

УДК 66(075.8)

Рецензенти:

Крикунова Валентина Юхимівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету

Шинкаренко Валентин Іванович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка.

Криворучко А.В. Хімічна технологія. Лабораторний практикум. [Електронний ресурс]: навчальний посібник / А.В. Криворучко – Полтава, 2023. – 63 с.

У навчальному посібнику дано детальну розробку лабораторних занять. Підготовлено питання для самоконтролю, вказівки до виконання лабораторних робіт, контрольні питання до лабораторної роботи, завдання для самостійної роботи.

Навчальний посібник призначений для студентів предметної спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія) та 102 Хімія закладів вищої освіти.

ВСТУП

Дисципліна «Хімічна технологія» має важливе значення у підготовці студентів спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія), оскільки є необхідною для більш глибокого розуміння теоретичних основ хімії, а також формування умінь і навичок застосування дослідницьких методів у різноманітній науковій тематиці.

Лабораторні роботи, які пропонуються, дозволяють ознайомитися з роллю хімічної технології в господарстві; сприяють вивченню схем хіміко-технологічних процесів, типових виробничих реакторів, схем автоматичного контролю і регулювання виробничих процесів, взаємозв'язку технологічної схеми, конструкції хімічної апаратури та термодинамічно-кінетичних параметрів процесів, що лежать в основі даного хіміко-технологічного виробництва, навичками проведення лабораторних дослідів, виконуючи які, студенти удосконалюють дослідницькі вміння.

Кожне лабораторне заняття поділяється на три частини:

I. Теоретична частина передбачає підготовку до заняття за теоретичними питаннями для самоконтролю. Ступінь підготовленості до заняття студент повинен перевірити, відповівши на запитання для самоконтролю, подані до кожної теми.

II. Лабораторна частина базується на належній домашній підготовці до заняття і вивченні методики проведення дослідів, а також включає проведення дослідів, їх аналіз та узагальнення результатів.

До виконання лабораторної роботи студенти допускаються після співбесіди з викладачем, яку проводять з метою виявлення знань студентів з теорії методів і методики виконання аналізів та наявності підготовленого протоколу лабораторної роботи. Протокол кожного лабораторного заняття має містити такі дані:

- номер і тема роботи;
- дата проведення заняття;
- мета роботи;
- стислий конспект теоретичної частини;
- суть методу аналізу, що вивчається та умови його проведення (точність зважування, необхідна температура, додаткові розрахунки, допустимі розходження між паралельними визначеннями та інше);
- результати спостережень (оформлення переважно у вигляді таблиць);
- необхідні формули та пояснення прийнятих умовних позначень;
- необхідні розрахунки (або статистичне опрацювання);
- аналіз одержаних даних та висновки.

Кожний студент виконує роботу самостійно або в групі. Виконана робота зараховується викладачем наприкінці заняття (або у позааудиторний час до наступного заняття) після того, як студентом виконані усі необхідні розрахунки, зроблено висновки і захищено подані матеріали. Ступінь опанування лабораторної роботи студент повинен перевірити, відповівши на

контрольні питання до лабораторної роботи.

III Завдання для самостійної роботи. Самостійна робота є основним засобом оволодіння здобувачем навчального матеріалу у вільний від обов'язкових занять час. Обов'язкова самостійна робота студента включає:

- самопідготовку до лекційних та лабораторних занять;
- опрацювання нового та повторення раніше вивченого теоретичного матеріалу;
- виконання завдань для самостійної роботи: доповіді, створення матеріалів презентацій, проведення типових розрахунків за даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язування задач, письмові відповіді на запитання;
- підготовку до усного опитування або тестування;
- підготовку до екзамену.
- самостійне вивчення з рекомендованого переліку додаткових теоретичних питань, нерозглянутих на лекціях;
- розв'язування додаткових задач за тематикою лабораторних занять;
- аналіз наукової публікації за визначеною викладачем темою;
- аналіз наукових матеріалів по заданій темі зі складанням схем та моделей на підставі отриманих результатів;

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль разом із навчальним матеріалом, який було опрацьовано під час проведення навчальних занять. Загальна кількість годин самостійної роботи, яка надається студенту для засвоєння навчального матеріалу дисципліни, становить 84 години.

Самостійна робота

Назва теми
Тема 1. Хімічне виробництво. Хімічна сировина і енергія.
Тема 2. Хіміко-технологічний процес.
Тема 3. Виробництво сульфатної кислоти.
Тема 4. Виробництво амоніаку і нітратної кислоти.
Тема 5. Виробництво мінеральних добрив.
Тема 6. Силікатні вироби.
Тема 7. Чорна і кольорова металургія.
Тема 8. Хімічне паливо.
Тема 9. Промисловий органічний синтез.
Виконання ІНДЗ

ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Під час роботи в лабораторії треба бути особливо уважним, акуратним і обережним, оскільки в дослідах використовується різний хімічний посуд, реактиви та обладнання. Студенти повинні дотримуватись вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної профілактики. У разі їх недотримання студенти несуть дисциплінарну відповідальність.

Перед початком лабораторних робіт студенти проходять інструктаж з техніки безпеки, який оформлюється у спеціальному журналі. Крім того, під час кожної роботи вони одержують усний інструктаж від викладача (лаборанта). Працювати в лабораторії студенти повинні на постійному робочому місті в халатах, застебнутих на всі гудзики. Волосся має бути підібране під косинку чи шапочку.

Проведення дослідів у брудному лабораторному посуді забороняється. Мити посуд потрібно відразу після виконання дослідів. Кожен студент повинен пам'ятати, що більшість хімічних речовин та реактивів отруйні, і невиконання правил роботи з ними наносить шкоду здоров'ю. Тому під час роботи з хімічними реактивами необхідно дотримуватись обережності, уникати потрапляння цих речовин на руки, не торкатися ними обличчя та очей, після роботи слід ретельно мити руки.

Хімічні реактиви не можна пробувати на смак. Реактиви для дослідів слід брати лише в тих кількостях, які зазначені в методиці. Усі речовини слід нюхати дуже обережно, не нахилиючись над посудиною та не вдихаючи на повні груди, а спрямовуючи до себе пари чи газу рухом руки. Не слід нахилитися над посудом, в якому щось кипить чи в котрий наливається рідина, оскільки бризки можуть потрапити в очі. Під час нагрівання розчинів у пробірці слід користуватися дерев'яним тримачем, уважно стежити за тим, щоб отвір пробірки чи колби був спрямований у бік від усіх працюючих, оскільки існує загроза викиду рідини з посудини внаслідок перегріву та потрапляння її на обличчя та руки. Коли необхідно перенести посуд з гарячою рідиною треба користуватися рушником, посудину тримати обома руками: однією – за дно, другою – за горловину. Великі хімічні стакани з рідиною потрібно піднімати лише двома руками так, щоб відігнуті краї склянки опиралися на вказівні пальці.

Категорично забороняється нагрівати або охолоджувати будь-які розчини у герметично закритих місткостях, а також закривати колби з гарячою рідиною. Роботу з леткими речовинами (спиртом, ефіром, бензином тощо), концентрованими лугами та кислотами проводити акуратно і під витяжною шафою, не зливати їх в каналізацію без попереднього розведення. Роботу з легкозаймистими рідинами проводити у витяжній шафі та подалі від нагрівальних приладів. У разі загорання легкозаймистих рідин не гасити полум'я водою, а скористатися піском.

У дослідах з використанням електроприладів необхідно переконатися в їх справності, правильності підключення до електромережі та контуру

заземлення. Під час виконання роботи не можна переносити увімкнуті електроприлади та залишати їх без нагляду. У разі перерви в подачі електроенергії всі пристрої мають бути негайно вимкнуті.

У разі використання скляного лабораторного посуду, що легко б'ється, треба бути дуже обережним. Рештки побитого лабораторного скляного посуду слід ретельно замести у спеціальний збірник. Сировину чи напівфабрикати, у які могли потрапити скляні уламки, необхідно викинути у спеціальний збірник. Категорично забороняється приймати їжу в лабораторії.

Після закінчення роботи в лабораторії необхідно вимкнути всі електроприлади, якими користувалися, витягну шафу, воду, прибрати свої робочі місця та здати їх черговому, а черговий – лаборанту або викладачу. Обов'язково ретельно вимити руки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ТЕМА. ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ. СПОСОБИ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ.

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини, визначити основні хіміко-технологічні процеси, що при цьому використовуються. Визначити місце води у процесах підготовки, використання та переробки сировини. Навчитися визначати основні параметри якості води в залежності від використання в промисловості, встановлювати методи очистки води після використання підприємствами.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Поняття хімічної технології: технологія, хімічна технологія, механічна технологія, сировина, напівпродукти, операція.
2. Сировина та методи її переробки. Методи збагачення сировини.
3. Коефіцієнт використання та ступінь перетворення сировини.
4. Вихід продукту та селективність.
5. Вода та її технічні показники. Твердість води.
6. Методи очистки води. Очистка стічних вод. Боротьба з утворенням накипу.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА

ВОДА. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ.

Контрольні питання до лабораторної роботи:

1. На які види за походженням поділяється вода та наведіть її короткі характеристики?
2. Якими показниками визначається якість води?
3. Як якість води може вплинути на ХТП?
4. Які стадії охоплює промислова підготовка води?
5. Що таке твердість води?
6. Як очищують воду на стадіях підготовки то ХТП?
7. Які є хімічні методи очистки води?
8. Які є фізичні методи очистки води?
9. Як очищують питну воду?
10. Що таке первапорація?

Короткі теоретичні відомості.

