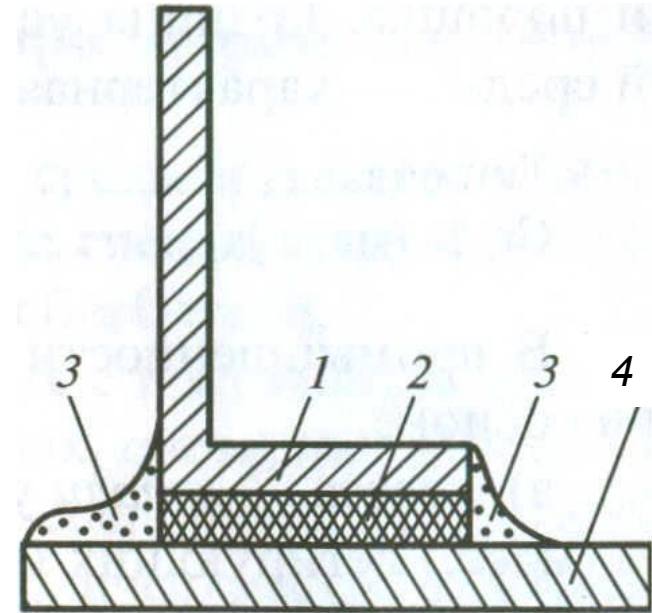


Способы защиты от коррозии

1. Рациональное конструирование. Легирование металлов
2. Защитные покрытия
3. Изменение свойств коррозионной среды
4. Электрохимическая защита

Рациональное конструирование

- а) правильный выбор стойких в данной коррозионной среде материалов (металлов, сплавов, герметиков, диэлектриков, пропиток и др.) для изделий и конструкций;
- б) рациональное сочетание в одном узле деталей из разных металлов: предотвращение их контакта друг с другом и с коррозионной средой путем изоляции соприкасающихся поверхностей;
- в) оптимальная форма деталей: с минимумом коррозионно-опасных участков (углублений, пазов, щелей, канавок, зазоров, застойных зон);
- г) характер соединения элементов в сборке: сварные соединения предпочтительнее клепаных и болтовых, которые ведут к возникновению больших внутренних напряжений и пор;
- д) возможность нанесения и возобновления различных покрытий в процессе эксплуатации изделий и при их ремонте.



- 1 – алюминиевый уголок
- 2 – уплотнительная прокладка
- 3 – герметик
- 4 - лист из медного сплава

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)		Алюмель (2% Al, 2% Mn, 1% Si)

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

Маркировка легированных сплавов

А – азот, **Б** – ниобий, **В** – вольфрам, **Г** – марганец, **Д** – медь, **Е** – селен, **К** – кобальт, **М** – молибден, **Н** – никель, **П** – фосфор, **Р** – бор, **С** – кремний, **Т** – титан, **Ф** – ванадий, **Х** – хром, **Ц** – цирконий, **Ю** – алюминий.

сталь марки **10Х17Н13М2Т**

0,1% углерода (первая цифра – содержание углерода в сотых долях процента)

17% хрома

13% никеля,

2% молибдена и

1,5% титана (буква без цифры – содержание до 1,5%).

Защитные покрытия

металлические

химические

неметаллические

неорганические:

эмали

органические:

смазки

лаки

краски

пластмассы

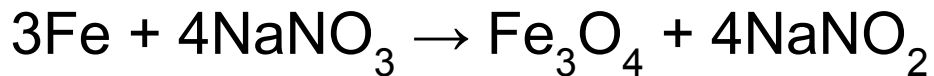
полимеры

Химические покрытия

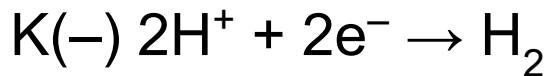
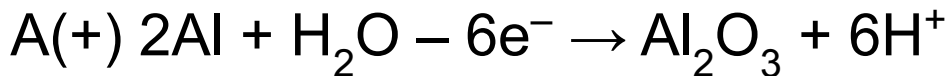
Химическая обработка поверхности металла с целью получения пленки, устойчивой к коррозии

