

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ А.Г. Галстян

« ____ » _____ 2020р

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР
за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»
освітньо-професійної програми «Хімічні технології палива та вуглецевих
матеріалів»

Тема: «Інгібування корозії трубної сталі СТ-20 у водно-сольовому розчині
синергічними композиціями на основі суміші NaNO_2 з Na_2SiO_3 »

Виконавець: студентка групи ХП 202 М Коломеєць Т.В. _____

Керівник: д.х.н., проф., Ледовських В. М. _____

Консультант розділу

«Охорона праці»: Халмурадов Б.Д. _____

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища» Гай А.Є. _____

Нормоконтролер: Максимюк М.Р. _____

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Галстян

«_____» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Коломєєць Тетяни В'ячеславівни

1. Тема роботи: «Інгібування корозії трубної сталі СТ-20 у водно-сольовому розчині синергічними композиціями на основі суміші NaNO_2 з Na_2SiO_3 » затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. № 1897/ст
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 року по 22.12.2020 року.
3. Вихідні дані до роботи. модель водопровідної води, нітрит, , силікат, сталь СТ20.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1 Електрохімія корозія з кисневою деполяризацією і методи захисту Розділ 2 Інгібіторний метод захисту сталі від електрохімічної корозії . Розділ 3 Експериментальна частина Розділ 4. Охорона праці Розділ 5. Охорона навколишнього середовища. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	05.10.2020-09.10.2020	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми	06.10.2020-28.10.2020	
3.	Проведення експериментальних досліджень	04.10.2020 – 28.10.2020	
4.	Обробка експериментальних даних	29.10.2020-05.11.2020	
5.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці.	06.11.2020 – 16.11.2020	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	17.11.2020 – 21.12.2020	
7.	Захист дипломної роботи	22.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.ф-м.н., доц. Гай А.Є.		
Охорона праці	к.м.н., доц. Халмурадов Б.Д.		

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2020 р.

Керівник дипломної роботи _____ д.х.н, проф. Ледовських В. М

Завдання прийняла до виконання _____ Коломеєць Т. В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: «Інгібування корозії трубної сталі СТ-20 у водно-сольовому розчині синергічними композиціями на основі суміші NaNO_2 з Na_2SiO_3 »: 91 сторінок, 19 рисунків, 12 таблиці, 47 використаних джерел.

КОРОЗИЯ, ПАСИВАЦІЯ, ІНГІБІТОР, КАТОДНИЙ ПРОЦЕС, АНОДНИЙ ПРОЦЕС, ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ, МАСОМЕТРІЯ, МЕТОД ІЗОМОЛЯРНИХ СЕРІЙ, СИНЕРГІЧНІ КОМПОЗИЦІЇ

Мета дипломної роботи – дослідження впливу співвідношення концентрацій компонентів комбінованих інгібіторів оксидної і сольової пасивації на електрохімічну і корозійну поведінку сталі 0,8 кп і сталі Ст 20 у водно-сольових розчинах.

Об'єкт дослідження – електрохімічна і корозійна поведінка сталі 08 кп і Ст 20 при їх корозії і нейтральних водно-сольових середовищах і в присутності інгібіторних композицій синергічної дії.

Предмет дослідження – синергічні композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації, зразки сталевих пласти 08 кп і Ст 20 .

ЗМІСТ:

ВСТУП	9
Розділ 1 Електрохімічна корозія з кисневою деполяризацією і методи захисту	
1.1 Класифікація корозійних процесів.....	12
1.2 Фактори, які прискорюють швидкість корозії у нейтральних водно-сольових розчинах.....	18
1.3 Показники швидкості електрохімічної корозії.....	21
1.4 Методи захисту сталі від корозійних процесів.....	24
1.5 Висновки до розділу 1.....	26
Розділ 2 Інгібіторний метод захисту сталі від електрохімічної корозії .	
2.1 Загальна характеристика і класифікація інгібіторів.....	27
2.1.1 Катодні і анодні інгібітори корозії	29
2.1.2 Неорганічні інгібітори корозії.....	30
2.1.3 Інгібітори лужної корозії.....	31
2.1.4 Інгібітори кислотної корозії.....	31
2.1.5 Інгібітори оксидної пасивації.....	33
2.1.6 . Інгібітори сольової пасивації.....	26
2.2 Використання Діаграма Пурбе для створення ефективних інгібіторів.....	28
2.3 Захист металів від корозії за допомогою синергічних композицій інгібіторів.	40
2.4 Висновки до розділу 2	42
Розділ 3 Експериментальна частина	
3.1 Характеристика об'єктів дослідження.....	43
3.1.2 Склад моделі водопровідної води.....	44
3.1.3 Інгібітори корозії та її суміші.....	46

3. 2 Методи дослідження і їх характеристика	47
3.2.1 Масометричний метод визначення швидкості корозії в сталі і визначення ефективності інгібіторів.....	47
3.2.2 Метод ізомолярних серій	50
3. 2. 3 Зняття потенціостатичних поляризаційних кривих.....	51
3.3 Обговорення результатів.....	54
3.4. Висновки до Розділу 3.....	60
Розділ 4. Охорона праці.....	61
4.1. Аналіз умов праці.....	61
4.1.1. Організація робочого місця.....	61
4.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	62
4.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	64
4.3.1. Мікроклімат виробничих приміщень.....	64
4.3.2. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	64
4.3.3. Природне та штучне освітлення.....	65
4.3.4. Небезпека ураження електричним струмом.....	66
4.4. Розробка заходів з охорони праці.....	67
4.4.1. Організація робочого місця.....	67
4.4.2. Захист від електричного струму.....	67
4.4.3. Пожежна безпека.....	67
4.5. Розрахункова частина.....	68
4.6. Висновки до Розділу 4.....	72
Розділ 5. Охорона навколишнього середовища.....	73
5.1 Охорона природного середовища в нормативно-правовому аспекті.....	73

5.2. Загальна характеристика силікатів, хроматів, ванадатів та нітритів.....	78
5.2.1. Силікати.....	78
5.2.2. Нітрити.....	80
5.2. Токсична дія силікату натрію.....	81
5.3. Токсична дія нітриту натрію.....	82
5.4. Заходи з безпеки для навколишнього середовища.....	83
5.5. Висновки до Розділу 5.....	84
Висновки.....	86
Список використаних джерел.....	88

Вступ

Під час експлуатації труб, а також їх виробництва на поверхні металу утворюються хімічні сполуки, які представляють собою продукти окислення, забруднення, тому підготовка поверхні сталі магістральних трубопроводів перед їх використанням потребує видалення продуктів корозії, підвищення класу чистоти для покращення гідродинаміки потоку.

Раніше був запропонований електроіскровий механічний метод підготовки сталевих поверхонь, за допомогою електричних шліфувальних машин з обертовими дисковими щітками. Цей метод передбачає використання технологічних рідин на основі синергічних композицій інгібіторів корозії і сумішей поверхнево-активних речовин.

Синергічні композиції інгібіторів окисдної і сольової пасивації показали свою високу ефективність інгібування сталі 08 кп.

Магістральні трубопроводи зазвичай виробляються зі сталі-20, тому важливим було детально дослідити антикорозійну ефективність синергічних композицій, які входять до складу технологічної рідини МОР-НАУ на сталевих пластинах з цієї марки сталі.

Метою даної роботи є дослідження впливу синергічних композицій на основі інгібіторів окисдної і сольової пасивації на корозійну і електрохімічну поведінку сталі Ст 20 при її корозії у нейтральних сольових середовищах, а також порівняння з ефективністю запропонованих композицій при інгібування сталі 08 кп.

Для досягнення мети було необхідно визначити наступні завдання

1. Проаналізувати літературні джерела з даної проблеми.
2. Використовуючи діаграму пурбе визначити механізм дії синергічних композицій на основі інгібіторів окисдної і сольової пасивації, а також

області потенціалів і рН, за яких відбувається ефективна пасивація сталі.

3. За допомогою методу ізомолярних серій визначити екстремуми ефективності бінарних композицій на основі нітриту і силікату, при інгібуванні сталі Ст 20 в нейтральних водно-сольових розчинах.
4. Дослідити електрохімічну поведінку сталі Ст 20 у фоновому розчині а також в присутності синергічної композиції на основі нітриту і силікату і зробити висновки, щодо її протикорозійної ефективності.
5. Порівняти протикорозійну ефективність синергічних композицій при інгібуванні сталі 08 кп і сталі Ст 20.

Методи дослідження

Масометричний метод визначення швидкості корозії, метод ізомолярних серій, потенціостатичні поляризаційні вимірювання.

Наукова новизна одержаних результатів

1. При застосуванні діаграми пурбе було визначено механізм інгібуючої дії синергічної композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації, а також області потенціалів і рН, за яких відбуваються ефективна пасивація сталі в нейтральних водно-сольових середовищах.
2. За допомогою методу ізомолярних серій встановлені екстремуми ефективності бінарних композицій на основі нітриту і силікату при інгібуванні сталі Ст 20. Показано, що такий екстремум спостерігається за співвідношення молярних концентрацій нітриту і силікату, як 1:2
3. Встановлено, що застосування синергічних композицій на основі нітриту і силікату призводить до ефективного захисту сталі Ст 20 від корозії, що підтверджується протяжною областю пасивації (1,1 В) і мінімальною густиною струму повної пасивації (1-5мА/см²).

4. Показано, що синергічні композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації забезпечують ефективне інгібування, як сталі 08 кп, так і сталі Ст 20 у нейтральних водно-сольових веридовищах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що синергічні композиції інгібіторів на основі нітриту і силікату забезпечують ефективний захист від корозії сталі Ст 20, за співвідношенням молярних концентрацій складових як 1:2. Ефективний протикорозійний захист ($Z=100\%$) підтверджується також протяжною областю пасивації (1,1В) і мінімальне значення струму повної пасивації 1-5 мА/см²

Особистий внесок студента у роботу. Студент підібрав та проаналізував наукову літературу з даної теми. Спільно з керівником роботи опрацював методи дослідження і самостійно провів експериментальні дослідження з визначення швидкості корозії сталі в присутності інгібіторів та дослідив електрохімічну поведінку сталі Ст 20 в присутності синергічних композицій інгібіторів оксидної і сольової пасивації. Студент самостійно побудував графічні залежності електродного струму від електродного потенціалу і ступеню захисту Z від співвідношення концентрацій складових в композиціях інгібіторів.

Обговорення та інтерпретація результатів, а також формулювання висновків і наукової новизни роботи проводилася студентом спільно з науковим керівником.

Публікації. Матеріали дипломної роботи будуть використані при складанні патенту України на корисну модель.

РОЗДІЛ 1 Електрохімічна корозія з кисневою деполяризацією і методи захисту

1.1 Класифікація корозійних процесів

Корозією металів називається таке руйнування металів, при хімічній чи електрохімічній взаємодії металів з зовнішнім середовищем

Корозійний процес є гетерогенним, і відбувається на границі розділу фаз метал – агресивне середовище. Під час його перебігу атоми металу окислюються, тобто втрачають валентні електрон, а також, атоми переходять границю розділу в зовнішнє середовище, і при взаємодії з її компонентами утворюються продукти корозії.

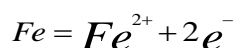
Найчастіше корозія металів відбувається нерівномірно по поверхні, існують ділянки, на яких виникають локальні ураження, таму під час корозійного процесу не тільки втрачається маса металу, а і відбувається зниження механічної міцності та пластичності металу.

За підрахунками, у провідних індустріальних країнах, корозія завдає збитків близько 3-5% валового національного продукту, це призводить до багатомільйонних відшкодувань на витрати корозійних затрат в усьому світі. Сплави, що зустрічаються в природі не в злитковому перебуванні, так само як Au, Pt, але у варіанті різних руд піддаються іржі. У промисел даних металів з природних поєднань використовується значна кількість енергії, що накопичується в сплавах, здійснюючи їх термодинамічно нестабільними, електрохімічними інтенсивними елементами. Під слідстві подібного свавільного напрямки сплави дають навколишнього сфері накопичену енергію, але самі руйнуються, в такому випадку є корродують також перетворюються у оксиди, гідроксиди, карбонати, сульфіді також інші об'єднання також пропадають остаточно.

Тому корозія являє собою самовільний перебіг окисно-відновного процесу ($\Delta G < 0$) руйнування металу під впливом навколишнього середовища, що відбувається з виділенням енергії ($\Delta H < 0$) і розсіюванням речовини ($\Delta S > 0$).

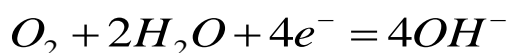
Електрохімічну корозію сталі в розчинах електролітів показують як роботу короткозамкнених корозійних елементів, яка складається з анодної реакції окиснення металу та катодної реакції відновлення розчиненого у воді кисню.

Анодний процес - окиснення металу :



$$E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44V$$

Катодний процес – відновлення кисню:



$$E_{O_2/OH^{-}Fe}^0 = 0,83V, pH = 7$$

Виникнення корозії обумовлено термодинамічною нестабільністю стійкості металів. Можливість перебігу електрохімічної корозії можна визначити при зміні енергії Гіббса ΔG , що розраховується за таким рівнянням[5]

$$\Delta G = G_2 - G_1,$$

де G_1 і G_2 – енергія Гіббса відповідно вихідних речовин і продуктів реакції.

Якщо ж в результаті отримане ΔG – негативне значення, то значить протікання процесу є можливим.

Під час електрохімічної корозії термодинамічна можливість її зміни визначається за рівнянням:

$$-\Delta G = zF\varepsilon,$$

де z - число електронів;

F – число Фарадея;

$\varepsilon = E_k - E_a$, E_k і E_a – електродні потенціали відповідно катода та анода.

Такі термодинамічні розрахунки не відповідають дійсним результатам про швидкість корозії, але дають визначення можливості перебігу корозії.

Поширеним явищем також вважають механічне руйнування металів під дією фізичних сил. Це називається ерозією, стиранням, зносом. За характером руйнування поверхні корозію поділяють на суцільну і місцеву.

Суцільна корозія поділяється на :

- нарівномірну, яка проходить під час процесу окиснення, якщо він розповсюджується по всій поверхні металу з однаковою швидкістю,
- рівномірну – коли процес окиснення розповсюджується по всій поверхні на різних ділянках металу, з різною швидкістю. Рівномірна корозія спостерігається при корозії залізних деталей на повітрі.

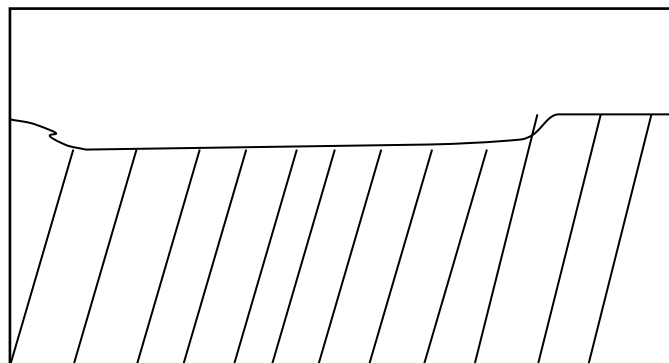


рис.1.1 рівномірна корозія

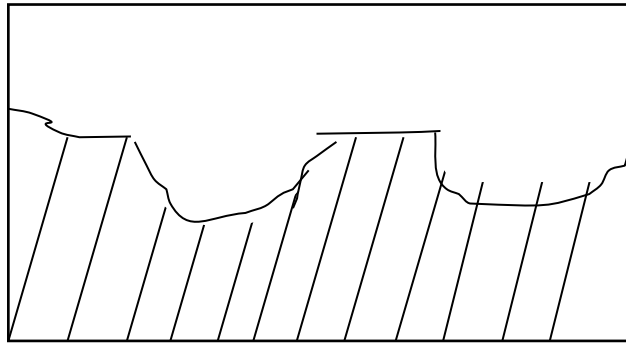


рис. 1.2 нерівномірна корозія

Місцева корозія поділяється на

- корозія плямами
- точнова
- міжкристалітну
- поглиблено-точкову
- селективну(виборчу).

Місцева корозія характеризується проникненням руйнуванням по окремим ділянкам поверхні металу. Місцева корозія може виглядати окремими плямами, що не сильно заглиблені в шар металу, або виразковими руйнуваннями, які сильно занурені в шар металу. місцева корозія може спостерігатись наприклад при корозії латуні в морській воді, а виразкова найчастіше зустрічається в ґрунтах.

Слід зазначити, що найбільш небезпечною є корозія міжкристалітна, бо послаблює структуру зв'язків між зернам структури сплавів, при чому зовнішній вигляд металу не змінюється, але втрачає пластичність і міцність. Таким видам руйнувань частіш піддаються хромові сталі, алюмінієві та нікелеві сплави.

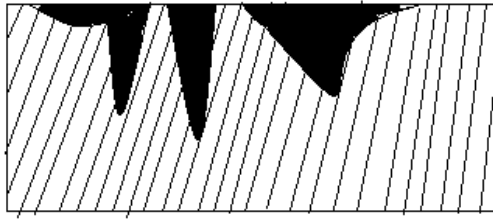


Рис 1.3 корозія плямами

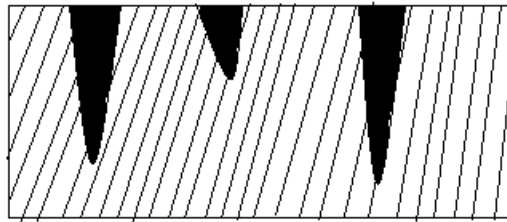


Рис 1.4 Виразкова корозія сталі

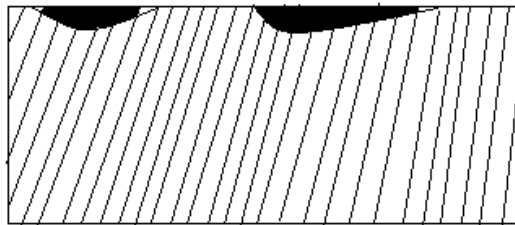


Рис 1.5 точкова корозія

Корозійні явища можна класифікувати, використовуючи різні ознаки, основними з них – є:

- механізм реакцій взаємодії середовища з металом;
- геометрія порушення поверхні чи об'єму металу;
- умови експлуатації;

- вид корозійного середовища;
- характер допоміжних збурень, які впливають на метал, одночасно з дією самого корозійного середовища.