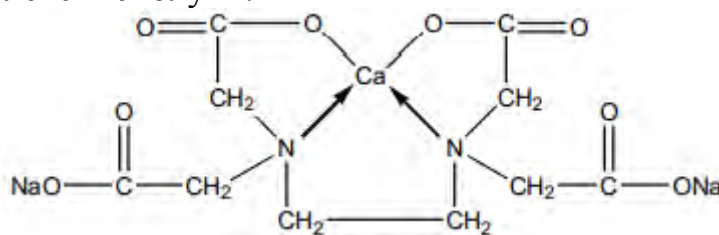
Вода. Визначення технічних показників води. Твердість води залежить від вмісту в ній солей Кальцію і Магнію. Тверда вода непридатна для використання в парових котлах і для інших технологічних потреб. Розрізняють тимчасову (карбонатну) і постійну твердість води. Тимчасова твердість зумовлена присутністю у воді кальцій та магній гідрогенкарбонатів і її можна усунути кип'ятінням:



Постійна твердість обумовлена наявністю у воді кальцій і магній сульфатів, хлоридів і нітратів, вона не усувається при кип'ятінні. Сума тимчасової і постійної твердості дає загальну твердість. Твердість води у відповідності зі стандартом виражається в *ммоль-екв/л*. Твердість води рівна 1 *ммоль-екв/л* якщо в 1 л води міститься 20,04 мг іонів Ca^{2+} або 12,16 мг іонів Mg^{2+} .

У природних водах перше місце серед аніонів займають хлорид-йони. Вміст їх досягає до тисячі і більше міліграмів в 1 л. Особливо багато хлоридів у побутових стічних водах та стічних водах деяких виробництв. Різде збільшення концентрації хлорид-йонів у воді вказує на забруднення водоймищ стічними водами. При вмісті хлоридів більше 300 мг/л вода набуває солонувато-гіркою присмаку. Хлориди посилюють корозію заліза у воді завдяки утворенню добре розчинного ферум (II) хлориду. У воді присутні карбон (IV) оксид, гідрогенсульфід, сульфур (IV) оксид і кисень. Це шкідливі корозійно здатні гази, тому воду аналізують на їх вміст.

Загальну твердість води визначають методом комплексонометричного титрування, що базується на утворенні міцної сполуки трилону Б з йонами кальцію та магнію. Титрування води проводять в присутності індикаторів-хромогенів у слаболужному середовищі, яке створюють буферним розчином NH_4OH та NH_4Cl (аміачна суміш). При цьому йони Ca^{2+} і Mg^{2+} зв'язуються трилоном Б у комплексні сполуки:



Зміна забарвлення індикатора з червоно-фіолетового на синьо-фіолетовий вказує на повне зв'язування у воді трилоном Б йонів кальцію та магнію.

Визначення хлорид-йонів у воді. Метод базується на осадженні хлорид-йонів в нейтральному або слабо-лужному середовищі аргентум (I) нітратом в присутності калій дихромату як індикатора. Зміна забарвлення індикатора від лимонно-жовтого до оранжево-жовтого свідчить про виділення аргентум (I) хлориду і утворення аргентум (I) хромату. Титрування рекомендується проводити в присутності “свідків” – недотитрованої і перетитрованої проби.

Пом'якшення води хімічними методами. Хімічні методи полягають у здатності розчинних солей кальцію та магнію і феруму переходити в малорозчинні або нерозчинні сполуки при дії певних реагентів. При обробці води кальцій гідроксидом (вапняковий метод) або натрій гідроксидом (натронний метод) усувається карбонатна твердість, а також відбувається зв'язування вуглекислого газу.

Содовий метод усуває лише постійну твердість і сприяє зв'язуванню вуглекислого газу. Через що широко використовується комбінований метод (вапняково-содовий), який забезпечує усунення тимчасової та постійної

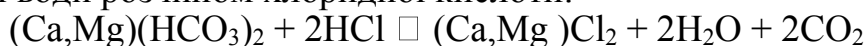
твердості. Але цим способом можливо проводити лише грубе пом'якшення. Більш повне осадження йонів кальцію та магнію досягають при фосфатному методі, при додаванні до води натрій фосфату. Виконання роботи. Провести розрахунок реагентів, які потрібно використати для пом'якшення, на основі попереднього хімічного аналізу. Відміряти відповідні об'єми розчинів натрій карбонату, кальцій гідроксиду та натрій фосфату, необхідних для пом'якшення. Додати до певного об'єму води необхідну кількість реагентів, провести фільтрацію води від осаду. Визначити загальну і тимчасову твердість води після пом'якшення.

Мета роботи: 1. Ознайомитися з методами хімічного аналізу природної води і способами її очистки. 2. Визначити загальну і тимчасову твердість води, вміст у воді хлорид-йонів та карбон (IV) оксиду.

Реактиви: розчин хлоридної кислоти (0,1 моль/л); індикатор метиловий-оранжевий; розчин трилону Б (0,05 моль/л); буферний розчин (аміачна суміш); 0,5%-вий розчин індикатору хромоген синій (або чорний), розчин магній сульфату (0,25 моль/л); розчин аргентум (I) нітрату (0,02 моль/л); 10%-вий розчин калій дихромату; розчин натрій гідроксиду (0,1 моль/л); 1%-вий розчин ацетату фенолфталеїну.

Обладнання: конічні колби на 250 мл; бюретка на 25 мл; циліндр на 25 мл; піпетки на 50 мл, прилад з катіонітовою та аніонітовою колонками; катіоніт КУ-1; аніоніт; склянки об'ємом 50 мл; рН-метр рН-340; електроди для вимірювання електропровідності води; прилад для вимірювання електропровідності води; мірний циліндр об'ємом 250 мл.

Дослід 1. Визначення карбонатної (тимчасової) твердості води. Карбонатну (тимчасову) твердість води (T_k) визначають титруванням проби досліджуваної води розчином хлоридної кислоти:



Виконання роботи. В конічну колбу налити 50 мл досліджуваної води і відтитрувати 0,1 н розчином хлоридної кислоти з індикатором метиловим оранжевим до появи рожевого забарвлення. Титрування повторити тричі, визначити середнє значення об'єму хлоридної кислоти, що пішла на титрування. Отримані дані записати в таблицю 1:

Номер досліду	Об'єм хлоридної кислоти, що використано на титрування, мл	Середнє значення об'єму хлоридної кислоти, що використано на титрування, мл
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Карбонатну твердість розрахувати за видозміненою формулою:

$$c_{e_1} \cdot V_1 = c_{e_2} \cdot V_2; T_k = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_k – карбонатна твердість води, *ммольекв/л*;
 V_1 – об'єм хлоридної кислоти, що пішла на титрування, *мл*;
 V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, *мл*;
 c – концентрація розчину хлоридної кислоти, *мольекв/л*.

Результати записати у таблицю 2:

V_1 , об'єм хлоридної кислоти, що пішла на титрування, <i>мл</i>	V_2 , об'єм води, взятої для аналізу, <i>мл</i>	c , концентрація розчину хлоридної кислоти, <i>моль/л</i>	T_k , карбонатна твердість води, <i>ммоль/л</i>

Дослід 2. Визначення загальної твердості води.

Виконання роботи. В конічну колбу налити 50 мл досліджуваної води, додати 3 мл буферного розчину, 3 краплини індикатору і зразу ж відтитрувати при сильному збовтуванні розчином трилону Б до зміни забарвлення в еквівалентній точці. Дослід повторити тричі.

Якщо на титрування пішло більше, ніж 5 мл розчину трилону Б, то це свідчить про те, що у взятому об'ємі води сумарний вміст йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} більше 5 *ммольекв/л*. У такому випадку визначення слід повторити, взявши менший об'єм води і довести його до 50 мл дистильованою водою, зробивши при цьому перерахунок і врахувати розведення дейонізованою водою.

Визначенню загальної твердості заважають йони Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} і високий вміст карбонатів і гідрогенкарбонатів. Нечітка зміна забарвлення в еквівалентній точці вказує на присутність йонів Cu^{2+} , Zn^{2+} . Для усунення впливу речовин, які заважають, до відміреної для титрування проби води додати 1-2 мл розчину натрій сульфіді, після чого провести титрування, як описано вище.

Якщо після додавання до води буферного розчину і індикатору проба поступово знебарвлюється, стає сірого кольору, то це вказує на присутність йонів Mn^{2+} . Тоді до проби води перед внесенням реактивів слід додати 5 краплин розчину гідроксиламіну гідрогенхлориду і далі визначити твердість.

Процес титрування затягується в часі, з нестійким і нечітким забарвленням в еквівалентній точці, що відбувається при високій лужності води. Для усунення лужності до проби води, відібраної для титрування, додати розчин хлоридної кислоти (0,1 *моль/л*) і прокип'ятити протягом 5 хв. Після цього додати буферний розчин, індикатор і визначити твердість.

Номер досліді	Об'єм трилону Б, що використано на титрування, <i>мл</i>	Середнє значення об'єму розчину трилону Б, що використано на титрування, <i>мл</i>
---------------	--	--

Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

загальну твердість води розрахувати за формулою:

$$T_z = \frac{2 \cdot V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_z – загальна твердість води, ммольекв/л;
 V_1 – об'єм трилону Б, затрачений на титрування проби, мл;
 V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, мл;
 c – концентрація розчину трилону Б, ммольекв/л.

Результати записати у таблицю 4:

V_1 , трилону Б, що використано на титрування, мл	V_2 , об'єм води, взятої для аналізу, мл	c , концентрація розчину трилону Б, ммоль/л	T_k , карбонатна твердість води, ммоль/л

Дослід 3. Визначення хлорид-йонів у воді.

Виконання роботи. У три конічні колби відміряти піпеткою по 50 мл досліджуваної води, рН якої може бути у межах 6–10. В проби додати по 0,5 мл розчину калій дихромату і відтитрувати розчином аргентум (I) нітрату до появи оранжево-жовтого забарвлення. Титрування повторити тричі. На основі отриманих результатів заповнити у таблицю 5.

Таблиця 5.

Номер досліду	Об'єм аргентум (I) нітрату, що використано на титрування, мл	Середнє значення об'єму розчину аргентум (I) нітрату, що використано на титрування, мл
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Вміст хлорид-йонів розрахувати за формулою:

$$m_{Cl^-} = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot M \cdot 1000}{V_2},$$

де, m_{Cl^-} – вміст хлорид-йону, мг/л;
 V_1 – об'єм розчину аргентум (I) нітрату, затраченого на титрування, мл;

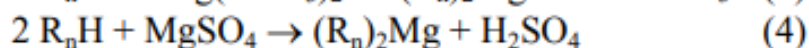
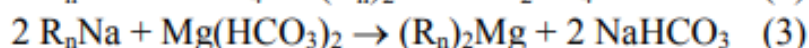
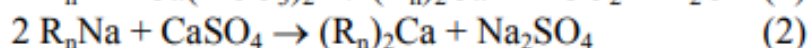
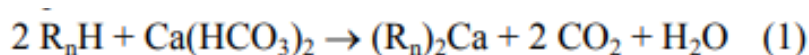
V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, *мл*;
 C – концентрація розчину аргентум (I) нітрату, *мольекв/л*;
 M – молярна маса хлорид-йонів, *г/моль*.