Оксидирование – получение оксидных пленок

Воронение сталей:



Анодирование алюминия (электролиз)



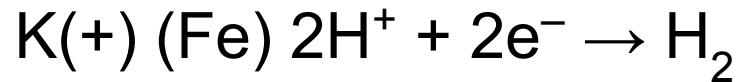
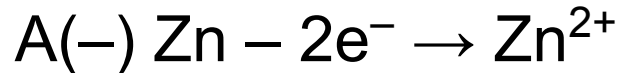
Фосфатирование ($\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$)

Азотирование (Cr_2N , AlN)

Металлические покрытия

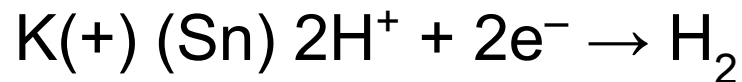
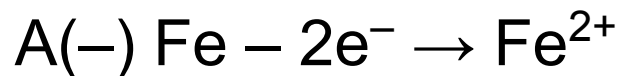
Анодное покрытие – покрытие металлом с более отрицательным потенциалом

Оцинкованное железо



Катодное покрытие – покрытие металлом с более положительным потенциалом

Луженое железо



Катодное и анодное покрытия

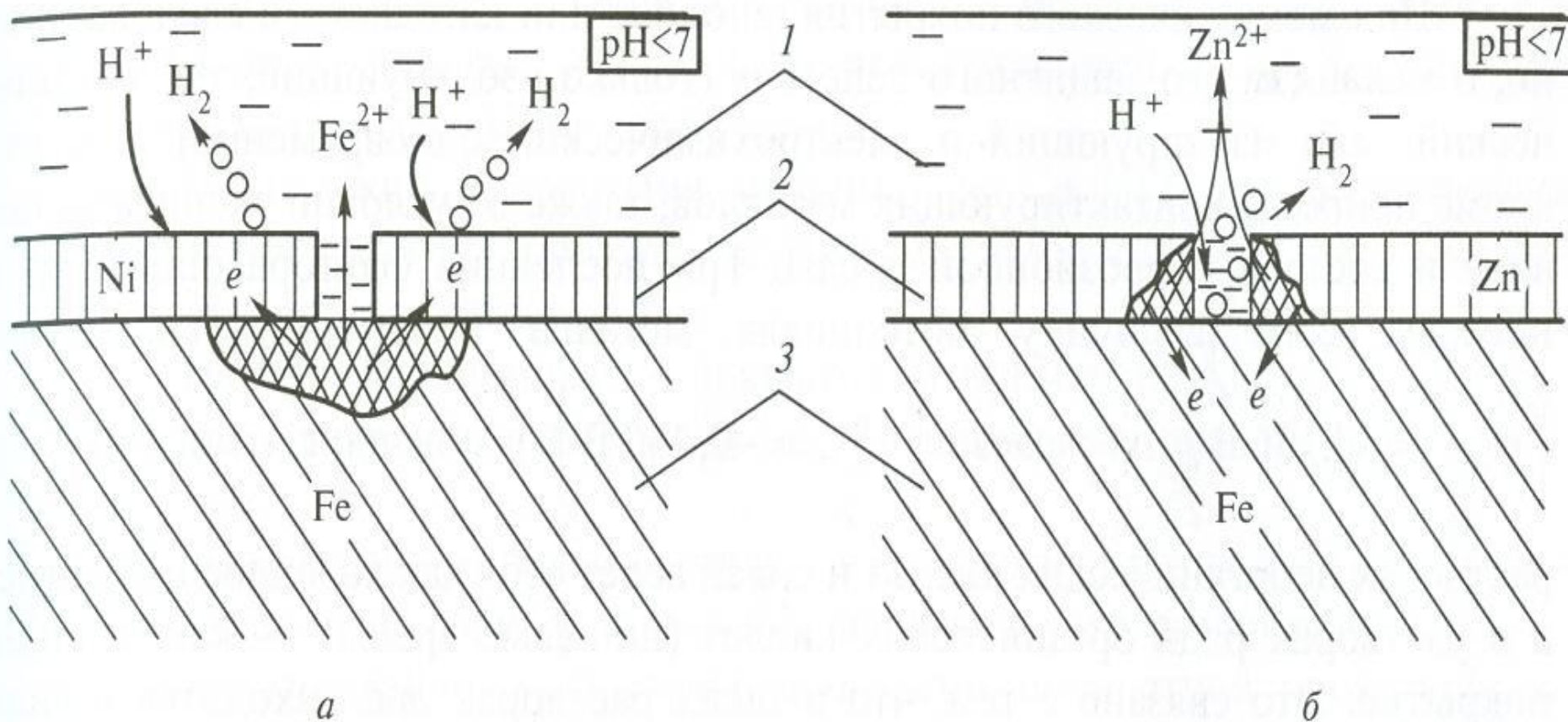


Рис. 19.4. Поведение изделия из железа 3 с катодным (а) и анодным (б) покрытиями 2 в кислотном растворе 1 в условиях электрохимической коррозии при нарушении целостности покрытия

Изменение свойств коррозионной среды

Введение **ингибиторов** коррозии

Анодные ингибиторы (хроматы, нитриты)

Катодные ингибиторы ($\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$, Na_2SO_3)

Экранирующие ингибиторы (амины, фенолы, органические кислоты)

Удаление агрессивных компонентов из среды

Деаэрация (кипячение, барботаж инертного газа)

Применение восстановителей (сульфиты, гидразин)

