

Коррозия и защита строительных материалов

Доктор технических наук, профессор
Матвеева Лариса Юрьевна



Коррозия строительных материалов.

Общие положения

Вопросы:

1. Определение коррозии.
2. Природа коррозионных процессов.
3. Основные стадии коррозионного процесса.
4. Коррозия металлических изделий и конструкций.
 - 4.1 Виды коррозии. Классификация коррозионных процессов.
 - 4.2. Качественные и количественные показатели коррозии.
 - 4.3 Механизмы коррозии металлов.
 - 4.4 Влияние параметров среды на коррозию металлических конструкций

Коррозионные процессы в строительстве

- Строительные материалы, изделия и конструкции при эксплуатации непрерывно подвергаются воздействию окружающей среды. Вредное воздействие **атмосферных осадков, газов, пыли**, содержащихся в воздухе, **попеременное увлажнение и высыхание, резкие перепады температур, сильные морозы, солнечный нагрев, процессы выветривания** – все эти факторы сокращают сроки службы строительных материалов, изделий, конструкций, ухудшают их эксплуатационные и декоративные свойства.
- **Коррозионные процессы**, а вернее, **поиск путей защиты** от них – в настоящее время одна из самых актуальных и важных проблем.
- Опыт эксплуатации, технического обслуживания и ремонта зданий и сооружений показал, что специалистам необходимы глубокие знания и навыки, связанные с использованием и сохранением разнородных и дорогостоящих строительных конструкций, зданий, сооружений. **Защита строительных конструкций** и изделий от коррозионного разрушения с целью повышения их надежности, долговечности является составной задачей технической эксплуатации строительных объектов.

1. Определение коррозии

- Термин «*коррозия*» происходит от латинского «*corrosio*», что означает разъедать, разрушать. Термин «коррозия» подразумевает как *процесс* разрушения, так и *результат* этого процесса.
- Говоря о коррозии металлов, имеют в виду **нежелательный** процесс взаимодействия металла со средой.
- Среда, в которой материал подвергается коррозии (корродирует), называется *коррозионной* или *агрессивной* средой.
- Коррозионный процесс является *самопроизвольным*, т.е. коррозия вызывается термодинамической неустойчивостью большинства материалов, их стремлением перейти в новое состояние в условиях эксплуатации.
- **Основное химическое свойство всех металлов** – *восстановительная активность*. Металлы сравнительно легко *отдают* валентные электроны, превращаясь в положительные ионы (*катионы*).
- $$Me - ne \leftrightarrow Me^{n+}$$
- Атомы металлов **не присоединяют электронов** и не образуют отрицательно заряженных ионов (анионов).

Коррозия материалов и конструкций – это физико-химическое взаимодействие строительных материалов и окружающей среды.

Способность материалов сопротивляться воздействию среды называется **коррозионной стойкостью** или **химическим сопротивлением материалов**.

Среда, в которой протекают коррозионные процессы, является **коррозионной средой**, а материал, подвергающийся коррозии - **корродирующий материал**. Химические продукты, образующиеся в результате коррозии называются - **продуктами**

коррозии



2. Природа коррозионных процессов

- Коррозионный процесс является *самопроизвольным*, т.е. коррозия вызывается *термодинамической неустойчивостью* большинства материалов, их стремлением перейти в новое состояние в условиях эксплуатации. В результате этого процесса происходит уменьшение изобарно-изотермического потенциала ΔG :
- $\Delta G = \Delta G_{\text{к}} - \Delta G_{\text{н}}$,
- $\Delta G_{\text{к}}$ и $\Delta G_{\text{н}}$ относятся к конечному и начальному состоянию материала.
- Если $\Delta G_{\text{к}} < \Delta G_{\text{н}}$, то $\Delta G < 0$, т.е. коррозионный процесс возможен.
- При $\Delta G > 0$ коррозионный процесс невозможен;
- $\Delta G = 0$ – система находится в равновесии.
- Следовательно, первопричиной коррозии является *термодинамическая неустойчивость* материала в заданной среде.

- В конце XIX в. Людвиг Больцман связал величину **энтропии S** с **термодинамической вероятностью W** следующим соотношением:

$$S \sim \ln W,$$

- где W — **число способов** существования данного объекта или системы.
- С энтропией связан **II закон термодинамики**. Строгая научная формулировка его такова: **в изолированной системе энтропия принимает максимальное значение**. Эта формулировка указывает направление самопроизвольных процессов, они стремятся к **максимуму энтропии**.
- Энтропию определяют также как меру беспорядка системы.
- **Чем больше S , тем больше беспорядок**.
- Менее строгая формулировка II закона термодинамики такова: **хаос в любой изолированной системе самопроизволен или хаос наиболее вероятен**. Он объясняет **не вечность** всего, что сделано человеком.
- Все, что создано, изготовлено, на что **потрачена энергия**, имеет большую упорядоченность, чем исходный материал. Так, например, упорядоченность глины в стенах дома больше, чем в рядом лежащей куче, откуда ее извлекли. Со временем стена дома станет кучей.
- В силу II закона термодинамики эта глина стремится занять менее упорядоченное состояние, что со временем и происходит.
- Таким образом, становится очевидна **неизбежность** коррозионных процессов и явлений. Они – результат действия II закона термодинамики

