

Корозія та захист металів від корозії

Методичні вказівки до виконання лабораторних та контрольної робіт
для студентів заочної форми навчання
напрямів підготовки
6.051701 – Харчові технології та інженерія;
6.050502 – Інженерна механіка;
6.092300 – Технологія і устаткування зварювання”

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
харчових технологій
Протокол № 3
від 09.11.2015р.

Корозія та захист металів від корозії. Методичні вказівки до виконання лабораторних та контрольної робіт для студентів заочної форми навчання напрямів підготовки 6.051701 – Харчові технології та інженерія; 6.050502 – Інженерна механіка; 6.092300 – Технологія і устаткування зварювання/Укл.: Костенко І. А., Челябієва В. М., Цибуля С. Д., Буяльська Н. П. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 69 с.

Укладачі: КОСТЕНКО ІГОР АНДРІЙОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, хімії та БЖД
ЧЕЛЯБІЄВА ВІКТОРІЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, хімії та БЖД
ЦИБУЛЯ СЕРГІЙ ДМИТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, хімії та БЖД
БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, хімії та БЖД

Відповідальний за випуск: СИЗА ОЛЬГА ІЛЛІВНА, завідувач кафедри харчових технологій, доктор технічних наук, професор

Рецензент: КОРОЛЬОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
1 КОРОТКІ ОГЛЯДОВІ ЛЕКЦІЇ З КОРОЗІЇ	6
2 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	28
3 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	38
4 МЕТОДИНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ТА КОНТРОЛЬНОЇ РОБИТ	56
5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ТЕСТИ ДО ЗАЛІКУ	58
6 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ	65
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	66
ДОДАТОК А – ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	67

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЗ	захисний анодний заземлювач
ВЕ	водневий електрод
ВЛ	високовольтна лінія
ЕП	електрод порівняння
ЕРС	електрорушійна сила
Ін	інгібітор корозії
КС	корозійна стійкість
МА	мікроанод
МК	мікрокатод
МКК	міжкристалічна корозія
МЦВВ	малоциклова воднева втома
МЦКВ	малоциклова корозійна втома
ПАР	поверхнево-активні речовини
РЕ	робочий електрод
СКЗ	станція катодного захисту
ХСЕ	хлорид-срібний електрод

ВСТУП

Виходячи із задачі підвищення рівня підготовки фахівців, які мають справи з металами та їх сплавами, їхньою обробкою і використанням як конструкційних матеріалів, логічно витікає необхідність засвоєння такого найважливішого напрямку, як корозія й захист металів від корозії. Тому ця методична розробка призначена для допомоги студентам під час організації самостійного опрацювання курсу “Корозія та захист металів”. Вона сприяє поліпшити орієнтацію в новому матеріалі, надати необхідний напрям роботі студентів над засвоюванням курсу, зменшити непродуктивні витрати часу при підготовці до занять та при пошуках навчальної та методичної літератури.

Корозією зветься самодовільне руйнування металів і металевих виробів внаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії з оточуючим середовищем. У системі міжнародної стандартизації існує більш широке трактування цього процесу: корозією зветься фізико-хімічна взаємодія між металом та оточуючим середовищем, внаслідок якої змінюються властивості металевого матеріалу і відбувається погіршення функціональних характеристик металу або технічної системи, до складу якої входить метал чи сплав на основі цього металу.

До корозії не відносять бажане руйнування металів внаслідок їх розчинення в кислотах та інших хімічних агентах, механічний знос металів тощо.

Зміна в будь-якій частині корозійної системи, яка викликана корозією, зветься корозійним ефектом. Ефект ушкодження, пов'язаний з втратою механічної міцності металу, визначають поняттям – корозійне руйнування; його глибину за одиницю часу – швидкістю корозійного руйнування.

Здатність металів опиратися корозійної дії оточуючого середовища зветься корозійною стійкістю (КС). Корозійну стійкість відображають якісно і кількісно – швидкістю корозії в даних експлуатаційних умовах або балом (групою) стійкості за прийнятою шкалою.

Оцінювати корозійну стійкість металу в треба обов'язково в конкретних умовах експлуатації, для чого проводять серію експериментів, з допомогою яких кількісно оцінюють як умови оточуючого середовища, так і швидкість корозійного процесу за прямими або непрямими показниками.

Ознайомлення майбутніх інженерів з найпоширенішими методами корозійних досліджень є метою проведення лабораторного практикуму з цієї дисципліни. Наведені лабораторні роботи дають уяви про основні механізми корозійних руйнувань, вплив зовнішніх чинників на характер і швидкість корозії, методи дослідження корозійних процесів.

1 КОРОТКІ ОГЛЯДОВІ ЛЕКЦІЇ З КОРОЗІЇ

ЛЕКЦІЯ 1

Вступ. Хімічна корозія

- 1.1 Вступ до дисципліни
- 1.2 Види корозійних процесів
- 1.3 Газова корозія. Захист
- 1.4 Хімічна корозія в неелектролітах

1.1 Сучасний розвиток хімічної промисловості, розробка нових технологічних процесів, що протікають в агресивних середовищах, пред'являють до конструкційних матеріалів високі вимоги. Найбільш важливими конструкційними матеріалами є метали і їх сплави. В процесі експлуатації виробів, внаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем відбувається корозія, що приводить до руйнування металевих конструкцій, апаратів, трубопроводів та ін.

Корозія починається з поверхні металу і, при подальшому розвитку цього процесу, розповсюджується углиб. Середовищами, в яких відбувається корозія металів, є різні рідини і гази. Корозійний процес протікає на межі двох фаз: метал - навколишнє середовище, тобто є гетерогенним процесом взаємодії рідкого або газоподібного середовища з металом. Широке застосування в хімічній промисловості знаходять сплави заліза, міді, алюмінію, нікелю, титану та ін. Подальший розвиток техніки висуває проблему застосування таких металів, як тантал, цирконій, реній, германій, торій, іридій.

Масштаби корозії і збитки, що заподіюються нею, стануть очевидними, якщо врахувати, що близько 10% всього вироблюваного металу безповоротно втрачається внаслідок руйнуючої дії корозії. Економічні втрати від корозії можна розділити на прямі і непрямі. Прямі втрати включають вартість замінюваних металевих конструкцій і механізмів або їх частин, вартість корозійностійких металів і сплавів, вживаних замість матеріалів, що мають ті ж механічні властивості, але нестійких до корозії, вартість різних видів захисту від корозії і так далі. До непрямих втрат відносяться витрати, пов'язані з простоем устаткування під час заміни частини машини або апарату, що руйнуються корозією, із забрудненням виробів, що випускаються, продуктами корозії і ін.

Підвищення цін на енергоресурси і метали до світового рівня привело до різкого скорочення і об'ємів і областей застосування неіржавіючих сталей, титану. Одночасно підвищується інтерес до сучасних полімерних корозійностійких матеріалів в області хімічного машинобудування.

Хімічні, фізичні і біологічні забруднення природного середовища приводять до помітної інтенсифікації корозійних процесів. Поняття про

необхідність і достатність протикорозійного захисту повинні коректуватися з урахуванням екологічної обстановки.

З іншого боку, корозійні пошкодження є причиною великомасштабних забруднень навколишнього середовища. Лідерами тут є нафтовидобуток, транспорт нафтопродуктів, нафтохімічна і хімічна промисловості. Загальні збитки, що заподіюються господарству від корозії металів, величезні. Для правильної постановки практичної роботи з захисту машин і механізмів від корозії необхідне знання теорії процесів корозії і методів боротьби з нею.

1.2 Корозією називають процес руйнування металів чи інших матеріалів при хімічній, електрохімічній і біохімічній взаємодії їх з навколишнім середовищем.

Корозія металів класифікується за механізмом і умовам протікання процесу та характеру корозійного руйнування.

За механізмом протікання процесу розрізняють хімічну, електрохімічну і біохімічну корозію.

Хімічна корозія - взаємодія металу і корозійного середовища, при якому окиснення металу і відновлення окисненого компонента корозійного середовища (деполяризатора) протікають в одному акті. Це процес, що протікає за рахунок гетерогенної хімічної реакції.

За умовами протікання розрізняють:

— газова корозія, тобто окиснення металу в газовому середовищі при високій температурі і неможливості конденсації вологи на поверхні металу;

— корозія в неелектролітах, тобто в рідинах, непровідних електричний струм.

Електрохімічна корозія - взаємодія металу з корозійним середовищем (розчином електроліту), при якому окиснення металу і відновлення окисненого компонента корозійного середовища (деполяризатора) протікають не в одному акті. При цьому виді корозії одночасно протікають дві реакції - окиснення і відновлення, локалізовані на певних ділянках поверхні кородуючого металу. При електрохімічній корозії процес розчинення металу супроводжується появою електричного струму, тобто пересуванням електронів по поверхні металу і іонів в розчині електроліту від однієї ділянки до іншого.

За умовами протікання до цього виду корозії відносяться:

— атмосферна корозія у вологій газовій або повітряній атмосфері;

— корозія в електролітах - рідинах, провідних електричний струм;

— ґрунтова або підземна корозія металевих споруд, що знаходяться під землею;

— електрокорозія під дією зовнішнього джерела струму, тобто корозія виробів, що знаходяться під землею, викликана блукаючими струмами;

— контактна корозія металів - руйнування металу в розчині електроліту

унаслідок контакту з іншим металом, що має позитивніший

(ушляхетнений) електродний потенціал, ніж потенціал основного металу;

— корозія під напругою - руйнування металу при одночасній дії агресивного середовища і механічної напруги. Розрізняють корозійне розтріскування, корозійну втому, корозію при терті і корозійну кавітацію.

Біохімічна корозія - це процес, пов'язаний з дією мікроорганізмів на метал. При цьому метал руйнується унаслідок того, що він є живильним середовищем для мікроорганізмів, або під дією продуктів, що утворюються в результаті їх життєдіяльності. Біохімічна корозія, як правило, протікає в розчинах електrolітів, тому паралельно може протікати і електрохімічна корозія.

Корозія, залежно від природи металу, агресивності середовища і інших чинників, приводить до різних видів руйнувань. За характером корозійного руйнування розрізняють загальну, або суцільну, місцеву і розтріскуючу корозію.

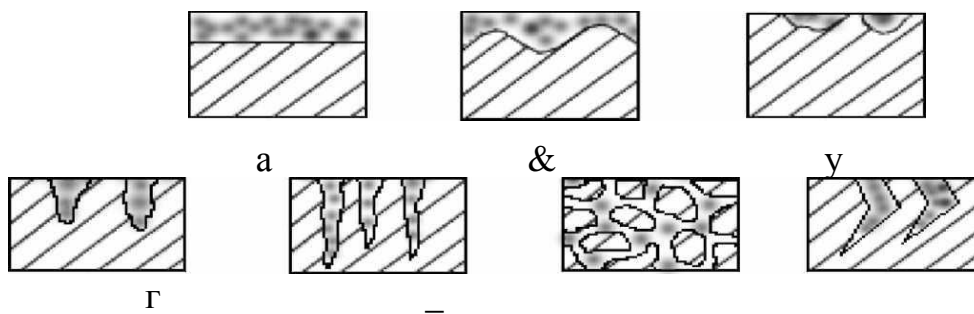


Рисунок 1.1 - Характер корозійних руйнувань

Загальна, або суцільна, корозія охоплює всю поверхню металу, що знаходиться під впливом агресивного середовища, і може бути рівномірною (а) (рисунок 1.1), наприклад, корозія вуглецевої сталі в розчинах сірчаної кислоти, і нерівномірною (б), наприклад, корозія цієї ж сталі у присутності хлор-іонів.

Місцева корозія охоплює окремі ділянки поверхні металу. Вона підрозділяється на:

— корозію плямами (в), яка займає відносно великі ділянки поверхні і розповсюджується неглибоко;

— корозію виразками (г), яка вражає метал на велику глибину і на обмеженій площі;

— точкову, або пітингову (д), яка вражає метал в окремих крапках на велику глибину, в деяких випадках наскрізь;

— міжкристалітну корозію (е) - корозію по межах кристаллитів металу; розповсюджується на значній поверхні металу і на велику глибину. Цей вид корозії небезпечний тим, що зовнішній вигляд металевого виробу не змінюється, але при цьому метал втрачає міцність і пластичність, наприклад, корозія сталі X18H10 після її нагріву до 600°C.

Розтріскуюча корозія (ж) - це корозія металу при одночасній дії на метал корозійного середовища і механічної напруги, при цьому швидкість корозії металу різко зростає, наприклад, сезонне розтріскування деформованих латунів, що містить більше 10% цинку.

Нерівномірною корозією небезпечніша, ніж рівномірною, оскільки викликає в окремих місцях значне зменшення перетину.

Приведена класифікація умовна, тому що реальні форми корозійних руйнувань можуть знаходитися між характерними типами, показаними на рисунку.

1.3 Термодинамічна можливість протікання процесу газової корозії може бути визначена шляхом зіставлення пружності дисоціації оксиду металу за даних умов і парціального тиску кисню в газовій фазі.

Хімічна реакція окислення металу:



знаходитиметься в рівновазі, якщо пружність дисоціації оксиду (P_{MeO}) і парціальний тиск кисню в газовій фазі (P_{O_2}) рівні. Якщо $P_{\text{O}_2} > P_{\text{MeO}}$ то протікатиме реакція окислення металу, якщо ж $P_{\text{MeO}} > P_{\text{O}_2}$, то реакція протікає у зворотному напрямі, тобто у бік відновлення даного оксиду до чистого металу і кисню.

При газовій корозії відбувається безпосередня взаємодія атомів металу і кисню з утворенням плівки оксиду даного металу. Молекули кисню, що досягли поверхні металу, адсорбуються на ній. Розрізняють два типи адсорбції:

- фізичну, здійснювану за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил;
- хімічну, або хемосорбцію, здійснювану за рахунок сил хімічної взаємодії.

Зазвичай кисень хемосорбується на поверхні металу з високим тепловим ефектом, близьким до теплового ефекту утворення оксиду. Тому адсорбцію кисню можна розглядати як хімічну взаємодію, що призводить до утворення зародків нової фази - оксиду металу. Отже, адсорбція кисню є початковою стадією окиснення металу.

Процес окиснення протікає таким чином. Спочатку на чистій поверхні металу відбувається фізична адсорбція кисню, яка приводить до ослаблення зв'язків між атомами в молекулі кисню. Молекули дисоціюють, і атоми кисню відтягують електрони від атомів металу. Наступає стадія хімічної адсорбції, коли зсуваються електрони до кисню, що рівносильно утворенню зародків оксиду. Таким чином, при взаємодії кисню з металом утворюється оксидна плівка.

Утворення оксиду може відбуватися на поверхні металу, на поверхні або усередині оксидної плівки. Перший випадок має місце, якщо превалює швидкість дифузії кисню, другої, - якщо превалює швидкість дифузії іонів

металу. В більшості випадків швидкості дифузії іонів (або атомів) кисню і іонів металу приблизно однакові і зона зростання оксидної плівки знаходиться усередині.

Відповідно до іонно-електронної теорії окислення Вагнера, в оксидній плівці протікає зустрічна дифузія іонів металу і кисню. При цьому поверхня металу є анодом і на ній протікає реакція іонізації атомів металу. Позитивні іони металу і електрони, що звільнилися, переміщуються в плівці роздільно (рисунок 1.2).

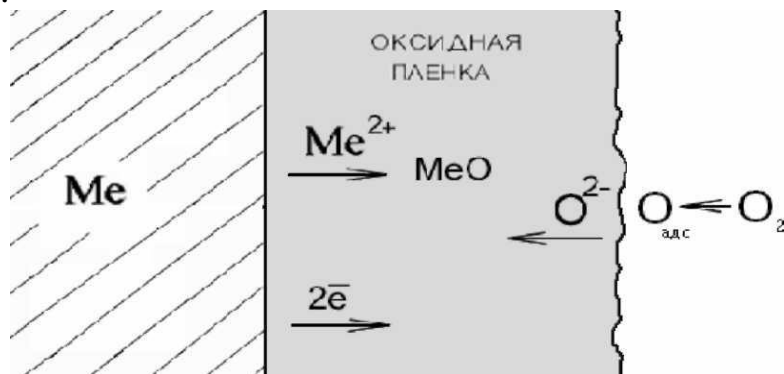


Рисунок 1.2 - Схема процесу хімічного окиснення металу

Електрони переміщуються із значно більшою швидкістю, дифузія іонів металу протікає за дефектними місцями кристалічної решітки або по її міжвузлях. На швидкість переміщення електронів і іонів роблять вплив питома електропровідність оксидної плівки і розміри іонів металу, атомів і іонів кисню. Молекули кисню дисоціюють, що адсорбувалися з газової фази, на зовнішній поверхні оксиду. Атоми кисню дифундують всередину оксидної плівки, де, приймаючи електрони, перетворюються на іони. Іони кисню продовжують дифундувати углиб назустріч іонам металу. Таким чином, зовнішня поверхня плівки, на якій кисень приймає електрони, є катодом. Отже, зустрічна дифузія іонів металу і кисню протікає в електричному полі.

Швидкість газової корозії прийнято виражати через швидкість росту оксидної плівки:

$$U_{ок} = dy/dt \quad (1.2)$$

де $U_{ок}$ - швидкість газової корозії; y - товщина оксидної плівки; t - час окислення металу.

В одних випадках плівки можуть рости до помітної товщини, в інших вони будуть надзвичайно тонкими, порядку декількох молекулярних шарів.

Однією з основних умов, що визначають здатність освіченого первинного шару оксиду гальмувати подальше окислення металу, є суцільність отримуваної плівки.

Якщо об'єм отриманого оксиду $U_{ок}$ менше об'єму металу, то утворюється несуцільна пориста плівка, що володіє низькими захисними властивостями. Навпаки, якщо об'єм плівки більше об'єму металу ($U_{ок}/U_{ме} > 1$), що окислюється, то можна чекати утворення суцільних плівок, що володіють здатністю захищати метал від корозії.

Залежно від характеру плівок, що утворюються, можливі різні закономірності зростання оксидних плівок.

Лінійний закон зростання плівок. Для металів, утворюючих несуцільні плівки, швидкість росту плівки залишається постійною в часі:

$$U = kt + A, \quad (1.3)$$

де t - час окислення; do - постійна величина A - постійна інтеграції.

Отже, товщина плівки, або величина хімічної корозії, пропорційна часу окиснення. Лінійний закон зростання оксидних плівок спостерігається на лужних і лужноземельних металах, що мають відношення ($U_{ок}/U_{ме}$) < 1 .

За певних умов (достатньо висока температура) цьому закону підкоряються також метали, утворюючи летючі оксиди. Швидкість корозії таких металів, в основному, визначається швидкістю сублимації їх оксидів. До них відносяться осмій, молібден, рутеній, іридій, ванадій, вольфрам і сплави, що містять достатню кількість цих елементів.

Параболічний закон зростання плівок. Для металів, у яких ($U_{ок}/U_{ме}$) > 1 , процес корозії гальмуватиметься дифузією кисню через суцільну плівку і все більше сповільнюватися у міру її зростання.

По параболічному закону спостерігається окислення для ряду технічно важливих металів, таких, як залізо, кобальт, нікель, мідь, а також марганець, берилій, цирконій, титан.

Логарифмічний закон зростання плівок. Для деяких металів зростання плівки в часі відбувається повільніше, ніж це витікає із закону стаціонарної дифузії, тобто параболічного закону окислення металів. Спостерігається логарифмічна залежність швидкості окиснення:

$$y = \ln(Kt) \quad (1.4)$$

Експериментально логарифмічний закон зростання плівок встановлений при окисненні алюмінію і цинку в інтервалі температур 225-280°C, заліза до 375°C, нікелю до 650°C.

Лінійний хід кривих в напівлогарифмічних координатах доводить існування логарифмічної залежності окиснення. Наявність такого закону окиснення у алюмінію, цинку, хрому, кремнію, пояснюють ущільненням зовнішніх шарів плівки із збільшенням товщини її, у зв'язку з чим зменшується швидкість дифузії кисню в часі.

Приведені закони зростання окисних плівок справедливі для певних умов. На практиці для одного і того ж металу, залежно від температури окиснення, часу, складу атмосфери, можуть мати місце всі випадки окиснення.

Вплив різних чинників на газову корозію

Швидкість газової корозії в значній мірі міняється залежно від внутрішніх і зовнішніх чинників.

До внутрішніх чинників відносяться природа металу, склад сплаву, його структура, обробка поверхні, наявність напруги. Склад сплаву впливає на швидкість газової корозії сталей. Значне підвищення стійкості до газової корозії відбувається при легуванні сталей хромом, алюмінієм, кремнієм, що пов'язане з освітою на поверхні окисних плівок з високими захисними властивостями. Високою жаростійкістю володіють сплави нікелю з хромом - ніхромі, що містять 80% нікелю і 20% хрому. Вуглець не викликає помітних змін в швидкості корозії.

Структура сплаву в незначному ступені впливає на швидкість газової корозії. Під час переходу сталі з феритної структури в аустенітну спостерігається деяке уповільнення окиснення при підвищенні температури.

