

ПРАКТИКУМ

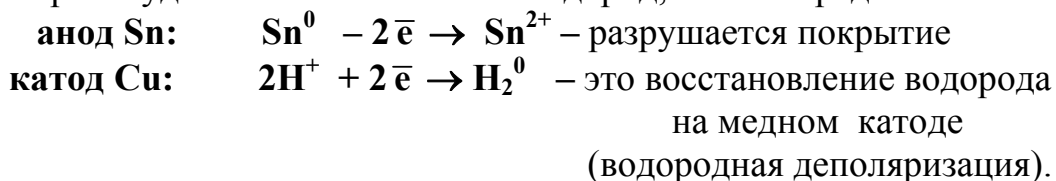
По теме коррозия металлов.

Примеры решения практических заданий.

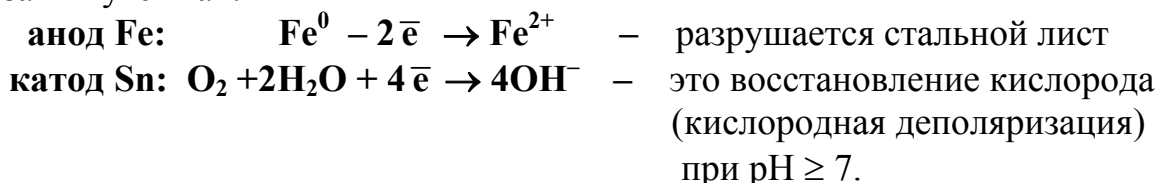
Задание 1. Как записать анодный и катодный процессы при коррозии лужёной медной фольги в кислой среде ($\text{pH}=2$) и лужёного стального листа в слабощелочной среде ($\text{pH}=8$) при нарушении сплошности покрытий?

Решение:

Лужёные изделия – покрытые оловом. В гальванической паре **Sn–Cu**, судя по расположению металлов в ряду напряжений, олово – анод – будет разрушаться. Открытые из-за царапин участки из меди – катодные участки, на которых будет восстанавливаться водород, так как среда кислая:



Если мы залудили стальной лист и случайно поцарапали, то в этом случае анодом в гальванопаре олово–железо будет железо: в ряду напряжений $E_{\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ В}$, а $E_{\text{Sn}}^0 = -0,14 \text{ В}$. Если ещё сказать, что в плёнке влаги на поверхности листа среда слабощелочная ($\text{pH}=8$), то анодные и катодные реакции запишутся так:

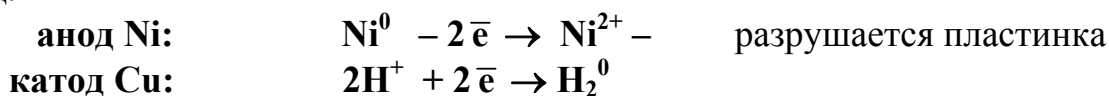


Итак, в случае возникновения контактной разности потенциалов (при нарушении сплошности покрытия или другим причинам) разрушаются участки более активного (по ряду напряжений) металла: разрушается (окисляется) анод. На катоде в зависимости от среды ($\text{pH} < 7$, $\text{pH} \geq 7$) идёт реакция восстановления водорода или кислорода (водородная или кислородная деполяризация).

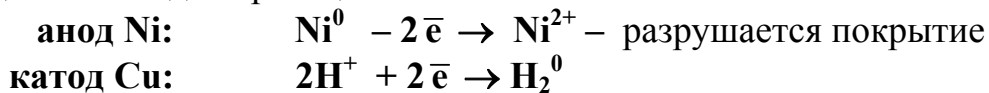
Задание 2. Будет ли корродировать во влажном воздухе ($\text{pH} = 5$) никелевая пластинка, покрытая медью, если её поцарапать? Будет ли корродировать рядом лежащая медная пластинка покрытая никелем, если поцарапать её? А такая же «царапанная» медная, но позолоченная? Ответ подтвердите уравнениями предполагаемых реакций электрохимической коррозии.

