

# Лекция № 8

## **Коррозия металлов Методы защиты от коррозии**

# Коррозия

– разрушение металла в результате его физико-химического взаимодействия с окружающей средой



# Коррозия (по механизму)

```
graph TD; A[Коррозия (по механизму)] --> B[химическая]; A --> C[электрохимическая];
```

## химическая

в среде неэлектролитов

непосредственное

взаимодействие с

ОКИСЛИТЕЛЯМИ

*газовая* ( $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $Hal_2$ )

*жидкостная* (нефть, бензин)

## электрохимическая

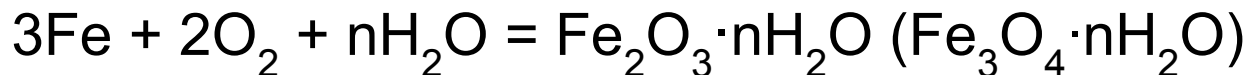
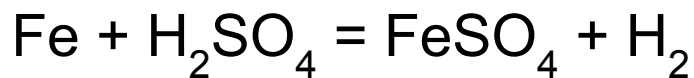
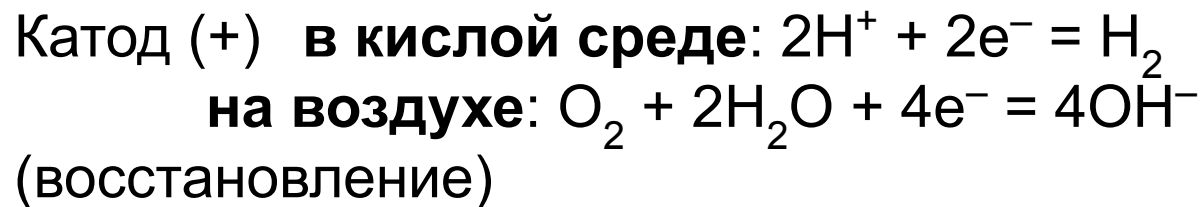
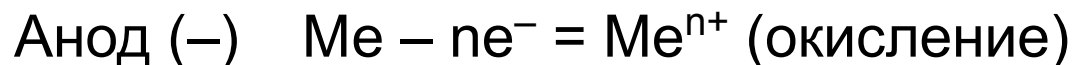
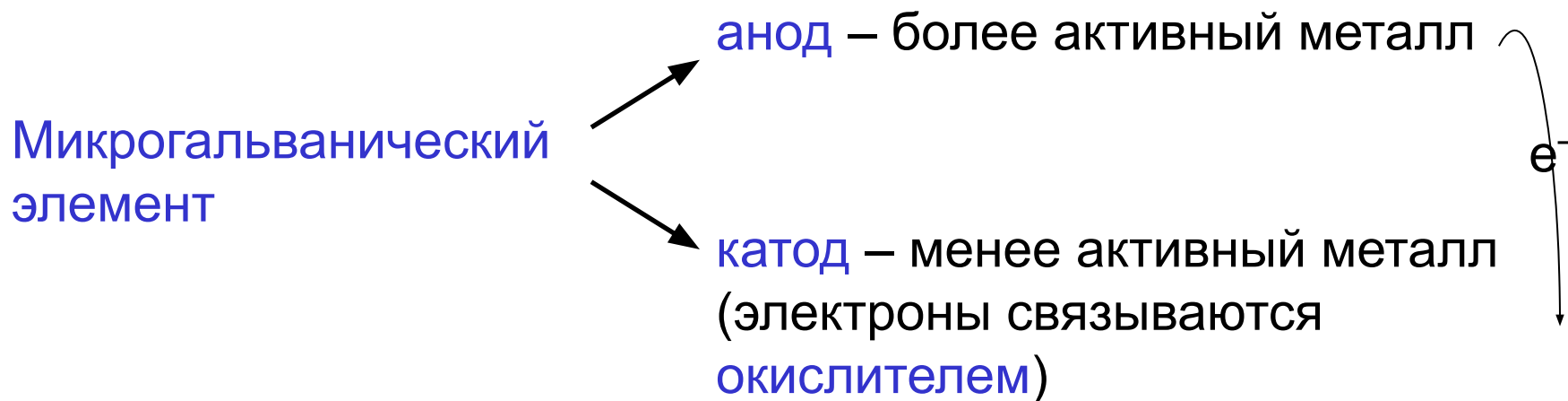
в среде электролитов