3. Основные стадии коррозионного процесса

Любой коррозионный процесс является **многостадийным**. Но всегда можно выделить **три** основные стадии в любом коррозионном процессе:

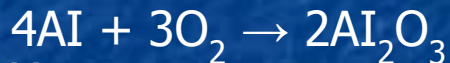
- **1. Подвод** коррозионной среды или ее отдельных компонентов к поверхности строительных материалов, изделий, конструкций.
- **2. Взаимодействие** среды с материалом, изделием.
- **3. Полный или частичный отвод** продуктов коррозии от поверхности материала, изделия.
- Коррозионные процессы бывает трудно отнести только к одному какому-либо определенному типу, так как часто происходят **одновременно** коррозионные процессы **различных видов**.

4. Коррозия металлических изделий и конструкций

■ 4.1 Виды коррозии. Классификация коррозионных процессов

- **I. По природе и механизму процессов взаимодействия** окружающей среды с металлом эти процессы можно разделить на химические, электрохимические, физические, биологические, смешанные или совмещенные.

A. Химическая коррозия – взаимодействие металла с коррозионной средой, при котором происходят химические процессы (окисление, восстановление) в одном акте. Так протекает окисление большинства металлов в воздухе или при повышенной температуре:



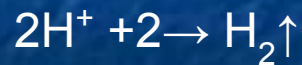
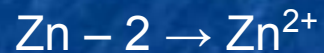
Химическая коррозия развивается в материале в отсутствие электролитов, протекает главным образом при температурах, исключающих возможность образования насыщенного пара воды, – **высокотемпературная**, или **газовая, коррозия**. Этот же вид коррозии может возникать и в неводных органических средах.

Б. Электрохимическая коррозия – разрушение металлов под влиянием растворов или расплавов электролитов.

Электрохимическая коррозия происходит в электролитной среде под действием внутренних **микро-** или **макрогальванических** пар или внешней разности потенциалов. При этом взаимодействие материала (металла) с коррозионной средой осуществляется таким образом, что ионизация атомов металлов и восстановление среды происходят не в одном акте, и их скорости зависят от электродного потенциала металла.

Электрохимическая коррозия металлов наиболее распространена, она наблюдается во влажной атмосфере, речной, морской воде, рассолах.

Примером такого процесса является взаимодействие металлов с кислотами и их растворами:



Окисление металлов происходит за счет **восстановления окислителей.**

В. Физическая коррозия – разрушение целостности изделия или конструкции без протекания химических реакций в материале. Существенно влияет на коррозионные процессы этого типа уровень внешних или внутренних (остаточных) напряжений и их распределение в материале изделия.

Физическая коррозия протекает с изменениями физических параметров материала. Например, **трещины** в результате внутренних напряжений, **раскрашивание** материала под действием ветровой нагрузки или динамических напряжений.



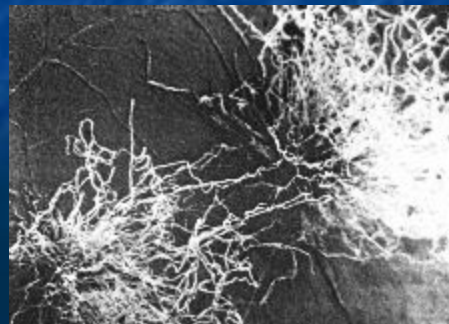
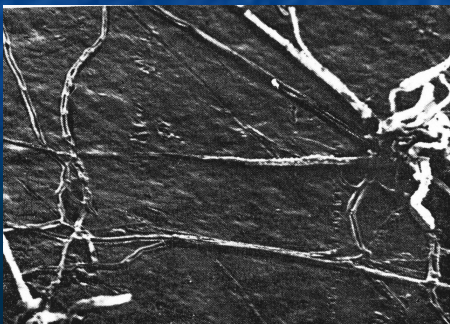
Г. **Биологическая коррозия** – разрушение материала или изделия под воздействием **биологических организмов** (бактерий, грибов, растений, насекомых и т.д.).

На коррозию строительных материалов и металлов, особенно в контакте с грунтом (землей), могут влиять продукты жизнедеятельности микроорганизмов, значительно ускоряющие процессы коррозии. Материалы могут подвергаться и непосредственному разрушительному воздействию микроорганизмами и биологическими агентами.

Многочисленные обследования зданий и сооружений, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред, показали наличие значительного количества **плесневых грибов** на поверхности и в структуре строительных материалов.

