

«Утверждаю»

Проректор по науке и инновациям,

проф., д.т.н.



Филонов М. Р.

01.07.2016

Заключение № 028/16-503-1

**«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
распорных элементов с термодиффузионным цинковым
покрытием «Термишин»**

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

научный сотрудник



Ковалев Александр Федорович

научный сотрудник



Шевейко Ольга Владимировна

Инженер, к.х.н.



Сафонов Иван Александрович

Заявитель	ООО «Крона Рециклинг»
Основание для проведения испытаний	Доп. соглашение №1 от 01 июня 2016 г к Договору № 028/13-503 от 01 июня 2016 г.
Акт отбора образцов	от 01.06.16
Дата проведения испытаний	начало 01 июня 2016 г. окончание 01 июля 2016 г
Задачи испытаний	Определить показатели коррозионной стойкости материалов фасадных дюбелей, оценить срок их службы
Испытательное оборудование	- камера влажности; - камера сернистого газа; - камера соляного тумана; - бинокулярный микроскоп МБС-200; - испытательная машина Instron Тип 150 XL; - металлографический комплекс «Альтами МЕТ»
Образцы	Распорные элементы дюбелей, изготовленные из углеродистой стали (типа Ст40) с термодиффузионным цинковым покрытием «Термишин».
Результаты исследований	Заключение № 028/16-503-1



На исследование поступили **распорные элементы анкерных дюбелей**, изготовленные из низкоуглеродистой стали с покрытием «Термишин» (термодиффузионный цинк).

Отбор образцов проводился представителями Заказчика.

Цель работы: оценить качество и коррозионную стойкость распорного элемента с термодиффузионным цинковым покрытием.

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;
- анализ внешнего состояния поверхностей деталей;
- металлографический анализ;
- механические испытания при статической растягивающей нагрузке.

Проведение ускоренных коррозионных испытаний

Ускоренные испытания соединений 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 камерах:

- влажности, имитирующей слабоагрессивную среду (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С);
- сернистого газа, имитирующей городскую среднеагрессивную среду (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40⁰ С, концентрация SO₂ 75± 15 мг/м³);
- соляного тумана, имитирующей среднеагрессивную приморскую среду (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С).

Анализ результатов исследования

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

Альтами МЕТ (по ГОСТ 9.311-87). Степень коррозионных повреждений оценивалась в соответствии с ГОСТ 9.311-87 ЕСЗКС. «Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений».

В результате анализа установлено, что после испытаний в камере влажности внешний вид деталей с покрытием «Термишин» практически не изменился: на их поверхностях выявлен полупрозрачный слой продуктов коррозии цинковой составляющей защитных покрытий (рис.1 а). В камере сернистого газа на цилиндрических и резьбовых частях деталей выявлено помутнение поверхностей в виде тонкого налета, на головке – пятна белого цвета, характерные для коррозии цинкового покрытия в начальной стадии (рис.1 б). На поверхностях деталей после выдержки в камере соляного тумана наблюдается сплошной белый налет с объемными продуктами коррозии цинка (рис.1 в).