Також розрізняють види корозії за умовами експлуатації та характером корозійного середовища:

- атмосферну корозію – руйнування металу при температурі та вологості навколишнього середовища, а також при дії газів, забруднюючих навколишнє середовище, такі як CO_2 , SO_2 , NO_2 , NH_3 , HCl , частинок солей та вугільного пилу;
- підземну корозію – руйнування металів в ґрунтах, які різняться між собою ступенем вологості, хімічним складом, ступенем поруватості та ступенем аерації;
- морську корозію – руйнування металів у морській воді, які різняться що відрізняються великим вмістом хлорид-іонів, здатністю до електропровідності, широким газовим та іонним складом, істотним впливом біологічних чинників;
- корозію в розплавах електролітів – солей та лугів, яка в підсумку призводить до корозійного руйнування металів і сплавів чи зниження вмісту карбону, у використуваних сталях, також від складу середовища, його температури та наявності домішок.

Існують окремі випадки корозії, при додатковому впливу окремих чинників її можна виділити:

- корозія при терті (ерозійна корозія) – таке руйнування металу, з одночасним впливом виду корозійного середовища і сили тертя;
- корозійно-механічне руйнування - так звана «корозійна втома», яка здебільшого зростає в зоні дії механічних навантажень;

- біметалева або контактна корозія – корозійне руйнування металу, що відбувається при електричному контакті одного металу з іншим;
- кавітаційна корозія – при одночасному корозійному і ударному впливі агресивного середовища;
- корозія під дією блукаючих струмів – таке руйнування металів під впливом агресивної електропровідності середовища та джерел постійного струму високої напруги (поїзди сетро, електротранспорт, лінії електропередач, електрозварювальні апарати).

Електрохімічна корозія з'являється на межі поділу фаз «метал – електроліт». Під час занурення металевого електроду в розчин електроліту, на межі поділу виникає ЕРС, яка утворює подвійний електричний шар. ЕРС заміщує позитивні електричні заряди (іони металу) в напрямку від металу до електроліту, виникає ЕРС протилежного знаку, а коли перша врівноважує негативну ЕРС, зміщення припиняється. [1]

1.2 Фактори, які прискорюють швидкість корозії у нейтральних водно-сольових розчинах.

Існують деякі чинники, які впливають на швидкість та вид корозійних процесів. З них виділяють внутрішні та зовнішні фактори.

До внутрішніх факторів, що зумовлені природою і станом металу та його поверхні, відносять: термодинамічну активність, чистоту поверхні, здатність до переходу в пасивний стан, склад і структуру металів та сплавів, а також наявність у них механічних напруг .

Природа металу

Положення металу в періодичній системі елементів не завжди дозволяє

однозначно охарактеризувати його корозійну стійкість. Тим не менше спостерігаються певні закономірності, аналогічні законам зміни хімічних властивостей

До найбільш корозійно стійких металів відносять -елементи:

осмій, іридій, платину, золото.

Критерій термодинамічної стійкості металу – значення його стандартного потенціалу, на жаль, також однозначно не обумовлює швидкості корозійного процесу. Причиною такої поведінки в багатьох випадках є явище пасивності, характерне для алюмінію та металів, які знаходяться в побічних підгрупах IV...VIII груп періодичної системи.

Механічні напруження

Корозійна процеси при механічній нарузі виражаються в розтріскуванні металу, такому впливу найчастіше піддається апаратура, чи її деталі, в яких є залишкові напруження після термічної, або технологічної обробки.

Небезпеку складає поява в деяких перетинах конструкцій концентраторів напружень (подряпини, дефекти на поверхні, порізи) . Максимальна напруга часто виникає на ділянках з різкими переходами, тому бажано при конструюванні скорочувати накопичення перетинів, особливо при малій відстані між швами. [10]

Пасивація металів

Схильність металів до пасивного стану – Важлива властивість, що відіграє конкретну роль в стані корозійного опору при окремих умовах. Пасивацією називають деякий стан відносно високої корозійної стійкості металу, який знаходиться в агресивному середовищі, який викликаний здебільшого

гальмуванням анодної реакції при окисненні металу, якщо в перспективі термодинаміки метал є реакційно здатним.

Можливість появи стану пасивності зумовлена характером залежності швидкості корозії (струму анодного розчинення) від потенціалу металу (рис. 1.2.1). Залежно від природи металу і складу середовища при анодній поляризації метал може або активно розчинятись, і швидкість процесу зростатиме при підвищенні потенціалу (рис. 1.2.1, крива 1), або після ділянки активного розчинення буде спостерігатись гальмування реакції (рис. 1.2.1, крива 2) і незалежність її швидкості від анодної поляризації.

Схильність металів до пасивації можна показати таким співвідношенням :

$Ti > Zr > Ta > Nb > Al > Cr > Be > Mo > Mg > Ni > Co > Fe > Mn > Zn > Cd > Cu$

З якого можна побачити, що зі зростанням атомного номера елемента в періодичній системі, схильність до пасивації зменшується $Ti < ZrHf$ або $Cr < V < W$.

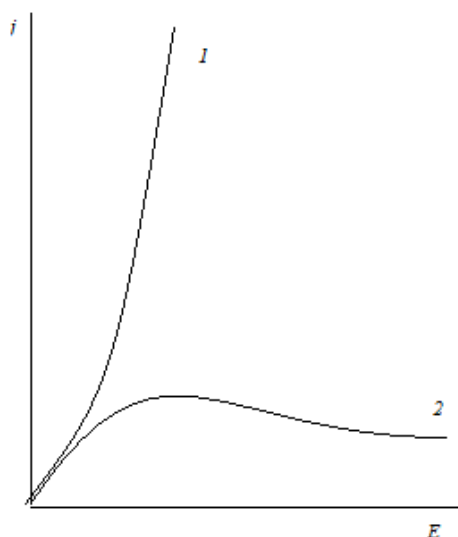
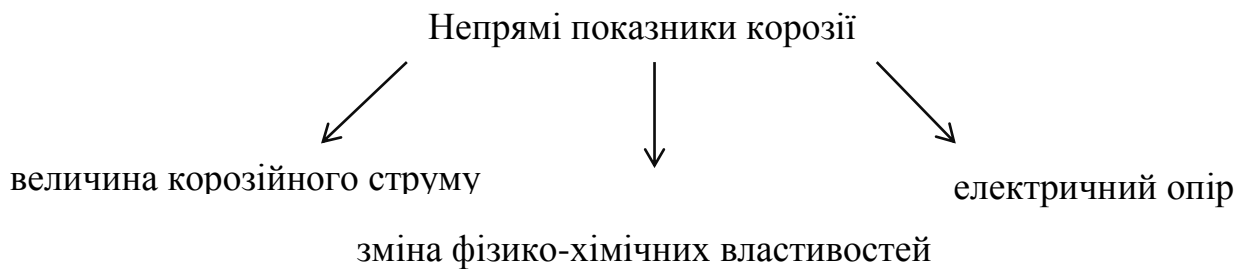


Рис. 1.2.1 – характер анодних поляризаційних залежностей металів, неохильних (1) чи схильних (2) до пасивації

1.3 Показники швидкості електрохімічної корозії

Швидкість корозії взагалі може відобразитися багатьма показниками. Вони такі:

- зменшення (або збільшення) маси на одиницю поверхні за одиницю часу (г/м²·год);
- глибина корозійного руйнування за одиницю часу (міліметрів/рік);
- кількість осередків корозійного руйнування на одиницю площі за певний час;
- об'єм виходу газоподібного продукту корозії за одиницю часу;
- час, за який з'являється перший осередок корозійного руйнування;



Швидкість високотемпературної газової корозії відображають масометричним показником K_m :

$$K_m = \frac{\Delta m}{S * \tau}$$

де: K_m – масовий показник корозії, грам на метр квадратний за годину (г/м²·год);

Δm – зменшення маси металу в результаті корозії, грам (г);

S – величина поверхні металу, метр квадратний (м²);

τ – час корозії, година (год).

При вимірюванні збільшення маси металевого зразка в результаті взаємодії з повітрям, то формула для обчислень змінюється, при чому приріст маси зразка Δm_{Me} – така кількість кисню, що прореагувала з металом. Для розрахунку швидкості корозії необхідно дізнатись масу металу, яка прореагувала з киснем повітря.

Струмовий показник корозії K_i можна розрахувати за формулою:

$$K_i = \frac{K_m}{K_e}$$

Де – K_m – масовий показник корозії г/(м²*год)

K_e – електрохімічний еквівалент металу г/(А*год), що розраховується

$$K_e = \frac{A}{z * F}, \text{ де } z - \text{число електронів, } F - \text{стала Фарадея, (А*год)}$$

Глибинний показник показує глибину проникнення корозії (h , мм) в метал за одиницю часу (τ , рік):

$$K_h = \frac{h}{\tau}, \text{ мм/рік}$$

Зв'язок між K_h і K_m можна отримати, якщо позначимо через h глибину проникнення корозії, а площу поверхні – S .

Зменшення маси зразка буде:

$$\Delta m = S \cdot h \cdot \rho,$$

де ρ – густина металу, г/см³, а глибина проникнення корозії стане:

$$h = \frac{\Delta m}{S \cdot \rho};$$

Останнє підставимо у вираз для глибинного показника:

$$K_h = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau \cdot \rho},$$

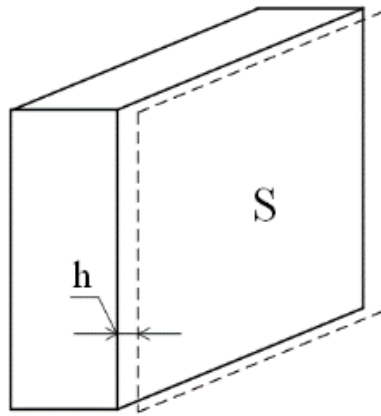


Рис.1.3.1. Схема корозії металу для визначення глибинного показника

Для листового металу та металевих оболонок застосовують також глибинний показник корозії

Жаростійкість – така опірна властивість проти корозійного руйнування при високих температурах. Жароміцність – властивість металів зберігати високу механічну міцність при високих температурах.

Ці дві властивості металевих матеріалів не завжди співпадають. Є багато прикладів, коли метали жаростійкі не є жароміцними і навпаки.

Фактори корозії- такі спеціальні чинники, що впливають на швидкість корозії, вони можуть бути зовнішніми і внутрішніми. Внутрішні фактори залежать від природи, складу металу і структури металу. Зовнішні – залежать від умов, при яких відбувається корозія.

При високотемпературній корозії найважливішими чинниками є внутрішні - склад і структура металу, вид обробки поверхні металу, деформація металу, і зовнішні – склад і температура газового середовища, швидкість руху та режим нагрівання.

Основними особливостями електрохімічної корозії можа виділити :

- Локалізація електродних процесів на різних ділянках поверхні, металу, який кородує, що дає можливість полегшення перебігу процесу.
- Поділ корозійного процесу на анодний і катодний;
- Залежність швидкості корозії від електродного потенціалу металу – зміщення показника потенціалу металу в бік позитивних значень (зменшення концентрації вільних електронів на анодній ділянці прискорює анодний процес і гальмує катодний; зміщення потенціалу у бік від'ємних значень (збільшення концентрації вільних електронів на катодній ділянці) – прискорює катодний процес і гальмує анодний.)
- При локалізації електродних процесів реалізація розчинення металу переважає на анодних ділянках поверхні кородуючого металу [5].

1.4 Методи захисту сталі від корозійних процесів.

Існують такі методи захисту від корозії

- Створення антикорозійних сплавів (легування).
- Хімічна та механічна пасивація металів (Fe в концентрованій азотній чи сірчаній кислоті, Fe, Ni, Co, Mg в розчинах лугів, отримання оксидної плівки на Al)
- Збільшення чистоти індивідуального металу.
- Покриття поверхні металу різними захисними плівками. Плівки бувають неметалічні (лаки, фарби) та металічні (анодні і катодні) [4].

Анодне покриття – таке покриття, утворене металом, що знаходиться в ряді напруг до металу, який захищають (наприклад покриття заліза цинком).

При місцевих руйнуваннях покриття, здатність до корозії буде проявляти менш благородний метал, тоді як буде утворюватись локальний гальванічний елемент, катодом виступає метал, що захищають (основний), а анодом – покриття, яке буде окислюватись.

При анодному захисті цілісність покриття не має значення, але чим товщим буде анодне покриття, тим довше за часом воно буде захищати інший метал..

Катодне – покриття металом з більшим потенціалом, значення цього потенціалу в ряду напруг знаходиться після металу, який захищають, (наприклад покриття низьколегованих сталей міддю, оловом, нікелем, сріблом). Покриття повинно бути безперервним, так як при його ушкодженні будуть утворюватись локальні гальванічні елементи, в яких анодом є основний метал, що кородує, а катодом – метал-покриття.[36]

Електрохімічний метод захисту:

- катодний – створення катодної поляризації: виріб з металу підключають до джерела постійного струму (до негативного полюсу), він стає катодом, при чому зростає швидкість виділення водню на ньому, як результат – швидкість корозії – знижується. При цьому, під'єднавши до позитивного полюсу малоцінний метал. Таким методом користуються часто для захисту підземних трубопроводів.
- протекторний . основний метал з'єднують з іншим металом (протектором), що розташований в ряді напруг лівіше, утворюється гальванічний елемент, в якому катод – це основний метал, а анод – протектор (кородує). Для такого методу захисту використовують магній або алюміній. Протекторним методом захищають рейки, щогли т ін., бо він ефективний в струмопровідному середовищі (наприклад морська вода) Суттєвим недоліком є те, що протектор поступово розчиняється, тому його періодично змінюють на новий.
- дія на агресивне середовище –Такий метод ефективний при використанні малого об'єму струмопровідної рідини.
- деаерація – Видалення кисню з агресивного середовища, внаслідок продування інертним газом.

- введення в середовище інгібіторів – уповільнювачів корозії. Вони адсорбуються на поверхні металу, та знижують швидкість електрохімічних корозійних реакцій.

Висновки до розділу 1

Електрохімічною корозія, це вид корозії що відбувається на катодній та анодній ділянках, між якими перебігає електричний струм,.

Електрохімічна корозія класифікується

- за характером корозійних ушкоджень
- за механізмом взаємодії метал-середовище;
- за умовами перебігу корозійних процесів.

Перебіг корозійних процесів залежать від зовнішніх та внутрішніх факторів. Зовнішніми є температура, і рН середовища, внутрішніми – характеристика металу.

Корозія з кисневою деполаризацією демонструє два реакції, що проходять на катоді і аноді. Під час катодної реакції – відбувається відновлення кисню, розчиненого у воді, при анодній реакції – окиснення металу до гідратованих іонів.

Швидкість електрохімічної корозії визначають за допомогою наступних показників: масометричний, глибинний, об'ємний, струмовий та уразковий; вони взаємозв'язані, а розрахунки одного слідують з розрахунків іншого.

Види корозії за умовами експлуатації та видом корозійного середовища розрізняють: атмосферну корозію, підземну корозію, морську корозію корозію в розплавах електролітів.

Розділ 2 Інгібіторний метод захисту сталі від електрохімічної корозії .

2.1 загальна характеристика і Класифікація інгібіторів

Інгібіторами корозії називаються такі хімічні сполуки, які пристуні в корозійній системі в певній концентрації можуть зменшувати швидкість перебігу корозії, причому з незначною зміною концентрації корозійних реагентів.. Інгібіторами корозії можуть виступати композиції хімічних сполук. Вміст цих речовин в корозійному середовищі має бути невеликим.

Позитивною стороною є їх промислова доступність, низька токсичність та висока реакційна здатність, що підвищує інтерес до таких комплексів, як до перспективних інгібіторів корозії чорних і кольорових металів. Наприклад, на початку 70-х років 20 століття було показано, що деякі види фосфонатів, такі як оксиетилидендіфосфонова та нітрилотриметилфосфонова кислоти і їх комплекси з цинком (ОЕДФ+Zn, НТФ+Zn), мають більшу інгібуючу ефективність навіть при умовах жорсткої води при підвищеній температурі, чи наявності жорстких екологічних вимог , вони можуть не тільки конкурувати з уже відомими інгібіторами,.[2]

В останні роки при розробці інгібіторів корозії, найбільш вагомоб проблемою був пошук і застосування сировини, що містить комплекси на основі перехідних металів, і сполук, які при додаванні в агресивне середовище мають здатність утворювати аналогічні комплекси при взаємодії з металами, що присутні в електроліті, чи на поверхні металу, який захищається (при чому цей метал має відноситись до перехідних). Такий вбір зумовлено тим, що такі комплекси мають високу здатність до взаємодії з поверхнею металу і активними частинками корозійного середовища, звідси слідує, що при правильному підборі складових інгібітора може бути показана його висока адсорбційна здатність, та схильність до зменшення функцій частин середовища, що призводять до корозії. Ефективність інгібіторів корозії визначається ступенем захисту Z (%) та коефіцієнтом гальмування Y , та визначається за формулами:

Коефіцієнт гальмування показує залежність, в скільки разів зменшується швидкість корозії в результаті дії інгібітора:

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2} \quad (2.1)$$

Коефіцієнт ступеню захисту

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} * 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} * 100, \quad (2.2)$$

де K_1 і K_2 [$г / (м^2 \cdot год)$] - швидкість розчинення металу в середовищі без інгібітору і з інгібітором відповідно; i_1 та i_2 [$А / см^2$] - щільність струму корозії металу в середовищі без інгібітору та з інгібітором корозії відповідно. При повному захисті коефіцієнт $Z = 100$ %.

Z і γ пов'язані між собою:

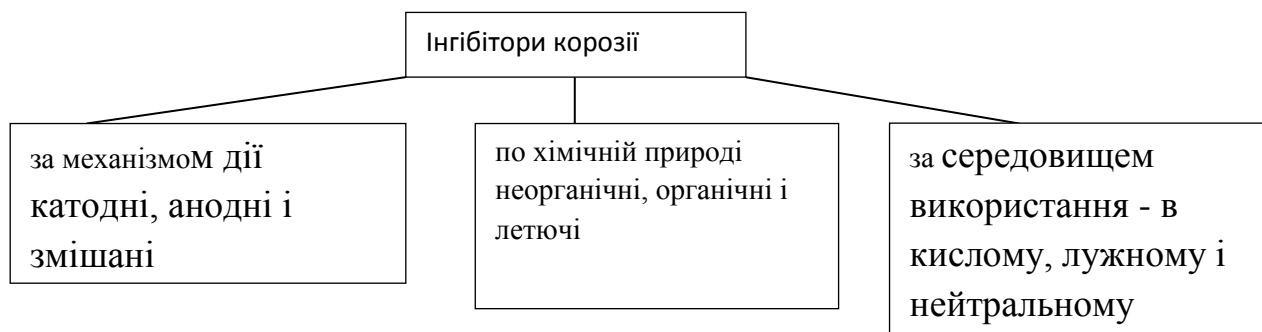
$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) * 100, \quad (2.3)$$

$$\gamma = \frac{1}{1 - Z/100} \quad (2.4)$$

Формування на поверхні металу важкорозчинних пластів, і адсорбція інгібіторів корозії зв'язано зі станом гідрофобності поверхні та зарядом частинок та їх можливістю утворювати хімічний зв'язок з металом та продуктами взаємодії з компонентами агресивного середовища. В області негативних електродних потенціалів більш ефективними є катіоноактивні інгібітори, а аніоноактивні інгібітори проявляють ефективність для уникнення піттинговій корозії. Іоногенні інгібітори частіш за все використовуються, як композиція з різними добавками для ефективного захисту металів в більш ширшому діапазоні електродних потенціалів.