сопровождается

возникновением эл. тока

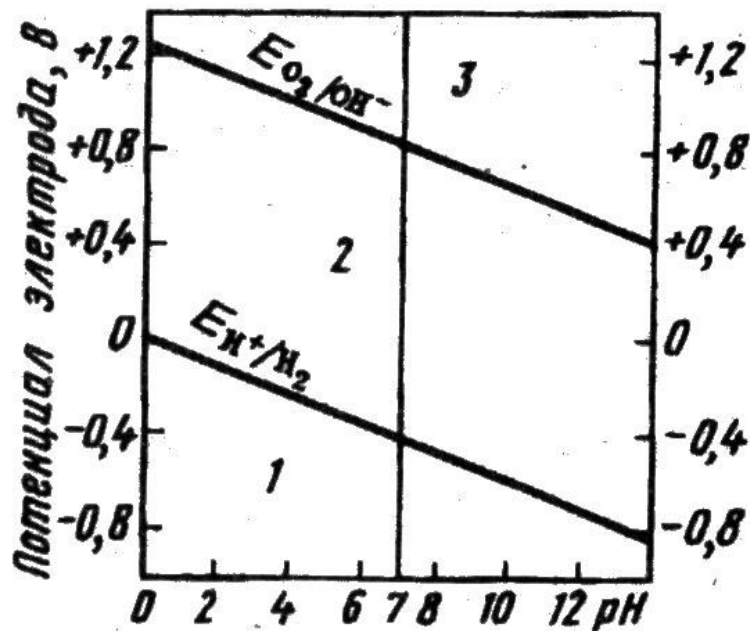
во влажном воздухе, в  
воде, почве

# Электрохимическая коррозия



# Термодинамика коррозии

Металл корродирует, если  $E > 0$



Зависимости потенциалов водородного и кислородного электродов от pH среды при  $\bar{p}_{O_2} = \bar{p}_{H_2} = 1$  (100 кПа)

# Э/х коррозия (по характеру среды)

- атмосферная
- солевая (морская, речная)
- почвенная
- биокоррозия
- электрокоррозия

# Э/х коррозия (по характеру разрушений)

сплошная – вся поверхность металла

местная – отдельные участки поверхности

точечная

язвенная

расслаивающая - вызывающая расслоение металла и  
вспучивание слоев

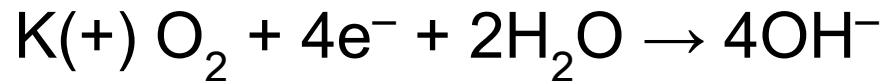
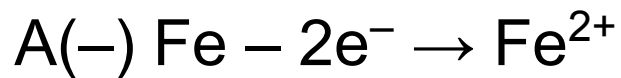
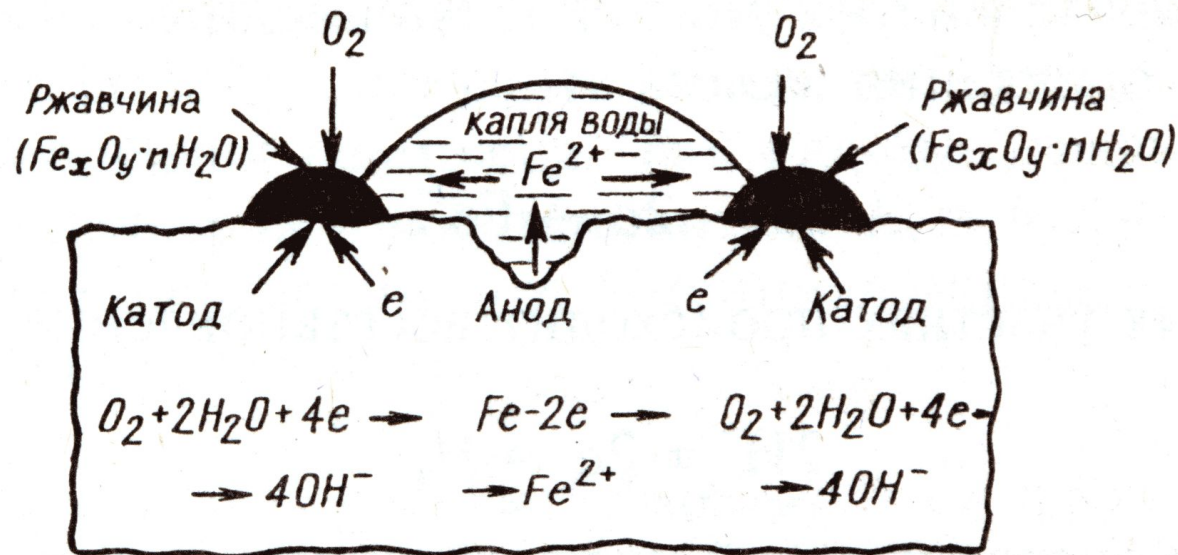
межкристаллитная – избирательное разрушение границ  
зерен