Результати заповнити у таблицю 6:

V_1 , об'єм розчину аргентум (I) нітрату, що використано на титрування, <i>мл</i>	V_2 , об'єм води, взятої для аналізу, <i>мл</i>	C , концентрація розчину аргентум (I) нітрату, <i>моль/л</i>	вміст хлорид-йону, <i>мг/л</i>

Дослід 4. Очистка та пом'якшення води методом йонного обміну

Суть методу йонного обміну полягає у тому, що деякі малорозчинні неорганічні та органічні речовини здатні обмінювати свої йони на катіони або аніони з розчинів. Для поглинання з води йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} використовують катіоніти-сульфовугілля або високомолекулярні сполуки (смоли), що містять активні групи з йонами H^+ , Na^+ або NH_4^+ . Процеси катіонного обміну можна схематично записати рівняннями:



де R_n - високомолекулярна сполука з активною групою.

Як видно з рівнянь (3, 4), після катіонного обміну кислотність води зростає. Тому, для зниження кислотності та повного знесолювання (дейонізації) води, після катіонітового фільтру її пропускають через аніонітовий. Кількість йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , яка поглинається певним об'ємом катіоніту, називається ємністю поглинання E і виражається у *мольекв* на $1 m^3$ іоніту. Після тривалої роботи, і повного обміну йонів H^+ або Na^+ на йони Ca^{2+} і Mg^{2+} катіоніт регенерують, тобто пропускають крізь нього розчин HCl у випадку катіоніту з водневою функцією або насичений розчин $NaCl$ при регенерації катіоніту з натрієвою функцією. При цьому відбуваються процеси, зворотні до тих, що описані рівняннями (1–4).

Мета роботи. 1. Пом'якшити водопровідну або спеціально приготовлену технічну воду з певною твердістю. 2. Визначити показники якості води: загальну твердість, кислотність та електропровідність води до та після пом'якшення.

Виконання роботи.

1. Через катіонітову колонку пропустити 250 мл води, яку необхідно пом'якшити.

2. Визначити загальну твердість вихідної непом'якшеної і пом'якшеної води, пропущеної через катіоніт. Пробу пом'якшеної води до визначення твердості нейтралізувати розчином $NaOH$ в присутності метилоранжу. Це робиться в зв'язку з тим, що при катіонному обміні середовище стає кислим і використання трилону Б неможливе.

Для визначення загальної твердості у конічну колбу об'ємом 250 мл відміряти 50 мл води, додати 3 мл амоніачного буферного розчину, 3 краплини індикатору хромогену і відтитрувати 0,05 н розчином трилону Б до переходу вишнево-червоного кольору у синьо-фіолетовий.

Загальну твердість води розрахувати за формулою:

$$T_z = \frac{V_1 \cdot c_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де T_z – загальна твердість води, ммольекв/л;
 V_1 – об'єм трилону Б, затрачений на титрування проби, мл;
 V_2 – об'єм води, взятої для аналізу, мл;
 c – концентрація розчину трилону Б, мольекв/л.

4. Відібрати пробу об'ємом 50 мл та визначити загальну твердість води за описаною методикою.

Оформлення результатів роботи. Описати методику роботи, провести відповідні розрахунки і заповнити таблицю 7.

Таблиця 7

Технічні показники якості води, пом'якшеної методом йонного обміну

	Показники якості води
Вода	Загальна твердість води, ммоль/л
Вихідна, необроблена	
Пом'якшена	

Завдання для самостійної роботи з теми «Хімічне виробництво.

Хімічна сировина і енергія»

Завдання 1. Письмово виконати вправи:

- Який об'єм карбон діоксиду потрібний для переведення в розчин 21 г магній карбонату?
- При кип'ятінні 5 л води утворився осад кальцій карбонату масою 1,25 г. Обчислити тимчасову твердість води.
- Необхідно зменшити постійну твердість води з 12 до 6 мольекв/л. Яку масу Na_2CO_3 потрібно витратити для пом'якшення 100 м³ води?
- На титрування 100 мл води витрачено 7,5 мл 0,1 н HCl. Розрахувати карбонатну твердість води.
- Розрахуйте твердість води, якщо в 1 л її міститься 0,6 г CaCl_2 .
- Розрахуйте коефіцієнт використання залізного колчедану, що містить 28% сульфуру, на 1 т 92%-вої контактної сульфатної кислоти. Виробничі витрати становлять 8%.
- Визначити вихід сульфатної кислоти, якщо для її добування було взято руду, яка містить 49% залізного колчедану, із 1 т якого добуто 0,952 т 76%-вої сульфатної кислоти.
- Скільки грамів гашеного вапна необхідно додати до 1 м³ води, щоб позбавитись тимчасової твердості, що дорівнює 2,9 ммольекв/л
- Твердість води обумовлена наявністю сульфатів кальцію та магнію. При дії на 10 л води розчином з 5,3 г соди утворилось 4,52 г кальцій та магній

карбонатів. Визначте твердість води та вміст кальцій та магній сульфатів в 10 л води.

10. Яка маса води теоретично необхідна для розчинення 100 кг технічного кальцій оксиду, який містить 5% магній оксиду і 3% домішок, що не взаємодіють з водою.

Завдання для самостійної роботи з теми «Хіміко-технологічний процес»

Завдання 1. Перегляньте відео за посиланням:

- 1) <https://youtu.be/YEhnXRmnlYM>
- 2) <https://youtu.be/2MSEpAOqgPk>

Завдання 2. Письмово виконати вправи:

1. Які процеси окиснення-відновлення перебігають на катоді і на аноді при електролізі розплаву NaCl з графітовими електродами?
2. Які окисно-відновні процеси перебігають на інертних електродах при електролізі розплаву NaOH?
3. Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину NaCl з графітовими електродами?
4. Які процеси перебігають на електродах при електролізі водного розчину K₂SO₄ з інертними електродами?
5. Через електролізер протягом 6 год проходив електричний струм силою 10 А. Скільки водню виділилося за масою та об'ємом?

Література:

1. Гончаров А. І. Хімічна технологія : в 2 ч. / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. :Вища школа, 1979-1980.
2. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університетт Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
3. Клименко Л. П. Техноекоекологія : посібник / Клименко Л. П. – Миколаїв : Вид-в МФ НаУКМА, 2000. – 304с.
4. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.
5. 3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ТЕМА. ВИРОБНИЦТВО СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ.

Мета: Ознайомити студентів із основними теоретичними положеннями хімічної технології сульфатної кислоти.

Прилади і реактиви: установка для отримання сірчаної кислоти, мідна стружка, концентрована азотна кислота, сульфід або гідросульфід натрію, концентрована сірчана кислота, 0,1н. розчин лугу, мірна колба на 250 мл, піпетка на 20-25 мл.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Використання сульфатної кислоти. Яких марок випускається сульфатна кислота?
2. Види сировини для виробництва сірчаної кислоти.
3. Наведіть основні стадії отримання сульфатної кислоти контактним способом? Напишіть рівняння реакцій синтезу сульфатної кислоти.
4. Загальна характеристика нітрозного методу.
5. Розпишіть дію каталізатора при синтезі сульфатної кислоти.
6. Проаналізуйте технологічну схему виробництва сульфатної кислоти.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА

ДОБУВАННЯ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ НІТРОЗНИМ МЕТОДОМ. ПАСИВУВАННЯ ЗАЛІЗА І ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ

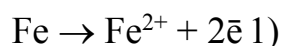
Контрольні питання до лабораторної роботи:

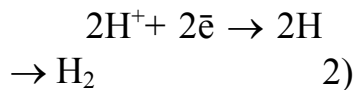
1. Сировина для виробництва сульфатної кислоти.
2. Хімізм та характер хіміко-технологічного процесу виробництва сульфатної кислоти з піриту.
3. Назвіть фактори, що впливають на швидкість хімічних реакцій.
4. Що таке інгібітори?

Короткі теоретичні відомості.

Інгібіторами корозії називаються речовини, в присутності невеликої кількості яких зменшується швидкість розчинення металів у розчинах електролітів. В залежності від типу окисника розрізняють атмосферну корозію і кислотну корозію. Тому інгібітори поділяються на два види: інгібітори атмосферної корозії та інгібітори кислотної корозії.

Інгібітори кислотної корозії використовуються для захисту сталевих виробів від агресивної дії хлоридної, сульфатної, фосфатної та інших кислот. При розчиненні ферум оксидів в кислотах на вільних ділянках металу відбувається окисно-відновний процес, який має назву корозії з водневою деполяризацією:





Шкода при корозії з водневою деполяризацією обумовлена як втратою значної кількості металу (реакція (1)), так і проникненням адсорбованого на його поверхні атомарного водню (реакція (2)) в об'єм металу, що призводить до зниження механічних властивостей виробу в результаті насичення його воднем. Тому при виборі інгібіторів кислотної корозії ставиться завдання не лише зменшити загальні втрати металу, але й захистити його від насичення воднем.

Швидкість розчинення визначається ваговим, оптичним, хімічним або іншим методом. За швидкість розчинення, що визначена ваговим методом приймається втрата маси зразка з одиниці поверхні за одиницю часу:

$$\frac{m_1 - m_2}{S \cdot t} \quad (1)$$

де m_1 – початкова маса зразку;
 m_2 – маса зразка після розчинення в кислоті;

S – площа поверхні зразка, см^2 ;

t – час процесу розчинення, год.

Швидкість розчинення металу в присутності інгібітору корозії залежить від його концентрації в розчині кислоти.

Ефективність дії інгібіторів оцінюється ступенем захисної дії Z :

$$Z = \frac{v_0 - v}{v_0} \times 100 \quad (2)$$

де v_0 – швидкість розчинення металу в розчині кислоти без інгібітору;
 v – швидкість розчинення металу в розчині кислоти з інгібітором.