Решение: Выпишем фрагмент ряда напряжений: ...Ni...H...Cu...Au

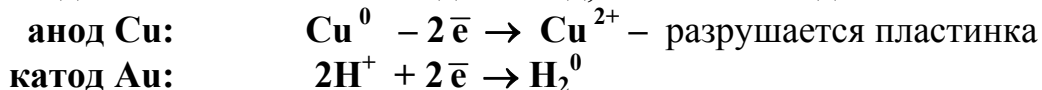
Отсюда сразу видно, что медь на никелевой пластинке – катодное покрытие. Да, пластинка будет корродировать: в паре с медью металл никель – анод.



Наоборот, никелированная, в царапинах медная пластинка не будет корродировать. В этом случае мы имеем дело с анодным покрытием, так как в паре с медью никель – анод, разрушается материал защиты. Естественно, что анодная и катодная реакции не изменяются:



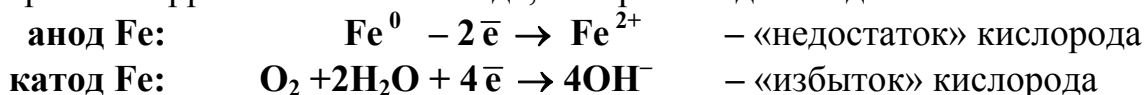
Медная пластинка, покрытая золотом и поцарапанная, будет корродировать: медь активнее золота. Медь – анод, золото – катод.



Задание 3. Какая часть гвоздя наиболее будет подвергаться коррозии, если гвоздь забит в доску деревянного забора лишь наполовину?

Решение:

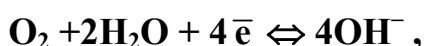
Известно, что наименее аэрируемые участки металлической поверхности наиболее подвержены коррозии – это анодные участки. Обдуваемые воздухом (больше кислорода) части гвоздя – катодные участки. Поэтому более подвержена коррозии та часть гвоздя, которая «сидит» в доске:



Задание 4. Где при прочих равных условиях будет интенсивнее корродировать стальная арматура: во влажном бетоне (pH = 12) или влажной земле (pH = 5)? А алюминиевая?

Решение:

Катодная реакция ускоряется в кислой среде: $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2^0$, а, следовательно, интенсивнее будет происходить и анодная реакция – коррозия железа. Щелочная среда подавляет коррозию за счёт замедления катодной реакции в щелочной среде:



поэтому и скорость анодной реакции (коррозии стального прута) в бетоне будет заметно ниже.

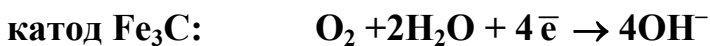
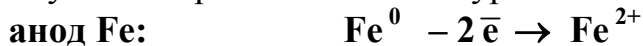
Алюминий – активный амфотерный металл, легко химически взаимодействует со щёлочью, окисляясь и разрушаясь в щелочной среде. Поэтому алюминиевые изделия не терпят контакта с щелочными веществами, в том числе цементными и известковыми растворами и изделиями на их основе (влажные цементный камень и бетон).

Задание 5. Как записать процессы, происходящие при коррозии изделия из конструкционной стали во влажной среде, где pH = 8? Какие фазы стали являются катодом, а какие – анодом?

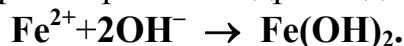
Решение:

Во влажной среде происходит электрохимическая коррозия. Остаётся назвать материалы анода и катода.

Конструкционная сталь состоит в основном из частиц феррита (почти чистое железо), контактирующих с кристаллитами цементита (карбид железа Fe_3C). Вспомним, что энергия атомов металла в свободном состоянии больше энергии атомов этого металла в состоянии химической связи с другими атомами. В терминах электродных потенциалов очевидно неравенство $E_{\text{Fe}} < E_{\text{Fe}_3\text{C}}$. Следовательно, частицы феррита (Fe) – аноды (точки коррозии), зёрна цементита (Fe_3C) – катоды, где происходит восстановление кислорода, так как по условию $\text{pH} = 8$. Запишем уравнения реакций на «электродах».