Інгібітори корозії мають окиснювальну здатність, вона може надавати металу високі захисні властивості, за рахунок сприяння пасивації металу, але ці властивості залежать від рН середовища та при наявності активаторів корозії (аніонів Cl^- , Br^- , I^- , CNS^- , HS^-) Інгібітори корозії, які не володіють окислювальними властивостями, але утворюють сольові комплекси

(важкорозчинні) з іонами розчинного металу, також здатні забезпечити пасивацію металу, це пояснюється захист міді та її сплавів азольними інгібіторами в середовищах. [38].



2.1.1 Катодні і анодні інгібітори корозії

Катодні і анодні інгібітори мають здатність уповільнювати відповідні електродні реакції, змішані види інгібіторів зменшують швидкість зразу цих двох реакцій. Формування на металі захисних шарів зумовлено зарядами частинок інгібіторів, та здатністю утворювати на поверхні хімічні зв'язки.

Так як корозія – це наслідок двох сполучених реакцій, сповільнити або призупинити її можна за допомогою ускладнення катодної реакції, (як приклад – збільшення перенапруги реакції іонізації кисню, відновлення водню і інших деполяризуючих процесів.

Анодні інгібітори гальмують лише анодний процес, при зменшенні швидкості переходу іонів металу в розчин, і при спаду активних частинок електроду, внаслідок пасивації. Якщо процес корозії частково контролюється швидкістю реакції на катоді, а інгібітор гальмує реакцію на аноді, зменшуючи активну частину електроду, тоді інтенсивність корозії збільшується. Такий інгібітор може виявитись небезпечним, якщо концентрація його в розчині мала, або доступ його до окремих частин обладнання обмежений [13].

Як анодні інгібітори широко застосовуються нітрити кальцію або натрію, хромат натрію та бензоат натрію, а також натрієві солі силікатів і фосфатів.

Катодні інгібітори [14] при за будь-яких концентраціях вони зменшують швидкість корозії внаслідок іонізації кисню, дифузії кисню до катоду завдяки розряду іонів гідрогену, також вони не відрізняються по ефективності від анодних.

В якості катодних інгібіторів зазвичай використовуються основи (NaOH, або NH₄OH). Вони збільшують значення рН середовища, а також зменшують стан розчинності сполук заліза. Суттєва частина досліджень базувалась на вивченні аніліну і його хлор заміщених, алкілозаміщених і нітрозаміщених форм, і меркаптобензотіазола. Ефективність таких сумішей має значення при встановленні молекулярної структури, також збільшення електронної густини, і розташування груп з розгалуженим ланцюгом показують ступінь хемосорбції на металі і ефективність інгібіторів [42]

2.1.2 Неорганічні інгібітори корозії

Неорганічні катодні інгібітори зменшують швидкість корозії металів при збільшенні напруги катодного процесу, при цьому площа катодних ділянок - зменшується. [14] Неорганічні інгібітори застосовують більшою мірою в нейтральних розчинах, тобто впливають на анодний процес та пасивний стан металу.

Більшість неорганічних речовин мають уповільнювати корозію металів в агресивних середовищах. Такими речовинами є хромати, інгібітори-нейтралізатори (карбонат натрію, гідрокарбонат натрію, силікат натрію) полі фосфати. Інгібуюча дія таких сполук зумовлена присутністю в них катіонів катіонів (Ca²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, As³⁺, Bi³⁺, Sb³⁺) або аніонів (CrO₄⁻², Cr₂O₇⁻², NO⁻², SiO₃⁻², PO₄⁻³).

Для попередження корозії трубопроводів, особливо в умовах м'якої води, рекомендовано підтримувати вміст поліфосфатів на рівні 2–3 кг/м³ або рН 7–8.[2]

Екранувальні катодні інгібітори корозії – це такі сполуки, що утворюють на мікрокатадах нерозчинні сполуки, що відкладаються у вигляді ізолюючого захисного шару. Для заліза у водному середовищі такими сполуками можуть бути ZnSO₄, ZnCl₂.

2.1.3 Інгібітори лужної корозії

Використовуються при лужній обробці амфотерних металів, в миючих складах, для зменшення саморозряду лужних хім. джерел струму, захисту випарного обладнання. Такі інгібітори корозії застосовують рідко, але їх поєднання з катіонами або комплексами деяких металів здатне значно підвищити ефективність захисту.[12]

Значним недоліком використовуваних інгібіторів є не тільки недостатня універсальність захисної дії, а і невідповідність вимогам технологічного, екологічного і економічного характер, як наслідок обує їх використання в деяких випадках.

Необхідність поєднання різних інгібіторів корозії з компонентами середовища очевидна, але її важко досягти без варіювання складу інгібіторів корозії при їх застосуванні, наприклад, в водно-органічних антифризах, жорсткій воді, розчинах сильних кислот, миючих або полірувальних складах. Ефективність комбінованого захисту часто перевищує сумарний ефект, який визначається застосуванням кожного з методів окремо, що являє собою синергічний ефект

2.1.4. Інгібітори кислотної корозії

При експлуатації обладнання може відбуватися кислотна корозія, яка становить значну небезпеку. Такий вид корозії характерний для кислотних середовищ, що утворюють з гідроксидом кальцію добре розчинні у воді солі. Наприклад, інтенсивніше проходить корозія, що виникає в пластових водах

або природному газі, з окремим вмістом сірководню. Цей вид корозії виникає під дією розчинів всіх кислот, крім полікремнієвої і кремнефтористої.[2]

Інгібіторами кислотної корозії виступають речовини, при наявності яких в кислотному середовищі в малих кількостях призводить до гальмування корозійного процесу, або взагалі до його припинення корозії. В якості інгібіторів кислотної корозії використовують більше за все органічні сполуки, та менше – неорганічні. Широкого використання набули відходи хімічних виробництв – такі суміші органічних речовин, які можуть бути модифіковані, з додаванням їм різних властивостей. Органічні речовини мають містити сірку, азот, або кисень, у вигляді карбоксильних, карбонільних, тіогруп, а також аміно- чи аміногруп.

Також інгібітори використовуються при хімічних методах очищення металів від іржі, окалини при хімічному очищенню колів від накипу. Інгібітори ослаблюють розчинення металу в кислоті, але не дають сповільнення процесу розчинення і ній іржу чи накипу, тому їх застосування полегшує процес. .

Дію інгібіторів кислотної корозії зв'язують з властивістю адсорбуватись на межі поділу метал – кислота. При адсорбції інгібіторів спостерігається стан гальмування катодного і анодного процесу, як наслідок призводить до зниження корозії. Дія цих інгібіторів посилюється при введенні одночасно добавок поверхнево-активних аніонів – роданідів і сульфідів. Найвідоміші інгібітори кислотної корозії - NaS_2O_3 , Na_2S , KMnO_4 , Na_2SO_4 , дінітрохінолін, нітрохінолін, KCl , застосовуються до відпрацьованої нітратної кислоти, в кількостях, так як додаються і до чистої азотної кислоти виявилось неприйнятним. Введення таких інгібіторів в більших кількостях є дорогим, і на даний момент не вивчено з точки зору впливу цих речовин на процес нітрування.

Синтезовані інгібітори кислотої корозії є достатньо ефективними, а також на їх основі розроблено деякі композиції - АВ-23, АВ-31, АВ-32, АВ-14, РМ-10, які широко використовуються в промисловості, вони можуть бути використані при процесі інтенсифікації газових і нафтових свердловин при кислотній обробці .

Ефективність інгібіторів кислотої корозії зумовлено здатністю адсорбуватись на поверхні металу, функціональних груп, які входять до складу молекул, щоб це відбувалось синтезовано деяка кількість нових азотовмісних інгібіторів, які мають в собі кілька адсорбційних центрів, а також об'єднують властивості різних класів сполук.

2.1.5 Інгібітори оксидної пасивації

До інгібіторів оксидної пасивації належать нітрити, хромати, хлорати ванадати натрію і калію. Механізм їх дії заключається в окисненні поверхні металу до гідратованих оксидів, що формують фазову захисну плівку, під час цього процесу оксоаніони можуть приєднувати електрони від металу, і в результаті відновлюються.

Найпоширенішим інгібітором серед класу інгібіторів оксидної пасивації є нітрит натрію [13]. Інгібуюча дія нітрит-іону показується при його адсорбції на поверхні сталей, при наявності пари електронів на sp^2 гібридні орбіта лі атому нітрогену . Інгібуючі властивості нітритів (нітриту натрію) залежать від концентрації агресивних іонів в електроліті. , при малих їх концентрацій – корозійний процес відбувається, при досягненні критичної концентрації – корозія буде максимальною, після чого буде поступово зменшуватись. При досягненні значення захисної концентрації корозія повністю припиняється. Підсилюється швидкість загальної корозії і власна швидкість корозії при недостатніх концентрацій нітриту. Така властивість пояснюється здатністю нітриту виводити частину поверхні з сфери анодної реакції, що відбувається при неповному захисті. Це призводить до зміни

потенціалу в бік позитивних значень, пр. порівнянні з іншими інгібіторами, також швидкість корозії буде зростати на активній частині електроду[13].

Залежність власної швидкості корозії нітриту натрію, від концентрації показує чітко виражений максимум – інгібітор діє як стимулятор (якщо поверхня неповністю заповнена іонами пасивації), збільшуючи власну швидкість корозії в два рази, але різке зниження швидкості корозії починається при досягненні значення інгібітору вище критичної. У зв'язку з прискоренням реакції на катоді - стаціонарний потенціал сталі може зміщуватись до значень потенціалу часткової пасивації, до значень повної пасивації, при гальмуванні анодної реакції. В результаті зміни потенціалу, при частковій пасивації іони виявляють пасивуючі властивості, при чому перехід металу в пасивний стан полегшується. Ефективність катодного процесу, залишається сталою. При появі пасивуючих властивостей аніонів, по відношенню анодної реакції відбувається зменшення швидкості анодного процесу, при зміщенні значень потенціалу в позитивну сторону.

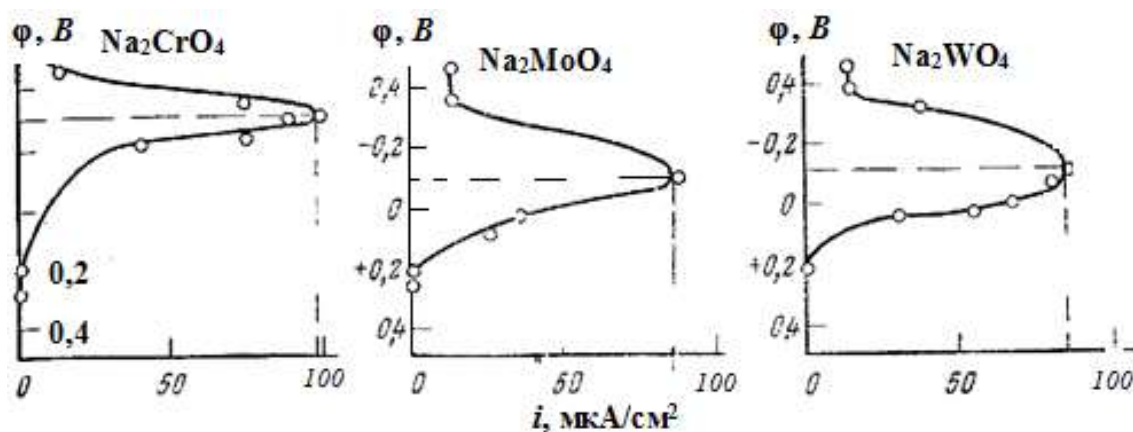
Хромати мають здатність до сильної пасивації заліза. Як приклад при додаванні 0,1% дихромату калію до звичаної водопровідної води можна спостерігати різке зменшення швидкості корозійного процесу [2], для повного припинення корозійного процесу в розведеному електроліті (70 мг/дм³ води + 30 мг/дм³ NaCl) можна додати дихромат (з концентрацією $6,2 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³)[29], захисною концентрацією хромату калію в дистильованій воді- $10^{-4} \div 10^{-3}$ моль/дм³ [32].

При відсутності агресивних іонів в електролітах, корозія проходить рівномірно, при чому метод підготовки поверхні сталі не буде впливати на захисну концентрацію інгібітору.

Вінідіти також впливають на корозійну та електрохімічну поведінку металів, але залежно від складу їх – по різному. (Ортованадат натрію Na_3VO_4 діє так, як і інші інгібітори аніонного типу) [32].

Інгібітор впливає на кінетику проходження анодної реакції, при чому ефективність катодного процесу незмінна. При різній швидкості розчинення – значення потенціалу залишається сталим, що можна показати властивістю метаванадату натрію не впливати на електродний потенціал, при збереженні значень як і у фоновому електроліті.

Корозійна поведінка металів в присутності ванадатів залежить від їх складу. Ортованадат натрію не відрізняється суттєво від поведінки інгібіторів



з аніоном типу MO_4^{n-} (рис. 2.1. 5 а), метаванадат натрію має велику різницю. Метаванадат при збільшенні його концентрації в розчині зменшує швидкість корозії , при чому не збільшуючи її інтенсивність. Такий інгібітор суттєво впливає на кінетику анодної реакції, при чому ефективність катодного процесу не змінюється.[39]

Рис. 2.1.5.1 Залежність густини струму корозії сталі від потенціалу, набутий електродом під впливом інгібіторів загального аніонного типу (фон – 0,1 н. Na₂SO₄; $t=10$ діб [39])

2.1.6. Інгібітори сольової пасивації

Інгібіторами сольової пасивації є силікати, карбонати, тетраборати, фосфати, молібдати, та вольфрамати. Вони утворюють нерозчинні фазові плівки, що формують гідратовані іони Fe^{2+} з кислотними залишками солей.

Силікати – це сполуки типу $nNa_2O \cdot mSiO_2$. Їх особливі властивості пояснюються схильністю до утворення складних колоїдних систем у водних розчинах, і, як наслідок, залежністю захисних властивостей від температури, рН та вмісту в електроліті солей-осаджувачів колоїдних частинок [39]. При розгляданні золів аніону SiO_3^{2-} , можна побачити, що при певних значеннях рН розчину здійснюється занадто велике зростання кількості частинок кремнезему та випадання гелю, що дає поштовх до розвитку місцевої корозії при стані нерівномірного покриття поверхні, тому важливим значенням є значення рН, при якому коагуляція була б неможливою. Стабільний стан надають SiO_2 кислі та лужні розчини. В зв'язку з нестабільністю колоїдних систем можна спостерігати низьку інгібуючу ефективність силікатів у сильно концентрованих середовищах, що зумовлює осадження силікатів в осад, викликаючи їх швидку коагуляцію. При невеликих концентраціях солей в розчинах – силікати є найбільш ефективними інгібіторами, що гальмують корозійні процеси.

При використанні силікатів корозійний процес спочатку зростає до становлення температури $50^\circ C$, але після цього знижується. Така властивість пояснюється тим, що силікати не мають здатності виступати як катодні деполаризатори, але при частковій пасивації електроду, силікати можуть підсилювати корозію за рахунок збільшення швидкості в катодному процесі відновлення кисню. При зростанні температури зростають і захисні концентрації силікатів.

Силікати мають відношення як до аноної, так і до катодної реакції, це пояснюється здатністю, при певній концентрації, їх зміщувати потенціал заліза в позитивний чи негативний бік. При присутності силікатів, катодна поляризація заліза підвищується, при чому зникають ділянки кривих

для реакції відновлення кисню, електрод починає працювати як механізм дифузії.

До анодних інгібіторів вторинної дії [42] відносяться гідроксиди та карбонати натрію (на поверхні сталі вони утворюють шар гідроксиду) та солі фосфатів (утворюють фосфати заліза). Для них характерно утворення нерозчинних продуктів корозії на анодних ділянках поверхонь. Ефективність фосфатів як інгібіторів, показана при застосуванні їх в охолоджувальних системах, енергетичних установках. [42].

Залежність між рН створюваного фосфатами середовища і їх захисними властивостями показано так - однозаміщений фосфат проявляє слабку захисну дію [42]; тринатрійфосфат має кращі захисні властивості, порівняно з двозаміщеним, що можна пояснити найбільш лужною реакцією [29].

Ефективними вважаються монофосфати (фосфат натрію, амонію, міді) та поліфосфати (натрію) для захисту металів від корозії, тому що при застосуванні їх невеликими концентраціями для забезпечення захисту та з їх нетоксичністю; вони здатні гальмувати процес корозії з кисневою деполяризацією. Поліфосфати кальцію, цинку та заліза, володіють кращим інгібуючим ефектом, порівняно з поліфосфатом натрію. [41].

До анодних інгібіторів відносяться також ортофосфати, але основним їх недоліком є можливість появи локальної корозії, при недостатньої концентрації для повної пасивації, тому поліфосфати є більш використовуваними.[40]

При розгляданні впливу гідратованого дифосфату цинку $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ та марганцю (II) $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ при концентрацій $2,5 - 6,5 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ на гальмування корозійних процесів, виявили, що швидкість корозії значно зменшилась (з $0,116$ г/м²·год до $0,038$ г/м²·год), що обумовлено утворенням щільних блокуючих захисних плівок [31].

Як добавки до інгібітор них сумішей найчастіше використовуються борати (солі бору- борат натрію Na_3BO_3 , тетраборат натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (бура), перборат натрію $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Ефективність таких речовин обумовлена великою буферною ємністю, яка дає можливість до регулювання та підтримки необхідного значення рН [42].

