

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2020, №2, Том 7 / 2020, No 2, Vol 7 <https://t-s.today/issue-2-2020.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/23SATS220.pdf>

DOI: 10.15862/23SATS220 (<http://dx.doi.org/10.15862/23SATS220>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Безгодов А.А., Овчинников И.И. Подготовка поверхности как один из основных факторов обеспечения долговечности антикоррозионных покрытий // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №2, <https://t-s.today/PDF/23SATS220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/23SATS220

For citation:

Bezgodov A.A., Ovchinnikov I.I. (2020). Surface preparation as one of the main factors for ensuring the durability of anti-corrosion coatings. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/23SATS220.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/23SATS220

УДК 699.8

Безгодов Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Магистрант базовой кафедры АО «Мостострой-11»
E-mail: Alexey-bezgod.off@yandex.ru

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доцент
Доцент, кандидат технических наук
E-mail: bridgeart@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-297X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177132
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191523104>

Подготовка поверхности как один из основных факторов обеспечения долговечности антикоррозионных покрытий

Аннотация. Данная статья посвящена защите мостовых металлоконструкций от коррозии. Статья написана с целью изучения одного из этапов антикоррозионной обработки, а именно подготовки поверхности перед нанесением защитного покрытия.

В статье авторы затрагивают проблему долговечности лакокрасочных покрытий, и указывают на основные причины, в большей степени, влияющие на срок службы.

Изучая проблему долговечности защитных покрытий, авторы выделяют такой этап как подготовка металлической поверхности мостового сооружения перед нанесением лакокрасочного покрытия. Авторы рассказывают, насколько важна подготовка поверхности и какие негативные последствия возможны при ее нарушении, или отсутствии.

Для более детального изучения проблемы авторы рассматривают несколько способов подготовки поверхности конструкции, такие как: абразивоструйная очистка, фосфатирование поверхности и термическая обработка. При изучении выше упомянутых способов, авторы описывают технологию проведения работ, основные факторы влияющие на конечный результат обработки, а так же положительные и отрицательные стороны каждого из способов. К каждому из способов обработки поверхности авторами приведены иллюстрации, наглядно показывающие основную концепцию выбранного варианта обработки.

Подводя итоги сравнительного анализа способов обработки поверхностей перед нанесением антикоррозионных покрытий, авторами выбран наиболее оптимальный способ обработки, а также сделан вывод, о важности данного этапа и о возможности его дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: антикоррозионная защита; подготовка поверхности; обработка поверхности; фосфатирование; термическая обработка; струйная обработка; технология подготовки; металлоконструкции моста

Введение

На сегодняшний день известны многие факторы, влияющие на долговечность мостовых сооружений, но одним из основных, как показывает практика, была и остается коррозия различных элементов мостовых сооружений. Считается, что коррозия металлов – это необратимый процесс, поэтому необходимо прилагать как можно больше усилий, чтобы не дать зародиться этому явлению в конструктивных элементах. Коррозия, как негативный фактор, существовала всегда, но решению этой проблемы уделялось недостаточно внимания. В советское время защита поверхности конструкций от коррозии являлась второстепенным фактором, а нанесение лакокрасочных покрытий на поверхность мостового сооружения, в большинстве случаев, носили лишь декоративный характер.

Состояние проблемы

В статье [1] указано, что в советское время, данному вопросу уделялось слишком мало внимания, а в нормативных документах Минавтодора РСФСР, антикоррозионная защита и вовсе не значилась.

Нанесение лакокрасочных покрытий, как сказано в [2], очень сложный процесс и зачастую требует большого внимания и контроля на всех этапах его выполнения. Перечень контролируемых параметров при устройстве антикоррозионной защиты больше, чем при строительстве, и каждый из параметров должен соблюдаться в соответствии с нормами изготовителя защитных покрытий. В большинстве случаев несоблюдение даже одного из требований приводит к браку, который влечет за собой некачественное покрытие, либо полное переустройство всех этапов защиты. Поэтому такому важному аспекту в защите мостовых сооружений от коррозии, как соблюдение технологий нанесения лакокрасочных покрытий, следует уделять больше внимания.

Изучая проблему долговечности антикоррозионных лакокрасочных покрытий [3–4], можно выявить несколько основных причин, повлиявших на сокращение срока службы:

- брак со стороны изготовителя защитных покрытий;
- нарушение мер транспортировки и хранения;
- нарушение технологии подготовки поверхности;
- нарушение технологии нанесения защитного покрытия;
- негативное влияние климатических условий во время проведения работ;
- неудовлетворительный контроль качества выполняемых работ.

Рассмотрим более детально такой немаловажный этап, как подготовка поверхности конструкции перед нанесением защитных покрытий. Многолетний опыт не только в строительстве мостов, но и во многих отраслях, связанных с нанесением какого-либо лакокрасочного покрытия, показывает, что долговечность всего покрытия не менее чем на 65–75 % зависит от качества подготовки поверхности конструкции перед окрашиванием¹. Если упустить такой важный этап в защите конструкции моста, как подготовка поверхности для антикоррозионного покрытия, то впоследствии возможно поражение конструкции коррозией, как показано на рисунке 1.