Биокоррозия является сложным видом коррозии и включает в себя физическую, химическую и в некоторых случаях электрохимическую коррозию.

При **смешанном** типе коррозии происходит **наложение и взаимное усиление** коррозионных процессов различного типа.



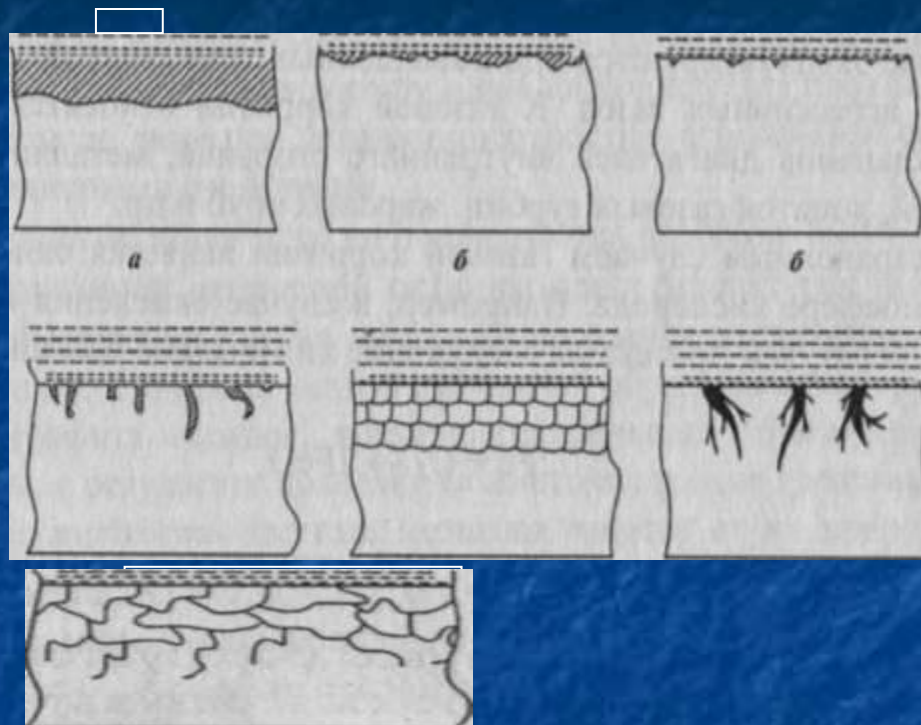
Классификация коррозионных процессов по условиям протекания

- **II. Коррозионные процессы могут различаться по условиям протекания.**
- **А. Газовая коррозия** – протекает в среде агрессивного газа. Пример – коррозия металлов при высоких температурах.
- **Б. Атмосферная коррозия** – коррозия в воздушной атмосфере, обычно во влажной среде или в среде другого влажного газа. В отсутствие влаги атмосферная коррозия переходит в газовую.
- **В. Жидкостная коррозия** – протекает в разнообразных жидких средах – электролитах (растворы кислот, щелочей, солей, морская, речная вода, расплавы солей и т.д.). Условия протекания жидкостной коррозии могут быть очень разнообразными.
- **Г. Почвенная коррозия** – коррозия в почвах, грунтах.
- **Д. Коррозия под влиянием внешних и блуждающих токов.**
- **Е. Коррозия при трении или под напряжением** – разрушение материала при совместном воздействии коррозионной среды и механических напряжений, трения, вибрации и т.д.
- **Ж. Структурная коррозия** – коррозия в результате структурной неоднородности материалов.
- **З. Контактная коррозия** – сопряжение электрохимически неоднородных материалов в электропроводящей среде. Примером может служить ускоренное разрушение металла при его контакте с другим металлом, имеющим больший потенциал.
- Могут быть выделены и другие виды коррозии.