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

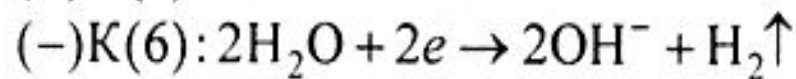
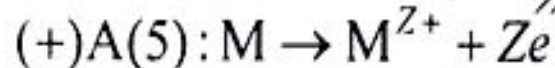
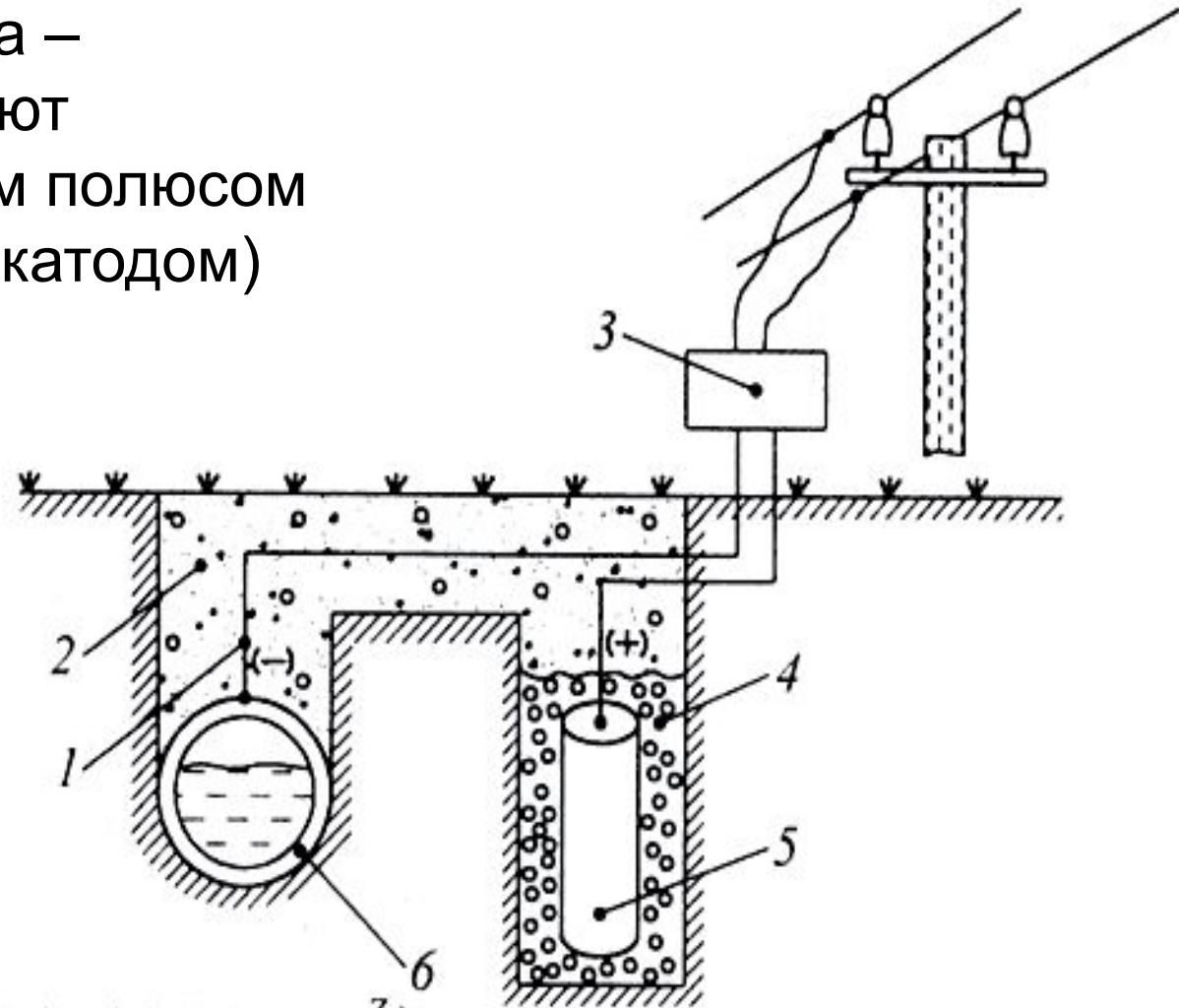
Удаление солей (ионный обмен)

Осушка воздуха (силикагель)

Электрохимическая защита

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

- 1 – стальной провод с изоляцией
- 2 – грунт
- 3 – выпрямитель тока
- 4 – токопроводящая засыпка
- 5 – вспомогательный анод
- 6 – защищаемая конструкция (трубопровод) - катод



Электрохимическая защита

Протекторная защита – к изделию присоединяют металл с более отрицательным потенциалом (Mg и его сплавы, реже Zn, Al)