а)

б)

Рисунок 1. Поражение конструкций моста коррозией, причиной которого возможно стало нарушение одного из этапов нанесения защитного покрытия:
а) источник: <https://izyskaniya-obsledovanie.ru/>; б) источник: [5]

Как сказано в [5], очень важно понимать, что большинству защитных покрытий с малым сроком службы, требуется такая же тщательная подготовка поверхности, как и для покрытий с длительным сроком службы (более 15 лет). Абразивоструйная очистка сопоставима по стоимости, а иногда может и превосходить стоимость защитного покрытия.

Учитывая современные реалии, гораздо выгоднее выполнять подготовительные работы максимально качественно, чтобы продлить срок службы защитного покрытия. Затраты, понесенные на ремонт защитного покрытия и повреждений мостовых конструкций, вызванных коррозией, будут несоизмеримо больше затрат на этапе подготовки. Помимо вышесказанного, любые ремонтные работы, возникшие по причине, связанной с повреждением защитного покрытия, влекут за собой ограничение движения, что также негативно влияет на экономическую и экологическую составляющую на конкретном участке [5].

Цель данной статьи: провести сравнительный анализ способов подготовки поверхности перед нанесением защитного покрытия, определить основные положительные и отрицательные результаты их влияния на долговечность лакокрасочного покрытия.

Подготовка поверхности

В настоящий момент существует большое количество способов подготовки металлических поверхностей и элементов для дальнейшего нанесения лакокрасочного покрытия. Обработка поверхности имеет свои международные обозначения и насчитывает не менее 10 способов. Обозначения приведены в таблице 1.

¹ <https://www.corrosio.ru/posts/chto-vliyaet-na-dolgovechnost-lakokrasochnyih-pokrytiy>.

Таблица 1

Международные обозначения поверхностных обработок

Метод обработки поверхности	Обозначение
Удаление грязи и жира	Pe
Окрашивание для схватываемости	Ta
Эпоксидная грунтовка для временной защиты	E
Поливинилбутиральная временная грунтовка	PVB
Цинкосиликатная временная грунтовка	SS
Цинкоэпоксидная временная грунтовка	SE
Очистка стальной щеткой	St
Пескоструйная очистка	Sa
Очистка пламенем	Fl
Фосфатирование	Fo
Хромирование	Kr

Источник: [6]

Материалы, преобладающие в конструкции моста, лишь один из факторов при выборе метода подготовки и типа антикоррозионного защитного покрытия. Дополнительно для объекта, который предстоит защитить от коррозии, как правило, берут во внимание его назначение, предполагаемый срок эксплуатации, климатические условия. Оценка степени коррозии производится по стандарту ИСО 8501-1. Степени коррозии определяются описаниями, фотографиями подобных примеров состояния исходной поверхности и служат для идентификации поверхности конкретных объектов. Как указано в [6], установлены следующие 4 степени коррозии:

- стальная поверхность, обширно покрытая плотно прилегающим слоем прокатной окалины, при малом количестве или полном отсутствии следов ржавчины;
- стальная поверхность, на которой начался процесс ржавления, а также заметно отслаивание прокатной окалины;
- стальная поверхность, с которой слой прокатной окалины исчез в результате процесса ржавления или его можно удалить механическим способом, но также присутствует небольшая точечная коррозия, которую видно невооруженным глазом;
- стальная поверхность, с которой в результате коррозионных процессов слой прокатной окалины исчез и невооруженным глазом заметны следы коррозии.

Проверку поверхности конструкций осуществляют при естественном или искусственном дневном свете. В процессе обследования поверхность разбивают на участки и изучают каждый из участков в отдельности. По завершению обследования за результат принимают наихудшее показание.

Если на объект уже наносились антикоррозионные покрытия, то необходимо выяснить: сколько по времени эксплуатируется сооружение с последнего ремонта или нанесения защитного покрытия; состояние имеющегося лакокрасочного покрытия, степень его поражения коррозией [5]. Исходя из перечисленных факторов, определяют, какую подготовку поверхности конструкции необходимо провести, чтобы технология нанесения антикоррозионных покрытий не была нарушена.

Одним из основных этапов в подготовке металлической поверхности к нанесению нового лакокрасочного покрытия является удаление ржавчины или старого покрытия методом,

наиболее подходящим по условиям. Основными способами для очистки и обработки металлических поверхностей являются²:

- механический (струйная очистка, ручные и механизированные инструменты);
- химический (кислотная обработка, фосфатирование, оксидирование);
- прочие методы (термическая обработка, ультразвуковая, применение смывок).

У каждого способа есть свои преимущества и недостатки. Рассмотрим из каждого способа по одному виду обработки, и в заключении выявим наиболее оптимальный вариант поверхностной обработки, обеспечивающий качественное основание для дальнейшего нанесения защитного покрытия.

Струйная обработка поверхности

Наиболее распространенным способом при обработке металлоконструкций моста является струйная очистка, показанная на рисунке 2.