Классификация коррозионных процессов по характеру разрушения

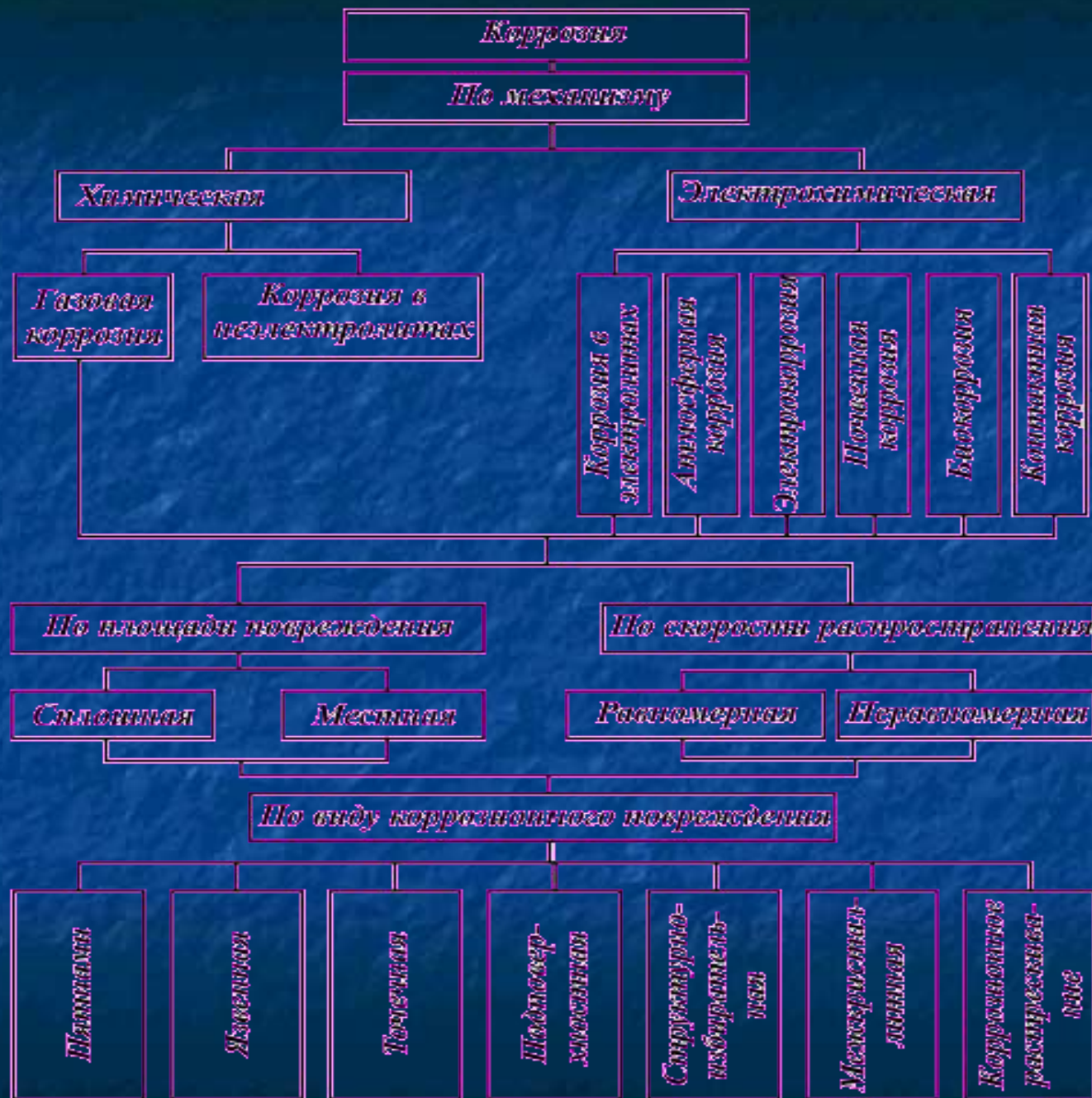
- III. По характеру коррозионного разрушения коррозия бывает *сплошная (общая)* или *местная*. При сплошной коррозии корродирует вся поверхность материала. Она соответственно делится на *равномерную, неравномерную, избирательную* (коррозионный процесс распространяется преимущественно по какой-либо структурной составляющей). Местная коррозия бывает: *язвами, пятнами, щелевая, нитевидная, точечная (питтинг), ножевая, межкристаллитная, сквозная* и т.д. Местная коррозия является наиболее опасным видом коррозии металлических конструкций. Будучи труднообнаруживаемой, она часто является причиной серьезных разрушений.
- Специфическим видом коррозионного разрушения металлов является *коррозионная хрупкость* – разрушение металла без заметного поглощения механической энергии. Примером может служить охрупчивание высокопрочных сталей в результате насыщения водородом при работе в нефтяных скважинах.

Виды коррозионного разрушения металлов



По характеру разрушений поверхности металла различают **равномерную, точечную, питтинговую, межкристаллитную коррозию** и др.

Виды коррозии: **а) равномерная; б) пятнами; в) точечная; г) питтинг; д) межкристаллитная; е) растрескивающаяся; ж) селективная**



4.2 Качественные и количественные показатели коррозии

- Интенсивность коррозионных процессов оценивается по показателям коррозии. Различают **качественные и количественные** показатели коррозии.
- К качественным показателям относятся **визуальные наблюдения объектов, описание, зарисовка, фотографирование, микроскопические исследования, применение качественных индикаторов** продуктов коррозии и т.д.
- **Количественные показатели** коррозии основаны на изменениях физических величин или физико-механических свойств изделий в результате протекания коррозионных процессов. Наиболее часто применяемые показатели коррозии:
- **$K_{гл}$** – глубинный – определение средней (или максимальной) глубины коррозионного разрушения материала, мм, в единицу времени t , мес, год,
- **K_h** – изменение толщины пленки продуктов коррозии, мм/год
- **K_m** – изменение массы $г/(м^2 \cdot ч)$, или объема $см^3/(см^2 \cdot ч)$, образца (отрицательной или положительной) в результате коррозии, отнесенное к единице поверхности и единице времени.