Ионы Fe^{2+} диффундируют в жидкую фазу – плёнку раствора электролита, под покровом которой на поверхности нашего стального изделия и развивается процесс электрохимической коррозии. В жидкой фазе ионы Fe^{2+} и OH^- соединяются, образуя нерастворимый гидроксид:



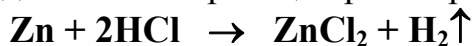
В присутствии кислорода быстро идёт окисление:



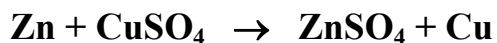
Продукт коррозии рыже-бурого цвета соединение переменного состава $x\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot y\text{Fe}(\text{OH})_3$ – входит в состав ржавчины. Обратим внимание на то, что ржавчина – продукт коррозии только железа. Поэтому ни один другой металл «ржаветь» не может, а может только корродировать.

Задание 6. Почему в реакции цинка с соляной кислотой выделение водорода через некоторое время «гаснет», но вновь оживляется, если в пробирку добавить каплю раствора сульфата меди-II?

Сначала в пробирке идёт обычная реакция растворения цинка в кислоте:



Но через некоторое время выделение водорода затрудняется, реакция тормозится слоями из пузырьков водорода, прилипающими к поверхности цинка из-за сил межмолекулярного взаимодействия (сорбционные силы). При добавлении в пробирку капли раствора медной соли происходит восстановление меди:



Медь осаждается на поверхности горошины в виде мелких частичек – образуется множество классических микрогальванических пар цинк–медь в растворе кислого электролита. Тотчас начинается электрохимическая коррозия в кислой среде.



Выделяющийся «электрохимический» водород явно оживляет процесс разрушения цинка в кислоте.

Примеры решения тестовых заданий:

Задание 1. Примеси какого металла уменьшают коррозионную стойкость железа?

1. никель
2. хром
3. медь
4. цинк
5. марганец

Решение:

Примеси менее активных металлов при контакте с более активным создают гальванические элементы, в которых анодом (разрушается при окислении) является именно более активный металл.

Поэтому, коррозионную стойкость железа будут уменьшать менее активные металлы (с большим электродным потенциалом). В нашем варианте – это никель и медь.

Правильные ответы первый и третий.

Задание 2. Защитное покрытие по железу из какого металла наиболее долговечно в отсутствии механических воздействий в кислой среде?

- 1) никель
- 2) медь (*правильный ответ*)
- 3) цинк
- 4) хром
- 5) олово

Решение:

Наибольшую долговечность (в отсутствии повреждений) имеет катодное покрытие – из менее активного металла (катод в гальванических элементах не изменяется).

Исходя из ряда напряжений металлов делаем заключение, что правильный ответ – второй.

Задание 3. Коррозия железа происходит в кислой среде. При добавлении какой соли коррозия ускорится?

- 1) ZnSO_4
- 2) FeSO_4
- 3) MgSO_4
- 4) CuSO_4 (*правильный ответ*)
- 5) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Решение:

Соли могут ускорять коррозию в трёх случаях: при наличии в их составе ионов галогена (хлориды и т.д.); при гидролизе солей с образованием кислотной среды (соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой); и в случае вытеснения менее активного металла из состава соли более активным с образованием микрогальванических элементов, в которых коррозии подвергается более активный металл.

Хлоридов по условию нет, поэтому первый случай исключён. Поскольку по условию коррозия происходит и так в кислой среде, то второй случай тоже отпадает. Остаётся третий случай. Исходя из ряда напряжений, заключаем, что менее активным, чем железо металлом в составе предлагаемых солей является только медь.

Поэтому правильный ответ – четвёртый.

Задание 4. Коррозия цинка происходит в нейтральной водной среде. При добавлении каких веществ разрушение металла ускорится?

- 1) KNO_3
- 2) NaOH (*правильный ответ*)
- 3) Na_2SO_4
- 4) K_2SO_4
- 5) AgNO_3 (*правильный ответ*)

Решение:

Цинк – амфотерный металл, поэтому добавление щёлочи приведёт к его ускоренному разрушению за счёт химического взаимодействия.

