

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Новосибирский государственный архитектурно-
строительный университет (Сибстрин)

Кафедра
металлических и деревянных
конструкций

ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
ОТ КОРРОЗИИ

Методические указания
по выполнению разделов в курсовом и дипломном
проектировании для студентов направления
270100 «Строительство» всех форм обучения

Новосибирск 2008

Методические указания разработаны
канд. техн. наук, доцентом Бацуновой Т.П.

Рассмотрены и утверждены
методической комиссией АСФ
21 декабря 2007 года

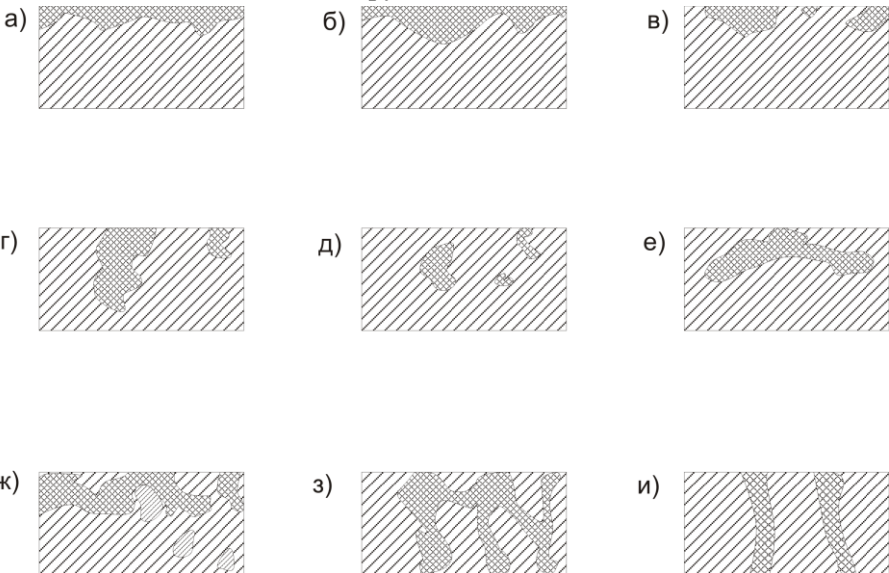
Рецензент:

А.Г. Кондаков, канд. техн. наук, доцент
кафедры строительного производства
Новосибирской государственной
архитектурно-художественной академии
(НГ АХА)

1. Основные положения

Коррозией называют постепенное, начинающееся с поверхности разрушение металла от воздействия окружающей среды. Сущность коррозии заключается в том, что металлы, применяемые в строительстве, чаще всего встречаются в природе в виде устойчивых соединений с кислородом Fe_3O_4 ; Fe_2O_3 Al_2O_3 с серой CuS ; CuFeS_2 . При получении чистого металла эти соединения искусственным путем разрушают. Коррозия металлов в большинстве случаев представляет собой восстановление этих связей. Чаще всего образующиеся при коррозии соединения Fe_2O_3 ; CuS имеют неплотную структуру, плохо связаны с металлом. В таких случаях коррозия металла вызывает снижение прочности и даже разрушение металлических конструкций.

Коррозия металла начинает развиваться с поверхности металла. Если она идет по всей поверхности металла, то она называется *сплошной* (рис. 1, а, б, в), если поражает отдельные участки металла, то *местной* (рис. 2, г, д, е). Коррозию, протекающую по границам зёрен металла, называют *межкристаллитной* или *интеркристаллитной* (рис. 3, ж, з, и). Начало коррозии сопровождается потерей поверхности металла блеска. По мере протекания коррозии уменьшается сечение детали или конструктивного элемента.



По характеру протекания процесса металлы подвергаются таким видам коррозии, как химическая и электрохимическая.

Химической коррозией называют процессы разрушения металла в сухих газах или жидкостях, не проводящих электрический ток (масло, бензин). Газовая коррозия наиболее интенсивно протекает при повышенной температуре, например в печах. В этом случае на поверхности металлов интенсивнее протекают окислительные процессы, результатом которых является образование окисных пленок – так называемых окалин. Окалина слабо сцепляясь с металлом, постепенно отпадает от него, что ускоряет дальнейшую коррозию металла.

Жидкостной химической коррозии подвергаются металлы под воздействием нефти и особенно продуктов ее переработки – различных видов смазочных масел. Такой коррозии подвергается поверхность металла трущихся деталей (осей, валов, подшипников).

Электрохимической коррозией называют процессы разрушения металла при соприкосновении с жидкостями, проводящими электрический ток (водными растворами солей, кислот, щелочей).

Большинство металлических конструкций и деталей подвергаются электрохимической коррозии. Такая коррозия протекает во влажном воздухе (атмосферная коррозия), в минерализованных или кислых водах (подводная коррозия), во влажных грунтах (почвенная коррозия).

Процесс разрушения металла при электрохимической коррозии является результатом работы множества микрогальванических элементов, возникающих на поверхности металла.

1.1. Механизм процесса электрохимической коррозии стали

В атмосферной влаге растворены азот, кислород, что делает её слабым электролитом. Если в воздухе имеются такие газы как сернистый газ SO_2 то электролитические свойства воды

повышаются. При попадании влаги на незащищённую поверхность стали расположенные рядом зерна цементита и феррита, выходящие на поверхность металла, частично погружены в воду – электролит. При погружении в электролит двух металлов или металла с неметаллом, соединённых между собой вне электролита проводником, возникает гальванопара. В паре металл-неметалл в электролите растворяется металл. Если пара состоит из двух металлов, то растворяется металл, стоящий правее в ниже приведенном ряду: Au; Fg; Cu; Bi; Sb; Pb; Sn; Ni; Co; Fe; Cr; Zn; Mn; Ti; Al; Mg.

В рассматриваемом случае анодом (растворяющимся металлом) будет феррит, а катодом цементит или неметаллические включения в стали. Растворившееся в воде железо взаимодействует со всегда присутствующим в природной воде растворённым кислородом. Продуктом такого взаимодействия является гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. С течением времени он переходит в соединение $n \text{Fe}_2\text{O}_3 \times m\text{H}_2\text{O}$ – хлопьевидное вещество, оседающее на поверхности металла – ржавчину.