*Рисунок 2. Струйная очистка поверхности
мостового сооружения (источник: <https://vacublast.com.au/>)*

Под данным методом очистки, обозначаемым Sa, понимают механическую очистку поверхности, при которой загрязнения удаляются при помощи абразива, подающегося под давлением. Для струйной очистки применяется струйное оборудование открытого типа, вакуумное оборудование, оборудование с водяной струей и устройства для дробеструйной очистки. Струйная очистка также используется для очистки оцинкованной поверхности непосредственно перед самым окрашиванием, в этом случае очистку проводят под малым давлением, чтобы не повредить оцинковку [6]. Оборудование может быть как единым комплексом на колесной базе, так и состоять из отдельных установок (компрессора и дробеструйного аппарата) – рисунок 3. Оборудование, как правило, состоит из двух основных элементов: поставщика воздуха и потребителя, а также вспомогательных элементов показанных на рисунке 4.

² СП 72.13330.2016 актуальная редакция «СНиП 3.04.03-85 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии». Москва: Министерство России, 2016. – 63 с.



а) б)
Рисунок 3. Оборудование для проведения струйной очистки: а) Источник: <https://vacublast.com.au/>; б) Источник: <https://stalantikor.ru/peskostruynnye-raboty/>

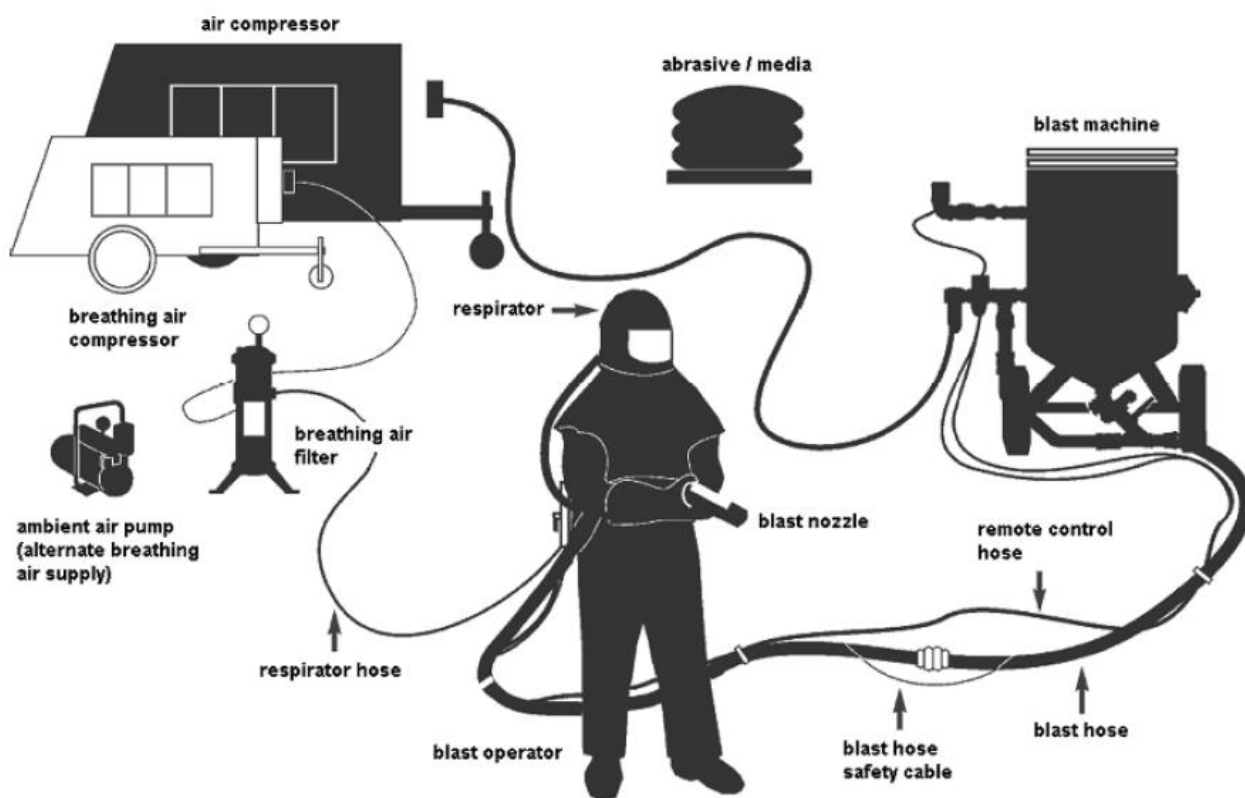


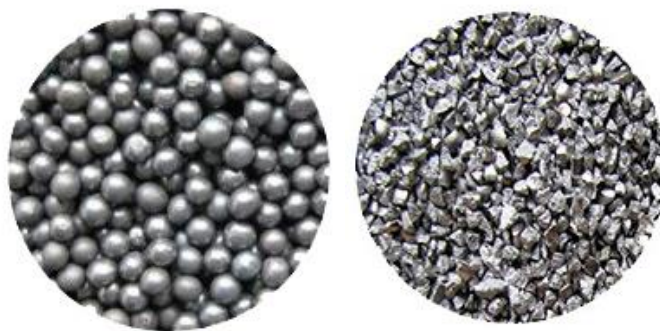
Рисунок 4. Общая структура системы очистки (источник: [7])

На качество струйной очистки влияют такие факторы как: выбор абразива, угол удара частиц по поверхности, количество проходов, скорость абразивного потока, а также геометрические параметры сопла установки.

