

Лабораторная работа

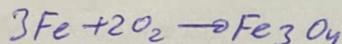
КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Цель работы: изучить протекание процессов электрохимической коррозии металлов в различных средах и методов защиты металлов от коррозии

Основные понятия: типы коррозии - химическая, электрохимическая; механизм электрохимической коррозии; протекание коррозии с водородной или кислородной деполяризацией, электродвижущая сила коррозионного элемента; методы защиты металлов от коррозии.

Химическая коррозия (определение, привести уравнение химической коррозии железа):

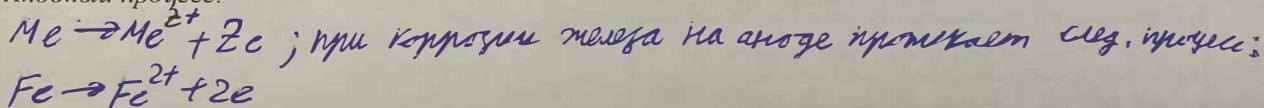
Процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислителя происходит одновременно.



Электрохимическая коррозия (определение, механизм и условия протекания коррозии)

Вид коррозии, при которой на поверхности металла, при наличии на ней электролита образуются микрогальванические элементы, анодами в которых являются структурные составляющие металла, обладающие более низким электрохимическим потенциалом, катоды - участки, электрохимический потенциал которых более положительный по сравнению с потенциалом анода.

Анодный процесс:



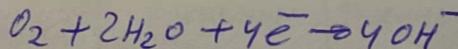
Уравнение Нернста для металлического электрода при $T = 298 \text{ K}$:

$$\varphi_{\text{Me}^{2+}/\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{2+}/\text{Me}}^0 + \frac{0,059}{z} \log a_{\text{Me}^{2+}}$$

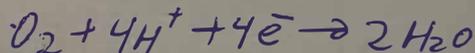
$\varphi_{\text{Me}^{2+}/\text{Me}}^0$ - стандартный потенциал электрода Me^{2+}/Me потенциал металла $a_{\text{Me}^{2+}}$ - активность ионов коррозионного металла

Катодные процессы в азрированной среде:

нейтральная или слабощелочная:

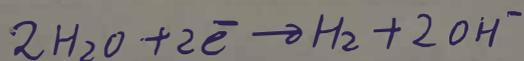


кислотная:

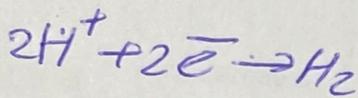


Катодные процессы в деазрированной среде:

нейтральная или слабощелочная:



кислотная:



Уравнение Нернста для кислородного электрода при $T = 298 \text{ K}$ и стандартном давлении:

$$\varphi_{O_2/H_2O, OH^-} = 1,228 - 0,059 \text{ pH}$$

Уравнение Нернста для водородного электрода при 298 K и стандартном давлении:

$$\varphi_{H^+/H_2} = -0,059 \text{ pH}$$

Электродвижущая сила (ЭДС) коррозионного элемента:

$$E = \varphi_{\text{окис.}} - \varphi_{\text{восст.}} = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{а-анод}}$$

Часть 1. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Опыт 1. Коррозия железа в различных электролитах

Образцы: железные пластинки

Коррозионные среды: вода и водные растворы электролитов

Качественное определение коррозии железа (индикаторы коррозии железа):

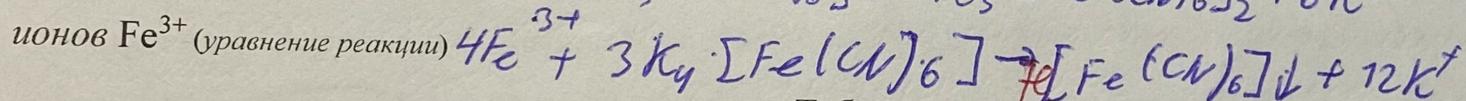
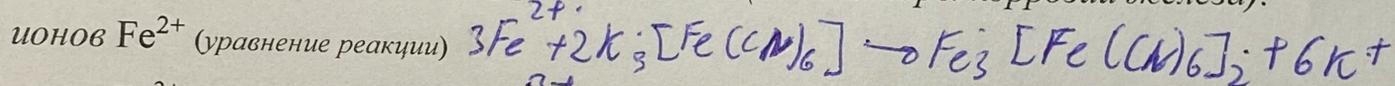