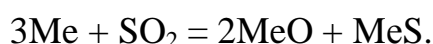
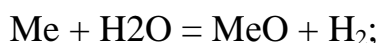
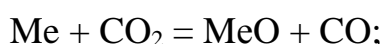
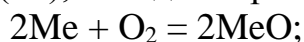
Найбільш жаростійкою є сталь з аустенітною структурою. Хромонікельові сталі з двофазною аустенітно-феритною структурою менш стійкі до окиснення. Із збільшенням вмісту феритної складової швидкість окиснення сталі підвищується. Так, наприклад, сталь 12Х18Н9Т має вищу жаростійкість, ніж двофазна сталь Х18Н5Т з вищим вмістом хрому. Це пов'язано з тим, що на двофазних сталях утворюються менш досконалі плівки, чим на однофазних.

Характер обробки поверхні металу впливає на швидкість газової корозії лише в початковій стадії окислення: гладкі поверхні мають декілька меншу швидкість газової корозії.

До зовнішніх чинників відносяться температура, склад газового середовища, швидкість руху газу, умови нагрівання і так далі

З підвищенням температури швидкість окислення металів значно зростає. Це пов'язано із збільшенням константи швидкості реакції і коефіцієнта дифузії кисню.

Метали при високих температурах можуть взаємодіяти з киснем, парами води, оксидом вуглецю (IV), оксидом сірки (IV) за реакціями:



Захисні властивості плівок, що утворюються, різні, що впливає на швидкість окислення металів у вказаних середовищах. Так, при температурі 900°C швидкість окислення заліза зростає в ряду: $\text{H}_2\text{O} \gg \text{CO}_2 \gg \text{O}_2 \gg \text{SO}_2$.

Значне збільшення швидкості окиснення металів спостерігається при підвищенні концентрації кисню в атмосфері інертних газів, що містять невеликі домішки кисню. При переході ж від атмосфери повітря до атмосфери чистого кисню не спостерігається збільшення швидкості корозії пропорційно збільшенню парціального тиску кисню.

Швидкість руху газу помітно впливає на швидкість корозії в початковій стадії окислення. Проте при дуже великих швидкостях руху газового середовища виникає небезпека ерозійного руйнування оксидних плівок, що може сильно збільшити швидкість корозії.

Наявність різких коливань температури в процесі нагрівання може привести до руйнування захисних оксидних плівок. Коефіцієнт термічного розширення оксиду, як правило, значно нижче, ніж для чистого металу. Внаслідок цього різкі коливання температури сприяють виникненню додаткової внутрішньої напруги і механічному руйнуванню оксидної захисної плівки.

1.4 До неелектролітів відносять багато рідких органічних речовин (бензол, хлороформ та ін.), рідке паливо (нафта, гас, бензин і ін.), змащувальні масла, а також рідкий бром тощо.

В основному корозія металів в неелектролітах протікає за хімічним механізмом. Даний процес складається з декількох стадій, кожна з яких визначає швидкість корозії: 1) дифузія окиснювача до поверхні металу; 2) хемосорбція окиснювача; 3) хімічна реакція; 4) десорбція продуктів корозії з поверхні металу; 5) дифузія продуктів корозії в об'єм неелектроліта.

В деяких випадках на металевій поверхні з продуктів корозії утворюється захисна плівка, що приводить до гальмування корозійного процесу через утруднення процесу дифузії окиснювача до поверхні металу. Залежно від захисних властивостей плівки, що утворюється, і її розчинності можуть встановлюватися дифузійний, кінетичний або змішаний дифузійно-кінетичний контроль процесу.

Температура в значній мірі впливає на швидкість процесів хімічної корозії металів в неелектролітах. Характер цього впливу визначається температурною залежністю константи швидкості хімічної реакції, яка виражається рівнянням Арреніуса:

$$k=Ae^{(-Q/RT)} \quad (1.5)$$

де k – константа швидкості хімічної реакції або коефіцієнт дифузії; A – постійна; Q – енергія активації хімічної реакції або дифузії; R – газова постійна (8,314 кДж/(моль·К)); T – абсолютна температура.

Але вплив температури на швидкість процесу в деяких випадках ускладнюється зміною розчинності окиснювача і плівки продуктів корозії металу в неелектроліті при зміні температури.

Вуглеводні і органічні розчинники, що входять до складу рідкого палива, не корозійноактивні по відношенню до металів, але різні домішки, які присутні в достатній кількості, вступають з металами в хімічну взаємодію і руйнують їх. Нафті високу корозійну активність додають розчинені в ній сірчисті сполуки: сірководень взаємодіє з Cu, Ag, Pb, Fe з утворенням відповідних сульфідів, меркаптанів (органічні сполуки типу R-S-H), які руйнують Pb, Cu, Ag, Co, Ni з утворенням відповідних меркаптидів, а також елементарну сірку, яка дуже агресивна по відношенню до Ag і Si.

Бензин прямої гонки за відсутності води практично не діє на технічно важливі метали, а крекінг-бензин і сирі феноли при взаємодії з багатьма металами (Fe, Pb, Mg, Cu, Zn) осмолюються, їх кислотність підвищується, що викликає корозію металів.

Наявність води в неелектролітах значно активує корозійну дію домішок і викликає інтенсивне протікання електрохімічної корозії металів, тобто міняється механізм корозійного процесу.

Для захисту від хімічної корозії металів в неелектролітах підбирають стійкі в даному середовищі метали і сплави (наприклад, в крекінг-бензинах стійкі алюміній і його сплави), наносять захисні покриття (наприклад, сталь в сірководневому середовищі покривають алюмінієм).

ЛЕКЦІЯ 2

Електрохімічна корозія. Методи захисту

- 2.1 Термодинаміка та кінетика процесу електрохімічної корозії.
- 2.2 Анодний та катодний процес. Фактори впливу.
- 2.3 Методи захисту від корозії.

2.1 Електрохімічна корозія металів є самодовільним руйнуванням металу унаслідок електрохімічної взаємодії його з електролітом. Це гетерогенна реакція, що протікає на поверхні металу. Причиною електрохімічної корозії є термодинамічна нестійкість металу в даних корозійних умовах.

Принципова можливість або неможливість мимовільного протікання процесу електрохімічної корозії металу визначається зміною ізобарно-ізотермічного потенціалу. Корозійний процес протікає мимоволі, якщо ізобарно-ізотермічний потенціал зменшується ($\Delta G_{298} < 0$).

Для оцінки можливості мимовільного протікання електрохімічної корозії можна користуватися електродними потенціалами. Термодинамічно можливий процес електрохімічної корозії, якщо виконується умова:

$$\Delta G_{298} = -nE_{298}F < 0 \quad (2.1)$$

де ΔG_{298} – зміна ізобарно-ізотермічного потенціалу даного корозійного процесу, кДж/моль; E_{298} – ЕРС гальванічного елементу, В;

$$E_{\text{обор}} = (E_{\text{к}})_{\text{обор}} - (E_{\text{а}})_{\text{обор}} \quad (2.2)$$

де $(E_{\text{к}})_{\text{обор}}$ – оборотний потенціал катодної реакції в даних умовах, В; $(E_{\text{а}})_{\text{обор}} = (E_{\text{Ме}})_{\text{обор}}$ – оборотний потенціал металу в даних умовах, В.

Мимовільне протікання електрохімічного корозійного процесу можливо, якщо:

$$(E_{\text{а}})_{\text{обор}} = (E_{\text{Ме}})_{\text{обор}} < (E_{\text{к}})_{\text{обор}} \quad (2.3)$$

Різницю потенціалів катодних і анодних реакцій дає кількісний вираз рушійної сили корозійного процесу:

$$(E_{\text{кор}})_{\text{обор}} = (E_{\text{к}})_{\text{обор}} - (E_{\text{Ме}})_{\text{обор}}. \quad (2.4)$$

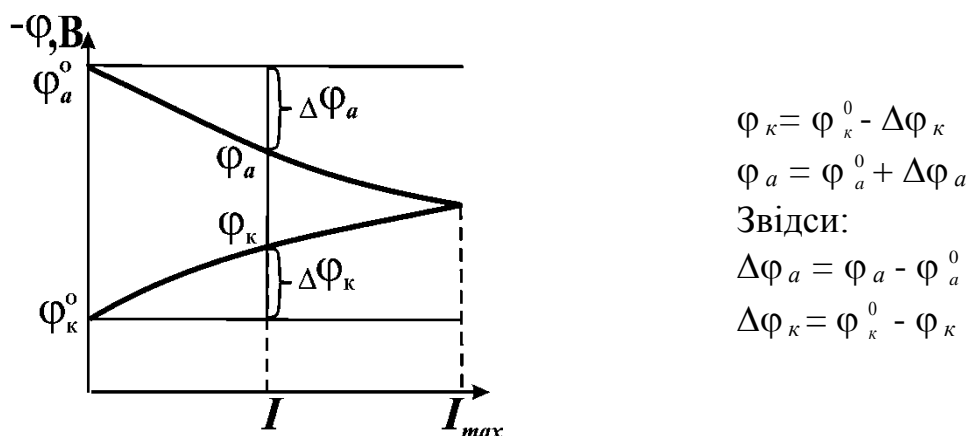


Рисунок 2.1 - Поляризаційна діаграма

За $\Delta\varphi_{\text{к}}$, $\Delta\varphi_{\text{а}}$ визначають контролюючий фактор корозії. Це фактор, на який треба впливати, щоб загальмувати корозію. Якщо $\Delta\varphi_{\text{к}} \gg \Delta\varphi_{\text{а}}$ – катодний контроль, при $\Delta\varphi_{\text{а}} \gg \Delta\varphi_{\text{к}}$ – анодний контроль. Може бути і змішаний-катодно-анодно-омічний контроль.

$$I = (\varphi_{\text{к}}^0 - \varphi_{\text{а}}^0) / (R + P_{\text{к}} + P_{\text{а}}) \quad (2.5)$$

R-омічний опір, при $R \rightarrow 0$

$$I_{\max} = (\varphi_k^0 - \varphi_a^0) / (P_k + P_a) \quad (2.6)$$

I_{\max} - це максимальна сила струму, яку здатний дати замкнений "накоротко" корозійний елемент.

P_k і P_a - відповідно: катодна і анодна поляризуємість $P = \Delta\varphi / \Delta I$, їх величини еквівалентні додатковому опору, який називається поляризаційним опором.

У рівнянні: (2.8) чисельник – це рушійна сила процесу, а знаменник показує його гальмування. Чим вище R , P_k і P_a , тим менше швидкість корозії. При електрохімічній природі поляризації:

$$R_p = (RT/nF) \cdot (1/I_0) \quad (2.7)$$

Тобто при електрохімічній перенапрузі η для катодного процесу:

$$\eta = R_p \cdot I; \quad I = \eta / R_p \quad (2.8)$$

R - універсальна газова постійна; T - абсолютна температура;
 n - число \bar{e} , що приймають участь в даній стадії процесу; F - число Фарадея;
 I_0 - струм обміну; I - густина струму, $I = I_0/S$, А/м²; $\eta \rightarrow 0$ (до 10 мВ).

При більших значеннях η діє рівняння Тафеля:

$$\eta = a_k + \beta_k \cdot \lg i_k \quad (2.9)$$

a_k і β_k - константи Тафеля,

$$a_k = (2,3 \cdot R \cdot T / \alpha \cdot n \cdot F) \cdot \lg I_0 \quad (2.10)$$

$$\beta_k = - (2,3 \cdot R \cdot T / \alpha \cdot n \cdot F) \quad (2.11)$$

α - коефіцієнт переносу.

Розраховують ступінь анодного - C_a і ступінь катодного контролю - C_k :

$$C_a = \frac{\Delta\varphi_a}{(\varphi_k)_{об} - (\varphi_a)_{об}} \cdot 100\% \quad (2.12)$$

$$C_k = \frac{\Delta\varphi_k}{(\varphi_k)_{об} - (\varphi_a)_{об}} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

$$\Delta\varphi_a = \varphi - (\varphi_a)_{об} \quad (2.14)$$

$$\Delta\varphi_k = (\varphi_k)_{об} - \varphi \quad (2.15)$$

$$\varphi = \varphi_X + 0,22 \quad (2.16)$$

де φ - потенціал Me відносно водневого електрода, В
 0,22 - потенціал хлоридсрібного електрода за водневою шкалою
 φ_X - вимірюваний електродний потенціал (за хлоридсрібним електродом).

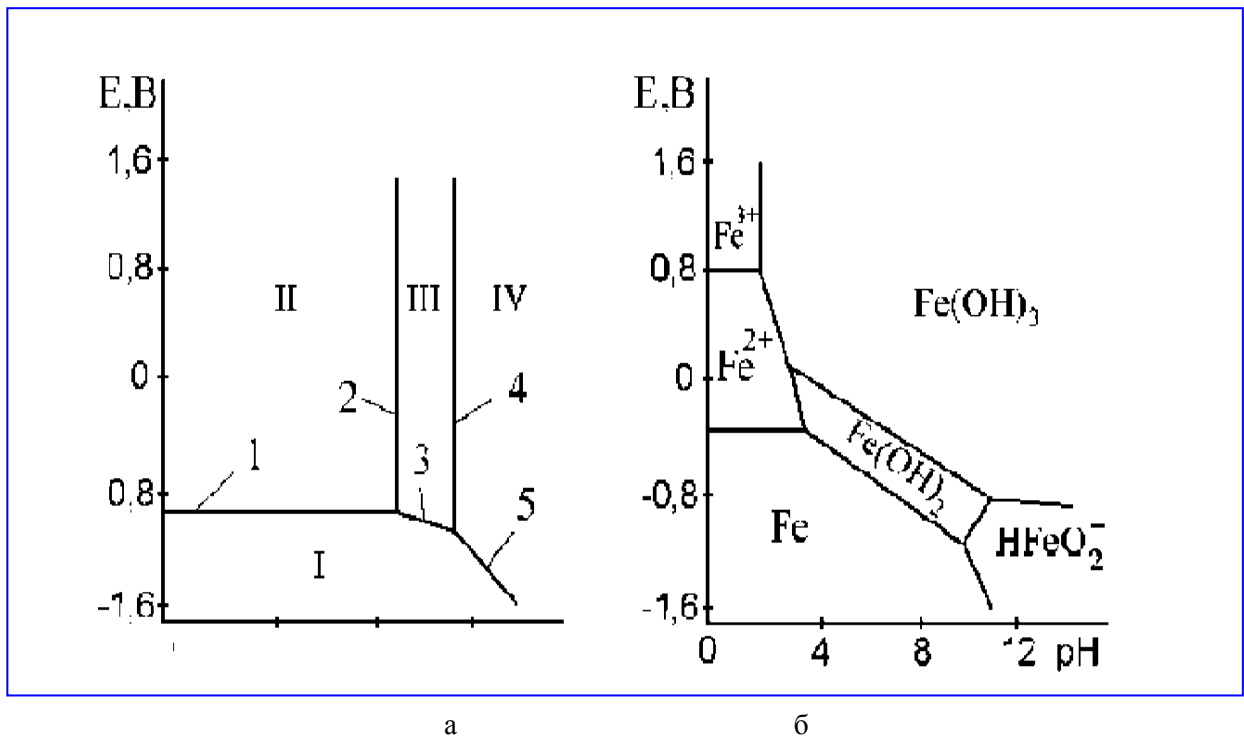


Рисунок 2.2 - Діаграма Пурбе для: а - цинк; б – залізо

На рисунку 2.2 приведені діаграми Пурбе для цинку і заліза. Діаграма для цинку має чотири області: I - область термодинамічної стійкості; II, IV - області корозії і III - область пасивності.

Лінії діаграми відповідають наступним рівнянням:

- 1 – $Zn = Zn^{2+} + 2e;$
- 2 – $Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2;$
- 3 – $Zn + 2OH^- = Zn(OH)_2 + 2e;$
- 4 – $Zn(OH)_2 + 2OH^- = ZnO_2^{2-} + 2H_2O;$
- 5 – $Zn + 2H_2O = ZnO_2^{2-} + 4H^+ + 2e.$

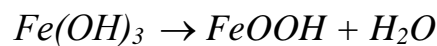
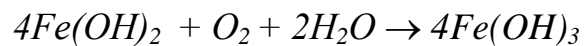
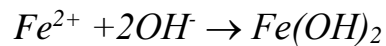
Таким чином, в області II стійкий іон цинку, в області IV - іон цинката. Пасивність цинку в області III обумовлена утворенням плівки нерозчинного гідроксиду $Zn(OH)_2$.

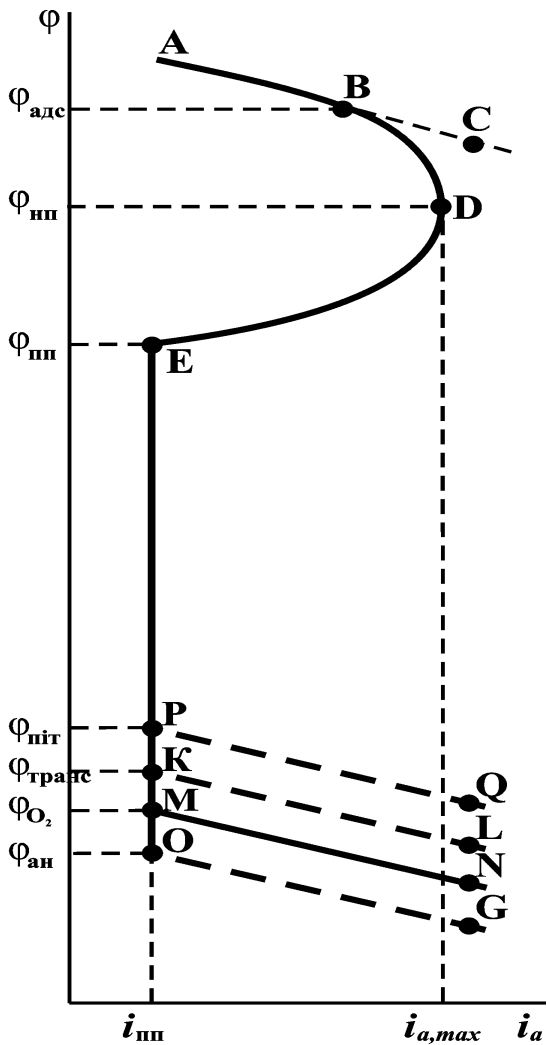
2.2 Анодний процес при $pH < 7$, наближено, виглядає так:



В дійсності він багатостадійний, як і катодний процес.

Схематичний анодний процес (при $pH \geq 7$) з утворенням іржі ($FeOOH$):

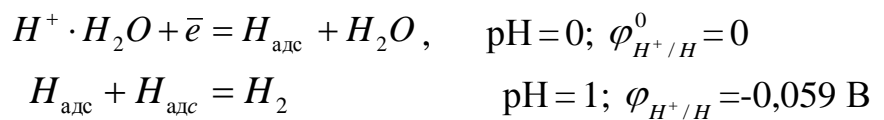




ABC – логарифмічна залежність Тафеля
 (анодна поляризаційна крива, метал в
 активному стані): $\Delta\varphi_{\text{елх.}} = a_a + b_a \cdot \lg i_a$;
 B- $\varphi_{\text{адс}}$ – початок адсорбції O_2 , початок
 утворення захисної плівки (потенціал
 адсорбції O_2)
 D- $\varphi_{\text{нп}}$ – потенціал неповної пасивації;
 DE – плівка зростає, струм різко
 зменшується;
 E- $\varphi_{\text{пнп}}$ – потенціал повної пасивації,
 зростання плівки завершено;
 EP – область пасивного стану, швидкість
 корозії не залежить від φ ;
 $\varphi_{\text{пінг}}$ – потенціал пітингоутворення, струм
 зростає (PQ) за рахунок дії пітингів;
 $\varphi_{\text{транс}}$ – потенціал транспасивації, струм
 зростає (KL) за рахунок утворення
 сполук (більш розчинних) з
 максимальним ступенем окислення;
 $\varphi_{O_2} - \varphi_{\text{нп}}$ – потенціал виділення O_2 (MN);
 $\varphi_{\text{ан}}$ – потенціал анодування (OG)

Рисунок 2.3 – Анодна поляризаційна крива

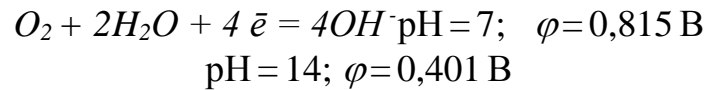
Катодний процес (при $pH < 7$) відбувається здебільшого за схемою:



Супутнім процесом є процес водневої оклюзії (наводнювання). Але можливе і часткове протікання процесу кисневої деполаризації (аерований розчин електроліту $pH < 7$):



У нейтральному та лужному середовищах ($pH \geq 7$), де термодинамічно більш вірогідні катодні процеси з кисневою деполаризацією ($O_{2-деп}$):



Але й при $\text{pH} \geq 7$ можливі процеси з H^+ -деполяризацією (що характерно для металів з великим негативним значенням потенціалу, наприклад, для Mg $\varphi^0=-2,37 \text{ В}$ у розчині NaCl):

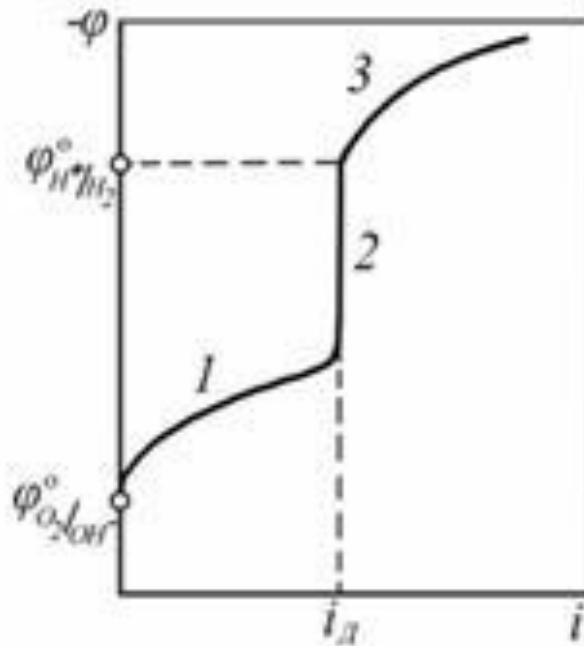
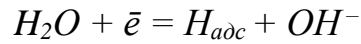


Рисунок 2.4 - Повна крива катодної деполяризації

На рисунку 2.4 зображена повна крива катодної деполяризації, на якій можна виділити три ділянки. Ділянка 1 відображає процес, швидкість якого визначається швидкістю іонізації кисню. Досягається граничний струм дифузії при цьому потенціал різко зміщується в негативну сторону (ділянка 2 на кривій). Після того як потенціал стає рівним потенціалу розряду іонів водню, починає протікати процес водневої деполяризації (ділянка 3). Тут швидкість корозії вже повинна визначатися швидкістю відновлення не тільки молекул кисню, а й іонів водню.