Чем однороднее металл, тем лучше он сопротивляется коррозии. Загрязнённость поверхности металла, наличие на ней неровностей, царапин, трещин увеличивают количество адсорбированной влаги, которая служит электролитом. Это ведет к развитию коррозии. Усилению коррозии способствует повышенная температура среды, запыленность, влажность воздуха, воздействие агрессивных газов.

1.2. Долговечность строительных конструкций

Выбор эффективного способа коррозионной защиты, обеспечивающего надёжность конструкции на весь срок эксплуатации, зависит от многих факторов. Одним из них является установление и принятие оптимального, экономически оправданного срока службы здания или сооружения. В настоящее время расчетные сроки службы не

регламентируются, есть лишь нормы амортизационных отчислений, независимо от назначения сооружения, принятие которые за расчетные сроки неправомерно.

Поэтому условно можно разделить все конструкции на три группы:

- конструкции, работающие на нагрузки, величина которых стабильна на протяжении всего срока службы. Продолжительность их службы, фактически, должна быть равна сроку физического износа (старение металла, расстройство болтовых соединений, трещины в сварных швах, коррозия). Это такие конструкции или элементы как покрытия производственных зданий, ограждающие элементы каркасов, гидротехнические затворы, резервуары и др). В этом случае коррозионный износ, как правило, будет определяющим фактором долговечности здания, сооружения или конструкции;

- конструкции, работающие на нагрузки, увеличивающиеся со временем и обуславливающиеся изменениями технологического процесса производства (увеличение крановых нагрузок и направления грузопотоков для подкрановых балок, колонн крановых эстакад). Здесь срок службы таких конструкций определяется сроком службы технологического оборудования и может быть в 2-3 раза больше последнего.

- конструкции, непосредственно связанные с конкретным технологическим оборудованием (рабочие площадки, этажерки, трубопроводы, эстакады). Их срок службы может отвечать лишь однократному использованию оборудования, но и здесь этот срок может быть продлён путём усиления конструкций и принятия конструктивных решений элементов с учетом возможного коррозионного износа при проектировании и при нормальной эксплуатации, со своевременной и периодической защитой.

Таким образом, долговечность строительных конструкций, входящих в первую группу, удельный вес которых составляет более 70% для производственных зданий и сооружений различных отраслей, будет определяться, в основном, сроком физического износа и его увеличение определяет

экономическую эффективность проектного решения. Использование более дорогих материалов и средств защиты от коррозии, принятие варианта с повышенным расходом металла и большей единовременной стоимостью экономически оправдано, если обеспечивается большая долговечность.

2. Краткие сведения о видах коррозии и факторах, определяющих величину коррозионного износа

2.1. Виды коррозии

Свыше 70% металлических строительных конструкций эксплуатируются в атмосфере промышленных районов или подвержены непосредственному воздействию агрессивных газов, запылению, увлажнению, обусловленному технологией производства. Этот вид коррозии представляет непосредственный практический интерес, он наиболее характерен для большинства стальных конструкций.

Атмосферную коррозию можно подразделить на три вида (не считая щелевой коррозии) по условиям ее протекания и кинетики коррозионного процесса. Все они протекают под невидимой пленкой влаги и имеют, как правило, адсорбционную или фазовую природу возникновения.

Сухая атмосферная коррозия, которой присущ химический механизм коррозионного процесса – непосредственное окисление поверхности металла и образования оксидных плёнок (окиси и закиси железа), протекает при небольшой влажности и характерна в первый период эксплуатации конструкций. Количественные показатели коррозионного износа будут определяться, в основном, величиной удельного поверхностного контакта a с атмосферой

$$a = P/A,$$

где P – периметр;

A – площадь сечения конструктивного элемента.

Влажная атмосферная коррозия протекает при относительной влажности воздуха менее 100% под невидимой пленкой влаги, образующейся на поверхности элемента вследствие адсорбционной, капиллярной или химической конденсации влаги.

Мокрая атмосферная коррозия – это коррозия при непосредственном увлажнении металлической поверхности атмосферными осадками или производственными выбросами. К этому виду коррозии можно отнести коррозию в морской воде (эстакады, шельфовые платформы для нефтедобычи, поверхностные и глубинные гидротехнические затворы и другие виды конструкций).

Из всех видов наиболее разрушительна влажная коррозия, ей подвержено большинство стальных конструкций, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивных компонентов (агрессивные газы и коррозионно-активная пыль). Одним из главных факторов, определяющих скорость коррозии, является влажность воздуха, обуславливающая образование невидимой пленки влаги на поверхности. Влажность, при которой процесс коррозии протекает наиболее интенсивно, называют критической, она оценивается в 70%. Наиболее агрессивными компонентами являются сернистый газ и сернистые соединения, двуокись углерода, аммиак, хлористый водород, хлор и др. Ещё одним важным фактором, влияющим на скорость коррозии, является пыль, осаждающаяся на поверхности из атмосферы при производственных выбросах.

Таким образом, условия эксплуатации, когда конструкции подвергаются непосредственному воздействию агрессивных сред, определяют более полный и строгий учет требований коррозионной стойкости.

2.2. Факторы, определяющие величину коррозионного износа

Наши нормы/ / устанавливают четыре степени агрессивного воздействия среды:

неагрессивная скорость коррозии 0,01 мм в год;

слабоагрессивная – 0,05 мм в год;

среднеагрессивная – 0,1 мм в год;

сильноагрессивная – более 0,1 мм в год.

Принято подразделять среды на сухую континентальную, морскую индустриальную и индустриальную сильно загрязненную, являющуюся наиболее агрессивной.

Влажностный режим подразделяется на сухой, нормальный, влажный или мокрый. Загрязненность воздуха агрессивными реагентами (в нормах установлено четыре группы газов А, В, С, Д, в зависимости от их вида и концентрации), а также солями-аэрозолями, пылью, вместе с показателями влажности среды, являются основными показателями для выбора наиболее эффективного варианта защиты.

