



## Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

### Тема 1.8. Коррозия металлов и меры борьбы с ней.

#### Занятие №1.

##### Учебные вопросы:

1. Общие сведения о коррозии металлов. Влияние коррозии на надежность АТ и экономику
2. Виды коррозии: химическая и электрохимическая коррозия
3. Факторы влияющие на образование коррозии
4. Формы коррозионных разрушений

#### 1. Общие сведения о коррозии металлов. Влияние коррозии на надежность АТ и экономику

**Коррозией** называется разрушение металлов и некоторых других твердых тел, вызываемое химическими и электрохимическими процессами.

Существенное влияние на коррозию оказывают среды. Однако степень коррозионного разрушения зависит и от многих других факторов. Наиболее существенными из них являются состав и состояние поверхности металла, состав самой коррозионной среды и локальные условия.

Коррозионное разрушение может происходить под действием горячих и раскаленных газов. Примером газовой коррозии может быть окисление лопаток турбины, соплового аппарата реактивных двигателей, прогорание клапанов, камер сгорания и других деталей, работающих при высоких температурах.

Многие детали самолетов подвергаются коррозии в жидкостных средах — морской и речной воде, топливе и масле. Разрушение в этом случае происходит под действием жидкостной коррозии.

Значительное количество авиационных деталей подвергается воздействию атмосферной коррозии (обшивка крыльев, фюзеляжа, оперения и др.).

Коррозия приводит к уменьшению прочности деталей, особенно тонкостенных деталей. Коррозия наружных поверхностей самолета приводит к ухудшению его обтекаемости. Ежегодные потери металла от коррозии исчисляются миллионами тонн.

Борьбе с коррозией в авиации уделяется особое внимание.

#### 2. Виды коррозии: химическая и электрохимическая коррозия

Классифицировать коррозию принято по механизму, условиям протекания процесса и характеру разрушения (см. рис. 1.1).

По механизму протекания коррозионные процессы, согласно ГОСТ 5272—68, подразделяются на два типа: **электрохимические** и **химические**.

К **электрохимической коррозии** относят процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительных агентов среды протекают не в одном акте и зависят от электронного потенциала (наличия проводников второго рода). Рассмотрим несколько видов электрохимической коррозии:

1) **атмосферная** — характеризует процесс в условиях влажной воздушной среды. Это наиболее распространенный вид коррозии, так как большинство конструкций эксплуатируют в атмосферных условиях. Ее можно разделить следующим образом: на открытом воздухе, с возможностью попадания на поверхность машин осадков, или с защитой от них в условиях ограниченного доступа воздуха и в замкнутом воздушном пространстве;