Швидкість і характер процесу електрохімічної корозії визначається *внутрішніми, зовнішніми*, механічними і конструктивними факторами.

Внутрішні чинники електрохімічної корозії пов'язані з природою металу, його структурою, складом, станом поверхні, напругою в металі і ін.

Термодинамічну стійкість металу можна приблизно визначають за величиною стандартних електродних потенціалів. Зрушення потенціалу у бік

позитивніших значень можна розглядати як підвищення термодинамічної стійкості металу. Проте теоретична можливість протікання даного корозійного процесу говорить не про реальну швидкість корозії. Як приклад розглянемо наступний випадок. Стандартні значення потенціалів алюмінію і заліза відповідно: - 1,67 В і - 0,44 В, тобто з термодинамічної точки зору алюміній більш схильний до корозії. Проте алюміній стійкий, а залізо нестійке в розбавленій сірчаній кислоті, що пов'язане з утворенням пасивної плівки на алюмінії.

Структура сплаву значною мірою визначає характер протікання корозійного процесу. Корозійне руйнування сплаву типу «механічна суміш» визначатиметься як атомним (масовим) співвідношенням, так і взаємним розташуванням фаз, що виконують роль катода і анода. Якщо фази розподілені рівномірно і частка анодної складової невелика, то корозія буде суцільною, рівномірною. При нерівномірному розподілі анодної фази корозія буде локальною, ділянки корозії при цьому розповсюджуватимуться углиб.

Зовнішні чинники корозії визначаються умовами протікання корозійного процесу, такими, як характер середовища, швидкість її руху, температура розчину і ін.

Швидкість корозії заліза залежить від рН розчину. В області значень рН від 4 до 10 швидкість корозії не залежить від концентрації водневих іонів. У цьому інтервалі рН швидкість корозії заліза в неперемішуваних електролітах визначається швидкістю дифузії кисню до поверхні металу. У вказаній області поверхня заліза знаходиться у контакті з лужним розчином, насиченим гидратованим гідроксидом заліза (II), рН якого складає 9,5. У кислій області (рН<4) плівка гідроксида заліза розчиняється; катодним процесом є відновлення іонів водню, унаслідок чого відбувається прискорення розчинення заліза. При рН>10 швидкість корозії знижується у результаті пасивації заліза в лужних розчинах, а потім при рН>13 спостерігається деяке збільшення швидкості корозії через розчинення пасивної оксидної плівки на залізі в концентрованому лузі. Кожен метал характеризується певною залежністю швидкості корозії від рН розчину.

Швидкість руху агресивного середовища в значній мірі визначає корозійну поведінку металів. Із збільшенням швидкості руху водопровідної води, що не містить значних кількостей солей, спочатку відбувається підвищення швидкості корозії заліза і сталі із-за збільшення підведення кисню до мікрокатодів поверхні.

Подальше зниження швидкості корозії при достатньо швидкому русі води пояснюється тим, що велика кількість кисню приводить до пасивації анодних ділянок (кисень виступає як сповільнювач корозії). Нарешті, при дуже великих швидкостях руху води знову спостерігається збільшення швидкості корозії металу унаслідок ерозії, тобто механічного руйнування захисних плівок або навіть структури самого металу. За наявності в розчині значної кількості активних аніонів пасивація може не наступити, тобто відбувається постійне

зростання швидкості корозії металу із збільшенням швидкості руху корозійного середовища, наприклад в морській воді.

З підвищенням температури швидкість електрохімічної корозії, як правило, зростає. Проте залежність швидкості корозії від температури досить складна, оскільки при цьому доводиться враховувати зменшення розчинності кисню з підвищенням температури, зміна структури продуктів корозії, що утворюються, виникнення термогальванічних мікрокорозійних елементів, вплив температури на зміни значень потенціалів для різних металів.

Механічні чинники - це корозійне розтріскування, корозійна втома, корозійна кавітація. Конструктивні чинники визначаються конструктивними особливостями машин і апаратів.

2.3 В процесі експлуатації устаткування метали піддаються корозійному руйнуванню, що приводить до його дочасного виходу з ладу. На швидкість корозії істотно впливає матеріал, з якого виготовлено устаткування, його конструкційні особливості, природу агресивного середовища і умови експлуатації. Для підвищення довговічності і надійності знов проєктованих апаратів та виробів необхідно правильно вибрати матеріал для виготовлення вузлів і деталей та найбільш ефективний захист від корозії.

Корозію металів можна уповільнити зміною їх стаціонарних потенціалів, пасивацією, нанесенням захисних покриттів, зниженням концентрації окиснювача в корозійному середовищі, ізоляцією поверхні металу від окиснювача і так далі. При розробці методів захисту від корозії використовують різні способи зниження швидкості корозії, які вибирають залежно від характеру корозії і умов її протікання. Вибір того або іншого способу визначається його ефективністю, а також економічною доцільністю. Методи захисту металів від корозії поділяють за механізмом захисної дії і за способом застосування захисту.

За механізмом захисної дії методи захисту металів від електрохімічної корозії можна розділити на наступні:

- методи, гальмуючі переважно катодний процес (використання катодних інгібіторів, зменшення концентрації катодних деполяризаторів в розчині, застосування електрохімічного катодного захисту, зниження катодних включень в сплаві);

- методи, гальмуючі переважно анодний процес (використання анодних інгібіторів або пасиваторів, легування сплаву з метою підвищення пасивності, застосування анодного електрохімічного захисту);

- методи, що збільшують омичний опір системи (використання ізоляційних прокладок між катодними і анодними ділянками системи);

- методи, що знижують термодинамічну нестабільність корозійної системи (покриття активного металу суцільним шаром термодинамічно стійкого металу, легування термодинамічно нестабільного металу значною

кількістю стабільного компоненту, повна ізоляція металу від корозійного середовища);

- змішані методи, тобто методи, гальмуючі одночасно декілька стадій корозійного процесу.

Найбільш ефективним методом захисту металів від корозії звичайно є метод, який переважно гальмує основну контролюючу стадію даного електрохімічного корозійного процесу.

Застосування методів захисту, що зменшують ступінь термодинамічної нестійкості системи, завжди в тому або іншому ступені буде сприяти пониженню швидкості корозійного процесу.

При паралельному застосуванні декількох методів захисту металів від корозії, як правило, легко досягти повнішого захисту, якщо всі ці методи діють переважно на основну контролюючу стадію електрохімічного корозійного процесу. Наприклад, при зменшенні корозії металу додаванням анодних інгібіторів (пасиваторів) посилення ефекту захисту досягатиметься також введенням катодних присадок в сплав або додатковою анодною поляризацією.

За способом застосування всі методи захисту металів від корозії підрозділяються на декілька груп.

Металеві захисні покриття

Роль захисту від корозії зводиться до підвищення термодинамічної стійкості металу і до ізоляції виробу від корозійного середовища.

За методом нанесення металеві захисні покриття поділяються на термодифузійні і гальванічних покриття.

До термодифузійних покриттів відносяться покриття, що наносяться механо-фізичними методами і засновані на взаємодії металу виробу з металом, що покривається, який знаходиться у вигляді розплаву, парів солей або у вигляді листів.

До цієї групи відносяться: термічне, дифузійне, металізація і плакіровочне покриття.

До гальванічних покриттів відносяться покриття, що наносяться електрохімічним методом.

Неметалічні покриття

Захисні властивості неметалічних покриттів зводяться до ізоляції виробу, що захищається, від корозійного середовища. До неметалічних покриттів відносяться:

- неорганічні покриття (оксидні, фосфатні, емалеві покриття);
- органічні покриття (лакофарбові, бітумні покриття і полімерні плівки).

Корозійностійкі матеріали

Легування заліза такими металами, як нікель, хром, марганець, кремній, алюміній, молібден, вольфрам, дозволяє підвищити корозійну стійкість металу за рахунок освіти на його поверхні корозійностійкої оксидної плівки.

По складу сплави заліза підрозділяються на низьколеговані (до двох відсотків легуючих компонентів) і високолеговані, коли залізо легують одним

або декількома легуючими компонентами (загальний вміст легуючих компонентів понад 15%), наприклад сталь 12Х18Н10Т. Сюди слід також віднести неметалічні конструкційні матеріали.

Обробка корозійного середовища

Застосовують два основні методи захисту: видалення з розчину агресивних агентів, які прискорюють корозійний процес, і застосування інгібіторів корозії, які знижують дію агресивних агентів.

У першому випадку видаляють з агресивного середовища деполяризатор при роботі корозійного елемента. Наприклад, кип'ятінням видаляють з розчину кисень, що призводить до зниження швидкості корозії з кисневою деполяризацією.

Інгібітори (сповільнювачі корозії) за механізмом дії поділяють на катодні, анодні і мішані. Механізм захисної дії інгібіторів полягає в адсорбції інгібітору на кородуючій поверхні з подальшим гальмуванням катодних або анодних процесів корозійного елемента.

Характеристика інгібіторів

Сповільнювачами, або інгібіторами, корозії називають речовини, введення невеликих кількостей яких в корозійне середовище значно знижує швидкість корозії.

Зменшення електрохімічної корозії при введенні сповільнювача може відбутися унаслідок гальмування анодного або катодного процесу, дії на обидва процеси або збільшення опору системи при утворенні на металевій поверхні плівки, зменшенням електропровідності.

Один з методів вивчення механізму дії сповільнювачів є побудова поляризаційних кривих. Гальмування інгібітором однієї із стадій корозійного процесу викликає збільшення поляризації відповідного процесу. Порівняння поляризаційних кривих, отриманих для даного металу в розчині з інгібітором і без нього, дозволяє з'ясувати, який процес переважно гальмується при введенні певного уповільнювача. За складом інгібітори корозії підрозділяються на неорганічні і органічні.

За умовами, в яких вони застосовуються, їх можна розділити на інгібітори для розчинів і летючі інгібітори, що дають захисний ефект в умовах атмосферної корозії. Оскільки ефективність дії інгібітору залежить від рН середовища, то інгібітори підрозділяються на кислотні, лужні і інгібітори для нейтральних середовищ. Сповільнювачі найчастіше застосовують для боротьби з корозією в системах з обмеженим об'ємом розчину і з атмосферною корозією металу. Сповільнювачі кислотної корозії знаходять широке застосування в процесах видалення з виробів окалини або іржі.

За механізмом своєї дії на процес електрохімічної корозії інгібітори підрозділяють на анодних, катодних і таких, що екранують, тобто що ізолюють активну поверхню металу. Механізм дії більшості інгібіторів полягає в адсорбції інгібітору на кородуючій поверхні з подальшим гальмуванням катодних і анодних процесів.

Анодні інгібітори корозії

Анодні інгібітори корозії (в першу чергу окиснювачі) більшою частиною володіють пасивуючими властивостями. Принцип гальмування корозії анодними сповільнювачами зводиться до зниження швидкості переходу іонів металу в розчин або до зменшення площі анодних ділянок кородуючого елемента за рахунок ізоляції їх нерозчинними плівками, що утворилися.

Такі окиснювачі, як хромати і біхромати, сильно пасивують залізо, алюміній, цинк, мідь. Досить додати у водопровідну воду 0,1% біхромату калію, щоб різко понизити швидкість корозії вуглецевої сталі і алюмінію.

До анодних інгібіторів відносяться також нітрит і нітрати. Нітрит натрію значно зменшує швидкість корозії сталі в розчинах ряду солей, а також в морській воді. При необхідності тривалого зберігання сталевих деталей їх рекомендується упаковувати в папір, просочений 10-15% розчином нітриту натрію.

Відомі також анодні інгібітори корозії вторинної дії, створюючи на анодних ділянках кородуючої поверхні металу нерозчинні продукти корозії з інгібітором. До таких уповільнювачів корозії вуглецевої сталі відносяться гідроксид натрію, карбонат натрію, які утворюють на поверхні нерозчинний шар гідроксиду, а також фосфатні солі, які, у свою чергу, утворюють нерозчинні фосфати заліза.

Проте анодні сповільнювачі корозії - окиснювачі в деяких випадках (наприклад при низькій концентрації інгібітору) можуть стимулювати корозійний процес, стаючи катодними прискорювачами корозії.

Катодні інгібітори корозії

Катодні сповільнювачі зменшують швидкість електрохімічної корозії за рахунок зниження інтенсивності катодного процесу або скорочення площі катодних ділянок.

Гальмування катодного процесу засноване на зниженні змісту кисню в розчині електроліту з метою зменшення швидкості корозії металу з кисневою деполяризацією, або на утрудненні протікання катодного процесу. До катодних інгібіторів належать наступні:

— Катодні сповільнювачі - поглиначі кисню. Їх дія заснована на зменшенні вмісту кисню в розчині і, отже, зниженні швидкості корозії з кисневою деполяризацією. До них відносяться сульфід натрію, гідразин і ін.

— Катодні сповільнювачі, що підвищують перенапруження виділення водню при катодній реакції. У процесах корозії металів, що відбуваються з водневою деполяризацією, гальмування катодної реакції відновлення водню досягається шляхом підвищення перенапруження виділення водню при додаванні в розчин солей деяких важких металів (солі вісмуту, сурми), катіони яких, відновлюючись на катодних ділянках, підвищують перенапруження виділення водню.

— Катодні сповільнювачі, що екранують площу катодних ділянок. Скорочення площі катодних ділянок досягається утворенням нерозчинних

сполук у вигляді ізолюючого захисного шару. По відношенню до заліза такими сповільнювачами є бікарбонат кальцію, сульфат цинку, хлорид барію.

Нерозчинний карбонат кальцію, що виділяється на катодних ділянках, екранує метал. Органічні інгібітори, адсорбуючись на катодних ділянках поверхні, також підвищують перенапруження виділення водню (желатин, декстрин і ін.).

Катодні сповільнювачі корозії металів абсолютно безпечні, оскільки вони ніколи не приводять до збільшення швидкості корозії.

Летючі інгібітори атмосферної корозії

Останніми роками широко застосовуються летючі інгібітори, які використовуються для захисту машин, апаратів і інших металевих виробів під час їх експлуатації в повітряній атмосфері. Летючі інгібітори вводяться в контейнери або в пакувальні матеріали. Завдяки достатньо високому тиску пари летючі інгібітори досягають межі розділу метал - повітря і розчиняються в плівці вологи, що покриває метал. Як летючі інгібітори зазвичай використовуються аміни з невеликою молекулярною масою, в які вводяться нітрати або карбонати.

Недоліком летючих інгібіторів корозії є припинення їх захисної дії після видалення їх пари з атмосфери, що оточує метал.

Електрохімічний захист

Він підрозділяється на протекторний, катодний, анодний і дренажний.

Такий захист широко застосовується для захисту підземних і підводних споруд.

Протекторний захист - спосіб захисту споруди примусовою катодною поляризацією за допомогою підключення до нього електродів з металу, що володіє в даному середовищі більш негативним потенціалом, ніж потенціал металу споруди.

Протекторний захист - це різновид катодного захисту, що не потребує зовнішнього джерела струму.

Катодний захист - спосіб захисту споруд примусовою катодною поляризацією за допомогою зовнішнього джерела постійного струму.

Катодна поляризація трубопроводів повинна здійснюватися так, щоб стаціонарні потенціали металу знаходилися в межах від -0,85 до -1,15 В по мідно-сульфатному електроду порівняння.

Негативний полюс зовнішнього джерела струму підключають до захищеної споруди, яка виконує роль катода. Анод електричного ланцюга - спеціальне анодне заземлення, підключене до позитивного полюса джерела струму. Дана установка працює за законом електролізу.

При катодному захисті зовнішнім струмом на аноді із заліза йде процес розчинення: $\text{Fe}^{2+} = \text{Fe} + 2\text{e}$, а на виробі, що захищається, який поляризується катодний, на мікрокатоді йде або процес відновлення водню $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$ (кисле середовище), або іонізація кисню $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^-$ (нейтральне або лужне середовище). На мікроанодах відбувається пригнічення анодного процесу, тобто корозія споруди.

Анодний захист зовнішнім струмом - захист металу від корозії за допомогою постійного електричного струму від зовнішнього джерела, при якому метал, що захищається, приєднують до позитивного полюса (тобто в якості аноду), а до негативного полюса приєднують додатковий електрод, поляризований катодний. При цьому поверхня металу, що захищається, поляризується анодним струмом; її потенціал при цьому зміщується в шляхетний бік, що зазвичай приводить до збільшення електрохімічного розчину металу; проте, досягши певного значення потенціалу може наступити пасивний стан металу (це спостерігається за відсутності депасиваторів в корозійному середовищі і призводить до значного зниження швидкості електрохімічної корозії металу), для довготривалого збереження виробів потрібна незначна щільність анодного струму. На додатковому електроді - катоді при цьому протікає переважно катодний процес. При великій щільності анодного струму можливе досягнення значень потенціалу, при яких настає явище перепасивації, - розчинення металу з переходом в розчин іонів вищої валентності, внаслідок чого утворюються розчинні або нестійкі сполуки, що приводить до порушення пасивного стану і збільшення швидкості розчинення металу.

Дренажний захист - це спосіб захисту від корозії блукаючими струмами. Він полягає у вимушеній катодній поляризації шляхом відведення блукаючих струмів від споруди, що захищається, до джерела цих струмів. Це найбільш ефективний захист від блукаючих струмів. Суть процесу полягає в усуненні анодних зон на підземних спорудах. Захист збільшується відведенням (дренажем) блукаючих струмів з ділянок анодних зон споруди, наприклад, в рейкову частину ланцюга електротяги, що має негативний (або знакозмінний) потенціал, або на негативну збірну шину тягових підстанцій. При цьому катодні зони в місцях входу блукаючих струмів в споруду зберігаються.

Електричний дренаж працює тільки у тому випадку, коли різниця потенціалів "споруда - рейки" позитивна.

Комплексний електрохімічний захист

При такому захисті застосовуються два і більш за методи захисту від корозії, що сприяє вищому ступеню захисту виробів від корозії, наприклад захисне покриття плюс катодний захист; захисне покриття плюс катодний захист плюс обробка ґрунту і ін.

Вибір методу захисту устаткування від корозії обумовлюється ступенем агресивності робочих компонентів, а також зовнішніми умовами, тобто ступенем агресивності середовища, в якому знаходиться апарат або машина.

2 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторна робота №1

ВИВЧЕННЯ КІНЕТИКИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ ЗА ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ ОПОРОМ НА КОРОЗИМЕТРІ P-5035

1.1 Мета роботи: за величиною поляризаційного опору R_p визначити швидкість електрохімічної корозії сталі та ефективність інгібіторного захисту.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Процес електрохімічної корозії, який виникає внаслідок контакту гетерогенної металічної поверхні з розчином електроліту, супроводжується перетіканням електричного струму від анодних ділянок, контактуючої робочої поверхні, до катодних і від катодних ділянок до анодних в електроліті (рисунок 1.1). Пояснюється це початковою різницею катодної і анодної складових.

Позначимо стаціонарні початкові значення потенціалів аноду і катоду до замикання ланцюга через φ_k^0 і φ_a^0 , а омичний опір системи через R . При умові, що $\varphi_k^0 > \varphi_a^0$, значення корозійного струму (I) в момент замикання ланцюга визначається за законом Ома:

$$I = \Delta\varphi / R, \quad (1.1)$$

де $\Delta\varphi$ – різниця потенціалів катоду і аноду корозійної пари;

R – омичний опір системи.

Однак, якщо замість $\Delta\varphi$ підставити у (1.1):

$$\Delta\varphi = \varphi_k^0 - \varphi_a^0, \quad (1.2)$$

то ми не одержимо вірного значення швидкості корозії, в дійсності " I " буде меншим за рахунок *поляризації* – зміщення потенціалу катоду в негативний бік, а потенціалу аноду в позитивний бік, тобто їх зближення. Величини, на яку зміщуються потенціали катоду і аноду ($\Delta\varphi_k$ і $\Delta\varphi_a$) називаються відповідно катодною і анодною поляризацією (поняття вперше ввів Ленц).

