

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ЯВЛЯЮТСЯ ОДНИМ ИЗ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛА ОТ КОРРОЗИИ

В последние годы одной из важнейших производственных проблем является защита "рабочих" поверхностей металлических, бетонных, деревянных и др. изделий от негативных воздействий внешней среды. В результате таких воздействий наблюдается разрушение поверхности, приводящее к износу материала. Что касается металлов, то под влиянием химического или электрохимического воздействия внешней среды происходит разрушение их поверхности, называемое коррозией

Наиболее распространенным видом коррозии является ржавление железа и некоторых его сплавов. Это также относится и к такому универсальному материалу, как сталь, которая широко используется в промышленном строительстве, при изготовлении технологического оборудования и машин, в нефтегазовом комплексе.

Главная причина коррозионных разрушений металлоконструкций - самопроизвольное физико-химическое разрушение и превращение полезного металла в бесполезные химические соединения. Большинство компонентов окружающей среды, будь то жидкости или газы, способствуют коррозии металлов; постоянные природные воздействия вызывают ржавление стальных конструкций, порчу корпусов автомобилей, образование питтингов (ямок травления) на хромированных покрытиях и тд. Скорость развития коррозии вглубь может достигать 0,01 -0,2 мм в год. Эта проблема заставляет специалистов задуматься и произвести сравнение затрат на удорожание металла (замена или восстановление металлоконструкций) с затратами на их своевременную и качественную окраску.

При решении задачи защиты металла от коррозии вследствие взаимодействия с естественной окружающей средой нужно правильно оценить категорию окружающей среды и влияние дополнительных факторов, усиливающих или ослабляющих это взаимодействие. Эта оценка послужит исходной информацией для выбора защитных окрасочных систем в зависимости от категории окружающей среды и предполагаемого срока службы покрытия.

Категории коррозии при атмосферных условиях окружающей среды по стандарту ISO 12944-2 и ISO 9223.

C1	Низкая	Отапливаемые здания с нейтральной атмосферой, офисы, магазины, школы, отели; неотапливаемые здания, в которых может выступать конденсат (напр. склады и спортивные залы)
C2	Низкая	Помещения с низким уровнем загрязнения сухого воздуха, неотапливаемые производственные помещения (напр., гаражные боксы).
C3	Средняя	Городская и промышленная атмосфера со средним содержанием двуокиси серы, большой уровень загрязнения воздуха производственной пылью.
C4	Высокая	Промышленные и прибрежные области со средним содержанием солей в воздухе (область пресной воды). Химические производства, прачечные, бассейны.
C5-I	Очень высокая (промышленная)	Промышленные области с сильным загрязнением воздуха и агрессивной средой, например, объекты с почти постоянной конденсацией и сильными загрязнениями. Химические производства с большим содержанием соединений серы и окислов азота, фтористых соединений, сталеплавильные комбинаты, и т. д.
C5-M	Очень высокая (морская)	Влажный морской воздух с большим содержанием солей.

Долговечность лакокрасочного покрытия зависит от многих факторов: природы применяемых ЛКМ, физико-химического воздействия окружающей среды, технологии нанесения покрытия. Длительность и эффективность покрытия по стальным поверхностям зависят в очень большой степени от того, как тщательно подготовлена поверхность для покраски.

Тщательная подготовка поверхности является очень важным фактором при окрашивании. Неправильно или недостаточно подготовленная поверхность может стать причиной нарушения целостности покрытия и значительного уменьшения срока его службы.

Если с поверхности не удалить такие загрязняющие вещества как масло, жир, химикаты, слабо держащуюся старую краску, грязь и т.д., то адгезия покрытия к подложке будет крайне низкой, что приведет к преждевременному выходу из строя защитного покрытия.

Для обеспечения хорошей адгезии краски с поверхностью и увеличения срока службы всей системы, необходимо тщательно подойти к выбору способа подготовки поверхности.

Способ подготовки поверхности зависит от типа окрашиваемой поверхности, окружающей среды эксплуатации и ожидаемого срока службы защитной системы покрытий.

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ

Стандарты подготовки поверхности металлов

Разработчиками наиболее часто встречающихся стандартов подготовки поверхности являются:

- Национальная ассоциация инженеров по проблемам коррозии (**NACE**)
- Совет по окраске металлоконструкций (**SSPC**)
- Шведская ассоциация стандартов (**Sa, St**)

Первоначально стандарты по подготовке поверхности были разработаны Шведским институтом по проблемам коррозии, а позже приняты Советом по окраске металлоконструкций (SSPC) и другими организациями.

Стандарты ISO.

При определении точной степени удаления ржавчины и очистки стальной поверхности перед покраской используется Международный стандарт **ISO 8501-01-1988** и **ISO 8504-1992**.

ISO 8501-01 употребляется по окалине и означает следующие уровни заражения ржавчиной:

A — стальная поверхность в большой степени покрытая окалиной, но в незначительной степени или совсем не затронута ржавчиной.

B — стальная поверхность, которая начала ржаветь и с которой окалина начала осыпаться.

C — стальная поверхность, с которой окалина отвалилась и откуда она может быть удалена, но с лёгким видимым питтингом.

D — стальная поверхность, с которой окалина отвалилась, но с лёгким питтингом, видимым невооружённым глазом.

Степени предварительной подготовки поверхности. Стандарт ISO определяет семь степеней подготовки поверхности.

ISO-St —Обработка вручную и электроинструментами: скобление, зачистка проволочными щётками, механическими щётками и шлифовка.

После очистки поверхность должна быть очищена от отслаивающейся краски и пыли.

ISO-St2 —Тщательная очистка вручную и электроинструментами.

После очистки подложка должна выглядеть очищенной от видимых следов масла, жира и грязи и от плохо прилегающей окалины, ржавчины, краски и посторонних веществ.

ISO-St3 —Очень тщательная очистка вручную и электроинструментами

То же самое, что и для St2, но подложка должна быть очищена намного более тщательно, до появления металлического блеска.

ISO-Sa —Пескоструйная очистка

Перед пескоструйной очисткой, подложка очищается от толстых слоев ржавчины методом обрубки, устраняются видимые масляные, жировые загрязнения, грязь.

После пескоструйной обработки подложка должна быть очищена от пыли и мусора.

ISO-Sa1 —Лёгкая пескоструйная очистка.

При проверке невооружённым взглядом поверхность должна выглядеть зачищенной от видимых масляных, жировых пятен и грязи и от окалины с плохим прилеганием, ржавчины, краски и других посторонних веществ.