Первый фактор - выбор материала конструкции. Стойкость против коррозии разных по химическому составу строительных сталей различна. Это различие доходит до двух раз. Наименее стойкие кипящие стали. Несколько более стойки (до 10-12%) спокойные и термообработанные стали. При одинаковых сопоставимых характеристиках среды, наибольшей стойкостью против атмосферной коррозии обладают многокомпонентные легированные стали 15ХСНД, 10ХСНД, 10Г2С1Д, содержащие добавки хрома, никеля и меди, а так же кремнисто-марганцовистые стали 15ГС, 14Г2 и 10 Г2С. Стойкость стали в морских районах существенно повышает фосфор в сочетании с медью.

В последнее время широкое использование получили модификации стали 15ХСНД, так как они обладают хорошей сопротивляемостью образованию и развитию трещин, высокой стойкостью против усталостных разрушений. При этом, критическая температура перехода стали в хрупкое состояние (нормализованная сталь толщиной 20 мм) ниже -65°С. Сталь

10ХСНД по механическим показателям близка к стали 15ХСНД, но по коррозионной стойкости выше. Применение атмосферостойких сталей 10ХСНД, 15ХСНД связано с повышенной пластичностью их при низких температурах. Их использование рационально, несмотря на повышенную стоимость, с учетом повышенной коррозионной стойкости.

Второй фактор - эксплуатационная среда. Одна и та же сталь корродирует различно в зависимости от характера воздушной среды, степени её загрязненности газами, запылённости и увлажнённости воздуха. Влажностный режим определяется как технологическими особенностями производства (аглофабрики, паровоздушная среда предприятия стройиндустрии, объектов химических производств и др.), так и географическим положением района.

Третий фактор - напряжения (деформации). Если в области упругой работы стали заметного влияния напряжений на коррозию не отмечается, то в области пластических деформаций сталь корродирует более интенсивно (различие до 20%). Поэтому участки стали на сгибах (гнутые профили) и зоны пластического деформирования, должны подвергаться дополнительной защите.

Четвертый фактор. Температура эксплуатации среды может заметно сказываться на интенсивности коррозионного износа. Нагрев конструкции до + 200 -300⁰С практически разрушает защитные покрытия, и требуются специальные меры защиты: экранирование, применение футеровок, обетонирование.

В интервале температур от 0 до +40⁰С, скорость коррозии практически постоянна, а при температуре -20⁰С и ниже отмечается заметное замедление коррозионного процесса.

Пятый фактор зависит от кинетики коррозионного процесса. Наибольшая интенсивность коррозии проявляется первые 6-9 месяцев, затем наступает стабилизация процесса, что можно объяснить проявлением, в определенной степени, защитной функции оксидной плёнки, образующейся на

поверхности. При этом скорости коррозии могут отличаться до 10 раз.

Практический вывод – недопустим длительный перерыв в выполнении работ по грунтовке, консервации конструкций после их изготовления.

Общее правило – принятие слитных сечений, без щелей, зазоров и участков, где могла бы задерживаться влага и пыль.

3. Рекомендации по выбору материалов и способов антикоррозионной защиты по СНиП 2.03.11-85*

3.1. По выбору материала конструкций

Практически все стальные конструкции нуждаются в защите. Однако СНиП 2.03.11-85* допускает возможность применять для несущих конструкций стали 10ХСНП, 15ХСНД и 10ХСНД при слабоагрессивном воздействии среды без защитных покрытий с соблюдением определённых требований по составу среды. Повышенное содержание меди (до 0,2%) и углерода заметно повышает коррозионную стойкость, а при наличии добавок фосфора, хрома и никеля это повышение ещё более существенно. Такие стали помимо коррозионной стойкости, обладают повышенной надёжностью эксплуатации при низких температурах и ударных нагрузках.

Запрещено использование безникелевых марок сталей 09Г2 и 14Г2 для средне и сильноагрессивных сред, а также слабоагрессивных, при наличии в атмосфере сернистого ангидрида или сероводорода. Эти запрещения распространяются и на безникелевые стали марок 12Г2СМФ, 14СМФР даже при слабоагрессивных средах при наличии сернистого ангидрида, сероводорода или хлористого водорода / (ГОСТ 9.903-81 и ГОСТ 2694-84).

Не допускается проектирование несущих конструкций отапливаемых зданий, включающих профилированные стальные листы для среднеагрессивных сред, а также проектирование

зданий с панелями, включающими профилированные листы, при сильноагрессивных средах.

Также не допускается применение оцинкованной стали или металлических защитных покрытий для зданий и сооружений, на которые воздействуют жидкие среды или грунты с pH до 3 (кислые) и свыше 11 (щелочные) и различные растворы солей тяжелых металлов, щёлочи, кальцинированной соли, если без присутствия их среда относится к среднеагрессивной или сильноагрессивной.

Нормы содержат ограничения и указания по защите стальных канатов, по проектированию конструкций из разнородных металлов во избежание контактной коррозии, а также по принятию минимальных толщин элементов.

3.2. По защите от коррозии стальных поверхностей

Для защиты стальных конструкций лакокрасочные материалы – грунтовки, краски, эмали, лаки – подразделяются на 4 группы (по характеру плёнообразующего вещества):
I – пентафталевые, глифталевые, масляные, масляно-битумные;
II – фенолформальдегидные, хлоркаучуковые;
III – эпоксидные, кремнийорганические, перхлорвиниловые;
IV – перхлорвиниловые и на сополимерах винилхлорида, эпоксидные.

Относительно конструкций из алюминиевых сплавов нормы также вводят конкретные и жесткие ограничения, особенно при эксплуатации в средне и сильноагрессивных средах. Не допускается выполнение конструкций из алюминия при наличии в атмосфере хлора, хлористого водорода и фтористого водорода по группам газов C и D. Сплавы алюминия марок 1915, 1925, 1915T запрещено/ / применять в конструкциях, подверженных воздействию неорганических жидких сред.