- В зависимости от скорости процесса могут быть различные единицы измерений:
- **$K\sigma$** – **прочностный показатель** коррозии – изменение предела прочности при растяжении (сжатии) за время коррозии t , отнесенное к пределу прочности данного материала до начала коррозии.
- **$K\sigma = \Delta\sigma/\sigma \cdot 100\%$** .
- Все эти показатели относятся к случаю **равномерной коррозии** и характеризуют собой средние величины.
- Скорость коррозии **металлических** материалов в различных средах определяют обычно по **уменьшению массы** образца (после удаления продуктов коррозии) на единицу поверхности в единицу времени и выражают в граммах на квадратный метр в час – $г/(м^2 \cdot ч)$.
- **Глубинный** показатель коррозии выражают в линейных единицах, отнесенных к единице времени.
- При равномерной коррозии металлов:

$$P = 8,76 K / \gamma,$$
- где **P** – **глубинный показатель коррозии**, мм/год; **K** – скорость коррозии, $г/(м^2 \cdot ч)$; **γ** – плотность металла, $г/см^3$.
- **Коррозионную стойкость** металлических материалов по ГОСТ 5272–50 оценивают по десятибалльной шкале

Коррозионная стойкость металлических материалов по ГОСТ 5272–50

Группа стойкости	P , мм/год	Балл
I. Совершенно стойкие	$< 0,001$	1
II. Весьма стойкие	0,001–0,005	2
	0,005–0,01	3
III. Стойкие	0,01–0,05	4
	0,05–0,1	5
IV. Относительно стойкие	0,1–0,5	6
	0,5–1,0	7
V. Малостойкие	1,0–5,0	8
	5,0–10,0	9
VI. Нестойкие	$> 10,0$	10

4.3 Механизмы коррозии металлов

Различают два основных вида коррозии металлических строительных конструкций: химическую и электрохимическую

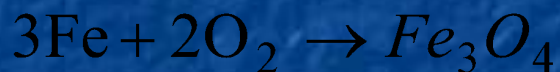
- **Химическая коррозия** происходит в газах и парах при высокой температуре и проявляется в окислении металла, а **электрохимическая** – в результате возникновения гальванических пар.

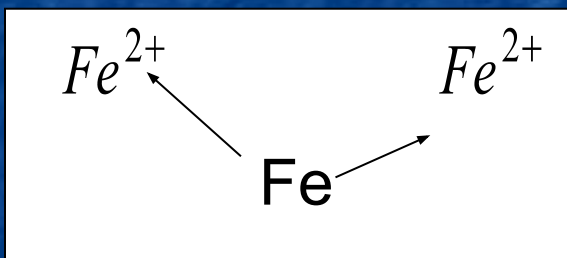
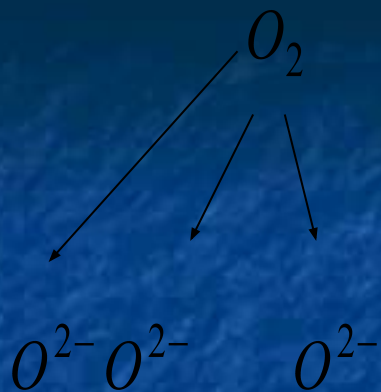
Химическая коррозия металлических материалов – это самопроизвольный окислительно-восстановительный процесс разрушения металла в окружающей среде **без возникновения в системе электрического тока**.

Оксидные или солевые соединения, образующиеся в результате коррозионных процессов на металлах, называются поверхностными или защитными пленками.

Оксидные пленки на поверхности железа.

Продукты коррозии железа называются **ржавчиной**





Причина коррозии металлов — термодинамическая неустойчивость самого металла, восстановленного из природных минеральных соединений, и системы, состоящей из металла и компонентов коррозионной среды. **Мерой** термодинамической неустойчивости является свободная **энергия Гиббса**, освобождаемая при взаимодействии металла с этими компонентами.