ISO-Sa2 —Тщательная пескоструйная очистка.

При проверке невооружённым взглядом поверхность должна выглядеть зачищенной от видимых масляных, жировых пятен и грязи и от большей части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ. Каждое остаточное загрязнение должно иметь плотное прилегание.

ISO-Sa2,5 —Очень тщательная пескоструйная очистка.

При проверке невооружённым взглядом поверхность должна выглядеть зачищенной от видимых масляных, жировых пятен и грязи и от большей части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ. Все остаточные следы заражения должны проявляться только в форме едва заметных пятен и полос.

ISO-Sa3 —Пескоструйная очистка до визуальной чистой стали.

При проверке невооруженным взглядом поверхность должна выглядеть зачищенной от видимых масляных, жировых пятен и грязи и от большей части окалины, ржавчины, краски и других посторонних веществ. Поверхность должна иметь однородный металлический блеск.

Шероховатость поверхности после пескоструйной очистки:

Rz — среднее возвышение по сравнению с уровнем равнины = профиль абразивного материала

Rt — максимальное возвышение по отношению к уровню равнины

Ra — среднее расстояние до воображаемой центральной линии, которая может быть проведена между вершинами и равнинами (ISO3274).

Абразивный профиль (Rz) — 4 до 6 раз С.Л.А. (Ra). Непосредственное измерение Т.С.С. грунтовок, применяемых по стали, подвергнувшейся пескоструйной очистке, до толщины 30 мкм весьма неточное. Грунтовка при толщине сухого слоя 30 мкм и более образует среднюю толщину, а не толщину на вершинах. Когда в спецификациях упоминается абразивный профиль Rz, пескоструйная очистка по стандарту ISO-Sa2,5 должна быть достигнута с использованием минерального песка, если не упомянуто ничего другого. Свыше Ra при 17 мкм (профиль абразивного материала R при Т.С.С. 100 мкм) рекомендуется использовать дополнительный слой грунтовки для того, чтобы укрыть шероховатость. Если подвергается пескоструйной очистке сильно заржавленную сталь, часто достигается профиль свыше 100 мкм.

SSPC-SP-1

Очистка с помощью растворителя. Удаление всех инородных частиц, масел, жиров, загрязнений, следов земли, солей, красок и стружки, а также других загрязняющих веществ, которые образуются на стальной поверхности, с помощью растворителей, эмульсий, чистящих составов или похожих материалов и методов, которые предусматривают использование растворителей или очистителей.

SSPC-SP-2 St2

Очистка ручным инструментом. Удаление прокатной окалины, вторичной окалины, отслаивающейся ржавчины и краски с помощью стальной щетки, ручной пескоструйной обработки, ручного выскабливания или другим ручным инструментом, а также комбинированием этих методов.

Подложка после обработки должна иметь тусклый металлический блеск, а также должна быть очищенной от масла, жира, пыли, почвы, солей и других загрязнений.

SSPC-SP-3 St3

Очистка электрическим инструментом. Удаление прокатной окалины, вторичной окалины, отслаивающейся краски и ржавчины для подготовки к процессу автоматизированной очистки проволочной щеткой, механическими инструментами, автоматизированным шлифованием, автоматизированная пескоструйная обработка или же комбинированием этих методов.

Подложка должна иметь четкий металлический блеск и быть очищенной от масел, жира, грязи, почвы, солей и других загрязняющих веществ. Поверхность не должна быть отполированной и гладкой.

SSPC-SP-4

Термическая очистка. Удаление рыхлой окалины, ржавчины и другого загрязнения с помощью высокой температуры. Для этого применяются горелки, работающие на ацетилено-кислородной смеси. Перед этим должна быть проведена очистка с помощью металлической щетки. Поверхность также должна быть очищена от масла, жира, грязи, следов почвы, солей и других загрязнений.

SSPC-SP-5 Sa3 NACE 1

Очистка до чистого металла. Удаление вторичной окалины, ржавчины, прокатной окалины, краски или другого загрязнения происходит с помощью абразивных частиц, которые подаются на обрабатываемую поверхность с помощью сжатого воздуха или дробеметного ротора.

Поверхность, очищенная до «чистого металла», имеет серо-белый металлический цвет, имеет шероховатость и готова к нанесению лакокрасочного покрытия. Поверхность должна быть очищенной от масла, жира, грязи, видимой вторичной окалины, ржавчины, продуктов коррозии, оксидов, краски и других загрязнений.

SSPC-SP6 Sa2 NACE 3

Коммерческая очистка. Удаление вторичной окалины, ржавчины, прокатной окалины, краски или другого загрязнения происходит с помощью абразивных частиц, которые подаются на обрабатываемую поверхность с помощью сжатого воздуха или дробеметного ротора.

Поверхность после коммерческой очистки должна быть полностью свободной от масла, жира, грязи, прокатной окалины, вторичной окалины и старой краски, ржавчины. Могут остаться легкие тени, полосы, может также наблюдаться изменение цвета, вызванное ржавчиной, оксидами вторичной окалины, остатками старой краски. Если поверхность имеет углубления, возможны небольшие остатки ржавчины или краски на самом дне углублений.

SSPC-SP-7 Sa1

Удаляющая очистка. Удаление до определенной степени отслаивающейся вторичной окалины, ржавчины и краски с помощью абразивных частиц, которые подаются на обрабатываемую поверхность с помощью сжатого воздуха или дробеметного ротора. Не обязательно, чтобы поверхность была полностью очищена от окалины, ржавчины и краски. Остатки вторичной окалины, ржавчины и краски должны быть плотными, поверхность достаточно отшлифована для обеспечения адгезии.

Поверхность после удаляющей очистки должна быть полностью очищенной от масла, жира, грязи, осадков ржавчины, отслаивающейся окалины, ржавчины и лакокрасочного покрытия, но при этом допускается небольшое количество вторичной окалины, прочные остатки ржавчины, краски. Обработке подлежат многочисленные равномерно распределенные пятна металла подложки.

SSPC-SP-8

Протравливание. Удаление вторичной окалины, ржавчины и прокатной окалины с помощью химических препаратов, методом электролиза, или комбинированием этих методов. Поверхность в результате протравливания должна быть полностью очищена от всех осадков, ржавчины и других инородных веществ. Кроме того, поверхность должна быть свободной от невступивших в реакцию кислот и алкалоидов.