Для конструкций, расположенных в грунтах, применяются изоляционные покрытия. Элементы круглого и прямоугольного

сечения, канаты, тросы, трубы защищаются покрытиями из липких полимерных лент или битумно-резиновыми покрытиями в соответствии с ГОСТ 9.015-74 (толщиной не менее 3 мм). Монтажные сварные швы защищаются после сварки. Битумные грунтовки допускаются в один слой.

3. 3. Требования к конструкциям

Шаг колонн и стропильных ферм в производственных зданиях должен быть не менее 12 м.

Запрещается принятие в конструкциях тавровых сечений из двух уголков, крестовых из четырех, двутавровых сечений из швеллеров или из гнутых профилей при эксплуатации в средние и сильноагрессивных средах. Полые элементы конструкций должны быть заварены наглухо с обеих сторон. По возможности следует избегать соединений внахлестку.

В главных ригелях пролётных строениях эстакад, при пролётах более 15 м часто принимаются сквозные решения с компоновкой стержней таврового сечения из двух уголков и двутаврового из швеллеров. С учётом этого / / рекомендует размер щели-зазора между уголками или швеллерами составного стержня принимать не менее одной трети размера уголка или швеллера, или не менее 45 мм. При этом соединительные планки должны обвариваться по всему периметру. При конструировании узлов нельзя допускать открытых вверх пазух, в которых может скапливаться пыль и задерживаться вода.

Конструктивные элементы, имеющие относительно большие толщины и меньшую поверхность, а также замкнутые сечения (с герметизацией внутренних полостей), будут иметь меньший коррозионный износ. Из прокатных элементов по относительному показателю устойчивости против коррозии лучшими являются: трубчатое (при толщине стенки 6 мм) и коробчатое из двух уголков. Их поверхности легче готовить под окраску и окрашивать, почти в два раза снижается расход лакокрасочных материалов. Уступают им двутавры и швеллеры

с тонкими стенками, самый низкий показатель у малых уголков с тонкими стенками.

3.4. Виды и способы защиты от коррозии

Выбор вида защиты от коррозии представляет собой комплексную задачу с учётом технико-экономических и эксплуатационных показателей. В настоящее время основным способом защиты от атмосферной коррозии является нанесение на поверхность защитных покрытий:

- лакокрасочных (на органической основе);
- металлических (покрытие цинком, алюминием, кадмием);
- комбинированных (металлизационно-лакокрасочных);
- специальные способы защиты (электрохимический, протекторный, катодный и анодный способы).

В практике проведения антикоррозионных работ наиболее распространены лакокрасочные покрытия на органической основе, благодаря относительно низкой стоимости материалов, их доступности. Основными требованиями к покрытию являются: хорошая адгезия, непроницаемость для агрессивных сред, долговечность, технологичность проведения повторной окраски, экономичность с учётом срока эксплуатации.

Грунтовочные составы, наносимые непосредственно на защищаемую поверхность, улучшают адгезию и антикоррозионные свойства покрытия и выбираются в зависимости от материала защищаемой поверхности и вида покрытия. Покрывные составы (2-7 слоев) – это многокомпонентные составы из плёнкообразователя, растворителя и пигментов. Дополнительно входят наполнители и отвердители.

Пигменты - это окислы или сами металлы (охра, железный сурик, цинковые белила, металлические порошки, алюминиевая пудра, цинковая пыль, сажа, графит, а также органические вещества для цвета).

Наполнители – мел, каолин, тальк и др. добавляются для

удешевления лакокрасочного материала и некоторого улучшения его защитных свойств.

Шпатлёвочные составы используются для выравнивания окрашиваемой поверхности и улучшения внешнего вида. Также как и грунтовки, они представляют собой пигментированные лаки или олифы. Покрытие в большинстве случаев состоит из грунтовки (1-2 слоя) и покрывных слоев.

Неметаллические защитные покрытия производятся на основе природных или синтетических плёнообразующих веществ, таких как олифа битумные составы алкидные, перхлорвиниловые, эпоксидные и другие смолы, а также на основе неорганических плёнообразующих веществ, предназначенных, главным образом для защиты от увлажнения.

Основной вид лакокрасочного покрытия – *лаки*. Это прозрачные плёнообразователи в органических растворителях. Краски на основе лаков принято называть *эмалями*, а на основе олифы – *масляными*.

3.5. Краткая характеристика видов лакокрасочных покрытий

По типу плёнообразователя лакокрасочные покрытия подразделяются на следующие основные виды:

Лаки и краски на основе битумов, смол, лаков

Например, краска БТ-177, битумно-масляный лак БТ-783. Характеризуется стойкостью в воде и влажной атмосфере, в слабых растворах кислот, щелочей при значительной прочности и сравнительно низкой стоимости. Недостатки: слабая светостойкость, повышенная хрупкость плёнок на холоде, длительное время высыхания.

Перхлорвиниловые лаки и эмали (ХВ).

Например, эмали ХВ-1100, ХВ-124, грунтовки ХВ-050, лак ХС-724. Характеризуются стойкостью в атмосфере различной агрессивности при воздействии солнечной радиации, термопластичностью, высыханием плёнок через 3-5 часов после нанесения. Недостатки: пониженное сцепление плёнок с металлом (требуется качественная очистка поверхности), ток-

сичность. Рекомендуется для средне и сильноагрессивных сред при повышенных требованиях к водостойкости.

Эпоксидные эмали (ЭП).

Например, эмали ЭП-733, ЭП-575 грунтовка ЭП-0210, отличаются стойкостью в атмосфере с повышенной влажностью без воздействия солнечной радиации, рекомендуется для слабо и среднеагрессивных сред.

Кремнийорганические эмали (КО).

Например, эмаль КО-811 (наносится без грунтовки), краска КО-042. Стойки при перепаде температур от -60°C до $+300^{\circ}\text{C}$, к циклическому перепаду от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$, влаго- и атмосферостойки. Рекомендуется для открытых конструкций, эксплуатируемых в среднеагрессивной среде.

Масляные краски (МА).

Например, масляная черная (МА-011), белила цинковые (МА-012), железный сурик на олифе оксоль. Характеризуются водонабуханием, низкой прочностью, небистойкостью, медленным высыханием. Рекомендуется для применения в закрытых помещениях при слабоагрессивных средах.