Таблица 1. Экспериментальные данные

Коррозионная среда, pH раствора	Индикатор коррозии железа	Наблюдения	Уравнения электродных процессов и токообразующей реакции
H ₂ O дистиллированная pH = 7	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Площечки	A: $Fe - 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$
			K: $O_2 + H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
			ТОР: $2Fe + O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe^{2+} + 4OH^- \rightarrow 2Fe(OH)_2 \downarrow$
Водный раствор NaCl pH ≈ 7	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Площечки	A: $Fe - 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$
			K: $O_2 + H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
			ТОР: $2Fe + O_2 + H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2 \downarrow$
Водный раствор MgCl ₂ pH < 7	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Площечки	A: $Fe + 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$
			K: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$
			ТОР: $2Fe + O_2 + 4H^+ \rightarrow 2H^{2+} + 2H_2O$
Водный раствор NaOH pH > 7	K ₃ [Fe(CN) ₆]	Нет Площечки	A: нет коррозии; NaOH - ингибитор корр. Fe
			K: —
			ТОР: —

Водный раствор хлора pH < 7	K ₄ [Fe(CN) ₆]	потребление	A: $Fe - 3e^- \rightarrow Fe^{3+}$
			K: а) $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ б) $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$
			ТОР: $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 6Cl^-$

Вывод: (объясните различия анодных и катодных процессов в данных средах и различную скорость коррозии, объясните устойчивость железа в растворе NaOH)

Быстрее всего Fe реагирует в хлорной воде

$v_{Cl_2} > v_{H_2O} > v_{NaCl} > v_{NaOH}$

$Cl_2 - aq : pH_{min}$
 Cl^-, CO_2

Максимальная скорость коррозии в кислой среде и в присутствии активатора.

Опыт 2. Коррозия стали в результате неравномерной аэрации

Образец: стальная пластина

Электролит: ферроксил-индикатор, содержащий NaCl, K₃[Fe(CN)₆], фенолфталеин, агар-агар

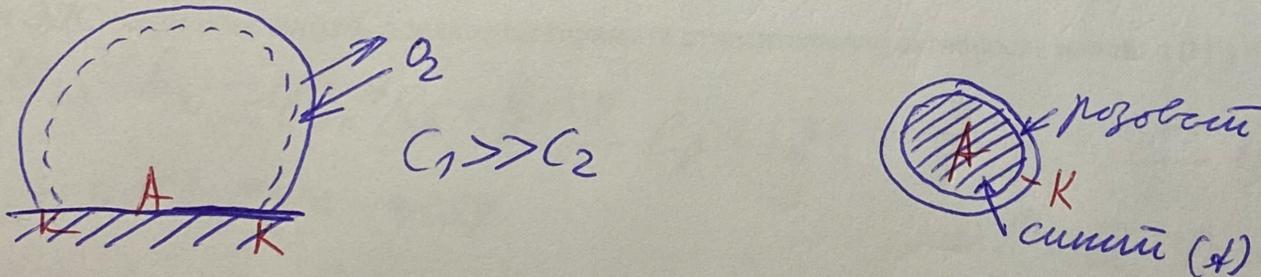
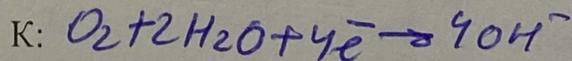
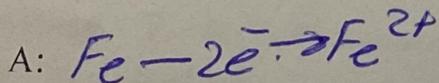
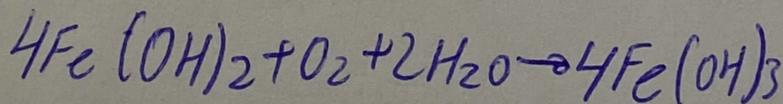
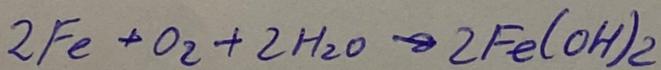


Рис. 1. Коррозия стали под каплей ферроксил-индикатора (с указанием окраски индикатора на разных участках пластины)

Уравнения электродных процессов:



Токообразующая реакция:



Вывод: (объясните механизм образования коррозионного элемента и различную окраску пластины под каплей)

Под каплей воды гд коррозии подвергается

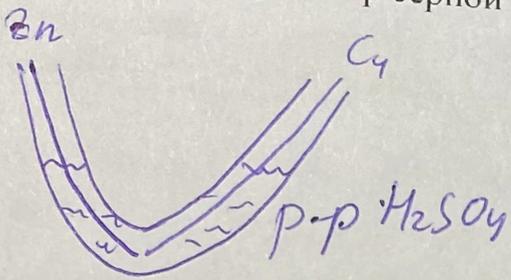
гд неравномерной аэрацией

т.е. разность концентраций кислорода гд

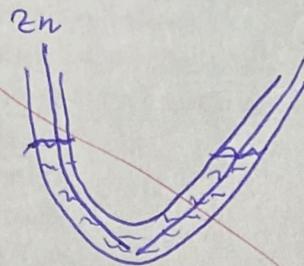
Опыт 3. Коррозия при контакте двух различных металлов

Образцы: пластины цинка Zn ($\varphi^0 = -0,76$ В), меди Cu ($\varphi^0 = +0,34$ В)

