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.

07.09.2020

Заключение № 068/20-501

«Исследование коррозионной стойкости и долговечности металлоконструкций с антикоррозионным покрытием, нанесенные по технологии цинкирования»

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель, заведующий кафедрой металлургии и защиты металлов, проф., д.т.н.	Дуб Алексей Владимирович
Ответственный исполнитель, научный сотрудник, к.т.н.	Волкова Ольга Владимировна
Исполнители:	
зав. лабораторией МЗМ	Обухова Татьяна Анатольевна
доцент, к.х.н.	Сафонов Иван Александрович
научный сотрудник	Шевейко Ольга Владимировна
научный сотрудник	Ковалев Александр Федорович
инженер I категории, к.т.н.	Шибаева Татьяна Владимировна

Заявитель	**ООО «НПЦАЗ»**
Основание для проведения испытаний	Договор № 068/20-501 от 20.07.2020
Дата проведения испытаний	начало 03 августа 2020 г. окончание 03 сентября 2020 г.
Задачи испытаний	1. Определение коррозионной стойкости металлоконструкций с цинксодержащими покрытиями. 2. Оценка срока службы исследуемых материалов при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред при размещении конструкций «под навесом».
Образцы	Стальные пластины с цинксодержащим покрытием (цинкирующий состав, ТУ 2312-001-61702992-2009)
Испытательное оборудование	- камера влажности КЛИМАТИКПРО КТ-ТХВ-80; - камера сернистого газа KEA 300A; - камера соляного тумана SST-6MS;
Материалы и документы	1. ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды». 2. Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
Результаты исследований	Заключение № 068/20-501

Цель работы: оценка коррозионной стойкости и долговечности металлоконструкций с цинксодержащими покрытиями, нанесенными по технологии цинкирования, при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред при размещении конструкций «под навесом».

Образцы для испытаний: стальные пластины 150х75х2.3 мм с цинксодержащим покрытием (цинкирующий состав, ТУ 2312-001-61702992-2009).

Отбор и изготовление образцов производились представителями Заказчика в соответствии (Приложение 1).

Методики исследований.

1. Внешнее состояние поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально и по ГОСТ 9.407-2015 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида».
2. Ускоренные коррозионные испытания проведены по ГОСТ 9.308-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» в течение 30 суток в климатических камерах, имитирующих среднеагрессивные среды:

– влажности (КВ), имитирующей слабоагрессивную среду (при относительной влажности 98 % и температуре в камере 40 °С;

– сернистого газа (КСГ) KEA 300A, имитирующей среднеагрессивную среду (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40 °С и воздействии SO_2);

– соляного тумана (КСТ) SST-6MS, имитирующей среднеагрессивную среду (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40 °С).

Один цикл испытаний в камере: воздействие агрессивной атмосферы в течение 8 ч, далее выдержка в камере при отключении искусственной атмосферы при температуре 25 °С в течение 16 ч.

3. Металлографический анализ проведен на микроскопе ZEISS с системой анализа изображения «Thixomet». Шлифы изготовлены в поперечном сечении образцов.
4. Адгезию покрытия определяли в соответствии с ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» по методу решетчатых надрезов адгезиметром Elcometer F107 с шестью лезвиями.