Электрохимическая коррозия

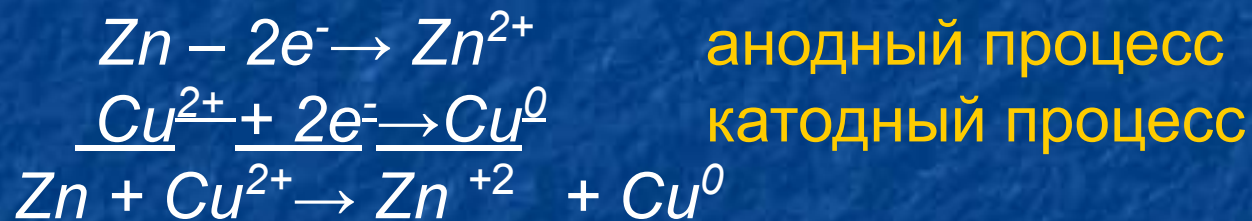
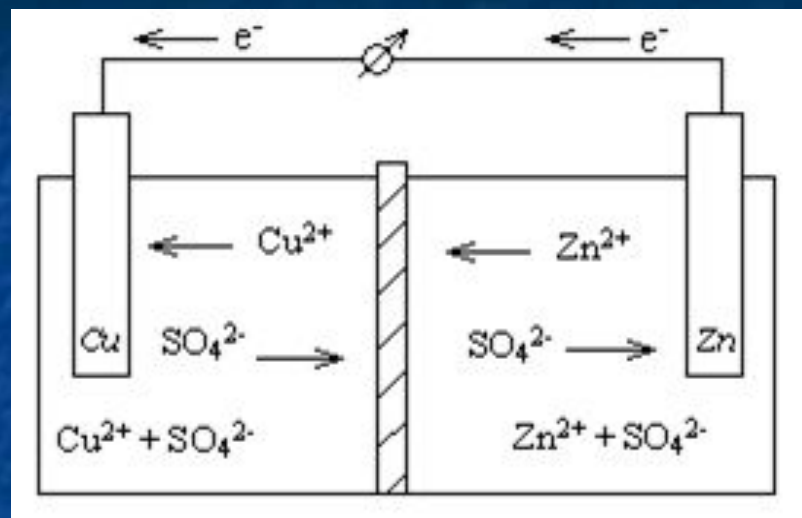
- Самым распространенным видом является **электрохимическая коррозия**. Она протекает в атмосферной и грунтовой влаге, в морской, речной и водопроводной воде, в производственных процессах и в быту. Электрохимическую коррозию составляют **три** взаимосвязанных процесса: анодный, катодный и электролитный.
- **Анодный процесс** – это переход в раствор ионов металла, их гидратация с отрицательно заряженными ионами электролита и образование нейтральных молекул.
- **Катодный процесс** заключается в переходе электронов с неупорядоченных орбит атомов и в том, что положительно заряженные ионы (атомы) электролита, способные восстанавливаться, получают от катода необходимые электроны и разряжаются на нем, образуя нейтральные молекулы или ионы.
- **Электролитный процесс** состоит в перемещении анионов и катионов электролита соответственно к катоду и аноду металла, объединении их с выбывающими из металла ионами и электронами и образовании нейтральных молекул в электролите. Этот процесс должен подпитываться внешними окислителями; если они не поступают, то процесс коррозии тормозится; если катодный процесс протекает беспрепятственно, то разрушение на аноде не затухает.
- Затухание катодного процесса называется **поляризацией** и полезно для защиты металла от коррозии.

Электрохимическая коррозия

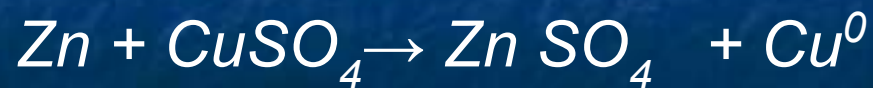
- Под действием электрохимической коррозии разрушению подвергаются только неоднородные металлы, т.е. **химически не чистые, металлы с разными электродными потенциалами**.
- При погружении электродов любой пары металлов в электролит металл, стоящий левее в ряду потенциалов, приобретает отрицательный потенциал и становится **анодом**, а металл, стоящий правее, – положительный потенциал и становится **катодом**.
- Электродвижущая сила гальванического элемента, состоящего из двух электродов, равна **разности двух нормальных потенциалов**.
- Например, ЭДС гальванической пары из меди и цинка определяется так:

$$\text{ЭДС} = E^\circ \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} - E^\circ \text{Zn}^{2+}/\text{Zn} = 0,35 - (-0,76) = 1,1 \text{ В}$$

Гальванический элемент



или в молекулярной форме



Пара с большим стандартным редокс-потенциалом играет роль окислителя по отношению к паре с меньшим потенциалом.

Электродвижущая сила определяется как разность электродных потенциалов, устанавливающихся на границе каждого из этих металлов с раствором.

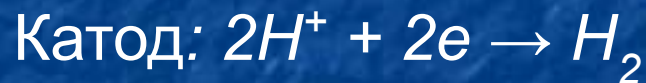
Более активный металл посылает в раствор положительно заряженные гидратированные ионы, а сам заряжается отрицательно. К менее активному металлу подходят электроны, восстанавливающие катионы или молекулы.

Реакция протекает **самопроизвольно** в прямом направлении, если ее ЭДС положительна, т.е. $ЭДС = E^0_{\text{окисл}} - E^0_{\text{восст}} > 0$. Если ЭДС окажется отрицательной, то реакция идет в обратном направлении.