Коррозионная среда: раствор серной кислоты H_2SO_4

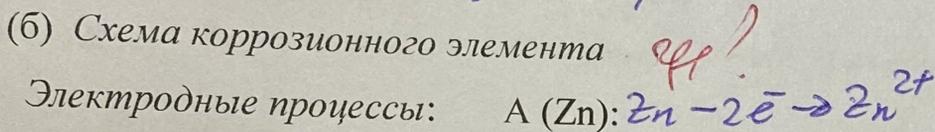
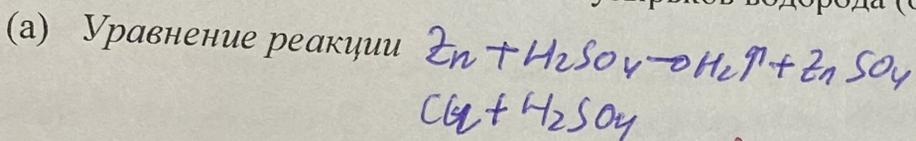


а) без контакта металлов



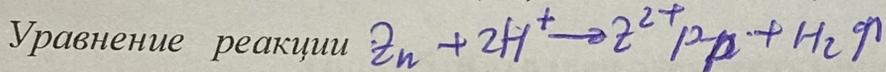
б) при контакте металлов

Рис.2. Выделение пузырьков водорода (обозначьте металлы)



Электродные процессы: А (Zn): $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$

К (Cu): $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$



Расчет ЭДС коррозионного элемента (примите относительную активность ионов: $a(H^+) = 0,1$, $a(Zn^{2+}) = 0,01$):

$$\varphi_A = \varphi_{Zn^{2+}/Zn} = \varphi_{Zn^{2+}/Zn}^0 + \frac{0,059}{2} \lg a_{Zn^{2+}} = -0,76 + \frac{0,05}{2} \lg 10^{-2} = -0,76 - 0,06 = -0,82$$

$$\varphi_{2H^+/H} = -0,059 \cdot pH = -0,059$$

$$\Delta\varphi = \varphi_K - \varphi_A = -0,82 - (-0,059) = -0,761 \text{ В}$$

$$pH = -\lg a_{H^+} = -\lg 10^{-1} = 1$$

$$E = ?$$

Вывод: (объясните происходящие процессы при отсутствии и при наличии контакта металлов)

При контакте 2-х металлов образуется гальванический элемент и контактная коррозия

Часть 2. ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Опыт 4. Катодные и анодные защитные металлические покрытия

Образцы: пластинки оцинкованного железа, луженого железа

Коррозионная среда: раствор серной кислоты H_2SO_4

Индикатор коррозии железа: $K_3[Fe(CN)_6]$

Стандартные потенциалы: $\varphi^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ В}$; $\varphi^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В}$; $\varphi^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,136 \text{ В}$

Таблица 2. Экспериментальные данные

Металлическая пластина	Окраска раствора с пластиной	Наблюдения	Схема коррозионного элемента Уравнения электродных процессов и токообразующей реакции
оцинкованное железо	мелко-зеленый	выделяется H_2	Схема КЭ: $\text{Zn} \text{H}^+ \text{Fe}$ А: $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ К: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ ТОР: $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$
луженое железо	синий	выделение газа	Схема КЭ: $\text{Fe} \text{H}_2\text{SO}_4 \text{Sn}$ А: $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ К: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ ТОР: $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$

Вывод: (укажите тип каждого покрытия — анодное или катодное; объясните механизм защитного действия покрытия)

Цинковое покрытие — анодное (защищает металл) — электрохимическая и механическая
Луженое покрытие — катодное; не защищает от коррозии металла.
(защитный механизм)

Опыт 5. Катодная электрохимическая защита

Образцы: железная пластина; электроды: железо, графит

Электролит: водный раствор NaCl

Индикатор коррозии железа: $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Таблица 3. Экспериментальные данные

Металлическая пластина	Окраска раствора	Выделение пузырьков газа на электродах	Уравнения электродных процессов
Железная	синяя	—	А: $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ К: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$
Железный стержень соединяется с отрицательным полюсом источника постоянного тока, графит — с положительным	синий окраски нет	выделение на аноде	А(графит): $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2$ К(Fe): $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$

Вывод: (объясните механизм катодной защиты) на обоих электродах выдел. газ; (защищает от коррозии)

Задача: Вариант 15

2. Рассчитать потенциалы водородного и кислородного электродов в нейтральной среде. Приведите примеры металлов, которые могут корродировать в водном растворе с $\text{pH}=7$: а) с водородной деполаризацией; б) с кислородной деполаризацией. Ответ обосновать.
 $T=298\text{K}$; относ. давл. $p=1$

$$\varphi_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-} = 1,228 - 0,059 \text{pH} = \text{а) } 0,7$$

$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \text{pH} = \text{б) } (\text{Co}(-0,227\text{В}); \text{Sn}(-0,136\text{В}); \text{Cu}(0,337\text{В}))$$

05