



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

«Утверждаю»

Проректор по науке и инновациям,
проф., д.т.н.

Филонов М. Р.



16.09.2016

Заключение № 044/16-503

«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
стальных кляммеров с покрытием цинк-алюминий-магний»

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,
заведующий кафедрой защиты
металлов и технологии поверхности,
проф., д.т.н.

Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель

Волкова Ольга Владимировна

Исполнители:

зав. лабораторией ЗМиТП

Обухова Татьяна Анатольевна

инженер, к.х.н

Сафонов Иван Александрович

научный сотрудник

Шевайко Ольга Владимировна

научный сотрудник

Ковалев Александр Федорович

Заявитель	Представительство Акционерного общества «Кей Эм Ю Ко., Лтд.» (Япония)
Основание для проведения испытаний	Договор № 044/16-503 от 01сентября 2016 г.
Задачи испытаний	Оценки коррозионной стойкости кляммеров с покрытием цинк-алюминий-магний
Описание элементов системы	Кляммеры рядовые из низкоуглеродистой стали с покрытием Zn-Al-Mg.
Испытательное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> - камера влажности; - камера сернистого газа; - камера соляного тумана; - металлографический комплекс Альтами МЕТ
Документ и материалы	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 9.308-85 ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические органические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» - ГОСТ 9.302-88 ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля» - ГОСТ 9.311-87 ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений» - Свод правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
Результаты исследований	Заключение № 044/16-503

Образцы для испытаний: на исследование предоставлены образцы кляммеров производства «Кей Эм Ю Ко., Лтд.» (Япония).

Отбор и изготовление образцов: осуществлялись Заказчиком.

Цель работы: определение коррозионной стойкости и долговечности кляммеров изготовленных из стали с покрытием цинк-алюминий-магний при эксплуатации в неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной средах в соответствии с СП 28.13330.2012 (СНиП 2.03.11-85).

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;
- анализ внешнего состояния поверхностей деталей;
- металлографический анализ.

Проведение ускоренных коррозионных испытаний

Испытания проводились в течение 30 суток в климатических камерах, имитирующих различные атмосферные условия, в соответствии с ГОСТ 9.308-85 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний»:

- в камере влажности, имитирующей слабоагрессивную среду (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40^0C);
- в камере сернистого газа, имитирующей городскую среднеагрессивную среду (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40^0C и воздействии SO_2 концентрация - $0,75 \text{ г}/\text{м}^3$);
- в камере соляного тумана, имитирующей приморскую среднеагрессивную среду (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40^0C).

Материалы исследования

В соответствии с данными технической документации кляммеры выполнены из листовой низкоуглеродистой стали с покрытием из цинкового сплава с содержанием алюминия и магния. Оценку состояния деталей проводили в соответствии с ГОСТ 9.307-89 ЕСЗКС «Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля».



Исследование *внешнего состояния* поверхностей деталей во время и после испытаний проводилось визуально и методом оптической фрактографии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-200.

В результате анализа установлено, что поверхности кляммеров с покрытием цинк-алюминий-магний в состоянии поставки гладкие, чистые, без признаков нарушения сплошности покрытия. Цвет покрытия серебристо-серый полублестящий. Наплывы покрытия на отобранных образцах отсутствуют (рис.1а).

В результате анализа установлено, что внешний вид **кляммеров** после испытаний в камере влажности практически не изменился, признаки коррозии защитного слоя в виде локального помутнения, что не превышает 5 % от общей площади, выявлены лишь к концу испытаний в зонах изгибов, остальная поверхность сохранилась полностью (рис. 1 б).

После воздействия сернистого газа (рис.1в) и соляного тумана (рис.1г) в зонах изгибов деталей обнаружено потемнение и налет белого цвета, характерный для продуктов коррозии цинковой составляющей покрытия.

