

УДК 614.812

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Елисеев С.Ю., к.х.н., Маханько В.И., Кулаковский Б.Л., к.т.н., доцент, Валовик В.А.

В статье рассмотрена структура защитных покрытий из цинка и никрома, нанесенных на сталь марки Ст. 3 методом активированной электродуговой металлизации, после коррозионных испытаний в щелочной среде.

Испытания проводились в водной и влажно-воздушной среде, имитируя различные участки пожарной автоцистерны. Металлографическим анализом определено, что наиболее коррозионноустойчивым покрытием является никромовое покрытие.

(Поступила в редакцию 6 ноября 2007 г.)

Введение

За последние годы в нашей стране организовано производство отечественной пожарной и аварийно-спасательной техники, крайне необходимой для успешной ликвидации чрезвычайных ситуаций. На промышленных предприятиях Республики Беларусь выпускаются огнетушители, ранцевые установки пожаротушения, разнообразные пожарные аварийно-спасательные автомобили: автоцистерны, автомобили быстрого реагирования, а также многое другое, необходимое для технического обеспечения боевых действий подразделений, работающих в зонах ЧС. В конструкциях всех мобильных средств пожаротушения, как правило, имеются емкости, предназначенные для хранения запаса огнетушащих веществ: воды, пенообразователя или их растворов. Являясь слабощелочной средой, эти огнетушащие вещества вызывают электрохимическую коррозию стенок емкостей, вызывая значительное снижение их надежности.

Основная часть

С целью повышения надежности пожарной аварийно-спасательной техники, увеличения сроков ее службы в Командно-инженерном институте МЧС Республики Беларусь была проведена работа по исследованию эффективности различных антикоррозионных покрытий, наносимых на опытные образцы наиболее распространенного материала, используемого при изготовлении цистерны и других емкостей – стали марки Ст. 3.

Установлено, что в емкостях для перевозки водных растворов и пенообразователя часть верхней внутренней поверхности находится во влажно-воздушной среде. В связи с этим представляет интерес исследование и сравнительный анализ коррозионного поведения покрытий, которые находятся под различным воздействием окружающей среды.

Ранее нами исследовались различные антикоррозионные металлические покрытия [1–3]. Выявлено, что наиболее устойчивыми покрытиями в растворе пенообразователя ПО-6 (рН среды = 10) являются цинковые и никромовые покрытия.

В настоящей работе исследовалось состояние цинковых и никромовых покрытий емкостей, находившихся в двух наиболее часто встречающихся вариантах эксплуатации. Первый вариант – покрытие полностью погружено в 10%-ный раствор пенообразователя ПО-6, второй – покрытие находилось только во влажно-воздушной атмосфере раствора пенообразователя. Для моделирования подобных условий эксплуатации нами использовались керамические контейнеры в форме куба со стороной длиной 7 см. В одной из сторон было отверстие диаметром 5 см, к которому можно плотно (герметично) прижать металлическую пластину (размером 7×7 см, толщиной 3 мм) с нанесенным на ее поверхность цинковым или никромовым покрытием. В первом случае металлическая пластина служила боковой стороной контейнера и была полностью погружена в 10%-ный раствор пенообразователя ПО-6. Во втором случае она являлась верхней крышкой куба и контактировала только с влажно-воздушной средой (среда аналогич-

ная первому случаю). Время исследования и температурный режим в обоих случаях идентичен. Исследование проводилось в течение 224 суток. На каждые 14 суток проводился визуальный осмотр покрытий пластин и заменялся раствор на свежий. При визуальном осмотре никаких изменений отмечено не было. В первые пять месяцев в результате весового анализа не было отмечено изменения веса пластин. В следующие два месяца вес пластин возрос на 0,03 мг для пластин, находившихся во влажно-воздушной среде, и на 0,04 мг для пластин, полностью погруженных в раствор пенообразователя, что не противоречит данным других исследований [4]. С целью более детального исследования последствий пребывания покрытий во влажной и влажно-воздушной среде нами было проведено металлографическое исследование покрытий.

Образцы для исследования были вырезаны в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1. Проводилось исследование двух образцов, и на каждом разрезе сделано по два или три снимка.

