



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.

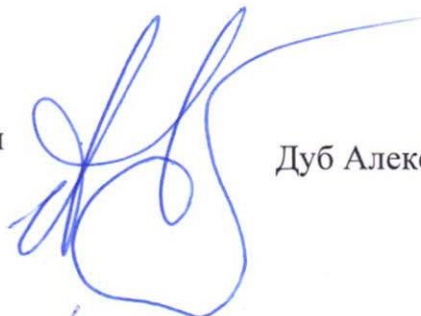
15.06.2018

Заключение № 061/18-501-3

«Исследование качества и коррозионной стойкости цинковых покрытий, нанесенных по технологии «ПРАНС» на низкоуглеродистые стали, на соответствие требованиям ГОСТ 9.307-89 «Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля»

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,
заведующий кафедрой металлургии
стали и защиты металлов,
проф., д.т.н.



Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель,
научный сотрудник



Волкова Ольга Владимировна


Исполнители:

зав. лабораторией МЗМ



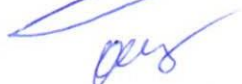
Обухова Татьяна Анатольевна

доцент, к.х.н



Сафонов Иван Александрович

научный сотрудник



Шевейко Ольга Владимировна

научный сотрудник



Ковалев Александр Федорович

инженер I категории



Шибаева Татьяна Владимировна

| | |
|------------------------------------|---|
| Заявитель | ООО "СКБ Экотранспорт " |
| Основание для проведения испытаний | Договор № 061/18-501 от 14 апреля 2018г. |
| Дата проведения исследований | начало 10 мая 2018 г. окончание 15 июня 2018 г |
| Задачи испытаний | Дать оценку качества цинкового покрытия, нанесенного по технологии «ПРАНС» на соответствие требованиям ГОСТ 9.307-89. |
| Образцы | Образцы с цинковыми покрытиями, нанесенным методом напыления по технологии «ПРАНС» в соответствии с ТУ № 2458-002-13339705-2015 |
| Документация | 1. ГОСТ 9.307-89 ЕСЗКЗ. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля; 2. ТУ №2458-002-13339705-2015 «Металлические, композиционные многослойные покрытия наносимые оборудованием «ПРАНС». |
| Результаты исследований | Заключение № 061/18-501-3 |

На исследование поступили семь образцов, условно обозначенных №1, №3-№6, №8, №10, с цинковыми покрытиями, нанесенными методом напыления по технологии «ПРАНС» на низкоуглеродистую сталь Ст 3, в соответствии с ТУ № 2458-002-13339705-2015 (рис. 1). Напыляемый материал – цинк марки ПЦР0 по ГОСТ 12601-76 «Порошок цинковый. Технические условия». Напыление проводилось стандартным оборудованием «ПРАНС» 5-8-211.



Рис. 1 Внешний вид исходных образцов

Отбор и изготовление образцов проводились представителями Заказчика.

Цель работы: оценка качества и коррозионной стойкости цинковых покрытий, нанесенных методом напыления по технологии «ПРАНС» в соответствии с ТУ № 2458-002-13339705-2015 на соответствие требованиям ГОСТ 9.307-89 пункт 2.

Методики исследований:

1. Оценку внешнего вида проводили визуально в соответствии с требованиями ГОСТ 9.307-89 п. 2.1.
2. Толщину покрытия измеряли при помощи магнитного толщиномера Константа К5 по ГОСТ 9.307-89 п. 2.2. Результаты представлены по 10 измерениям.
3. Прочность сцепления оценивали визуально в соответствии с ГОСТ 9.307-89 п. 2.3 методом нагрева. Сущность последнего заключалась в нагреве образца до температуры 190 ± 10 °С, выдержке в течение 1 ч и охлаждении на воздухе. Контроль вздутий и отслаиваний покрытий оценивали визуально.
4. Ускоренные коррозионные испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9.308-85 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические» пункт 1 по просьбе

заказчика. Методы ускоренных испытаний» в климатической камере соляного тумана при периодическом распылении 3%-го раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С.

Оценку внешнего вида поверхностей образцов проводили после 192 ч (8 суток) и 720 ч (30 суток) испытаний. Коррозионную стойкость оценивали визуально по наличию/отсутствию продуктов коррозии стальной основы (ГОСТ 9.316-2006 п.6.11.4.3). При этом образование продуктов коррозии покрытия на кромках (торцах) образцов не учитывали.