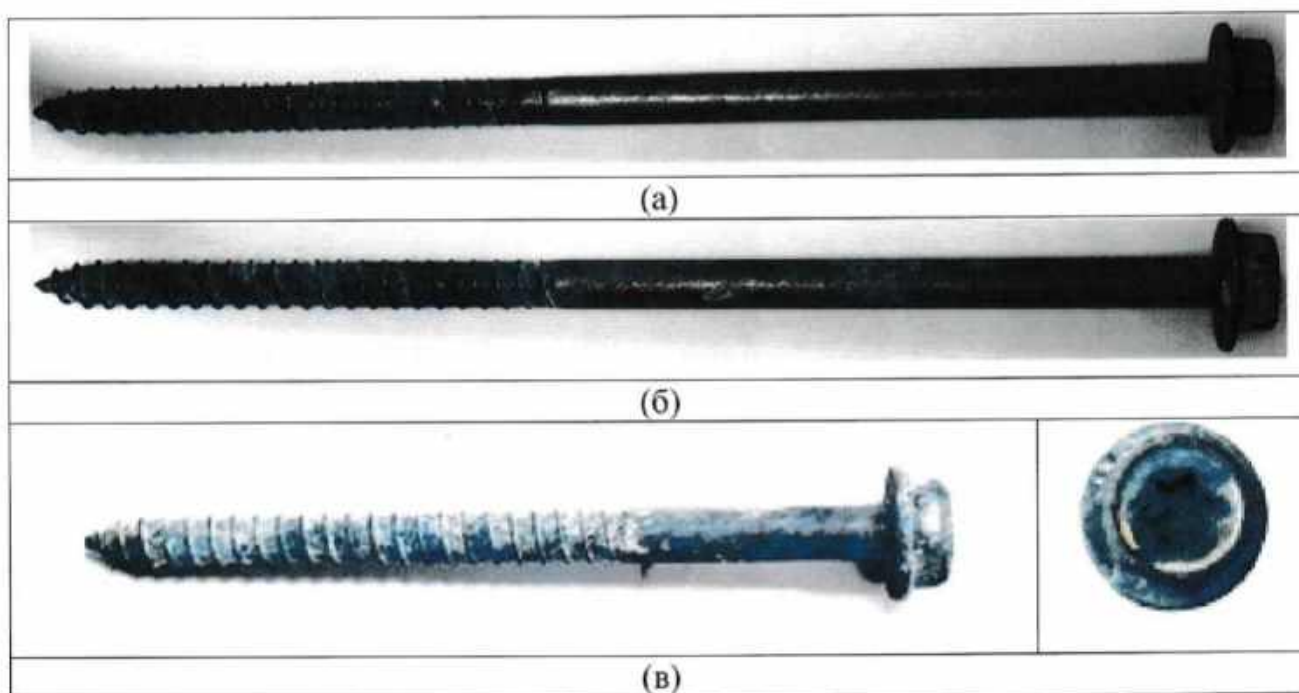


Рис. 1. Внешний вид распорных элементов после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

С целью оценки толщины и качества покрытия, состояния материалов исследуемых деталей вблизи поверхностей проводился *металлографический анализ*. Шлифы были приготовлены в поперечных и продольных сечениях образцов.

Покрытие «Термишин» на исследуемых распорных элементах равномерное как на резьбовой, так и на цилиндрической частях (рис.2, рис.3), толщина которого составляет 25-30 мкм (рис.2 а) и 50-60 мкм (рис.2 б).