Сутність явища поляризації зводиться до того, що перехід електронів з аноду на катод відбувається швидше, ніж електродні реакції. При анодному процесі швидкість переходу йонів Me^{n+} з анодної ділянки в розчин з утворенням $Me^{n+} \cdot H_2O$ (рисунок 2.2) відстає від швидкості перетікання електронів (e) з анодної ділянки в катодну.

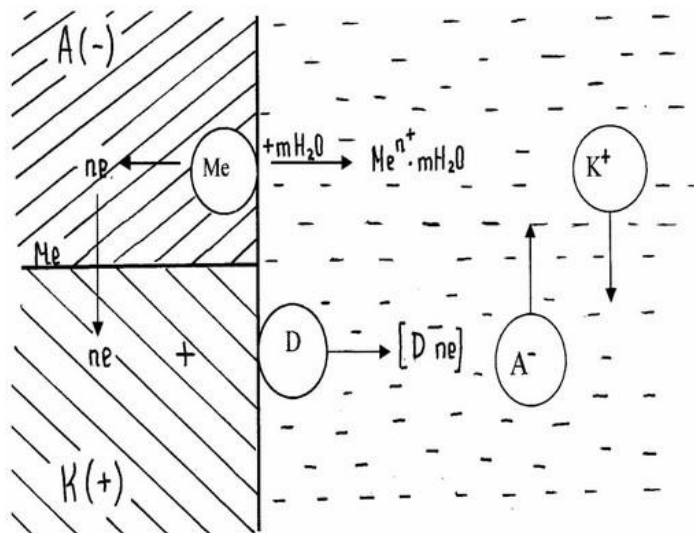


Рисунок 1.1 – Схема електрохімічної корозії на поверхні металу

Внаслідок цього біля анодної ділянки накопичується надлишок катіонів Me^{n+} і потенціал аноду зміщується в позитивний бік. При катодному процесі на катоді накопичується надлишок електронів, тому що катодні деполаризатори (D) не встигають з'єднуватися з електронами, які накопичуються в катодній ділянці, і потенціал катоду зсувається в негативний бік. Явище поляризації в процесах електрохімічної корозії є позитивним, тому що воно в сотні разів зменшує швидкість корозії.

Явище поляризації пояснюється тим, що рух електронів в металічній частині елемента і йонів в розчині зазнає на своєму шляху певні опори. Частина цих опорів зв'язана з труднощами, які виникають при проходженні електрону через кристалічну решітку металу або йонів через розчин, які називаються омичними (R), незначно впливає на зменшення корозійного струму мікропар, оскільки вона невелика. Велике значення мають, так звані, поляризаційні опори (P), зв'язані з неможливістю миттєвої асиміляції електронів катодними деполаризаторами і переходу позитивних йонів металу із металічної решітки в розчин.

Поляризаційні опори знижують швидкість корозійних процесів у багато разів. Не будь їх, багато металів кородували б з такою швидкістю, що втратили б своє технічне значення.

Зменшення здатності до поляризації електродів називається деполаризацією. Деполаризація збільшує швидкість корозійних процесів. Речовини і фактори, які зменшують поляризацію електродів корозійного елемента називаються деполаризаторами.

За величиною поляризаційного опору можна визначити швидкість корозії конструкційного матеріалу за певних умов, а також ефективність його захисту від корозії за допомогою тих або інших речовин (інгібіторів).

1.3 Експериментальна частина

Вимірювання R_p проводять на корозиметрі Р-5035 (рисунок 1.2). Цей прилад призначений для визначення швидкості електрохімічної корозії металів у кислих середовищах шляхом виміру опору поляризації двохелектродного датчика на постійному струмі з одночасною компенсацією опору розчину на змінному струмі і початкової ЕРС на постійному струмі.

Він має переваги перед гравіметричним методом дослідження корозії, бо різко скорочує час виміру. Це експрес метод корозійних випробувань, який дуже підвищує продуктивність праці.

Вимірник застосовується при температурі 10...35°C (при підвищеній вологості повітря (~80%) – при $T = 20^\circ\text{C}$).

1.3.1 Технічні характеристики Р-5035

- Діапазон вимірювання опору поляризації 5...5000 Ом.
- Діапазон компенсації опору розчину 0...2000 Ом.
- Межа компенсації початкової ЕРС корозійного датчика 0 ± 30 мВ.
- Піддіапазони вимірювання R_p : 5...50, 50...500, 500...5000 Ом.
- Піддіапазони компенсації опору розчину: 0...20, 0...200, 0...2000 Ом.

Сутність методу полягає в тому, що R_p обернено пропорційно швидкості корозії. Тому, якщо відома постійна "К", то:

$$I_c = K/R_{p(\text{сеп})}, \text{ мм/рік} \quad (1.3)$$

Для Р-5035: $K_1 = 272$, $S = 0,80 \text{ см}^2$; $K_2 = 1170$, $S = 3,84 \text{ см}^2$; (сталь 3).

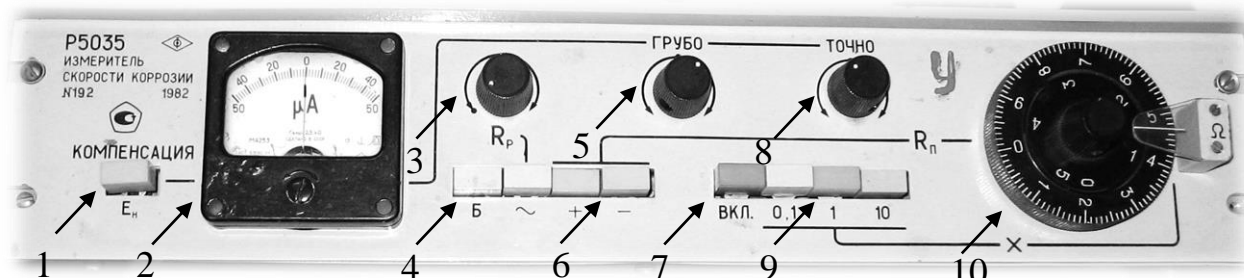
Величина опору розчину не повинна перевищувати 40% від R_p , а ємність подвійного шару границі розділу „електрод-електроліт” повинна бути ≥ 50 мкФ. Похибка визначення R_p складає $\pm 5\%$.

1.3.2 Порядок виконання роботи

- Підготувати робочу поверхню електродів корозійного датчика: відполірувати її абразивним папером та знежирити спиртом або ацетоном;
- Неробочі поверхні та міста кріплення корозійного датчика треба заізолювати кислотостійким лаком (всю поверхню датчика, яка торкається робочого розчину, крім паралельно спрямованих один до одного електродів, які розташовані на поверхні датчика протилежній до місця його з'єднання з кабелями) ;
- Перевести тумблер "max", "min" в положення "max" та підключити корозійний датчик за допомогою кабелю. З'єднати провід кабелю, який позначено "⏏" із загальним заземленням робочого місця. Заземлення не повинно бути зв'язаним з електродами датчика через розчин!
- Встановити лімби потенціометрів "Компенсація E_n ", "Грубо", "Точно" в

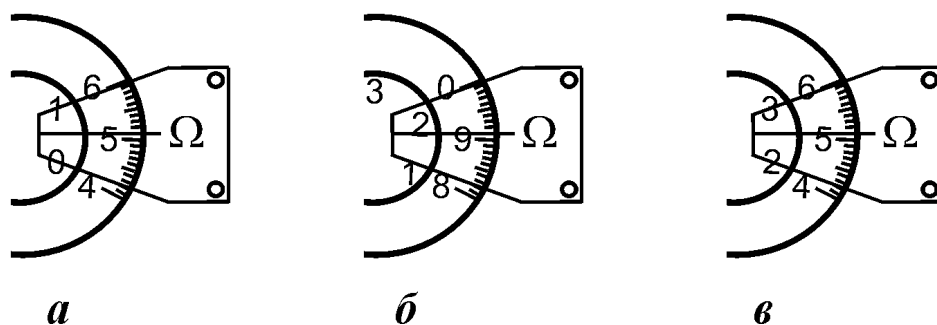
середнє положення. Кнопка "Е_н" повинна бути у відтиснутому стані. Помістити датчик у робочий розчин (*робочий розчині умови проведення експерименту вказує викладач*);

- Після увімкнення приладу (кнопка "ВКЛ") і його прогріву 1 хв, увімкнути перший піддіапазон вимірювання (кнопка "0,1");
- Провести компенсацію опору розчину R_{розч.} (кнопка "≈"), повертаючи лімб „R_p” встановити на "0" показник „нуль-індикатора”; якщо "0" не встановлюється, перейти на іншу границю виміру (кнопка "1");
- Провести компенсацію початкової ЕРС корозійного датчика (кнопки "+" або "-" в залежності від поляризації об'єкту позитивною або негативною напругою постійного струму). Натиснути кнопку "Е_н" і за допомогою лімбів "Грубо", "Точно" встановити "0" показника за “нуль-індикатором”;
- Провести вимірювання R_p, для чого повернути кнопку "Компенс. Е_н" у вихідне положення (повторно її натиснувши). Повертаючи лімб "R_п" встановити "0" за „нуль-індикатором”. Далі натиснути кнопку "Компенс. Е_н" і переконатися, що стрілка „нуль-індикатора” знаходиться на "0";
- Провести перший відлік вимірюваного поляризаційного опору R_p через 5 хв за відліковим пристроєм "R_п, Ω" з врахуванням множників піддіапазонів "0,1", "1", "10" (рисунок 2.4). Цифровані поділки від "1" до "5" на малому лімбі – сотні одиниць R_p, а на великому лімбі (від "0" до "9") – десятки та одиниці R_p;
- Повторити виміри R_p (лімб "R_п, Ω") через 10 хв. протягом 60-90 хв.
- Провести аналогічно вимірювання R_p за інших умов (рН, Т і т.і.) – вказує викладач;
- Після закінчення вимірів вимкнути корозиметр (кнопка "ВКЛ"). Промити електроди, знежирити їх та скласти до ексикатора;
- Розрахувати R_{p(сер)};



1 – кнопка компенсації Е_н; 2 – „нуль-індикатор”; 3 – потенціометр компенсації опору розчину R_{розч.} – „R_p”; 4 – кнопка перевірки живлення; 5 – потенціометри компенсації початкової ЕРС корозійного датчика Е_н: "Грубо"; 6 – вибір полярності; 7– кнопка увімкнення живлення – "ВКЛ"; 8 – потенціометри компенсації початкової ЕРС корозійного датчика Е_н: "Грубо", "Точно"; 9- перемикач діапазонів вимірювання "0,1", "1", "10"; 10 – відрахунковий пристрій R_p - "R_п, Ω"

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд вимірника корозії Р-5035



а – піддіапазон "0,1", $R_p = 0,1 \cdot 51 = 5,1$ Ом;
 б – піддіапазон "1", $R_p = 1 \cdot 191 = 191$ Ом;
 в – піддіапазон "10", $R_p = 10 \cdot 251 = 2510$ Ом.

Рисунок 1.3 - Схема відрахунку

1.3.3 Обробка результатів експерименту

- За формулою (1.3) розрахувати струм корозії I_c ;
- Скласти таблицю даних (таблиця 1.1):

Таблиця 1.1 – Результати експериментів

Робочий розчин	pH	$C_{\text{Ін}}$, моль/л	T, К	R_p , Ом	I_c , мм/рік
H ₂ SO ₄		–			
H ₂ SO ₄ + інгібітор					

- Якщо необхідно в залежності від умов проведення експерименту побудувати графіки залежності $R_p = f(C_{\text{Ін}})$, $R_p = f(\text{pH})$ тощо і зробіть відповідні висновки (рисунок 1.4, 1.5).

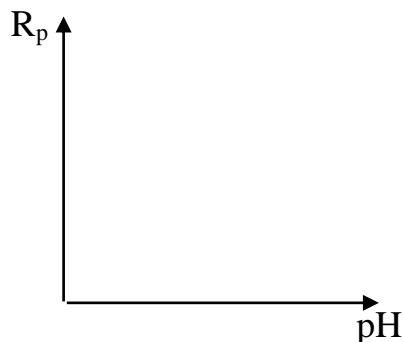


Рисунок 1.4 – Залежність $R_p = f(\text{pH})$

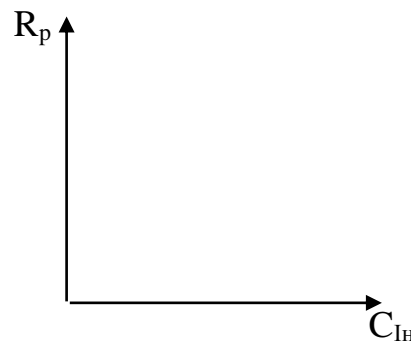


Рисунок 1.5 – Залежність $R_p = f(C_{\text{Ін}})$

1.4 Висновки: експериментально визначена величина поляризаційного

опору та швидкість корозії сталі 3 в кислоті (...) з рН(...), за наявності та відсутності (...) інгібітора, а також досліджений характер зміни поляризаційного опору сталі 3 в залежності від рН (0...2) досліджуваного розчину, Т (20,25,30,35°C), концентрації Ін (0,1...1 г/л) – *вказати лише потрібне, те що виконувалось в експериментальній частині.*

Контрольні питання

1. Що таке поляризація?
2. Сутність явища поляризації.
3. Що таке поляризаційний опір?
4. Який зв'язок між струмом корозії і поляризаційним опором?
5. Чи можна визначити швидкість хімічної корозії за допомогою корозиметра Р-5035?
6. Що таке поляризуємість?
7. Чи можна розрахувати φ_k і φ_a , якщо вони є необоротні? Як їх визначають?
8. Які позитивні наслідки від поляризації?
9. Поляризація аноду і катоду сухих гальванічних елементів, дає позитивні чи негативні наслідки?
10. За допомогою чого можна зменшити поляризацію електродів гальванічного елемента?

Лабораторна робота №2

ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОЦИКЛОВОЇ КОРОЗІЙНОЇ ТА ВОДНЕВОЇ ВТОМИ СТАЛІ

2.1 Мета роботи: визначити малоциклову корозійну та водневу витривалість металоконструкцій в різних агресивних середовищах.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Корозійна втома - це процес поступового виникнення, а далі - розвитку тріщини під впливом тривалого статичного (статична втома) або повторно-змінного навантаження (циклічна втома), тобто - це повільне руйнування металів. Опір, який чинить метал циклічній втомі, називають витривалістю, або циклічною міцністю. Опір статичній втомі має назву - тривалої міцності.

В багатьох інженерних конструкціях спостерігається руйнування після відносно незначної кількості циклів навантаження, що нараховує декілька тисяч повторень. Руйнування після малої кількості циклів навантаження від так званої малоциклової втоми, як правило, відбувається за значної (близько 1%) пластичної циклічної деформації в макрооб'ємах розглядуваного елемента конструкції.

Межа між мало- і багатоцикловою втомою є умовною і визначаються головним чином мірою непружності матеріалу в циклі навантажування і пластичністю матеріалу. Для високопластичних сплавів перехідна зона мало - і багато цикловою втомою зміщується в бік більших довговічностей, для крихких - у бік менших.

Розрахунки елементів конструкцій на малоциклову втому базуються на експериментальних даних вивчення закономірностей опору деформуванню і руйнуванню за циклічного пружнопластичного деформування, а також дослідженнях кінетики неоднорідного напружено-деформівного стану і накопичення пошкоджень в зонах концентрацій - місцях ймовірного руйнування.

Опір матеріалів циклічному пружно-пластичному деформуванню звичайно вивчають за однорідного напруженого стану, використовуючи два основних види навантажування. В одному випадку під час циклічного деформування сталою зберігається амплітуда напружень, у іншому - амплітуда деформації. Ці види, відповідно, називають м'яким і жорстким навантажуванням.

Опір руйнуванню за циклічного деформування матеріалу суттєво залежить від характеру навантаження (м'яке і жорстке) і циклічних деформаційних властивостей цього матеріалу.

За м'якого навантажування (циклічне навантажування, що забезпечує задану залежність змінення номінального напруження в об'єкті від часу або іншого параметра) циклічно знеміцнювальних матеріалів накопичуються пластичні деформації, які можуть привести до двох типів руйнування - квазістатичного і втомного. Квазістатичне пов'язане зі збільшенням залишкових деформацій до рівня, який відповідає руйнуванню при одноразовому статичному навантаженні.

Руйнування втомного характеру пов'язане з накопиченням пошкоджень, утворенням тріщин при суттєво меншій пластичній деформації. Можливі і проміжні форми руйнування, коли утворюються тріщини втоми на фоні помітних пластичних деформацій.

Циклічно знеміцнювальні матеріали руйнуються тільки від втоми. Для них крива втоми в інтервалі довговічності $10^2 \dots 10^4$ циклів досить добре описується емпіричним рівнянням

$$\sigma_a N_p n = C \quad (2.1)$$

де n , C - сталі матеріалу.

Для квазістатичного руйнування за критерій переходу в граничний стан приймають величину деформації, накопиченої під час циклічного навантаження, що відповідає руйнуванню за одноразового статичного розтягу При жорсткому (циклічне навантажування, що забезпечує задану

залежність змінення деформації об'єкта від часу чи іншого параметра) навантажуванні немає накопичення деформацій, що виключає можливість квазістатичного руйнування. В цьому випадку всі матеріали руйнуються за механізмом втоми з утворенням тріщини.

Однією з основних вимог до сучасних металоконструкцій обмеженого строку служби є максимальна питома міцність (високе значення відношення міцності до маси). В таких конструкціях (трубопроводи, посудини під тиском, реактори та ін.) виникають напруги, які перевищують границю пружності, що обумовлює довговічність матеріалу не більш 10^5 циклів - малоциклова корозійна втома (МЦКВ) (на відміну від багатоциклової корозійної втоми, де довговічність зразків складає багато мільйонів циклів). Одним з різновидів МЦКВ є МЦВВ (малоциклова воднева втома). Якщо МЦКВ відбувається переважно в корозійних (наприклад, 3% NaCl) та корозійно-наводнювальних середовищах (наприклад, 0,1 н. HCl), то МЦВВ переважно в наводнювальних (всі раніше згадані середовища, додатково насичені сірководнем чи в дослідженнях з катодною поляризацією). Найбільш небезпечна та неочікувана МЦВВ.

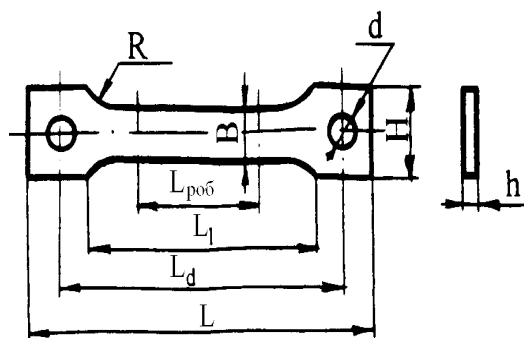
Малоциклове руйнування може бути викликане не тільки дією змінних навантажень, але і повторними тепловими діями. Якщо температурні розширення у деталі обмежені опорними пристроями або навколишніми частинами деталі з незмінною температурою, то в такій деталі виникне температурна напруга. В результаті з'являться пластичні деформації.

Руйнування, викликане знакозмінною пластичною деформацією, що є наслідком циклічних змін температури, називається термічною втомою.

Одним із способів підвищення опору деталей циклічному руйнуванню в умовах малоциклової втоми є виготовлення їх з металів, що циклічно зміцнюються.

2.3 Експериментальна частина

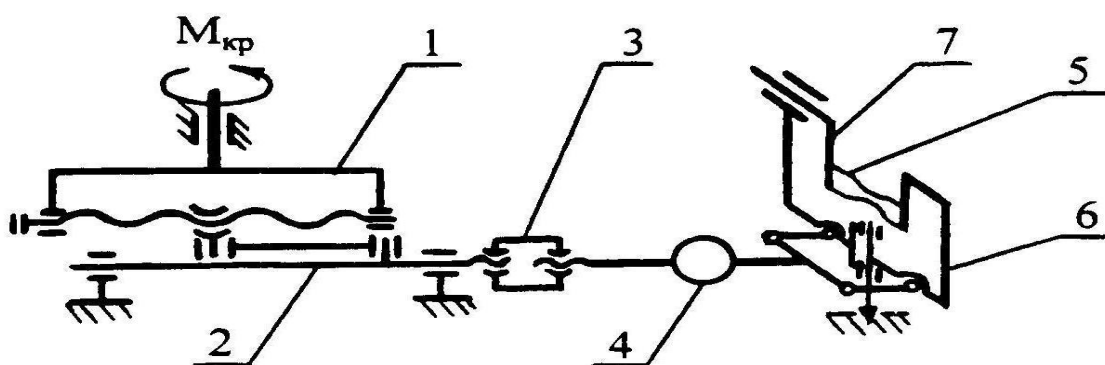
Малоциклову втому сталевих стандартизованих зразків (рисунок 2.1) вивчають на машині ПП-2 (рисунок 2.2) в режимі віднульового згину (одна сторона зразка весь час зазнає напруження розтягу, а друга - напруження стиску, чи по-іншому). Максимальна частота навантаження 50 циклів на хвилину.