Результаты исследования

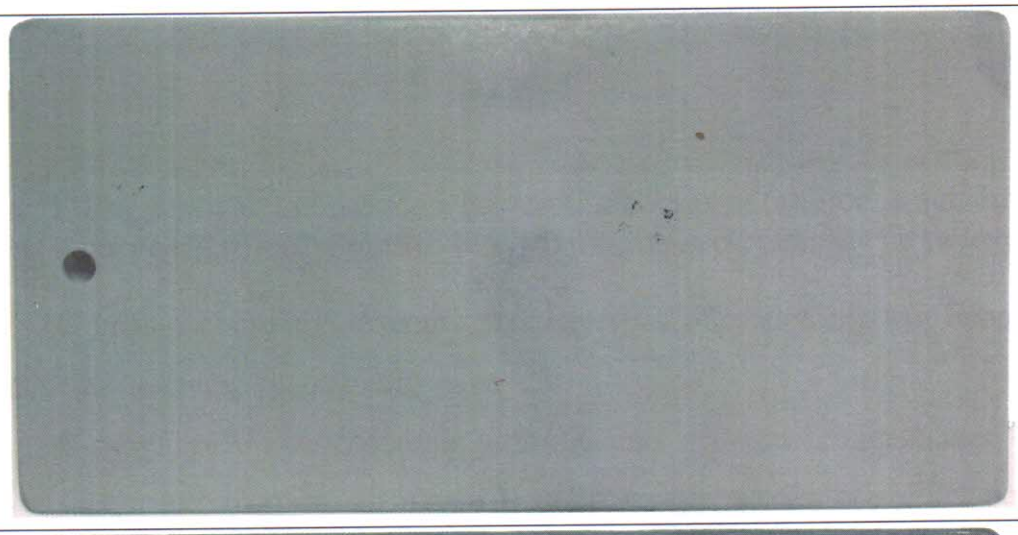
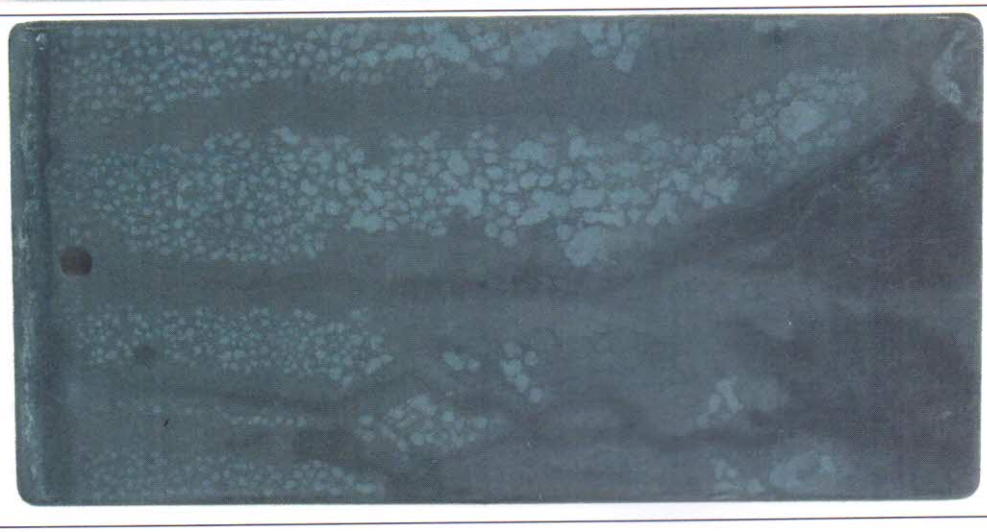
В результате исследования *внешнего вида* поверхностей образцов в состоянии поставки установлено, что поверхности чистые, матовые, шероховатые, без царапин и потертостей, без признаков коррозионных повреждений (рис. 1 а).

После испытаний в камере влажности в течение 30 суток (720 часов) обнаружено частичное потемнение поверхностей образцов, темные потеки и светлые пятна (рис. 1 б).

В камере сернистого газа после всего времени испытаний на образцах выявлен сплошной плотный белый налет (рис. 1 в).

После выдержки в камере соляного тумана на образцах наблюдается незначительное потемнение и белый налет в виде множественных точек и потеков (рис. 1 г).

После испытаний в агрессивных средах (КВ, КСГ, КСТ) на торцах образцов коррозии стальной основы (ржавчины) не зафиксировано.

	Новый (а)
	КВ (б)