Ступінь захисної дії показує наскільки повно вдалося понизити корозію завдяки використанню даного методу.

Ефективність інгібітору виражається також величиною інгібіторного ефекту:

$$= \frac{v_0}{v} \quad (3)$$

Інгібіторний ефект показує в скільки разів інгібітор зменшує швидкість корозії металу в розчині кислоти.

Робота 1. Добування сірчаної кислоти нітрозним методом.

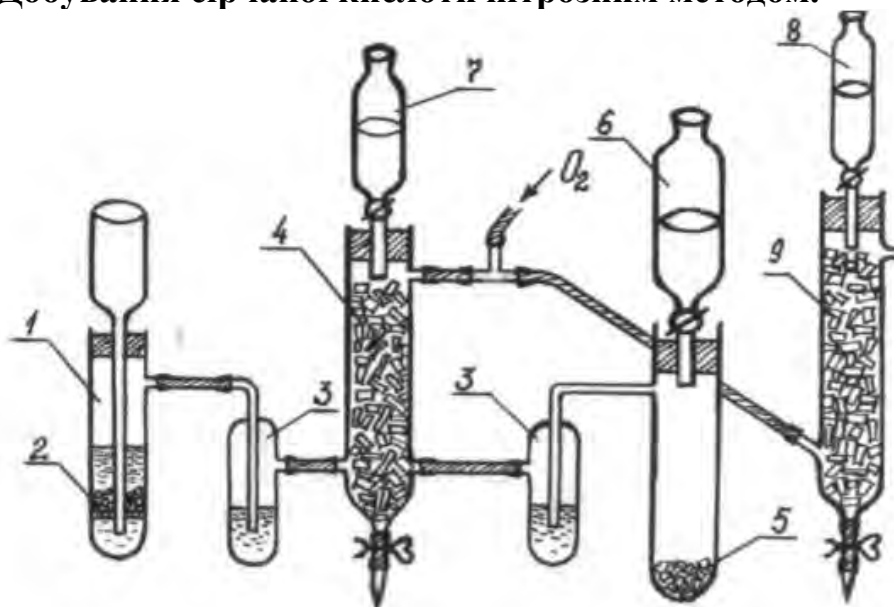


Рис. 4. Схема установки для добування сульфатної кислоти.

Виконання роботи. Отримання сірчаної кислоти нітрозним методом проводять в установці, схема якої приведена на малюнку. Нітроген (IV) оксид добувають у пробірці (1) взаємодією 7-10 мл концентрованої азотної кислоти з мідними стружками (2). Сульфур (IV) оксид отримують в іншій пробірці при взаємодії 3-5 г сульфїту чи гідросульфїту натрію (5) з надлишком розведеної сірчаної кислоти (6) взятої у кількості 15-20 мл. Доливати обидві кислоти слід невеликими порціями, найкраще краплями, щоб отримувались однакові об'єми обох газів, про що можна судити по бульбашкам, що проходять через промивалки (3) з розведеною сірчаною кислотою. Гази поступають у реактор (4), який виконує роль продукційної башти. Реактор заповнюють короткими скляними трубками, які змочують водою з ділильної лійки (7).

В результаті взаємодії сульфур оксидів, нітроген оксидів і води в реакторі утворюється сірчана кислота. Нітроген (II) оксид виходить з реактора і поступає у поглинач (9), заповнений нарізаними скляними трубками, змоченими концентрованою сірчаною кислотою (8).

У поглинач повинна поступати суміш рівних об'ємів NO і N₂O₃. Оскільки в реакторі утворюється нітроген (II) оксид, то для його окиснення через трійник вводять із газометра кисень окремими порціями по 3-5 мл. Необхідно слідкувати, щоб з поглинача не виходили нітроген оксиди, інакше, слід припинити подачу газів у реактор, змочити насадку невеликою кількістю сірчаної кислоти, пропустити невелику кількість кисню і тільки після цього продовжити синтез. Під час роботи потрібно слідкувати, щоб нітроген оксиди і сульфур (IV) оксид поступали в реактор невеликими порціями, одна газова кулька за 1-2 с. Наявність бурого забарвлення можлива лише у нижній частині

реактора. Якщо ж весь реактор буде заповнений бурими парами нітроген (IV) оксиду, то подачу газів потрібно припинити і дещо підсилити подачу сульфур (IV) оксиду. Після закінчення роботи невелику кількість сірчаної кислоти, що утворилася, слід злити з реактора у склянку, промити реактор 3-4 рази невеликими порціями води по 10-12 мл, зливаючи промивні води у ту ж склянку. Потім розчин сірчаної кислоти перелити у циліндр, виміряти об'єм і відтитрувати 0,1н розчином лугу. У поглиначі залишається нітроза, яку можна використати ще раз. Її зливають у склянку, а поглинач промивають невеликою кількістю сірчаної кислоти. При оформленні результатів розрахунків знайти теоретичну кількість (в грамах) сірчаної кислоти, яка мала б утворитися з певної кількості сульфїту чи гїдросульфїту, знайти фактичну кількість (за результатами титрування) та вирахувати процентний вихід.

Робота 2. Пасивування заліза і визначення ефективності дії інгібіторів корозії

Мета роботи. Засвоїти методику корозійних випробовувань на прикладі розчинення зразків сталі в розчинах чистих кислот та в розчинах кислот з добавками інгібіторів. Визначити швидкість розчинення, захисну дію та інгібіторний ефект при розчиненні сталі в розчинах хлоридної або сульфатної кислоти з різною концентрацією інгібітору.

Реактиви: розчини HCl різної концентрації (2 н, 3 н, 4 н); розчин інгібітору.

Обладнання: термостат для проведення корозійних досліджень; циліндричні або плоскі зразки зі сталі.

Дослід 1. Виконання роботи. 1. Зачистити наждачним папером 3 сталевих зразки, пронумерувати їх, визначити площу поверхні та зважити їх. Визначені параметри занесіть у таблицю 1.

2. В пронумерованих пробірках приготувати 3 розчини з різною концентрацією інгібітору. В першу пробірку налити 5 мл кислоти без інгібітору, вона буде використана для контролю. В решту склянок налити по 5 мл тієї ж кислоти, та інгібітору, концентрацію якого збільшено в 2 рази (1:1 та 1:2).

Номер зразка	Початкова маса зразка (m_1), г	Довжина зразка, см	Ширина зразка, см	Площа зразка з обох сторін (S), см ²
1				
2				
3				

3. Помістити пробірки з кислотою в термостат і довести температуру до 50°C . Помістити в пробірки зразки сталі не торкаючи їх руками і записати час занурення. Через 1 год одночасно вийняти пінцетом зразки з розчинів, промити дистильованою водою, висушити фільтрувальним папером, протерти етанолом і зважити. Результати занести у таблицю 2.

Таблиця 2.

Склад розчину	Маса зразку, г	
	до розчинення	після розчинення
чиста кислота		
кислота з інгібітором		
кислота з інгібітором подвійної концентрації		

Оформлення результатів роботи. За втратою маси зразків розрахувати швидкість розчинення заліза за формулою (1), ступінь захисної дії Z за формулою (2) та ефективність дії інгібітору γ за формулою (3). Результати розрахунків записати в таблицю 3.

Таблиця 3

№ п/п	Зміна маси зразка (Δm), г	Швидкість розчинення зразка, $\text{г/см}^2 \cdot \text{год}$	Ступінь захисної дії (Z), %	Ефективність дії інгібітору (γ)
1				
2				
3				

2. За результатами розрахунків захисної дії та інгібіторного ефекту в розчинах кислот з різними концентраціями інгібітору побудувати графіки залежності $Z = f(c)$ (залежність ступеня захисної дії інгібітору від його концентрації) та $\gamma = f(c)$ (залежність інгібіторного ефекту від його концентрації в розчині). Зробити висновок про вплив концентрації інгібітору на ефективність його дії.

Завдання для самостійної роботи з теми «Виробництво сульфатної кислоти»

1. На нейтралізацію $0,825 \text{ г}$ олеуму затрачено $0,7 \text{ г}$ натрій гідроксиду. Скільки моль SO_3 припадає на 1 моль H_2SO_4 в олеумі?
2. Який об'єм SO_2 треба розчинити в 1 л води, щоб одержати 2 % розчин сульфатної кислоти?
3. $0,85$ об'ємної частки H_2S , яка використовується на виробництво 1 т 92% сульфатної кислоти. Врахуйте, що вихід кислоти 98%.
4. Скільки 96%-ної сульфатної кислоти можна добути з 60 кг залізного колчедану, якщо вихід 85% від теоретичного.

5. Яка маса сульфур (VI) оксиду розчиняється в 1 т олеуму, якщо його концентрація при протіканні через поглинальну башту підвищується від 19,5 до 20,5%.

6. На нейтралізацію 0,825 г олеуму затрачено 0,7 г натрій гідроксиду. Скільки моль SO_3 припадає на 1 моль H_2SO_4 в олеумі?

Література:

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.

2. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.

3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ТЕМА. ВИРОБНИЦТВО АМОНІАКУ І НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДОБРИВ

Мета. сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини для отримання амоніаку та нітратної кислоти. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від умов синтезу амоніаку та нітратної кислоти. Ознайомити з важливими хімічними виробництвами калійних та нітратних добрив, їх технологічними схемами, місцем в народному господарстві, впливом на оточуюче середовище

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Яка роль каталізаторів в сучасній хімічній промисловості?
2. Які є способи зв'язування азоту.
3. Розпишіть хімізм конверсії метану.
4. Як очищають азотоводневу суміш?
5. Згідно технологічної схеми розпишіть синтез аміаку.
6. Принципи зміщення рівноваги при синтезі аміаку.
7. Сфери застосування і сорти нітратної кислоти.
8. Методи отримання нітратної кислоти.
9. Вибір каталізатора при окисленні аміаку.
10. Функціональна схема синтезу нітратної кислоти.
11. Технологічна схема синтезу нітратної кислоти.
12. Методи концентрування нітратної кислоти.
13. Хімізм процесу отримання нітратної кислоти з амоніаку.
14. Що таке мінеральні добрива?
15. Класифікація мінеральних добрив.
16. Класифікація азотних добрив.
17. Опишіть стадії виробництва амонійної селітри.
18. Хімізм та функціональна схема виробництва карбаміду.
19. Що таке фосфатні добрива?
20. Класифікація фосфатних добрив.
21. Опишіть стадії виробництва суперфосфату.
22. Хімізм та функціональна схема виробництва суперфосфату.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА

ОДЕРЖАННЯ АМОНІАКУ ТА КОНЦЕНТРОВАНОЇ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ. ОДЕРЖАННЯ АМОНІАЧНОЇ СЕЛІТРИ. ОДЕРЖАННЯ І АНАЛІЗ ПРОСТОГО СУПЕРФОСФАТУ

Контрольні питання до лабораторної роботи:

1. Назвіть способи зв'язування атмосферного азоту.
2. Назвіть умови проведення контактного окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду.