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

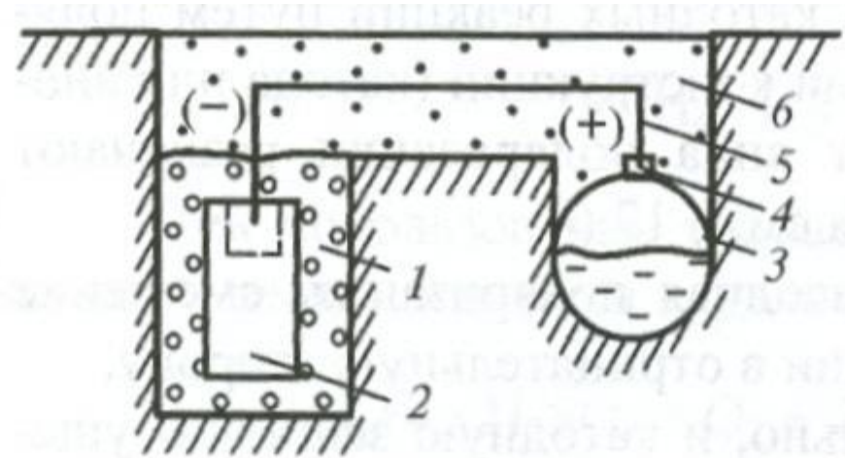
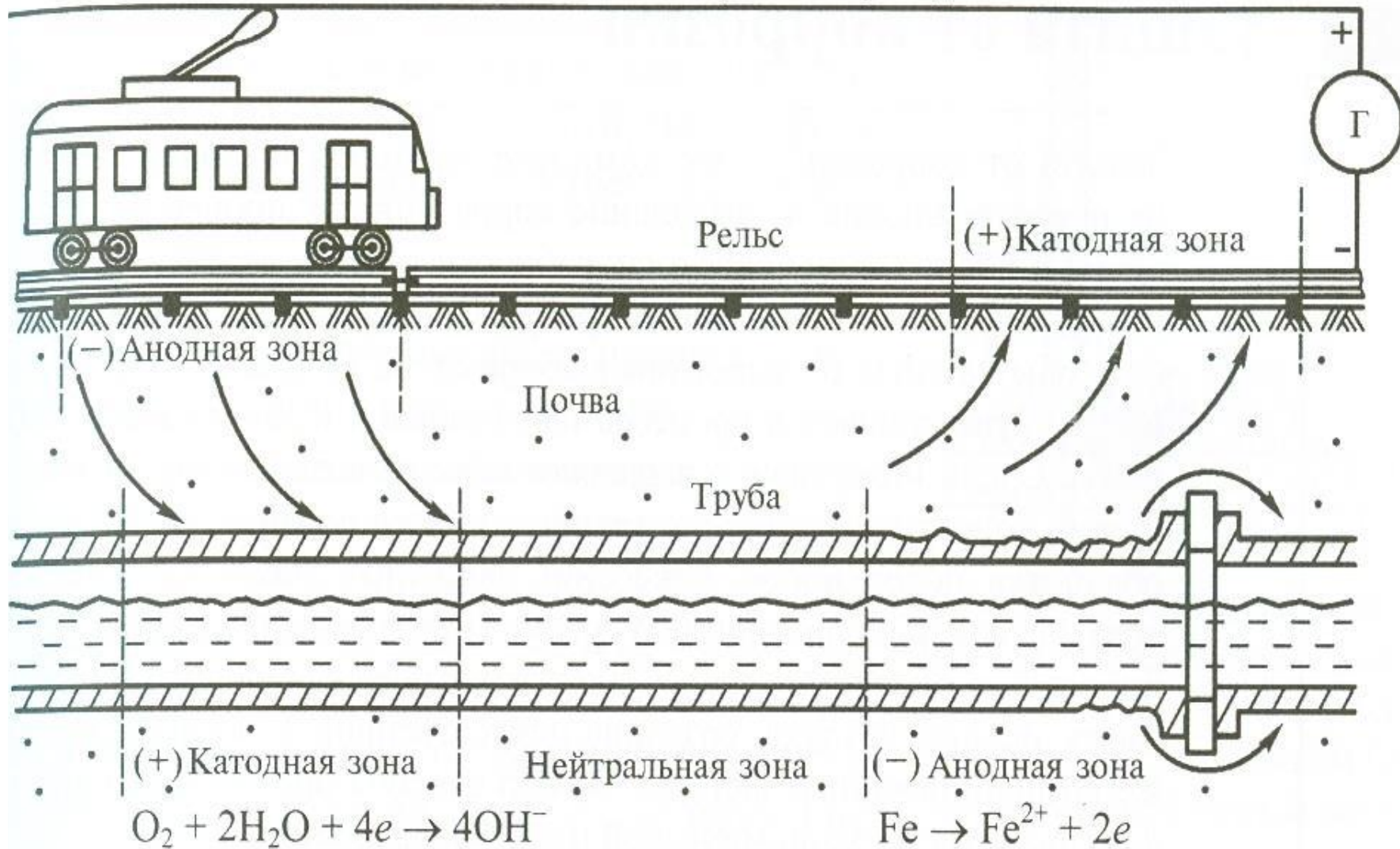