5. Металлографический анализ проведен с целью оценки толщины покрытий на комплексе АльтамиМЕТ. Шлифы были изготовлены в поперечных сечениях исходных образцов.

Результаты исследования

1. Оценка качества цинковых покрытий

В результате исследования *внешнего вида* установлено, что в состоянии поставки покрытие, нанесенное по технологии «ПРАНС», серого цвета, матовое, шероховатое, без признаков нарушения сплошности, что соответствует требованиям ГОСТ 9.307-89.

Измерение толщины покрытия магнитным методом. В таблице 1 представлены результаты измерения толщин цинкового покрытия исследуемых образцов. Получено, что толщина покрытий составляет 107-129 мкм, при этом имеют большой разброс значений при параллельных измерениях – стандартное отклонение составляет 10-21 мкм. Достаточно низкая точность определения толщины покрытия связана с невысокой точностью определения данного неразрушающего метода (магнитного) контроля.

Таблица 1 – Толщина цинковых покрытий исследуемых образцов, мкм

| № образца | Толщина покрытия | Стандартное отклонение |
|-----------|------------------|------------------------|
| 1 | 107 | 13,1 |
| 3 | 124 | 19,5 |
| 4 | 117 | 17,8 |
| 5 | 119 | 18,5 |
| 6 | 128 | 14,7 |
| 8 | 129 | 21,0 |

| | | |
|----|-----|------|
| 10 | 108 | 11,2 |
|----|-----|------|

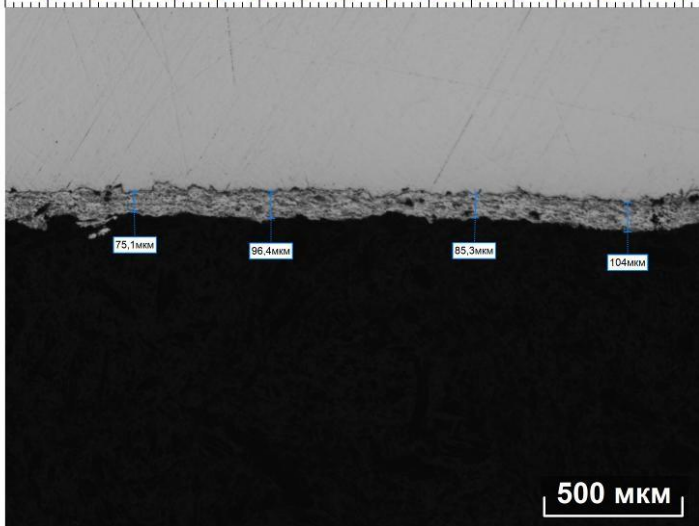
Металлографический анализ проводили с целью определения толщины и качества покрытия.

В результате анализа установлено, что покрытия на всех исследуемых образцах неравномерные, поскольку наблюдается большой (до 40 мкм) разброс значений толщины (рис.2). Наличие интерметаллидной фазы Fe-Zn и отсутствие полостей и несплошностей между стальной основой и цинковым покрытием свидетельствует о хорошей адгезии покрытия к металлу. Толщина покрытий на исследуемых образцах представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Толщины цинковых покрытий, мкм

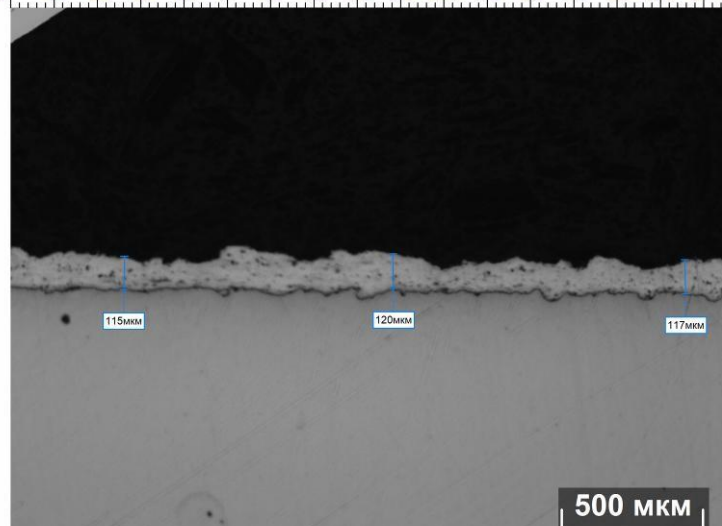
| Образец | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
|------------------|--------|---------|---------|--------|-------|---------|---------|
| Толщина покрытия | 75-105 | 115-125 | 108-122 | 90-120 | 60-80 | 115-125 | 108-125 |