Выбор материала для струйной очистки разнообразен, как по плотности и размеру фракций, так и по их форме. Применение того или иного материала влияет на стоимость, качество и длительность очистки (сравнение материалов показано в таблице 2). Очень важно учитывать качество абразива, контролируемого по методам стандартов ИСО 11125 и ИСО 11127 [7].

Для очистки металлических поверхностей применяются, в основном, следующие материалы, показанные на рисунке 5:

дробь из стали как круглой, так и граненой формы



дробь из чугуна как круглой, так и граненой формы



стеклянные гранулы (для очистки алюминия или нержавеющей стали)



различные шлаки



Купершлак Никельшлак

Рисунок 5. Материалы для абразивоструйной обработки
(источник: https://нескоструйное-оборудование/выбор_абразива)

Струйная очистка хорошо повышает адгезию поверхности – один из важнейших параметров при подготовке основания, на которое будет нанесено лакокрасочное покрытие. После обработки поверхности абразивоструйным методом, металлическая конструкция выглядит следующим образом рисунок 6:



Рисунок 6. Фрагмент металлической конструкции после обработки абразивоструйным методом (источник: [1])

Адгезия – это способность сцепления пленок лакокрасочного покрытия при контакте с твердой поверхностью основания. Она определяется силой химического взаимодействия молекул на поверхности раздела двух сред.

Струйная очистка имеет несколько ступеней по тщательности обработки [8]:

Sa 1 – легкая очистка. В этом случае при визуальной проверке на поверхности не должно быть жира, масел, неплотно прилегающих кусков окалины, ржавчины, краски или других посторонних частиц.

Sa 2 – тщательная очистка. При осмотре на поверхности не должно быть грязи, жира, масел, а также окалины, ржавчины, краски или посторонних включений.

Sa 2,5 – весьма тщательная очистка. На поверхности не должно быть грязи, жира, масел окалины, ржавчины, краски или посторонних частиц. Оставшиеся на поверхности загрязнения заметны слабоокрашенными пятнышками или затемнениями.

Sa 3 – очистка вплоть до достижения чистой металлической поверхности. На поверхности не должно быть вышеперечисленных загрязнений и никаких посторонних включений. Поверхность должна иметь однородный металлический цвет.

Таблица 2

Сравнение материалов для струйной очистки

	Кварцевый песок	Купершлак, никельшлак	Пластиковые абразивы	Стеклянная дробь	Электрокорунд (диоксид алюминия)	Чугунная колотая дробь	Стальная колотая дробь
Твердость	5–7 Мооhс	6–7 Мооhс	4 Мооhс	6 Мооhс	8–9 Мооhс	50–62 HRC	40–65 HRC
Абразивная способность	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
Хрупкость	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Низкая
Пылеобразование	Очень высокая	Высокая	Минимальное	Среднее	Среднее	Среднее	Низкое

	Кварцевый песок	Купершлак, никельшлак	Пластиковые абразивы	Стеклопесок	Электрокорунд (диоксид алюминия)	Чугунная колотая дробь	Стальная колотая дробь
Кварц в свободной форме	Более 1%	Менее 1%	Отсутствует	Более 1%	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Количество циклов повторного использования	-	1–2	8–12	5–35	5–7	8–10	50–100
Средний расход на очистку 1 м ²	60–110 кг	30–75 кг	-*	-*	3–10 кг	5–10 кг	0,2–0,6 кг
Скорость очистки	Низкая	Средняя	Средняя	Средняя	Очень высокая	Высокая	Высокая
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая				
Себестоимость очистки	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая	Минимальная

* Обработка данными абразивами не регламентируется стандартом ISO 8501 (источник: https://нескопструйное-оборудование/выбор_абразива)

Перед началом струйной очистки следует удалить толстые, легко отделимые слои продуктов коррозии. Грязь, смазка и пятна масел также должны быть удалены. Во время проведения струйной очистки на обрабатываемой поверхности должно быть исключено образование конденсата, температура воздуха не должна быть ниже плюс 5 °С, а относительная влажность воздуха выше 80 %. После очистки металлическую поверхность следует обеспылить, обезжирить, загрунтовать и окрасить. Если время между очисткой и грунтовкой будет превышать допустимые регламентом нормы, на поверхность необходимо нанести временное защитное покрытие [9].