селективная (избирательная) – растворение отдельных  
компонентов сплава

контактная – при контакте двух металлов

щелевая – в щелях и узких зазорах

# Коррозия при неравномерной аэрации





# Способы защиты от коррозии

1. Нанесение покрытий
2. Легирование металлов
3. Электрохимическая защита
4. Изменение свойств коррозионной среды

# Защитные покрытия

металлические

химические

неметаллические

неорганические:

эмали

органические:

лаки

краски

пластмассы

смолы

битум

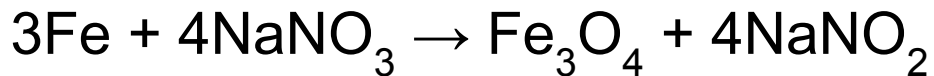
асфальт

# Химические покрытия

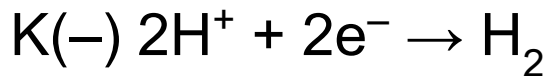
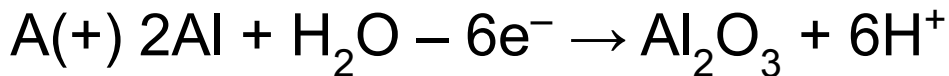
Химическая обработка поверхности металла с целью получения пленки, устойчивой к коррозии

**Оксидирование** – получение оксидных пленок

Воронение сталей:



Анодирование алюминия (электролиз)



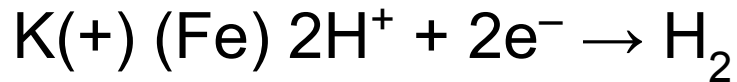
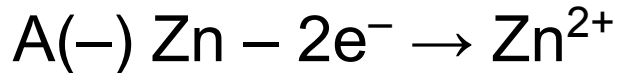
**Фосфатирование** ( $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ )

**Азотирование** ( $\text{Cr}_2\text{N}$ ,  $\text{AlN}$ )

# Металлические покрытия

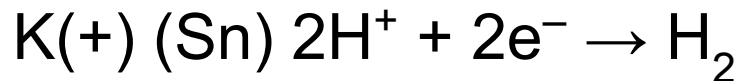
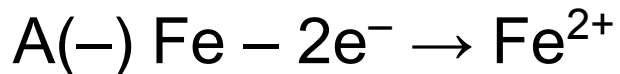
**Анодное** покрытие – покрытие металлом, с более отрицательным потенциалом

Оцинкованное железо



**Катодное** покрытие – покрытие металлом, с более положительным потенциалом

Луженое железо



# Легирование металлов

Введение в сплав компонентов (Cr, Ni, Al, Pb, Mo, Mn, W), повышающих коррозионную стойкость