μm 150 300 450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650 1800 1950 2100 2250 2400



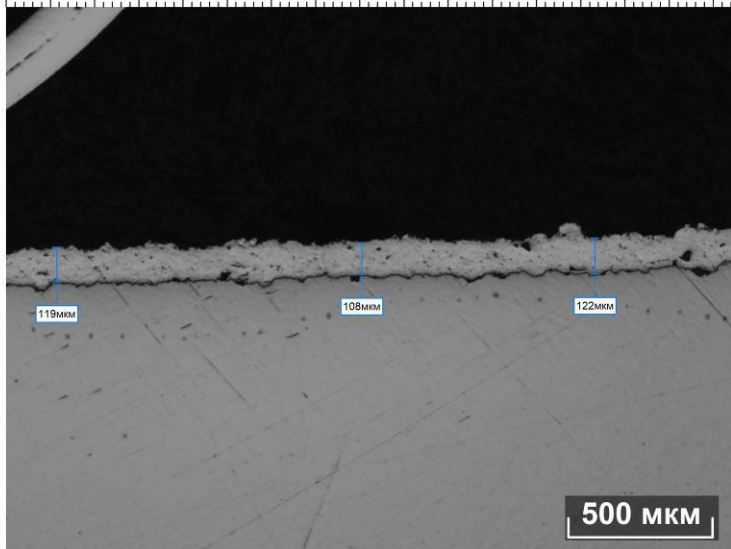
№ 1

μm 150 300 450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650 1800 1950 2100 2250 2400



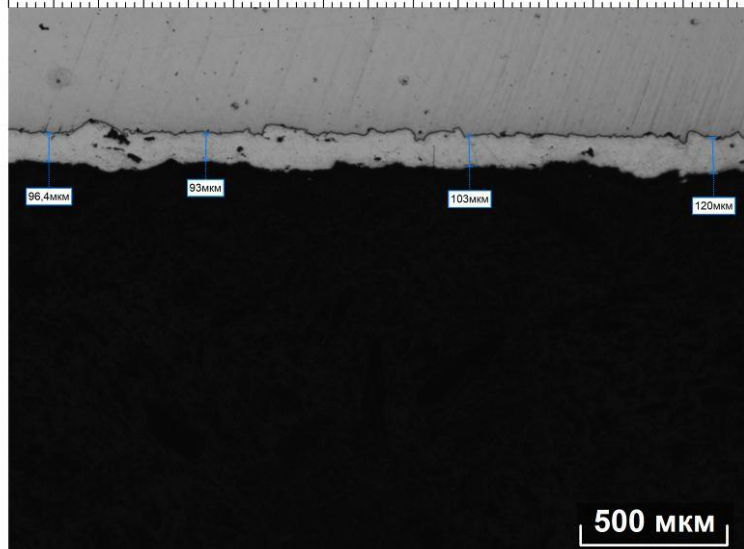
№3

μm 150 300 450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650 1800 1950 2100 2250 2400



№4

μm 150 300 450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650 1800 1950 2100 2250 2400