Одним из недостатков данного способа, можно считать загрязнение окружающей среды отходами, появившимися в процессе проведения работ: продуктами коррозии, лакокрасочными и абразивными материалами. Лакокрасочные покрытия старого образца, с содержанием тяжелых металлов (диоксинов, цинка), очень долго разлагаются в окружающей среде. Для снижения негативно влияние данного метода, следует:

- минимизировать объем попадания абразива в почву и воду;
- хранить отходы в подготовленном месте;
- наладить процесс передачи отходов на утилизацию и минимизировать их утечку [7].

Обработка поверхности фосфатными покрытиями

В случае применения фосфатных слоев, наряду с повышением адгезионной прочности покрытия наблюдается сохранение ее стабильности в процессе эксплуатации. Имеющийся на поверхности металла фосфатный слой при воздействии агрессивных факторов препятствует распространению подпленочной коррозии. Вдобавок к вышесказанному, фосфатирование с активатором способствует образованию на поверхности металла малопористого кристаллического слоя, что также повышает физико-механические показатели покрытия.

Фосфатная пленка образуется при погружении изделия в ванну с фосфатирующим раствором (рисунок 7), или при обработке раствором с помощью распыления в специальных камерах (рисунок 8). Время обработки в ванне составляет от 10 до 15 минут, тогда как в струйных камерах, это занимает интервал от 1,5 до 3 минут. В зависимости от состава раствора на металлической поверхности образуются фосфаты с четко выраженной кристаллической

решеткой, либо аморфные фосфаты. Кристаллические фосфатные пленки осаждаются из растворов, содержащих катионы тяжелых металлов, аморфные фосфатные пленки осаждаются из растворов кислых фосфатов щелочных металлов [10].

Плотная, мелкокристаллическая фосфатная пленка формируется при фосфатировании методом распыления специального раствора с повышенным содержанием препарата «Мажеф». Если фосфатирование происходит методом погружения, то используют менее концентрированный раствор. Некоторые предприятия до сих пор используются фосфатирующие растворы из препарата «Мажеф». Применение этих растворов перед последующей окраской не рекомендуется из-за значительной массы фосфатного слоя и его крупнокристаллической структуры. Процесс фосфатирования с применением раствора, в составе которого отсутствуют окислители, называется обычным, а при их наличии – ускоренным³.



Рисунок 7. Фосфатирование металлоконструкций в специальной ванне с раствором (источник: <https://al5holding.com/>)

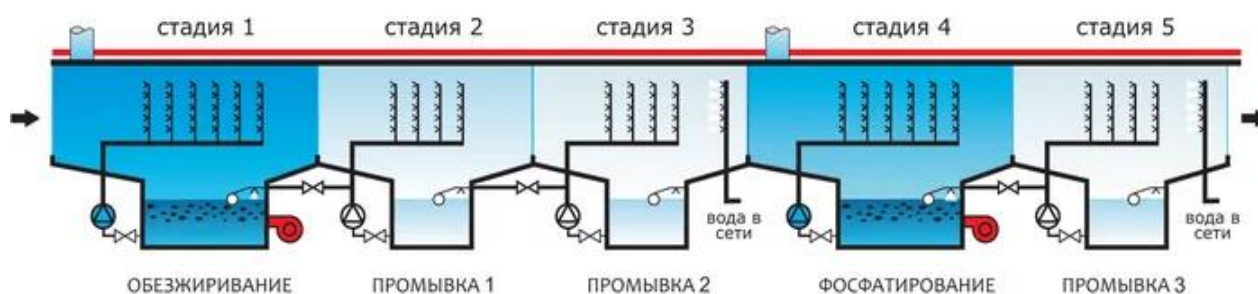


Рисунок 8. Камера для струйного фосфатирования металлоконструкций (источник: <https://riforn.ru/portfolio>)

Конструкции, подвергшиеся обработке данным методом, эксплуатируются даже в условиях большой влажности. Фосфатная пленка не боится органических и смазочных масел, бензола, толуола, а также всех газов, кроме сероводорода³.

³ <https://ecm-zink.ru/info/stati/fosfatirovanie-metalla-i-stali.html>.

Под воздействием кислот, щелочей, морской воды, аммиака покрытие довольно быстро разрушается. Непродолжительный срок службы покрытия также связан с его низкой эластичностью и прочностью.

Для получения более толстых крупнокристаллических фосфатных слоев используют марганцево-фосфатные растворы. После промасливания такие слои могут служить как самостоятельные покрытия.

Кристаллы фосфатов имеют пластинчатую структуру, что дает пленке отличную совместимость с различными пропитками, лаками, удерживая их в себе [10].

Фосфатное покрытие состоит из нескольких слоев. Первый слой плотно прилегает к поверхности, хорошо связан с металлом, толщина его незначительна, слой гладкий и достаточно эластичный, структура слоя пористая. Данный слой, по большей части, состоит из монофосфатов железа. Второй слой (наружный) состоит из монофосфатов марганца, вторичных и третичных фосфатов, слой имеет кристаллическую структуру, из-за чего более хрупкий. Характеристиками именно наружного слоя обуславливается ценность фосфатных пленок.

