

УДК: 691.7

**КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ.
МЕТОДЫ ПО ЗАЩИТЕ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОДИРОВАНИЯ**
◆◆◆◆
**CORROSION OF METALS.
METHODS FOR PROTECTING METALS FROM CORROSION**

Калиновская Валерия Александровна
студент,
Кубанский государственный технологический университет
kalinovskayav@mail.ru

Огурцова Дарья Дмитриевна
студент,
Кубанский государственный технологический университет
dogurtzowa@yandex.ru

Аннотация. Одной из важнейших отраслей современного промышленного мира является металлургия. В настоящее время, благодаря своим исключительным физическим, химическим, механическим и технологическим свойствам, металл стал обязательным конструктивным материалом при возведении зданий и сооружений, а также нашел применение и в других множественных отраслях. В процессе эксплуатации металлических конструкций возникают различные динамические и статические нагрузки, которые отрицательно влияют на долговечность и прочность металлов. Также на состояние металлов огромное влияние оказывает химическое, электрохимическое и физико-химическое воздействие окружающей среды. Однако наиболее опасным и распространенным процессом, влекущим за собой разрушение металлических конструкций, является коррозия металлов. В данной статье рассмотрены причины корродирования металлов и выявлены основные методы по борьбе с коррозией.

Ключевые слова: металлические конструкции, металлы, материал, коррозия, методы борьбы, причины.

Kalinovskaya Valeria Alexandrovna
Student,
Kuban State University of Technology
kalinovskayav@mail.ru

Ogurtsova Darya Dmitrievna
Student,
Kuban State University of Technology
dogurtzowa@yandex.ru

Annotation. Metallurgy is one of the most important branches of the modern industrial world. Currently, due to its exceptional physical, chemical, mechanical and technological properties, metal has become an obligatory structural material in the construction of buildings and structures, and has also found application in many other industries. During the operation of metal structures, various dynamic and static loads arise, which negatively affect the durability and strength of metals. Also, the state of metals is greatly influenced by the chemical, electrochemical and physico-chemical effects of the environment. However, the most dangerous and widespread process that leads to the destruction of metal structures is metal corrosion. This article discusses the causes of metal corrosion and identifies the main methods to combat corrosion.

Keywords: metal structures, metals, material, corrosion, methods of fighting, reasons.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, физико-химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой из-за термодинамической неустойчивости конструкций к воздействию находящихся в контактирующей среде веществ. На изображении ниже (рис. 1) можно увидеть пример того, как на металл влияет процесс коррозии в течение эксплуатации изделия [1].



Рисунок 1 – Коррозия металлической цепи

Основными причинами интенсивного окисления поверхности металлов является: повышенная влажность, наличие блуждающих токов, химическое и физико-химическое воздействие окружающей среды. Скорость коррозии находится в прямой зависимости от температурной среды: с повышением температуры окружающей среды повышается и скорость коррозионной реакции (рис. 2) [2].

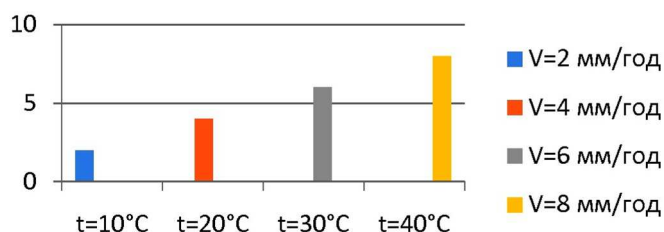


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости скорости коррозии (удельной потери массы) от температуры окружающей среды

Различают химическую, электрохимическую и трибохимическую природу коррозии. Химическая коррозия обусловлена активным окислением поверхности металла во влажной среде. Склонность металлов к химическому окислению определяется кислородным потенциалом – способности к участию в окислительно-восстановительных реакциях. Сталь наиболее подвержена такому типу коррозии. Исключение составляет нержавеющая сталь, которая, являясь одним из сплавов с большой коррозионной устойчивостью, не подвергается воздействию химической коррозии. Железо, которое является одним из основных компонентов стали, способно на поверхности металла образовывать при взаимодействии с кислородом слой окислов толщиной около 1–10 мкм. Такой слой применяется для частичной защиты поверхности стальных изделий от коррозии. Такой процесс называется воронением, и в настоящее время он используется преимущественно в качестве декоративной отделки углеродистой или низколегированной стали и чугуна (рис. 3) [3].



Рисунок 3 – Стальное изделие до и после этапов воронения металла

Электрохимическая коррозия (рис. 4) протекает, как правило, в условиях влажного грунта, который, являясь слабощелочной средой, способствует образованию и перемещению блуждающих электрических токов. Блуждающие токи являются следствием ионизации частиц металла в кислородсодержащей среде, что запускает процесс переноса катионов металла с поверхности вовне. Борьба с данной коррозией усложняется сложностью диагностирования состояния грунта в месте прокладки стальной коммуникации. Коррозия возникает при окислении контактных устройств линий электропередач при увеличении зазоров между элементами электрической цепи. В результате помимо разрушения контактных устройств наблюдается и резкое увеличение энергопотребления [4].

Трибохимической коррозии подвержены металлообрабатывающие инструменты, работающие в режиме повышенных температур и давлений. Поскольку от деталей таких инструментов (резцов, пуансонов, фильер и пр.) требуется высокая поверхностная твёрдость, то их антикоррозийное покрытие невозможно. Между тем, при основных энергоёмких процессах обработки металлов происходят механохимические реакции, интенсивность которых возрастает с увеличением температуры на контактной поверхности. Образующаяся при этом окись железа Fe_2O_3 начинает интенсивно разрушать поверхность инструмента [5].



Рисунок 4 – Электрохимическая коррозия нагревательного элемента

От трибохимической коррозии применяется довольно необычный способ коррозионной защиты. Один из окислов железа Fe_3O_4 , представляющий собой высоковязкую технологическую смазку, присутствуя на поверхности заготовки металлической конструкции, перекрывает доступ кислорода к металлу при полугорячей деформации металлов и сплавов, тем самым блокируя процесс зарождения тримбохимической коррозии. Это явление применяется при скоростной высадке трудно деформируемых металлов и сплавов. Эффективность обусловлена тем, что при каждом технологическом цикле контактные поверхности обновляются, позволяя регулировать стабильность процесса [6].

Виды коррозионных разрушений при различных видах коррозии можно разделить на следующие группы:

1. Равномерная коррозия выражается в равномерном разрушении металла по всей его поверхности. Такой тип разрушений характерен для металлов и сплавов с однофазной структурой (чистые металлы, твердые растворы, химические соединения).

2. Местная коррозия разрушает металл на отдельных участках поверхности, что наблюдается в многофазных сплавах с грубой структурой, а также в однофазных сплавах и чистых металлах при разрушении защитной плёнки. Этот вид коррозии вызван образованием поверхностных дефектов металла.

3. Межкристаллитная коррозия характеризуется распространением коррозии по границам зёрен и является наиболее опасным, поскольку распространяется глубоко внутрь металла, не вызывая заметных изменений на поверхности. Наиболее подвержены хромоникелевые стали, алюминиевые сплавы, способные выделять дисперсные фазы [7].

В зависимости от характера коррозии и условий её протекания применяются различные методы защиты. Выбор того или иного способа определяется его эффективностью и экономической целесообразностью в данном конкретном случае. Методы делятся на следующие группы:

1. Легирование металлов;
2. Защитные покрытия (металлические, неметаллические);
3. Электрохимическая защита;
4. Изменение свойств коррозионной среды;
5. Рациональное конструирование изделий [8].

Легирование металлов – это эффективный и наиболее дорогой метод повышения коррозионной стойкости металлов. При этом методе в состав сплава вводят вызывающие пассивность металла компоненты: никель, хром, вольфрам и др. При введении некоторых добавок к сталям (хрома, никеля, титана и меди) коррозия металлов способствует образованию продуктов реакции, предохраняющих сплав от дальнейшей коррозии. Конечным результатом является образование слоя металла, химически инертного к воздействию кислорода [8].

Защитные покрытия – это слои, искусственно создаваемые на поверхности металлических изделий и сооружений для предохранения их от коррозии. Если покрытие служит также для декоративных целей, его называют защитно-декоративным. Выбор вида покрытия зависит от условий, в которых используется металл. Защитные покрытия делятся на: металлические, неметаллические и лакокрасочные. В качестве металлических защитных покрытий могут применяться как чистые металлы (медь, хром, алюминий, никель, цинк, серебро и др.), так и их сплавы (латунь, бронза и др.). Защитное действие неметаллических защитных покрытий (органических и неорганических)

сводится к изоляции материала от окружающей среды. К неорганическим покрытиям относятся неорганические эмали, оксиды металлов, соединения фосфора и др. В качестве органических покрытий применяют лакокрасочные покрытия, покрытия смолами, пластмассами, резиной, полимерными плёнками. Лакокрасочные покрытия наиболее распространены. Они должны быть сплошными, безпористыми, газонепроницаемыми и водонепроницаемыми, эластичными, химически стойкими, обладать механической прочностью, твёрдостью и высоким сцеплением с материалом. Лакокрасочные материалы делятся на две группы: лаки и краски (эмали). Среди наиболее стойких выделяют эмали и краски, содержащие алюминий. При нанесении эмалей эффект достигается путём перекрытия доступа кислорода к поверхности металла, а при нанесении краски – нанесением на поверхность алюминия, который, являясь химически инертным металлом, предохраняет сталь от коррозионного разрушения. Среди достоинств лакокрасочных покрытий подчеркивают лёгкость его реализации, экономичность и механизацию процесса. Недостатком является недолговечность покрытий, которые спустя некоторое время начинают механически разрушаться [8].

Электрохимическая защита основана на торможении анодных и катодных реакций коррозионного процесса. Она осуществляется присоединением к защищаемой конструкции с более отрицательным значением электродного потенциала протектора, а также катодной или анодной поляризацией за счёт извне приложенного тока. Наиболее применима электрохимическая защита в коррозионных средах с хорошей ионной электрической проводимостью. Катодная поляризация используется для защиты от коррозии подземных трубопроводов, кабелей, а также к шлюзовым воротам, водным резервуарам, подводным лодкам, морским трубопроводам, буровым платформам и оборудованию химических заводов [9].

Для снижения агрессивности коррозионной среды уменьшают концентрацию компонентов, опасных в коррозионном отношении. В нейтральных средах коррозия обычно протекает с поглощением кислорода. Его удаляют деаэрацией путём кипячения, барботажа инертного газа или восстанавливают с помощью соответствующих восстановителей (гидразин, сульфиты и т.п.). Агрессивность среды может уменьшаться также при снижении концентрации ионов и повышении pH, т.е. подщелачивании [9].

Для защиты от коррозии также используются ингибиторы – вещества, при добавлении которых в небольших количествах в среду, где находится металл, значительно уменьшается скорость коррозии металла. Ингибиторы применяют в основном в системах, работающих с постоянным или мало обновляемым объёмом раствора, например, в химических аппаратах, парогенераторах, системах охлаждения и т.п. Они применяются при транспортировке нефти и газа, для защиты от коррозии горючесмазочными материалами, а также в органических средах и т.д. Большое применение находят ингибиторы в процессах травления металлов для удаления с поверхности ржавчины или окалина. Ингибиторы можно сгруппировать следующим образом:

- Экранизирующие ингибиторы, то есть покрывающие поверхность металла тонкой плёнкой, которая образуется в результате поверхностной адсорбции. При воздействии физических ингибиторов химические реакции не наблюдаются;

- Окислители (пассиваторы), вызывающие образование на поверхности металла плотно прилегающего слоя окисей, которые замедляют протекание анодного процесса. Эти слои не отличаются стойкостью и при определённых условиях могут подвергаться восстановлению. Эффективность пассиваторов зависит от толщины образуемого слоя и его проводимости;

- Катодные ингибиторы, замедляющие коррозию в растворах неокисляющих кислот (соли или окислы мышьяка и висмута) [10].

Эффективность действия ингибиторов зависит от условий среды, поэтому для их выбора требуется проведение исследований и испытаний. Поскольку ингибиторы со временем расходуются, они должны добавляться в агрессивную среду периодически [10].