№5

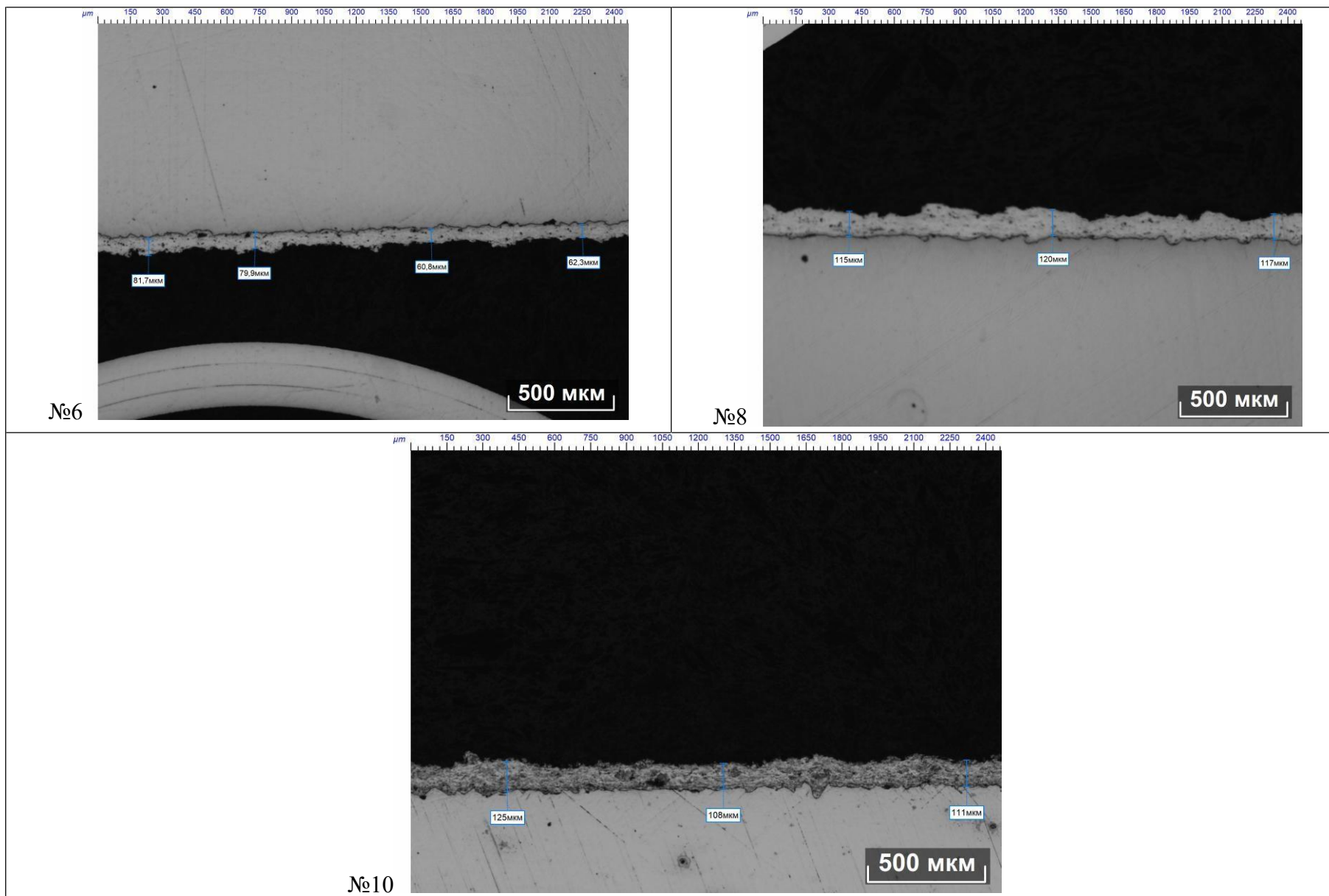


Рис.2 Состояние материала исследуемых образцов с цинковым покрытием

В результате визуальной оценки *прочности сцепления* цинковых покрытий со стальной основой (после нагрева, выдержки и охлаждения) вздутий и отслаиваний на исследуемых образцах не обнаружено, что соответствует требованиям ГОСТ 9.307-87 п.2.3.

Показатели толщины исследуемых цинковых покрытий, полученные в результате исследования, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели исследуемых покрытий

| Показатель | № образца | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| Толщина покрытия, мкм (магнитный) | 91-133 | 99-143 | 98-134 | 97-146 | 105-156 | 90-152 | 87-122 |
| Толщина покрытия, мкм (металлография) | 75-105 | 115-125 | 108-122 | 90-120 | 60-80 | 115-125 | 108-125 |

2. Оценка коррозионной стойкости цинковых покрытий

Внешнее состояние поверхностей деталей во время и после испытаний в камере соляного тумана оценивали визуально.

После испытаний в камере соляного тумана в течение 192 ч (рис. 3) на поверхностях образцов выявлен белый налет, типичный для коррозии цинкового покрытия на начальной стадии, и точки белого цвета, расположенные по всей поверхности, размер которых составляет 1-2 мм. Признаков коррозии стальной основы не обнаружено.

После 720 ч (рис.4) испытаний наблюдается коррозия в виде более плотного налета и множественных пятен с объемными порошкообразными продуктами коррозии цинка; признаки коррозии стальной основы на деталях не зафиксированы.