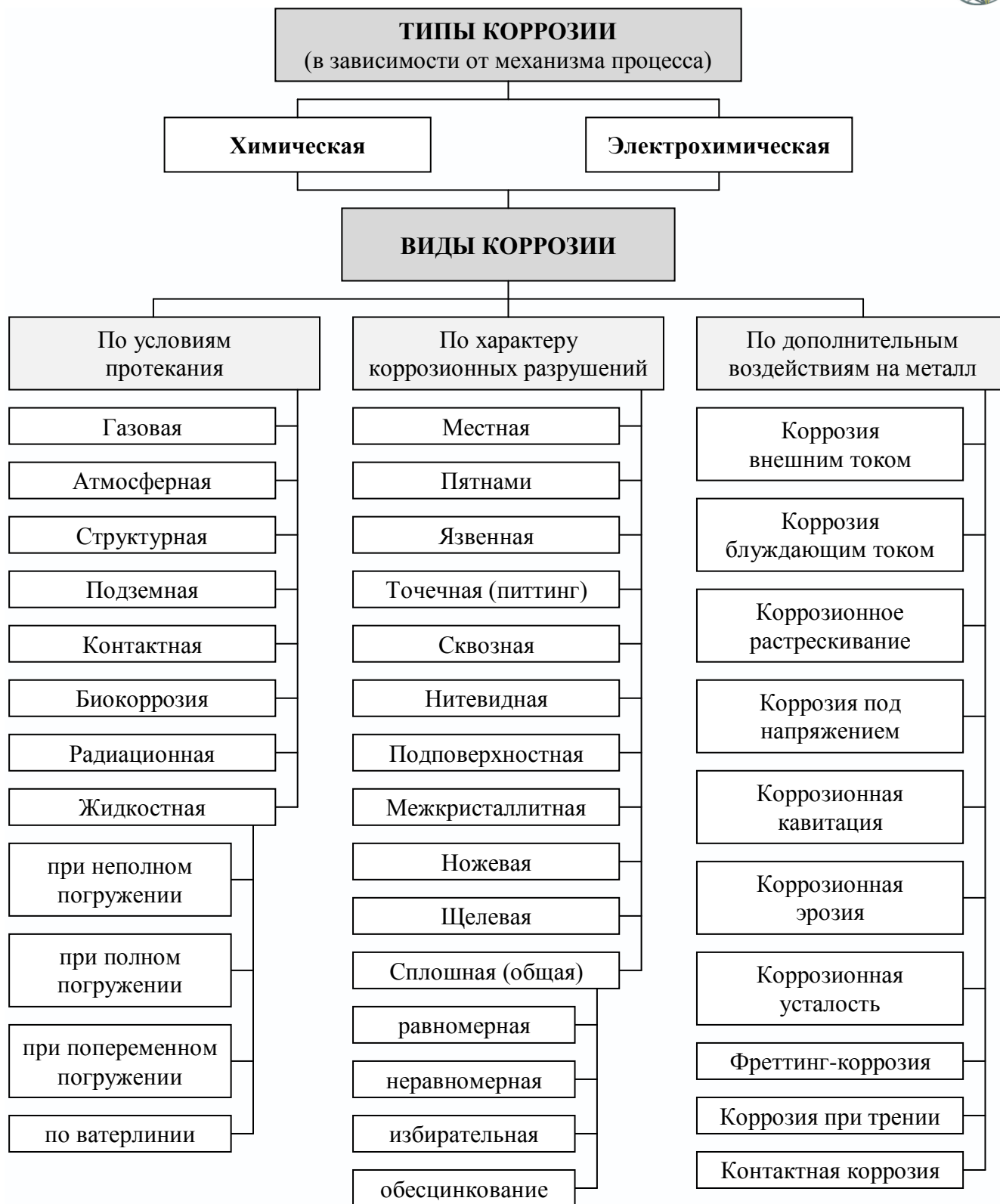


Рис. 1.1. Классификация коррозии

2) **подземная** — разрушение металла в почвах и грунтах. Разновидность этой коррозии — **электрохимическая коррозия** под воздействием блуждающих токов. Последние возникают в грунте вблизи источников электрического тока (систем передачи электроэнергии, электрифицированных транспортных путей);

3) **жидкостная коррозия**, или **коррозия в электролитах**. Ее частным случаем является **подводная коррозия** — разрушение металлических конструкций, погруженных в воду. По ус-



ловиям эксплуатации металлоконструкций, этот вид подразделяют на коррозию при полном и неполном погружении; при неполном погружении рассмотрен процесс коррозии по ватерлинии. Водные среды могут отличаться коррозионной активностью в зависимости от природы растворенных в них веществ (морская, речная вода, кислотные и щелочные растворы химической промышленности и т. п.). При подводной коррозии возможны процессы коррозии оборудования в неводных жидких средах, которые подразделяют на неэлектропроводящие и электропроводящие. Такие среды специфичны для химической, нефтехимической и других отраслей промышленности. К химической коррозии относят процесс, в котором окисление металла и восстановление среды представляют единый акт (отсутствие проводников второго рода).

**Химическая коррозия** — это разрушение металлов в окислительных средах при высоких температурах. Различают два вида: **газовая** (т. е. окисление металла при нагреве) и **коррозия в неэлектролитах**:

а) характерной особенностью газовой коррозии является отсутствие влаги на поверхности металла. На скорость газовой коррозии влияет, прежде всего температура и состав газовой среды. В промышленности часто встречаются случаи этой коррозии: от разрушения деталей нагревательных печей до коррозии металла при термической обработке.