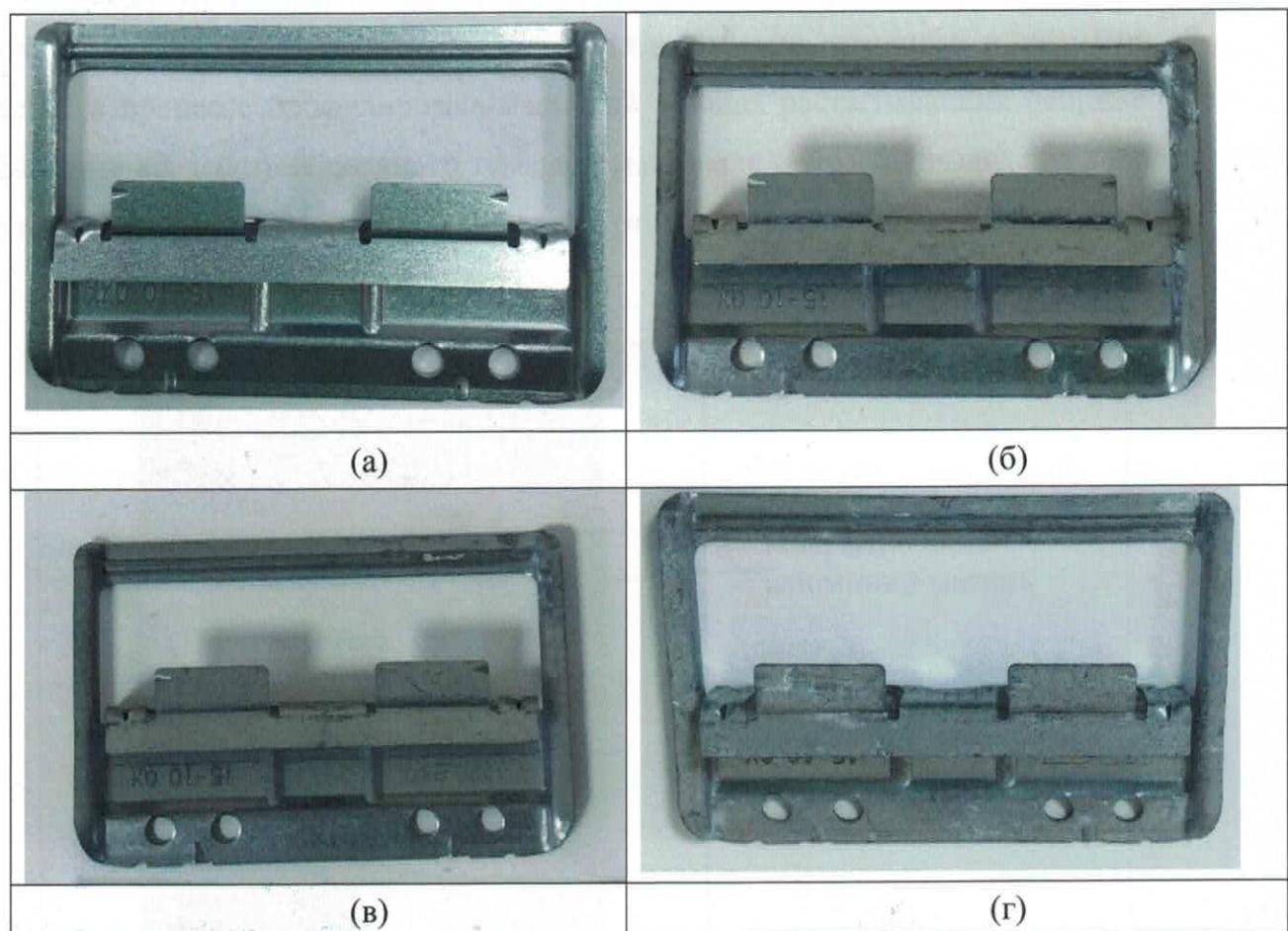


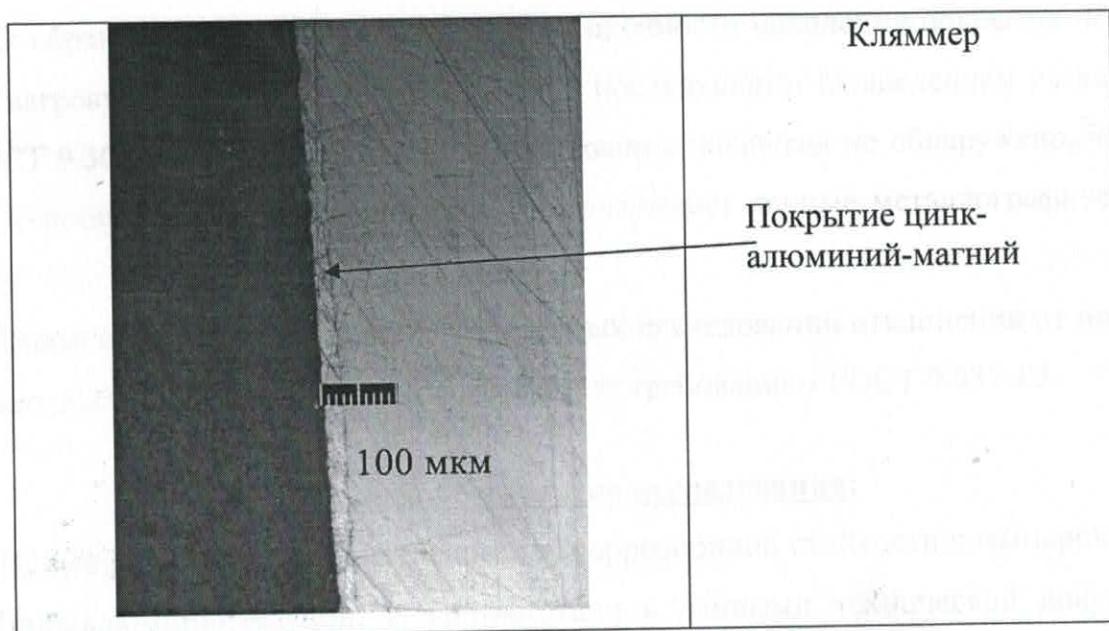
Рис. 1 Внешний вид образцов в состоянии поступления на исследования (а), после испытаний в камере влажности (б), сернистого газа (в) и соляного тумана (г).

С целью оценки состояния материала исследуемых деталей вблизи поверхностей, а также определения глубины и характера коррозионных повреждений проводился металлографический анализ с применением бинокулярного микроскопа Альтами-МЕТ.

Исследование проводилось на кляммерах, взятых выборочно, в состоянии поставки и после испытаний в течение 30 суток в камерах влажности и соляного тумана. Шлифы были приготовлены в продольном и поперечном сечениях.

Толщина покрытия на кляммерах рядовых составляет 30-35 мкм (рис.2а). После выдержки в камере влажности покрытие сохранилось практически без изменений: признаков коррозионных повреждений и отслаивания не выявлено.

После выдержки в камере соляного тумана (рис.2 б) в покрытии выявлены язвенные повреждения глубиной до 7 мкм. Наиболее значительные повреждения исследуемого покрытия в виде множественных язв и трещин, глубина которых соизмерима с толщиной защитного слоя и составляет до 30 мкм, обнаружены в зоне перегиба деталей (рис.2в). Так как повреждения наблюдаются как в состоянии поставки, так и после испытаний в коррозионно-агрессивных средах, следовательно, трещины в покрытии образовались в процессе профилирования деталей в зонах растягивающих напряжений. Причем после воздействия соляного тумана в материале покрытия выявлены коррозионные повреждения, распространяющиеся как от поверхности детали, так от трещин.