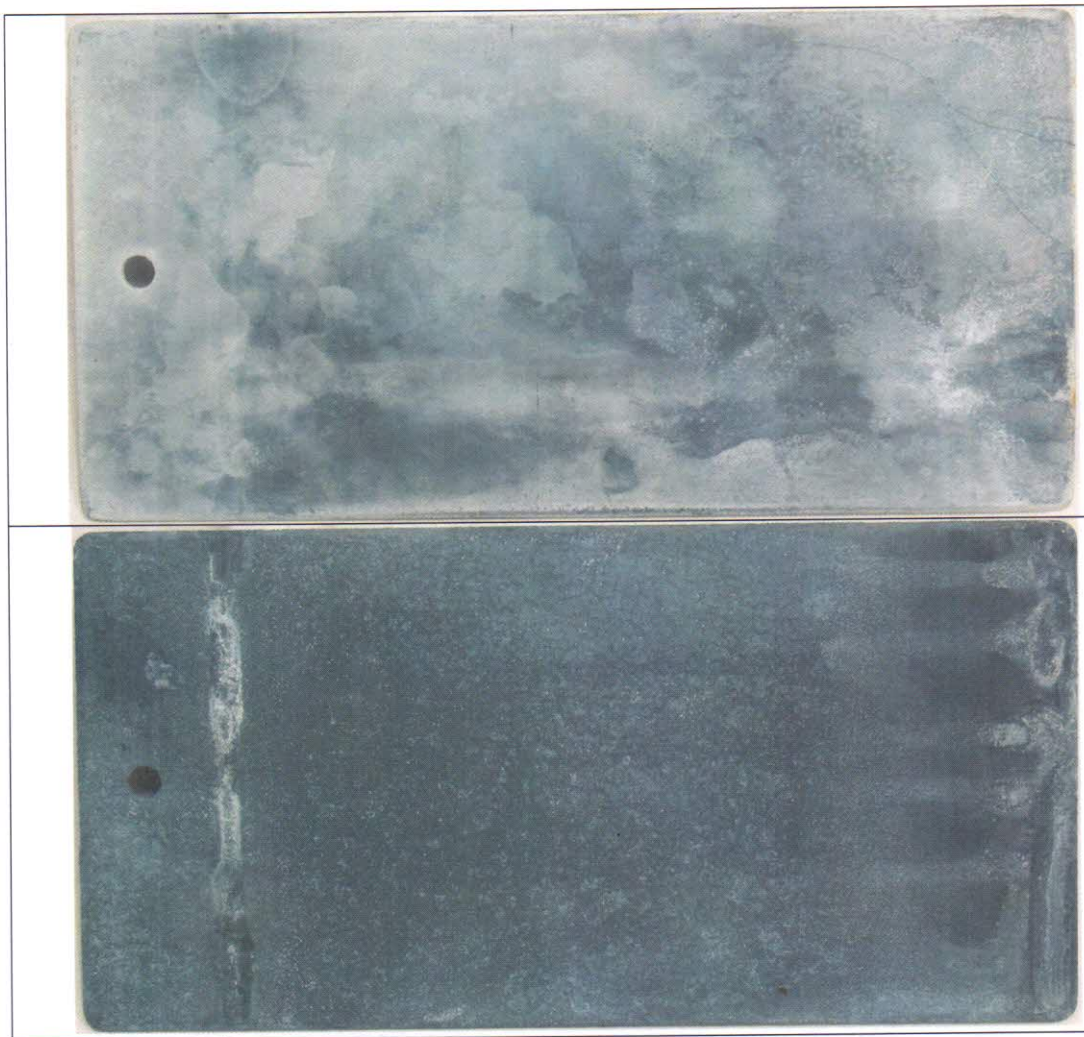


Рис. 1 Внешний вид образцов в состоянии поставки (а); после испытаний в камерах влажности (б), сернистого газа (в) и соляного тумана (г) в течение 30 суток

С целью оценки состояния исследуемых образцов вблизи поверхности проводили *металлографический* анализ.

В результате исследования установлено, что цинксодержащее покрытие нанесено на шероховатую стальную основу; покрытие на образцах ровное, разной толщины с каждой стороны (175-185 мкм и 105-125 мкм) (рис. 2 б, в, рис. 3 б, в). На торцах образцов области без покрытия отсутствуют (рис. 2 а, рис. 3 а, г).

После испытаний в камере сернистого газа (рис. 2) на поверхности цинксодержащего покрытия обнаружен защитный слой продуктов коррозии толщиной 11-19 мкм. Этот слой можно идентифицировать как белый налет, представленный на рис 1(в). На отдельных образцах выявлены зоны с частично отсутствующим защитным слоем (рис. 2 г), что наиболее вероятно связано с процессом нанесения покрытия.