Этинолевые краски (ЭК).

Например, краска ЭКЖ-40 (40% железного сурика) обладает важным достоинством - процесс отверждения может проходить при температуре до -24°C , что имеет важное значение при производстве окрасочных работ при низких температурах.

Глифталевые покрытия (ГФ).

Например, ГФ-021, ГФ-017 и др. Применимы почти для всех видов покрытий. Грунтовка ГФ-017 рекомендуется для конструкций, монтируемых или эксплуатируемых при расчётной температуре до -40°C . Из других видов грунтовок широко применяются фенольно-формальдегидные грунтовки ФЛ-03 К, ФЛ-03 Ж. Рекомендуются перхлорвиниловые, хлоркаучуковые эмали также по алюминию и оцинкованной стали.

Грунтовки и шпатлёвки:

Грунтовки ВЛ-02 (поливинилбутиральная), МС-067 (алкидно-стирольная, быстросохнущая), не препятствуют

сварке и не снижают прочность сварного шва. Для консервации конструкций применяются фосфатирующие грунтовки ВЛ-023, ВЛ-08, а также грунтовка МС-067. Алкидные грунты, ингибированные лаки целесообразно применять для пассивирования очищенной поверхности (придания химической стойкости за счёт тонких оксидных плёнок).

Шпатлёвки - это мастики на основе синтетических смол и каучуков. Грунт - шпатлёвка ЭП-010 (эпоксидная смола) может применяться как самостоятельное покрытие во влажной среде. Железный сурик на олифе в основном применяется под масляные краски.

3.6. Рекомендации при разработке защитных мер для специальных конструкций

Защита тросовых конструкций канатов может осуществляться (кроме заливки цементными растворами, битумными мастиками) покрытиями, обладающими высокой эластичностью и прочностью, стойкостью к атмосферным осадкам и солнечной радиации.

Здесь могут быть применены хлоркаучуковые эмали КЧ-172, КЧ-749, а также нитролаки на основе эфиров целлюлозы. Эффективен пентафталевый лак ПФ-170 с алюминиевой пудрой (10-15%), обладающий стойкостью к температурным колебаниям от -40°C до +50⁰ С. Грунтовки -ГФ-020 или ФЛ-ОЗК.

Защита закладных деталей и стальных частей в сборных железобетонных конструкциях производится битумноэтинолевыми составами. После сварки детали грунтуются битумным лаком, затем покрываются расплавленной мастичной краской. В случае повреждения при сварке цинкового протекторного слоя закладных деталей рекомендуется использовать протекторный грунт ЭП-057 эпоксидной смолы.

При контакте дерева и стальных конструкций для их защиты могут быть применены нитроцеллюлозные эмали НЦ-132 (металлическая поверхность грунтуется). При

контакте дерева с алюминием возможна пропитка древесины этинолевым лаком с окраской железным суриком.

Защита от контактной коррозии стали и алюминия

проводится путём защиты каждого элемента покрытием или изоляционными материалами. Наиболее надёжная защита соединения алюминия со сталью состоит в оксидировании деталей и крепежа из алюминиевых сплавов. Возможно также оцинкования деталей из стали, с последующей окраской. В качестве изоляционных прокладок могут быть использованы тиоколовые ленты, фибровые материалы, цинковая фольга, ткани, пропитанные грунтом.

Недопустимым считается контакт алюминия с медью, никелем, сталью, но возможным с цинком, кадмием.

4. Специальные виды и способы антикоррозионной защиты и

рекомендации конструктивно-технологического характера

Обычные лакокрасочные покрытия на органической основе, несмотря на их большое разнообразие и сравнительно небольшую стоимость, имеют существенный недостаток - короткие сроки службы, что требует частого возобновления и ведёт к большим затратам средств из-за коротких межремонтных сроков. Ниже приведены краткие сведения о некоторых специальных видах защиты конструкций.

Применение порошковых полимерно-окрасочных композиций (СНиП-3.04.03-85).

Покрытия наносятся высокотемпературной струёй на поверхность изотермическим способом. Одна из порошковых композиций ПНФ-12 представляет собой трёхкомпонентную систему из фенолформальдегидной смолы, поливинилбутирала, графита. Газотермическое напыление производится после песко- или дробеструйной

очистки поверхности. При качественной очистке поверхности защитные свойства покрытия могут сохраняться до 15 лет.

Применение комбинированных защитных покрытий с использованием газопламенного напыления. Основа покрытия - цинк плюс напыленный полиэтилен или цинк плюс грунтовка ЭП-00-01 плюс эмаль ЭП4121 (для сильноагрессивных сред). Технология газопламенного напыления цинк-полимерных покрытий позволяет осуществлять защиту как стальной поверхности так и сварных швов после механической обработки. Расход цинка до 1 кг/м^2 при повышенной толщине покрытия 120 мкм.

Применение метода горячего цинкования для низколегированных сталей 09Г2С и 16Г2АФ, проведённый при защите конструкций кислородно-конвертерных цехов. Прогнозируемый срок службы такой защиты при толщине цинкового покрытия 140 мкм составляет не менее 40 лет.

Технологический регламент работ нанесение противокоррозионного покрытия из алюминия содержит операции: пескоструйная очистка поверхности; предварительный предварительный нагрев (до $+200^\circ\text{C}$) и обезжиривание уайт-спиритом; дуговая металлизация на постоянном токе с использованием электрометаллизатора ЭМ-14М, алюминиевой проволоки АМЦ (ГОСТ 7871-75), компрессора (ЗИФ-55В); нанесение лакокрасочного покрытия.

Протекторный и катодный метод защиты практически применимы лишь для ёмкостей, резервуаров для воды. Протекторная защита связана с применением цинка (или его сплавов) с периодической сменой протекторных пластин (являющихся анодом), крепящихся к корпусу резервуара. Принцип защиты основан на образовании гальванических пар, где сталь является катодом. Разность потенциалов катода и анода 0,4-0,6 В. Для повышения электропроводности воды, увеличения радиуса действия протектора в воду добавляется поваренная соль для получения раствора в 0,03%. Один из методов гальванизации положен в основу защиты трубчатых опор морских эстакад и глубоководных оснований.