SSPC-SP-9

Очистка после пескоструйной обработки. Удаление всех частичек вторичной окалины после пескоструйной очистки.

SSPC-SP-10 Sa 2 ½ NACE 2

Очистка до почти чистого металла (95 % всей площади поверхности должно быть очищено от всех видимых загрязняющих веществ, на остальной же части может наблюдаться небольшое изменение цвета)

Удаление практически всей вторичной окалины, ржавчины, прокатной окалины, краски или других загрязнений с помощью абразивных частиц, которые подаются на обрабатываемую поверхность с помощью сжатого воздуха или дробеметного ротора.

Результатом очистки до почти чистого металла является поверхность, очищенная от масла, жира, грязи, вторичной окалины, ржавчины, продуктов коррозии, оксидов, краски или других инородных веществ, но могут остаться легкие тени, полосы, может также наблюдаться изменение цвета, вызванное ржавчиной, оксидами вторичной окалины, плотным осадком старой краски.

Способы очистки и обработки металлических поверхностей для нанесения лакокрасочных покрытий

1.1 Химические способы обработки

Для вновь изготавливаемых изделий из металлов различают две степени загрязнения жирами и маслами.

1. поверхности, на которых имеется тонкий слой минеральных масел, смешанных с пылью смазок, смазочно-охлаждающих эмульсий
2. поверхности с толстыми слоями консервационных смазок, масел и трудноудаляемых загрязнений.

Выбор метода обезжиривания определяется главным образом видом загрязнения, требуемой степенью очистки и стоимостью.

Наибольшее применение получили методы обезжиривания органическими растворителями, щелочными растворами и эмульсионными составами.

При обезжиривании органическими растворителями не допускать загрязнения растворителя (бензин, уайт-спирит) более чем до 5 г масла на 1 л.

Наиболее перспективными составами для обезжиривания являются водные растворы щелочного и кислого характера, содержащие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Они отличаются высокой очищающей способностью, пожарной безопасностью, технологичностью. Недостаток - необходимость защиты обезжиренной поверхности от возможной в дальнейшем коррозии. Содержание ПАВ в щелочных составах не должно превышать 10%. Рекомендуется использовать один из следующих ПАВ: сульфенол, ДС-РАС, ОП-7, ОП-10, синтанол ДТ-7, КМ-1, МС-6.

На практике хорошо зарекомендовал себя следующий способ подготовки холоднокатаной стали:

- обезжиривание поверхности металла уайт-спиритом
- обработка 10%-ным раствором едкого натра с добавкой 0,5% ОП-10 и стирального порошка (10г/л)
- промывка водой и протирка ацетоном для ускоренной сушки поверхности.

При обезжиривании поверхности металла уайт-спиритом **единовременно обрабатывать не более одного небольшого участка.**

Для нанесения на поверхность и протирки насухо обязательно использовать две разные чистые безворсовые салфетки.

Обрабатываемую поверхность пройти влажной, пропитанной обезжиривателем салфеткой и следом, не давая обезжиривателю испариться, - сухой чистой салфеткой.

Рекомендуется:

- сразу же после нанесения жидкости салфеткой и разжижения грязи обезжиривателем, стереть её с поверхности сухой чистой салфеткой, не давая обезжиривателю испариться.

- проводить обезжиривание до начала какой бы то ни было обработки детали и перед нанесением каждого из функциональных слоев. Особенно перед шлифовкой, когда по поверхности ремонтируемой детали прошел абразив, создающий на ней некую риску сложной формы, вся неудаленная грязь моментально попадает в эту риску и достать ее оттуда в дальнейшем уже не будет никакой возможности. В результате грязь будет «кочевать» из слоя в слой и неизбежно проявится на конечном покрытии.

- не рекомендуется использовать высокоагрессивные обезжириватели, поскольку их применение чревато изменением свойств свежих ЛКМ и их растворением - время полной полимеризации всех современных синтетических материалов достаточно продолжительно и существенно превышает то время, через которое проводится последующая обработка детали. Вроде, кажется, что материал уже достаточно затвердел, чтобы наносить на него следующий слой, но полимерные цепочки еще весьма хрупки, и очищение свежей поверхности агрессивными обезжиривателями приведет к их неправильному сшиванию.

К химическим способам также относят фосфатирование, травление, оксидирование.

1.2 Механические способы обработки

1. Ручной (скребками, металлическими щетками)

Ручная очистка скребками и щетками на сегодняшний день в России остается самой распространенной. Ручной метод очистки кажется самым дешевым для заказчика только на первый взгляд, однако в будущем потребуются необходимость перекрашивать металлоконструкции много раз, так как срок службы ЛКП при применении ручной очистки невелик - до 2 - 3-х лет. Этот метод не позволяет удалить с поверхности металла прокатную окалину, прочно держащиеся старую краску и ржавчину, не позволяет создать необходимый для адгезии рельеф поверхности.

2. Механизованная очистка (отбойниками, шарошками, электро-, пневмоинструментами и др.) Применение механических видов подготовки поверхности металла позволяет получить хорошо очищенную поверхность с равномерной шероховатостью, которая способствует наилучшей адгезии антикоррозионных лакокрасочных материалов.

Рекомендуемая зернистость абразивных материалов при обработке.

Вид технологической операции	Зерно «по сухому»
Удаление ржавчины до стали	60 \diamond 80 механически или вручную
Обработка <u>алюминия</u> под шпатлевку-грунтовку	120 \diamond 180 механически или вручную
Обработка <u>цинка</u> под шпатлевку-грунтовку	180 \diamond 220 механически или вручную
Обработка новой <u>стальной детали</u> - удаление грунта или матирование	220 \diamond 320 механически или вручную
Обработка 2К грунта или старого ЛКП под алкид (2К акрил)	320 500 \diamond 600 механически или вручную
Обработка 1К грунта под алкид (2К акрил)	500 механически или вручную

3. Пескоструйная и гидropескоструйная очистка (под высоким давлением до 14 бар смеси «воздух - абразив»), которая производится направленным потоком абразивного материала (дробь, шлак, песок, корунд и т.п.), подаваемым под высоким давлением к очищаемой зоне при помощи специализированных напорных установок.