Основні розміри, мм			
h	B	R	L _{роб}
2,5	6	10	15

Допоміжні розміри				
H	L ₁	d	L _d	L
12	27	8	45	57

Рисунок 2.1 - Зразок для випробувань на малоциклову втому



1 – гвинт, 2 – тяга, 3 – гайка, 4 – динамометр, 5 – зразок, 6,7 – опори

Рисунок 2.2 - Принципова схема машини ІІІ-2

Підготовлений до випробувань зразок закріплюють в утримувачі, завдаючи йому певний прогин та ступінь деформації ε (за вказівкою викладача).

Вмикають в електромережу машину ІІІ-2 і визначають число циклів до руйнування зразка на повітрі – $N_{п}$ (за електронним лічильником). Закріплюють посудину з робочим середовищем - 3%NaCl і проводять аналогічне визначення числа циклів до руйнування зразків в корозійному середовищі - N_c . Заповнюють посудину свіжим розчином - 3%NaCl, зразок катодно поляризують ($i_k = 0,05-0,1$ А/см²), анод – Pt-дріт або графітовий інертний електрод, і визначають число циклів до руйнування в наводнювальному середовищі – N_n та в корозійно-наводнювальному $N_{сн}$ – рекомендованому згідно стандартів асоціації інженерів-корозіоністів - NACE (3% NaCl+0.5M CH₃COOH, pH4).

Повторюють випробування в тих же середовищах але із застосуванням засобів захисту від МЦКВ і МЦВВ (за вказівкою викладача).

Розраховують такі показники:

Ступінь захисту від малоциклової корозійної втоми – K_c відносно повітря (7.2) та корозійного середовища (7.3) і коефіцієнт гальмування МЦКВ (7.4) – γ_c^N

$$K_c = [(N_c' - N_c) / (N_p - N_c)] \cdot 100, \% \quad (2.2)$$

де N_p , N_c , $N_{сн}$, N_n – відповідно кількість циклів до руйнування на повітрі, корозійному, корозійно-наводнювальному і наводнювальному середовищах (штрих – із захистом).

$$K_c = [(N_c' - N_c) / N_c] \cdot 100, \% \quad (2.3)$$

$$\gamma_c^N = N_c' / N_c, \quad (2.4)$$

Ступінь захисту від малоциклової водневої втоми – K_n та коефіцієнти гальмування МЦВВ – γ_n^N

$$K_n = [(N_n' - N_n) / (N_p - N_n)] \cdot 100, \% \quad (2.5)$$

$$K_n = [(N_n' - N_n) / N_n] \cdot 100, \% \quad (2.6)$$

$$\gamma_n^N = N_n' / N_n, \quad (2.7)$$

Коефіцієнти впливу середовища: корозійного – β_c , наводнювального – β_n , корозійно-наводнювального – $\beta_{сн}$ (у порівнянні з повітряним):

$$\beta_c = N_p / N_c, \quad \beta_{сн} = N_p / N_{сн}, \quad \beta_n = N_p / N_n \quad (2.8)$$

2.4 Висновки: експериментально визначено ступені захисту від МЦКВ та МЦВВ зразків конструкційних матеріалів (...), які становлять (...), а також визначено коефіцієнти впливу середовищ (...). Дають загальну оцінку доцільності використання інгібіторного захисту за даних умов.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю “корозійна втома”?
2. Яка різниця між “витривалістю” та “тривалою міцністю”?
3. З чим пов’язане м’яке навантажування конструкцій?
4. В чому різниці між м’яким та жорстким навантажуванням конструкцій?
5. Чим відрізняється малоциклова корозійна втома від багатоциклової корозійної втоми?
6. Чим характеризується МЦКВ?
7. В яких робочих середовищах відбуваються процеси МЦКВ та МЦВВ?
8. З чим пов’язана термічна втома конструкцій?
9. Як вивчають малоциклову втому сталених зразків?
10. Якими показниками оцінюють ефективність захисту від МЦКВ та МЦВВ?

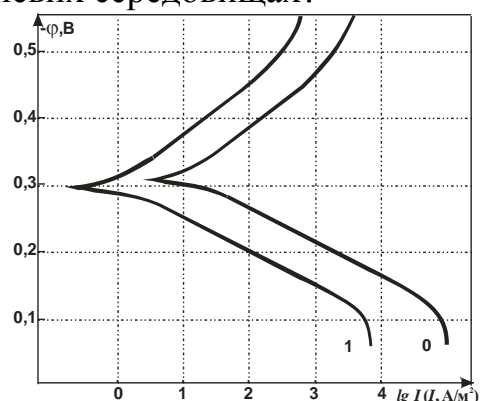
3 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Варіант №1

1. Яка термодинамічна вірогідність водневої корозії за участю цементиту при стандартній температурі? Відповідь аргументуйте розрахунком енергії Гіббса.
2. Що таке корозійне розтріскування зварних з'єднань? В яких середовищах воно найбільш небезпечно? Наведіть приклади.
3. Запишіть парціальні корозійні процеси сталевій зварній конструкції, що працює у сирому приміщенні ($W \approx 95\%$). Запропонуйте методи захисту.
4. Які методи захисту зварних з'єднань в сірководневих середовищах?

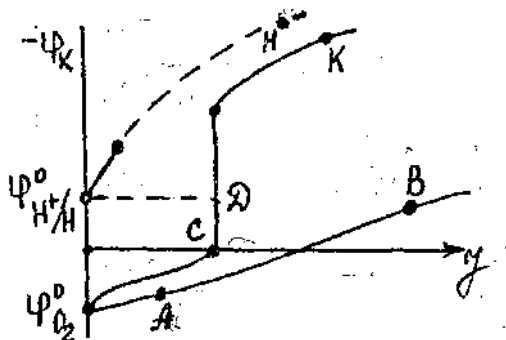
5. По φ, i -кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



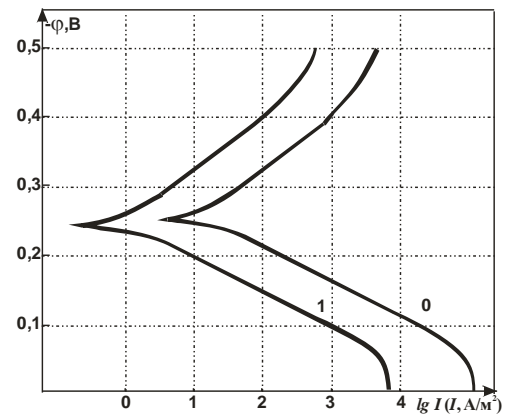
Варіант №2

1. Яка термодинамічна вірогідність кислотної корозії сталі за участю неметалічних включень – сульфідів марганцю при стандартній температурі? Відповідь аргументуйте розрахунком константи рівноваги.
2. Що таке статична втома? Тривала міцність? В яких умовах сталь і зварні з'єднання не підлягають статичній втомі?
3. Опишіть узагальнену катодну поляризаційну криву, а також аргументуйте інші криві на схемі та їх ділянки.



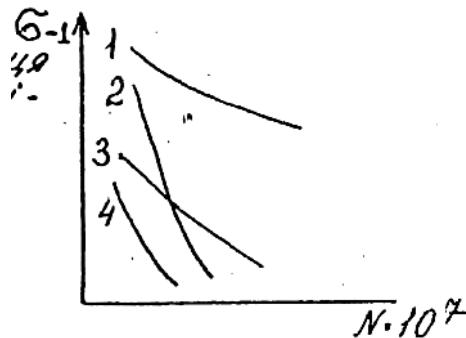
4. Які методи захисту зварних з'єднань сталі від водневої корозії?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



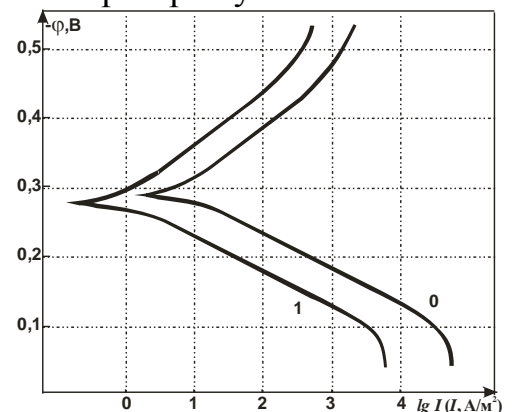
Варіант №3

1. Яка термодинамічна вірогідність водневої корозії за участю оксиду заліза (III) при стандартній температурі? Відповідь аргументуйте розрахунком константи рівноваги.
2. Що таке циклічна втома, циклічна міцність, витривалість? Які сталі піддаються цим корозійно - механічним руйнуванням і в яких умовах.
3. Поясніть графічну залежність $N=f(\sigma_{-1})$ та орієнтовно визначить можливі середовища 2 - 4, якщо 1 - повітря.



4. Які методи захисту зварних з'єднань від корозійного розтріскування?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?

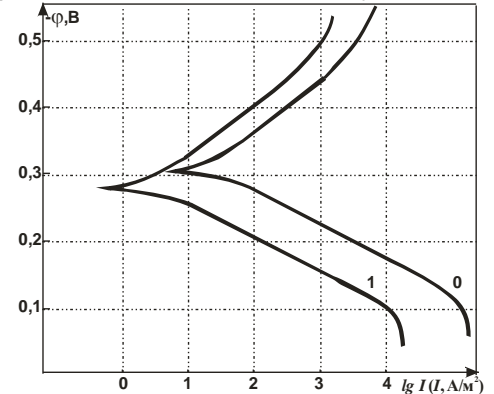


Варіант №4

1. Яка термодинамічна вірогідність водневої хвороби міді за участю оксидів Cu (II) ? Відповідь аргументуйте розрахунком енергії Гіббса.
2. Що таке лужна крихкість сталі Чим вона пояснюється для пластичних, міцних сталей та їх зварних з'єднань?
3. Які методи зниження внутрішніх напруг у зварних з'єднаннях сталі?
4. Проаналізуйте вплив легуючих елементів на електродний потенціал металу.

5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму(γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

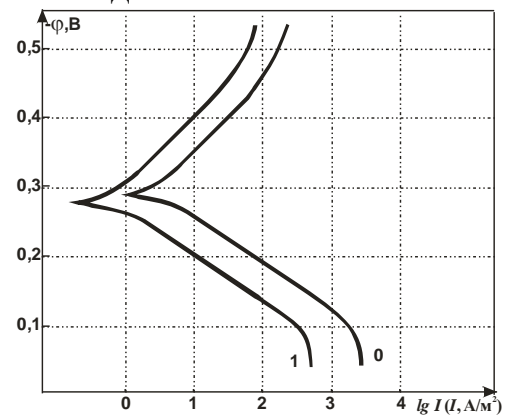


Варіант №5

1. Яка термодинамічна вірогідність водневої корозії сталі з катодними домішками – Cu за участю сульфідів CuS? Відповідь аргументуйте розрахунком константи рівноваги.
2. Що таке пітинги? В чому полягає їх небезпечність для тонких листових металічних матеріалів в нейтральних середовищах?
3. Наведіть графічну залежність швидкості корозії Me від рН ($k=f$ рН) для групи металів: 1) Au, Pt; 2) Fe, Mn; 3) W, Mo; 4) Ni, Co; 5) Al, Zn, та поясніть її.
4. Які методи захисту від водневої крихкості зварних з'єднань?

5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму(γ_x); Z.

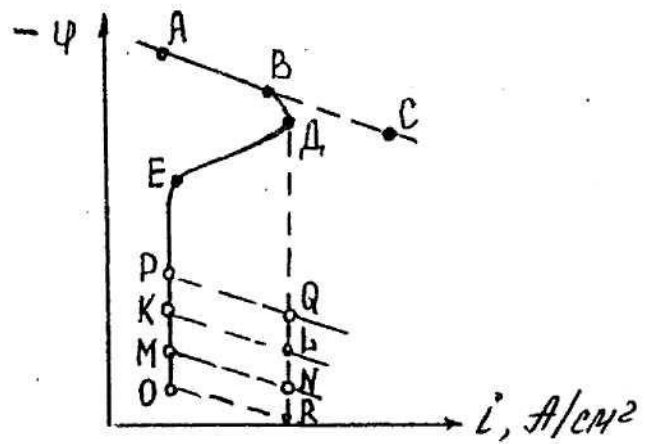
Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



Варіант № 6

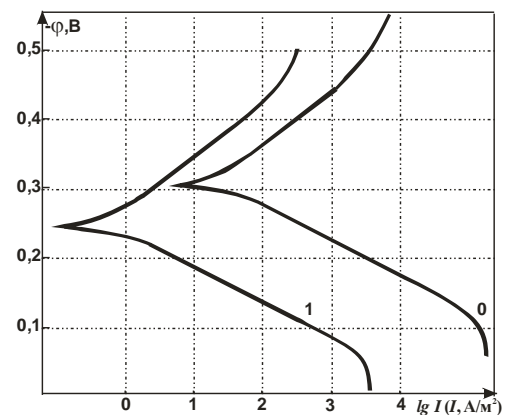
1. Як пояснити стимулювання корозії в сірководневих середовищах? Відповідь аргументуйте катодними і анодними процесами H₂S-корозії.
2. Які фактори впливають на електрокорозію сталі? Дайте приклади.

3. Дайте пояснення до узагальненої схеми анодної поляризаційної кривої, її окремих ділянок.



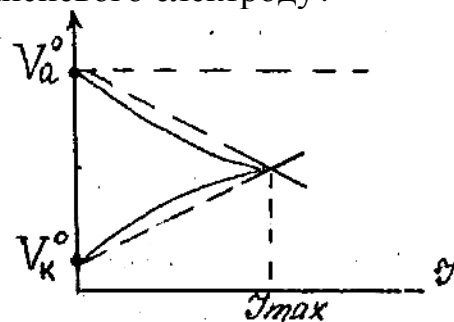
4. Які методи захисту від окислення Me при високих T? Як називається цей вид корозії?

5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: $\phi_c; i_c; i_a; i_k; a_k; a_a; v_k; v_a; i_n^o; i_{Me}^o; \gamma_c; \gamma_a; \gamma_k; \gamma_1; \gamma_2; \gamma_3; \gamma_4; \gamma$ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z. Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



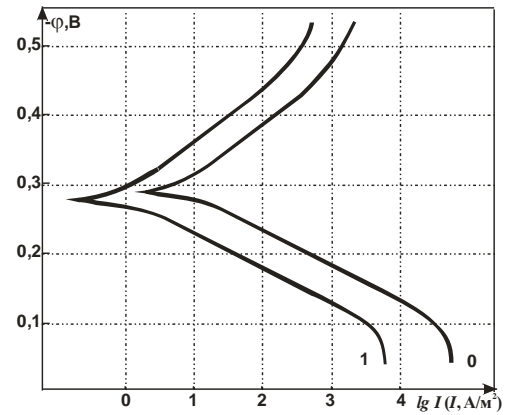
Варіант № 7

1. Що таке потенціал нульового заряду? Що він характеризує? Як його визначають? Дайте приклади.
2. Запишіть процеси кисневої деполаризації в кислому і нейтральному середовищі. Як визначити потенціал кисневого електроду?
3. Що таке ступінь анодного контролю, коефіцієнт пасивності. Поясніть ці величини за допомогою рисунка.



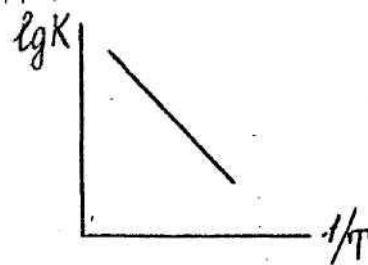
4. Які методи захисту зварних з'єднань від атмосферної корозії?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



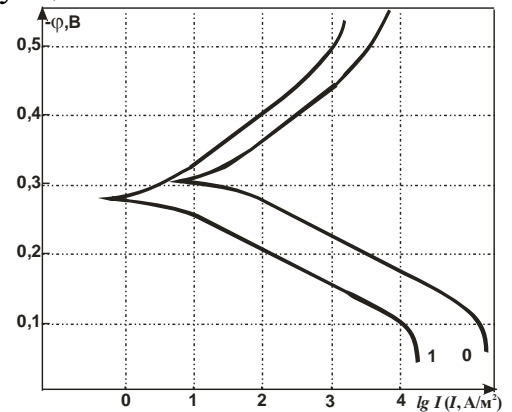
Варіант № 8

1. Які хімічні процеси проходять під час біокорозії під дією тїобактерій?
2. Поясніть в чому суть міжкристалічної корозії (МКК). Які сталі піддаються їй? Як запобігти МКК?
3. Як визначити енергію активації корозії? Які величини $E_{акт}$ характерні для кінетичного контролю, дифузійного контролю корозії? Наведіть приклади.



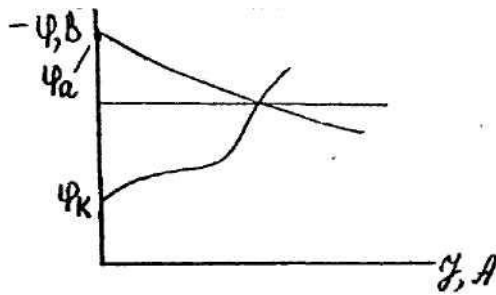
4. Що таке анодний захист зварних металоконструкцій?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант № 9

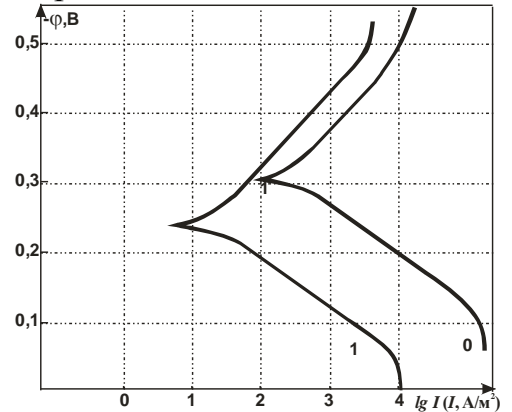
1. Які режими зварювання дають позитивний ефект щодо малоциклової витривалості зварних з'єднань?
2. В чому полягають особливості корозії в нейтральному середовищі?
3. З яким контролем протікає ґрунтова корозія за схемою. Дайте приклади.



4. Які методи захисту зварних з'єднань від електрокорозії?

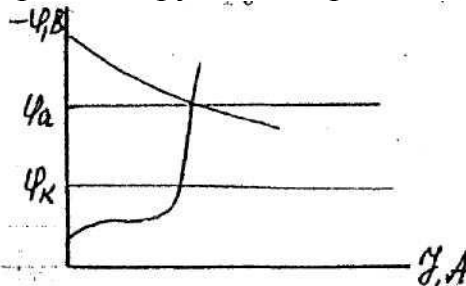
5. По ϕ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант № 10

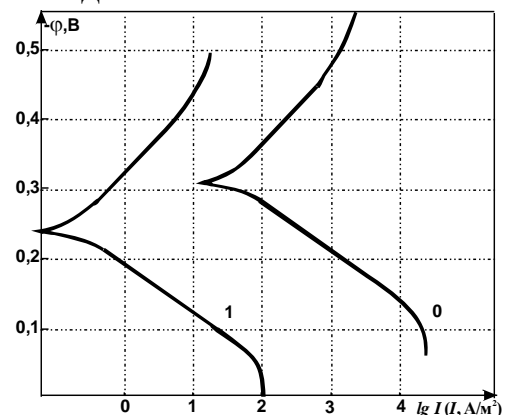
1. Проаналізуйте методи зниження електрохімічної гетерогенності зварних з'єднань сталі.
2. Які особливості кислотної корозії зварних з'єднань?
3. З яким контролем протікає ґрунтова корозія? Дайте приклади.



4. Які методи захисту від корозійної втоми зварних з'єднань?

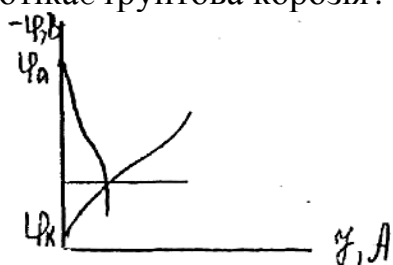
5. По ϕ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант № 11

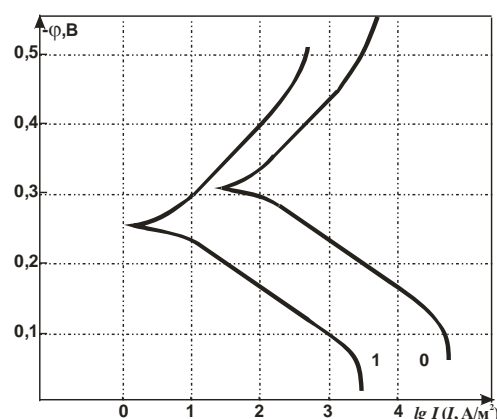
1. Дайте приклади хімічної корозії зварних з'єднань в неелектролітах?
2. Основні фактори впливу на швидкість корозії? Дайте приклади.
3. З яким контролем протікає ґрунтова корозія?



4. Які методи захисту від біокорозії, від обростання металічних зварних конструкцій у морській воді?