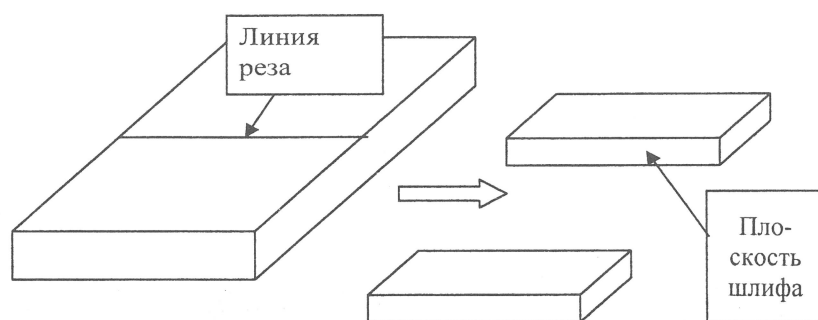
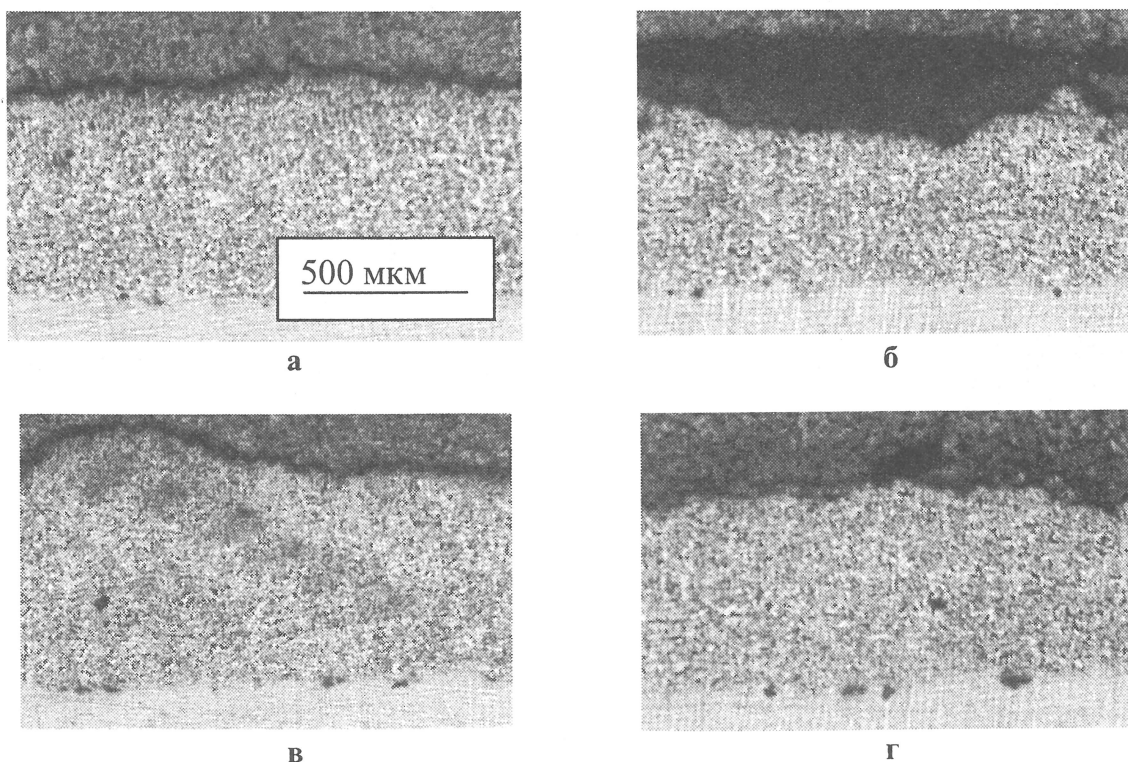


Рисунок 1 – Схема вырезки образцов для металлографических исследований

Коррозионные поражения покрытий в композиции сталь 3 – нихром и сталь 3 – цинк после испытаний в парах и в растворе ПО-6 выглядели следующим образом (рисунки 2–4).