Абразивоструйная очистка является наиболее производительным и эффективным способом подготовки поверхности перед нанесением ЛКМ. Данный метод позволяет удалять с поверхности металла прокатную окалину и старые покрытия, придавать поверхности рельеф, который так необходим для хорошей адгезии лакокрасочного материала. Метод основан на следующем: частицы абразива, вылетая из сопла с большой скоростью (до 150 м/с) и кинетической энергией, при соударении с поверхностью металла удаляют ржавчину, прокатную окалину, имеющиеся покрытия и другие загрязнения. Одновременно поверхность приобретает характерный рельеф, который способствует лучшей адгезии покрытия с металлом.

После абразивоструйной очистки перед нанесением лакокрасочных материалов поверхность следует очистить от образовавшейся пыли сжатым воздухом.

Достоинства абразивоструйной очистки:

- высокая производительность;
- возможность использования как стационарного, так и переносного оборудования;
- возможность обрабатывать разнообразие по форме и материалу конструкции;
- возможность локальной и дозируемой обработки;
- возможность регулирования чистоты и шероховатости поверхности.

Абразивоструйная очистка металлоконструкций проводится до степени Sa 2,5 по ISO 8501, с применением абразивоструйных комплексов. Чаще всего в виде абразива применяется гранулированный шлак одnorазового применения (граншлак - рекуперированные отходы металлургического производства) с фракцией частиц от 0,5 до 3 мм. При этом удаляются следующие загрязнения: прокатная окалина, старые лакокрасочные покрытия, ржавчина.

После очистки поверхность приобретает серый стальной цвет, определенную шероховатость Rz=70 - 170 мкм. Для уменьшения размера шероховатости изменяют фракцию частиц абразива - увеличивают в общей массе содержание частиц с размерами от 1 до 1,5 мм, в этом случае шероховатость наиболее приемлема Rz=70 - 110 мкм. При этом расход лакокрасочного материала на 1 м² заметно сокращается.

*В условиях повышенной взрыво- или пожароопасности, когда применение других видов подготовки сопряжено с риском возгорания, взрыва или невозможно, мы применяем **гидроструйную очистку** поверхностей струей воды под высоким давлением с абразивом или без него. Качество очищенной поверхности соответствует степени Sa 2.*

1.3 Прочие способы обработки

1. Термический способ: обработка металла от ржавчины, окалины, старых слоев краски пламенем кислородно-ацетиленовой горелки (температура горения 400-500 °С) при избытке кислорода до 30%. В результате под воздействием разницы коэффициентов термического расширения металла окалина легко отслаивается. Газопламенная обработка вызывает также деградацию ржавчины. Метод применим для изделий толщиной не менее 6 мм

2. Применение ультразвука.

При окраске оцинкованных поверхностей и поверхностей из цветных металлов есть свои тонкости. Такие металлы нельзя подвергать обычной дробеструйной обработке, так как она нарушает их естественную коррозионную стойкость. Поверхности такого рода обрабатывают с помощью специального абразивного агента – круглых частиц стекла, не разрушающих защитный слой цинка на поверхности. В большинстве случаев достаточно бывает просто обработать **раствором аммиака** для удаления жирных пятен и продуктов коррозии цинка с поверхности.

ТИПЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коррозию металлических объектов или конструкций можно уменьшить или практически устранить нанесением на "рабочую" поверхность различного типа защитных покрытий, Наиболее простой и доступной защитой от коррозии является нанесение покрытий на основе лакокрасочных материалов (ЛКМ). Основными компонентами, входящими в состав ЛКМ, являются пленкообразующие вещества, растворители, пигменты и наполнители (как правило, барьерного типа), катализаторы (сиккативы) и др. При этом тип пленкообразующего вещества во многом определяет свойства покрытия.

Особенности покрытий различных типов ЛКМ.

ЛКМ	Преимущества	Недостатки
ЛКМ физического высыхания		
Акриловые (1К)	<ul style="list-style-type: none"> • Отличная атмосферо- и светостойкость; • Превосходные декоративные свойства; • Хорошая межслойная адгезия и адгезия к окрашиваемой поверхности; • Высокая эластичность и прочность при ударе; 	<ul style="list-style-type: none"> • Низкий сухой остаток (до 50 %); • Небольшая толщина одного слоя (20-30 мкм); • Низкая стойкость к растворителям;
Сополимервинилхлоридные	<ul style="list-style-type: none"> • Однокомпонентность; • Возможность нанесения при низких температурах (до – 10°С); • Быстрое высыхание; • Хорошая водо- и атмосферостойкость; • Высокая эластичность и прочность при ударе; • Стойкость к соленой и пресной воде, разбавленным кислотам и щелочам, нефтепродуктам, смазочным маслам, алифатическим углеводородам и спиртам; 	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимость тщательной подготовки поверхности (min Sa 2½); • Низкая стойкость к растворителям; • Небольшая долговечность покрытия. Срок службы виниловых ПК, как и других, во многом зависит от их правильного нанесения;
Хлоркаучуковые	<ul style="list-style-type: none"> • Хорошая водо-, кислото-, щелочестойкость; • Возможность нанесения при низких температурах (до – 15°С); • Пониженная горючесть покрытия благодаря содержанию хлора; • Относительно непродолжительное время межслойной сушки; 	<ul style="list-style-type: none"> • Низкая стойкость к растворителям и нефтепродуктам; • Низкий сухой остаток (не более 50%);
Алкидные	<ul style="list-style-type: none"> • Однокомпонентность; • Относительно низкая стоимость; • Хорошая адгезия к металлу, дереву, минеральным подложкам; • Высокая технологичность, хорошая растекаемость и эластичность; • Хорошие декоративные свойства; • Хорошая межслойная адгезия; • Простота ремонта; 	<ul style="list-style-type: none"> • Длительное время высыхания; • Нанесение при температуре выше + 5°С; • Большое содержание органических растворителей; • Неудовлетворительная химостойкость к воздействию кислот, щелочей или растворителей; • Небольшой срок эксплуатации; • Со временем склонны к мелению, мутнеть и терять глянец