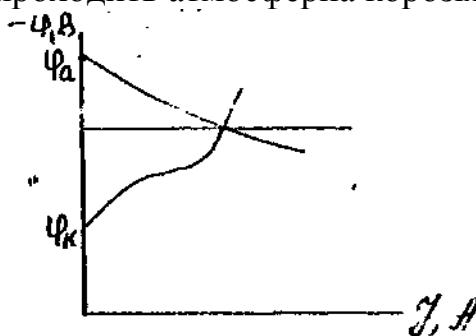
5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



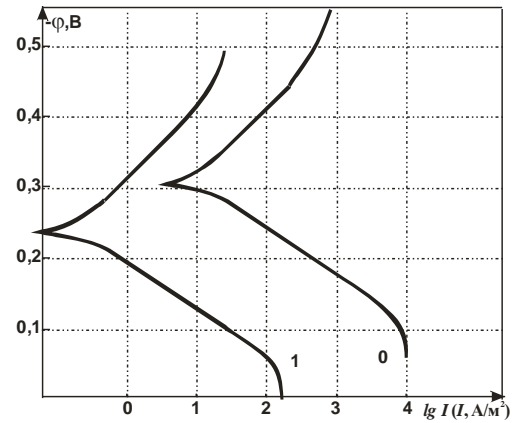
Варіант №12

1. Які парціальні процеси корозії сталі в контакті з нікелевим покриттям в середовищі з рН = 7?
2. Як діагностувати ознаки корозійного розтріскування, корозійної втоми?
3. З яким контролем проходить атмосферна корозія?



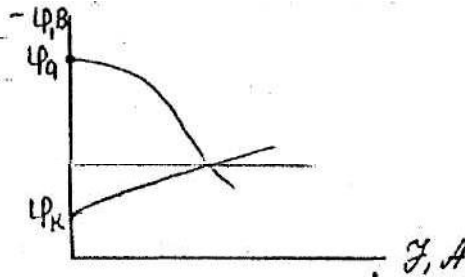
4. Методи підвищення витривалості зварних з'єднань?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



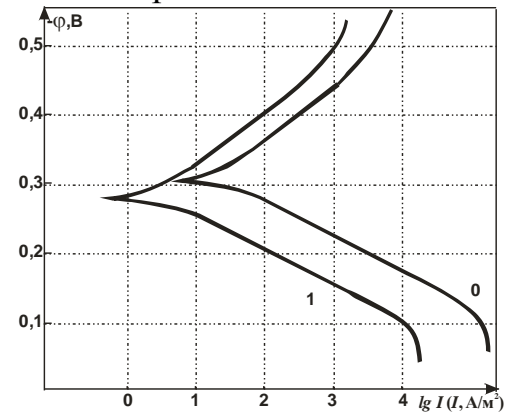
Варіант №13

1. Опишіть парціальні електродні реакції нікелю в контакті з міддю у морській воді.
2. Які основні фактори впливають на термодинаміку, кінетику хімічної корозії?
3. З яким контролем протікає атмосферна корозія.



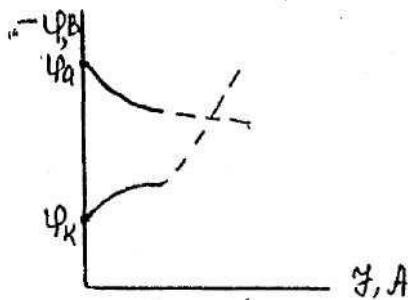
4. Проаналізуйте методи підвищення тривалої міцності зварних з'єднань?

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант №14

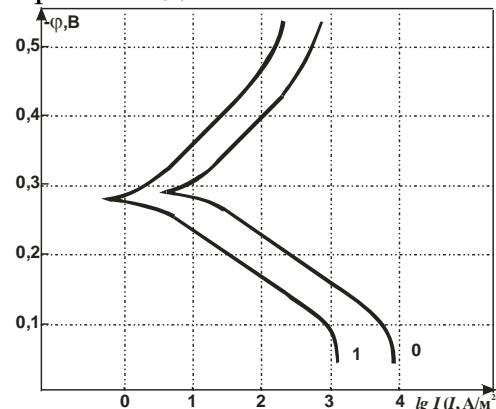
1. Проаналізуйте основні методи підвищення жаростійкості, жароміцності сталі? Дайте пояснення цим поняттям?
2. Чи кородує титан в розведеній соляній кислоті? Запишіть рівняння.
3. З яким контролем протікає атмосферна корозія?



4. Охарактеризуйте екологічні проблеми корозії зварних з'єднань.

5. По ϕ, i -кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

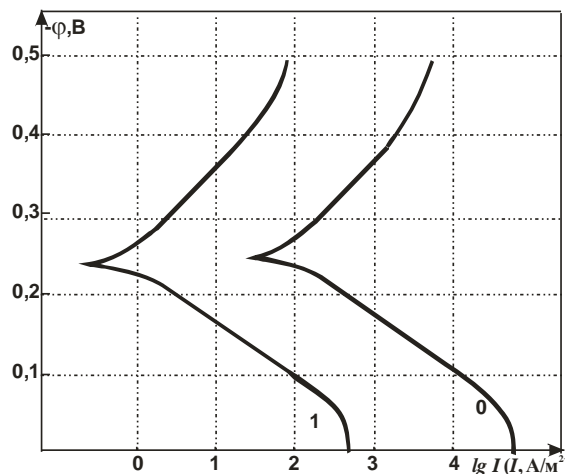


Варіант 15

1. До якого типу корозії відноситься воднева корозія? Яка термодинамічна ймовірність водневої корозії за участю оксиду Fe(III) при стандартній температурі? Відповідь аргументуйте розрахунком ΔG° .
2. Опишіть парціальні процеси корозії сталі 20 у розбавленій HCl. Які зміни відбудуться, якщо сталевий виріб контактує з мідним дротом?
3. Які ознаки корозійно-втомного руйнування металу зварних з'єднань?
4. Як установити за якісним складом робочого середовища (де працює зварна конструкція), що корозія не відбувається.

5. По ϕ, i -кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



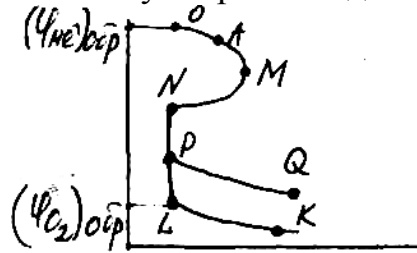
Варіант 16

1. Чи можлива хімічна корозія в електролітах? Відповідь аргументуйте.
2. Зварна конструкція, що працює у вологому повітрі, нерівномірно

нагрівається. Який це вид корозії? Опишіть процеси, що відбуваються в цьому випадку.

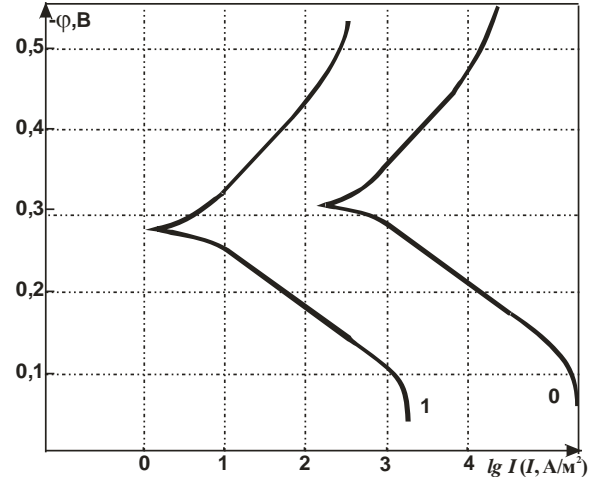
3. Які ознаки корозійного розтріскування металу зварних з'єднань?

4. Що означає крива PQ на даній анодній поляризаційній кривій. Відповідь аргументуйте.



5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



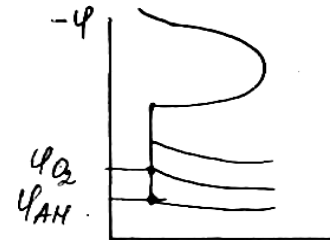
Варіант 17

1. Що таке воднева хвороба міді? Опишіть корозійний процес. Як запобігти цьому виду корозії?

2. Чи можлива корозія цинку в підкисленому H_2SO_4 розчині окислювача - дихромату калію ($K_2Cr_2O_7$). Відповідь аргументуйте розрахунком величини $\Delta\phi^o$, константи рівноваги. Який це вид корозії.

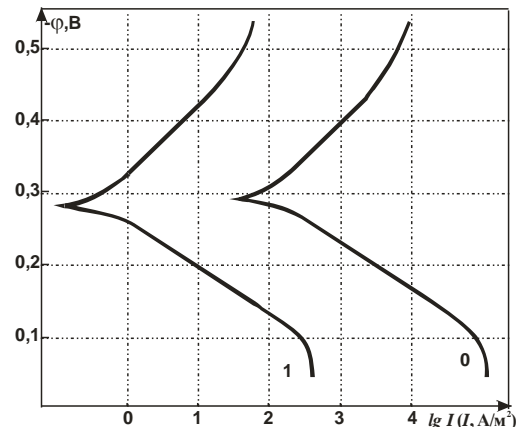
3. Які ознаки сульфідного розтріскування зварних з'єднань?

4. Відзначте на анодній поляризаційній кривій ділянку транспасивації. Що це за явище, із чим воно пов'язане. Як його запобігти?



5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

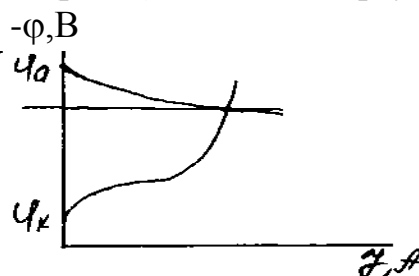


Варіант 18

1. Чим відрізняються жаростійкі сплави від жароміцних. Відповідь аргументуйте й наведіть приклади.
2. Зварна конструкція нерівномірно аерується при експлуатації в ґрунті. Який це вид корозії? Опишіть корозійний процес.
3. Яке із середовищ найбільш агресивне для сталі: а) H_2S -вмісне, $pH = 7,0$; б) $pH = 7,0$ без H_2S ; в) лужне середовище ($pH > 7$). Відповідь аргументуйте.

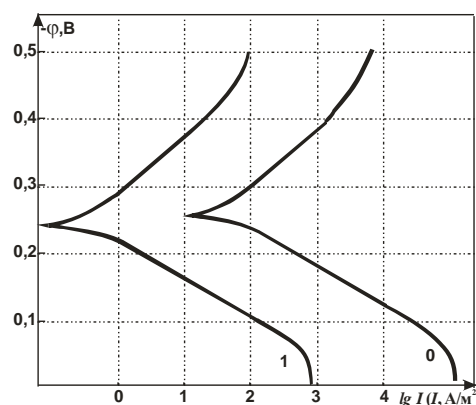
З яким контролем відбувається процес ґрунтової корозії зварної конструкції, якщо корозійна діаграма має вигляд показаний на схемі.

Наведіть приклади, які методи захисту від корозії в цьому випадку?



5. По ϕ, i -кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: ϕ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; ϕ_k ; ϕ_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z.

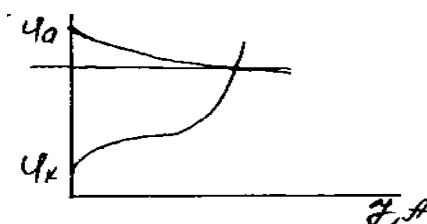
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



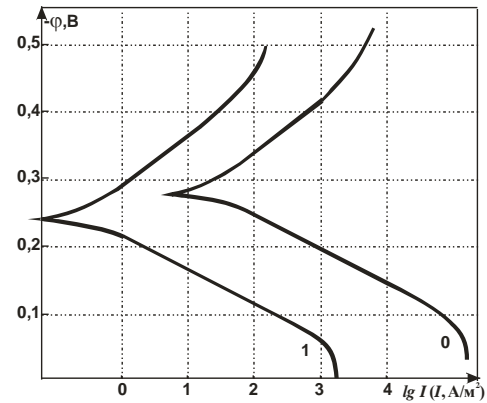
Варіант 19

1. До якого виду належить метанова корозія, які її термодинамічні й кінетичні особливості?
2. Опишіть процес корозії цинку в середовищі, $pH > 7$. Як змінюються парціальні процеси корозії при $pH = 7$.
3. Яку роль грають пітинги в корозійно-механічному руйнуванні зварних конструкцій? Наведіть приклади.

Який контролюючий фактор атмосферної корозії відповідно до корозійної поляризаційної діаграми. Наведіть приклад, коли вона має місце й методи захисту.



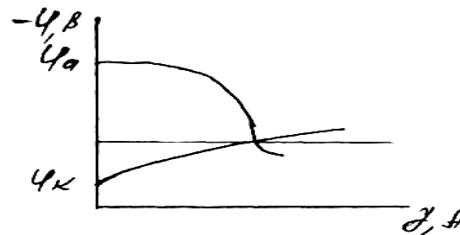
5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z.
Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



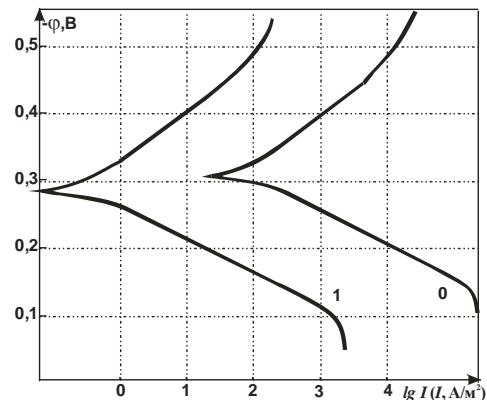
Варіант 20

1. Які закономірності утворення оксидних плівок на сталі? У якому випадку вони відіграють захисну роль у процесі газової корозії? Який це вид корозії?
2. Які особливості сірководневої корозії зварних конструкцій? Від чого залежить інтенсивність парціальних електродних процесів?
3. Що таке статична й циклічна втома? Які сталі піддаються цим видам корозійно-механічних руйнувань і в яких умовах?

Який контролюючий фактор атмосферної корозії відповідно до корозійної поляризаційної діаграми. Наведіть приклад. Які методи захисту в цьому випадку.

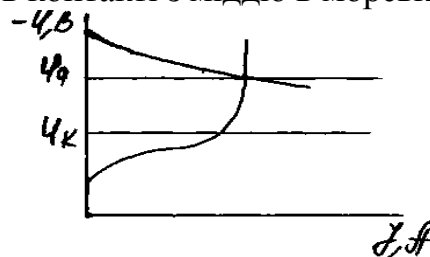


5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z.
Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



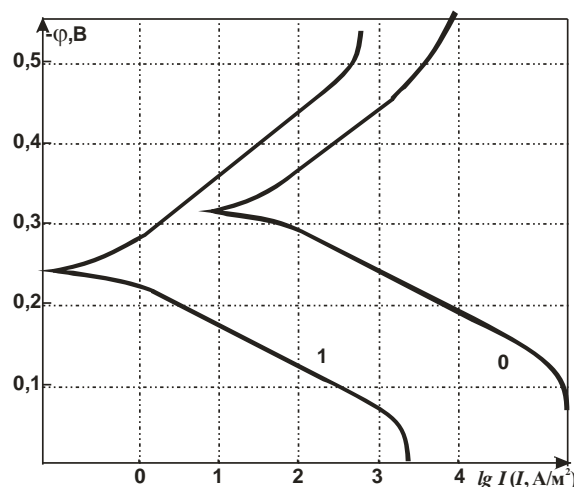
Варіант 21

1. Наведіть приклади хімічної корозії в рідких середовищах? Які фактори підсилюють її?
2. Що таке витривалість матеріалу зварних конструкцій? Які методи її підвищення?
3. Опишіть парціальні електродні реакції нікелю в контакті з міддю в морській воді. Який контролюючий фактор ґрунтової корозії зварної конструкції по корозійній поляризаційній діаграмі? Запропонуйте способи захисту. Наведіть приклад.



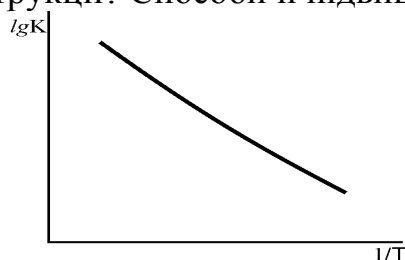
5. По φ, i -кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; β_k ; β_a ; i_n^0 ; i_{Me}^0 ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



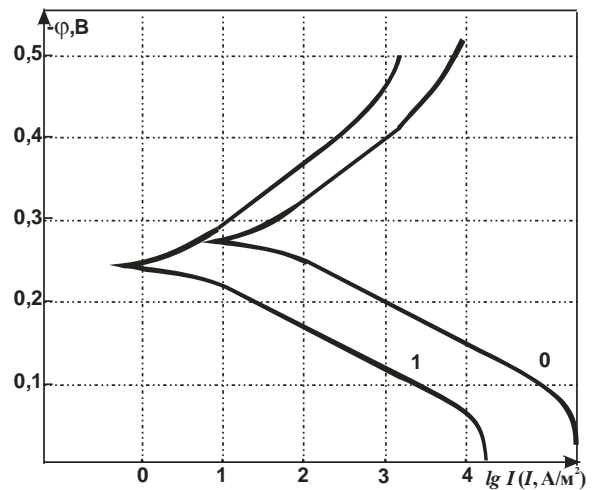
Варіант 22

1. Які основні фактори впливають на термодинаміку й кінетику хімічної корозії?
2. Опишіть парціальні електродні процеси сталевій зварній конструкції в контакті з Mg-Al-сплавом, при рН = 7.
3. Що таке тривала міцність зварної конструкції? Способи її підвищення.
4. Як визначити енергію активації процесу корозії. Що вона характеризує?



5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

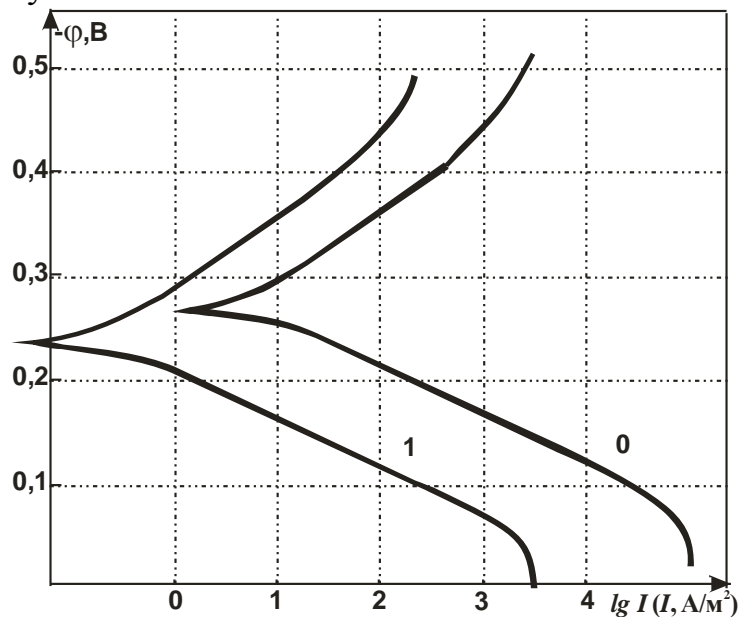


Варіант 23

1. Які основні методи підвищення жаростійкості сталі?
2. Опишіть парціальні процеси корозії титану в розбавленій сірчаній кислоті.
3. Що таке воднева крихкість зварної конструкції? Які метали найбільш стійкі, та найменш стійкі до водню?
4. Наведіть діаграму Пурбе для цинку. Опишіть її.

5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

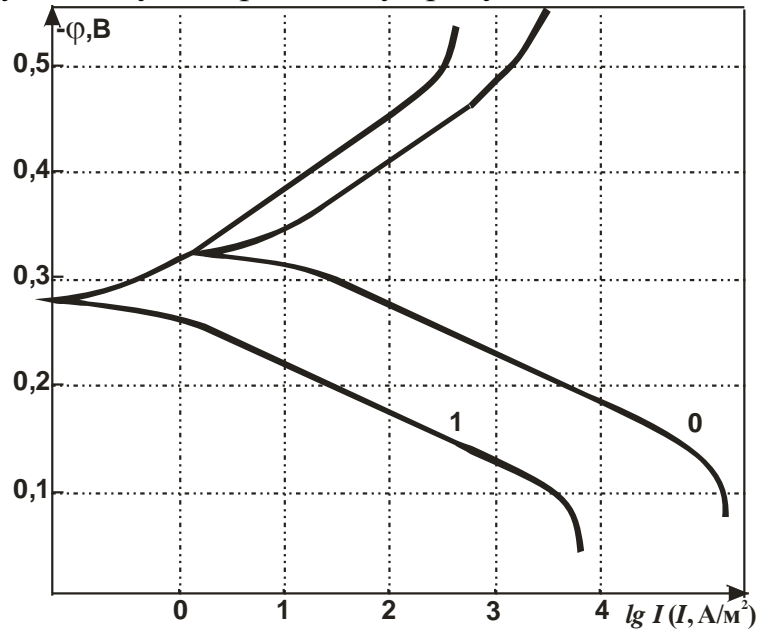


Варіант 24

1. Як підвищити жароміцність сталі. Наведіть приклади жароміцних матеріалів.
2. Опишіть процеси корозії сталі в присутності Mg- Zn протектору. Як називається цей метод захисту.
3. Що таке малоциклова корозійна втома зварної конструкції? Основні методи захисту.