Образование защитной плёнки на поверхности, постоянно смачиваемой морской водой – электролитом, происходит при приложении электрического тока к защищаемым конструкциям с помощью передвижного генератора.

Защитные покрытия с ингибирующими добавками, в отдельных случаях, могут

дать значительный эффект по сроку сохранения защитных свойств лакокрасочного покрытия. В грунт ХС-068 вводятся органические ингибиторы – хинолин, ацетофенон, придин в количестве 3-9% (от массы сухого остатка). Добавки ингибиторов позволяют уменьшить количество покрывных слоёв.

Применение в слабоагрессивных средах водно-дисперсных полимер- фосфатных покрытий

«Фанкор-1». «Фанкор- 4С» взамен перхлорвиниловых, глифталевых можно применять как для окончательного окрашивания стальных и алюминиевых конструкций, так и в качестве грунтовки под различные лакокрасочные материалы. Краску можно наносить пневматическим и безвоздушным распылением, окунанием, струйным обливом и валиком, что позволяет использовать ее также при реконструкции и усилении металлических конструкций.

«Фанкор» имеет высокую скорость и небольшую температуру отверждения покрытия (при комнатной температуре - сушка в течение 0,5-1,5 часа, камерная сушка при температуре 60⁰ - 80⁰ С в течение 5-15 минут), что сокращает технологический цикл окрашивания и обеспечивает существенную экономию электроэнергии. Краска полностью лишена токсичных, пожароопасных органических растворителей с резкими раздражающими запахами, что присуще цинко-фосфатным покрытиям.

Краска сохраняет свои характеристики при эксплуатации в различных климатических зонах с температурой от -60⁰ до +80⁰С без ограничения влажности.

Полимерные материалы и композиции нового поколения

Полимерные материалы «Tekhos» и «Icosit FG» на основе эпоксидного и полиуретанового компонентов, металлических наполнителей и отвердителя с соотношением по массе соответственно 100:25:10. Полная индифферентность покрытия к воде обеспечивает легкое удаление загрязнений с поверхности. Эти материалы имеют высокую термостойкость до +150 °С при толщине покрывного слоя 20–40 мкм. Долговечность покрытия 10-15 лет.

Полиуретановые композиции нового поколения «Протект », «Праймер», «Экобит», «Суперфлекс», «Текнодур » могут использоваться на предприятиях машиностроения и энергетической промышленности; в строительстве - многоэтажных парковках, гаражах, автомастерских и самолетных ангарах, а также торговых и складских помещениях. Долговечность покрытия 10-15 лет.

5.Рекомендации по проведению повторной защиты, в том числе при реконструкции и усилении конструкций

Защиту от коррозии, не подлежащих усилению или замене конструкций следует производить в соответствии с первоначальными проектами. Проекты защиты от коррозии конструкций старой постройки следует разрабатывать заново, на основе действующих норм (СНиП 2.03.11-85*). Восстановление лакокрасочных покрытий на поверхности строительных металлоконструкций необходимо производить по достижении степени их разрушения, соответствующей 2,3,4 баллам по ГОСТ 6992-68*; при снижении показателя адгезии покрытия до 3-4 баллов по ГОСТ 15140-78*

Восстановление битумных покрытий необходимо осуществлять при появлении отдельных вспучиваний, отслаиваний покрытия или массовых скоплений продуктов коррозии под покрытиями, а при одновременном использовании электрохимической защиты – при появлении несплошностей на площади, превышающей 5%. Оценка производится по ГОСТ

9.407-84. Наладку систем электрохимической защиты производить в соответствии с требованиями ГОСТ 9.015-74*.

Узкие щели, зазоры, полости карманы при невозможности очистки до значения 2 или 3 по ГОСТ 9.402-80*, подлежат герметизации в процессе усиления, используя герметизирующие полимерные составы, консистентные смазки, а также обварку элементов конструкций, работающих на сжатие. В отдельных случаях допустимо замоноличивание части конструкций в бетон.

При частичном восстановлении металлических защитных покрытий рекомендуется предусматривать газотермическое напыление цинка или алюминия. Стальную поверхность следует очистить от старых покрытий и продуктов коррозии до степени 1 по ГОСТ 9.402-80* (обычно пескоструйной или дробемётной обработкой). Вместо газотермического напыления цинка или алюминия допускается лакокрасочное покрытие на основе протекторной грунтовки ЭП-057.

*В слабоагрессивных средах допускается применение преобразователей и модификаторов ржавчины по ГОСТ 9.402-80**, при условии равномерной коррозии и, когда площадь восстанавливаемого покрытия не превышает 25% от всей поверхности конструкции.

В труднодоступных участках для очистки (наличие щелей, сложной конфигурации узлов), возможна, после механической очистки, защита прокорродированной поверхности, путём превращения ржавчины в пигмент берлинской лазури с помощью смеси ортофосфорной кислоты и жёлтой кровяной соли в отношении (по весу) 8:1. Другой вариант – грунтовка – модификатор ржавчины ВА-0112 (ГОСТ 6552-80), представляющая собой двухкомпонентную систему (основа + ортофосфорная кислота: на 100 массовых частей основы 3 части 85%-ной кислоты). Грунтовка готовится непосредственно на площадке по ГОСТ 6709-72.

Ремонтную защиту от коррозии гибких элементов производят лакокрасочными перхлорвиниловыми материалами на основе сополимеров винилхлорида после одного слоя

грунтовки ВП-02 и двух слоёв эмали ВЛ0515. При высокой деформативности элемента возможен вариант покрытия: хлоркаучуковая эмаль КЧ-172 по грунтовке ГФ-020 или ФЛ-03К.

При креплении усиливающих элементов к элементам, работающим на растяжение или знакопеременные усилия, не допускается наложение сварных швов поперек силового потока.

