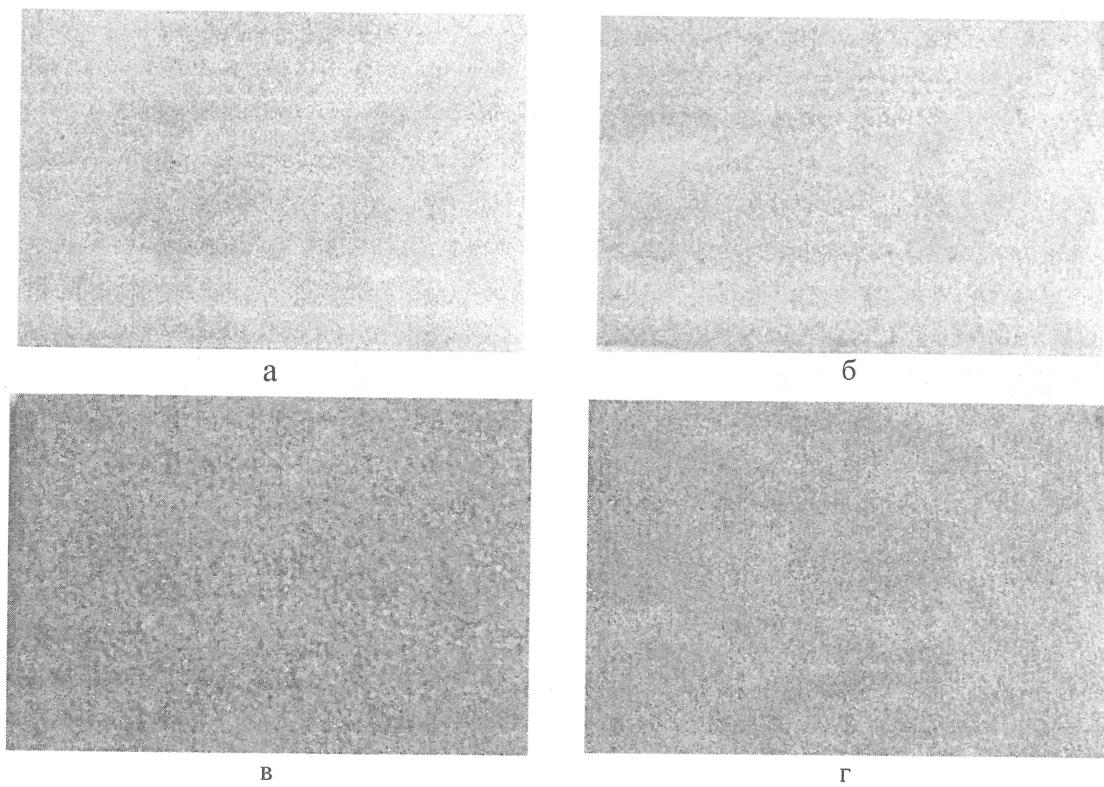
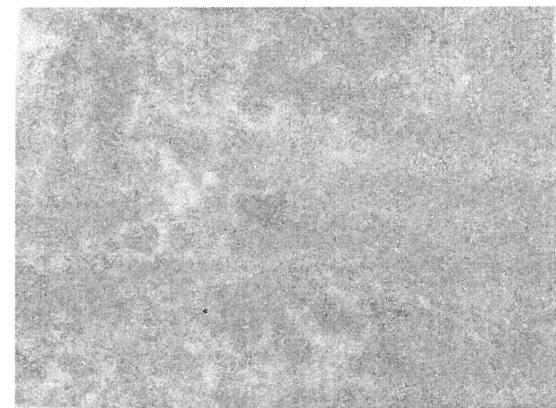


Рис. 2. Исходное состояние покрытий:
а- цинковое; б- алюминиевое; в- никромовое; г- латунное.

Таблица 2.

Изменение pH растворов в процессе коррозионных испытаний.

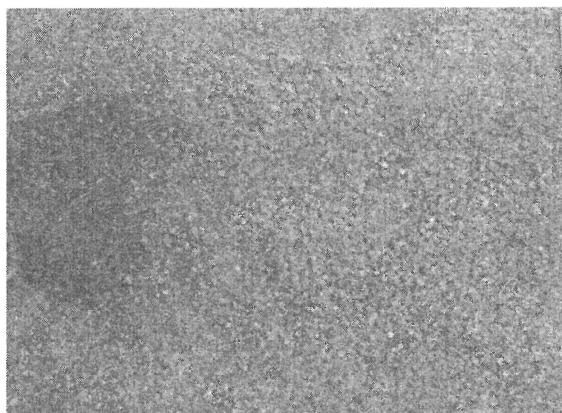
образец	13.01.2004	13.03.2004	14.05.2004	13.07.2004	13.09.2004
Ст.3 без покрытия	9,10	9,12	9,08	9,08	9,12
Zn-покрытие		7,50	7,54	7,58	7,56
Al-покрытие		8,24	8,30	8,26	8,26
Нихром-покрытие		8,35	8,32	8,34	8,32
Латунь- покрытие		7,52	7,47	7,49	7,48