Химически отверждаемые ЛКМ

Эпоксидные	<ul style="list-style-type: none"> • Превосходная адгезия с любыми подложками (наилучшая, благодаря большому числу полярных групп); • Высокая механическая прочность; • Обладают повышенной термостойкостью при температурах до 200°C, низкой водонабухаемостью и паропроницаемостью; • Устойчивость к воздействию нефти, нефтепродуктов, многих растворителей; • Высокая химическая стойкость к агрессивным газам, кислотам, щелочам (при кратковременном воздействии); • Высокая долговечность; • Отличные электроизоляционные параметры; • Стойкость к температурным перепадам от - 60 до + 200oC 	<ul style="list-style-type: none"> • Двухкомпонентность, ограниченная жизнеспособность после смешения; • Высокие требования к климатическим условиям нанесения. • Краски на эпоксидной основе образуют твердые пленки, которые вызывают трудности для удаления при проведении восстановительных работ, а также имеют тенденции к растрескиванию пленки на сопряжениях деталей, особенно при больших толщинах нанесенного слоя. • Жесткие требования по интервалу перекрытия; • Склонность к мелению под действием солнечного света - ухудшению внешнего вида и пожелтению под атмосферным воздействием, однако коррозионная стойкость при этом не утрачивается
Полиуретановые	<ul style="list-style-type: none"> • Превосходные декоративные свойства и долговечность; • Высокая атмосферостойкость и светостойкость; • Отличная износостойкость и эластичность; • По стойкости к различным агрессивным воздействиям (газы, кислоты, щелочи, растворители, в т.ч. ароматич.) превосходят остальные лакокрасочные материалы; • Отличная водостойкость; • Высокая адгезия к различным подложкам, включая металл и бетон • Полиуретановые покрытия устойчивы в нефти, светлых нефтепродуктах, пресной и морской воде, растворах солей, кислот и щелочей, в атмосфере, загрязненной хлоридами, соединениями серы и азота. 	<ul style="list-style-type: none"> • Двухкомпонентность, ограниченная жизнеспособность после смешения; • Высокие требования к подготовке поверхности (для защитных ЛКМ); • Сложность нанесения и ремонта; • Токсичность при нанесении, при горении (резка, сварка);

СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выбор способа нанесения лакокрасочных материалов зависит от размеров и конфигурации окрашиваемых поверхностей, требований к внешнему виду лакокрасочных покрытий, сроков и условий производства работ, а также технических характеристик применяемых материалов.

Существует множество способов нанесения лакокрасочных материалов, однако для окрашивания крупногабаритных сооружений используются, в основном, три метода: пневматическое распыление, безвоздушное распыление и ручные методы нанесения материалов.

а) Пневматическое распыление

Принцип пневматического распыления заключается в образовании красочного аэрозоля путем дробления струи жидкого лакокрасочного материала струей сжатого воздуха. Образующийся аэрозоль движется в направлении струи воздуха, и при ударе о поверхность капли аэрозоля растекаются и сливаются, образуя слой жидкой краски.

Подача сжатого воздуха осуществляется централизованно от сети, или от компрессора. Подаваемый воздух очищается от воды, масла и механических загрязнений в масловлагоотделителе.

Высокое давление воздуха, подаваемого в краскораспылитель (более 0,6 МПа), способствует хорошему распылению, однако вызывает интенсивное туманообразование и большие потери материала. Низкое давление (менее 0,2 МПа) отрицательно сказывается на формировании покрытия.

Расход воздуха зависит от сечения сопла распылителя и давления воздуха. Качественное распыление достигается при соотношении расходов воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) и краски ($\text{л}/\text{мин}$) в пределах 0,3...0,6. Оптимальное расстояние от сопла до окрашиваемой поверхности составляет 200...400 мм.

Температура лакокрасочных материалов при выходе из сопла форсунки резко снижается из-за затрачивания тепла на расширение воздуха при истечении струи и на испарение растворителей, что приводит к значительному повышению вязкости материала и ухудшению его растекания. Вследствие чего, приходится использовать материалы с низкой вязкостью или подогревать их.

Достоинства метода пневматического распыления

- получение покрытий с высокими декоративными свойствами;
- возможность применения в любых производственных условиях при наличии источника сжатого воздуха и вентиляции;
- возможность окрашивания изделий различных размеров и сложности;
- высокая производительность;
- простота устройства и обслуживания окрасочного оборудования;

Недостатки

- большие потери лакокрасочных материалов;
- возможность качественного нанесения только низковязких материалов;
- вредные условия труда за счет повышенного туманообразования и увеличения расхода растворителей;
- повышенная пожаро- и взрывоопасность;
- возможность попадания в пленку покрытия воды и масел из сжатого воздуха;

б) Безвоздушное распыление

Принцип безвоздушного распыления связан с диспергированием лакокрасочного материала за счет высоких скоростей истечения из сопла, который подается под большим давлением (до 50 МПа). Давление создается насосом высокого давления. Дисперсность аэрозоля зависит от геометрических размеров и формы отверстия сопла, режимов истечения и свойств лакокрасочного материала. Необходимо выбрать правильное сочетание давления воздуха, его объема и потока жидкости, чтобы достичь полной пульверизации и качественной пленки лакокрасочного покрытия, не содержащей дефектов. При несоблюдении контрольных параметров распыления можно столкнуться с такими проблемами, как провисание, ноздреватость и недостаточный поток краски.

Специальные насадки, используемые в пистолете - краскораспылителе и регулирование давления позволяет регулировать нанесение лакокрасочных продуктов от самой низкой до самой высокой степени вязкости. Точно так же различные углы щели насадки производят веер распыляемой краски различной ширины. Выбор конкретной ширины веера распыляемой краски зависит от формы и размера окрашиваемой конструкции. Выбор ширины веера распыляемой краски также связан с размером выходного отверстия. Для одинакового размера отверстия расход краски на единицу площади будет ниже при более широком веере распыления. Существует несколько доступных моделей насадок, выбор которых зависит от таких параметров, как тип требуемого финишного слоя, легкость нанесения, легкость очищения форсунок от закупоривания и т.д. Общие размеры отверстий насадок приводятся ниже, чтобы помочь в выборе соответствующего отверстия для типа лакокрасочного покрытия:

Толщина мокрой пленки	Размер отверстия (мм)
до 50 микрон	0,02 – 0,03
100 – 200 микрон	0,03 – 0,04
>200 микрон	0,04 – 0,07
Мастики	0,10 – 0,15

Краскораспылитель располагают под углом 90° к окрашиваемой поверхности на расстоянии 200...400 мм.

Хорошему распылению материала способствует его нагревание. Это связано с понижением вязкости, с понижением поверхностного натяжения и интенсивным испарением растворителей. Повышая температуру материала с 20 до 80 °С, можно почти вдвое снизить давление при распылении. При этом повышаются и защитные свойства покрытия.