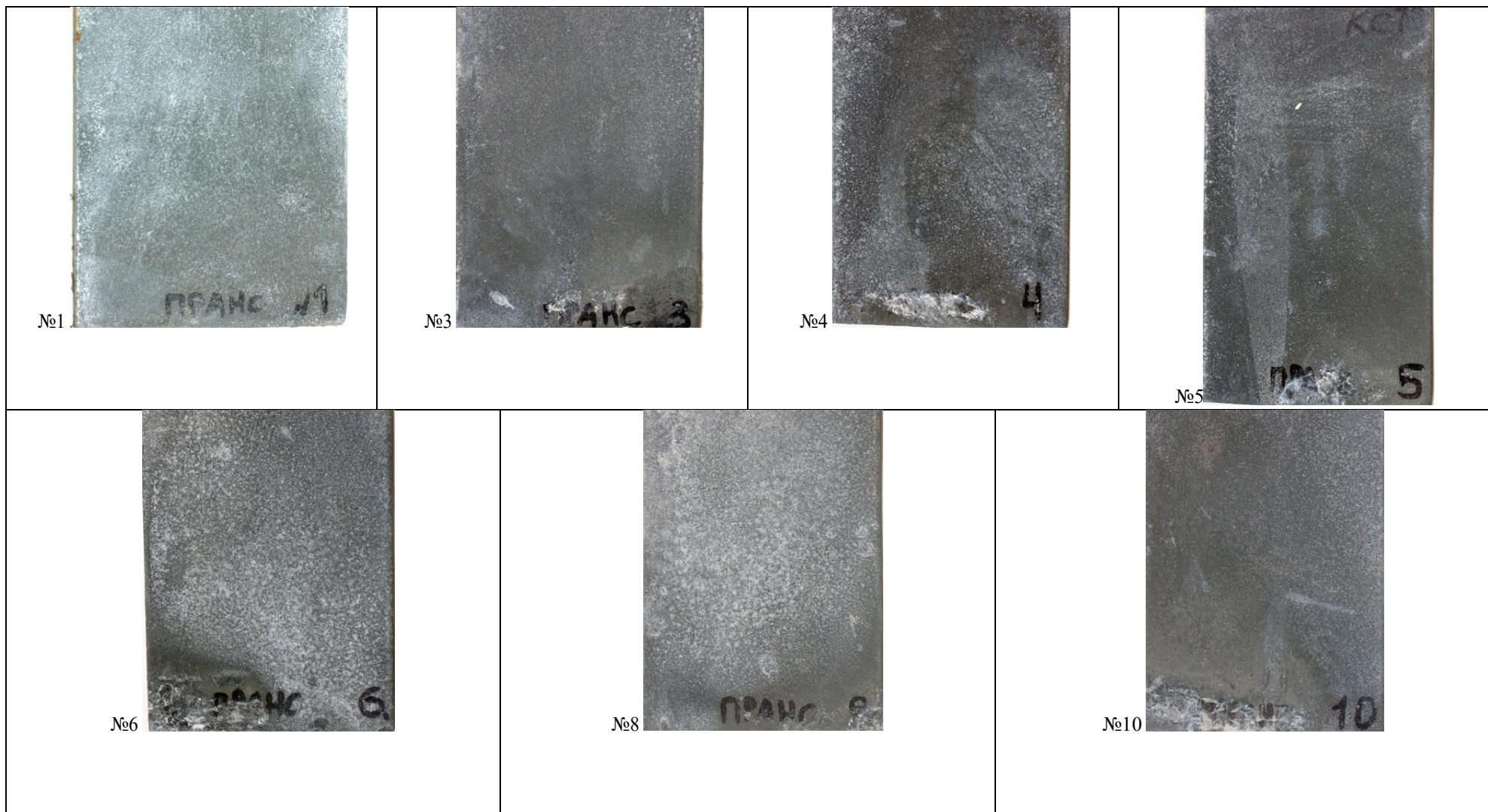


Рис. 3. Внешний вид образцов после испытаний в камере соляного тумана в течение 192 часов.