Тетраборат, при застосуванні недостатніх захисних концентрацій, збільшує швидкість корозійних процесів. На початку корозійного процесу утворюються гідратовані іони Fe^{2+} до яких під'єднується аніон тетраборату, після чого утворюється нерозчинна у воді захисна плівка тетраборату заліза, значення електродного потенціалу зміщується в бік позитивних значень, досягаючи величини потенціалу $+0,35 \text{ В}$, за якого спостерігається повний корозійний захист.

2.2 Використання Діаграма Пурбе для створення ефективних інгібіторів.

Для визначення меж корозійної стійкості металу у розчині і продуктів корозії використовується діаграма Пурбе (рис.2.3). Вона відображає графічну залежність рівноважних потенціалів всіх реакцій, які перебігають в системі $\text{Me} - \text{вода}$ від рН. Оскільки у водних розчинах корозія відбувається за рахунок кисневої або водневої деполяризації, то на діаграмі наведені залежності електродних потенціалів кисневого (В) і водневого (а) електродів від рН.

Якщо електродна рівновага включає тільки електрони, то рівновага не залежить від рН і в діаграмі буде представлена звичайною горизонтальною лінією.

Якщо рівновага містить іони H^+ і OH^- то графічна залежність має вигляд вертикальної лінії.

Якщо до складу рівноваги водять іони H^+ і OH^- і електрони то залежність електродного потенціалу таких рівноваг від рН позначається лінією з нахилом

Отже, прямі лінії на діаграмі відображають рівноваги між формами речовин в системі Fe – H₂O. У межах зони, яка відокремлюється лініями 1, 2 і 3 та координатними осями, термодинамічно стійким є металічний стан заліза. Якщо потенціали і рН відповідають цій області, металічне залізо термодинамічно стійке і не зазнає корозії.

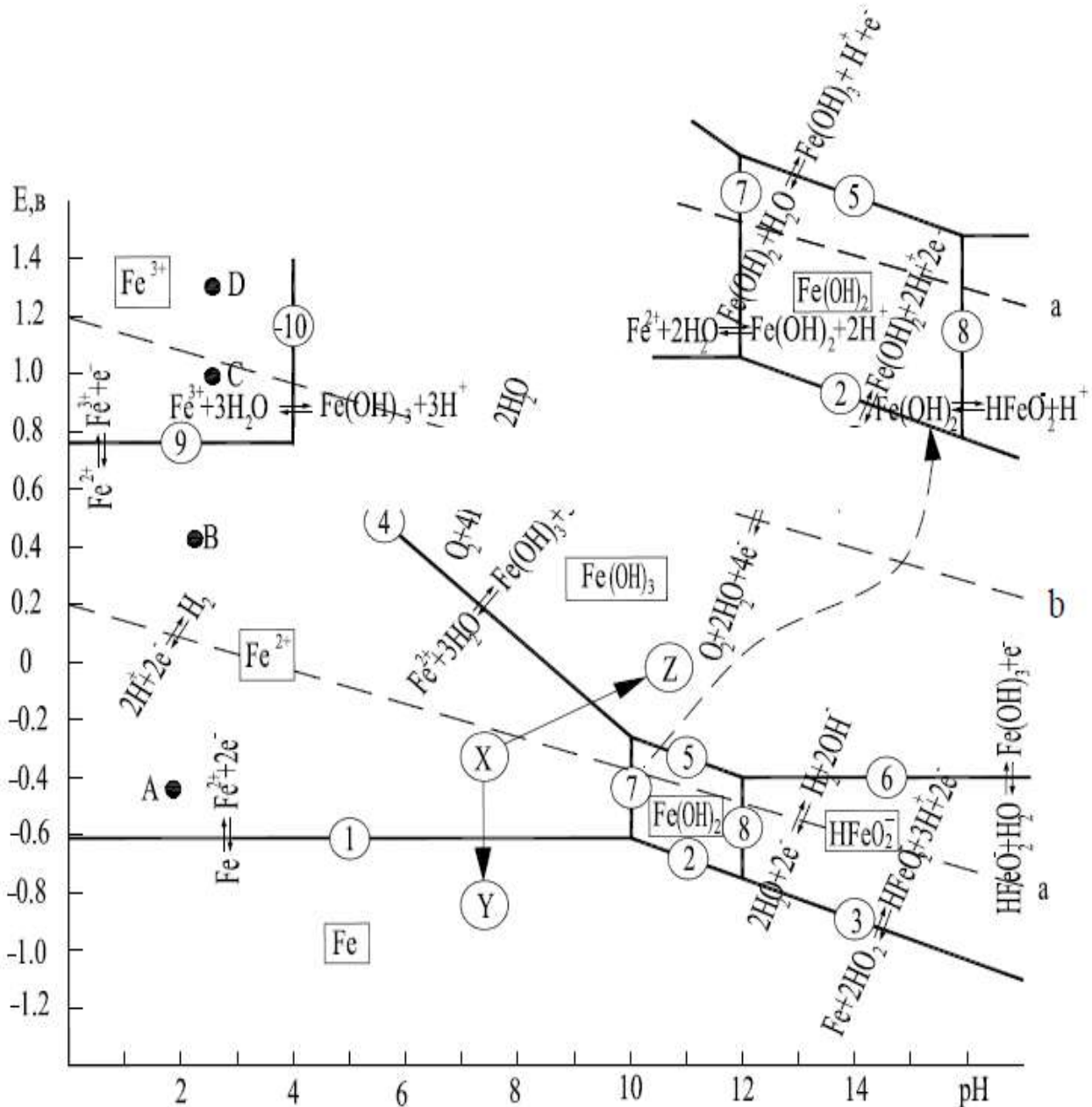


Рис. 2.5. Діаграма рівноважного потенціалу рН системи Fe – H₂O

У зоні, обмеженій рівноважними лініями 1, 7, 4, 9, термодинамічно стійкими є гідратовані іони Fe²⁺ у розчині. Метал за цих умов нестійкий і піддається корозії з утворенням зазначених своїх іонів. Стійкою формою

заліза в області обмежено. Лініями 9,10 є катіони Fe^{3+} , за цих умов залізо також зазнає електрохімічної корозії за потенціалах та рН зони між лініями 3, 8, 6 залізо зазнає корозії з утворенням у розчині аніонів $HFeO_2^-$, яка є формою амфотерної сполуки заліза, які є термодинамічно стійкою формою системи $Fe - H_2O$ за цих умов. Слід відмітити, що в цій зоні відбувається перехід стійких нерозчинних гідроксидів заліза в амфотерну форму і захист металу від корозії не відбувається

Зона між лініями 2, 7, 5, 8 відповідає стійкості твердого гідроксиду заліза (II), а зона, яка розташована вище ламаної лінії 10, 4, 5, 6 – твердому гідроксиду заліза (III). Металічний стан заліза за цих умов є термодинамічно нестійким, але внаслідок корозії на поверхні металу у першому випадку виникає захисна плівка $Fe(OH)_2$, а у другому – ще більш стійка захисна плівка $Fe(OH)_3$, які здатні гальмувати подальший перебіг процесу за рахунок пасивації поверхні металу. Захисна дія $Fe(OH)_3$ є більш високою порівняно з $Fe(OH)_2$ завдяки меншому значенню добутку розчинності $Fe(OH)_3$ порівняно з добутком розчинності $Fe(OH)_2$ [7].

2.3 Захист металів від корозії за допомогою синергічних композицій інгібіторів.

Для захисту сталі від електрохімічної корозії в нейтральних водно-сольових середовищах широко застосовуються інгібітори різного механізму дії. Експериментальні дослідження показали, що індивідуальні інгібітори мають помірну ефективність, тому для підвищення корозійної стійкості сталі перспективним напрямком є застосування синергічних композицій інгібіторів. В роботах В. М. Ледовських, С. В. Левченко показано високу ефективність синергічних композицій інгібіторів оксидної і сольової пасивації на основі сумішей нітриту натрію з силікатом натрію, які забезпечують 100% захист сталі від корозії. Для з'ясування механізму дії синергічних композицій інгібіторів і визначення оптимального співвідношення молярних концентрацій силікату натрію і нітрату натрію в

бінарних сумішах автори застосовують метод ізомолярних серій показано, що екстремум ефективності таких композицій спостерігається за молярного співвідношення концентрацій нітриту і силікату як 1:2. Синергічна дія таких композицій полягає в утворенні змішаних пасивуючих оксидних і сольових плівок, які повністю вкривають поверхню металу і забезпечують ефективний 100% протикорозійний захист. [13]

В роботі В. Похмурського, І. Зінь «Захист вуглецевої сталі від корозії інгібіторами біогенного походження» досліджено захист вуглецевої сталі від корозії інгібіторами біогенного походження. При використанні інгібіторів в системі внаслідок адсорбції молекул інгібіторів на межі поділу метал-розчин, та при неритмічному розподілу електричних зарядів відбувається зміна різниці потенціалів між металевим електродом та електролітом. ПАР, що використовується як інгібітор корозії мають високу швидкість гальмування корозійного процесу, менший токсичний вплив, та є більш дешевою альтернативою. Головним пріоритетом «зелених» інгібіторів є нетоксичність та біодеградабельність, а також їх можна отримати з відходах виробництв рослинних олій та біодизелю.[35]

В публікації В. Воробйова. О. Чигиринець «Дослідження протикорозійної ефективності екстракту жмиха абрикосу як поліфункціонального інгібітору корозії сталі» розглядається перспектива використання продукту вторинної переробки абрикосового кістяку, на основі ізопропанольного, етанольного та водного екстрактів жмиху абрикосу. Відходи харчової промисловості є джерелом суміші органічних сполук, які в свою чергу при правильному підборі системи розчинників для їх вилучення, можуть забезпечити поліфункціональність антикорозійного захисту металів та сплавів в різних корозійних середовищах.

Синергічні композиції інгібіторів мають більш високу ефективність, порівняно з індивідуальними інгібіторами, тому для захисту сталі від корозії

можливо зменшення їх робочих концентрацій, внаслідок чого зменшується вартість інгібіторних композицій

2.4 Висновки до Розділу 2

Інгібіторами називають речовини, які сповільнюють, чи просто гальмують корозійний процес, в агресивних середовищах. Механізм дії – утворення стійких пасивуючих плівок на поверхні металів.

Інгібітори поділяються за механізмом дії:

- сольової пасивації – фосфати, силікати, карбонати, молібдати;
- оксидної пасивації - оксоаніони (хромати, ванадати, нітрити, нітрати, хлорати, йодати, бромати);
- адсорбційні (органічні аміни)

Адсорбційна пасивація інгібіторів полягає у їх адсорбції на поверхні металу; в результаті спостерігається зміщення потенціалу корозії в позитивному напрямку.

Дія інгібіторів сольової пасивації показує можливість утворення на поверхні металу нерозчинних сольових плівок, з залишками інгібіторів.

Для визначення меж корозійної стійкості металу у розчині і продуктів корозії використовується діаграма Пурбе.

Вона відображає графічну залежність рівноважних потенціалів всіх реакцій, які перебігають в системі Me –вода від рН.

Розділ 3 Експериментальна частина

3.1 Характеристика об'єктів дослідження.

Сталь 20 – нелегована сталь, що застосовується для виготовлення металоконструкцій і виробів, які можуть функціонувати при температурі від -40 до 450°С. Сталь 20 застосовується в машинобудуванні, будівництві, виробництві котлів та судів, виготовленні нагрівальних елементів різного призначення. Нелегована конструкційна сталь Ст 20 у вигляді листового та сортового прокату використовується для виготовлення трубопроводів, колекторів, підшипників. Вали, шестерні, черв'яки, фрикційні диски, осі, шпинделі, пальці, зірочки, шпильки та інші вироби зі сталі 20 після хіміко-термічної обробки (цементация, азотування, нітроцементация та ін.) набувають високої поверхневої твердості та зносостійкості при невисокій твердості серцевини.[34]

Таблиця 3. 1.1.1

Хімічний склад сталі Ст 20

Хімічний елемент	Вміст речовин, %
Cu	Не більше 0.25
Si	0.17-0.37
Mn	0.35-0.65
Cr	0.25
As	Не більше 0.08
Ni	0.25
P	0.035
S	0.04

Таблиця 3.1.1.2

Технологічні властивості Ст20

Температура кування	1280-750.Охолодження на повітрі.
Зварюваність	Зварюється без обмежень, крім деталей після хіміко-термічної обробки.

3.1.2 Склад моделі водопровідної води

У якості фонового розчину використовували модель водопровідної води, наступного складу по 0,3 г/дм³ сульфату натрію (Na₂SO₄), гідрокарбонату натрію (NaHCO₃), хлориду натрію (NaCl). Показники якості солей наведені в табл.3.1.2.1- 3.1.2.

Таблиця 3.1.2.1

Показники якості Na₂SO₄

№ п/п	Показник	По нормативу	Результати аналізу
1	Мас. доля основної речовини, %	99,5	99,5
2	Втрати при прожарюванні, %	0,2	0,2
3	Сульфати, %	≤ 0,005	0,004
4	Нерозчинні у воді р-ни, %	≤ 0,005	0,005
5	Залізо, %	0,001	0,001
6	Нітрати, %	0,0005	0,0005
7	Фосфати, %	0,001	0,001
8	Хлориди, %	0,001	0,001
9	NaOH, %	0,01	0,01
10	NH ₄ , %	0,0005	0,0005
11	Калій, %	0,01	0,01
12	Миш'як, %	0,0001	0,0001

13	Важкі метали, %	0,0005	0,0005
14	Кальцій, %	0,005	0,005
15	Магній, %	0,005	0,005

Таблиця 3.1.2.2

Показники якості NaHCO_3

№ п/п	Показник	Норматив	Результати аналізу
1	Мас. доля основної речовини, %	100,06	100,06
2	As, %	<0,0001	<0,0001
4	Важкі метали, %	0,0005	0,0005
5	Вологість, %	0,04	0,04
6	pH розчину	8,3	8,3
7	NaCl, %	0,1	0,1
8	(амоній) NH_4 , %	+	+

Таблиця 3.1.2.3

Показники якості NaCl

№ п/п	Показник	Норматив	Результати аналізу
1	Мас. доля основної речовини, %	$\geq 99,9$	99,9
2	Нерозчинні у воді речовини, %	$\leq 0,003$	0,003
3	Калій, %	$\leq 0,005$	0,005
4	Сульфати, %	$\leq 0,001$	0,001
5	Залізо, %	0,0001	0,0001
6	Важкі метали, %	0,0002	0,0002
7	Астат %	0,00002	0,00002
8	Втрати при прожарюванні, %	0,5	0,5
9	Азот, %	0,0005	0,0005

10	Броміди, %	0,005	0,005
11	Йодиди, %	0,001	0,001
12	Фосфати, %	0,0005	0,0005
13	Кальцій, %	0,002	0,002
14	Барій, %	0,001	0,001

3.1.3 Інгібітори корозії та її суміші

У якості інгібіторів застосовували:

- нітрит натрію NaNO_2 , силікат натрію $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та їх суміші сумарною концентрацією $0,03 \text{ моль/дм}^3$ та за різних їх співвідношень концентрацій NaNO_2 і $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Показники якості інгібіторів наведені в табл.3.1.3.1 - 3.1.3.2 [11].

Таблиця 3.1.3.1

- Показники якості $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

№ п/п	Показник	Норматив	Результати аналізу
1	Оксид натрію, %	19-23	22,2
2	Співвідношення оксиду натрію до двооксиду кремнію, %	1,00-1.06	1,05
3	Сульфати, %	0,01	0,01
4	Алюміній, %	0,005	0,0037
5	Залізо %	0,01	0,009
6	Хлориди, %	0,005	0,0043
7	Важкі метали, (Pb) %	0,001	0,001

Показники якості NaNO_2

№ п/п	Показник	Норматив	Результати випробування
1	Мас. доля основної речовини, %	99,0	99,5
2	NaNO_3 , % г/100г	0,7	0,1
3	Na_2CO_3 , мг/кг	≤ 600	<200
4	Нерозчинні у воді р-ни, %	$\leq 0,45$	0,27
5	SiO_2 г/100 г	$\leq 0,4$	0,27
6	Свинець, %	<1	<1
7	Важкі метали, %	≤ 10	<0,05
8	Ртуть, %	<0,05	<0,05
9	Кадмій, мг/кг	≤ 1	<1

3. 2 Методи дослідження і їх характеристика

3.2.1 Масометричний метод визначення швидкості корозії в сталі і визначення ефективності інгібіторів

Використовували зразки металу

У моделі водопровідної води, розчинах інгібіторів та у сумішах зі співвідношенням різних їх концентрацій (сумарною молярною концентрацією $C = 0,03$ моль/дм³) швидкість корозії масометричним методом визначалася за ГОСТ 9.506-87. Час експозиції зразків становив 168 годин, зразки витримувались за температури 20 °С і 40 °С . За результатами досліджень розраховували масометричний показник K_m , коефіцієнт гальмування γ та ступінь захисту Z .

де m_1 – маса пластини до експерименту, г; m_2 – маса пластини після видалення продуктів корозії, г; S – площа пластини, м², τ – час проведення експерименту, год.

Для розрахунку коефіцієнту гальмування швидкості корозії скористалися формулою:

$$\gamma = \frac{K_m}{K_m(IH)};$$

де K_m - показник зміни маси без використання інгібітору; $K_m(IH)$ - показник зміни маси з використанням інгібітору.

Ступінь захисту від корозії розраховували за формулою:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \cdot 100\%$$

Використовувалися зразки сталі 20 площею 10 см²; перед початком експерименту тонкі пластини зачищали дрібним наждаковим паперу, промивались дистильованою водою, після чого висушувались. Після повного висушування зразки підвішувались на жилки у хімічних стаканах, ємністю 150 см³ та заповнювались досліджуваними розчинами. Зразки, перед зануренням у склянки, зважували на електронних терезах (марки РА214С,) з точністю 0,0001. Кожен зразок занурювали у окрему склянку. Співвідношення площини зразка сталі (см²) до об'єму розчину (см³) загалом становив 1:10 як вимагається стандартом. Склянки зі зразками за температурою 20°C витримували протягом 168 годин. За температурі 40°C використовували термостат, в якому розміщали зразки протягом 168 (марки ТW – 2.03)

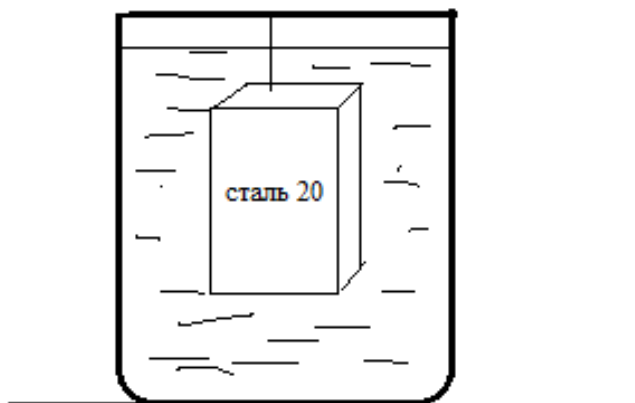


Рис. 3.2.1.1. Схематичне зображення масометричного методу.