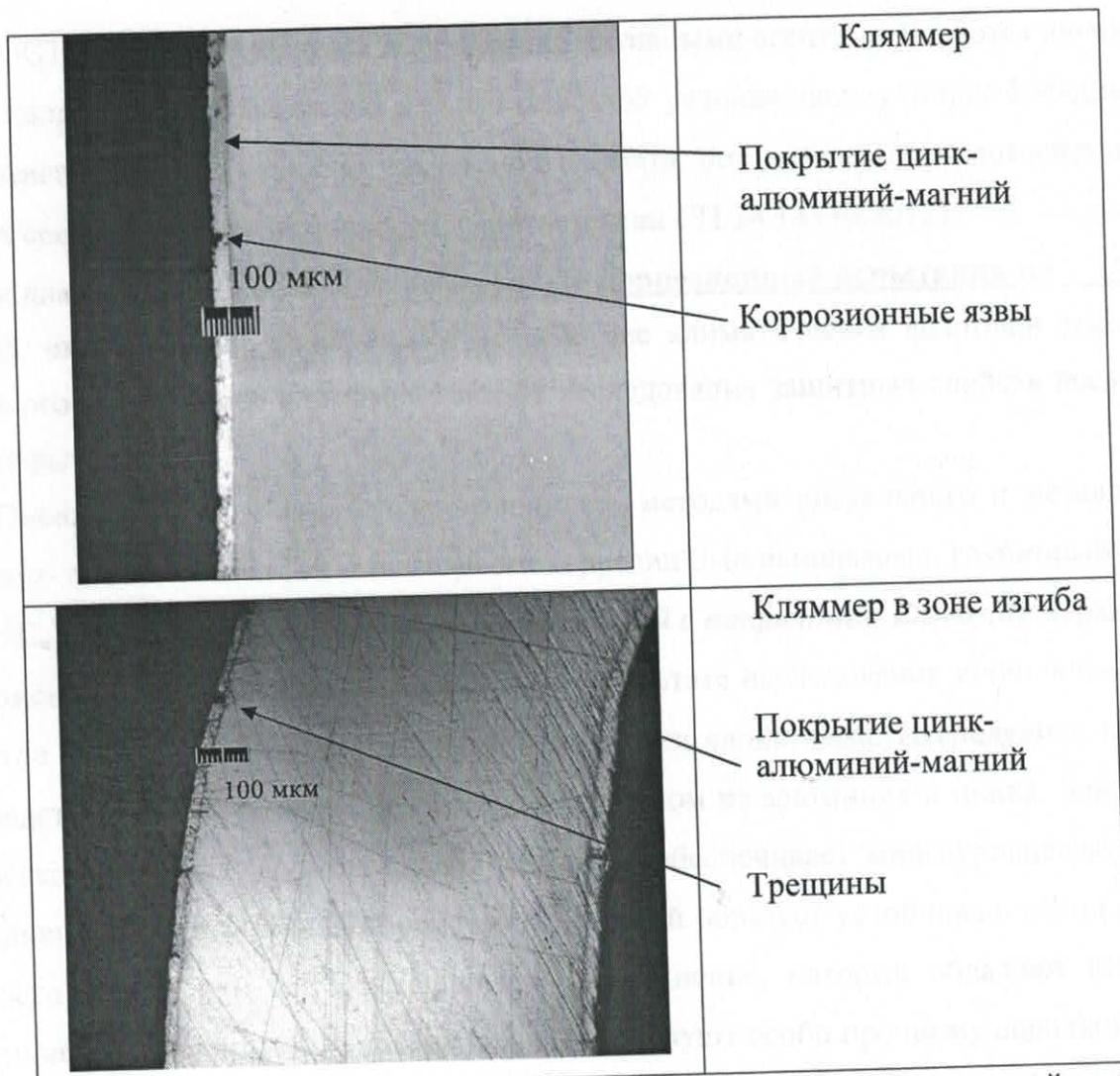


Рис.2 Состояние кляммеров в состоянии поставки (а), после испытаний в камере соляного тумана (б, в).

Отобранные образцы для определения прочности сцепления покрытия подвергались нагреву до 190 °С в течение 1 часа с последующим охлаждением на воздухе (по ГОСТ 9.307-89 п.4.4.3.). Вздутия и отслаивания покрытия не обнаружено, что означает хорошую прочность сцепления и подтверждает данные металлографического анализа.

Таким образом, в результате проведенных исследований отклонений от норм не выявлено, исследуемое покрытие соответствует требованиям ГОСТ 9.037-89.