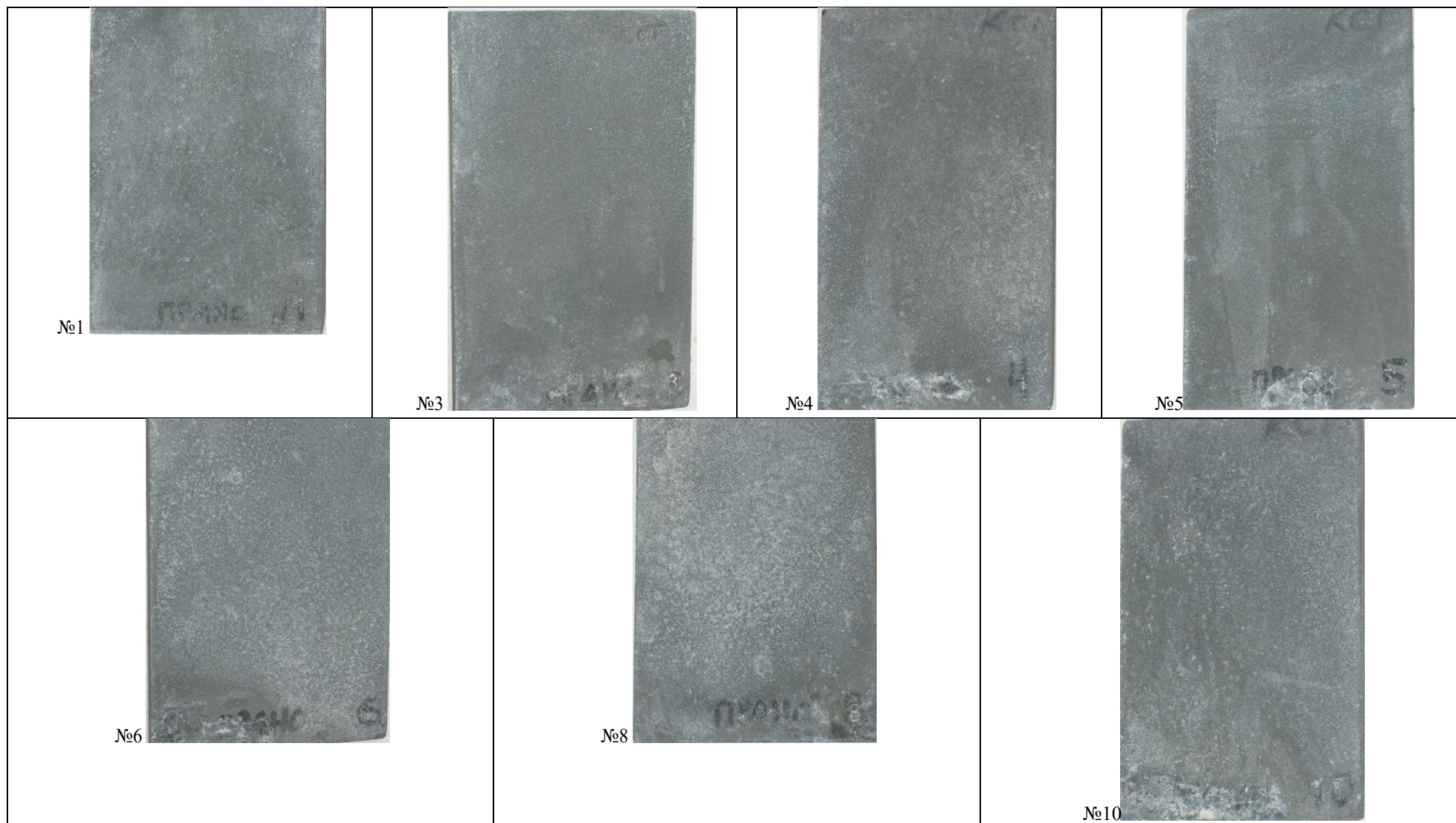


Рис. 4. Внешний вид образцов после испытаний в камере соляного тумана в течение 720 часов.

Выводы

1. Внешний вид цинковых покрытий, нанесенных на углеродистую сталь по технологии «ПРАНС», соответствуют требованиям ГОСТ 9.307-89 пункт 2.1.
2. Толщина исследуемых покрытий, измеренная магнитным методом, составляет 107-129 мкм, методом металлографии – 60-125 мкм, что соответствует требованиям ГОСТ 9.307-89 пункт 2.2.
3. Прочность сцепления покрытия со стальной основой исследуемых образцов, оцененные визуально после испытаний методом нагрева, соответствуют требованиям ГОСТ 9.307-89 пункт 2.3.
4. Отсутствие признаков коррозии стальной основы (ржавчины) зафиксировано для всех образцов после 192 ч и 720 ч испытаний, что соответствует требованиям ГОСТ 9.307-89.

Заключение образцы защитного цинкового покрытия, нанесенного по технологии «ПРАНС» ТУ №2458-002-13339705-2015 на Ст3, соответствуют требованиям, предъявляемым к покрытию ГОСТ 9.307-89 ЕСЗКС «Покрытие цинковое горячие. Общие требования и методы контроля».

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