4. Зобразіть й опишіть узагальнену катодну поляризаційну криву.

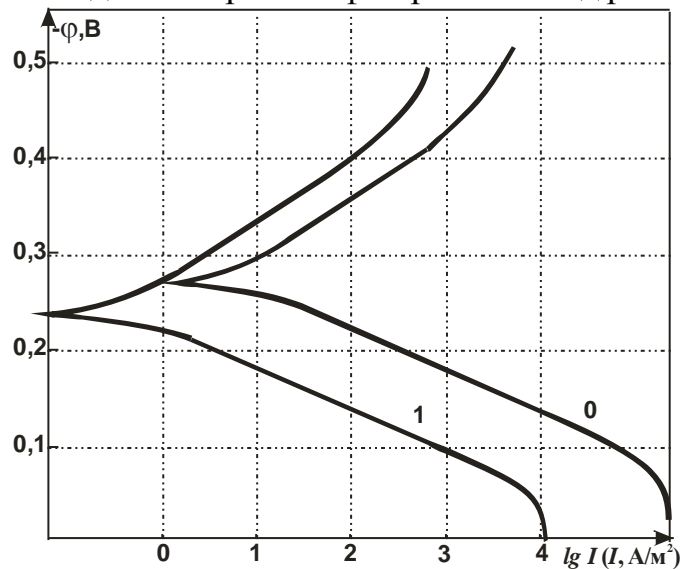
5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант 25

1. Опишіть випадки корозії зварних конструкцій в неелектролітах.
2. Які парціальні процеси корозії сталі в морській воді? Чим відрізняються вони в сильнолужному середовищі?
3. Які фактори обумовлюють посилення корозійного розтріскування зварних конструкцій?
4. Зобразіть й поясніть графічну залежність швидкості корозії амфотерних Me від pH .

5. По φ, i - кривих, (0 - без I_n , 1 - з I_n) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($pH=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності I_n за цією схемою?



Варіант 26

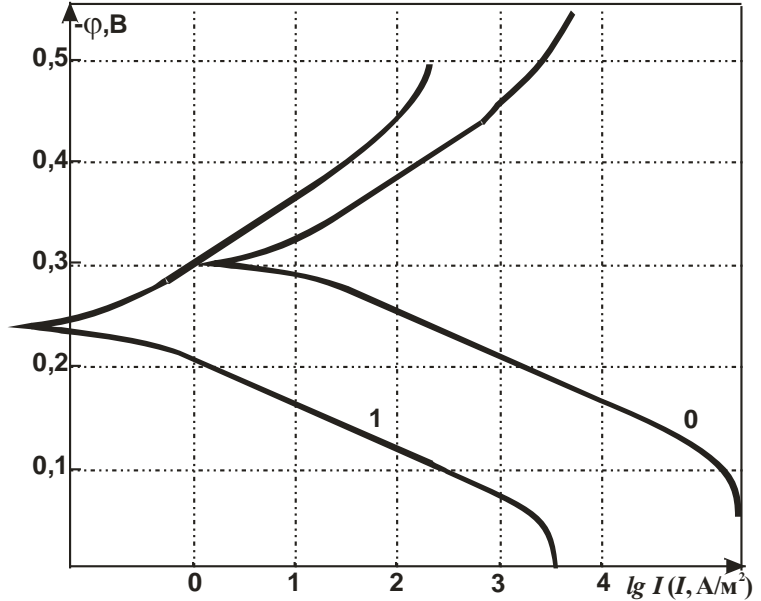
1. Опишіть приклади водневої корозії кольорових металів. Які способи її

запобігання?

2. Охарактеризуйте процеси корозії сталевій зварній конструкції в контактї з кадмієм у морській воді.
3. Що таке малоциклова корозійна й малоциклова воднева втома? Методи захисту.
4. Зобразіть й поясніть графічну залежність швидкості корозії Ta, Mo, W від pH.

5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (pH=1) середовищі визначити: $\phi_c; i_c; i_a; i_k; a_k; a_a; v_k; v_a; i_n^o; i_{Me}^o; \gamma_c; \gamma_a; \gamma_k; \gamma_1; \gamma_2; \gamma_3; \gamma_4; \gamma$ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

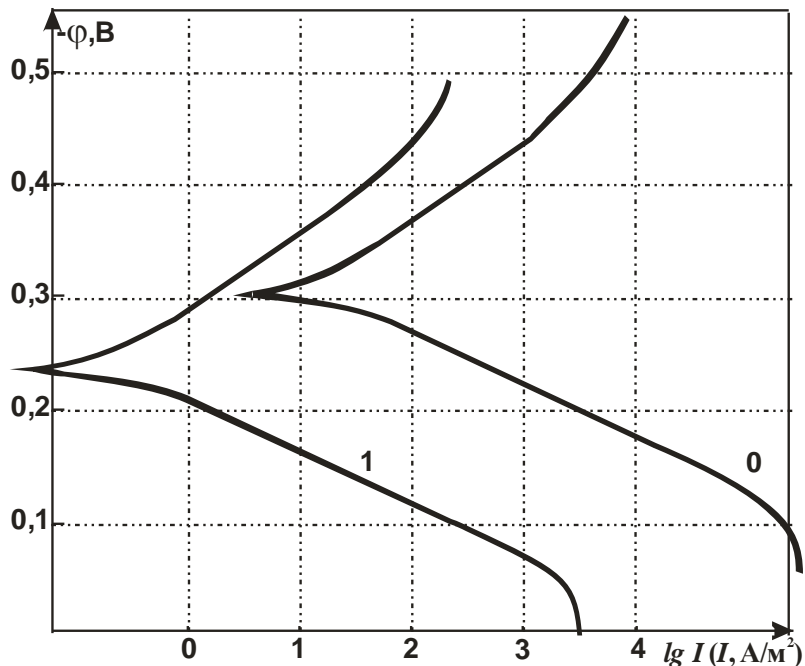


Варіант 27

1. Способи захисту від водневої корозії зварних конструкцій з легованих сталей.
2. Парціальні процеси корозії сталевій зварній конструкції в контактї з міддю у водопровідній воді.
3. Що таке міжкристалітна корозія, коли вона має місце? Методи захисту.

5. По ϕ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (pH=1) середовищі визначити: $\phi_c; i_c; i_a; i_k; a_k; a_a; v_k; v_a; i_n^o; i_{Me}^o; \gamma_c; \gamma_a; \gamma_k; \gamma_1; \gamma_2; \gamma_3; \gamma_4; \gamma$ - без врахування долі хімічного механізму (γ_x); Z.

Які висновки можна



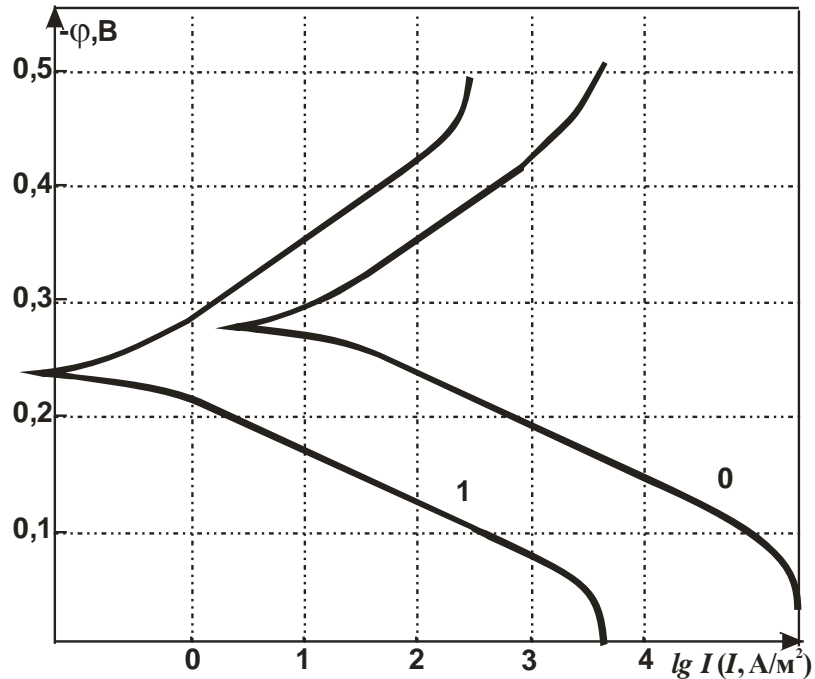
зробити по
ефективності І_н за
цією схемою?

4. Зобразіть й опишіть графічну залежність швидкості корозії Ni, Co, Cd від рН.

Варіант 28

1. Опишіть випадки хімічної корозії сталевих зварних конструкцій.
2. Які способи захисту зварних з'єднань сталі від корозійно-механічних руйнувань.
3. Опишіть процеси корозії мідної конструкції в аміачному середовищі.
4. Зобразіть діаграму Пурбе для Fe.

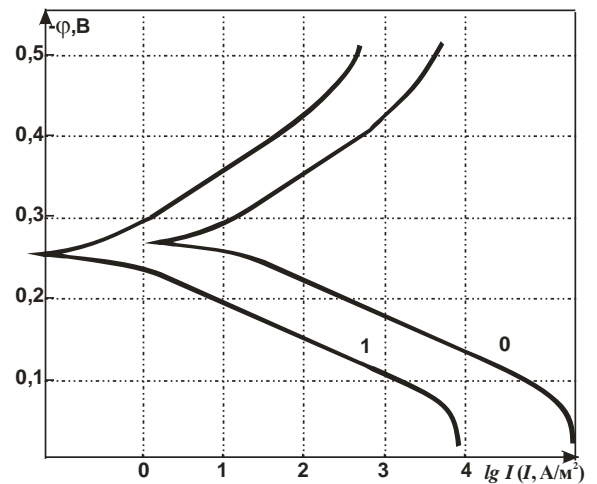
5. По ϕ, i - кривих, (0 - без І_н, 1 - з І_н) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому (рН=1) середовищі визначити: $\phi_c; i_c; i_a; i_k; a_k; a_a; v_k; v_a; i_n^o; i_{Me}^o; \gamma_c; \gamma_a; \gamma_k; \gamma_1; \gamma_2; \gamma_3; \gamma_4; \gamma$ - без врахування доли хімічного механізму (γ_x); Z. Які висновки можна зробити по ефективності І_н за цією схемою?



Варіант №29

1. Опишіть парціальні процеси корозії сталевій зварній конструкції у розбавленій НСІ. Які зміни відбудуться, якщо ця конструкція контактує з мідним стрижнем?
2. Як установити наявність корозійного процесу при роботі сталевій зварній конструкції в робочому середовищі (електроліті).
3. Проаналізувати в чому полягає небезпечність пітингів для тонких листових зварних конструкцій в нейтральних середовищах?
4. Як визначити наявність сульфідів Fe (Mg) у сталі? Які способи захисту від сірководневої корозії.

5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($\text{pH}=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .
Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?

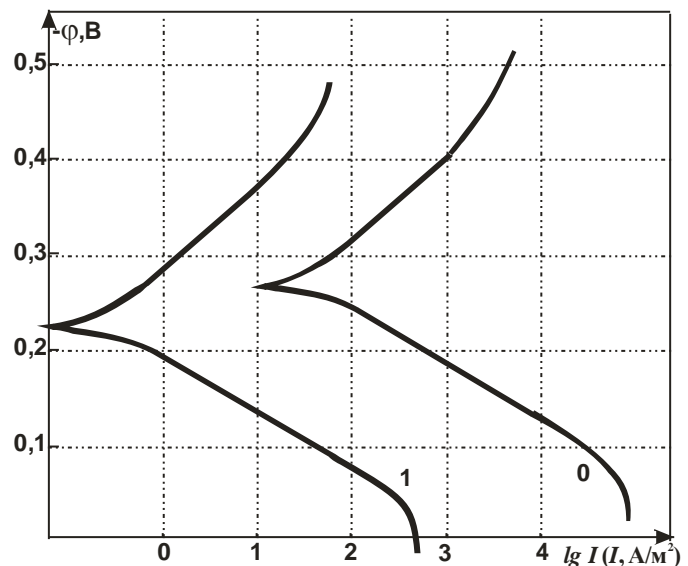


Варіант 30

1. Визначити, яка термодинамічна вірогідність водневої корозії сталевій зварної конструкції з катодними домішками – Cu за участю сульфідів CuS? Відповідь аргументуйте розрахунком константи рівноваги.
2. Охарактеризувати фактори впливу на електрокорозію зварних конструкцій? Навести приклади.
3. Проаналізувати стимулювання корозії зварних з'єднань в сірководневих середовищах? Відповідь аргументуйте катодними і анодними процесами H_2S - корозії.
4. Проаналізувати доцільність використання Zn-протектору для захисту зварної конструкції у кислому середовищі.

5. По φ, i - кривих, (0 - без Ін, 1 - з Ін) знятих на сталі 20 в інгібованому кислому ($\text{pH}=1$) середовищі визначити: φ_c ; i_c ; i_a ; i_k ; a_k ; a_a ; v_k ; v_a ; i_n^o ; i_{Me}^o ; γ_c ; γ_a ; γ_k ; γ_1 ; γ_2 ; γ_3 ; γ_4 ; γ - без врахування долі хімічного механізму(γ_x); Z .

Які висновки можна зробити по ефективності Ін за цією схемою?



4 МЕТОДИНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ТА КОНТРОЛЬНОЇ РОБИТ

Об'єктом контрольної роботи є питання діагностики корозійних руйнувань та пропозицій щодо захисту конструкцій від корозії..

Мета виконання контрольної роботи: застосування теоретичних знань для вирішення практичних завдань, уміння користуватися довідковою літературою, стандартами, нормами тощо, одержання навичок інженерних розрахунків.

До виконання контрольної роботи необхідно братися тільки після ретельної проробки курсу “Корозія та захист металів від корозії” згідно рекомендованої літератури і після ознайомлення з даними методичними вказівками.

Контрольна робота складається з п'яти задач за кожним розділом дисципліни, які вибираються залежно від номеру студента в списку групи. Номер завдання контрольної роботи співпадає з порядковим номером студента в списку групи.

Обсяг контрольної роботи 10-12 сторінок стандартних аркушів паперу формату А4. Розрахунки і відповіді на питання повинні супроводжуватися необхідними схемами, ескізами, графіками, таблицями, які мають відповідати вимогам стандартів "Єдиної системи конструкторської документації" та "Єдиною системи програмної документації".

Оформлена контрольна робота повинна мати титульний лист та текстову частину.

Титульний лист оформлюється згідно встановленого зразка ЧНТУ. Текстова частина повинна мати вступ та окремі розділи за кількістю запропонованих для вирішення завдань.

Контрольну роботу необхідно оформляти відповідно ДСТУ 3008-95 на одному боці аркуша формату А4 /210x297 мм/ чорнилом або пастою. Бажано оформлення контрольної роботи машинописним або машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом.

Слід додержуватись таких розмірів берегів: верхній, лівий і нижній - не менше 20 мм, правий - не менше 10 мм.

Скорочення слів і словосполучень - відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

Номер сторінки проставляють арабськими цифрами у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок. Розділи, підрозділи, пункти, підпункти слід нумерувати арабськими цифрами.

Посилання в тексті на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, “... у роботах [1, 13] ...” В роботі має бути використано 5-7 джерел. Оформлення

посилання повинно відповідати його бібліографічному опису згідно чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

Зміст роботи розташовують на окремій сторінці після титульного аркуша.

У вступі коротко викладають мету роботи згідно завдання, обов'язково вказують варіант завдання, наводять вихідні дані із методичних вказівок мовою оригіналу.

Після виконання контрольна робота здається викладачу для перевірки. У разі невірної виконання контрольна робота повертається студенту на доопрацювання.

Оформлення лабораторних робіт відбувається аналогічно до контрольної роботи. Захист лабораторних робіт відбувається згідно контрольних питань наведених наприкінці кожної роботи.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ТЕСТИ ДО ЗАЛКУ


1. Дайте визначення корозії. Корозійна стійкість конструкційних матеріалів.
2. Проблеми корозії. Прямі та непрямі збитки від корозії.
3. Класифікація корозії за механізмом, видам корозійних руйнувань та умовам протікання корозії.
4. Швидкість корозії, способи її вираження.
5. Теорія газової корозії. Жароміцність та жаростійкість сталі.
6. Термодинаміка газової корозії.
7. Типи оксидних плівок.
8. Умови суцільності плівки. Критерій Піллінга-Бедвордса.
9. Кінетика газової корозії.
10. Внутрішні фактори газової корозії. Склад та структура сплаву.
11. Зовнішні фактори газової корозії. Склад газового середовища. Температура. Тиск газів. Швидкість руху середовища.
12. Захист від газової корозії. Основні методи захисту.
13. Легування сталей. Теорії жаростійкого легування.
14. Створення захисних атмосфер.
15. Захисні покриття металеві та неметалеві.
16. Електрохімічна корозія. Визначення. Умови її виникнення.
17. Механізм електрохімічної корозії.
18. Типи катодної деполяризації. Воднева та киснева деполяризації.
19. Термодинаміка електрохімічної корозії.
20. Діаграми Пурбе.
21. Кінетика електрохімічної корозії.
22. Катодний, анодний та омичний контроль.
23. Пасивність. Анодна поляризаційна крива.
24. Внутрішні та зовнішні фактори електрохімічної корозії.

25. Термодинамічна стійкість та розташування металів в періодичній системі елементів.
26. Вплив складу та структури сплаву на електрохімічну корозію.
27. Вплив складу та концентрації агресивного середовища.
28. Вплив кислотності середовища.
29. Вплив температури та тиску.
30. Корозія в природних умовах.
31. Атмосферна корозія.
32. Ґрунтова корозія. Вплив блукаючого струму.
33. Морська корозія.
34. Біокорозія.
35. Корозійно-механічне руйнування металів.
36. Методи захисту від корозії: принципи, класифікація.
37. Покриття, плівки. Класифікація.
38. Металеві покриття. Катодні та анодні металеві покриття.
39. Неметалеві покриття. Неорганічні плівки. Оксидування, азотування, фосфатування.
40. Лакофарбові покриття.
41. Покриття смолами та пластичними масами.
42. Інгібітори корозії. Анодні та катодні інгібітори.
43. Інгібітори атмосферної корозії.
44. Антикорозійні мастила.
45. Обробка корозійного середовища.
46. Електрохімічний захист: катодний та анодний.
47. Протекторний захист.
48. Консервація металевих виробів.
49. Методи корозійних випробувань. Класифікація та мета досліджень.
50. Екологічні проблеми корозії.


Варіант 1

Рівень 1 (кожна правильна відповідь 1 бал).


1. Взаємодія металу і корозивного середовища, при якій окиснення металу і відновлення окисника відбувається в одному акті, називається:
 - А. Хімічна корозія
 - Б. Біохімічна корозія
 - В. Електрохімічна корозія
2. Який з малюнків відповідає місцевій розтріскуючій корозії :




а)



б)



в)



д)

 - А. Д; Б. А; В. Б; Г. В
3. До електрохімічної корозії за умовами протікання відноситься:

- А. Газова корозій
 - Б. Корозія в неелектролітах
 - В. Підземна корозія
4. Математичний запис $x=kt + A$ є виразом:
- А. Логарифмічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
 - Б. Параболічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
 - В. Лінійного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
5. Необоротні потенціали металів визначаються:
- А. Тільки шляхом розрахунку.
 - Б. Тільки дослідним шляхом.
 - В. І шляхом розрахунку і дослідним шляхом.
6. Потенціал кисневого електроду $\varphi_{\text{OH}^-/\text{O}_2} = 1,23-0,059\text{pH}$. Який з металів найбільш вірогідно може кородувати з кисневою деполяризацією в середовищі з $\text{pH}=14$:
- А. Fe ($\varphi^0 = -0,44\text{В}$);
 - Б. Cu ($\varphi^0 = +0,337\text{В}$);
 - В. Ag ($\varphi^0 = +0,793\text{В}$).
7. В кислому середовищі на катодних ділянках більшості металів можуть перебігати наступні процеси:
- А. $\text{H}^+ + \text{e} = 1/2\text{H}_2$
 - Б. $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$
 - В. $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^-$
8. В якій гальванічній парі залізо виступає катодом:
- А. Zn($\varphi^0 = -0,76\text{В}$)/Fe($\varphi^0 = -0,44\text{В}$)
 - Б. Cu($\varphi^0 = +0,34\text{В}$)/Fe($\varphi^0 = -0,44\text{В}$)
 - В. Ni($\varphi^0 = -0,25\text{В}$)/Fe($\varphi^0 = -0,44\text{В}$)
9. Вкажіть формулу, за якою можна розрахувати об'ємний ($\text{см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{год}$) показник корозії:
- А. $K_m = (m_2 - m_1)/S\tau$
 - Б. $K_\gamma = 8,76K_m/\rho$
 - В. $K_v = V \cdot 273(P - P_{\text{H}_2\text{O}})/S\tau(273+t)760$
10. Місцеве руйнування металу при одночасному впливі на метал розтягуючих напруг і корозивного середовища називається:
- А. Корозивне розтріскування
 - Б. Корозивна втома
 - В. Корозивна кавітація
11. Який з різновидів атмосферної корозії перебігає за хімічним механізмом:
- А. Суха атмосферна корозія
 - Б. Волога атмосферна корозія
 - В. Мокра атмосферна корозія
12. Залізобактерії сприяють корозивному руйнуванню, тому що:

- А. Окиснюють сірку до сульфатної кислоти
 - Б. Переводять йони заліза в нерозчинні сполуки, які осідають на поверхні металу, спричиняючи електрохімічну гетерогенність поверхні.
 - В. Відновлюють сульфат-іони, які містяться в ґрунті до сульфід-іонів, які прискорюють корозію
13. Покриття, які отримують шляхом занурення виробу, що захищається, у ванну з розплавленим металом, називаються:
- А. Гарячими покриттями
 - Б. Гальванічними покриттями
 - В. Термодифузійними покриттями
14. Фосфатування сталі використовують як:
- А. Ґрунт під фарбу
 - Б. Самостійне захисне покриття
 - В. А і Б
15. Захист металів від корозії за допомогою постійного електричного струму від зовнішнього джерела, при якому метал, що захищається приєднується до позитивного полюсу називається:
- А. Протекторним захистом
 - Б. Катодним захистом
 - В. Анодним захистом

Рівень 2 (кожна правильна відповідь 10 балів).