3. Методи виробництва розведеної нітратної кислоти.
4. Методи виробництва концентрованої нітратної кислоти.
5. Охарактеризуйте процес виробництва амоніачної селітри, фосфатної кислоти, простого та подвійного суперфосфатів, вказавши послідовність та умови хімічних перетворень, апарати, в яких вони відбуваються.

Короткі теоретичні відомості.

Аміак є важливим хімічним реагентом, який виробляють у великій кількості. Аміак має широке народногосподарське застосування. Більша частина його йде на виробництво азотної кислоти і азотних добрив (аміачної селітри, сульфату амонію, амофосів та інших). Крім того, аміак широко застосовується для виробництва соди аміачним методом у виробництві багатьох солей амонію, у холодильній техніці та азотування сталі.

У промисловості аміак одержують синтетичним шляхом із азоту і водню:

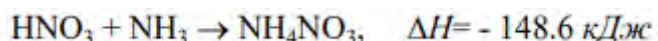


Це зворотна гетерогенно-газова реакція, яка йде з виділенням значної кількості тепла. Залежить від температури і тиску.

На основі цих даних підібрані оптимальні умови протікання реакції синтезу аміаку.

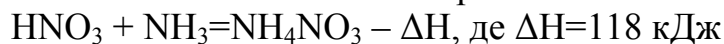
Згідно принципу Ле Шательє вихід аміаку буде збільшуватися при підвищенні тиску і зниженні температури. Чим вищий тиск і нижча температура, тим вищий відсоток виходу аміаку. У промисловості синтез аміаку здійснюється при тискові 100–1000 атм. і при температурі 525°C, а при низькій температурі реакція йде повільно. Для реакції синтезу аміаку каталізаторами є: залізо, платина, марганець, вольфрам, молібден, осмій, уран та інші метали, атоми яких характеризуються не заповненим другим зовні електронним шаром. Практичне застосування в промисловості має залізний каталізатор, який являє собою порошкоподібне залізо активоване незначною кількістю оксиду алюмінію, калію та ін. Такий каталізатор більш активний ніж чисте залізо, і зберігає активність протягом декількох місяців. Залізний каталізатор дозволяє вести процес у температурному інтервалі 450–600°C. Перегрів каталізатора призводить до зниження його активності, виходу його з ладу.

У промисловості амоній нітрат одержують шляхом нейтралізації 50-60%-ного розчину нітратної кислоти газоподібним аміаком:



Теплоту реакції використовують для випаровування води та концентрування розчину амоній нітрату в апаратах ВЕН (використання ентальпії нейтралізації).

Одержання амоніачної селітри. Одержання аміачної селітри лежить в основі нейтралізації азотної кислоти аміаком за рівнянням :



Реакція нейтралізації проводиться в апараті, який називається нейтралізатором. Утворене тепло використовується в промисловості для

збільшення концентрації розчину нітрату амонію. При використанні більш концентрованої вихідної речовини азотної кислоти умови для випарювання розчинів нітрату амонію покращуються, так як внаслідок зменшення об'єму розчину його температура стає вищою. Так, при використанні 58–60% азотної кислоти із нейтралізатора виходить 85–90% розчину нітрату амонію, а при роботі на 48% азотній кислоті одержується розчин, який містить 70% нітрату амонію. Із нейтралізатора витікає слабокислий розчин нітрату амонію і його направляють до нейтралізатора, де він переміщується з аміачною водою до слаболужної реакції. Потім розчин надходить у випарювальний апарат, де він випарюється до 97–98,5% концентрації і потрапляє в башту для грануляції.

У лабораторії як нейтралізатор можна використовувати муфту від водяного холодильника. У муфту вставляють форштос, інший кінець якого приєднують до муфти водяного холодильника і обрізають на рівні нижнього бокового соска муфти. У верхню розширену частину форштоса вставляють гумову пробку з крапельною лійкою і зігнутою скляною трубкою. Муфта і форштос заповнюються насадкою із дрібно нарізаних скляних трубок до рівня верхнього соска муфти. Нижній кінець муфти закривається гумовою пробкою із вставленою в неї короткою скляною трубкою, яка з'єднана з гумовою трубкою із затискачем. Зібраний нейтралізатор з'єднується з колбою Вюрца, закріпленою в штативі.

Робота 1. Одержання амоніаку та концентрованої нітратної кислоти.

Мета роботи: 1. Одержати водний розчин аміаку. Ознайомитися з лабораторними методами одержання азоту з повітря і електролітичним методом одержання водню. Обрахувати вихід водню по струмові і необхідну кількість азоту та повітря. Вирахувати вихід аміаку за воднем та азотом. 2. Змодельовати в лабораторних умовах процеси, які протікають в промислових колонах. 2. Одержати концентровану нітратну кислоту в чистому вигляді, визначити практичний вихід за калій (натрій) нітратом.

Матеріали і обладнання: 1. Градуйований газометр з повітрям; 2. Ємкість із 30–35 % розчином КОН; 3. Ємкість із лужним пірогаленом; 4. Електролізер для одержання водню; 5. Випрямляч; 6. Трубчаста електропіч; 7. Фарфорова трубка із залізним каталізатором для синтезу аміаку; 8. Дві промивалки з лугом; 9. Поглинач для аміаку; 10. Термопара; 11. Пірометр; 12. Набір ареометрів.

Дослід 1. Виконання роботи. Складіть прилад, увімкніть електропіч з вставленою в неї фарфоровою трубкою і поступово нагрійте до температури 50°C. Одночасно з включенням електропечі включіть електролізер для одержання водню. Доведіть силу струму до 4–5 А і пропустіть водень через трубку з каталізатором і одночасно перевіряючи герметичність всього приладу. Коли електропіч нагріється до 500°C, довести силу струму до 10 А.

Водень почне побулькувати через розчин луку із швидкістю 2–3 бульбашки за хвилину. Обережно відкрити кран газометра і почати пропускати повітря через промивалку з 30–35 % розчином КОН, який поглинає вуглекислий газ і залишки сірководню, сірчистого газу, хлору та інших газів, і через промивалку з лужним розчином пірогалла, поглинає кисень.

Пірогалол або 1,2,3-триоксibenзол $C_6H_3(OH)_3$ швидко поглинає кисень у будь-яких концентраціях, має високу адсорбційну здатність і стійкість, що забезпечує тривалу дію. Розчин пірогалолу готують шляхом розчинення 56 г пірогалолу в 100 мл підігрітої води і поступовим додаванням 260 мл 35 % розчину КОН.

Чистий азот пропускають через контрольну промивалку із швидкістю 1 бульбашка на хвилину.

Відрегулювавши прилад, приєднують поглинач аміаку, в який наливають 3–4 мл води з додаванням 2–3 крапель фенолфталеїну і зазначають час реакції. Коли розчин у промивалці матиме малинове забарвлення, відмітити час кінця реакції.

Припинити доступ повітря з газометра, вимкнути електропіч і знизити силу струму до 4–5 А. Пропускання водню через трубку з каталізатором продовжують до охолодження печі до температури 150–200°C.

Весь процес синтезу аміаку триває 15–20 хв. Після закінчення процесу вирахувати кількість водню за струмом, використовуючи формулу:

$$Q = I \times t \times E_{\text{екв}} \div 26,8 \text{ (г)},$$

де $E_{\text{екв}}$ – хімічний еквівалент водню дорівнює 1.008; I – сила струму в амперах; t – час синтезу аміаку, в годинах; 26,8 – ампер-година протягом якої виділяється 1 г.екв речовини.

Результати роботи оформити у вигляді таблиці.

Час дослід	1	Сила струму в	Кількість газу		Вихід аміаку	
			Водень	Азот	В мл	В %

Дослід 2. Одержання концентрованої нітратної кислоти

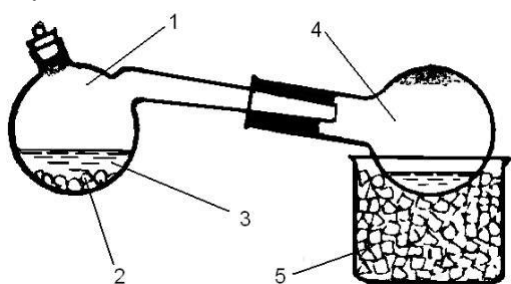
Реактиви: 96%-вий розчин сульфатної кислоти; кристалічний натрій або калій нітрат; 1 М розчин натрій гідроксиду.

Обладнання: установка для одержання концентрованої нітратної кислоти; електроплитка; піщана баня; конічна колба на 250 мл; індикатор–фенолфталеїн; бюретка з штативом для титрування.

Виконання роботи. Концентровану нітратну кислоту можна одержати в установці, зображеній на рис. 1.

1. Зібрати установку для одержання концентрованої нітратної кислоти. У нижню частину реторти 1 помістити 5 г кристалічного калій або натрій нітрату 2. Налити в реторту розчин концентрованої сульфатної кислоти так, щоб повністю покрити кристали солі 3. Реторту сполучити з круглодонною колбою 4 рис. 1., яку занурюють в сніг або лід 5.

2.

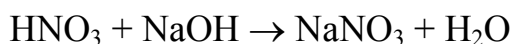


1 – реторта; 2 – кристали солі; 3 – розчин концентрованої сульфатної кислоти; 4 – колба-приймач; 5 – сніг або лід.