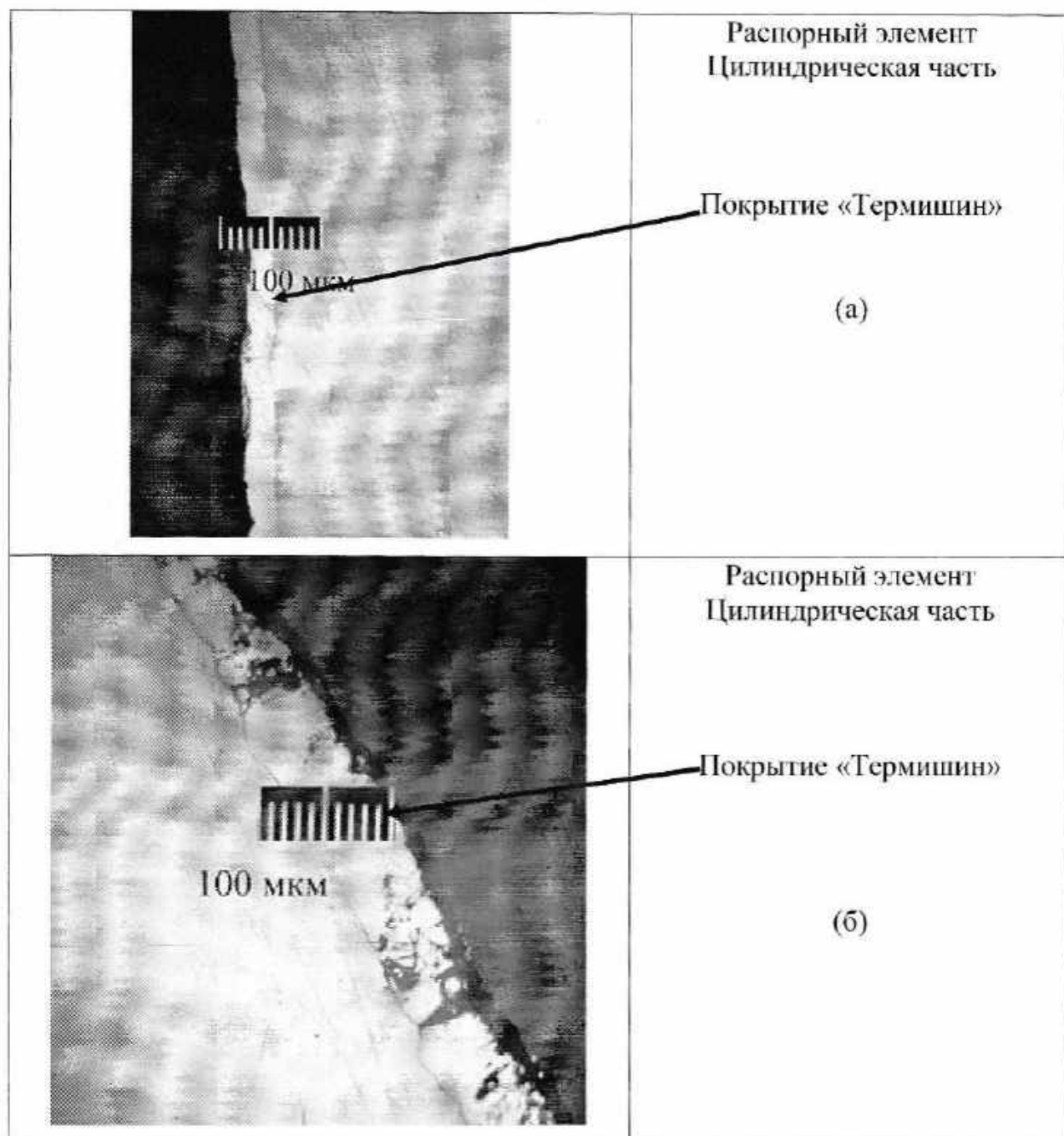
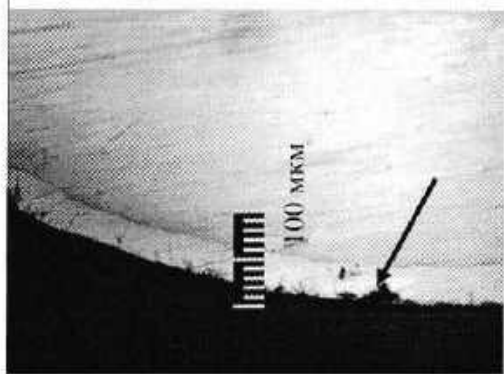


Рис.2. Состояние материала распорных элементов в состоянии поставки.

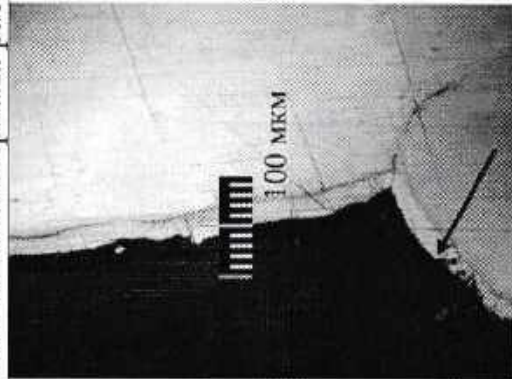
После испытаний в камере сернистого газа в защитном слое выявлены отдельные коррозионные повреждения глубиной не более 10 мкм (рис.2 д). После соляного тумана в материале деталей наблюдается равномерно-язвенная коррозия цинкового покрытия глубиной до 15 мкм (рис.2е).