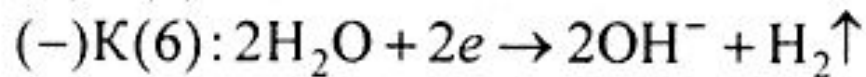
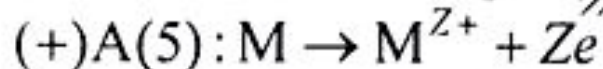
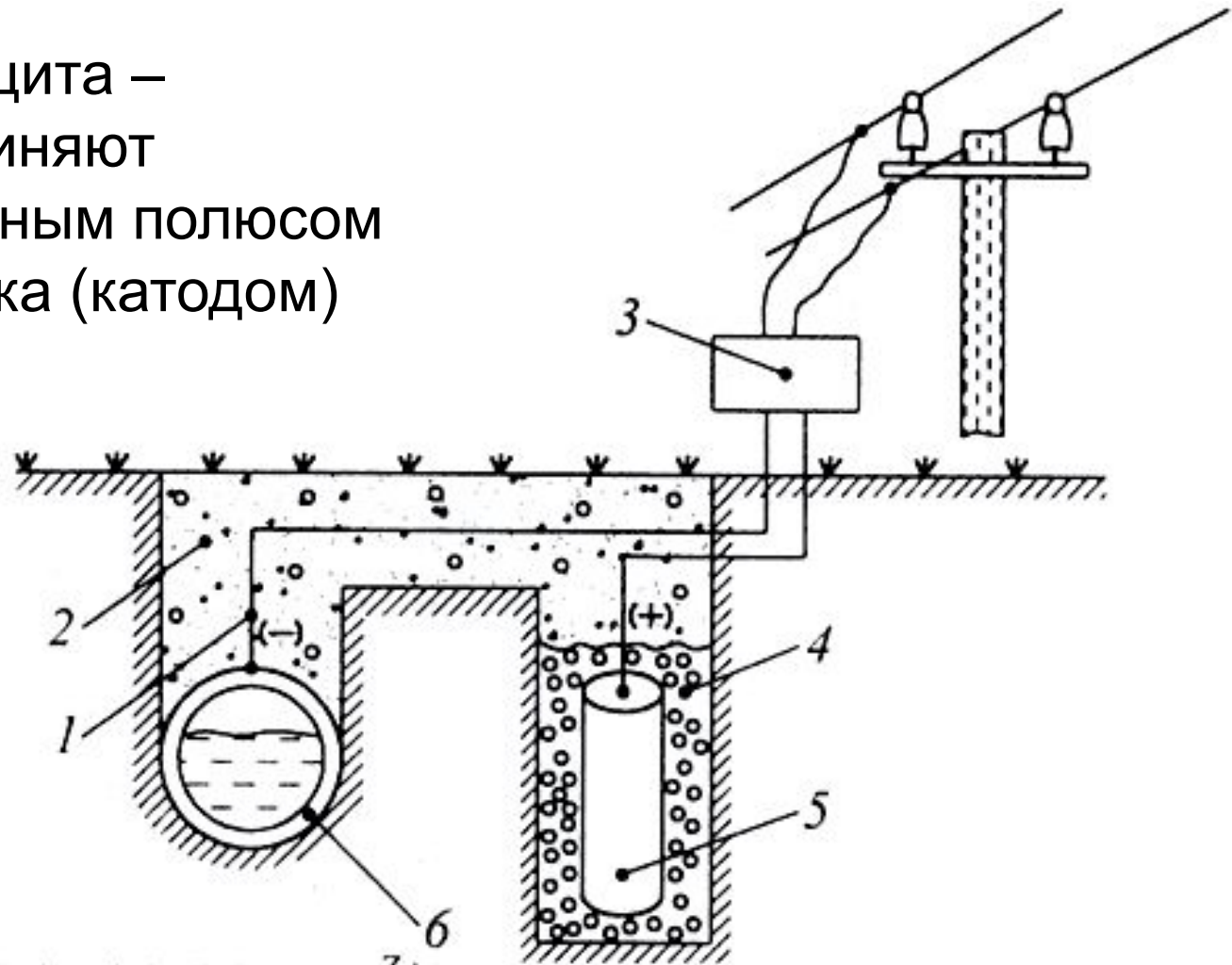
Состав стали (Fe)	Свойства	Применение
Cr (4-9%)	устойчивость в атмосфере, растворах кислот, солей (кроме хлоридов)	нефте-перерабатывающая промышленность
Cr (25%), Si (1%)	жаростойкость до 900 –950°C	горелки, элементы печей
Cr (30%), Al (5%), Si (0,5%)	жаростойкость до 1300°C	спирали электронагревательных приборов

# Сплавы

Медь	Алюминий	Никель
Оловянистые бронзы (8-10% Sn)	Дюралюмин (4% Cu, 0,6% Mg, 0,6% Mn, 0,7% Si, 0,7% Fe)	Нихром (20% Cr)
Алюминиевые бронзы (10% Al)	Коррозионностойкий сплав (9-11% Mg)	Инконель 600 (16% Cr, 7% Fe)
Латунь (Cu–Zn)	Авиаль (Al, Mg, Si)	Хромель Р (10% Cr)
Мельхиор (Cu–Ni)		

# Электрохимическая защита

Катодная защита – металл соединяют с отрицательным полюсом источника тока (катодом)