Після експозиції зразки сталі промивали великою кількістю дистильованої води, одночасно з чим м'якою гумкою з поверхні металу видаляли продукти корозії. Після цього, зразки висушували, після чого знову зважували на електронних терезах.



Рис. 3.2.1.2. проби зразків досліджуваних розчинів

3.2.2 Метод ізомолярних серій

Цей метод полягає у використанні бінарних сумішей з різним співвідношенням молярних концентрацій складових, але з однаковою їх сумарною концентрацією. Для дослідження використовували ізомолярні серії нітриту натрію і силікату натрію з різним співвідношенням їх молярних концентрацій і сталою сумарною концентрацією 0,03 моль\дм³.

Таблиця 3.2.2.1

Склад розчинів ізомолярної серії $\text{Na}_2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при $T = 20^\circ\text{C}$

		Маса зразків до корозії, г	Маса зразків після корозії, г	Δm	τ , год	K_m^- , г/м ² *год	γ	Z, %
Na_2NO_2	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$							
Розчин 1		12,1702	12,1695	0,0007	168	0,00444208	37,14286	97,3077
0,03	0							
Розчин 3		11,7693	11,7687	0,0006	168	0,00380749	43,3333	97,6923
0,02	0,01							
Розчин 4		12,5325	12,5320	0,0005	168	0,0029409	56,10235	98,2175
0,015	0,015							
Розчин 5		11,6722	11,6721	0,00001	168	0,00006346	2600	99,9615
0,01	0,02							
Розчин 6		12,1033	12,1029	0,0004	168	0,00253833	65	98,4615
0	0,03							

Таблиця 3.2.2.2

Склад розчинів ізомолярної серії $\text{Na}_2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при $T=40^\circ\text{C}$,

		Маса зразків до корозії, г	Маса зразків після корозії, г	Δm	τ , год	K_m^- , г/м ² *го д	γ	Z, %
Na_2NO_2	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$							
Розчин 1		11,5831	11,5828	0,0005	168	0,0031729	15,6	93,58974
0,03	0							

Розчин 3		11,7693	11,7687	0,0004	168	0,00253	19,5	94,87
0,02	0,01					8		179
Розчин 4		12,5325	12,5320	0,0004	168	0,00235	21,03	98,21
0,015	0,015					27	8	75
Розчин 5		11,6722	11,6721	0,00001	168	0,00006	780	99,96
0,01	0,02					345		15
Розчин 6		12,1033	12,1029	0,0006	168	0,00352	14,02	98,46
0	0,03					9	5	15

3. 2. 3 Зняття потенціостатичних поляризаційних кривих

Потенціостат підтримує заданий потенціал робочого електрода шляхом зміни величини, чи напрямку струму поляризації.

Поліризаційні потенціостатичні вимірювання проводили на потенціостаті ПИ 50 з трьохелектродною коміркою, як робочий електрод використовувався зразок сталі 20, площею 1 см², в якості електрода порівняння використовували хлорсрібний електрод, а в якості допоміжного – платина. Електродні потенціали перераховувались на нормальну водневу шкалу за рівнянням:

$$E_{\text{НВ}} = E_{\text{ХС}} + 0,2$$

Де, $E_{\text{ХС}}$ – потенціал відносно хлор-срібного електрода;

$E_{\text{НВ}}$ – потенціал виміряний відносно водневого електрода;

0,2 – приблизне значення потенціалу $E_{\text{ХС}}$ за водневою шкалою.

Першими знімалися криві катодної і анодної поляризації для фонового розчину. Перед поатком вимірювань зачищали наждачним папером активну зону, решту площі покривали лаком, в комірці, заповненій досліджуваним розчином закріплювали електрод. Використовували фоновий розчин, який є моделлю водопровідної води. Використовували агар-агаровий місток для забезпечення замкненого електричного кола в системі. Потенціостат прогрівався, та встановлювали стаціонарний

електродний потенціал. Коли значення на амперметрі переставали змінюватись, починали знімати криву.

Значення струму поляризації вимірюється міліамперметром в mA

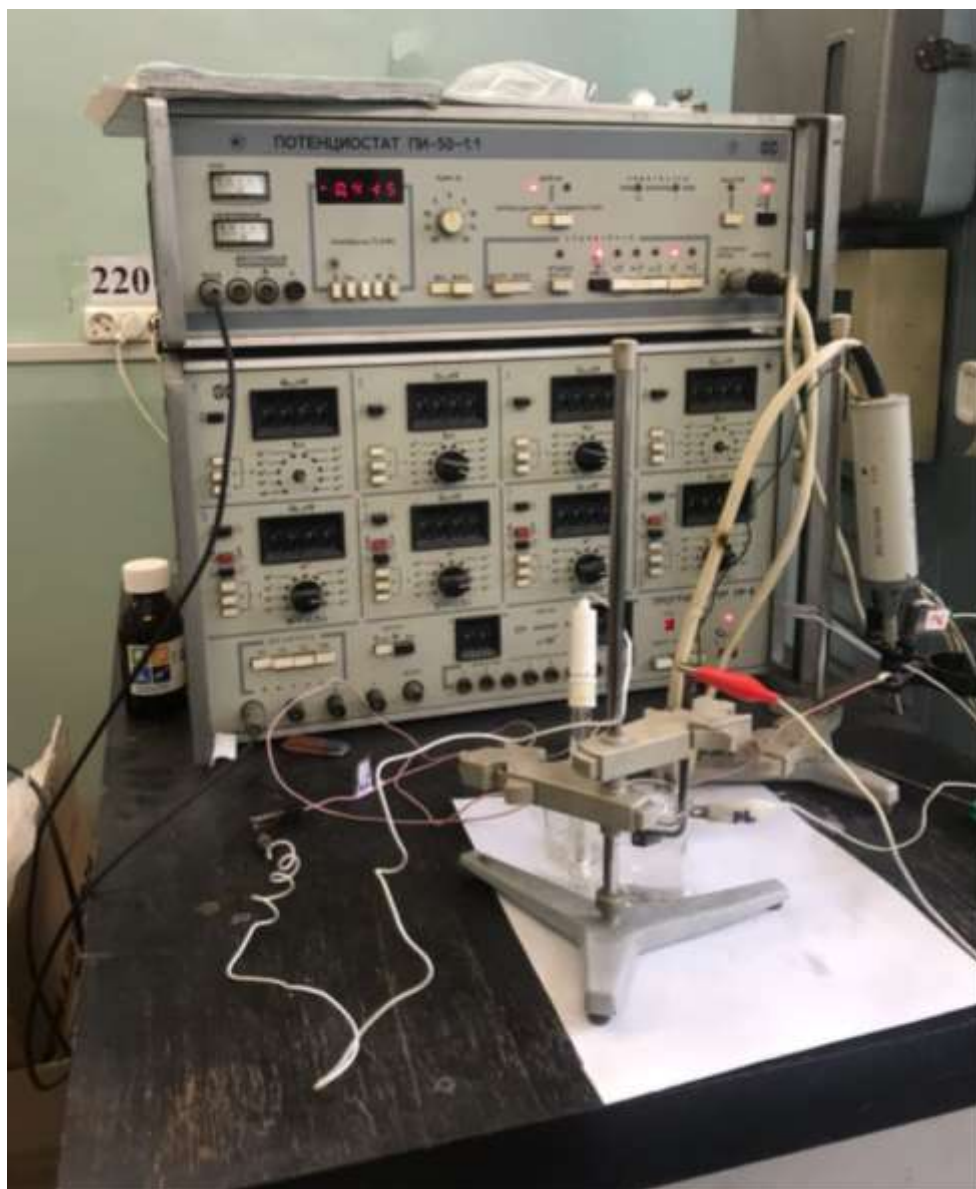


Рис.3.2.3.1 Потенціостат марки ПИ-50-1

Потенціостат типу ПИ-50-1 являє собою настільний прилад, що складається з базового блоку, двокоординатного реєструючого приладу, електрохімічної комірки з магнітною мішалкою, еквівалента осередки і

виносного вхідного електрометричного підсилювача, виконаного у вигляді щупа. Потенціостат має вбудований цифровий індикатор напруги струму. На передній панелі базового блоку винесені стрілочні індикатори напруги і струму, цифровий індикатор "контроль" з перемикачем виду напруги, регулятор компенсації і вимикач компенсації, а також перемикачі режиму роботи "потенпі-ооаг-гальваностат", діапазонів крутизни перетворювача струму, деблокування захисту, включення мережі, другого допоміжного електрода і дистанційного керування. Індикація режимів роботи, перевантаження та через спрацювання захисту здійснюється світлодіодними індикаторами.

Технічні характеристики:

Максимальна вихідна напруга в статичному режимі -50 ... +50 В.

Максимальний вихідний струм в статичному режимі ± 1 А.

Максимальний вихідний струм в імпульсі ± 6 А.

Діапазон потенціостатування -8 ... +8 В.

Похибка установки потенціалу $\pm (1 + 0,001 | U |)$ мВ.

Похибка регулювання потенціалу $\pm 0,5$ мВ.

Час перехідного процесу встановлення потенціалу до входження в зону 0,9 ... 1,1 сталого значення стрибка потенціалу 1 мкс.

Температурний дрейф нуля 1 мВ.

Споживана потужність 220 В-А.

Габаритні розміри базового блоку 500x180x530 мм.

Маса: базового блоку не більше 22 кг;

3.3 Обговорення результатів

В нейтральних водно-сольових середовищах метали зазнають електрохімічної корозії з кисневою дполяризацією. Катодна реакція корозії полягає у відновленні молекул кисню, розчинених у воді до гідроксид – іонів, а анодна – у розчиненні сталі в активній області. В нейтральних середовищах ефективний захист сталі забезпечують інгібітори. В попередніх роботах показано, що використання індивідуальних інгібіторів має помірну ефективність, наприклад застосування індивідуального нітриту натрію призводить до формування на поверхні сталі оксидних фазових плівок, за недостатніх концентрацій нітриту щільність цих плівок порушується і виникають небезпечні пітингові ураження. Використання індивідуального силікату призводить до блокування тільки частини поверхні сталі, що не може забезпечувати ефективний протикорозійний захист, тому перспективним напрямком є створення композицій інгібіторів оксидної і сольової пасивації, для яких характерно явище синергізму. Раніше було показано, що композиції на основі нітриту натрію і силікату натрію характеризуються ефектом синергізму.

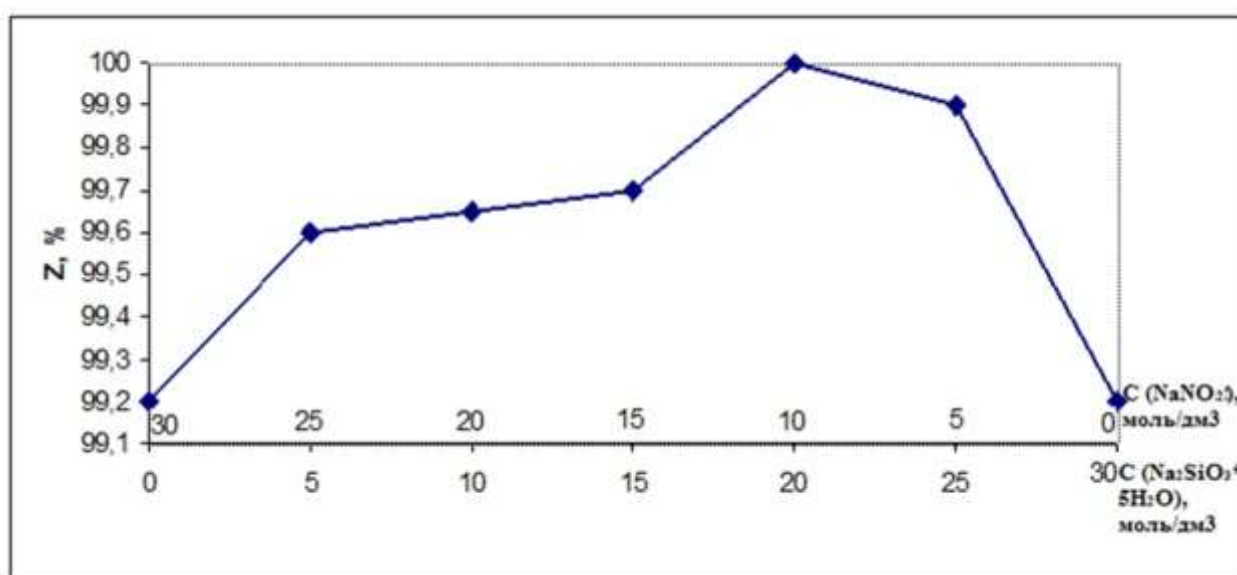


Рис. 3.3.1. Залежність ступеня захисту від концентрації в зразках сталі 08 кп

Екстремуми ефективності були встановлені за допомогою методу ізомолярних серій. Цей метод полягає у використанні розчинів з різним співвідношенням молярних концентрацій складових, але з однаковою сумарною концентрацією компонентів у бінарних сумішах. Було показано, що такі екстремуми спостерігаються за співвідношення концентрацій нітриту і силікату як 1:2, при інгібуванні сталі 08 кп в нейтральних водно-сольових розчинах.

Сталь Ст 20 широко застосовується у виробництві магістральних трубопроводів, тому важливою задачею було перевірити її корозійну стійкість в присутності синергічних композицій на основі нітриту і силікату, які показали свою високу ефективність, при інгібуванні сталі 08 кп.

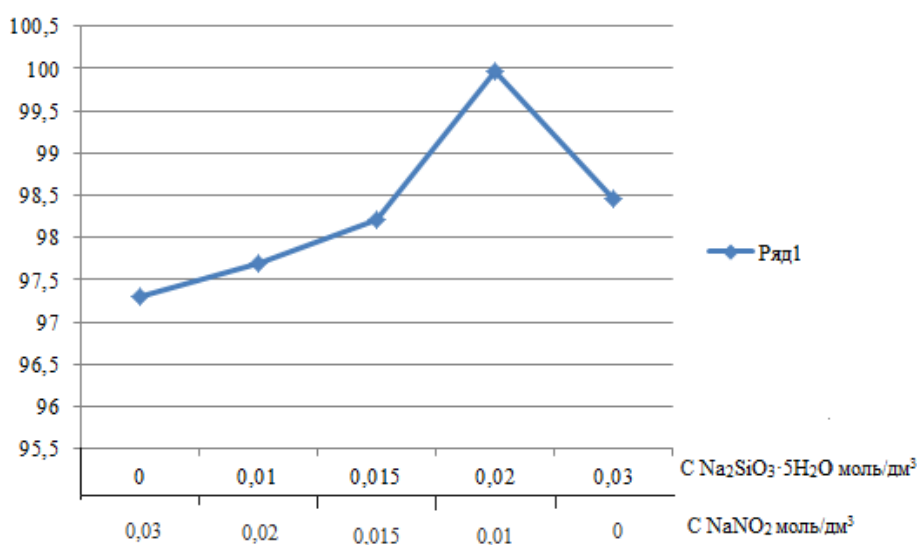


Рис.3.3.2 Залежність ступеня захисту від концентрації в зразках сталі Ст 20 при $T = 20^\circ\text{C}$

Для встановлення екстремумів ефективності синергічної композиції на основі нітриту і силікату, також застосовувався метод ізомолярних серій. Була досліджена ефективність бінарної композиції з сумарною концентрацією нітриту і силікату 0,03 моль/л, з рис 3.3.2 можна бачити, що

екстремум максимального протикорозійного захисту спостерігається за співвідношення молярних концентрацій нітриту і силікату як 1:2. ($z=100\%$).

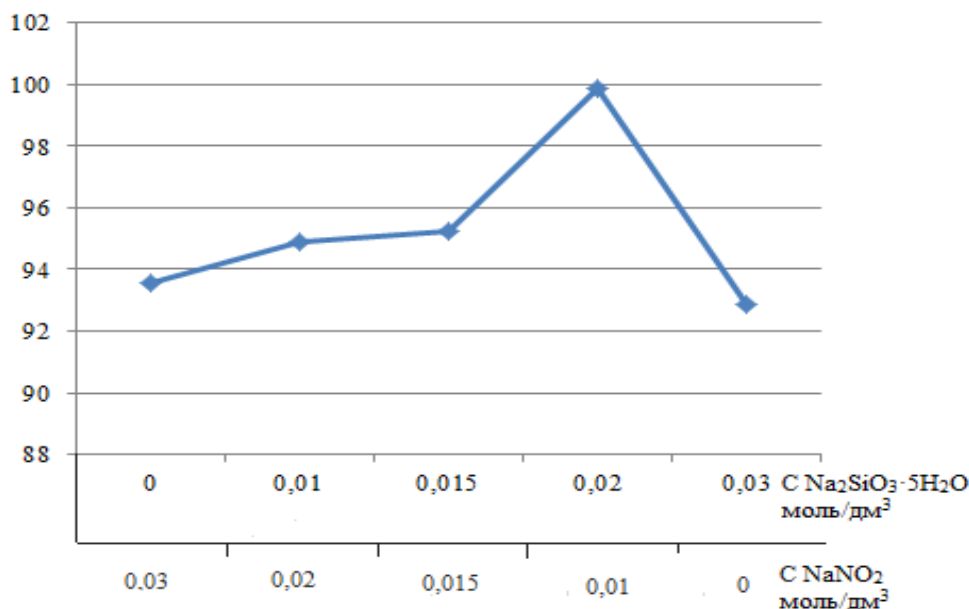


Рис. 3.3.3 Залежність ступеня захисту від концентрації в зразках сталі Ст20 кп при $T = 40^\circ\text{C}$

З рисунку можна бачити, що за підвищених температур (40°C) екстремум ефективності композицій нітриту з силікатом при інгібування сталі Ст 20 спостерігається за такого ж співвідношення нітриту і силікату як 1:2. На рис. Наведено залежність ступеня захисту Z від співвідношення молярних концентрацій нітриту і силікату за їх сумарної концентрації $0,03$ моль/л за температури 40°C .

Проведені масометричні дослідження визначення швидкості корозії показали високу ефективність ($z=100\%$) інгібування як сталі 0,8 кп так і сталі Ст 20 синергічною композицією на основі інгібіторів оксидної і сольової (силікат) пасивації, з сумарною концентрацією нітриту і силікату $0,03$ моль.