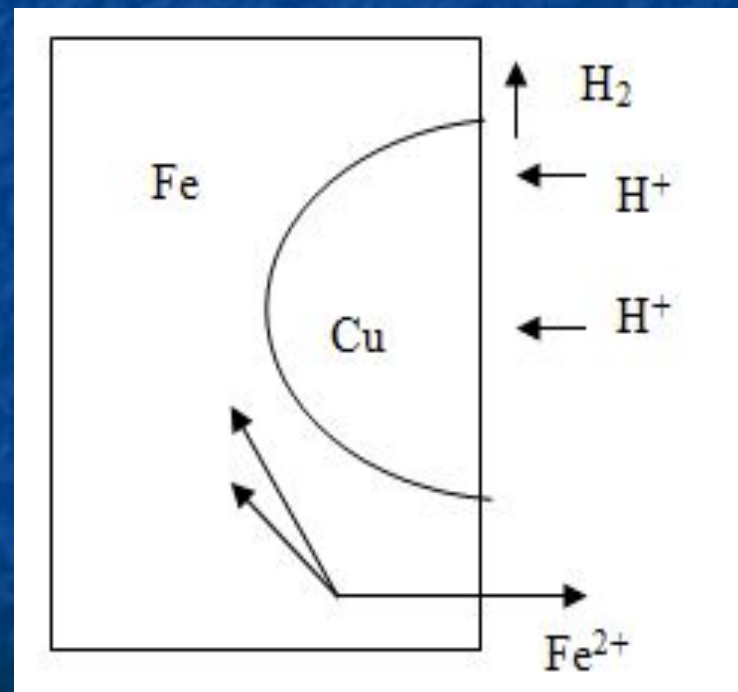
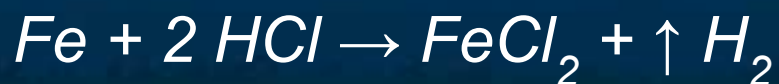
- Для защиты металлов от электрохимической коррозии необходимо прекратить (подавить) действие **гальванических элементов**, что достигается наложением тока с более высоким потенциалом. Такой потенциал называется **защитным**.
- Разновидностью электрохимической коррозии является **почвенная коррозия**, т.е. разрушение подземных металлических конструкций почвенной средой. Основной вид такой коррозии – разрушение металла в почвенной среде – электролите. В почве также может происходить коррозия, вызванная блуждающими токами и воздействием сульфатных бактерий.
- Согласно электрохимической теории коррозии, металлические сооружения рассматриваются как **многоэлектродные гальванические элементы**. На металлических конструкциях, находящихся в грунте, образуются микро- и макрогальванические элементы из-за **химической неоднородности металла, деформации его отдельных участков, разнохарактерности внешних факторов**.

Макроскопические гальванические пары возникают при контакте двух металлов различной активности с электролитом. Электроны переходят от более активного металла к менее активному, и более активный металл разрушается. **Микрогальванопары** возникают при соприкосновении металла с электролитом (электролитом может быть влага, адсорбируемая из воздуха).

$$E^0_{\text{Fe}} = -0,44 \text{ В}, E^0_{\text{Cu}} = +0,337 \text{ В}.$$



или в молекулярной
форме:



4.4 Влияние параметров среды на коррозию металлических конструкций

- Коррозионную активность **грунтов** определяют **пористость и степень аэрации**, т.е. проницаемость влаги и воздуха (кислорода) в почву к металлу. Грунты делятся на обладающие окислительными свойствами, т.е. грунты с большой аэрацией, в которых интенсивность коррозии изменяется во времени от больших значений до малых (лессы, пески), и грунты со слабой аэрацией (глины), в которых интенсивность коррозии пропорциональна времени.
- **В глинах** скорость коррозии металлических конструкций из-за сильного торможения катодного процесса в **5–7 раз меньше**, коррозия протекает равномернее, чем в песках.
- Интенсивность коррозии зависит **от влажности грунта и концентрации** в нем солей. Слабая коррозия при незначительной влажности почвы объясняется малой скоростью диффузии ионов у анода – поляризацией. При **избыточной влажности** снижается концентрация почвенного раствора, прекращается доступ кислорода к металлу, и **коррозия затухает**.
- Разные температуры грунта и сооружения на разных глубинах способствуют движению в грунте влаги: насыщенный парами почвенный воздух перемещается в зоне аэрации из более нагретого к менее нагретому слою, где влага конденсируется на поверхности сооружения или конструкции. Различие температур отдельных частей благоприятствует возникновению термогальванических пар с катодными и анодными участками, а колебания влажности и поступление кислорода еще более усиливают коррозию металла. **Замерзание влаги в грунте замедляет коррозию**.