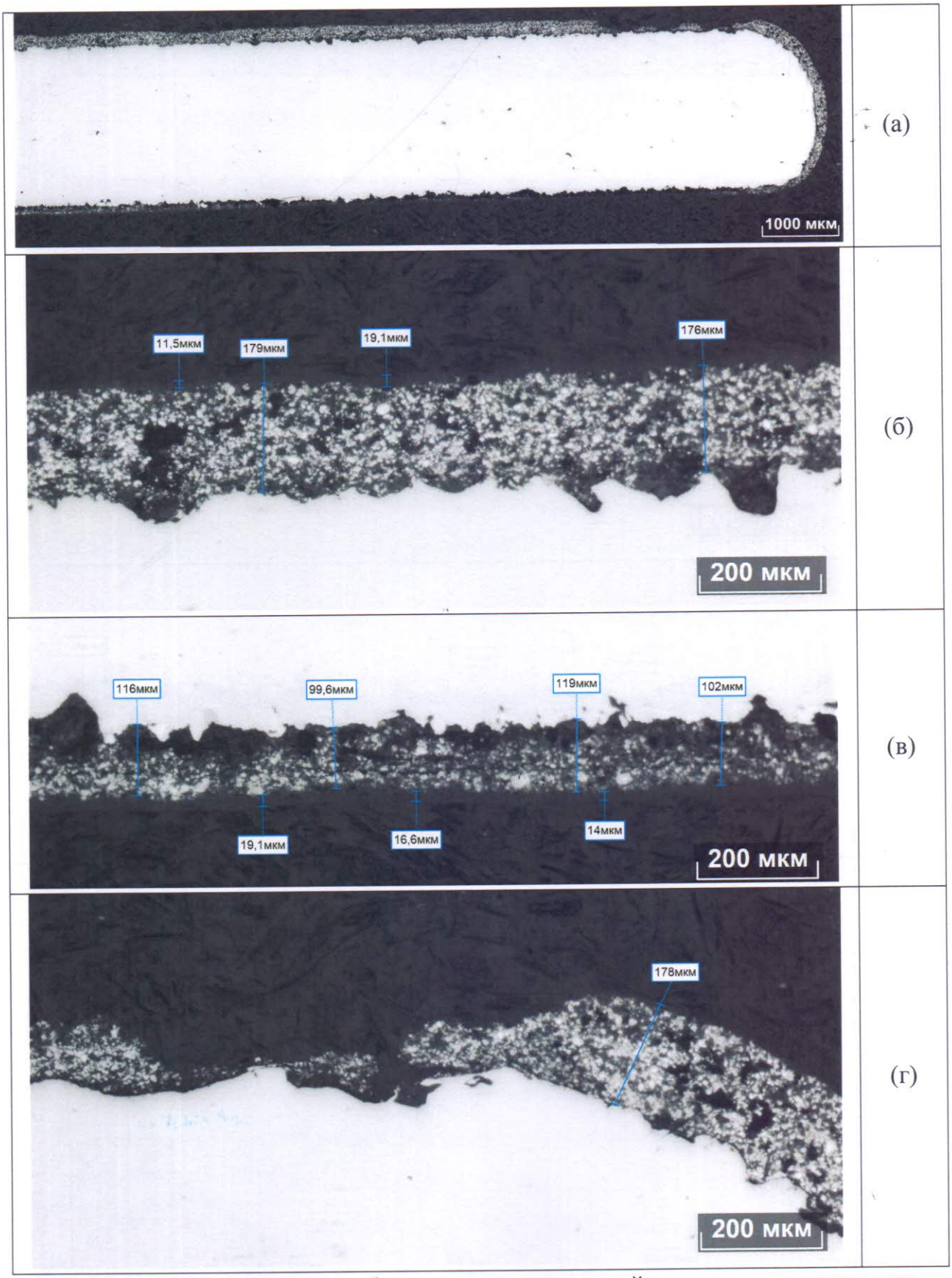


Рис. 2 Состояние материала образцов после испытаний в камере сернистого газа

Покрытие на образце после испытаний в камере соляного тумана равномерное по сечению (рис. 3 а). На торце толщина покрытия составляет 40-70 мкм (рис. 3 г).