Фосфатное покрытие отличается высоким электросопротивлением, и может выдержать напряжение до 0,5 кВ. Для повышения данного показателя до 1 кВ – покрытие следует дополнительно пропитать бакелитовыми, либо масляными лаками. Фосфатное покрытие по твердости мягче стали, но более твердое, чем латунь или медь [11].

Всего существует несколько видов фосфатирования:

- химическое (холодное, нормальное, ускоренное);
- электрохимическое

Используя холодное фосфатирование рабочие растворы не подогреваются, процесс проходит при температуре от 20 до 40 °С. Фосфатное покрытие получается довольно тонким и используется в качестве основы под покраску. Основными материалами для холодного фосфатирования, являются препарат «Мажеф» и однозамещенный фосфат цинка. Если в процессе обработки увеличить температуру раствора, то можно получить мелкокристаллическое покрытие.

Растворы для холодного фосфатирования довольно быстро гидролизуются за счет чего увеличивается свободная кислотность раствора. Такой эффект отрицательно влияет на качество фосфатного покрытия – так как слой получается пористый и с низкими защитными характеристиками. Учитывая такое негативное свойство, холодное фосфатирование используется в исключительных случаях [10].

При нормальном фосфатировании, оптимальный раствор получается при содержании 30–33 г/л препарата «Мажеф» и температуре 97–98 °С. Не стоит допускать повышения температуры в процессе обработки, иначе образуется много шлама, а при понижении температуры покрытие получит кристаллическую структуру. При повышении концентрации препарата «Мажеф» до 100–200 г/л получится более толстый фосфатный слой с повышенными защитными показателями и мелкокристаллической структурой. В данном случае температуру процесса следует понизить до 80–85 °С [12].

Процесс нормального фосфатирования считается завершенным после выделения водорода, плюс выдержка от 5 до 10 минут. Если показатель кислотности будет превышен, то ухудшатся свойства фосфатного слоя, а сам процесс займет больше времени. При уменьшении кислотности полученные пленки получатся слишком тонкие, с более низкими защитными свойствами.

Ускоренное фосфатирование имеет довольно широкое применение в промышленной сфере. Весь процесс ускоренного фосфатирования с использованием препарата «Мажеф» занимает не более 15 минут. Рабочий раствор подогревают до температуры 45–65 °С (или же 92–96 °С, если использовать электролит другого типа).

После завершения обработки изделия необходимо промыть раствором бихромата калия, после чего высушить. Пленки, полученные при ускоренном фосфатировании, небольшой толщины и имеют не высокие защитные свойства, поэтому их используют как основание для лакокрасочных покрытий.

Ускоренное фосфатирование можно проводить и с использованием цинкофосфатных растворов, но с дополнительной подготовкой поверхности металла. Для фосфатирования листовых деталей из кремнистых и электротехнических сталей необходимо заранее удалить оксид кремния, появляющийся на поверхности в процессе изготовления. Как правило, детали располагают в установке вертикально, с малыми зазорами, требующимися для промывания удаленного вещества. Следующим этапом изделие обезжиривают с помощью щелочи, промывают и передают на травление в соляной кислоте. В дальнейшем элементы промываются проточной водой, пассивируются с помощью жидкости с кальцинированной содой, вновь промываются и поставляются для обработки. Фосфатирование поверхности металла проходит в емкости с нагретым раствором «Мажефом» концентрацией 30 г/л. На последнем этапе изделия промываются водой, пассивируются в нагретом 5–10%-м растворе дихромата калия, обдаются горячей водой и просушиваются [11].

Электрохимическое фосфатирование, известное так же, как гранодизация, проводят в растворах схожего состава, но с использованием постоянного либо переменного тока. Это позволяет повысить производительность процесса. Данный метод отлично подходит для фосфатирования высоколегированной стали, обрабатываемая поверхность или изделие в таком случае выступает как катод.

Детали развешивают на катодных штангах, анодами в данном случае служат пластины, изделия обрабатывают в растворе фосфатов цинка с использованием переменного тока. Процесс осуществляют в ваннах при 60–70 °С и напряжении 20 Вольт в течение 4–5 мин. Получаемые слои обладают сравнительно высокими защитными свойствами и используются в качестве слоя для лакокрасочного покрытия [12].

К недостаткам электрохимического фосфатирования можно отнести низкую рассеивающую способность электролита, в результате чего на элементах сложной формы, фосфатное покрытие ложится неравномерно [12].

Термическая обработка поверхности

Удаление ржавчины, старой краски и окалины с поверхности конструкций можно осуществлять термическим методом. Основными способами очистки можно назвать нагрев с помощью газокислородной горелки, химической дуги (воздушно-электродуговая очистка), а также обжига в печи при возможности дальнейшего восстановления, как показано на рисунке 9.

Суть данного метода заключается в том, что тепловое линейное расширение обрабатываемой поверхности и удаляемой окалины, ржавчины или старой краски различны. В процессе нагрева происходит разрыхление и отслаивание удаляемого покрытия [13]. Термическая очистка представляет собой комбинированный процесс, включающий пиролиз и окисление. В промышленном применении термическая очистка используется для удаления органических веществ, таких как полимеры, пластмассы и покрытия. Тепло подается для пиролиза, а воздух – для окисления. В зависимости от процедуры пиролиз и окисление могут

применяться последовательно или одновременно. Во время термической очистки органический материал превращается в летучие органические соединения, углеводороды и карбонизированный газ, а неорганические элементы остаются.