Анализ результатов исследования:

Целью работы является исследование коррозионной стойкости кляммеров с покрытием цинк-алюминий-магний. В соответствии с данными технической документации кляммеры предназначены для невидимого крепления панелей в навесных вентилируемых фасадах. Коррозионная агрессивность среды определяется продолжительностью увлажнения поверхности металла и концентрацией коррозионно-активного агента. В соответствии

вии с ГОСТ 9.039-74 основными коррозионно-активными агентами являются двуокись серы и хлориды. В соответствии с ГОСТ 15150-69 условия эксплуатации фасадных систем соответствуют У2 (условия умеренного климата, под навесом) при воздействии воздушных сред (степень агрессивности в соответствии СП 28.13330.2012).

При анализе были проведены **ускоренные коррозионные испытания по ГОСТ 9.308-85**, имитирующие комплексное воздействие климатических факторов атмосферы умеренного и холодного климатов с целью исследования защитных свойств исследуемого покрытия.

Оценка состояния деталей производилась методами визуального и металлографического анализов. При расчете скорости коррозии был использован глубинный показатель (K_h) скорости коррозии, который *для сталей с покрытием Zn-Al-Mg* характеризует изменение толщины защитного слоя. В результате исследования установлено, что покрытие Zn-Al-Mg обладает высокими защитными свойствами. Исследуемое покрытие представляет собой сплав, состоящий в основном из алюминия и цинка. Благодаря химическому составу алюмоцинковое покрытие обеспечивает многоуровневую антикоррозионную защиту стальной основы. Алюминий образует устойчивый оксид на поверхности образцов и интерметаллическое соединение, которые обладают высокой коррозионной стойкостью, и, кроме того, способствуют особо прочному сцеплению покрытия с основой, что препятствует проникновению окисляющей атмосферы вглубь металла, создавая надёжный защитный барьер. В свою очередь цинк вступает в химическую реакцию с водой, и, корродируя, обеспечивает «жертвенную» защиту базовому металлу на кромках и в местах механических повреждений. Алюмо-цинковое покрытие обладает высокой протекторной защитой и гарантирует сохранение коррозионной стойкости даже при механическом повреждении защитного слоя. Кроме того, микролегирование алюмоцинкового покрытия магнием увеличивает коррозионную стойкость и улучшает протекторное действие покрытия по отношению к стали.

В результате проведенного анализа установлено, что алюмо-цинковые покрытия, легированные магнием могут быть использованы при изготовлении кляммеров, что весьма актуально, так как по действующим СП в среднеагрессивных средах детали с цинковым покрытием не могут быть применены. Скорость коррозии в слабоагрессивных средах составляет не более 0,2 мкм/год; в среднеагрессивных средах (с повышенным содержанием сернистого газа и хлоридов) – 0,5 мкм/год и достигает 1-1,5 мкм/год в зонах перегиба, вследствие образования в покрытии множественных микротрещин.

Срок службы Zn-Al-Mg покрытия, толщина которого составляет 30-35 мкм, по экспертическому прогнозу, в средах средней агрессивности составит порядка 40 лет.

Таким образом, предлагаемые технические решения соответствуют требований СП 28.13330.2012 (СНиП 2.03.11-85) и обеспечивают защиту от коррозии кляммеров в условиях слабо- и среднеагрессивных сред.

Выводы

1. В результате проведенных без учета механических нагрузок испытаний, оценки качества и скорости коррозии исследуемых материалов установлено, что кляммеры устойчивы к атмосферной коррозии и могут эксплуатироваться:

- в условиях неагрессивных и слабоагрессивных сред порядка 50 лет;
- в условиях среднеагрессивных сред порядка 40 лет.

2. Анализ результатов и выводы относятся только к испытанным деталям без учета воздействия других элементов конструкций, для крепления которых они предназначены.

Отв. исп. Волкова О.В., научный сотрудник
каф. ЗМиТП
Тел.: 8(495) 951-22-34
e-mail: mail@expertcorr.misis.ru



119049, Москва, Ленинский проспект, 4
Тел/факс.(495) 951-22-34
E-mail: expertcorr@gmail.com