Рис. 1. Установка для одержання концентрованої нітратної кислоти:

- Реторту поступово нагріти на піщаній бані (*під витяжною шафою!*) до 100 °С, а потім до 120 °С. Реакція закінчується тоді, коли в реторті залишиться жовтувата рідина і нітратна кислоти майже перестане переганятись в приймач.
- Рідину з приймача перелити мірний циліндр або пробірку. Визначити об'єм і відтитрувати 1М розчином натрій гідроксиду в присутності фенолфталеїну. Розрахувати концентрацію отриманого розчину нітратної кислоти.

Визначення концентрації нітратної кислоти. Для визначення концентрації нітратної кислоти використати кислото-основне титрування в присутності індикатора. В якості індикатора використати фенол-фталеїн, який додати до кислоти.:



Концентрацію HNO_3 розрахувати за формулою:

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{V_1 \cdot c_1}{V_2}, \quad \text{---}$$

- де c_{HNO_3} – концентрація нітратної кислоти, *моль/л*;
 V_1 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування, *мл*;
 V_2 – об'єм розчину нітратної кислоти, взятого для аналізу, *мл*;
 c_1 – концентрація розчину натрій гідроксиду, *моль/л*.

Результати аналізу записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Об'єм кислоти, <i>мл</i>	Об'єм розчину NaOH, затраченого на титрування, <i>мл</i>	Концентрація нітратної кислоти, <i>моль/л</i>	Маса отриманої нітратної кислоти, <i>г</i>

- Розрахувати практичний вихід концентрованої нітратної кислоти за сіллю. Результати записати в таблицю 2.

Таблиця 2

Речовина	Теоретичний вихід, <i>г</i>	Практичний вихід, <i>г</i>	η (виходу), $\left(\frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100\right)$, %

Робота 2. Одержання амоніачної селітри

Обладнання і матеріали: 1. Нейтралізатор; 2. Колба Вюрца; 3. Набір ареометрів; 4. Термометр на 200°C ; 5. Фарфорові чашки; 6. Циліндри і колби; 7. Технічні терези та різноважки.

Дослід 1. Виконання роботи. Скласти прилад, зображений на рисунку 6. Відміряти циліндром 20мл 48-50% азотної кислоти і налити її в крапельну лійку. Одночасно з цим перевірити концентрацію взятої азотної кислоти. Для цього обережно налити азотну кислоту в циліндр і ареометром визначити питому вагу кислоти. Потім знайти за довідником відсотковий вміст азотної кислоти у взятій кислоті і вирахувати загальну кількість кислоти у 20мл. Після цього відміряти 50мл концентрованого розчину аміаку і налити його в колбу Вюрца. Закрити колбу пробкою і обережно нагрівати через азбестову сіточку газовим пальником. При цьому розчинність аміаку знижується, і він починає відганятися до нейтралізатора. Одночасно з цим відкривається крапельна лійка і по краплям добавляється азотна кислота в нейтралізатор. При взаємодії азотної кислоти з аміаком утворюється нітрат амонію у вигляді білого туману, який переходить у рідину. Випустивши кислоту і закривши кран крапельної лійки, продовжити нагрівати колбу з аміаком до слабого кипіння. Через 10 хв. Випустити розчин нітрату амонію із нейтралізатора в хімічний стакан. Перевірити кислотність розчину лакмусовим папером, якщо розчин кислий, його знову перелити до крапельної лійки і по краплях випускати в нейтралізатор. Цю операцію повторювати до того часу доки розчин нітрату амонію не стане лужним. Після цього його переливають у попередньо зважену фарфорову чашку. Припинити нагрівати аміак у колбі Вюрца і два рази промити крапельну лійку 5-ма мл дистильованої води. Воду з промивної склянки також вилити у фарфорову чашку. Потім фарфорову чашку поставити на пісочну баню і її вміст періодично перемішувати скляною паличкою. Коли температура розплаву досягне 160°C , нагрівання припинити і зняти фарфорову чашку з пісочної бані. Після охолодження фарфорову чашку зважити і знайти масу одержаної амоніачної селітри.

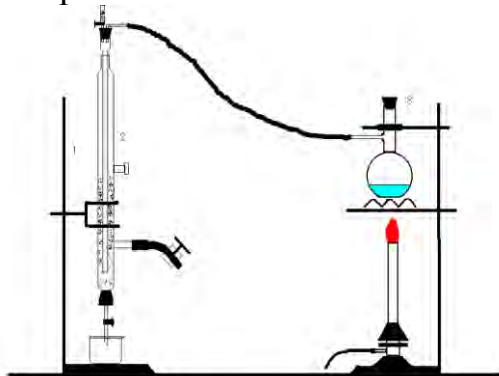


Рис. 6. 1. Штатив; 2. Повітряний холодильник; 3. Колба Вюрца.

Знаючи масу одержаної амоніачної селітри, визначити вихід її у відсотках від кількості взятої азотної кислоти.

Наприклад, щоб одержати селітру, визначають вихід її у відсотках від кількості взятої азотної кислоти, беруть 20мл 50% кислоти з питомою вагою 1,316 і 50мл 25% аміаку. На основі цих даних спочатку вираховують

теоретичний вихід селітри, використовуючи таку методику:

В 100г 50% розчину азотної кислоти міститься 50г азотної кислоти, а в 26,32г міститься Хг, тоді

$$X=26,32 \quad 50/100=13,16г.$$

За рівнянням реакції: 63г азотної кислоти утворюють 80г нітрату амонію, а 13,16г утворюють Хг, відповідно,

$$X=13,16 \quad 80/63=16,711г$$

Фактично ж було отримано 16,32г нітрату амонію. Відповідно вихід нітрату амонію у відсотках до теоретичного буде рівний:

$$16,16 \quad 100/16,711=97,66\%$$

$$\frac{16,32}{16,71} \cdot 100\% = 97,66\%$$

Кількість в			Фактично отримано	Вихід	
мл	%	г		практично	теоретично

Робота 3. Одержання і аналіз простого суперфосфату

Дослід 1. Одержання суперфосфату

Виконання роботи



Відважують на технохімічних терезах 30г добре розтертого в ступці трьохзаміщеного фосфорнокислого кальцію, переносять у фарфоровий стакан на 200 мл, додають 70% сірчаної кислоти (з розрахунку 2 молекули H_2SO_4 на 1 молекулу $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і добре перемішують до утворення тістоподібної маси. Одержаній масі дають визрівати протягом 25–30 хв.

Повністю процес визрівання закінчується лише через 10–15 діб.

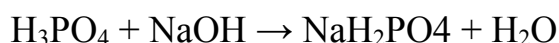
Дослід 2. Визначення кількості водорозчинної фосфорної кислоти (P_2O_5) у виготовленому суперфосфаті.

Виконання роботи.

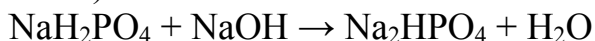
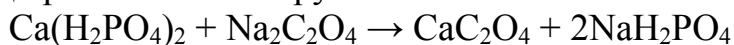
1. На технохімічних терезах відважують 10 г виготовленого суперфосфату, переносять його в мірну колбу на 500 мл, додають 400 мл дистильованої води і збовтують протягом 30 хвилин. Доводять водою до мітки і фільтрують.

2. Відмірюють піпеткою 50 мл фільтрату і переносять його в чисту колбу або стакан. Якщо фільтрат буде забарвлений у жовтий колір, то, щоб його позбутися, додають 2–3 краплі H_2SO_4 (1:4) і 1–2 краплі 0,1 KMnO_4 . Потім збовтують 3 хв, додають щіпку цинкового пилу і нагрівають. Якщо фільтрат залишається забарвленим у синій або малиновий колір, то додають 1–2 краплі 0,1 н розчину шавлевої кислоти.

3. До безбарвного фільтрату додають 2–3 краплі метилоранжу і титрують 0,1 н розчином NaOH до оранжевого забарвлення.



4. Після цього додають в оранжевий розчин 5–7 мл насиченого на холоді розчину щавлевокислого калію (або натрію), 4–5 г хімічно чистого хлориду натрію, 8–10 крапель фенолфталеїну і швидко титрують на холоді 0,1 н розчином NaOH до рожевого кольору.



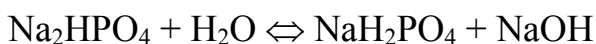
З рівняння реакції видно, що еквівалентна маса $P_2O_5 = \frac{M}{2} = \frac{142}{2}$. Отже, 1 мл 0,1 н розчину NaOH відповідає 0,0071 г P_2O_5 .

5. Вираховують % водорозчинного P_2O_5 в суперфосфаті (того, що був у складі $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ і H_3PO_4):

$$V = \frac{0,0071 \cdot A \cdot 10 \cdot 100}{B},$$

де А – кількість мл 0,1 н. NaOH, що затрачена на друге титрування (перше не враховується), В – наважка суперфосфату (у даному випадку 10 г).

Примітка: NaCl додають для того, щоб зменшити гідролітичний розклад Na_2HPO_4



Завдання для самостійної роботи з теми «Виробництво амоніаку і нітратної кислоти»

1 Розрахуйте ступінь окиснення амоніаку в повітряно-амоніачній суміші, якщо на титрування 400 мл ($t = 24^\circ\text{C}$, $P = 98\,790,12\text{ Па}$) вихідної суміші використовується 10 мл 0,1 н розчину кислоти, а на титрування кінцевого продукту окислення того ж об'єму – 6 мл 0,1 н розчину луку.

2 Розрахуйте коефіцієнт використання (в т) NH_3 на 1 т 60% HNO_3 при виході 96% від теоретично можливого.

3 Який об'єм амоніаку (н.у.) потрібно використати для добування 500 кг розчину нітратної кислоти з масовою часткою речовини 90%, якщо виробничі втрати становлять 10%?

4 Розрахуйте коефіцієнт використання водню та азоту в тонах і в метрах кубічних на 1 т амоніаку при виході останнього 95% від теоретично можливого.

5 Яка маса води необхідна для синтезу 5 т концентрованої нітратної кислоти, якщо виходити з димеру N_2O_4 , води та кисню? Втрати води в процесі виробництва становлять 5 %.

6 Для добування простого суперфосфату масою 250 кг використали 117,8 кг кальцій фосфату. Розрахуйте ступінь перетворення кальцій фосфату.