Соли могут ускорять коррозию в трёх случаях: при наличии в их составе ионов галогена (хлориды и т.д.); при гидролизе солей с образованием кислотной среды (соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой); и в случае вытеснения менее активного металла из состава соли более активным с образованием микрогальванических элементов, в которых коррозии подвергается более активный металл.

В предлагаемых по условию солях нет хлоридов, но есть соль, образованная слабым основанием и сильной кислотой – нитрат серебра AgNO_3 . Эта же соль содержит также менее активный, чем цинк металл.

Правильный ответ – пятый.

Задание 5. Что будет являться продуктом коррозии сплава цинка и меди в водном растворе NaCl ?

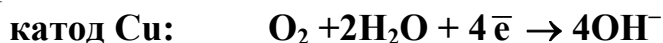
- 1) хлорид цинка
- 2) хлорид меди
- 3) гидроксид цинка (*правильный ответ*)
- 4) гидроксид меди
- 5) водород

Решение:

В гальваническом элементе цинк – медь, анодом будет являться более активный металл – цинк. Он будет окисляться согласно реакции:



В растворе хлорида натрия (нейтральная среда) на катоде происходит кислородная деполяризация:



Продукты указанных реакций объединяются в нерастворимый Zn(OH)_2 .

Правильный ответ – третий

Вопросы и задачи для самостоятельного решения

1. Опишите процессы, происходящие с лужёной медной пластинкой с повреждённым покрытием, оказавшейся в условиях кислой ($\text{pH} = 4$) влажной атмосферы.

2. Какой железный лист быстрее превратится в «решето» на городской свалке (где среда кислая – $\text{pH} = 3$): – «чёрный», необработанный; – такой же, но отполированный до зеркального блеска; – такой же, но отмытый, грунтованный, покрытый суриком; – меднёный; – лужёный; – оцинкованный; – никелированный? Какой из них окажется самым долговечным? Ответ мотивируйте.

3. Напишите анодный и катодный процессы при коррозии контактирующих металлов олово–никель в среде с $\text{pH} = 6$.

4. Приведите пример катодного покрытия на конструкционной стали (будем считать, что на железе) и анодного на титане. Запишите анодные и катодные реакции при электрохимической коррозии в обоих случаях при повреждении покрытий – для первого во влажной среде при $\text{pH} = 10$, для второго случая – во влажной среде при $\text{pH} = 4$.

5. Нарисуйте схему защиты от коррозии стальной конструкции наложенным током (электрозащита).

6. Нарисуйте схему протекторной защиты от коррозии стальной конструкции. Напишите уравнения реакций, протекающих в этом случае, если среда явно кислая ($\text{pH} = 3$).

Примеры заданий в компьютерных тестах

1. Какие металлы будут подвергаться коррозии при контакте с цинком в среде электролита?

1. железо
2. титан
3. медь
4. магний
5. никель

2. Какой металл можно использовать в качестве анодного покрытия для защиты цинка от коррозии?

- 1) олово
- 2) свинец
- 3) титан
- 4) железо
- 5) хром

3. Какой металл можно использовать в качестве катодного покрытия для защиты меди от коррозии?

- 1) олово
- 2) свинец
- 3) серебро

- 4) железо
- 5) золото

4. Какой металл можно использовать в качестве протектора для защиты стальной конструкции от коррозии?

- 1) цинк
- 2) никель
- 3) олово
- 4) магний
- 5) титан

5. Покрытие из какого металла более эффективно защищает сталь от коррозии?

- 1) никель
- 2) медь
- 3) цинк
- 4) олово
- 5) свинец

6. Контакт с каким металлом ускоряет коррозию свинцового изделия в кислой среде?

- 1) железо
- 2) никель
- 3) медь
- 4) олово
- 5) ртуть

7. Коррозия железа происходит в нейтральной водной среде. При добавлении каких веществ коррозия ускорится?

- 1) CuSO_4
- 2) NaOH
- 3) NaCl
- 4) K_2CO_3
- 5) CO_2

8. Какие вещества образуются при электрохимической коррозии сплава железа и никеля в разбавленном водном растворе, содержащем серную кислоту?

- 1) гидроксид железа
- 2) гидроксид никеля
- 3) сульфат железа
- 4) сульфат никеля
- 5) водород