Влияние свойств грунтов на коррозию металлов

- Концентрация солей влияет на электропроводность раствора, и с увеличением их количества возрастает интенсивность коррозии. При этом следует учесть роль и других факторов в развитии коррозии. Так, на участках с повышенной засоленностью иногда имеет значение не состав солей, а их способность удерживать влагу, которая исключает концентрацию кислорода воздуха, что замедляет коррозию.
- Коррозия в зависимости от водородного показателя рН рассматривается в связи со стойкостью оксидных пленок на поверхности металла. По электропроводности грунта или по ее обратной величине – электросопротивлению – можно с достаточной достоверностью судить о его коррозионной активности. При этом соединяются вместе такие важнейшие в почвенной коррозии факторы, как влажность, наличие солей, величина рН.
- При низкой электропроводности коррозия замедляется, а при разрыве электрической цепи совсем прекращается, и, наоборот, при высокой электропроводности грунтов коррозия усиливается.

Влияние атмосферных факторов на коррозионную стойкость металлов

- **Атмосферная коррозия** является наиболее распространенным видом коррозии металлов, поскольку примерно 80% всех металлических конструкций эксплуатируется в атмосферных условиях. Механизм коррозии металлов в атмосферных условиях определяется влажностью среды. **Влажность** является одним из важнейших факторов коррозии металлов. Как правило, скорость коррозии увеличивается с повышением влажности, однако эта зависимость имеет нелинейный характер и не всегда наблюдается. В зависимости от увлажнения поверхности металлических конструкций различают **мокрую, влажную и сухую** атмосферную коррозию металлов.
 1. **Мокрая атмосферная коррозия** протекает при наличии на поверхности металлической конструкции постоянной пленки воды, образующейся при прямом попадании влаги на металл (осадки, полив водой, эксплуатация при погружении в воду и т.д.).
 2. **Влажная атмосферная коррозия** протекает при наличии на поверхности металла тонкой адсорбционной пленки влаги.
 3. **Сухая атмосферная коррозия** протекает при отсутствии влаги на поверхности металла.
- В первых двух случаях механизм коррозии – **электрохимический**, в третьем случае – это **химическая газовая коррозия**.

Влияние состава газа на скорость коррозии.

Загрязнение воздуха углекислым газом, диоксидом серы, парами воды вызывает повышение скорости газовой коррозии.

Влияние давления на скорость коррозии.

Если парциальное давление окислителя ниже давления диссоциации образующегося соединения, то термодинамическое окисление металла прекращается.

Если окисление металла лимитируется химической реакцией, то скорость коррозии увеличивается пропорционально корню квадратному от величины давления кислорода.

Влияние температуры на скорость коррозии.

Как правило, с увеличением температуры скорость коррозии **возрастает**. В металлах это так, если это чисто химический процесс. Но с ростом температуры электрическая проводимость металлов уменьшается. Колебания температуры при нагреве металла, попеременные нагрев и охлаждение увеличивают скорость окисления металлов. В оксидной пленке возникают термические напряжения, образуются трещины и она начинает отслаиваться от металла.

Влияние температуры на коррозию металлов

- Изменение температуры оказывает значительное влияние на скорость коррозии, так как при этом меняются многие параметры коррозионного процесса: скорость диффузии реагентов, растворимость реагирующих веществ, и в первую очередь – кислорода и образующихся продуктов, и т.д. Изменение температуры меняет свойства защитных пленок. Например, в интервале температур 50...95°C на поверхности цинка образуется рыхлая, пористая пленка, почти не защищающая металл, в то время как при более низких и более высоких температурах образуется плотная пленка с высокими защитными свойствами, хорошо связанная с металлом.
- Влияние температуры на атмосферную коррозию может быть и обратным: повышение температуры способствует испарению влаги с поверхности металла, замедляя тем самым коррозионный процесс. При постоянной влажности рост температуры вызывает ускорение коррозионного процесса.

- Повышение температуры может менять не только скорость, но и полярность электродов. Так, при высоких температурах в водопроводной воде в гальванической паре цинк–железо в результате изменений потенциалов цинк превращается из анода в катод, а железо становится анодом.
- Различия в температурах отдельных участков металлических изделий и конструкций приводят к возникновению термогальванических элементов.
- Более нагретые участки становятся катодными, а менее нагретые – анодными, подверженными усиленной коррозии.

Развитие коррозии в атмосферных условиях

- При **уменьшении толщины слоя влаги** на поверхности металла в случае мокрой коррозии скорость электрохимической реакции **увеличивается** вследствие облегчения доступа кислорода к металлу. При дальнейшем уменьшении толщины пленки на поверхности металла образуется труднопроницаемая пленка продуктов коррозии, что приводит к снижению скорости коррозионного процесса (влажная атмосферная коррозия). При отсутствии влажностной пленки на поверхности металла (сухая атмосферная коррозия) скорость коррозионного процесса еще больше снижается.
- Большое значение для процессов атмосферной коррозии имеет географическое расположение объектов. В условиях **континентального климата коррозия металлов протекает медленнее**, чем во влажном климате приморских районов или во влажных субтропиках.

Лекция окончена!
Спасибо за внимание!