а, б – образец № 1; в, г – образец № 2

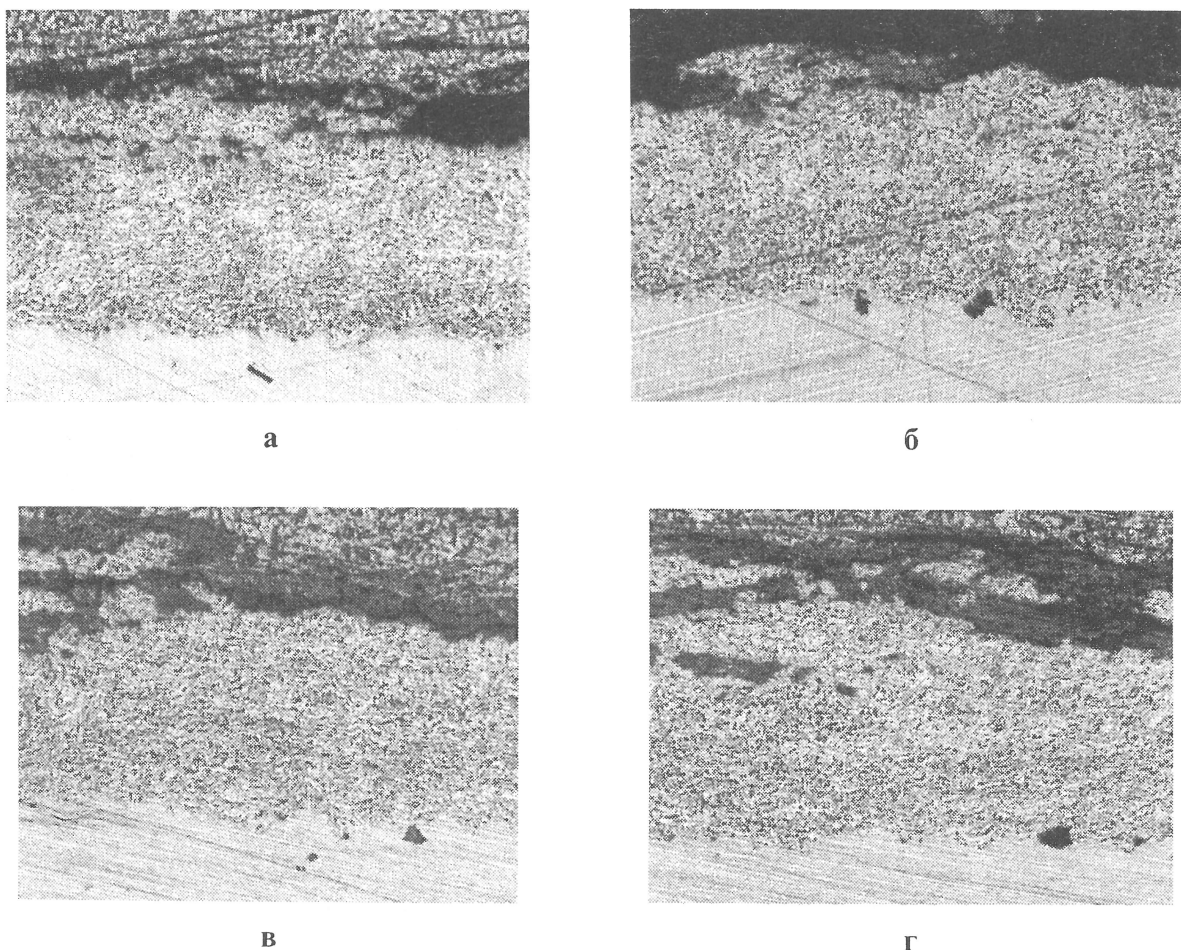
Рисунок 2 – Структура композиции сталь 3 – нихром после воздействия паров пенообразователя

Структура покрытия исследовалась на металлографическом комплексе МИКРО-200. Фотографирование осуществлялось с использованием видеокамеры при помощи специальной программы обработки изображений «IMAGE SP» при увеличении $\times 78$. Травление шлифов не производилось. Для каждого режима коррозии исследовались по 2 идентичных образца (№ 1, 2).

Морфология нихромового покрытия после воздействия паров раствора пенообразователя не изменяется (рисунок 2).

Свободные края покрытия достаточно ровные, без следов взаимодействия с коррозионной средой. Темные включения в зоне контакта стали Ст. 3 и нихрома являются дефектами, сформировавшимися в процессе нанесения покрытия. После испытаний на коррозионную стойкость в растворе целостность покрытия не нарушается (рисунок 2). Коррозионные поражения концентрируются в поверхностном слое покрытия и проникают на глубину от $1/4$ до $1/3$ его исходной толщины.