6. Способы подготовки поверхности и нанесение защитных покрытий

Качество подготовки поверхности является важным показателем эффективности противокоррозионной защиты. Применение сложных и относительно дорогих способов подготовки обеспечивает, как правило, более длительный срок службы покрытия, что ведёт к увеличению межремонтных сроков с экономической выгодой. Выбор конкретного способа зависит от места проведения работ (на заводе или в условиях строительно-монтажной площадки), от сложности конфигурации элемента или конструкции, возможности остановки производства.

Очистка поверхности под защитные покрытия производится в следующем порядке:

1) механическая - очистка пескоструйная, гидropескоструйная, дробемётная (сухим металлическим абразивом), а также металлическими щётками с пневматическим или электрическим приводом;

2) химическая - очистка с помощью травильных паст (например, смесью 36%-ной соляной кислоты, формалина, бумажной пасты и жидкого стекла);

3) термическая - очистка пламенем ацетиленокислородной горелки или паяльной лампы;

4) применяется и очистка паром. Значительные объёмы работ по очистке выполняются вручную стальными щётками;

5) в отдельных случаях, при незначительной коррозии и малой запыленности, можно использовать прием закрепления и

преобразования ржавчины на поверхности. Состав преобразователя: 90 масс. ч. 40%-ной ортофосфорной кислоты и 10 масс. ч. цинковой пыли. Покрывной слой из шпатлёвки ЭП-00-10 или грунтовки ХС-610.

Из специальных способов химической очистки поверхности наиболее распространёнными являются: фосфатирование-обработка поверхности фосфатирующими растворами или пастами (в их состав кроме ортофосфорной кислоты, входят окись цинка, фтористый натрий, азотная кислота); пассивация - обработка пассивирующими растворами, образующими фазовый слой (входят хромовый ангидрид, ортофосфорная кислота). В строительной практике может быть эффективно холодное фосфатирование. Обработку поверхности азотом называют анодированием (целесообразно для защиты элементов, подверженных истиранию). Фосфатирование и пассивирование резко уменьшают скорость коррозии, а при последующем нанесении защитного покрытия значительно увеличивают срок его службы.

Нанесение лакокрасочных покрытий может производиться различными способами:

- пневматическое распыление;
- безвоздушное распыление с подогревом или без подогрева краски;
- нанесение покрытия в электростатическом поле высокого напряжения;
- нанесение покрытия окунанием и струйным обливом с выдержкой в парах растворителя;
- с помощью напорных окрасочных валиков;
- ручная окраска кистями.

Способ нанесения защитных покрытий выбирается с учётом производственных факторов. Наиболее эффективен способ безвоздушного распыления, отличающийся небольшим туманообразованием, малыми потерями краски и использованием материалов повышенной вязкости. Эффективна окраска в электростатическом поле, но применение такого способа требует наличия стационарной установки на заводе.

Работы по очистке и окраске регламентируются СНиП 11-26-76 «Защита строительных конструкций от коррозии. Правила приёмки и производства работ».

7. Выбор варианта противокоррозионной защиты регламентируется нормами и руководствами по защите строительных металлоконструкций. Основными нормативными документами являются СНиП 2.03.11 -85 и СНиП 11-26-76.

Определяющими параметрами для выбора подходящего варианта защиты являются характеристика среды, режим эксплуатации и влажность. В таблице1 приведены три группы агрессивности среды по скорости равномерной коррозии незащищённого металла в зависимости от зоны влажности (по СНиП П-03-79 «Строительная теплотехника»).

Таблица 1

Группа агрессивности	Скорость коррозии, мм/год при относительной, %		
	до 60	60-75	более 75
Слабая	до 0,01	до 0,05	0,05... 0,1
Средняя	0,01... 0,05	0,05... 0,1	0,1... 0,5
Сильная	0,05... 0,1	0,01... 0,5	0,5... 1,0

При скорости коррозии более 1 мм в год разрабатываются специальные меры защиты: применение специальных облицовочных материалов; комбинированных покрытий или особых способов защиты.

Все лакокрасочные покрытия разделены нормами на четыре группы по характеру применяемых материалов: IV группа при сильноагрессивном воздействии среды, II и III группы в среднеагрессивных средах.

Определяющим фактором для отнесения эксплуатационной среды по степени агрессивности является наличие в воздухе агрессивных газов. Нормы / подразделяют газы по их виду и концентрации на группы: А; В; С; D. Газы групп С и D определяют (во влажной зоне) средне- или сильноагрессивную

среду на открытом воздухе, а газы группы D - сильноагрессивную, при наличии хорошо растворимых и гигроскопичных солей, аэрозолей, пыли (табл.2). Важным показателем характеристики среды являются наличие солей, аэрозолей, пыли, содержащихся в воздухе и осаждающихся на конструкциях (табл.3). Высокой степенью агрессивности обладают хлориды кальция, сульфаты магния, марганца, железа; нитриты натрия, калия; все первичные фосфаты (табл.4). Все они хорошо растворимы и гигроскопичны. Соответствующие количественные показатели наличия твёрдых частиц в воздухе и отложениях пыли можно получить в службах санитарно-эпидемиологического надзора района.

Оценка эффективности противокоррозионной защиты предполагает комплексную оценку антикоррозионных мероприятия с учётом степени агрессивности среды, различия в стойкости самих сталей, применения коррозионностойких конструктивных форм, технологию производства антикоррозионных работ, применения объёмно-планировочных решений, обеспечивающих повышенную долговечность.

Таким образом, по степени агрессивности среды с учётом зоны влажности воздуха можно определить и выбрать наиболее эффективный вариант защитного покрытия с учётом технологических, технико-экономических и эксплуатационных требований и особенностей.