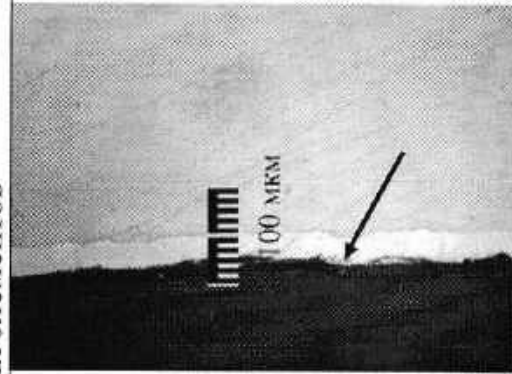
Состояние материала распорных элементов



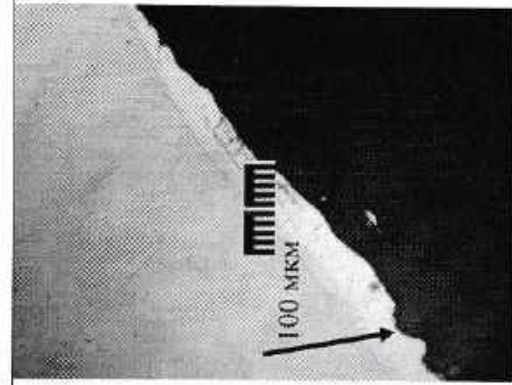
КСТ
(а)



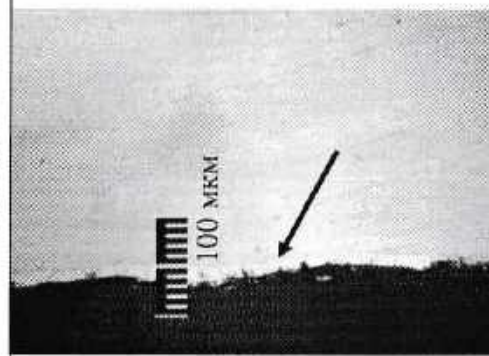
головка



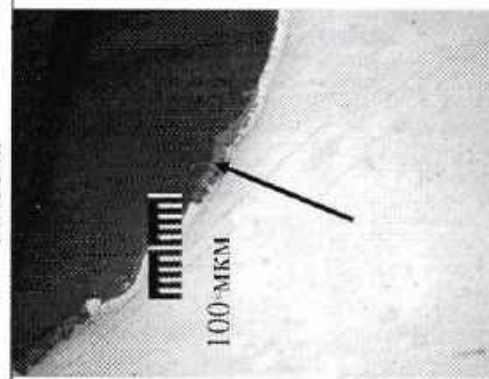
цилиндр



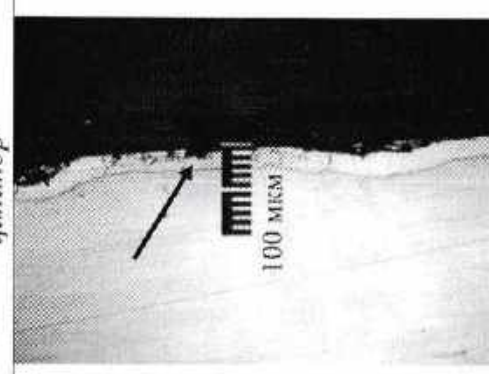
резьба



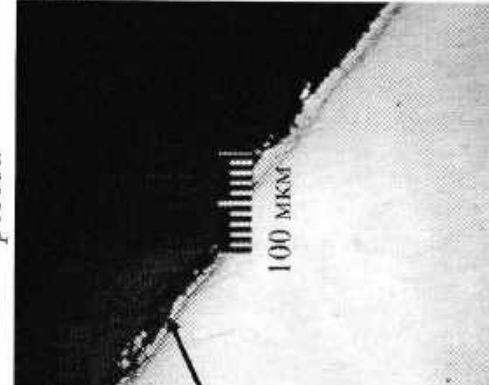
КСТ
(б)



головка



цилиндр



резьба

Рис.2. Состояние материала распорных элементов после испытаний в камерах сернистого газа (а) и соляного тумана (б).