Достоинства

- возможность нанесения материалов с повышенной вязкостью и, следовательно, уменьшение трудозатрат за счет получения более толстых слоев покрытия;
- повышение качества лакокрасочных покрытий (по сравнению с пневматическим распылением) вследствие хорошей сплошности и плотности, лучшего заполнения микронеровностей поверхности, вытеснения с поверхности части влаги и других загрязнений;
- низкие потери лакокрасочных материалов (на 20...25 % меньше, чем при пневматическом распылении);
- высокая скорость нанесения;
- улучшение условий работы и снижение пожаро- и взрывоопасности.

Недостатки

- более низкие декоративные свойства покрытий по сравнению с пневматическим распылением;
- возрастание потерь краски при нанесении ее на изделия небольших размеров или сложной конфигурации.

УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ НАНЕСЕНИИ ЛКМ

При выполнении окрасочных работ огромное влияние на качество и долговечность лакокрасочных покрытий оказывают климатические условия:

- температура воздуха в помещении;
- температура окрашиваемой поверхности;
- температура лакокрасочных материалов;
- влажность воздуха;
- увлажнение конструкций конденсатом.

Температурно-влажностные параметры окрашивания регламентируются **ГОСТ 9.105 «Покрытия лакокрасочные. Классификация и основные параметры методов окрашивания»**. Согласно указанному стандарту, температура воздуха при окрашивании должна быть не менее +15°С и не более +30°С, относительная влажность – не выше 80 %.

Однако реальные условия зачастую совсем не соответствуют этим требованиям. Многие лакокрасочные материалы нельзя наносить при температуре ниже +5°С, т.к. происходит резкое замедление отверждения или полное его прекращение. Такое правило действует для большинства эпоксидов. На другие защитные покрытия низкие температуры сильно не действуют, например, хлоркаучуки и винилы можно наносить при температуре ниже 0°С при условии, что на поверхности отсутствует наледь.

При выполнении работ на открытых площадках необходимо учитывать нагрев окрашиваемой поверхности солнечным излучением. Разница между температурой металла и температурой воздуха может достигать 20°С. Быстрое испарение растворителей из лакокрасочного материала на нагретой поверхности или быстрое химическое отверждение может препятствовать получению гладкого равномерного покрытия, т.к. отдельные капли лакокрасочного материала будут высыхать, не успев растечься по поверхности. Поэтому при контроле климатических условий обязательно следует измерять температуру окрашиваемой поверхности.

При относительной влажности воздуха выше 85 % резко снижается скорость испарения растворителей из лакокрасочной пленки. При влажности воздуха, близкой к 100 %, испарение растворителей практически не происходит, растворители в этом случае могут диффундировать в нижние (ранее нанесенные) слои покрытия и вызвать их повреждение – пузырение и шелушение.

Поэтому, неизменным условием при проведении окрасочных работ является обеспечение относительной влажности воздуха ниже 85 %.

При несоблюдении температурно-влажностных параметров процесса окрашивания на поверхности сформированного покрытия появляются различные дефекты (шагрень, проколы), которые приводят не только к ухудшению внешнего вида лакокрасочного покрытия, но значительно снижают его долговечность.

ВЫБОР СИСТЕМЫ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

Главными критериями при выборе типа защитного покрытия являются:

- высокая адгезия к защищаемой поверхности при длительном воздействии агрессивных сред;
- стойкость к абразивному износу;
- устойчивость при температурных колебаниях рабочей среды от -50 до $+160^{\circ}\text{C}$;
- простота технологии нанесения покрытий.

В настоящее время существует широкий ассортимент современных защитных покрытий на различных основах: акриловых, алкидных, эпоксидных, полиуретановых и др., отвечающих предъявляемым требованиям. Среди них наибольшее распространение находят эпоксидные и полиуретановые основы ЛКМ. Хотя они и более дорогостоящие, зато обеспечивают формирование защитных покрытий с высокими атмосферо-, водо-, абразиво-, морозо- и термостойкими свойствами, а также высокую адгезию к металлу.

Эффективность при выборе лакокрасочного покрытия можно определить из отношения стоимости подготовки квадратного метра поверхности к гарантированной долговечности покрытия. В свою очередь, срок службы защитных покрытий также определяется многими факторами. Наиболее важными являются: качество подготовки поверхности под окраску и соответствие характеристик выбранного лакокрасочного покрытия тем условиям, в которых будет эксплуатироваться покрытие.

Проектирование антикоррозионной защиты металлоконструкций при использовании лакокрасочных материалов импортного производства необходимо производить с учетом международного стандарта **ISO 12944:1998, «Лаки и краски – Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий»**, где учитываются все факторы, влияющие на долговечность окраски.

Согласно международному стандарту ISO 12944 определены следующие сроки службы лакокрасочных покрытий: **низкий (до 5 лет), средний (от 5 до 15 лет) и высокий (более 15 лет)**. В данном документе указаны системы покрытий на основе различных связующих с различными наполнителями и для различных по агрессивности воздействия категорий окружающей среды. Нанесенные защитные покрытия обеспечивают прочность и долговечность сооружений и служат надежной защитой металлоконструкций от воздействия окружающей среды. Подбор типа лакокрасочных материалов и системы покрытия зависит от конкретного типа металлоконструкции, с учетом состояния конструкции, степени разрушения ее поверхности, коррозионной опасности, условий окружающей среды при производстве работ, предполагаемого срока защиты и стоимости покрытия.

Наиболее эффективными являются двух- или трёхстадийные лакокрасочные покрытия. **Двухстадийные** лакокрасочные покрытия, препятствующие проникновению к поверхности металла влаги, агрессивных газов и жидкостей, состоят, как правило, из слоев грунтовки и эмали. **Трёхстадийная** система для наружного покрытия имеет следующий состав: грунтовочный слой обеспечивает адгезию с подложкой, второй слой обладает барьерными свойствами и препятствует проникновению агрессивной среды к металлу. Финишный слой также обладает барьерными свойствами, помимо этого он также имеет высокие декоративные качества и стойкость к ультрафиолету.

Грунтовки в системе лакокрасочных покрытий обеспечивают одну из основных задач для обеспечения качественной и долговечной защиты металлических конструкций. Стальные металлические конструкции, машины и оборудование различного назначения в большинстве случаев очищают перед нанесением лакокрасочных материалов с помощью струйно-абразивного метода. При этом стараются достичь хорошей степени очистки поверхности до Sa 2 ½ (иногда до Sa3) и шероховатости Rz в пределах 40-60 мкм, которые обеспечивают максимальную адгезию грунта с подложкой и соответственно долговечность всей системы покрытий.