Рис. 19.3. Схема катодной защиты протектором («жертвенным» анодом):

1 — засыпка (сuspension бентонита и алебаstra, увеличивающая сопротивление грунта); 2 — протектор, или «жертвенный» анод; 3 — защищаемая конструкция (трубопровод) — катод; 4 — стальной наконечник; 5 — стальной провод с изоляцией; 6 — грунт

Коррозия блуждающими токами

Контактный воздушный провод



Коррозия под действием блуждающих токов

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

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 ⁺ /Li	Li ⁺ + e ⁻ → Li	- 3,02
K ⁺ /K	K ⁺ + e ⁻ → K	- 2,92
Ca ²⁺ /Ca	Ca ²⁺ + 2e ⁻ → Ca	- 2,87
Na ⁺ /Na	Na ⁺ + e ⁻ → Na	- 2,71
Mg ²⁺ /Mg	Mg ²⁺ + 2e ⁻ → Mg	- 2,36
Be ²⁺ /Be	Be ²⁺ + 2e ⁻ → Be	- 1,85
Al ³⁺ /Al	Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	- 1,66
Ti ²⁺ /Ti	Ti ²⁺ + 2e ⁻ → Ti	- 1,63
Mn ²⁺ /Mn	Mn ²⁺ + 2e ⁻ → Mn	- 1,18
2H₂O/H₂ + 2OH⁻	2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻ (pH 14)	- 0,828
Zn ²⁺ /Zn	Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	- 0,76
Cr ³⁺ /Cr	Cr ³⁺ + 3e ⁻ → Cr	- 0,74
Fe ²⁺ /Fe	Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	- 0,44
2H₂O/H₂ + 2OH⁻	2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻ (pH 7)	- 0,413
Cd ²⁺ /Cd	Cd ²⁺ + 2e ⁻ → Cd	- 0,40
Co ²⁺ /Co	Co ²⁺ + 2e ⁻ → Co	- 0,28
Ni ²⁺ /Ni	Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	- 0,25

Электрод	Электродная реакция	E^0 , В
Sn ²⁺ /Sn	Sn ²⁺ + 2e ⁻ → Sn	- 0,14
Pb ²⁺ /Pb	Pb ²⁺ + 2e ⁻ → Pb	- 0,13
2H⁺/H₂	2H⁺ + 2e⁻ → H₂	+ 0,00
Bi ³⁺ /Bi	Bi ³⁺ + 3e ⁻ → Bi	+ 0,22
Cu ²⁺ /Cu	Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+ 0,34
O₂/OH⁻	O₂ + 4e⁻ + 2H₂O → 4OH⁻ (pH 14)	+ 0,401
I ₂ /I ⁻	I ₂ + 2e ⁻ → 2I ⁻	+0,54
Ag ⁺ /Ag	Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+ 0,80
O₂/OH⁻	O₂ + 4e⁻ + 2H₂O → 4OH⁻ (pH 7)	+ 0,82
Hg ²⁺ /Hg	Hg ²⁺ + 2e ⁻ → Hg	+ 0,85
Pd ²⁺ /Pd	Pd ²⁺ + 2e ⁻ → Pd	+ 0,99
Br ₂ /Br ⁻	Br ₂ + 2e ⁻ → 2Br ⁻	+1,09
Pt ²⁺ /Pt	Pt ²⁺ + 2e ⁻ → Pt	+ 1,19
Cl ₂ /Cl ⁻	Cl ₂ + 2e ⁻ → 2Cl ⁻	+1,36
O₂ + 4H⁺/2H₂O	O₂ + 4e⁻ + 4H⁺ → 2H₂O (pH 0)	+ 1,23
Au ³⁺ /Au	Au ³⁺ + 3e ⁻ → Au	+ 1,50
F ₂ /F ⁻	F ₂ + 2e ⁻ → 2F ⁻	+2,87