б) коррозия металлов в неэлектролитах, независимо от их природы, сводится к химической реакции между металлом и веществом. В качестве неэлектролитов используют органические жидкости.

В особую группу следует выделить виды коррозии в условиях воздействия механических напряжений (**механическая коррозия**). Эта группа включает:

– **коррозию под напряжением**, характеризуемую разрушением металла при одновременном воздействии коррозионной среды и постоянных или переменных механических напряжений;

– **коррозионное растрескивание** — при одновременном воздействии коррозионной среды и внешних или внутренних механических напряжений растяжения с образованием транскристаллитных трещин.

Различают самостоятельные виды коррозии:

1) **коррозия при трении** — разрушение металла, вызываемое одновременным воздействием коррозионной среды и трения;

2) **фреттинг-коррозия** — разрушение при колебательном перемещении двух поверхностей относительно друг друга в условиях воздействия коррозионной среды;

3) **коррозионная кавитация** — разрушение при ударном воздействии среды;

4) **коррозионная эрозия** — при истирающем воздействии среды;

5) **контактная коррозия** — разрушение одного из двух металлов, находящихся в контакте и имеющих разные потенциалы в данном электролите.

Следует различать коррозию и эрозию.

**Эрозия** от латинского слова *erodere* (разрушать) — постепенное механическое разрушение металла, например при истирании трущихся частей механизмов.

Самостоятельный вид коррозии — **биокоррозия** — это разрушение металла, при котором в качестве значимого выступает биофактор. **Биоагенты** — микроорганизмы (грибы, бактерии), которые являются инициаторами или стимуляторами процесса коррозии.

По характеру разрушения коррозия делится на сплошную (или общую) и местную (локальную). **Сплошная коррозия** охватывает всю поверхность металла, при этом она может быть равномерной или неравномерной. **Местная коррозия** происходит с разрушением отдельных участков поверхности металлов. Разновидность этой коррозии: точечная (питтинг), коррозия пятнами и сквозная коррозия.

**Подповерхностная коррозия** начинается с поверхности, но развивается преимущественно под ней таким образом, что продукты коррозии сосредоточены внутри металла. Ее разновидность — **послойная коррозия**, распространяющаяся преимущественно в направлении пластической деформации металла.



**Структурная коррозия** связана со структурной неоднородностью металла. Ее разновидности — **межкристаллитная** — разрушение металла по границам кристаллитов (зерен) металла; **внутрикристаллитная** — разрушение металла по зернам кристаллитов. Наблюдается при коррозионном растрескивании, протекающем под влиянием внешних механических нагрузок или внутренних напряжений.

**Ножевая коррозия** — локализованное разрушение металла в зоне сплавления сварных соединений в жидких средах с высокой коррозионной активностью.

**Щелевая коррозия** — усиление процесса разрушения металла в зазорах между двумя металлами.

**Избирательная коррозия** — разрушение одной структурной составляющей или одного компонента металла в высокоактивных средах. Существует ряд разновидностей: графитизация чугуна (растворение ферритных или перлитных составляющих) и обесцинкование (растворение цинковой составляющей) латуней.

### 3. Факторы влияющие на образование коррозии

Факторы, влияющие на возникновение коррозии, можно разделить на *внутренние* и *внешние*.

К **внутренним факторам** относятся: состав, строение, механическая напряженность и состояние поверхности.

**Состав сплава** оказывает наиболее существенное влияние на развитие коррозии. К коррозионностойким металлам относятся металлы, обладающие положительными значениями электродных потенциалов (медь, золото, платина и др.).