Л в нейтральних водно-сольових розчинах. Слід відмітити однакове положення екстремумів ефективності композицій нітриту з силікатом, співвідношення 1:2, як при інгібуванні сталі 08 кп так і при інгібування сталі Ст 20.

Електрохімічну поведінку сталі 08 кп і сталі Ст 20 досліджували шляхом зняття потенціостатичних поляризаційних кривих на потенціостаті Пи 50 з трьох-електродною термостатованою коміркою. Робочим електродом виступали зразки сталі 08 кп і сталі Ст 20 з активною робочою поверхнею 1 см². В якості допоміжного електрода використовувався платиновий дріт, а роль електрода порівняння виконував хлор срібний електрод, електродні потенціали були перераховані на нормальну водневу шкалу з урахуванням потенціалу хлор срібного електрода 0,2 В. Встановлення корозійного потенціалу до його постійного значення проводилось протягом 30 хв., а криві знімали з швидкістю розгортки 0,5 мВ/с.

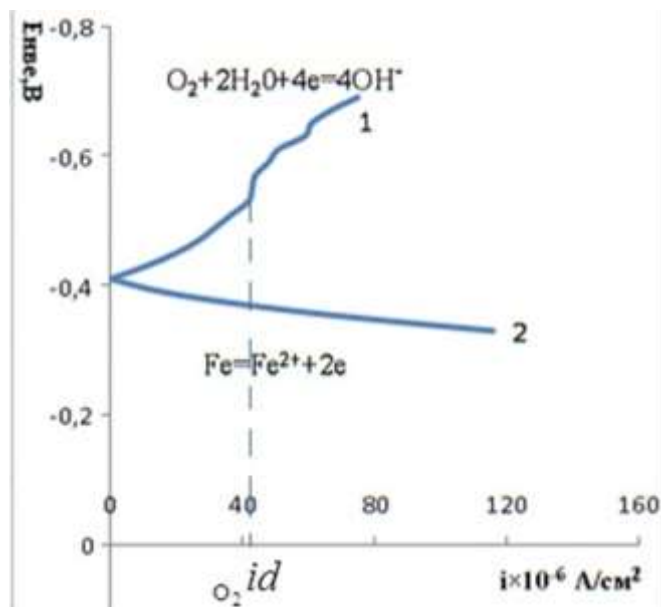
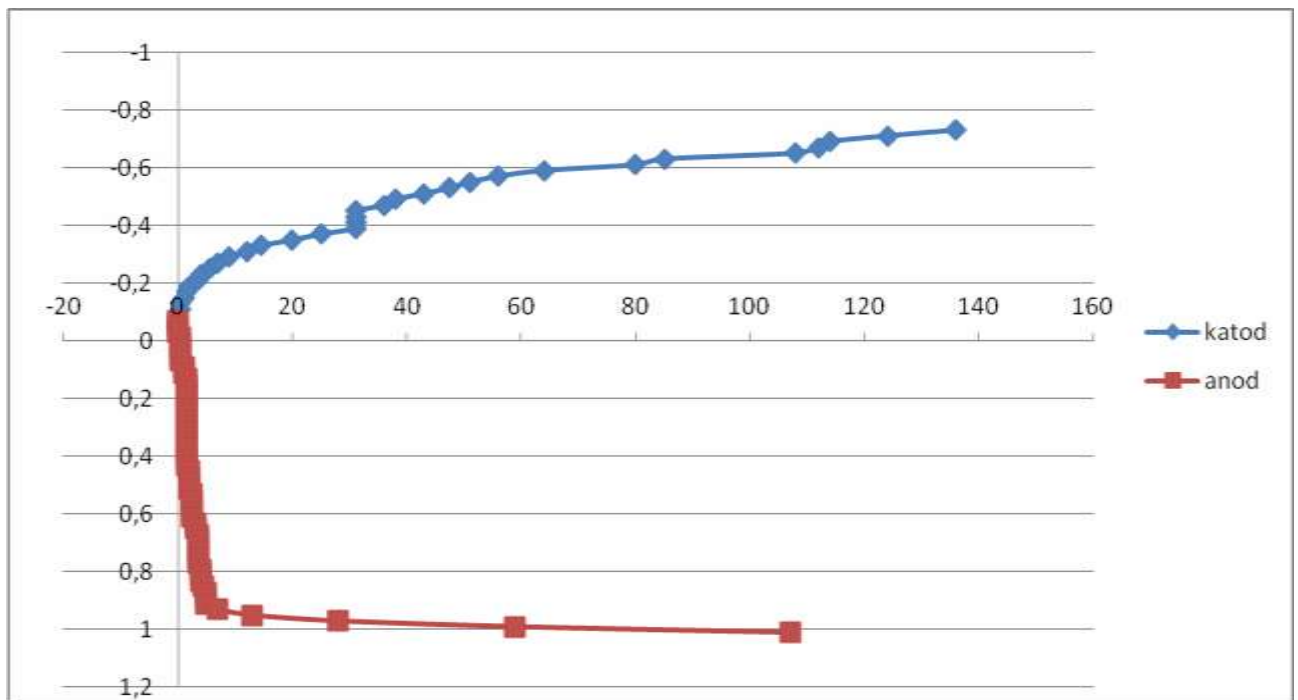


Рис. 3.3.4 Потенціостатичні криві у фоновому розчині

На рисунку наведені потенціостатичні криві у фоновому розчині моделі водопровідної води. Катодний процес полягає у відновленні розчинного у воді кисню, а анодний процес розчиненні металу в активній



області

Рис.3.3.5 Поляризаційні потенціостатичні криві сталі 08 кп

З рисунку можна бачити ділянку граничного дифузійного струму 40 мА/см², який визначає струм корозії сталі за відсутності інгібіторів. На рисунку ... наведені потенціостатичні поляризаційні криві інгібування сталі 08 кп у фоновому розчині в присутності синергічної композиції інгібіторів нітриту і силікату з молярним співвідношенням як 1:2.

З рисунку можна бачити на катодній кривій наявність ділянки граничного дифузійного струму відновлення кисню, який становить 31 мкА. См². З ходу анодної кривої можна бачити зміщення корозійного потенціалу до -0,01 Вт в бік позитивних значень порівняно з корозійним потенціалом

фоновому розчину. На анодній кривій спостерігається область пасивації в широкому діапазоні потенціалів (1В) Густина струму повної пасивації має мінімальне значення 1-3 мкА. См², що свідчить про повний захист сталі від корозії.

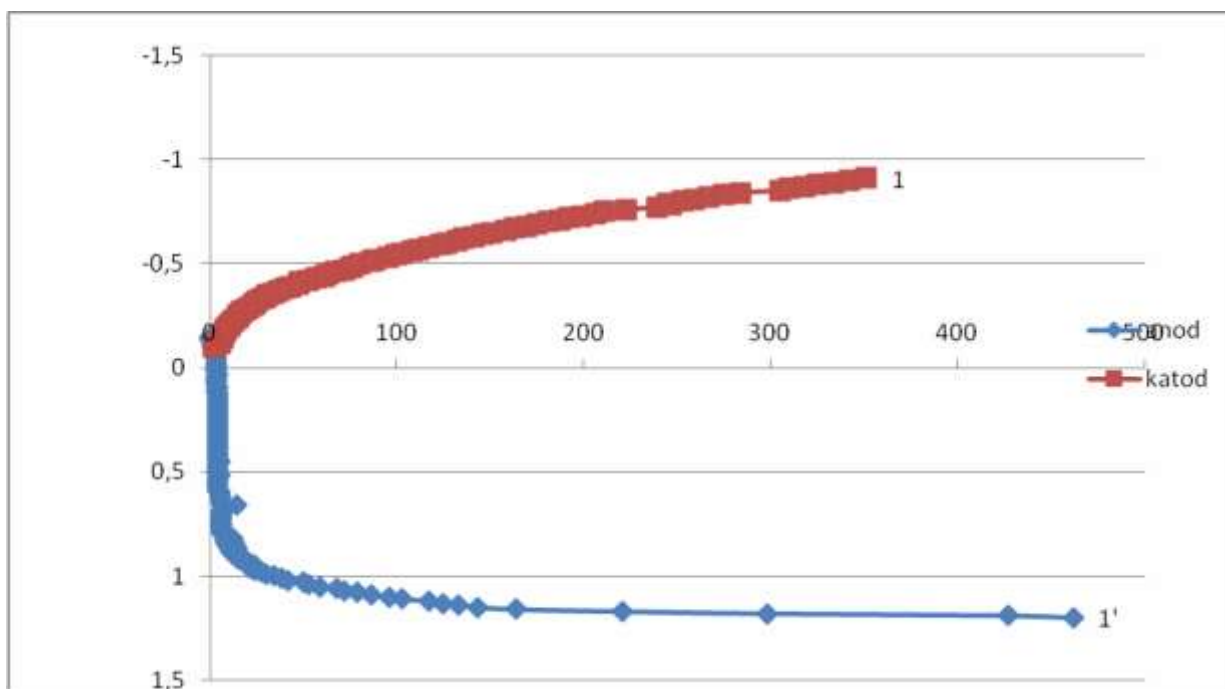


Рис 3.3.6 Поляризаційні потенціостатичні криві сталі Ст 20

Важливою задачею було дослідити електрохімічну поведінку сталі Ст 20 в присутності синергічної композиції на основі нітриту і силікату. На рисунку ... наведені катодні і анодні поляризаційні криві сталі Ст 20 в присутності композиції нітриту з силікатом, яка виявляє синергічний ефект. З рисунку можна бачити ділянку граничного дифузійного струму 35 мкА. см², на катодній поляризаційній кривій. Анодна крива містить область пасивації в широкому діапазоні потенціалів (1В). Мінімальне значення густини струму повної пасивації 1-8 мкА. см² свідчить про повний захист сталі Ст 20 від корозії. Таким чином результати потенціостатичних

поляризаційних досліджень підтвердили високу інгібуючу ефективність синергічної композиції на основі нітриту з силікатом, при інгібуванні як сталі 08 кп, так і сталі Ст 20 в нейтральних водно-сольових середовищах.

Висновки до розділу 3

1. Синергічні композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації забезпечують ефективний протикорозійний захист сталі в нейтральних водно-сольових середовищах.

2. Для протикорозійного захисту сталі 08 кп і сталі Ст20 за методом ізомолярних серій були встановлені екстремуми ефективності синергічних композицій інгібіторів на основі нітриту і силікату за співвідношенням молярних концентрацій складових як 1:2.

3. За підвищених температур ефективність протикорозійного захисту синергічної композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації зберігається на високому рівні ($z = 99,8\%$) і положення екстремуму не змінюється порівняно з масометричними дослідженнями за температури 20 °С.

4. Дослідження електрохімічної поведінки сталі Ст 20 в нейтральних водно-сольових розчинах в присутності синергічної композиції на основі нітриту і силікату показали ефективну пасивацію поверхні сталі, що підтверджується областю пасивації в широкому діапазоні потенціалів (1,1В) і мінімальними значеннями густини струму повної пасивації 1- 7 мкА/см².

5. Показано, що розроблена синергічна композиція на основі нітриту і силікату забезпечує ефективну пасивацію, як сталі 08 кп, так і сталі Ст 20, що розширює можливості її використання для створення повного захисту металів від корозійних процесів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Вона діє на підставі відповідних законодавчих та інших нормативних актів, систем соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці [79].

Законодавство про працю містить норми та вимоги з техніки безпеки і виробничої санітарії, норми, що регулюють робочий час та час відпочинку, звільнення та переведення на іншу роботу, норми праці щодо жінок, молоді, гігієнічні норми і правила тощо.

Дана робота виконувалась у виробничій лабораторії 12.118, Національного авіаційного університету.

Експериментальна частина виконана з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Всі рішення прийняті в роботі, відповідають вимогам охорони праці та пожежної безпеки.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблено заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці, пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях

4.1. Аналіз умов праці.

4.1.1. Організація робочого місця.

Робоче місце — це зона трудової діяльності робітника, або групи робітників, оснащена всім необхідним для успішного здійснення роботи.

Організація робочого місця — це система заходів щодо його планування, оснащення засобами і предметами праці, розміщення в певному порядку, обслуговування й атестації [79,81].

Планування робочого місця передбачає раціональне розміщення у просторі матеріальних елементів виробництва, зокрема устаткування, технологічного та організаційного оснащення, а також робітника. Робоче місце має робочу, основну і допоміжну зони. В основній зоні, яка обмежена досяжністю рук людини в горизонтальній і вертикальній площинах, розміщуються засоби праці, що постійно використовуються в роботі. У допоміжній зоні розміщуються предмети, котрі застосовуються рідко.

Для досліджень з тематики дипломної роботи було обрано лабораторію «Синтезу неорганічних сполук» 12.118 Національного Авіаційного університету. Вона оснащена трьома витяжними шафами та шістьма робочими столами для студентів. Хімічні реагенти зберігаються під витяжними шафами та в спеціальних шафах. Лабораторія має наступні геометричні параметри: $l = 6,5$ м – довжина приміщення; $b = 4,5$ м – ширина приміщення, висота $h = 3,1$ м.

Площа даного приміщення становить $S = 29,25$ м², загальна площа столів, шаф, приладів $S_{\Pi} = 6$ м², а корисна площа $S' = S - S_{\Pi} = 23,25$ м².

Об'єм приміщення становить $V = S \cdot h = 23,25 \cdot 3,1 = 72,1$ м³.

Таблиця 4.1.1.1

Дійсні і нормативні параметри приміщення, що приходяться на одну людину

Параметр приміщення	Норма	Дійсне значення
Площа, S	Не менше 4,5 м ²	29,25 м ²
Об'єм, V	Не менше 15 м ³	72,1 м ³

Висота, <i>h</i>	Не менше 3 м.	3,1 м
------------------	---------------	-------

Значення об'єму приміщення, що приходить на одну людину, і корисної площі більші за нормативні у відповідності з ДСП № 173-96, що повністю задовольняє нормативну документацію.

4.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Роботу з отруйними газоподібними речовинами проводять обов'язково у витяжній шафі.

Перед роботою необхідно перевірити силу тяги у витяжній шафі. При поганій або недостатній тязі працювати з отруйними газоподібними речовинами заборонено.

Під час виконання робіт з отруйними газоподібними речовинами необхідно мати наготові протигаз [80].

При обслуговуванні лабораторних приладів та посудин, що працюють під тиском, необхідно користуватися запобіжними масками, окулярами або іншими пристосуваннями.

У даній роботі є ряд шкідливих та небезпечних чинників які впливають на стан людини: гідрокарбонат натрію; хлорид натрію; хромат натрію; нітрит натрію; силікат натрію.

Таблиця 4.2.1

Назва речовини	Максимальна разова ГДК, мг/м ³	Середньодобова ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності
Гідрокарбонат натрію	0,5	0,05	III
Хлорид натрію	0,5	0,05	III
Хромат натрію	0,05	0,03	II
Нітрит натрію	0,15	0,05	II

Силікат натрію	0,15	0,05	III
----------------	------	------	-----

4.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

4.3.1 Мікроклімат виробничих приміщень.

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на його робочому місці, у робочій зоні.

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції [79-81].

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміну теплового стану організму, що швидко минають і нормалізують та супроводжують напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації.

Показники мікроклімату в робочій зоні хімічних лабораторій мають відповідати вимогам „Державних санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень” (ДСН 3.3.6.042-99). У робочій зоні хімічних лабораторій вміст пилу, газів і пари шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК. Перед початком роботи у витяжній шафі необхідно перевірити наявність тяги повітря. Всі відділки витяжної шафи, окрім тієї, де будуть виконувати роботу, закривають повністю стулками.

В нашому випадку середня добова температура в приміщенні складає +22⁰С дана температура підтримується завдяки штучному обігріву (централізоване водяне опалення). Швидкість руху повітря складає 0,1 м/с, що також задовольняє вимоги.

4.3.2. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини,

внаслідок порушення технологічного процесу, викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я. Шкідливі речовини у повітрі робочої зони надходять у вигляді пару, газів та пилу.

За ступенем небезпеки шкідливі та отруйні речовини за дією на організм людини поділяються на чотири класи: I – надзвичайно небезпечні; II – високонебезпечні; III – помірно небезпечні; IV – мало небезпечні.

Основними шляхами проникнення токсичних речовин в організм людини є дихальні шляхи, шкіра, органи травлення. Найважливішими з них вважаються дихальні шляхи. Тому в лабораторіях передбачено використання засобів індивідуального захисту органів дихання та наявність вентиляційних пристроїв.

Силікат натрію – безбарвна кристалічна речовина без запаху, належить до речовин 3-го класу небезпеки (помірнонебезпечні речовини). Має подразнювальний вплив на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, очей та шкірних покривів різної інтенсивності, навіть до опіків, при потраплянні пилу силікату натрію. Має сенсibiliзуючу (алергенну) дію. Величина ГДК в повітрі робочої зони – 0,03 мг/м³.

Таким чином, для запобігання негативного впливу вище вказаних речовин при проведенні дослідження слід уникати вдихання їх пилу та тривалого контакту їх зі шкірою, проводити дослідження в спецодязі (халаті), для захисту відкритих ділянок тіла та, особливо, очей, забезпечити місцеву та загальну вентиляцію. Вище перераховані вимоги постійно дотримуються під час проведення експериментальних досліджень.

4.3.3. Природне та штучне освітлення.

Для забезпечення відповідних умов праці робоче місце має бути оснащено, як природним, так і штучним освітленням для нормального зорового сприйняття. Тому освітлення повинно відповідати наступним вимогам [79,80]:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті переадаптації органів зору;
- не створювати засліплювальної дії, як від самих джерел освітлення, так і від тих предметів, що знаходяться в полі зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих чинників (шум, теплові випромінювання, небезпека ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

В лабораторії проведення експерименту дипломної роботи присутнє природне та штучне освітлення. Природне освітлення є боковим. Штучне освітлення складається із загального та місцевого (комбіноване).

За СНиП 23-05-95 характеристика зорової роботи, під час проведення досліджень, відноситься до малої точності з розміром розпізнавання об'єктів від 1 до 5 мм, що відноситься до 5-го розряду зорової роботи. При комбінованому освітленні освітленість становить 240 лк, за нормами значення повністю вкладається (нормоване значення від 200 до 300 лк).

4.3.4. Небезпека ураження електричним струмом.