7 Яка маса фосфориту необхідна для виробництва 5 т фосфору, якщо масова частка виходу продукту реакції складає 96% від теоретично можливого?

8 Для добування 1 т гранульованої амоніачної селітри використовується 0,213 кг амоніаку та 0,8 кг нітратної кислоти (100%-на HNO_3). Знайдіть вихід продукту.

9 Зазначте центри виробництва добрив в Україні та їх залежність від сировинної бази. У яких містах України розташовано підприємства, що виробляють азотні добрива з відходів коксохімічних заводів? У яких містах України розташовано підприємства, що виробляють азотні добрива з відходів і використовують як сировину природний газ, нафту та продукти їх переробки (амоніак), що надходять в Україну трубопроводами?

Завдання для самостійної роботи з теми «Технологія виробництва калійних та нітратних добрив. Технологія виробництва фосфатних добрив».

1. Для добування простого суперфосфату масою 250 кг використали 117,8 кг кальцій фосфату. Розрахуйте ступінь перетворення кальцій фосфату.

2. Яка маса фосфориту необхідна для виробництва 5 т фосфору, якщо масова частка виходу продукту реакції складає 96% від теоретично можливого?

3. Для добування 1 т гранульованої амоніачної селітри використовується 0,213 кг амоніаку та 0,8 кг нітратної кислоти (100%-на HNO_3). Знайдіть вихід продукту.

4. Зазначте центри виробництва добрив в Україні та їх залежність від сировинної бази. У яких містах України розташовано підприємства, що виробляють азотні добрива з відходів коксохімічних заводів? У яких містах України розташовано підприємства, що виробляють азотні добрива з відходів і використовують як сировину природний газ, нафту та продукти їх переробки (амоніак), що надходять в Україну трубопроводами?

Рекомендовані джерела інформації

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.

2. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.

3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

4. Гончаров А. І. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Середа. – К. : Вища шк., 1980. – 278 с.

Гончаров, А. І.

5. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Середа. – К. : Вища шк., 1979. – 286 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ТЕМА. ВИГОТОВЛЕННЯ ЛЕГКОПЛАВКОГО СКЛА І ВИПРОБУВАННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ.

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини для виробництва керамічних виробів, в'язучих речовин та скла. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від сировини, що використовується для добування скла, керамічних виробів та в'язучих матеріалів.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Класифікація керамічних виробів. Виробництво кераміки, фарфору.
2. Виробництво силікатної цегли.
3. Виробництво в'язучих речовин: вапна, гіпсу, цементу. Виготовлення різних видів бетону для будівельних робіт.
4. Виробництво скла та скляних виробів.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА ВИГОТОВЛЕННЯ ЛЕГКОПЛАВКОГО СКЛА

Контрольні питання до лабораторної роботи:

1. Дайте визначення терміну «шихта».
2. Перерахуйте основні вимоги до шихти для синтезу високотемпературного скла.
3. Які основні чинники впливають на гомогенність шихти?
4. Обґрунтуйте вибір тигля для варіння для визначеного хімічного складу скла.
5. Дайте визначення хімічної стійкості скла.
6. Як впливає введення різних оксидів в склад скла або ситалу на хімічну стійкість матеріалу?

Короткі теоретичні відомості

Склом називається прозорий, безбарвний або забарвлений сплав силікатів з кремнеземом з неврегульованою кристалічною фазою, що не змінюється від дії повітря, води і слабких кислот. На відміну від кристалічних речовин скло не має певної температури плавлення і на перетворення скла в рідкий стан теплота майже не затрачується. При охолодженні скла відбувається поступове підвищення його в'язкості.

Кремнезем, що входить до складу скла, може частково або повністю замінитися оксидом бору (B_2O_3), оксидом алюмінію (Al_2O_3), фосфорним ангідридом (P_2O_5) і деякими іншими оксидами.

Оскільки скло є сплавом, то склад його може змінюватися як найменуванням, так і кількісним складом компонентів. Змінюючи складові частини скла і їхні відносні кількості, можна одержувати стекла, що мають

цілком різні властивості. Наприклад, можна одержувати безбарвні або забарвлені стекла, прозорі і матові, легкоплавкі і тугоплавкі стекла, увіолове скло, яке пропускає ультрафіолетове проміння, і захисне скло, яке поглинає ультрафіолетове і інфрачервоне проміння і велику частину видимого проміння, і т.д.

Проте разом із різними властивостями всі класи і групи скла мають основну характерну властивість, яка полягає в тому, що скло при охолодженні не відразу твердне, а поступово густіє, робиться в'язким, і врешті, перетворюється на тверду однорідну прозору масу. Цією основною властивістю скла і користуються при виготовленні скляних виробів. Коли розплавлене скло стає в'язким, тоді з нього видуванням, витягуванням, відливанням, штамповкою або пресуванням виготовляють скляні вироби.

Сировина для виробництва скла. Сировинні матеріали, вживані для виробництва скла, підрозділяються на основні і допоміжні. До основних відносять склоутворюючі матеріали: оксиди SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , які можуть самостійно утворювати стекла, і оксиди лужних і лужноземельних металів, які утворюють скло тільки спільно із вказаними кислотними оксидами.

Допоміжними матеріалами є: освітлювачі, окислювачі, відновники, фарбники і глушники.

Основними видами сировини в скляній промисловості є:

1. Кварцовий пісок – дрібнозернистий матеріал, складається із зерен кварцу – SiO_2 ;
2. Сода – основне джерело для введення в скло оксиду натрію;
3. Вапняк, крейда і мармур є джерелом оксиду кальцію, який полегшує варку скла.

Для отримання спеціальних груп скла в шихту вводять буру, поташ, сурик, магнезит, вітерит (BaCO_3) та ін.

Допоміжні матеріали вводяться в шихту в порівняно невеликих кількостях і служать для полегшення варки скла або надання склу яких-небудь спеціальних властивостей.

Загальними властивостями скла є його прозорість, мала теплопровідність, хімічна стійкість, однорідність маси, сталість оптичних показників з часом, велика твердість, малий коефіцієнт термічного розширення, високі діелектричні показники. Міцність при стисканні у скла досягає до 200 кг/мм і набагато перевищує міцність при розтягуванні, яка дорівнює звичайно 3-8 кг/мм . Твердість скла за шкалою Мооса дорівнює 5-7, воно легко ріжеться топазом, корундом і алмазом, твердість яких відповідно дорівнює 8, 9 та 10.

Характерною властивістю розплавлення скла є поступове зростання в'язкості при зниженні температури. Тверднення скла відбувається в деякому інтервалі температур. Якщо цей інтервал малий, то скло називають *коротким*, а якщо великий – *довгим*. Залежно від застосування є багато видів скла. Переважна більшість їх складається з великої кількості компонентів, кварцове скло – тільки з кремнезему.

До складу сировини для виробництва скла повинні входити матеріали, які містять основні склотворні оксиди – силіцій оксид, бор оксид, фосфор (V)

оксид – і додатково оксиди лужних, лужноземельних та інших металів як допоміжних оксидів, що утворюють скло разом з основними оксидами.

Підготовка сировини полягає в збагаченні кварцового піску, сушінні, просіюванні, зважуванні і старанному перемішуванні сирих компонентів, а іноді й брикетування шихти.

Дослід 1. Отримання скла і випробування його властивостей

Мета роботи: 1. Вивчити сутність хімічних і фізико-хімічних процесів варки скла; 2. Отримати 10 г. легкоплавкого забарвленого скла; 3. Визначити хімічну стійкість скла.

Устаткування і матеріали: 1. Електропіч або газовий пальник; 2. Фарфорові тиглі невеликого розміру; 3. Тигельні щипці; 4. Залізний дріт; 5. Залізний штатив з кільцями; 6. Кварцовий пісок; 7. Борна кислота або борний ангідрид; 8. Кальцинована сода, поташ, сульфат натрію і фторид кальцію; 9. Прожарені оксиди металів: PbO, CoO, NiO, Cr₂O₃, MnO₂, Cu₂O, V₂O₅, Fe₂O₃ та ін.; 10. Технологічні терези; 11. Сита для просіювання шихти і порошку одержуваного скла з 64 і 144 отв/см²; 12. Водяна баня; 13. Зворотний холодильник; 14. Бюретки і конічні колби для титрування; 15. 0,01 н. розчин HCl; 16. 0,1 - процентний спиртний розчин метил рога; 17. Ступка з товкачем; 18. Фанерна дошка розміром 20x30; 19. Металева пластинка.

Виконання роботи. Для того щоб ознайомитися з сутністю виробництва скла, в лабораторних умовах одержують легкоплавкі свинцево-борні і свинцево-силікатні стекла.

Найменш легкоплавкі свинцево-бор-силікатні, свинцево-борні і свинцево-силікатні стекла мають такий склад:

№	Склад (в %)			Температура плавлення скла
	PbO	B ₂ O	SiO ₂	
1.	84,5	11,5	4,5	484
2.	86,0	10,6	3,4	486

Стекла, які мають температуру плавлення не вище 500°C, можна отримати на газовому пальнику, а в невеликих кількостях (2–3 г) навіть на спиртівці.

Отримавши у викладача один із варіантів складу скла, роблять розрахунок шихти, необхідної для отримання 10 г скла, з урахуванням складу початкової сировини.

Якщо сировиною є борна кислота, то ураховується, що вона містить 56,45% B₂O₃ і 43,55% H₂O. При використанні сировиною сурику ураховується, що він містить 97,66% PbO і 2,34% O₂ і т.д.

Обчислені кількості сировинних матеріалів зважують на технохімічних терезах з точністю до 0.01. Як прискорювач варки скла в шихту можна ввести 1% фториду кальцію.

Зважену суміш сировинних речовин ретельно перемішують шпателем на листі паперу і акуратно переносять у фарфоровий тигель. Помістивши тигель у кільце штатива, нагрівають його за допомогою газового пальника до тих пір, поки не відбудуться всі реакції силікатуутворення і склоутворення. Після цього, посилюючи нагрівання, дають можливість скломасі просвітлитися і придбати

однорідність.