Проведение коррозионно-механических испытаний

Испытания проводили по схеме: коррозионное воздействие – механические испытания. Образцы подвергали воздействию нейтрального соляного тумана (5% NaCl) в течение 720 часов. Испытания на растяжение проводили по ГОСТ 1497-84 на испытательной машине Instron Тип 150 XL на цилиндрических частях винтов без головок при температуре 20 °С. Определяли механические свойства углеродистой стали до и после испытаний: $\sigma_{0,2}$ (условный предел текучести), σ_b (предел прочности, условное сопротивление разрыву). Временное сопротивление разрыву определяют по величине наибольшей нагрузки перед разрушением образца. Условный предел текучести определяют графическим способом по диаграмме растяжения. Данные испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние длительности коррозионных испытаний на механические свойства углеродистой стали

Длительность коррозионных испытаний, час.	Низкоуглеродистая сталь			
	№1		№2	
	$\sigma_{0,2}$	σ_b	$\sigma_{0,2}$	σ_b
	МПа		МПа	
0	858	908	815	989
720	855	907	856	935

Таким образом, воздействие коррозионно-активных сред не повлияло на прочностные характеристики исследуемой углеродистой стали, что соответствует требованиям ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования».

Анализ результатов исследований

Распорные элементы фасадных дюбелей на поверхностях распорных элементов с термодиффузионным цинковым покрытием «Термицин» после испытаний во всех экспериментальных средах наблюдаются признаки коррозии цинка в виде белого налета. Термодиффузионное покрытие представляет собой цинко-железистый сплав, который обладает более высокой коррозионной стойкостью, чем горячие и гальванические цинковые покрытия.

При оценке скорости коррозии принято, что толщина слоя на деталях составляет 50-60 мкм и 25-30 мкм. Оценка скорости коррозии с учетом полученных экспериментальных результатов и литературных данных позволяет установить, что в средах средней агрессивности (в соответствии со Сводом правил СП 28.13330.2012) скорость коррозии цинкового покрытия под навесом составляет 0,8-1,5 мкм/год (при расчете скорости коррозии принято, что 30 суток непрерывных испытаний в специальных атмосферах соответствуют 15 годам реальной эксплуатации в среде средней агрессивности). Аппроксимация коррозионного поражения на длительный срок эксплуатации позволяет установить, что оценка относительной долговечности стальных элементов с покрытием «Термишин», толщина которого составляет 50-60 мкм и 20-30 мкм, позволяет установить, что в среднеагрессивных средах срок их службы составит порядка 50 лет и 35 лет соответственно.

Выводы

1. В результате проведенных испытаний и оценки качества покрытий на деталях установлено, что распорные элементы фасадных дюбелей с термодиффузионным цинковым покрытием «Термишин» устойчивы к коррозии в средах слабой и средней агрессивностей в соответствии со Сводом правил СП 28.13330.2012 под навесом и могут эксплуатироваться:

- при толщине покрытия 50-60 мкм сроком до 50 лет в средах слабой, промышленной (при повышенной влажности и(или) содержании сернистого газа) и при морской (при повышенной влажности и содержании хлоридов) сред средней агрессивности;
- при толщине покрытия 25-30 мкм сроком до 50 лет и 35 лет в средах слабой и средней агрессивности соответственно.

2. Анализ результатов и выводы относятся только к испытанным распорным элементам фасадных дюбелей без учета воздействия других элементов строительных конструкций, для крепления которых предназначены испытанные детали.

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