Порушення вимог електробезпеки при роботі на електроустановках, як правило, призводить до електротравм.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, зумовлює перетворення поглинутої організмом електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, механічну та біологічну дію [80].

В лабораторії виконання дослідних робіт наявна велика кількість електроприладів різного призначення, що підвищує ризик ураження електричним струмом від будь-якого з них. Відповідно до ПУЕ:2009 дана лабораторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Тому до роботи в лабораторії допускаються люди, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та успішно здали іспит. Всі наявні прилади в лабораторії заземлені, але постійно потрібно дотримуватись правил техніки безпеки.

4.4. Розробка заходів з охорони праці.

4.4.1. Організація робочого місця.

Основним недоліком робочого місця була велика кількість сторонніх предметів, що перешкоджали вільному доступу до витяжки, доступу до джерел електричного струму тощо. Також була відсутня можливість повторного використання технологічної рідини.

4.4.2. Захист від електричного струму

Оскільки в роботі використовувались електричні прилади, то велика увага надавалась захисту від ураження електричним струмом [79].

Для того, щоб уникнути прямого ураження електричним струмом, ми перевірили відсутність оголених дротів, унеможливили потрапляння рідини на прилади. Наявність заземлення запобігла накопиченню статичної електрики на корпусі приладу та одязі.

4.4.3. Пожежна безпека.

Всі приміщення лабораторії відповідають вимогам пожежної безпеки по (ДСТУ 3789-98) та мати засоби пожежогашіння по (ДСТУ 4041-2001).

Наше приміщення належить до категорії Д, оскільки в ньому присутні негорючі речовини в охолодженому стані. Горючі рідини та гази відсутні.

В приміщенні знаходилось 2 вогнегасники пінного типу, а також ящик з піском. Біля входу в приміщення була розміщена схема евакуації при надзвичайних умовах, що відповідає основним вимогам правил пожежної безпеки України.

План евакуації знаходиться в коридорі, на них позначено місце розташування вогнегасників та пожежних гідрантів. В приміщенні лабораторії наявні плани евакуації при пожежі. Будівля, в якій знаходиться лабораторія, захищена від прямих ударів блискавки, електростатичної та електромагнітної індукції та від заносу високих потенціалів блискавковідводами стрижневого типу.



4.5. Розрахункова частина.

При будь-якій формі отруєння характер дії шкідливої речовини визначається ступенем її фізіологічної активності – токсичністю.

Токсичність – властивість речовини призводити до смерті чи шкодити здоров'ю живої істоти при потраплянні будь-яким шляхом в її організм. Це міра несумісності шкідливої речовини з життям [79-81].

Фізіологічну активність шкідливих речовин вивчає токсикологія. Промислова токсикологія – розділ гігієни праці, що вивчає дію на організм людини шкідливих речовин з метою створення нешкідливих і безпечних умов праці на виробництві, попередження отруєнь.

Розрізняють хімічну і фізичну токсичність [81]. В основі хімічної токсичності лежить хімічна взаємодія отрути з тканинами і біосубстратами організму, переважно за рахунок ковалентних зв'язків. Ці процеси є необоротними.

Шкідливі речовини класифікуються за такими ознаками:

- ступінь дії на організм людини;
- шлях проникнення в організм;
- характер дії на організм людини;
- ступінь токсичності;
- хімічний клас сполук.

За ступенем дії на організм людини (ГОСТ 12.1.007-88 ССБТ) шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- I – речовини надзвичайно небезпечні;
- II – речовини високонебезпечні;
- III – речовини помірно небезпечні;
- IV – речовини малонебезпечні.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливої речовини в повітрі робочої зони – це концентрація, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин чи іншої тривалості, але не більше 40 годин на тиждень протягом усього робочого стажу не може викликати захворювань чи відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи або на віддалений термін життя теперішнього і наступного поколінь.

Дія шкідливих речовин на організм людини. Комбінована дія речовин. Звичайно працівники зазнають впливу кількох речовин одночасно, тобто має місце комбінована дія.

Розрізняють кілька видів спільної дії шкідливих речовин, що надходять одним шляхом.

Односпрямована дія – компоненти суміші діють на ті самі системи в організмі (наприклад, наркотична дія суміші вуглеводнів, дія роз'ятрювальних газів). При цьому сумарний ефект дії суміші дорівнює сумі ефектів діючих компонентів і має відповідати такому рівнянню (за Н.Г. Авер'яновим):

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_3}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1,$$

де $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – фактична концентрація компонентів суміші; $ГДК_1, ГДК_2, ГДК_3, \dots, ГДК_n$ – гранично допустима концентрація компонентів суміші.

Таблиця 4.5.1

Класифікація небезпеки речовин за ступенем дії на організм

Показники	Норми для класу небезпеки			
	1	2	3	4
Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	Менше за 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Понад 10,0
Середня смертельна доза при введенні в шлунок, мг/кг	Менше за 15	15–150	151–5000	Понад 5000
Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг	Менше за 100	100–500	501–2500	Понад 2500
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	Менше за 500	400–5000	5001–50000	Понад 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО)	Понад 300	300–30	29–3	Менше за 3
Зона гострої дії	Менше за 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	Понад 54,0
Зона хронічної дії	Понад 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менше за 2,5

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпечності
Гідрокарбонат натрію	2	а	III
Хлорид натрію	2	а	III
Сульфат натрію	5	а	IV
Хромат натрію	0,5	а	II
Нітрит натрію	1,5	а	II
Силікат натрію	1,5	а	III

Для розрахунку сумарного ефекту дії суміші використаємо рівняння (за Н.Г. Авер'яновим):

$$\text{мг/м}^3$$

Отже, виходячи з проведеного розрахунку можемо зробити висновок, що ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони знаходиться у межах норми.

4.4.7. Рекомендації щодо заходів безпеки при роботі з потенціостатом.

Перед включенням потенціостата необхідно ретельно вивчити технічне описання і дану інструкцію з експлуатації.

Категорично забороняється допускати до роботи з потенціостатом бслуговуючий персонал, що не вивчив технічне описання і інструкцію для експлуатації.

При роботі з потенціостатом варто вживати заходи безпеки, тому що на гніздах, винесених на передню панель є напруги до 1000 В. Клеми «МІЛІАМПЕРМЕТРИ» (БВК), «РЕЄСТРАТОР» (на бічній стінці стійки) і

«ВСП.» (на бічній стінці, на комірці і еквіваленті) при роботі потенціостата повинні бути закриті ковпачками.

Перед включенням потенціостата переконатися в надійності заземлення його стійки, потенціометра ПДП-4, стабілізатора напруги і магнітної мішалки.

Заземлення здійснюється мідним дротом перетином 2 – 3 мм².;

Проведення заземлення в місцях приєднання до затисків і контуру заземлення повинні бути ретельно зачищені.

У підрозділі розглянуто шкідливі та небезпечні фактори, які діють на дослідника (лаборанта) при роботі з потенціостатом. Проведено аналіз цих факторів, зокрема, зроблено розрахунок заземлення потенціостата. Дані рекомендації по підвищенню рівня безпеки в лабораторії.

4.6. Висновки до Розділу 4

В даному розділі було проведено аналіз умов робочого місця, розглянуто основні шкідливі та небезпечні фактори, які можуть негативно впливати на працездатність та здоров'я робітника. Також було визначено категорію приміщення за вибуховою та пожежною безпекою та електробезпекою та проведено розрахунок токсичності, що є обов'язковим при роботі з хімічними речовинами, та може попереджувати отруєння людей на робочому місці.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Охорона природного середовища в нормативно-правовому аспекті.

Значну роль в економіці країни та житті населення відіграє хімічний комплекс. Незважаючи на те, що частка виробництв хімічного комплексу за кількістю шкідливих викидів в атмосферу (1,5–1,7%) і неочищених забруднених стоків (9%) в загальному обсязі викидів всіма видами економічної діяльності в Україні відносно невелика, вони є небезпечними для навколишнього середовища. Україна належить до країн з високим ступенем забруднення навколишнього природного середовища. Нерозвинена технічна база з утилізації, переробки відходів хімічних виробництв, недостатнє використання безвідходних технологій приводять до підвищення негативного впливу на екологічну ситуацію та умови проживання людей.

Окремого нормативного акту, який би встановлював основи державної політики в галузі регулювання поводження з хімічними речовинами в країні на сьогодні не існує. Поводження з хімічними речовинами та відходами з погляду їх безпеки для навколишнього середовища та здоров'я людей регулюється екологічними політикою та законодавством. Основу природоохоронної діяльності складає нормативно-правова база, яка налічує більше 200 законів та підзаконних актів.

Угода про партнерство та співробітництво між Європейським Союзом і Україною (1994) зобов'язує сторони вирішувати ряд екологічних проблем (стаття 63), а стаття 51 Угоди стосується гармонізації законів та регуляторних актів України з європейським законодавством. До законів України, які найбільше відповідають європейським нормам, можна віднести Закон України „Про екологічну експертизу” від 9 лютого 1995 р. та нову редакцію Закону України „Про атмосферне повітря” від 16 жовтня 1992 р. У

2004 р. Верховна Рада України прийняла Закон України „Про екологічну мережу”, аналоги такого закону в Європі відсутні.

Крім того, Україна підсилила своє законодавство шляхом його інтеграції до міжнародного правового простору. Вона ратифікувала 27 ключових природоохоронних конвенцій і на цей час є Стороною 26 з них.

21 лютого 2005 р. Кабінетом Міністрів України терміном на три роки було схвалено План дій „Україна – ЄС”, який забезпечує деякі дії щодо запобігання погіршення стану навколишнього середовища, захисту здоров'я людей, раціонального використання природних ресурсів у відповідності із зобов'язаннями Всесвітнього Саміту (2002). Але заходів щодо зниження негативного впливу хімічного забруднення на здоров'я людей і навколишнє середовище в „Заходах щодо виконання у 2005 р. Плану Дій „Україна – ЄС” (затверджено Кабінетом Міністрів України 22.04.2005) не передбачено[16].

Верховна Рада України 25 червня 1991 року прийняла закон “Про охорону навколишнього природного середовища”, який передбачає систему управління у галузі природокористування. Політику держави при охороні окремих складових навколишнього природного середовища визначають законопроекти, розроблені у відповідності з цим законом: Закон “Про природно-заповідний фонд України” (1992 рік); Закон України про охорону атмосферного повітря (1992 рік); закон України про рослинний світ (1999 рік); Закон України про тваринний світ (20001 рік); Закон України про Червону книгу України (2002 рік); Лісовий кодекс України (1994 рік); Кодекс України про надра(1994 рік); Водний кодекс України (1995 рік); Земельний кодекс України (2001 рік). Окремі галузі діяльності людини, які можуть впливати на екологічний стан довкілля також регулюються відповідними законопроектами.

Система стандартів в галузі охорони природи, що діє в Україні, складається із дев'яти комплексів і восьми груп взаємопов'язаних стандартів

(міждержавних, країн СНД - ГОСТи). Вони поділяються за об'єктами стандартизації та галуззю їх використання.

Власна система стандартів України (ДСТУ) у галузі охорони навколишнього середовища не має чіткої структури, що ускладнює пошук деяких нормативних документів.

Також, в Україні діє система санітарних норм і правил (СанПиН), яка так само не має чіткої структури.

Періодично над деякими районами Землі з'являються озонові "діри". Спричиняють їх утворення, як вважають, викиди хлор- та хлорвмісних вуглеводнів, наприклад фреону, в атмосферу (фреон використовується як агент-охолоджувач холодильних установок та газ-наповнювач аерозольних флаконів) а також полістеролу, багатьох цінних речовин побутової хімії. Піднімаючись догори ці гази розпадаються з утворенням хлору, який руйнує озон.

Значну частку антропогенних виділів в атмосферу посідають забруднювачі, що утворюються в результаті спалювання і переробки промислових відходів, промислових викидів. Одними з найнебезпечніших в цьому відношенні є хімічні підприємства з виробництва галоїдорганичних сполук. В Україні їх виробництвом займаються ВО "Азот", м. Дніпродзержинськ, ВО "Кремнійполімер", м. Запоріжжя, концерн "Оріана", м. Калуш та ін.

Правові і організаційні основи та екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря визначає Закон України від 16 жовтня 1992 року №2707-ХІІ „Про охорону атмосферного повітря”. Цей Закон спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище[16].

Поняття та терміни, режим використання і охорони атмосферного повітря, методи контролю за його станом, вимоги щодо запобігання шкідливому впливу на атмосферне повітря визначають державні стандарти з охорони атмосферного повітря. Також діє багато інших нормативів: Положення про порядок здійснення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря, Положення про порядок встановлення рівнів шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів на атмосферне повітря, Положення про порядок видачі дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, Порядок розробки і затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, Інструкція про встановлення лімітів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря тощо.

Всі ці документи накладають певні обов'язки на підприємства, установи і організації, серед яких дуже важливим є зобов'язання вживати заходів щодо підтримки належного стану споруд і апаратури для очищення викидів, зменшення обсягів шкідливих викидів, тощо. При цьому економічний механізм забезпечення охорони атмосферного повітря полягає у лімітуванні, економічному заохоченні і стимулюванні охорони атмосферного повітря.

Підприємства, залежно від маси, виду та складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу поділяються на 4 категорії небезпечності. Це дозволяє, визначити розмір санітарно-захисних зон від джерел забруднень до житлових районів, забезпечити контроль за ступенем забрудненості атмосферного повітря, здійснювати облік викидів забруднюючих речовин в атмосферу та її захист. В свою чергу, речовини, які забруднюють атмосферу класифікують за агрегатним станом та кількістю викидів згідно ГОСТ 17.2.1.01-76.

Нормування якості повітря та нормування антропогенного навантаження на повітряне середовище проводиться у відповідності із Законом України “Про охорону атмосферного повітря”[17].

Науковою основою нормування якості атмосферного повітря є гігієнічні нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Нормування антропогенного навантаження на повітряне середовище забезпечується встановленням гранично допустимих викидів (ГДВ) для речовин, що забруднюють атмосферу, визначення категорії небезпечності промислових підприємств по впливу на стан повітря і встановлення санітарно-захисних зон, проведення інвентаризації викидів в атмосферу. В основі встановлення величин гранично допустимих викидів (ГДВ) лежать ГДК норми. ГДВ порівняно з ГДК вважаються другорядними. Там, де їх дотримання потребує істотних капіталовкладень, як правило, застосовують нормативи тимчасово узгоджених викидів (ТУВ).

Розрахунок впливу стаціонарних джерел забруднення атмосфери проводиться згідно з методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86) або за Збірником методик розрахунку концентраційних викидів в атмосферу забруднювальних речовин різними виробництвами. ГДВ для кожного стаціонарного джерела (ГОСТ 17.2.3.02-78) встановлюється із умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела сумісно з фоновим забрудненням не створять в приземному шарі концентрацію, яка перевищує ГДК[16].

З врахуванням всіх аспектів антропогенного впливу на стан повітря, в тому числі і підсилення впливу природними факторами, і здійснюють заходи по захисту атмосферного повітря. При дотриманні всіх вимог, щодо охорони повітряного басейну можливе збереження і покращення стану атмосферного повітря.

5.2 Загальна характеристика силікатів, хроматів, ванадатів та нітритів.

Для електроіскрової механічної обробки сталі широко застосовуються тенологічні рідини, до складу яких водять синергічні композиції інгібіторів корозії і синергічні суміші поверхнево активних речовин. За результатами досліджень високу ефективність показали композиції інгібіторів оксидної пасивації – нітрит натрію і сольової пасивації – силікат натрію, які забезпечують 100% захист сталі від корозії в нейтральних водно-сольових середовищах.

5.2.1. Силікати

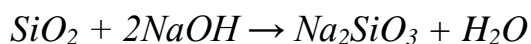
Загалом це порошок білого кольору, що складається з безбарвних кристалів орторомбічної сингонії, без запаху. Активно поглинає з повітря вологу і вуглекислоту. При кімнатній температурі розчиняється в воді, утворюючи кристалогідрати з п'ятьма, дев'ятьма або десятьма молекулами води (в залежності від оточуючих умов). У гарячій воді і при сильному нагріванні розкладається. Водний розчин має лужне середовище, тому що гідроліз йде по аніону [85].

Сполука взаємодіє з кислотами і лугами, вуглекислим газом. Водний розчин взаємодіє з кислотами з утворенням кремнієвої кислоти, в гарячій воді йде лужний гідроліз. Деполімеризація силікатів протікає з активним виділенням SiO_2 .

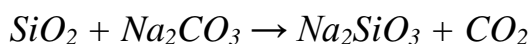
У природі силікати натрію можна отримати з порід з високим вмістом глини, шепотів з польовим походженням, природного слюди і т.д.

Штучні джерела отримання силікату натрію [87]:

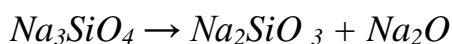
- сплавленням діоксиду кремнію з їдким натром:



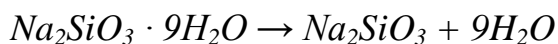
- сплавленням діоксиду кремнію з карбонатом натрію:



- розкладанням ортосилікату натрію:



- нагріванням кристалогідрату:



Силікат натрію знайшов широке застосування в багатьох галузях промисловості. Його використовують в якості компоненту шихти для виробництва скла, наповнювача в складі полегшених цементних розчинів для цементування свердловин, при виробництві жаростійких і кислототривких бетонів. Що стосується хімічної промисловості, то метасилікат натрію використовують у виробництві миючих і очищувальних засобів, засобів побутової хімії (пральний порошок Henkel). Також він широко застосовується в нафтовидобутку (як коагулянт при випуску регенеруючої оливи) і текстильної промисловості, металургії, машинобудуванні. Силікат натрію використовують як інгібітори корозії, для дезінфекції приміщень, білизни, посуду, сантехніки. Що цікаво, силікати є одним з компонентів дорогоцінного каміння (смарагду, топазу, аквамарину). Їх використовують для протипожежного просочення дерева (обробка декорацій), сумішшю тирси та силікату заповнюють проміжок між стінками сейфів. Широко відомі склеювальні властивості силікату.

Силікат натрію також використовують в харчовій промисловості. Харчова добавка E550 застосовується для запобігання злежуванню та грудкуванню харчових продуктів при виготовленні хлібопекарських виробів, сухого молока, цукрового піску і інших порошкоподібних продуктів та харчової сировини [20,18].

Фахівці ряду держав знайшли докази можливої шкоди харчової добавки E550. З цієї причини зараз у деяких країнах заборонено застосовувати силікат натрію в якості харчової добавки.