Таблица 2

Степень агрессивного воздействия содержащихся в атмосфере газов на части металлических конструкций

Относительная влажность воздуха помещений в %, в числителе; зона влажности – в знаменателе	Группа газов по СНиП 2.03.11-85*	Внутри отапливаемых зданий	Внутри отапливаемых зданий или под навесом	На открытом воздухе
		Степень агрессивности		
60 Сухая	A B C D	Неагрес. Неагрес. Слабая Средняя	Неагрес. Слабая Средняя Средняя	Слабая Слабая Средняя Сильная
61-75 Нормальная	A B C D	Неагрес. Слабая. Средняя Средняя	Слабая Средняя Средняя Сильная	Слабая Средняя Средняя Сильная
75 Влажная	A B C D	Слабая Средняя Средняя Средняя	Средняя Средняя Сильная Сильная	Средняя Средняя Сильная Сильная

Таблица 3

Степень агрессивного воздействия содержащихся в атмосфере солей, аэрозолей и пыли на части стальных и алюминиевых конструкций

Относительная влажность воздуха помещений в %, в числителе; зона влажности – в знаменателе	Группа газов по СНиП2.03.11-85*	Внутри отапливаемых зданий	Внутри отапливаемых зданий или под навесом	На открытом воздухе
		Степень агрессивности		
60 сухая	Малораствор. Хорошо растворимые малогигроскоп. Хорошо растворимые гигроскоп.	Н	Н	Н
		Н	Сл	Сл
		Сл	Сл	Ср
61-75 Нормальная	Малораствор. Хорошо растворимые малогигроскоп. Хорошо растворимые гигроскопичные	Н	Сл	Сл
		Сл	Ср	Ср
		Ср	Ср	Ср
75 Влажная	Малораствор. Хорошо растворимые малогигроскоп. Хорошо растворимые гигроскопичные	Н	Сл	Сл
		Сл	Ср	Ср
		Ср	Ср	Сил

Таблица 4

Степень агрессивного воздействия жидких неорганических и органических сред на стальные и алюминиевые конструкции

Неорганические жидкие среды	Водородный показатель, рН	Суммарная концентрация сульфатов и хлоридов, г/л	Степень агрессивного воздействия на конструкции в интервале температур 0-50°C
Пресные природные воды	Св.3 до 11 То же До 3	До 5 Св. 5 Любая	Среднеагрессивная Сильноагрессивная Сильноагрессивная
Морская вода	Св. 6 до 8,5	Св. 20 до 50	Среднеагрессивная
Производственные оборотные и сточные воды без очистки	Св. 3 до 11	До 5 Свыше 5	Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Сточные жидкости животноводческих зданий	Св. 5 до 9	До 5	Среднеагрессивная
Растворы неорганических кислот	До 3	Любая	Сильноагрессивная
Растворы щелочей	Св. 11	Любая	Среднеагрессивная
Растворы солей концентрацией свыше 50 г/л	Св. 3 до 11	Любая	Сильноагрессивная
Органические жидкие среды			
Масла (минеральные, растительные, животные)			Неагрессивная
Нефть и нефтепродукты			Слабоагрессивная
Растворители (бензол, ацетон)			Слабоагрессивная
Растворы органических кислот			Сильноагрессивная

Последовательность выбора варианта защитного покрытия для атмосферной коррозии.

- 1) По таблицам 2, 3, 4 с учётом зоны влажности устанавливается степень агрессивного воздействия среды;
- 2) Уточняется степень сложности конфигурации конструкции: при сложной конфигурации степень агрессивности может быть повышена;
- 3) По приложению 15 СНиП 2.03.11-85* принимается группа материалов покрытия (I, II, III, IV).

Пример 1. Среда сильноагрессивная, газы групп В, С, D. Группа покрытия IV. По таблице 29 СНиП 2.03.11-85* принимаем вариант защиты IVх-5 (130): грунт ХС-010, эмаль ХВ-785, химически стойкая (индекс «х»), 5 - число покрывных слоев; 130 - суммарная толщина покрытия в микронах.

Грунтовка ХС-010 относится к перхлорвиниловым лакокрасочным покрытиям и наносится на конструкции из стали и алюминия под эмали ХВ-785 для покрытий стойких в атмосфере с газами групп В – D и в жидких средах. Наносится на поверхности, очищенные песком.

Пример 2. Среда среднеагрессивная, газы групп В, С, D. Группа покрытия III. Вариант защиты - IIIх- 4 (110): грунт ФЛ-ОЗК, эмаль ХВ-124, атмосферостойкая. Число покрывных слоев – 4, суммарная толщина покрытия 110 мкм.

Грунтовка ФЛ-ОЗК относится к фенолформальдегидным лакокрасочным покрытиям и наносится на конструкции из углеродистой и низколегированной стали под эмали II и III групп перхлорвиниловые, сополимерные, хлоркаучуковые для покрытий стойких в атмосфере с газами групп В, С, D. При использовании таких лакокрасочных покрытий число покрывных слоев увеличивают на 1, а общую толщину покрытия на 20 мкм.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные положения
 - 1.1. Механизм процесса электрохимической коррозии стали
 - 1.2. Долговечность строительных конструкций
2. Краткие сведения о видах коррозии и факторах определяющих величину коррозионного износа
 - 2.1. Виды коррозии
 - 2.2. Факторы, определяющие величину коррозионного износа
3. Рекомендации по выбору материалов и способов антикоррозионной защиты
 - 3.1. По выбору материала конструкций
 - 3.2. По защите от коррозии стальных поверхностей ...
 - 3.3. Требования к конструкциям
 - 3.4. Виды и способы защиты от коррозии
 - 3.5. Краткая характеристика видов лакокрасочных покрытий
 - 3.6. Рекомендации при разработке мер для специальных конструкций
4. Специальные виды и способы антикоррозионной защиты
5. Рекомендации по проведению повторной защиты, в том числе при реконструкции и усилении конструкций
6. Способы подготовки поверхности и нанесение защитных покрытий
7. Выбор варианта противокоррозионной защиты конструкций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.03.11-85* Защита строительных конструкций от коррозии. – Госстрой, ЦИТП, 1986
2. Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах (к СНиП 2.03.11-85*).
3. Руководство по защите строительных металлоконструкций, работающих в агрессивных средах и различных климатических условиях. – М., Стройиздат, 1974
4. Металлические конструкции в гидротехнике /Учебное издание/ И.И. Кошин и др. – М.: Издательство АСВ, 2002
5. ГОСТ 9.402-80 Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием.