

УДК 54.384.2

## Способы защиты от электрохимической коррозии металлов

© И.А. Трибунский, Н.Л. Дорофеева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье описаны различные виды местного коррозионного разрушения, определены особенности электрохимической коррозии, даны отличия данного вида коррозии от других её разновидностей. В работе также представлены условия и алгоритм возникновения электрохимической коррозии. В настоящее время проблема борьбы с коррозией остаётся актуальной. В процессе исследования этого вопроса возникают задачи, связанные с тем, как не допустить процесса возникновения коррозии в принципе и как его остановить, если процесс уже начался. Проблема борьбы с коррозией металлов обостряется теми последствиями, которые несут за собой коррозионные разрушения (экономический ущерб, физическое разрушение металлических элементов зданий и конструкций и другие). В данном исследовании рассмотрены такие методы борьбы с электрохимической коррозией на стадии изготовления металлов, как поверхностное и объёмное легирование, используемое при производстве металлов и сплавов, и фосфатирование, создающее защитную пленку на черных металлах.

**Ключевые слова:** электрохимическая коррозия, виды коррозии, фосфатирование металла, легирование металла

## Methods of Protection against Electrochemical Corrosion of Metals

© Igor A. Tribunsky, Natalya L. Dorofeyeva

Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russian Federation

**Abstract.** The article describes various types of local corrosion damage, identifies the features of electrochemical corrosion, and gives the differences of this type of corrosion from its other varieties. The article also presents the conditions and algorithm for the occurrence of electrochemical corrosion. Currently, the problem of combating corrosion remains relevant. In the course of studying this issue, there are challenges in how to prevent corrosion in principle and how to stop it if the process has already begun. The problem of metal corrosion control is exacerbated by the consequences of corrosion destruction (economic damage, physical destruction of metal elements of buildings and structures, and others). The article considers such methods of combating electrochemical corrosion at the stage of metal production as surface and bulk alloying used in the production of metals and alloys, and phosphating, which creates a protective film on ferrous metals.

**Keywords:** electrochemical corrosion, types of corrosion, metal phosphating, metal alloying

В результате коррозии деталей машин и механизмов, сделанных из металлов и их сплавов, происходит разрушение, обусловленное химическим или электрохимическим взаимодействием этих элементов с внешней средой. В частности, у элементов, контактирующих с грунтовыми, речными, морскими водами и работающими под пленками, адсорбирующими влагу, и в технических растворах, возникают различные виды местного коррозионного разрушения. Самой распространенной разновидностью коррозионного разрушения является электрохимическая коррозия, при которой металл и его сплавы контактируют с водой или водными растворами<sup>1</sup>.

В отличие от химической коррозии в водных электролитах формируется электрохимическая коррозия. Электрохимиче-

ская коррозия в зависимости от среды протекания процесса подразделяется на атмосферную коррозию, морскую, почвенную, кислотную и щелочную. По характеру разрушения электрохимическая коррозия бывает равномерно распределенной по всей поверхности детали либо точечной, местной коррозией [1].

На рисунке 1 показаны различные виды местного коррозионного разрушения.

В агрессивной рабочей среде найдутся многие детали и механизмы, например, на металлических конструкциях ржавчина появляется при взаимодействии с атмосферой, а обшивка каркасов судов взаимодействует с морской или пресной водой. В сложных условиях работают трубопроводы и детали, соприкасающиеся с растворами кислот, солей и щелочей. Коррозионные потери металла происходят при кислотном травлении окалины и при

<sup>1</sup> Миккульский В.Г. Строительные материалы: учебное издание. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. 536 с.

нагреве металлических изделий в расплавленных солях и щелочах<sup>2</sup>.

Главными окислителями при электрохимической коррозии металлов являются растворенные в водной среде кислород и ионы водорода, то есть для развития процесса электрохимической коррозии металл должен иметь влажную поверхность. В основе процесса электрохимической коррозии лежит неоднородность строения металла, его термодинамическая неустойчивость [2].

Для того чтобы понять механизм образования коррозии, необходимо разобраться в том, как именно проходит этот процесс. На рисунке 2 приведен алгоритм работы короткозамкнутого гальванического элемента, возникающего на поверхности металла, подвергаемого коррозии. Поверхность металла является электролитом, а анодом является любой из перечисленных выше водных растворов. Водный раствор, будучи анодом, несет отрицательный электрический потенциал, окисляя металл.

В процессе окисления на поверхности катода образуются ионы, в которых количество протонов не совпадает с количеством электронов, причем электронов в процессе окисления высвобождается больше. Часть свободных электронов внедряется в электролит (катод), а другая часть электронов соединяется с молекулами воды и кислородом из воздушной или водной среды (анодом), происходит деполяризация молекул, металл ржавеет. Если электроны, передавшиеся на катодный участок, будут удаляться от него, оттягиваемые анодом, то свободные электроны захватят новые частицы металла и процесс коррозии продолжится. Если перекрыть доступ кислорода к поверхности металла, то работа гальванического элемента остановится, произойдет поляризация электродов и дальнейшая коррозия прекратится<sup>3</sup>.

После того как мы рассмотрели алгоритм электрохимического процесса и виды местного коррозионного разрушения, актуальным становится вопрос борьбы с коррозией. При исследовании этого вопроса возникает две задачи: как не допу-

стить процесса образования коррозии и как его остановить.

К методам борьбы с электрохимической коррозией, предпринимаемым на стадии изготовления металлов, относятся объемное или поверхностное легирование, используемое при производстве металлов и сплавов, и фосфатирование, создающее защитную пленку на черных металлах.

**Фосфатирование** стали – это процесс обработки металлических элементов веществами, в основе которых лежит фосфорнокислая соль. На металлической детали образуется пленка, улучшающая адгезию поверхности и обладающая малой электропроводимостью. Поскольку адгезия улучшает межмолекулярные связи твердой и жидкой поверхностей, данный метод используется как подготовка под покраску металлических изделий, покраска препятствует возникновению коррозии во время эксплуатации. В результате фосфатирования на верхнем слое детали образуется тонкокристаллическое покрытие толщиной 15–20 микрометров [3].

Существует два метода нанесения фосфатной пленки на поверхности металла: холодное и ускоренное фосфатирование. Низкотемпературное, или *холодное*, фосфатирование происходит при температуре 20–40 °С. Время воздействия соляного раствора составляет 35–40 минут. *Ускоренное* фосфатирование осуществляется в нагретом соляном растворе, занимает 15–20 минут и требует предварительной обработки поверхности металла, в частности необходимо избавиться от оксида кремния, который образуется при изготовлении листовых изделий из кремнистых и электротехнических сталей на их внешнем слое, также следует обезжирить, промыть и протравить металл. После пассивирования изделия в кальцинированной соде оно промывается в проточной воде.

**Легирование** стали – это процесс внедрения конкретных примесей, таких как металл, сплав, полупроводник, в состав материала, что не только повышает его коррозионную стойкость, но и корректирует отдельные механические свойства.

Подвергшийся легированию материал называют легированным. Легирование металла подразделяется на объемное и поверхностное. При объемном легировании добавки вводятся в весь объем металла. Легирующие добавки для поверх-

<sup>2</sup> Сухотин А.М., Арчаков Ю.И. Коррозионная стойкость оборудования химических производств: справочное руководство. Л.: Химия, Лен. отделение, 1990. 399 с.

<sup>3</sup> Бахвалов Г.Т. Защита металлов от коррозии: учеб. пособие. М.: Издательство «Металлургия», 1964. 210 с.

ностного легирования внедряют в верхний слой. Существуют различные технологии легирования, например, одна из них предусматривает внедрение легирующего элемента при поверхностном обогащении в слой, глубина которого будет 1–2 микрометра [4].

Легированию подвергаются различные виды чистых металлов, включая сталь и чугун, элементы полупроводников. На рисунке 3 показано, что кроме металличе-

ских легирующих добавок, таких как алюминий, никель, хром, цинк и кобальт, применяются неметаллические легирующие добавки: кремний, сера, фосфор. Для получения особого набора свойств при объемном легировании в металл можно добавить несколько легирующих добавок, например, соединение активных и пассивных металлов, таких как медь и никель, увеличивает атмосферную коррозионную стойкость стали.

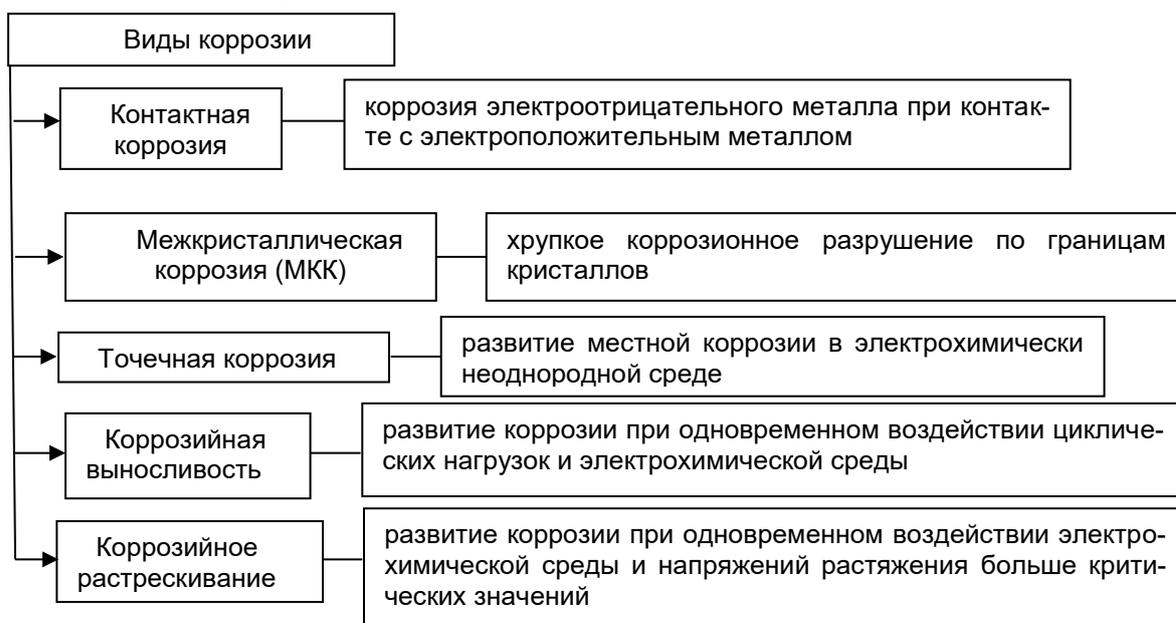


Рис. 1. Виды местного коррозионного разрушения

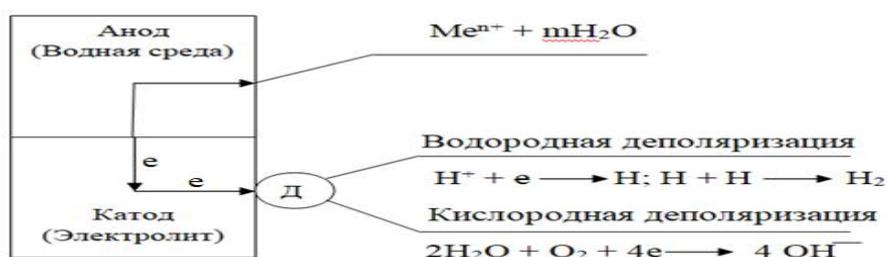


Рис. 2. Алгоритм возникновения электрохимической коррозии



Рис. 3. Виды добавок, используемые для легирования

При наличии коррозии, когда металл уже подвергся разрушению, необхо-

димо очистить металл механически или с помощью реагентов: щелочи или кислоты

(поступает даже предложение использовать для этой цели газированные напитки, в частности «Кока-Колу»). После очистки поверхности выполняются процедуры по защите металла от коррозии, повышающие сохранность металлоизделий [5]. В частности, на металлическую поверхность наносят водонепроницаемые неметаллические покрытия: битум, масляные и эмалевые краски. Данная форма защиты недолговечна, поэтому она требует постоянного обновления.

Металл также будет защищён от коррозии, если его покрыть слоем иного более коррозионностойкого металла. Так, покрытие цинком (цинкование) защищает от коррозии закладные детали железобетонных изделий, водопроводные трубы, кровельную жёсть. Также используются следующие способы: хромирование, никелирование, покрытие свинцом и оловом (лужение).

Следует отметить и такой метод защиты стальных деталей от коррозии, как покрытие металла тонким слоем полимерной пленки, например, поливинилхлоридом или полиэтиленом, которые являются

разновидностью пластмассы и совершенно непроницаемы для влаги [6]. У подобных покрытий большое количество достоинств, но область их применения существенно ограничивается отсутствием надежного метода их соединения с защищаемой поверхностью. В настоящее время пластиковые пленки различной толщины применяют для антикоррозионной защиты деталей оборудования и элементов строительных конструкций.

В заключение следует отметить, что, помимо экономического ущерба, процесс коррозии приводит к более страшным потерям. Физические повреждения, которые становятся следствием неправильной эксплуатации металлических элементов, могут привести к разрушению зданий и конструкций, частью которых эти элементы являются, а также к гибели людей, поэтому необходимо стремиться соблюдать правила эксплуатации металлоизделий. В свою очередь, современные научные исследования в данной области направлены на продолжение совершенствования и изобретения различных способов защиты от коррозии [7].

#### Библиографический список

1. Электрохимическая коррозия [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/3549070/page:48/> (21.12.2019).
2. Коррозия металлов [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/2358908/> (21.12.2019).
3. Фосфатирование // Всё о коррозии. Информационный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://www.okorrozii.com/fosfatirovanie.html> (21.12.2019).
4. Легирование // Всё о коррозии. Информационный портал [Электронный ресурс]. URL: <https://www.okorrozii.com/legirovanie.html> (21.12.2019).
5. Дорошенко Е. Как удалить ржавчину с металлической поверхности: от картошки до электролиза // HouseChief [Электронный ресурс]. URL: <https://housechief.ru/kak-udalit-rzhavchinu-s-metallicheskoj-poverhnosti.html> (21.12.2019).
6. Применение пластмасс для защиты металлических изделий от коррозии [Электронный ресурс]. URL: [https://revolution.allbest.ru/manufacture/00336633\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/manufacture/00336633_0.html) (21.12.2019).
7. Коррозия металлов. Ущерб от коррозии // Студент-строитель [Электронный ресурс]. URL: <http://student-stroitel.ru/korroziya-materialov/> (21.12.2019).
8. Чепкасова О.А., Селезнева А.А., Садиллов А.И., Хмелев С.В. Коррозия металлов // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 260–261.
9. Базаркин А.Ю., Самойлова Е.А. Исследование влияния электронной структуры металлов и сплавов на процесс электрохимической коррозии // Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. № 12 (73). С. 24–29.
10. Ваграмян Т.А., Григорян Н.С., Мазурова Д.В., Абрашов А.А., Акимова Е.Ф. Фосфатирование. Современное состояние и перспективы развития в России // Коррозия: материалы, защита. 2011. № 2. С. 20–27.

#### Сведения об авторах / Information about the Authors

**Трибунский Игорь Александрович**, студент группы ЭУН6-18-1, Институт архитектуры, строительства и дизайна, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: [tribunskiyigor1@mail.ru](mailto:tribunskiyigor1@mail.ru)

**Igor A. Tribunsky**, Student, Institute of Architecture, Construction and Design, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: [tribunskiyigor1@mail.ru](mailto:tribunskiyigor1@mail.ru)

**Дорофеева Наталья Леонидовна,**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,  
e-mail: dorofeeva@istu.edu

**Natalya L. Dorofeyeva,**  
Cand. Sci. (Technics),  
Associate Professor, Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials,  
Institute of Architecture, Construction and Design,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,  
e-mail: dorofeeva@istu.edu