5.2.2. Нітрити

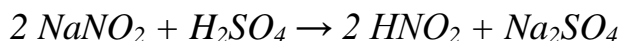
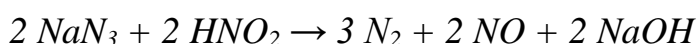
Нітрит натрію (натрій азотисто-кислий), — NaNO_2 , використовується як поліпшувач забарвлення і консервант у харчовій промисловості у виробках з м'яса та риби. Харчова добавка E250.

Очищений нітрит натрію являє собою білий або злегка жовтуватий кристалічний порошок. Добре розчинний у воді і гігроскопічний. Чистий нітрит натрію не гігроскопічний. На повітрі повільно доокиснюється до нітрату натрію NaNO_3 . Є сильним відновником [87].

Нітрит натрію NaNO_2 - сіль азотистої кислоти, отримується зазвичай з оксидів азоту за реакцією [88]:



В лабораторних умовах нітрит натрію також використовується для деактивації надлишку азиду натрію:



Нітрит натрію в хімічних реакціях виявляє окислювально-відновну подвійність, відновлюючись до оксиду азоту (II) або окислюючись до нітрату.

Нітрит натрію є загально-отруйною токсичною речовиною, у тому числі і для ссавців (50 відсотків щурів гинуть при дозі в 180 міліграмів на кілограм ваги).

Як харчова добавка застосовується в харчовій промисловості в двох цілях: як антиокиснювач, що забезпечує виробам з м'яса і риби «природний колір», і як антибактеріальний агент, що перешкоджає росту *Clostridium botulinum* — збудника ботулізму, — важкої харчової інтоксикації, спричиненої ботулінічним токсином і характеризується ураженням нервової системи. В Євросоюзі може застосовуватися тільки як добавка до солі не більше 0,6 %.

Нітрит натрію у вигляді порошку або водного розчину використовується, як протиморозна добавка до бетонів у виробництві

будівельних матеріалів і конструкцій, як інгібітор атмосферної корозії, в органічному синтезі і для інших цілей в хімічній, металургійній, медичній, целюлозно-паперовій та інших галузях промисловості [19].

Він також використовується при виробництві діазо-барвників, нітросполук та інших органічних сполук. Використовується в фарбуванні трафаретним і прямим (прямого друку) методом текстилю з натуральних і вибілених натуральних волокон.

Нітрит натрію застосовують при обробці поверхні металу при фосфатуванні і для зняття шару олова, у виробництві каучуків, для приготування розчину газогенеруючих добавок у виробництві вибухових речовин [82, 87, 88].

Нітрит натрію також використовується в медицині та ветеринарії, як судинорозширювальний, бронхолітичний (розширює бронхи) засіб, знімає спазми кишечника, використовується як проносне, а також як антидот при отруєнні ціанідами.

5.2. Токсична дія силікату натрію.

Силікат натрію – відомий в теплоенергетиці інгібітор корозії. Інгібуюча дія силікату натрію визначається формуванням на поверхні металу захисної плівки, що складається з магнетиту та феросилікату FeSiO_3 . Застосування цього інгібітору має певні обмеження. Зокрема, гранично допустима концентрація силікату в питній воді складає 40 мг/кг по SiO_2 (50мг/кг по SiO_3^{2-}).

Технічний силікат натрію відноситься до III класу небезпеки згідно ГОСТ 12.1.007-76, помірно небезпечний по дії на організм людини. Має лужні властивості та подразнювальну дію на слизову оболонку верхніх дихальних шляхів, очей та шкірні покриви різної інтенсивності, навіть до опіків. Має сенсibiliзуючу дію. Є небезпечним для навколишнього середовища, особливо для водних об'єктів [18].

Щодо заходів безпеки, то при роботі з речовиною необхідно уникати вдихання аерозолі. Використовувати засоби захисту органів дихання, шкіри та очей. Після роботи з силікатом натрію необхідно ретельно вимити руки.

У випадку потрапляння речовини в очі або на шкіру необхідно миттєво обережно промити водою на протязі кількох хвилин, за необхідності звернутись по медичну допомогу. Також можна видалити речовину за допомогою ватного тампону, змоченого слабким розчином оцтової кислоти.

При проковтуванні необхідно ополоснути ротову порожнину, пити багато води, рекомендують використовувати активоване вугілля, а також сольове проносне у вигляді сульфату натрію. Блювоту не викликати.

Приміщення, в яких проводяться роботи з продукцією, повинні бути обладнані загальною припливно-витяжною та загальною вентиляцією. Обладнання повинно бути герметичним. Слід дотримуватись вимог техніки безпеки, заходи пожежної безпеки, застосовувати засоби індивідуального захисту, виконувати правила виробничої та індивідуальної гігієни [82, 87].

У випадку витоку, розливу продукції необхідно оповістити органи держсанепідемслужби. Невеликі розливи засипати піском чи іншим інертним матеріалом, зібрати в окрему тару та направити для ліквідації в спеціально відведені місця. Великі розливи, особливо поблизу водойм, необхідно обгородити земляним насипом, перешкоджаючи потраплянню продукції у водоносні горизонти, джерела водопостачання та інші важливі об'єкти господарської діяльності.

5.3. Токсична дія нітриту натрію.

Речовина відноситься до 3-го класу небезпеки (за ГОСТ 12.1.007-76), токсичний, має гостро-направлену дію. При розкладанні виділяє оксиди азоту. Вогнебезпечний, сприяє самозайманню горючих матеріалів (може супроводжуватися вибухом), окиснювач. Допустима концентрація в перерахунку на NO_2 в повітрі робочої зони виробничих приміщень – 5 мг/м^3 при розпиленні

Контроль повітря робочої зони здійснюється за ГОСТ 12.1.014-84.

Технічний нітрит натрію отруйний, сприяє самозайманню горючих матеріалів. Взаємодія технічного нітриту натрію з горючими матеріалами може супроводжуватися вибухом.

Технічний нітрит натрію діє на судинну систему і змінює склад крові. При тривалому контакті технічний нітрит натрію вражає шкіру і може викликати набряки рук і ніг.

Виробниче приміщення і лабораторії, в яких проводяться роботи з технічним нітритом натрію мають бути оснащені припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує стан повітряного середовища у відповідності з гранично допустимою концентрацією, а в місцях можливого виділення пилу має бути місцева витяжна вентиляція [37].

Працювати з технічним нітритом натрію необхідно в спеціальному одязі, взутті і у засобах захисту рук (згідно ГОСТ 12.4.103-83) та в захисних окулярах.

Слід враховувати, що нітрит і силікат ми використовуємо в розчинах технологічних рідин, а не при розпиленні, тому концентрація цих складових може бути більшою. 0,69 г/л, і силікату 4,24 г/л.

5.4. Заходи з безпеки для навколишнього середовища.

Серед глобальних проблем сучасності одними з найбільш актуальних безумовно є екологічні проблеми, від невідкладного вирішення яких залежить подальше життя та здоров'я людини. На сьогодні людство вже чітко усвідомило необхідність дбайливого поводження з навколишнім середовищем.

Позитивне вирішення екологічних проблем, насамперед, залежить від впровадження дієвих механізмів правового регулювання екологічних правовідносин, які виникають і функціонують в різних сферах життєдіяльності людини [20].

Нормативи (нормативні матеріали) — це комплекс довідкової інформації, необхідної для визначення норм збереження і поліпшення якості навколишнього середовища та охорони здоров'я людини, оптимізації негативного впливу антропогенного навантаження на природне середовище. Один з різновидів нормативів – це гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у навколишньому середовищі (ГДК).

ГДК - гранично допустимі концентрації це нормативи, які встановлюють концентрації шкідливої речовини в одиниці об'єму (повітря або води), маси (харчових продуктів, фунту) або поверхні (грунту, шкіра працюючих), які при впливі за визначений проміжок часу практично не впливають на здоров'я людини і не викликають несприятливих наслідків у його нащадків; в більш узагальненому вигляді: ГДК - це кількість шкідливої речовини в тому або іншому природному середовищі (воді, повітрі, ґрунті), віднесена до маси або об'єму конкретного компонента, яка при постійному контакті або впливі в певний проміжок часу практично не здійснює впливу на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків у її потомства [15].

В даній роботі для зменшення впливу хімічних сполук, таких як силікат натрію, хромат натрію, ванадат натрію та нітрит натрію, на навколишнє середовище, необхідно використовувати кількості речовин, що не перевищують їх ГДК.

5.5. Висновки до Розділу 5

Розроблені добавки, що будуть застосовуватись у складі технологічної рідини має ряд переваг, порівняно з попередніми розробками. Найбільшою перевагою є їх порівняна безпечність, адже у складі кожної з добавок присутні дві солі, що у малих концентраціях абсолютно безпечні для людини та для навколишнього середовища. Так, наприклад, силікат натрію взагалі застосовується для очистки стічних вод. Раніше були розроблені добавки, що

містили гексаметилендіамін, що мають суттєвий вплив на екологію та виражену токсичність.

Досягнувши задовільних результатів, як за екологічними показниками, так і за економічними, адже застосування нових добавок скорочує витрати на утримання та експлуатацію обладнання, а також ціна самої сировини є значно меншою, що є суттєвою перевагою.

Очищення спрацьованої технологічної рідини при застосуванні нової добавки не потребує значних витрат та складної апаратури. Отже, розроблені нами добавки є на наш час екологічно і економічно доцільними, а їх застосування у промисловості є справою часу, адже вони мають низку переваг, порівняно з попередніми розробками.

ВИСНОВКИ

1. Електрохімічною корозія, це такий вид корозії що відбувається на катодній та анодній ділянках, між якими перебігає електричний струм,.
2. Інгібітори застосовують для гальмування швидкості корозійних процесів, що перебігають в агресивних середовищах; механізм дії полягає в утворенні щільних та стійких пасивуючих плівок на поверхні металу.
3. Синергічні композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації забезпечують ефективний протикорозійний захист сталі в нейтральних водно-сольових середовищах.
4. Для протикорозійного захисту сталі 08 кп і сталі ст20 за методом ізомолярних серій були встановлені екстремуми ефективності синергічних композицій інгібіторів на основі нітриту і силікату за співвідношенням молярних концентрацій складових як 1:2.
5. За підвищених температур ефективність протикорозійного захисту синергічної композиції на основі інгібіторів оксидної і сольової пасивації зберігається на високому рівні ($\eta = 99,8\%$) і положення екстремуму не змінюється порівняно з масометричними дослідженнями за температури 20 °С.
- 6 Дослідження електрохімічної поведінки сталі Ст 20 в нейтральних водно-сольових розчинах в присутності синергічної композиції на основі нітриту і силікату показали ефективну пасивацію поверхні сталі, що підтверджується областю пасивації в широкому діапазоні потенціалів (1,1В) і мінімальними значеннями густини струму повної пасивації 1- 7 мкА/см².
- 7 Показано, що розроблена синергічна композиція на основі нітриту і силікату забезпечує ефективну пасивацію, як сталі 08 кп, так і сталі Ст 20,

що розширює можливості її використання для створення повного захисту металів від корозійних процесів.

8. Результати досліджень показали, що залежність ефективності сумішей від співвідношення кількостей складових характеризується наявністю синергічних максимумів, де досягається максимальний рівень впливу добавок на електрохімічну поведінку сталі та її захист від корозії. Це пропонується враховувати при напрямленому створенні та застосуванні ефективних інгібіторних засобів захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов М.: Металлургия, 1976. — 472
2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии / И.Л. Розенфельд. – М.: Химия, 1977. – 352 с.
3. Ледовских В.М. Сингертическое ингибирование коррозии стали в нейтральной среде композициями азотных органических оснований с нитритом натрия//Защита металлов. - 1983. - Т. X. - С. 84-90.
4. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии метал лов Киев: Техніка, 1981. — 183 с
5. 15. Феттер К. Электрохимическая кинетика. Пер. с нем. Под ред. Я.М. Колотиркина. - М.: Химия, 1967. – 856 с.
6. Розенфельд И.Л. Замедлители коррозии в нейтральных средах. – М.: изд. АН СССР, 1953. – 248с.
7. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: изд. АН СССР, 1959. – 522 с.
8. Розенфельд И.Л. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. - М.: Химия, 1987. – 222 с.
9. . Новаковский В.М., Лихачев Ю.А. // Защита металлов. – 1965. – Т. 1, № 1. – С. 13.
- 10.Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов—М.: Металлургия, 1970 – 448 с.
- 11.Погребова И.С. Эффект синергизма при ингибировании коррозии металлов / И.С. Погребова. – Киев: Об-во «Знание»,1980. – 32 с.
12. Григорьев В. П., Экилик В. В., Химическая структура и защитное действие ингибиторов коррозии, Ростов-н/Д., 1978;
- 13.Ледовских В.М, Левченко С.В. Термодинамічний аспект розроблення інгібіторних методів захисту сталі від корозії у водно-солевих середовищах. – Вісник НАУ, 2008. – №4 – 126-131 с.

14. Биркгоф Г., Сарантонелло Э., Струи, следы и каверны. пер. с англ. М.: Мир, 1964. – 466 с.
15. Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред. проф. В.В.Березуцького. – Х.: Факт, 2005. – 480 с.
16. Екологічне законодавство України: Зб. нормативних актів. – К.: Юрінком Інтер, 2001. – 294 с.
17. Екологія і закон: Екологічне законодавство України. У 2-х кн./Відповід. редактор В.І.Андрейцев.-К.: Юрінком Інтер, 1997.– кн. І. – 704 с., кн. 2. – 576 с.
18. Деркач Ф. А. Хімія. – Львів : Львівський університет, 1968. – 312 с.
19. Краткая химическая энциклопедия / Отв. ред. И. Л. Кнунянц. – М.: Советская энциклопедия, 1961. – Т. 1. А–Е. – 1182 с.
20. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Навч. посібник. – 3-є вид. – К.: Т-во «Знання», КОО – 2004. – 309 с.
21. Ледовских В.М. О влиянии пространственного строения моно- и полифункциональных органических веществ на их ингибирующие свойства // Защита металлов., 1982. – Т. 18. – №4. – 629-632 с.
22. Сиза О. Використання продуктів переробки рослинної сировини у протикорозійному захисті / О. Сиза, О. Корольов, О. Савченко, С. Гаценко // ФХММ., 2007. – № 6. – 208-213 с.
23. Гонтар Н.І. Створення стабілізаційних добавок для водооборотних систем охолодження з використанням промислових відходів: дис.канд. техн. наук: 21.06.01 / Н.І. Гонтар – К., 2008. – 199 с.
24. Жарский М.И. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования: учеб.пособие. – Минск.: Высш. Шк., 2012. – 303 с.
25. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов (локальные коррозионные процессы). – М.: Metallurgiya, 1970. – 448 с.
26. Антропов Л.И., Погребова И.С. // Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии. – М.: ВИНТИ, 1973. – Т.2. – С. 27.

27. Сухотин А.М. Пассивность и коррозия металлов: Сборник статей. – Л.: Химия, 1971. – 206 с.
28. Розенфельд И.Л., Маршаков И.К. Ингибиторы коррозии. – М.: ВЦСПС профиздат, 1957. – 159 с.
29. Сухотин А.М. Коррозия и защита химической аппаратуры: Справочное руководство. Т. 9. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность - Л.: Химия, 1974. – 576 с.
30. Донченко М. Пасивуюча обробка заліза та маловуглецевої сталі для тимчасового захисту від атмосферної корозії/ М.Донченко, С.Фроленкова, Н.Білоусова, О.Срібна // Фіз.-хім. Механіка матеріалів, 2007. – №6. – 124-129 с.
31. Антрапцева Н.М. Дифосфаты марганца и цинка как ингибиторы коррозии для водооборотных систем охлаждения / Н.М. Антрапцева, И.Г. Пономарева, Н.В. Ткачева, Л.А. Бондарь // СОК, 2007. – №2. – 36-38 с.
32. Brasher D. // Nature. – 1962. – v. – 193.- № 4818. – 868 p.
33. Томашов Н.Д., Альтовський Р.М.:Сб.: «Коррозия металлов и сплавов». М., Metallurgizdat, 1963. – 141 с.
34. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. — М.: Машиностроение, 1989. — 640 с.
35. Інгібувальна дія біогенних поверхнево-активних речовин у корозивних середовищах / В. І. Похмурський, О. В. Карпенко, І. М. Зінь, М. Б. Тимусь, Г. Г. Веселівська // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2014. - Т. 50, № 3. - С. 122-127.
36. Алімов В.І., Дурягіна З.А. Корозія та захист металів від корозії. Донецьк – Львів: ТОВ «Східний видівничий дім», 2012. – 328 с.
37. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія. У 2-х ч. Ч.ІІ. – К.: «Педагогічна преса», 2002.

38. Погребова И.С. Механизм действия комбинированных ингибиторов коррозии на основе смесей органических соединений и ионов металлов / И.С. Погребова // Украинский химический журнал, 1982. – №12 (Т.48). – 1275-1280
39. Анतिकоррозионная защита / Козлов Д.Ю. – Екатеринбург: ООО «ИД «Оригами», 2013. – 343 с.
40. Мальцева Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии: учеб. пособие / Г.Н. Мальцева; под ред. С. Н. Виноградова. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. – 187-190 с.
41. Улиг Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: пер. с англ. / Г. Г. Улиг, Р. Ревы; под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456с.
42. Кузнецов Ю.И. Современное состояние теории ингибирования коррозии металлов / Ю.И. Кузнецов // Защита металлов, 2002. – Т.38. – №2 – 122-131 с.
43. Толлок А. Коррозионно-электрохимическое поведение Ст.3 в сетевой воде отопительных систем в присутствии НТМФ / А. Толлок, Г. Татарченко, Н. Топорко // ФХММ., 2007. – № 6. – 219-223 с.
44. Черевацкая О.М. Чувилова В.А. Влияние смесей анодных ингибиторов на электродные потенциалы сталей / О.М. Черевацкая, В.А. Чувилова // Известия вузов. Чёрная металлургия, 1962. – №7 – с 151.
45. Єшлер Б. В. Труды 2-й конференции по коррозии металлов, т. II, М., Изд-во АН СССР, 1943, стр. 52.
46. Розенфельд И.Л., Фролова Л.В., Тавадзе Н.Н Синергический эффект при защите стали от коррозии неорганическими ингибиторами в нейтральных электролитах. – Защита металлов, 1980, т. XVI, №2, с. 133-136.
47. Миндюк А.К., Савицкая О.П., Гопаненко А.Н., Юркив О.Н. Физико-химическая механика материалов, 1975, №2, с.65.