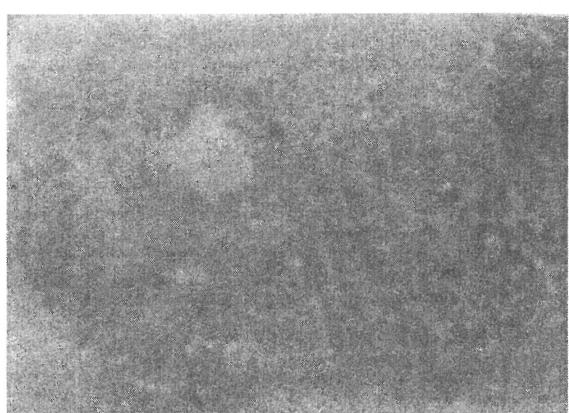
а



б



в



г

Рис. 3. Внешний вид покрытий через 10 месяцев, после начала испытаний:
а- цинковое покрытие, б- алюминиевое; в- никромовое; г- латунное.

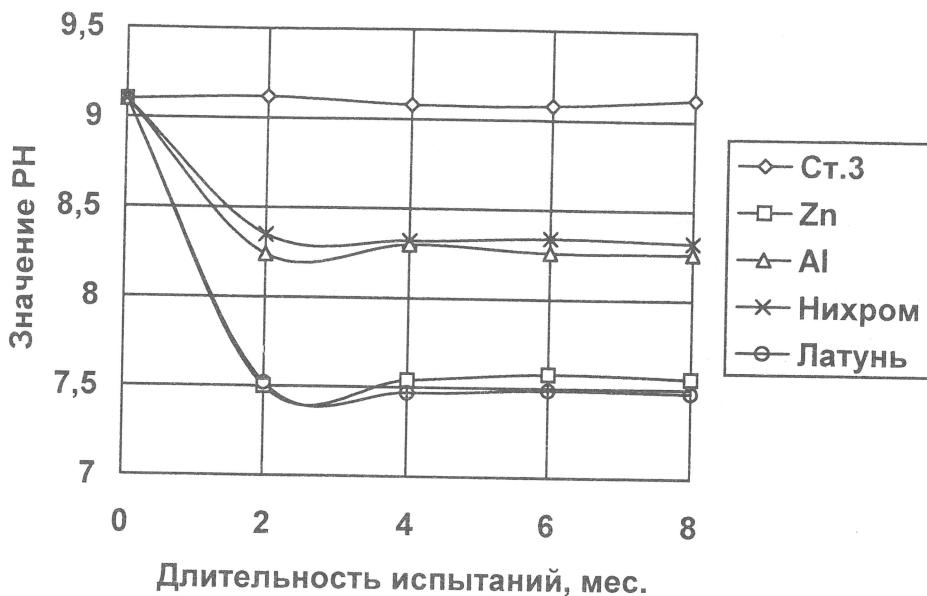


Рис. 4. Изменение РН среды в процессе испытаний.

На пластинах с алюминиевым и цинковым покрытиями происходит интенсивное отложение рыхлых желтоватых кристаллов. Но следы ржавчины на цинковом покрытии появляются гораздо позже, чем на алюминиевом покрытии.

Проведенные испытания коррозионной стойкости покрытий (алюминиевого, цинкового, латунного, никромового) по стали -Ст.3 в 6% растворе пенообразователя ПО-ЗАИ показали:

1. Все покрытия взаимодействуют с раствором пенообразователя, что подтверждается изменением pH растворов, а также выпадение осадка на поверхности покрытия. Цинковое и латунное покрытия изменяют pH растворов в наибольшей степени. Но если алюминиевое и латунное покрытия попадают в неблагоприятные области для коррозионной стойкости, то цинковое и никромовое покрытия не выходят из областей устойчивости данных защитных покрытий.

2. Наиболее интенсивное изменение поверхности наблюдается для алюминиевого и латунного покрытий, о чём свидетельствует интенсивное образование оксидов. Поверхность никромового покрытия трансформируется в наименьшей степени.

3. Наиболее эффективными покрытиями являются цинковое и никромовое.

4. Цинковое и никромовое покрытия могут быть рекомендованы

в качестве защитных покрытий для цистерны для воды и бака для пенообразователя пожарной автомашины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический паспорт на установку активированной электродуговой металлизации "АДМ – 10". Мин.: НПООО "МАД", 2003.
2. А. Хасуй. Техника напыления. Перевод с японского. М.: "Машино- строение", 1975, с. 362.
3. В.И.Маханько, С.Ю.Елисеев, Б.Л.Кулаковский. Антикоррозионная защита емкостей пожарной автоцистерны. Вестник КИИ МЧС РБ. №1, 2005, с.19-24.