Рациональное конструирование изделий должно исключать наличие или сокращать число и размеры наиболее опасных, с точки зрения коррозии, участков в изделиях или конструкциях: узких щелей, сварных швов, контактов разнородных по электродным потенциалам металлов и др., а также предусматривать специальную защиту металла этих участков от коррозии [10].

Таким образом, в настоящее время высокие темпы развития промышленности и производственных процессов, повышение основных технологических параметров предъявляют высокие требования к надёжности эксплуатации технологического оборудования и строительных конструкций. Среди важнейших мероприятий по обеспечению бесперебойной эксплуатации оборудования выделяют мероприятия по защите конструкций от коррозии и применению высококачественных материалов. Необходимость осуществления мероприятий по антикоррозийной защите возникает в связи с чрезвычайным ущербом, наносимым результатами воздействия коррозии. Ежегодно около 10 % производимого металла расходуется на покрытие этого ущерба. В результате воздействия коррозии металлические конструкции теряют необходимую прочность, герметичность, тепло- и электропроводность, герметичность и, вследствие этого, наблюдается снижение качества выпускаемой продукции, выход из строя оборудования и техники и т.п. Изучение механизма коррозии позволяет разрабатывать разнообразные методы антикоррозийной защиты, выбор которых определяется природой защищаемого металла, параметрами коррозионной среды и экономическими соображениями.

Литература

1. Коррозия металлов / О.А. Чепкасова [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 260–261.
2. Лучкин Р.С. Коррозия и защита металлических материалов: структурные и химические факторы. – Тольятти : Изд-во: ТГУ, 2017. – 326 с.
3. Улиг Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. Пер. с англ. / Под ред. А.М. Сухотина // Химия 1989. – США, 1985. – 456 с.
4. Мудруг А.С., Гончаренко П.В. Коррозия и вопросы конструирования. – К. :Техника, 1984. – 135 с.
5. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов // Изд-во: Metallurgia, 1969. – 448 с.
6. Леонова А.Н. Причины аварий стальных конструкций промышленных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы 6-й Международной научно-практической конференции. – 2010. – С. 55–58.
7. Леонова А.Н., Сорокина Е.Н. Конструктивная безопасность вантовых конструкций // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 3 (63). – С. 33.
8. Леонова А.Н., Гаврилов Г.В., Вороной А.А. База данных учебного материала «Антикоррозионная защита и восстановление строительных конструкций» // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019621231, 10.07.2019. Заявка № 2019621119 от 01.07.2019.
9. Аналитические аспекты проектирования металлоконструкций специального назначения / Е.Н. Карпунина [и др.] // Издание. – 2018. – Т. 5. – № 14–2. – С. 735–743.
10. Сорокина Е., Леонов А. Оценка живучести металлических элементов при локальных повреждениях с учетом проектных воздействий // Сборник : Вебконференция MATEC. – 2018. – С. 02008.

References

1. Corrosion of metals / O.A. Chepkasova [et al] // Young scientist. – 2015. – № 23 (103). – P. 260–261.
2. Luchkin R.S. Corrosion and protection of metallic materials: structural and chemical factors. – Togliatti : Publishing House: TSU. – 2017. – 326 с.
3. Ulig G.G., Revi R.U. Corrosion and its control. Introduction to Corrosion Science and Technology / Translated from English. / Edited by A.M. Sukhotin // Chemistry 1989. – USA, 1985. – 456 p.
4. Mudrug A.S. Corrosion and design issues. – K. : Technika, 1984. – 135 p.
5. Rosenfeld I.L. Corrosion and protection of metals // Publisher: Metallurgy, 1969. – 448 p.
6. Leonova A.N. Causes of accidents of steel structures of industrial buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference. – 2010. – P. 55–58.
7. Leonova A.N., Sorokina E.N. Structural safety of cable-stayed structures // Engineering Bulletin of the Don. – 2020. – № 3 (63). – P. 33.
8. Leonova A.N., Gavrilov G.V., Voronoi A.A. Database of educational material «Anticorrosive protection and restoration of building structures» // Certificate of registration of the database RU 2019621231, 10.07.2019. Application № 2019621119 dated 01.07.2019.
9. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina [et al.] // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14–2. – P. 735–743.
10. Sorokina E., Leonova A. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects // In the collection: MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.