Грунтовка - базовое (основное) покрытие всей антикоррозионной системы!

Грунтование — процесс нанесения слоя лакокрасочного материала, непосредственно контактирующего с подложкой, с целью придания окрашиваемой поверхности дополнительных адгезионных свойств, антикоррозионной защиты металла, создание амортизационного слоя от сколов и выравнивание.

Выбирая подходящий грунт, надо опираться на конкретную задачу и вид подложки, на которую материал будет наноситься. Различные грунты выполняют различные функциональные задачи.

В арсенале фирмы **MIRA AG (Германия)** имеется большое разнообразие грунтовых покрытий для различных задач. Большое распространение получили универсальные цинко – фосфатные грунты на алкидной, акриловой, полиуретановой и эпоксидной основах. Все грунты Mира имеют высокий сухой остаток min 65% и могут применяться как с разбавителями, так и без, и колероваться в любой оттенок по системе RAL.

В машиностроении и для различных видов металлических конструкций часто применяется однокомпонентная грунтовка **Mira Rapidprimer** на алкидной основе с фосфатом цинка. Если у предприятия существует возможность автоматизировать процесс очистки металлопродуката в дробеметной установке, с дальнейшим нанесением защитного покрытия в окрасочной автоматизированной камере, грунтовка **Mira Rapidprimer** может использоваться как **межоперационный грунт – «сварной праймер»**. Рекомендуемая для этого случая толщина сухого слоя 15 мкм достаточна для проведения резки, качественного сваривания металлических частей конструкции, а также различных монтажных работ. После очистки сварных швов и удаления возможных загрязнений на конструкцию наносится основная защитная система ЛКМ **Mira 1K** или **2K** на сольвентной, либо водной основе. Такой способ подготовки поверхности и использование межопера-

ционного грунта при больших объемах производства значительно ускоряет технологические процессы, снижает трудоемкость и себестоимость изделий при высоком качестве защитного покрытия.

Особое место занимают грунтовые покрытия, наполненные цинком на эпоксидной основе. Основное применение цинконаполненные грунты, получили в областях с высокой коррозионностью С4 – С5м.

Mipa 1K -Zinkalyd и **Mipa 2K -Zinkstaubfarbe** обеспечивают эффективную антикоррозионную защиту, включая катодную, так как материалы содержат в сухом слое не менее 94% цинковой пыли. Частицы цинковой пыли выступают в роли проводника электрического тока, соприкасаясь со стальной подложкой и между собой. Электропроводность гарантируется использованием минимально возможного количества связующего.

Кроме катодной защиты эпоксидные грунты осуществляют эффективную барьерную антикоррозионную защиту. Даже при механическом повреждении финишного покрытия цинконаполненный грунтовочный слой позволяет исключить или свести к минимуму распространение подслоной коррозии, возможное при других типах грунтовочных покрытий без цинкового пигмента.

Важным условием при использовании подобных грунтов является достаточная чистота поверхности подложки до степени Sa2,5 (Sa3), а также минимальная шероховатость поверхности около Rz = 40 мкм.

Значительно увеличить защитные свойства цинконаполненных покрытий (в 2,5 ÷ 3,5 раза по сроку эксплуатации) позволяют промежуточные и финишные покрытия барьерного типа с наполнителями различной природы и форм. Для увеличения барьерных свойств используется слюда металлическая и пластинчатый оксид железа.

Добавление барьерных наполнителей физически увеличивает путь через слой покрытия, который пытаются преодолеть жидкостные и/или газовые молекулы. Благодаря чешуйчатой структуре и более высокому содержанию в сухой пленке покрытия пластинчатый оксид железа многократно превосходит многие другие пигменты по показателям влаго-газонепроницаемости. Применяемый в покрытии слюдистый оксид железа является непревзойденным пигментом барьерного типа, применяемым при производстве покрытий для антикоррозионной защиты несущих стальных конструкций. Перекрывающиеся внахлест пластины "железной слюдки" создают очень плотный металлический барьер в структуре пленки покрытия, не пропускающий влагу, газы, УФ лучи, агрессивные химикаты и другие субстанции, способные вызвать коррозию подложки. Такие пигменты увеличивают прочность покрытия, адгезию и эластичность.

Mipa VC 555-20 1K-Einschicht-Eisenglimmer matt

Mipa AK 550-20 KH-Eisenglimmer matt

Mipa EP 500-20 2K-EP-Eisenglimmer matt

Mipa PU 500- 20 2K-PUR-Eisenglimmer matt

Mipa WPU 5400-20 WBS 2K-PU-Eisenglimmer matt

Эти покрытия наиболее устойчивы к растрескиванию, отслаиванию и резкому разрушению при внезапной чрезмерной физической и химической нагрузке. Поэтому эти покрытия используются в качестве дополнительного барьера для защиты металлических конструкций от разрушающего действия «блуждающих» токов. Материалы, содержащие железную слюдку, имеют ограниченные цветовые тона. Как правило, это серые, зеленые, синие и красные оттенки согласно каталогу DB - Немецкой железной дороги (Deutsche Bahn).

Обязательным условием качественной антикоррозионной защиты после нанесения грунтовки является дополнительная окраска (полосовое окрашивание) острых кромок, кантов и сварных швов, на которых лакокрасочный слой имеет недостаточную толщину. Именно в этих местах за счет концентрации напряжений происходит стекание краски, слой становится тоньше, образуются потенциальные участки коррозии.

Нанесение покрывных финишных слоев лакокрасочных материалов выполняется с соблюдением режимов в соответствии с техническими регламентами от производителей ЛКМ. Финишное покрытие наносят сплошной ровной пленкой, контролируя толщину мокрого слоя на протяжении всего процесса окрашивания.

Наибольшее распространение в промышленности и строительстве получили двухкомпонентные ЛКМ. Среди них отдадут предпочтение высоконаполненным материалам. (Высоконаполненные системы лакокрасочных материалов считаются таковыми, если процентное содержание растворителей и прочих летучих органических веществ в них не превышает 35%.)

Причина в том, что высоконаполненные материалы сохнут дольше обычных, а при применении двухкомпонентных материалов этим параметром можно управлять за счет подбора отверждающего компонента или температуры, при которой происходит высыхание.

Основные преимущества высоконаполненных систем по сравнению с обычными - значительно лучшая коррозионная стойкость при сопоставимой толщине слоя, меньший расход материала и возможность нанесения более толстым слоем, что обеспечивает получение необходимой антикоррозионной защиты всего за 1 - 2 слоя.