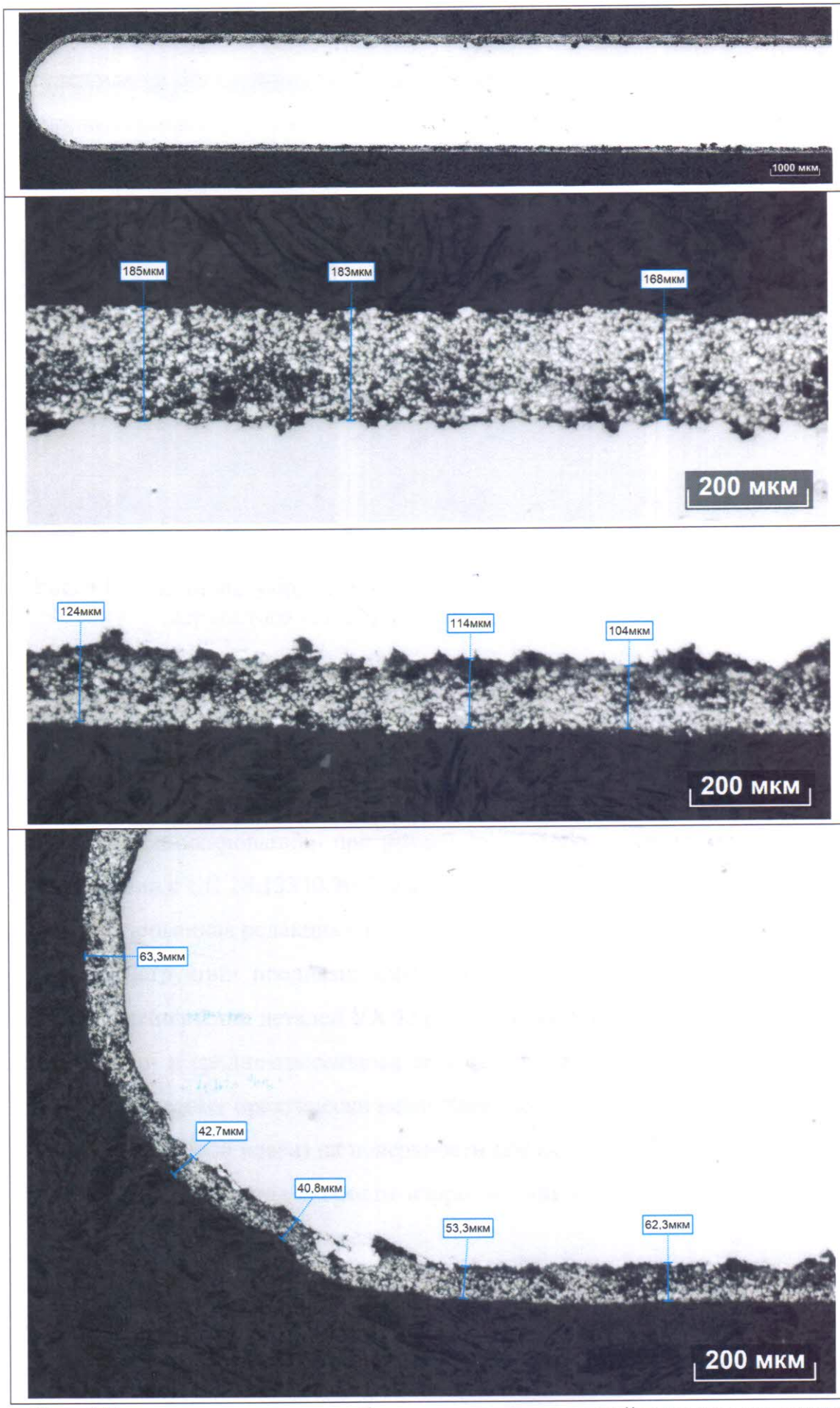
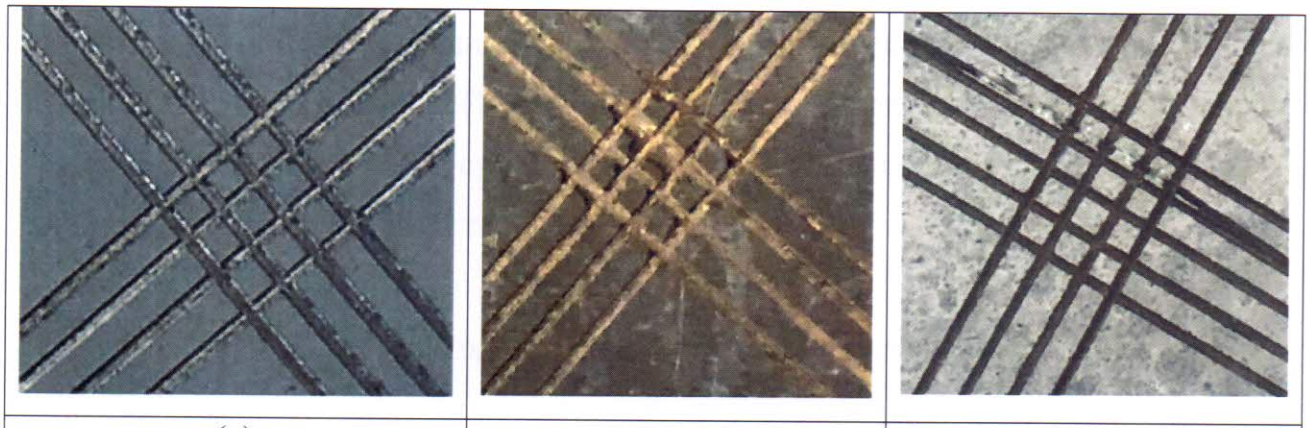