Рисунок 9. Термическая обработка крупных металлических конструкций (источник: <https://metallo-obrabotka24.ru>)

Способ очистки с помощью газокислородной горелки заключается в быстром нагреве металлических поверхностей, при котором окалина отслаивается, происходит дегидратация ржавчины, а загрязнения и краска сгорают без значительной передачи тепла в металл. Остатки окислов и сгоревшие частицы, при необходимости, легко удаляют металлической щеткой.

Одним из плюсов термической обработки можно считать то, что после удаления коррозии и окалины не требуется обезжиривать поверхность. Нагретая поверхность создает положительные условия для нанесения грунтовок, так как повышенная температура поверхности снижает вероятность возникновения конденсата на ней, что ускоряет высыхание покрытия [14].

Термическая обработка стали снижает структурную неоднородность, в результате которой происходит избирательная коррозия, а также снимает внутренние напряжения, исключая возникновения в металле точечной коррозии, а также коррозии под напряжением.

Удаление загрязнений термическим способом удобно проводить в окислительной среде. Температуры обжига в 450–500 °С вполне достаточно для разложения, или сгорания органических веществ на поверхности металла, однако, во избежание образования кокса, изделия обжигают при более высоких температурах 600–800 °С.

Чистка металлических поверхностей данным методом экономична, но проблема в том, что ее можно применять не на всех изделиях и поверхностях, чтобы исключить деформации и коробления металла толщина стенки должна быть не менее 5 мм [13]. Крупногабаритные конструкции, входящие в состав какого-либо сооружения, очистить подобным методом довольно сложно, а извлекать их для очистки в специальных печах слишком трудозатратно.

Заключение

Рассмотрев подробно несколько видов очистки и обработки поверхностей конструкций перед дальнейшим нанесением лакокрасочных покрытий, можно заявить, что такой этап очень

важен в процессе защиты конструкций и выявить, наиболее оптимальный способ. Учитывая такие параметры как стоимость, практичность, скорость выполнения работ и качество очистки, можно считать абразивоструйный метод наиболее выгодным, относительно других вариантов, несмотря на то что фосфатирование поверхностей дает наиболее качественную подложку для дальнейших покрытий. Струйный метод очистки наиболее распространен в наши дни благодаря практичности и доступности. Не смотря на многолетний опыт применения описанных в статье методов, следует отметить, что каждый способ имеет недостатки и требует дополнительных исследований и доработок.

В заключение хочется добавить, что работы по подготовке поверхностей перед нанесением защитных покрытий, можно охарактеризовать в определенной интерпретации по принципу Парето, когда выбор антикоррозионного покрытия определяет лишь 20 % успеха защиты конструкции, а оставшиеся 80 % приходятся на подготовку поверхности и качество нанесения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Г., Распоров О.Н., Овчинников И.И., Распоров К.О., Кузнецов С.Н., Дудкин Е.В. Параметры контроля покрытий мостовых сооружений / Промышленные покрытия. 2012. №7–8. с. 40–43.
2. Распоров О.Н., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Распоров К.О., Кузнецов С.Н. Строительно-монтажные работы: контроль и качество // Дорожная держава. СПб. 2012, №38. с. 63–65.
3. Овчинников И.Г., Дудкин Е.В. Проблемы антикоррозионной защиты мостовых сооружений // Мир дорог. №62, август 2012. С. 37–38.
4. Овчинников И.Г., Распоров О.Н., Овчинников И.И., Распоров К.О., Кузнецов С.Н., Дудкин Е.В. Проблема обеспечения высокого качества антикоррозионной защиты на мостовых сооружениях // Дороги. Красная линия. Сентябрь 2012. №63. с. 48–57.
5. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания / И.Г. Овчинников, А.И. Ликверман, О.Н. Распоров и др. – Саратов: «Кубик», 2014. – 504 с.
6. Макаров В.Н. Антикоррозионная защита мостовых сооружений / В.Н. Макаров, С.В. Овсянников, И.Г. Овчинников – Саратов, 2007.
7. Momber A. Blast Cleaning Technology / A. Momber – Hamburg: Springer, 2008. – 549 с.
8. Painting Steel Bridges and Structures, Good Painting Practice, Volume I, Chapter 6.1; SSPC: The Society for Protective Coatings, 2002.
9. Albrecht, P. and Hall, T.T., “Atmospheric Corrosion Resistance of Structural Steels”, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol 15, Issue 1, Jan/Feb 2003.
10. Freeman, D.B. Phosphating and metal pre – treatment: A guide to mod. processes a. practice / D.B. Freeman. – Cambridge: Woodhead – Faulkner in assoc. with Pyrene chem. services, 1986. – IX, 229 с.
11. Хаин И.И. Теория и практика фосфатирования металлов / Хаин И.И. – Ленинград: Химия, 1973. – 312 с.
12. Грилихес С.Я. Оксидирование и фосфатирование металлов / С.Я. Грилихес – Ленинград: Машиностроение, 1971. – 121 с.
13. Башнин Ю.А. Технология термической обработки стали / Ю.А. Башнин, Б.К. Ушаков, А.Г. Секей. – Москва: Металлургия, 1986. – 425 с.
14. Смирнов М.А. Основы термической обработки стали / Смирнов М.А., Счастливец В.М., Журавлев Л.Г. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 494 с.