1. Наведіть схему, яка ілюструє механізм хімічної корозії.
2. За механізмом захисту металічні покриття поділяються на катодні та анодні. Поясніть механізм захисної дії катодного покриття та анодного покриття. Переваги та недоліки катодних та анодних захисних покриттів.

Рівень 3 (правильна відповідь 5 балів)

Частина металевого трубопроводу прокладена в піщаному, а частина в глинистому ґрунті. Поясніть, яка частина трубопроводу буде працювати катодом, а яка – анодом. Які реакції перебігають на катоді та аноді. Запропонуйте метод боротьби з неоднорідністю ґрунту.

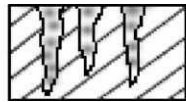
Варіант 2

Рівень 1 (кожна правильна відповідь 1 бал).

1. Взаємодія металу і корозивного середовища, при якій окиснення металу і відновлення окисника відбувається не в одному акті (розділено просторово), називається:
 - А. Хімічна корозія
 - Б. Біохімічна корозія
 - В. Електрохімічна корозія
2. Який з малюнків відповідає пітинговому характеру руйнування:



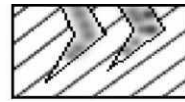
а)



б)



в)



д)

А. Б; Б. В; В. А; Г. Д

3. До хімічної корозії за умовами протікання відноситься:
- Мокра атмосферна корозія
 - Корозія в неелектролітах
 - Морська корозія
4. Математичний запис $x^2 = k\tau + A$ є виразом:
- Логарифмічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
 - Параболічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
 - Лінійного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
5. Необоротний потенціал характеризується:
- Збалансованістю маси і заряду.
 - Збалансованістю тільки маси.
 - Збалансованістю тільки заряду.
6. Потенціал водневого електроду $\varphi_{H^+/H_2} = -0,059pH$. Який з металів найбільш вірогідно може кородувати з водневою деполяризацією в середовищі з $pH=7$:
- Zn ($\varphi^0 = -0,76V$).
 - Fe ($\varphi^0 = -0,44V$).
 - Cu ($\varphi^0 = +0,34V$).
7. В нейтральному середовищі на катодних ділянках більшості металів можуть перебігати наступні процеси:
- $H^+ + e = 1/2H_2$
 - $O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$
 - $O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$
8. В якій гальванічній парі залізо виступає анодом:
- Zn($\varphi^0 = -0,76V$)/Fe($\varphi^0 = -0,44V$)
 - Mg ($\varphi^0 = -2,34V$)/Fe($\varphi^0 = -0,44V$)
 - Ni ($\varphi^0 = -0,25V$)/Fe($\varphi^0 = -0,44V$)
9. Вкажіть формулу, за якою можна розрахувати глибинний (мм/рік) показник корозії:
- $K_m = (m_2 - m_1) / S\tau$
 - $K_\gamma = 8,76K_m / \rho$
 - $K_v = V \cdot 273(P - P_{H_2O}) / S\tau(273 + t)760$
10. Місцеве руйнування металу при одночасному впливі на метал знакоперемінних напруг і корозивного середовища називається:
- Корозивне розтріскування
 - Корозивна втома
 - Корозивна кавітація
11. Основна причина зменшення морської корозії із збільшенням глибини

занурення:

- А. Пониження температури
 - Б. Зменшення вмісту деполіаризатора (кисню) у воді
 - В. Підвищення тиску
12. З якою метою при укладці металевий трубопровід по всій довжині засипають піском?
- А. Для захисту від блукаючих струмів
 - Б. Для нейтралізації агресивного ґрунту
 - В. Для зменшення виникнення гальванічних корозивних елементів через неоднорідність ґрунту
13. Покриття, які отримують шляхом осадження металу з електроліту, називаються:
- А. Металізацією
 - Б. Гальванічними покриттями
 - В. Термодифузійними покриттями
14. Захисні властивості і тривалість строку служби анодних покриттів залежить від:
- А. Суцільності захисної плівки
 - Б. Товщини захисної плівки
 - В. А і Б
15. Спосіб захисту будівель примусовою катодною поляризацією за допомогою зовнішнього джерела постійного струму називається:
- А. Протекторним захистом
 - Б. Катодним захистом
 - В. Анодним захистом

Рівень 2 (кожна правильна відповідь 10 балів).

1. Поляризація та причини її виникнення.
2. Складіть схему, яка ілюструє захист металевого виробу за допомогою магнієвого протектора. Відмітьте, що виступає анодом, катодом. Поясніть на чому базується протекторний захист.

Рівень 3 (правильна відповідь 5 балів).

В атмосферних умовах ефективним захистом від корозії є, наприклад, легування сталі металами, які легко пасивуються (хром, нікель тощо). Поясніть стійкість до корозії сталі легуваної хромом: вкажіть катодні та анодні зони, складіть рівняння електрохімічних процесів, які перебігають на катоді та аноді. Які ви можете запропонувати інші методи захисту від корозії в атмосферних умовах?

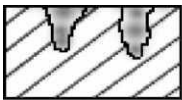
Варіант 3

Рівень 1 (кожна правильна відповідь 1 бал).

1. Руйнування металу під дією мікроорганізмів називається:
 - А. Хімічною корозією
 - Б. Біохімічною корозією

В. Електрохімічною корозією

2. Який з малюнків відповідає місцевій корозії язвами:



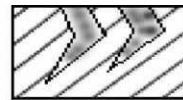
а)



б)



в)



д)

А. Б; Б. Д; В. А; Г. В

3. Корозія в неелектролітах за механізмом протікання відноситься до:

- А. Електрохімічної корозії
- Б. Біохімічної корозії
- В. Хімічної корозії

4. Математичний запис $x = \ln(k\tau)$ є виразом:

- А. Логарифмічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
- Б. Параболічного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.
- В. Лінійного закону росту оксидної плівки на поверхні металу під час газової корозії.

5. Рівноважний потенціал характеризується:

- А. Збалансованістю маси і заряду.
- Б. Збалансованістю тільки маси.
- В. Збалансованістю тільки заряду.

6. Потенціал водневого електроду $\varphi_{H^+/H_2} = -0,059pH$. Який з металів не може кородувати з водневою деполяризацією в середовищі з $pH=1$:

- А. Zn ($\varphi^0 = -0,76V$).
- Б. Fe ($\varphi^0 = -0,44V$).
- В. Cu ($\varphi^0 = +0,337V$).

7. В лужному середовищі на катодних ділянках більшості металів можуть перебігати наступні процеси:

- А. $H^+ + e = 1/2H_2$
- Б. $O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$
- В. $O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$

8. Який з металів виступає анодом по відношенню до заліза ($\varphi^0 = -0,44V$) при утворенні гальванічної пари:

- А. Mg ($\varphi^0 = -2,34V$). Б. Ni ($\varphi^0 = -0,25V$). В. Cu ($\varphi^0 = +0,34V$)

9. Вкажіть формулу, за якою можна розрахувати масовий показник корозії:

- А. $K_m = (m_2 - m_1) / S\tau$
- Б. $K_\gamma = 8,76K_m / \rho$
- В. $K_v = V \cdot 273(P - P_{H_2O}) / S\tau(273 + t)760$

10. Механічний ударний вплив на метал агресивного корозивного середовища називається:

- А. Корозивне розтріскування

- Б. Корозивна втома
 - В. Корозивна кавітація
11. Легування сталі металами, які легко пасивуються (хром, титан тощо), захищає її від атмосферної корозії, тому що:
- А. Понижується анодна активність
 - Б. Полегшується пасивування сталі
 - В. Утворюються захисне покриття
12. В пористих ґрунтах корозивний процес пришвидшується через:
- А. Прискорення анодного процесу корозії
 - Б. Полегшення перебігання катодного процесу корозії
 - В. Підвищення електропровідності ґрунту
13. Покриття, які отримують шляхом розпилення розплавленого металу струменем стиснутого повітря називаються:
- А. Металізацією
 - Б. Гарячим покриттям
 - В. термодифузією
14. Захисні властивості і тривалість строку служби катодних покриттів залежить від:
- А. Суцільності захисної плівки
 - Б. Товщини захисної плівки
 - В. А і Б
15. Спосіб захисту споруди, при якому до неї підключається електрод з металу з більш негативним потенціалом, ніж потенціал металу споруди, називається:
- А. Протекторним захистом
 - Б. Катодним захистом
 - В. Анодним захистом

Рівень 2 (кожна правильна відповідь 10 балів).

1. Наведіть схему, що ілюструє механізм електрохімічної корозії.
2. Корозивне розтріскування: визначення, схема корозивної тріщини, фактори, які сприяють розвитку тріщин.

Рівень 3 (правильна відповідь 5 балів).

Морські судна зазнають корозійних пошкоджень вздовж ватерлінії. Поясніть, чому ця зона корпусу суден частіше уражується корозією? Які зони біля ватерлінії будуть виступати катодними, які анодними? Які процеси відбуваються на катоді, а які на аноді? Запропонуйте спосіб захисту від корозії цієї частини судна.

6 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Семестровий контроль за результатами вивчення дисципліни проводиться шляхом зваженого додавання результатів відвідування лекцій, виконання контрольної та лабораторних робіт, модульного контролю та постановки підсумкової оцінки до залікової відомості. Взаємозв'язок між набраними балами і оцінкою наведений в таблицях 6.1, 6.2.

Таблиця 6.1 - Критерії оцінки знань студентів

Критерії оцінки знань за тематичним планом та форма контролю	Кількість балів
Відвідування лекцій	0...10
Підготовка до виконання та виконання лабораторних робіт	0...15
Своєчасне здавання звіту та захист лабораторних робіт	0...5
Своєчасне та вірне виконання контрольної роботи	0...30
Вірне виконання модульної контрольної роботи на заліку	0...40
Разом	100

Таблиця 6.2 - Переведення балів в оцінку

Бали, що набрані студентом за семестр	Оцінка національна	Оцінка ECTS
90-100	Відмінно	A - Відмінно
82-89	Добре	B - Дуже добре
75-81		C - Добре
66-74	Задовільно	D - Задовільно
60-65		E - Достатньо (задовольняє мінімальні критерії)
35-59	Незадовільно	FX - Незадовільно (з можливістю перескладати)
1-34		F - Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия.-М.: ВШ, 1984.-519с.
2. Антропов Л.И., Макушин Е.Н., Панасенко Б.Ф. Ингибиторы коррозии металлов.-Киев: Техника, 1981.- 183с.
3. Бабей Ю.И., Сопрунюк Н.Г. Защита стали от коррозионно-механического разрушения.-К.:Техніка, 1981.-126с.
4. Василенко И.И., Мелехов Р.К. Коррозионное растрескивание сталей.-К.: Наук. думка, 1977.-264с.
5. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов.-М.: Металлургия, 1976. -472с.
6. Иванов Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах.-М.: Металлургия, 1986.-175с.
7. Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій /Під ред. акад. В.В. Панасюка.- Львів: Каменяр, 1999.-Т.1.-352с.,Т.2.-346с.,Т.3.-286с.
8. Практикум по электрохимии. /Под ред. Б.Б. Дамаскина,-М.: Высш.шк., 1991.- 288с.
9. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии.-Л: Химия, 1986.- 144с.
- 10.Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит, 2002.- 336с.
- 11.Старчак В.Г. Комплексная система контроля и оценки эффективности защиты конструкционных сталей от коррозионно-механических разрушений в наводороживающих средах.-Чернигов: ВСНТО, 1983.- 69с.
- 12.Стеклов О.И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением.-М.: Машиностроение, 1990.-384с.
- 13.Фокин М.Н. Жигалова К.А. Методы коррозионных испытаний металлов // Под ред.акад.Я.М. Колотыркина.-М.: Металлургия, 1986.-80с.
- 14.Фрейман Л.И., Макаров Б.А., Брыксин М.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите.-Л.: Химия, 1972.- 240с.
- 15.Халдеев Г.В. Ингибирование растворения металлов.-М: Наука 1993.-203с.
- 16.Хімічні основи корозії конструкційних матеріалів /С.І. Козак, М.Г. Котур, М.В. Никипанчук, В.В. Григоращ. – Львів: Ліга-Прес, 2001. – 240с.
- 17.Шлугер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов Е.А. Коррозия и защита металлов.- М.: Металлургия, 1981.-216с.
- 18.ISO 7539. Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part1-9.
- 19.NACE Standard TM 0198-1998. Standard Test Method Slow Strain Rate Test Method for Screening Corrosion-Resistant Alloys (CRAs) for Stress Corrosion Cracking in Sour Oilfield Service.
- 20.NACE Standard TM 0284-2003. Standard Test Method Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking.

ДОДАТОК А – ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Анод – електрод, на якому відбувається процес окиснення.

Анодна ділянка металу – ділянка поверхні металевого виробу, на якому відбувається окиснювання металу.

Анодний захист – анодна поляризація металу шляхом зсуву його потенціалу в область пасивності. При цьому виріб, що захищається, приєднують до позитивного полюса джерела струму, а допоміжний електрод (катод) – до негативного.

Анодні інгібітори – речовини, які пасивують анодні ділянки металу. Найчастіше це неорганічні окиснювачі – хромати, нітрати, нітрити, молібдати, вольфрамати.

Анодні покриття – металеві покриття, що мають більше негативний електродний потенціал у порівнянні з потенціалом металу, що захищається.

Атмосферна корозія – корозія металів в умовах природної атмосфери. Відбувається на поверхні металу, покритого тонкою плівкою вологи майже завжди з кисневою деполяризацією.

Біологічна корозія – корозія в результаті дії мікроорганізмів і продуктів їхньої життєдіяльності.

Воднева деполяризація – деполяризація, у якій роль деполяризатора виконують йони водню.

Газова корозія – корозія металів у газовому середовищі при високих температурах.

Грунтова корозія – корозія металевих виробів, експлуатованих у ґрунті. На швидкість ґрунтової корозії впливають: вологість, пористість ґрунту, його неоднорідність, вміст солей, кислотність, електропровідність ґрунту, наявність мікроорганізмів.

Деполяризатор – частинка, що відновлюється на поверхні катоду в процесі електрохімічної корозії.

Діаграми Пурбе – діаграми стану системи «метал – вода» у координатах «електродний потенціал – рН».

Електродний потенціал – різниця потенціалів між металом і розчином електроліту, у який занурено метал.

Електрорушійна сила гальванічного елемента – різниця потенціалів між катодними й анодними ділянками кородуючого металу за умови рівноваги електродних процесів.

Електрохімічна корозія металів – самодовільне руйнування металів внаслідок електрохімічної взаємодії з навколишнім електропровідним середовищем.

Електрохімічний захист – сутність електрохімічних методів захисту – піддати виріб поляризації. Залежно від знаку поляризації розрізняють катодний (у тому числі протекторний) захист і анодний захист.

Електрохімічні дослідження корозії – дослідження електродних процесів й електричних параметрів електрохімічної корозії. Вони дозволяють одержати дані, що характеризують механізм корозійного процесу, визначити контролюючий (лімітуючий) фактор, а також швидкість окиснення металу.

Основний метод електрохімічних досліджень – зйомка поляризаційних кривих, яку можна здійснити гальваностатичним або потенціостатичним способом.

Жароміцність – здатність металу зберігати при високих температурах досить високі механічні властивості: тривалу міцність й опір повзучості.

Жаростійкість – здатність металу опиратися корозійному впливу при високих температурах.

Інгібітори корозії – речовини, що сповільнюють корозію. Їх вводяться в невеликих кількостях у робоче середовище.

Йони-інгібітори корозії – йони, присутність яких у навколишнім середовищі сповільнює процес корозії.

Катод – електрод, на якому відбувається процес відновлення.

Катодна деполяризація – процес відновлення часток деполяризатора на катодній поверхні металевго виробу.

Катодний захист – катодна поляризація металу, що захищається, шляхом приєднання негативного полюса зовнішнього джерела струму до конструкції, що захищається, а позитивного полюса – до допоміжного електроду – аноду (як анод застосовують лом чорних металів, відпрацьовані рейки, старі труби тощо).

Катодні інгібітори – речовини, що зменшують ефективність катодного процесу або зменшують площі катодних ділянок. Зниження ефективності катодного процесу досягається за рахунок зменшення концентрації розчиненого кисню в розчині (або підвищення перенапруги виділення водню).

Катодні покриття – металеві покриття, що мають більш позитивний електродний потенціал у порівнянні з потенціалом металу, що захищається.

Киснева деполяризація – деполяризація, у якій роль деполяризатора виконують молекули кисню в присутності води.

Корозійна втома – руйнування металу при одночасній дії корозійного середовища й змінних механічних навантажень.

Корозійне розтріскування – результат впливу корозійного середовища й напруг, що розтягують.

Корозійні діаграми – діаграми, на яких графічно відбита кінетика катодного й анодного процесів.

Корозійні дослідження й випробування – дослідження процесів корозії для рішення різноманітних теоретичних і прикладних завдань. За характером організації всі методи корозійних досліджень і випробувань можна розподілити на три основні групи: лабораторні методи, польові випробування, натурні випробування.

Корозійно-механічні випробування – випробування на корозію під механічною напругою проводять по двох можливих схемах: при постійній механічній нарузі й при постійній деформації. Принципи створення напруг і деформації можуть бути різними. Оцінку результатів випробувань поводять за часом розтріскування або повного руйнування.

Корозія під дією блукаючих струмів – корозія в результаті витоку струму з металевго виробу в навколишнє середовище.

Лабораторні методи корозійних випробувань – прискорені дослідження спеціально приготовлених зразків у штучно створених умовах

корозії. Лабораторні дослідження є прискореними.

Лакофарбові покриття – лаки (колоїдні розчини масел, що висихають) і фарби (суспензія мінеральних пігментів в органічному плівкоутворювачі). У їх склад входять також розріджувачі, наповнювачі.

Легування – ведення до складу сплаву компонентів (найчастіше металевих), що поліпшують одне або кілька корисних якостей сплаву.

Металеві покриття – покриття основного металу іншим металом. За механізмом дії металеві покриття поділяються на катодні й анодні. Найважливіший спосіб нанесення металевих покриттів – гальванічний.

Морська корозія – корозія в умовах морської води. Найнебезпечніші фактори морської корозії – висока солоність (і, таким чином, і висока електропровідність) морської води, наявність іонів хлору, розчиненого кисню, мікроорганізмів, обростання.

Неметалеві покриття – покриття з неметалевих матеріалів. До них відносяться: неорганічні покриття, лакофарбові покриття, смоли й пластмаси, емалі.

Обробка розчинів електrolітів – зменшення концентрації деполяризатора (досягається нейтралізацією кислих розчинів або видаленням кисню) і введення в нього інгібіторів корозії.

Оксидування – процес штучного створення оксидних покриттів. Розрізняють оксидування хімічне, термічне й електрохімічне.

Пасивність металу – стан високої корозійної стійкості металів, викликаний гальмуванням анодної реакції.

Перенапруга – різниця між рівноважним і нерівноважним потенціалами електроду.

Поляризація електроду – явище відхилення потенціалу електроду від його рівноважного значення.

Поляризаційний опір – відношення величини поляризації до густини корозійного струму; поляризованість відіграє роль електричного опору на ділянці ланцюга.

Потенціал пасивації (Фладе-потенціал) – зовнішній потенціал на аноді, накладення якого призводить до початку формування пасивного стану.

Потенціал перепасивації – зовнішній потенціал на аноді, накладення якого призводить до зняття пасивного стану, як правило, у результаті утворення йонів з максимальним ступенем окиснення.

Протекторний захист – катодна поляризація виробу, що захищається; досягається використанням в якості аноду металу з більше негативним електродним потенціалом, чим метал, що захищається. Як матеріал протекторів використовують алюміній, магній, цинк або сплави на основі цих металів.

Стандартний електродний потенціал – електродний потенціал, вимірюваний у стандартних умовах відносно стандартного водневого електроду, потенціал якого умовно дорівнює нулю вольт.

Струм корозії – величина струму, викликаного електрохімічною корозією в тілі металу.

Фактори корозії – чинники, що впливають на вид і результат корозії.

Хімічна корозія – корозія, що не супроводжується виникненням електричного струму в тілі металу. При хімічній корозії окислювально-відновний процес відбувається в одному акті.