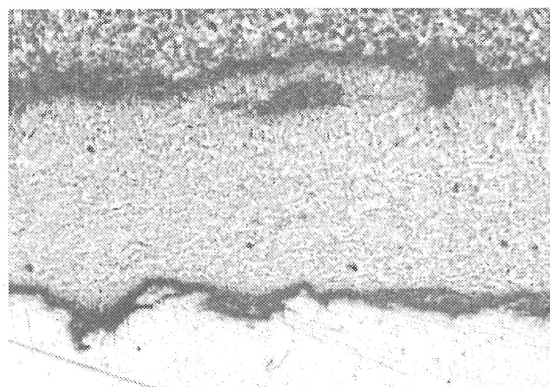
Для образцов с нихромовым покрытием в обоих случаях коррозионные поражения незначительны. На рисунке 3 представлены различные участки поверхности двух образцов. В обоих образцах присутствуют участки, в которых коррозионный процесс начинается на поверхности и в подповерхностном слое (рисунок 3 а, г).



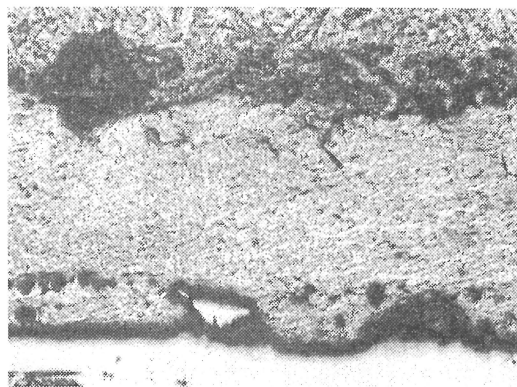
а, б – образец № 1; в, г – образец № 2

Рисунок 3 – Структура композиции сталь 3 – нихром после испытаний коррозионной устойчивости в растворе ПО-6

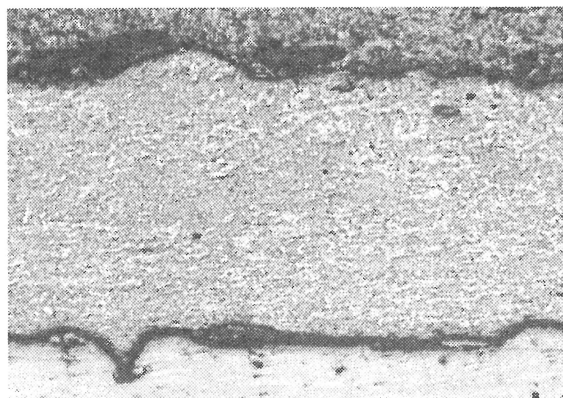
В случае покрытия цинком уже при воздействии паров раствора пенообразователя активируется коррозионный процесс (рисунок 4). Изменения концентрируются в подповерхностном слое (рисунок 4 а, в). Вместе с тем наблюдаются участки без заметных следов коррозии (рисунок 4 б, г), имеющие не разрушенную поверхность.



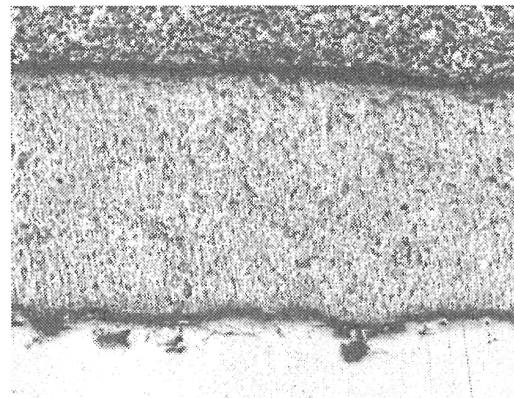
а



б



в



г

а, б – образец № 1; в, г – образец № 2; $\times 78 \times 0,5$

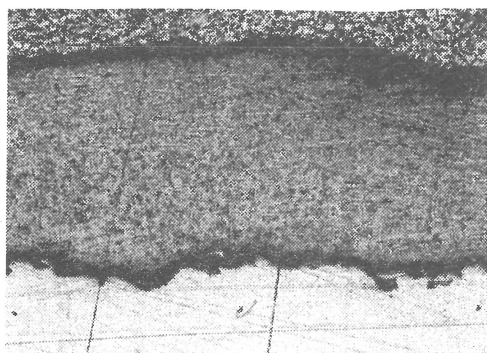
Рисунок 4 – Структура композиции сталь 3 – цинк после воздействия паров пенообразователя

После испытаний в растворе электролита коррозионные поражения несколько интенсивнее у цинкового покрытия. На рисунок 5 б, д представлены характерные «каверны», образовавшиеся во взаимодействии с коррозионной средой. Коррозионные поражения проникают на глубину порядка 1/2 толщины слоя (рисунок 5 б, в). В отдельных участках целостность слоя нарушена (рисунок 5 е).