Высокой коррозионной стойкостью обладают также металлы, способные при окислении образовывать защитные оксидные пленки (хром, никель). Магний и его сплавы не образуют на поверхности защитные оксидные пленки, поэтому они не обладают коррозионной стойкостью. Кроме того, магниевые сплавы обладают очень низким значением электродного потенциала. Алюминий также обладает высокой коррозионной стойкостью, так как на его поверхности образуется защитная оксидная пленка.

На развитие коррозии значительное влияние оказывает **чистота сплавов**. Всякого рода загрязнения, оставшиеся после технологической обработки, например флюсы, поглощают влагу и создают коррозионную среду. Флюсы могут оставаться после сварки, поэтому после сварки детали необходимо тщательно очищать.

Существенное влияние на развитие коррозии оказывают **внутренние напряжения**, оставшиеся в металле после термической или механической обработки. При увеличении внутренних напряжений потенциал сплава становится более отрицательным, приводит к электрохимическому разрушению наиболее нагруженных участков. Пластическая деформация способствует развитию коррозии вследствие образования межкристаллитных микропор и проникновения в них влаги.

Если на деталь одновременно действует коррозионная среда и знакопеременная нагрузка, то происходит разрушение, которое принято называть **коррозионной усталостью**. Это явление происходит вследствие образования и развития трещин, идущих от поверхности вглубь. Коррозионная среда, проникая в эти трещины, облегчает разрушение. В этих условиях разрушение может происходить при напряжениях, меньших предела усталости.

К **внешним факторам**, влияющим на развитие коррозии, относится среда, в которой корродирует металл (водная среда, температура). Большое значение имеет концентрация ионов водорода. Кислые среды опасны для таких металлов, как магний, алюминий, железо, цинк. Алюминий и цинк легко разрушаются в щелочных средах. Опасной коррозионной средой для авиационных сплавов является морская вода.

Большое влияние на процесс коррозии в водных средах оказывает растворенный в воде кислород. Кислород окисляет металл. Появление оксидной пленки делает потенциал металла более положительным. Интенсивность коррозии при этом уменьшается. Установлено, что в

водных средах наиболее опасными являются те участки, куда доступ кислорода затруднен (клепочные швы и др.).

На коррозионное разрушение поверхности самолета большое влияние оказывают такие факторы, как влажность, загрязнение воздуха пылью и газами. **Влага** способствует развитию электрохимической коррозии, так как содержит различные растворенные газы —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , окислы азота, соли и др. Осевшая на поверхности самолета **пыль**, которая будучи гигроскопичной, притягивает влагу, также способствует развитию очагов коррозии. На абсолютно чистой поверхности в меньшей степени конденсируется влага, чем на пыльной.

На развитие атмосферной коррозии оказывает влияние **состав газов**. Особенно вредными являются сернистый газ  $\text{SO}_2$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  и хлористый водород  $\text{HCl}$ . **Резкий перепад температур** также оказывает влияние на возникновение коррозии. При возвращении самолета из высотного полета холодные детали отпотевают, на них конденсируется влага и создаются предпосылки развития электрохимического процесса.

Коррозию самолетных деталей могут вызвать жидкости гидросистемы, кислоты, щелочи. Очень сильно поражает алюминиевые сплавы аккумуляторная щелочь.

#### 4. Формы коррозионных разрушений

Коррозия, в зависимости от природы металла, агрессивной среды и других условий, приводит к различным видам разрушений. На рисунке 1.2 представлены разрезы через прокорродировавший образец металла, показывающие возможные изменения рельефа поверхности в результате коррозии.