Время отверждения.

Очень важный критерий для двухкомпонентных продуктов, где имеет место отверждение в результате химической реакции при смешивании компонентов перед применением. Смешанная краска обычно выдерживается в течение нескольких минут, чтобы запустить процесс реакции, обеспечивающий увеличение толщины слоя покрытия и хорошее высыхание лакокрасочной пленки.

Время отверждения зависит от жизнеспособности и температуры окружающей среды. Изделиям, имеющим короткую жизнеспособность, требуется меньше времени выдерживания, аналогично, при высокой температуре окружающей среды более короткое время выдерживания обеспечит хороший результат при формировании пленки покрытия

Толщина покрытия.

Одним из факторов, определяющих качество и долговечность покрытия, является его толщина.

Толщина лакокрасочных покрытий для обеспечения противокоррозионной защиты должна быть достаточно большой, так как она влияет на скорость проникновения агрессивных агентов к поверхности металла. Поэтому при эксплуатации покрытий в условиях с различными параметрами агрессивности его толщина устанавливается в соответствии со степенью агрессивности среды.

Вместе с тем существует мнение, что ***не всегда увеличение толщины покрытия может привести к повышению его противокоррозионных свойств. При значительной толщине в покрытии могут возникать внутренние напряжения, приводящие к его растрескиванию. Толщина покрытия должна гарантировать отсутствие капиллярной проницаемости.***

Согласно ISO 12944 для обеспечения заданной долговечности необходимая толщина лакокрасочного покрытия определяется исходя из типа пленкообразующего, степени коррозионности среды эксплуатации.

При выборе защитной системы лакокрасочного покрытия рекомендуем обратиться к Таблице 1, приведённой ниже, где приведены типовые варианты с конкретными материалами Мира.

В заключение необходимо отметить, что стоимость лакокрасочных материалов по отношению к стоимости всей антикоррозионной защиты объектов обычно составляет менее 30%. Поэтому, учитывая огромную трудоемкость и стоимость ремонтно-восстановительных работ, а также чаще всего ограниченное финансирование и сроки выполнения работ, лучше один раз произвести антикоррозионные работы грамотно и качественно и забыть об этом лет на 10 - 20, чем возвращаться к ремонту каждые 2 - 3 года.

Таблица 1 Типовые системы покрытий Мира для защиты различных металлоконструкций

Наименование объекта	Условия среды	Схема	Поверхность	Подготовка поверхности	Система лакокрасочного покрытия			Общая толщина системы, мкм	Ожидаемый срок защиты	Примечание				
					Базовое покрытие, толщина	Промежуточное покрытие, толщина	Финишное покрытие, толщина							
Опоры ЛЭП, контактных сетей; Антенны, мачтовые сооружения;	С3	1	Сталь	St2, обезжиривание	Mira Zinkalyd 50 – 60мкм	-	Mira AK 200/250/ 500 Mira VC 200/250/ 555 60 – 80мкм	120 - 140	10 лет	рекомендуется при ремонтной окраске (кистью)				
					C4	1	Сталь	St2, обезжиривание	Mira Zinkalyd 50 – 60мкм	Mira AK 500 Mira VC 555 60 – 80мкм	Mira AK 200/250 Mira VC 200/250 60 – 80мкм	170 - 200	15 – 20 лет	рекомендуется при ремонтной окраске (кистью)
Мостовые конструкции, балюстрады; Портовые и гидро-сооружения; Дорожные ограждения; Металло-конструкции химических, нефтяных и металлургических производств	C4	1	Сталь, оцинк. сталь	Sa 2.5 30 – 40мкм, обезжиривание	Mira EP 100- 20 50 - 70 мкм	Mira EP 500- 20 60 - 80 мкм	Mira PU 250 60 – 80мкм	170 - 230	10 – 15 лет					
											2	Сталь	Sa 2.5 40 – 60мкм	Mira 2K-Zinkstaubfarbe 60 - 80 мкм
		C5	1	Сталь	Sa 2.5 40 – 60мкм	Mira 2K-Zinkstaubfarbe 60 - 80 мкм	Mira EP 500- 20 140 - 160 мкм	Mira PU 500- 20 50 – 60мкм	250 - 300	15 лет				

Наименование объекта	Условия среды	Схема	Поверхность	Подготовка поверхности	Система лакокрасочного покрытия			Общая толщина системы, мкм	Ожидаемый срок защиты	Примечание
					Базовое покрытие, толщина	Промежуточное покрытие, толщина	Финишное покрытие, толщина			
Строительные конструкции, фасады	C2	1	Сталь, оцинк. сталь	St2, обезжиривание	-	-	Mipa AK 231- 50 Mipa VC 200- 50 60 – 80мкм	60 – 80	10 лет	
	C3	1	Сталь, оцинк. сталь	St2, обезжиривание	-	-	Mipa EP 200 Mipa PU 200/ 250 60 – 80мкм	60 – 80	15 – 20 лет	Mipa EP 200 применять для внутренних работ
Ж/д пассажирские вагоны, Коммерческий автотранспорт Спецтехника, С/х техника	C4	1	Сталь, оцинк. сталь	St2, обезжиривание	Mipa EP 100- 20 50 - 70 мкм Mipa PU 100- 20 60 - 80 мкм Mipa 2K-Acrylgrund 60 - 80 мкм	-	Mipa PU 200/ 220/ 240/ 250 60 – 80мкм Mipa PUR 60 – 80мкм	120 - 160	15 лет	
		2	Сталь, оцинк. сталь	St2, обезжиривание	Mipa EP 100- 20 50 - 70 мкм Mipa PU 100- 20 60 - 80 мкм Mipa 2K-Acrylgrund 60 - 80 мкм	Mipa PU 500- 20 60 – 80мкм	Mipa PU 200/ 220/ 240/ 250 60 – 80мкм Mipa PUR 60 – 80мкм	180 - 240	свыше 15 лет	
Ж/д товарные вагоны, Цистерны, в т.ч. на базе автомобилей	C5	1	Сталь, оцинк. сталь	St2, обезжиривание	Mipa EP 100- 20 50 - 70 мкм Mipa PU 100- 20 60 - 80 мкм Mipa 2K-Acrylgrund 60 - 80 мкм	Mipa PU 500- 20 60 – 80мкм	Mipa PU 500- 20 60 – 80мкм	180 - 240	15 лет	