Bezgodov Aleksei Aleksandrovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: Alexey-bezgod.off@yandex.ru

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Saratov, Russia
E-mail: bridgeart@mail.ru

Surface preparation as one of the main factors for ensuring the durability of anti-corrosion coatings

Abstract. This article is devoted to the protection of bridge metal structures from corrosion. The article was written with the aim of studying one of the stages of anti-corrosion treatment, namely the preparation of the surface before applying a protective coating.

In the article, the authors address the problem of the durability of paint coatings, and point to the main reasons, to a greater extent, affecting the service life.

Studying the problem of the durability of protective coatings, the authors distinguish such a stage as preparing the metal surface of the bridge structure before applying the paintwork. The authors tell how important the preparation of the surface is and what negative consequences are possible if it is disturbed or not.

For a more detailed study of the problem, the authors consider several methods of preparing the surface of the structure, such as: abrasive blast cleaning, phosphating the surface and heat treatment. When studying the above mentioned methods, the authors describe the technology of the work, the main factors affecting the final result of processing, as well as the positive and negative sides of each of the methods. For each of the surface treatment methods, the authors present illustrations that clearly show the basic concept of the selected treatment option.

Summing up the comparative analysis of surface treatment methods before applying anti-corrosion coatings, the authors chose the most optimal processing method, as well as concluded that the importance of this stage and the possibility of its further improvement.

Keywords: corrosion protection; surface preparation; surface treatment; phosphating; heat treatment; blasting; preparation technology; bridge metal structures

REFERENCES

1. Ovchinnikov I.G., Rasporov O.N., Ovchinnikov I.I., Rasporov K.O., Kuznetsov S.N., Dudkin E.V. (2012). Parameters of control over coatings of bridge structures. *Industrial Coatings*, 7–8, pp. 40–43 (in Russian).
2. Rasporov O.N., Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Rasporov K.O., Kuznetsov S.N. (2012). Construction and installation work: control and quality. *Road power*, 38, pp. 63–65 (in Russian).
3. Ovchinnikov I.G., Dudkin E.V. (2012). Problems of corrosion protection of bridge structures. *World of roads*, 62, pp. 37–38 (in Russian).
4. Ovchinnikov I.G., Rasporov O.N., Ovchinnikov I.I., Rasporov K.O., Kuznetsov S.N., Dudkin E.V. (2012). The problem of ensuring high quality corrosion protection on bridge structures. *The roads. Red line*, 63, pp. 48–57 (in Russian).

5. Ovchinnikov I.G., Likverman A.I., Rasporov O.N. and etc. (2014). Zashchita ot korrozii metallicheskih i zhelezobetonnykh mostovykh konstruksiy metodom okrashivaniya. [*Corrosion protection of metal and reinforced concrete bridge structures by painting.*] Saratov: “Cube”, p. 504.
6. Makarov V.N., Ovsyannikov S.V., Ovchinnikov I.G. (2007). Antikorroziionnaya zashchita mostovykh sooruzheniy. [*Corrosion protection of bridge structures.*] Saratov.
7. Momber A. (2008). *Blast Cleaning Technology*. Hamburg: Springer, p. 549.
8. (2002). *Painting Steel Bridges and Structures, Good Painting Practice, Volume I, Chapter 6.1; SSPC: The Society for Protective Coatings.*
9. Albrecht P., Hall T.T. (2003). Atmospheric Corrosion Resistance of Structural Steels. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 1(15).
10. Freeman D.B. (1986). *Phosphating and metal pre – treatment: A guide to mod. processes a. practice*. Cambridge: Woodhead – Faulkner in assoc. with Pyrene chem. services, p. 229.
11. Khain I.I. (1973). Teoriya i praktika fosfatirovaniya metallov. [*Theory and practice of metal phosphating.*] Leningrad: Chemistry, p. 312.
12. Grilikhes S.Ya. (1971). Oksidirovanie i fosfatirovanie metallov. [*Oxidation and phosphating of metals.*] Leningrad: Engineering, p. 121.
13. Bashnin Yu.A., Ushakov B.K., Sekey A.G. (1986). Tekhnologiya termicheskoy obrabotki stali. [*Steel Heat Treatment Technology.*] Moscow: Metallurgy, p. 425.
14. Smirnov M.A., Schastlivtsev V.M., Zhuravlev L.G. (1999). Osnovy termicheskoy obrabotki stali. [*The basics of heat treatment of steel.*] Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, p. 494.