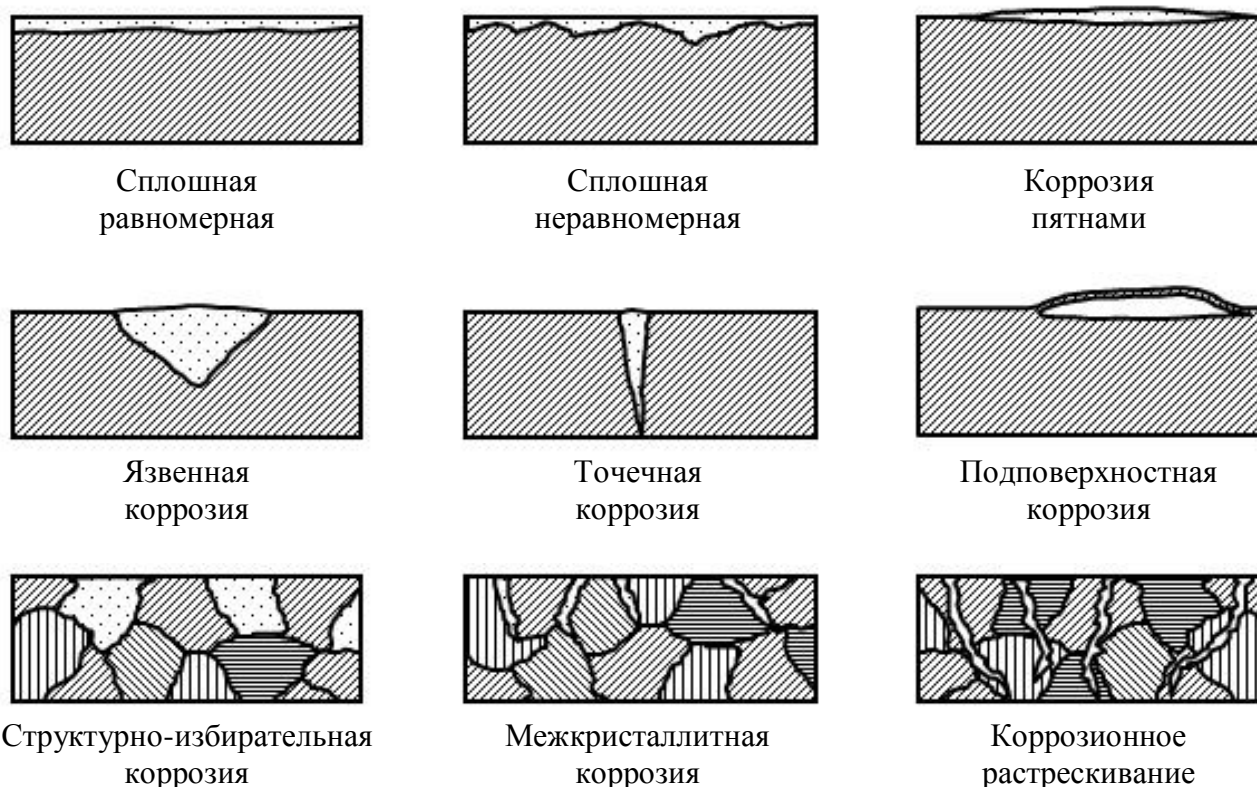


Рис. 1.2. Схематическое изображение различных видов коррозии

Иногда коррозия протекает со скоростью, одинаковой по всей поверхности; в таком случае поверхность становится только немного более шероховатой, чем исходная: равномерная. Часто наблюдается различная скорость коррозии на отдельных участках: пятнами, язвами. Если язвы имеют малое сечение, но относительно большую глубину, то говорят о точечной коррозии



(питтинг). В некоторых условиях небольшая язва распространяется вглубь и вширь под поверхностью. Неравномерная коррозия значительно более опасна, чем равномерная. Неравномерная коррозия, при сравнительно небольшом количестве окисленного металла, вызывает большое уменьшение сечения в отдельных местах. Язвенная или точечная коррозия могут привести к образованию сквозных отверстий, например, в листовом материале, при малой потере металла.

Приведенная классификация, конечно, условна. Возможны многочисленные формы разрушения, лежащие между характерными типами, показанными на данном рисунке.

Некоторые сплавы подвержены своеобразному виду коррозии, протекающей только по границам кристаллитов, которые оказываются отделенными друг от друга тонким слоем продуктов коррозии (межкристаллитная коррозия). Здесь потери металла очень малы, но сплав теряет прочность. Это очень опасный вид коррозии, который нельзя обнаружить при наружном осмотре изделия.