Рис. 3 Состояние материала образцов после испытаний в камере соляного тумана

По результатам тестов по методу «решетчатого надреза» установлено, что слой покрытия обладает высокой адгезией к металлической основе. В результате исследований отслаивания покрытия на точках пересечения насечек не зафиксировано, что соответствует наивысшему баллу (рис. 4). Полученные результаты соответствует требованиям метода А по ГОСТ 15140-78, согласно которого адгезия покрытия должна составлять не более балла 3.



(а) (б) (в)

Рис. 4 Внешний вид образцов после испытаний в состоянии поставки (а), камере сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в зоне надреза

Анализ результатов исследования

Целью работы является исследование коррозионной стойкости и долговечности металлоконструкций с цинксодержащими покрытиями, нанесенными по технологии цинкирования, при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред в соответствии с СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).

Конструкции предназначены для эксплуатации в умеренном и холодном климате (исполнение деталей УХЛ2 (под навесом) по ГОСТ 15150-69) при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017. Условия эксплуатации «под навесом» практически исключают попадание атмосферных осадков (дождевой или снеговой влаги) на поверхности образцов, что позволяет прогнозировать неизменность величины скорости коррозии при условии сохранения существующей степени агрессивности среды.

Проведены ускоренные циклические коррозионные испытания по ГОСТ 9.308-85 в камерах влажности, сернистого газа и соляного тумана с целью оценки качества и коррозионной стойкости материалов. Оценку состояния покрытия проводили методами визуального и металлографического анализов.

После испытаний в коррозионно-агрессивных (влажности, сернистого газа, соляного тумана) атмосферах по ГОСТ 9.308-85 покрытие сохранилось практически полностью. Толщины покрытия составляют 175-185 мкм и 105-125 мкм на ровных поверхностях и 40-70 мкм на торцах.

Расчет скорости коррозии исследуемых материалов проводили по методикам, разработанным в НИТУ «МИСиС».

Коэффициент ускорения (K_y) для сред слабой и средней степеней агрессивности рассчитан по формуле (1). Состояние металла после испытаний в испытательных камерах в течение 30 суток соответствует состоянию металла после эксплуатации в реальных условиях в течение 20 лет (7300 сут).

$$K_y = 7300/30=243 \qquad (1)$$

Сроки службы ($\tau_{ср.сл.}$, год) покрытий рассчитаны исходя из толщины покрытия (h, мкм), скорости коррозии покрытия (V, мкм/сут) после ускоренных испытаний.

Расчет оценки сроков службы ($\tau_{ср.сл.}$) покрытий проведен по формуле (2).

$$\tau_{ср.сл.} = (h \cdot K_y) /(V \cdot 365) \qquad (2)$$

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что стальные элементы с цинксодержащим покрытием, нанесенным по технологии цинкирования, толщиной не менее 70 мкм, при размещении конструкций под навесом устойчивы к воздействию коррозионно-агрессивных сред и рекомендуются для эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон влажности слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017 в течение не менее 50 лет.

Выводы

1. Стальные металлоконструкции с цинксодержащим покрытием (цинкирующий состав, ТУ 2312-001-61702992-2009), нанесенным по технологии цинкирования в условиях размещения «под навесом», устойчивы к атмосферной коррозии в неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной средах в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85).

2. Установлено, что стальные металлоконструкции с цинксодержащим покрытием (цинкирующий состав, ТУ 2312-001-61702992-2009) толщиной не менее 70 мкм устойчивы к атмосферной коррозии и рекомендуются для эксплуатации в

условиях размещения «под навесом» при воздействии сред слабой и средней агрессивности сроком не менее 50 лет.

3. Анализ результатов и выводы относятся только к исследованным образцам без учета воздействия других элементов строительных конструкций.

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

НИТУ «МИСиС»

Сброшюровано и пронумеровано

11 стр.

Филонов М.Р.