# Электрохимическая защита

**Протекторная** защита – к изделию присоединяют металл с более отрицательным потенциалом (Zn, Mg, Al)

**Анодная** защита – металл соединяют с положительным полюсом источника тока (анодом) (для легко пассивирующихся металлов (Ni, Cr, Ti, Al))



# Изменение свойств коррозионной среды

Введение **ингибиторов** коррозии

Адсорбционные ингибиторы (диэтиламин, уротропин)

Пассивационные ингибиторы ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

**Удаление** агрессивных компонентов из среды

Деаэрация (кипячение, барботаж инертного газа)

Применение восстановителей (сульфиты, гидразин)

Подщелачивание ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ )

Удаление солей (ионный обмен)

Осушка воздуха (силикагель)

# Коррозия под действием блуждающих токов

"Вход" тока – катодный участок, "выход" тока – анодный участок (корродирует)

## Защита

Дренаж – соединение проводником анодной зоны трубы и катодной зоны рельса

Дополнительный анод, соединенный с катодным участком рельса

# Стандартные электродные потенциалы

Электрод	Электродная реакция	$E^0$ , В
Li <sup>+</sup> /Li	Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Li	- 3,02
K <sup>+</sup> /K	K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → K	- 2,92
Ca <sup>2+</sup> /Ca	Ca <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Ca	- 2,87
Na <sup>+</sup> /Na	Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Na	- 2,71
Mg <sup>2+</sup> /Mg	Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Mg	- 2,36
Be <sup>2+</sup> /Be	Be <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Be	- 1,85
Al <sup>3+</sup> /Al	Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Al	- 1,66
Ti <sup>2+</sup> /Ti	Ti <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Ti	- 1,63
Mn <sup>2+</sup> /Mn	Mn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Mn	- 1,18
<b>2H<sub>2</sub>O/H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup></b>	<b>2H<sub>2</sub>O + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup> (pH 14)</b>	<b>- 0,828</b>
Zn <sup>2+</sup> /Zn	Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Zn	- 0,76
Cr <sup>3+</sup> /Cr	Cr <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Cr	- 0,74
Fe <sup>2+</sup> /Fe	Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Fe	- 0,44
<b>2H<sub>2</sub>O/H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup></b>	<b>2H<sub>2</sub>O + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup> (pH 7)</b>	<b>- 0,413</b>
Cd <sup>2+</sup> /Cd	Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Cd	- 0,40
Co <sup>2+</sup> /Co	Co <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Co	- 0,28
Ni <sup>2+</sup> /Ni	Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Ni	- 0,25

Электрод	Электродная реакция	$E^0$ , В
Sn <sup>2+</sup> /Sn	Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Sn	- 0,14
Pb <sup>2+</sup> /Pb	Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pb	- 0,13
<b>2H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub></b>	<b>2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub></b>	<b>+ 0,00</b>
Bi <sup>3+</sup> /Bi	Bi <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Bi	+ 0,22
Cu <sup>2+</sup> /Cu	Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Cu	+ 0,34
<b>O<sub>2</sub>/OH<sup>-</sup></b>	<b>O<sub>2</sub> + 4e<sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O → 4OH<sup>-</sup> (pH 14)</b>	<b>+ 0,401</b>
I <sub>2</sub> /I <sup>-</sup>	I <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2I <sup>-</sup>	+0,54
Ag <sup>+</sup> /Ag	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Ag	+ 0,80
<b>O<sub>2</sub>/OH<sup>-</sup></b>	<b>O<sub>2</sub> + 4e<sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O → 4OH<sup>-</sup> (pH 7)</b>	<b>+ 0,82</b>
Hg <sup>2+</sup> /Hg	Hg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Hg	+ 0,85
Pd <sup>2+</sup> /Pd	Pd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pd	+ 0,99
Br <sub>2</sub> /Br <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2Br <sup>-</sup>	+1,09
Pt <sup>2+</sup> /Pt	Pt <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> → Pt	+ 1,19
Cl <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2Cl <sup>-</sup>	+1,36
<b>O<sub>2</sub> + 4H<sup>+</sup>/2H<sub>2</sub>O</b>	<b>O<sub>2</sub> + 4e<sup>-</sup> + 4H<sup>+</sup> → 2H<sub>2</sub>O (pH 0)</b>	<b>+ 1,23</b>
Au <sup>3+</sup> /Au	Au <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> → Au	+ 1,50
F <sub>2</sub> /F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → 2F <sup>-</sup>	+2,87