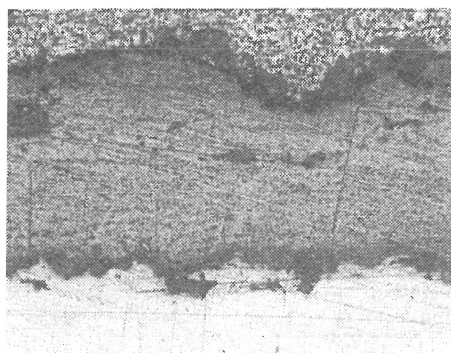
Заключение

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что нихромовые покрытия достаточно устойчивы в обоих вариантах испытаний и могут находиться с практически одинаковой степенью устойчивости как в водной среде, так и во влажно-воздушной среде раствора пенообразователя ПО-6.

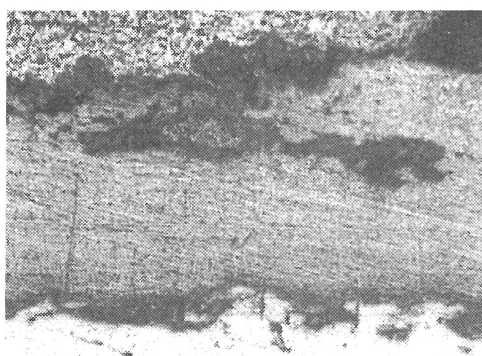
Анализ сроков эксплуатации емкостей для воды и пенообразователя показывает, что указанные экспериментальные исследования проводились только для первоначального отрезка времени реального времени эксплуатации оборудования (емкости эксплуатируются в течение 5–10 лет). Следовательно, исходя из полученных данных, коррозионное изменение покрытий может наращиваться.



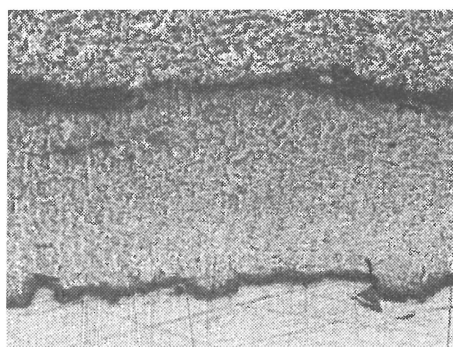
а



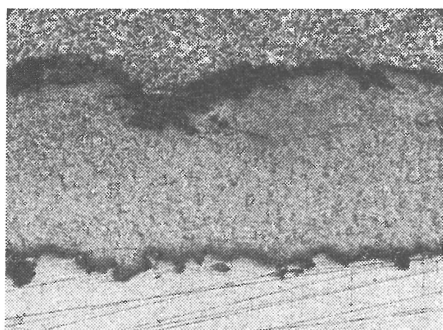
б



в



г



д



е

а, б, в – образец № 1; г, д, е – образец № 2

Рисунок 5 – Структура композиции сталь 3 – цинк после испытаний коррозионной устойчивости в растворе ПО-6

ЛИТЕРАТУРА

1. Маханько, В.И. Антикоррозионная защита емкостей пожарной автоцистерны / В.И. Маханько, С.Ю. Елисеев, Б.Л. Кулаковский // Вестн. Командно-инженер. ин-та Респ. Беларусь. – 2005. – № 1. – С. 19–24.
2. Елисеев, С.Ю. Антикоррозионные защитные покрытия по стали Ст.3 / С.Ю. Елисеев, А.Г. Анинович, В.И. Маханько // Вестн. Командно-инженер. ин-та Респ. Беларусь. – 2005. – № 2. – С. 41–48.
3. Елисеев, С.Ю. Исследование структуры защитных покрытий по стали Ст.3 / С.Ю. Елисеев [и др.] // Вестн. Командно-инженер. ин-та Респ. Беларусь. – 2006. – № 2 (4). – С. 84–89.
4. Хасуй, А. Техника напыления: пер. с яп. / А. Хасуй. – М.: Машиностроение, 1975. – 362 с.