Для перевірки готовності скла роблять пробу на готовність. Для цього в скломасу занурюють металевий дріт, а потім, швидко видаляючи його витягають скляну нитку. Якщо нитка не має потовщень, вузликів, то скломаса проварилася, отже весь кремнезем розчинився в розплаві силікатів.

Коли скло буде зварене, беруть тигель щипцями і приблизно половину отриманої скломаси краплями виливають на металеву пластинку. Безбарвне скло, що остигнуло, зберігають для подальшого випробування на хімічну стійкість.

Дослід 2. Визначення хімічної стійкості скла

Виконання роботи. Отримане безбарвне скло обережно розбивають і подрібнюють у фарфоровій ступці. Подрібнення скла роблять так, щоб по можливості утворилися частинки кулястої форми. Для цього товкач повинен ходити в ступці вкругову.

Для порівняння хімічної стійкості отриманого скла з хімічною стійкістю скла віконної шибки проводять дослід: беруть невеликий шматок скла, обережно розбивають його і так само розтирають його в ступці. Розтирають до пилеподібного стану. Можна для аналізу взяти замість віконного скла хімічне скло – шматок розбитого хімічного стакана, колби або пробірки – і визначити його хімічну стійкість.

Подрібнене скло розсіюють на ситах з 64 і 144 отв/см². У роботу відбирають частинки скла, що пройшли через перше сито і затрималися на другому ситі. Щоб видалити плоскі частинки, порошок скла насипають на фанерку або на лист щільного паперу і, тримаючи похило, дають можливість округлим частинкам скотитися на чистий лист паперу, а плоскі частинки затримуються на фанері. Цю операцію повторюють три рази.

2 грами порошку всипають в конічну колбу місткістю 50-100 мл і трикратним декантуванням холодною дистильованою водою відмивають від пилу. Промивні води фільтрують, а зерна, що потрапили на фільтр, знову повертають в колбу.

Потім в колбу наливають 50 мл киплячої дистильованої води, приєднують до колби зворотний холодильник, кінець якого закритий трубкою з натронним вапном, і нагрівають колбу з вмістом протягом 1 години на киплячій водяній бані.

Гарячий розчин зливають в конічну колбу місткістю 250 мл і, не охолоджуючи, титрують 0,01 н розчином соляної кислоти. Як індикатор додають дві краплі 0,1%-ного розчину метилового червоного.

Стекла по хімічній стійкості розділяють на такі класи:

Гідролітичний клас скла	Кількість використаного розчину 0.01 н. HCl (мл)
----------------------------	---

1. Незмінний водою	0,0 – 0,32
2. Стійкі	0,32 – 0,65
3. Тверді (апаратні)	0,65 – 2,80
4. М'які (апаратні)	2,80 – 6,50
5. Незадовільні	6,50 і більше

Користуючись цією таблицею, визначають гідролітичний клас отриманого і звичайного віконного скла, чи іншого зразка, який виконує студент.

Завдання для самостійної роботи з теми «Силікатні виробы»

1. Маса суміші кальцій карбонату і магній карбонату становить 3,688 г. Після прожарювання маса суміші зменшилась до 1,928 г. Розрахувати масову частку компонентів у вихідній суміші.
2. При обробці вапняку масою 30 г утворився вуглекислий газ об'ємом 5,6 л (н.у.). Визначте масову частку (у %) не карбонатних домішок у вапняку.
3. Наважку доломіту масою 4 г обробили надлишком нітратної кислоти. При цьому виділився карбон (IV) оксиду об'ємом 0,8 л (н.у.). Визначте масову частку не карбонатних домішок у доломіті.

Рекомендовані джерела інформації

Основні:

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
2. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.
3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

Додаткові:

1. Гончаров А. І. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. : Вища шк., 1980. – 278 с.
Гончаров, А. І.
2. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. : Вища шк., 1979. – 286 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ТЕМА. ВИРОБНИЦТВО МЕТАЛІВ.

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування металів в промислових масштабах, визначити основні способи добування металів, класифікацію металів. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розглянути основні принципи та закономірності роботи доменної печі та умови варіння сталі. Розвинути вміння передбачати можливі процеси під час виробництва в залежності від сировини, що використовується для різних сортів чавуну та сталі.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Що відноситься до сирих матеріалів металургійного виробництва чавуну?
2. Які залізні руди ви знаєте? їх назва, склад, характеристика.
3. Яке паливо використовується в доменній плавці?
4. Як готують залізну руду до доменної плавки?
5. Що є залізородною сировиною в сучасному доменному процесі?
6. Що входить до складу шихти в доменній плавці?
7. В чому полягає суть доменної плавки?
8. Які основні процеси відбуваються в доменній печі?
9. Які продукти доменної плавки ви знаєте? їх характеристика і використання.
10. Назвіть показники роботи доменних печей.
1. В чому полягає суть двоступінчатого способу виробництва сталі?
2. Назвіть основні способи виплавки сталі.
3. Яка будова кисневого конвертора та основні процеси, що в ньому відбуваються?
4. Поясніть сутність мартенівської плавки.
5. Назвіть типи електричних сталеплавильних печей.
6. В чому полягає сутність виплавки сталі в дугових печах?
7. В чому полягає сутність виплавки сталі в індукційних печах?
8. Сутність і мета розкислення сталі. Назвіть основні реакції при розкисленні.
9. Які способи розливання сталі і їх схеми ви знаєте?
10. Яка схема машини для безперервного розливання сталі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Контрольні питання до лабораторної роботи:

1. Класифікація металів та їх використання.
2. Методи добування металів (відновлення оксидів, термічний розклад йодидів, електроліз водних розчинів солей та розплавів та ін.)
3. Доменне виробництво чавуну:
 - а) сировина для доменного процесу та її обробка;
 - б) будова доменної печі;

в) теоретичні основи доменного виробництва, продукти доменного виробництва.

4. Виробництво сталі. Хімічні основи процесу.

5. Основні способи виплавки сталі:

а) мартенівський спосіб;

б) киснево-конверторний спосіб виробництва сталі;

в) виплавка сталі в електричних печах; г) переробка сталі у вироби.

Короткі теоретичні відомості

Виробництво металів має важливе значення у розв'язанні питань науково-технічного прогресу. Необхідно пам'ятати, що причиною спільності фізичних, фізико-хімічних, хімічних та механічних властивостей металів є їх електронна будова і природа кристалічної структури.

Наявністю електронів провідності у металах пояснюється їх висока тепло- і електропровідність, фотоелектричний ефект і термоелектронна емісія. Зв'язок між теплопровідністю, електричною провідністю і температурою виражається узагальненим законом Відемана-Франца-Лоренца:

$$\lambda/\sigma T = \text{const} = 2,4 \cdot 10^{-8}, \text{ В}^2 \cdot \text{град}^{-2} \quad (6.1)$$

де λ - питома теплопровідність, Вт · град⁻¹; σ - питома електрична провідність, Ом⁻¹ · см⁻¹; T- абсолютна температура, К

Для термоелектронної емісії існує рівняння Річардсона-Дешмена:

$$I = AT^2 e^{\frac{\varphi_e}{RT}}, \text{ А} \cdot \text{см}^{-2} \quad (6.2)$$

де I – густина струму емісії, А·см⁻²; A-онстанта; φ_e – робота виходу електрона, еВ (або ерг); K – стала Больцмана ($K=R/N_A$); R- універсальна газова стала; N_A – стала Авогадро.

Рівняння (6.2) застосовується і для фотоелектричної емісії, яка відкрита О.Г. Столетовим.

Робота виходу електрону характеризується рівнем Фермі – це енергетичний бар'єр, додаткова енергія, яку повинні отримати електрони провідності (за рахунок теплової або світлової енергії), щоб подолати межу поділу (яку створюють позитивно заряджені остови атомів) метал-вакуум або інше середовище. З точки зору термодинаміки рівень Фермі – це хімічний потенціал електрона у твердому тілі. φ_e майже наполовину менше потенціалу іонізації вільного атома металу, вона залежить від стану і орієнтації поверхні кристала.

Важливе практичне значення мають сплави металів (подвійні, потрійні та ін.), гомогенні (однофазні) системи і гетерогенні (суміші), які складаються з кількох фаз. Однорідні сплави складаються із суміші дрібних кристалів вихідних (початкових) компонентів (евтектика), наприклад: Sn+Pb, Bi+Cd. При хімічній взаємодії можуть утворюватися інтерметалічні сполуки: Mg₂Cu, MgCu₂, Al₆Mn та ін. Близькі за властивостями метали утворюють змішані кристали однорідних сплавів – тверді розчини

заміщення та ін. Фізико-хімічний аналіз сплавів розроблено М.С. Курнаковим та Д.А.Черновим.

У металах можуть розчинятися і гази, в основному, Гідроген, Нітроген і деколи – Оксиген, атоми яких мають непарні електрони. Атоми благородних газів у металах не розчиняються, оскільки вони мають стійкі електронні конфігурації (s^2, s^2p^6).

Якщо Гідроген і Нітроген не утворюють стійких гідридів, нітридів, розчинність їх описується законом Сівертса:

$$S = K_T \cdot P_{A_2}^{0,5}, \text{ см}^3/100\text{г},$$

де K_T – константа розчинності, яка залежить від температури; P_{A_2} – парціальний тиск H_2 (N_2) над поверхнею металу.

За хімічними властивостями усі метали – відновники. Здатність віддавати електрони – відновлювальна активність металів визначається (для водних розчинів) положенням металу в ряду напруг.

Метали взаємодіють з елементарними окисниками (неметалами), утворюючи прості сполуки: оксиди (MgO, Al_2O_3, Fe_2O_3), сульфід (FeS, PbS, MnS), галіди ($NaCl, BeF_2, KBr$), бориди (Mg_3B_2), карбіди (Al_4C_3, CaC_2), нітриди (Mg_3N_2, TiN, AlN), фосфіди (Mg_3P_2, MnP), гідриди (MgH_2, TiH), силіциди (Mg_2Si); з водою (від Li до Al), з кислотами, “царською водкою” (HNO_3+HCl), лугами та солями.

Берилій, Магній, Алюміній, Титан і їх сплави знайшли широке застосування у техніці як конструкційні матеріали з цінними фізико-механічними властивостями.

Для сполук металів характерна sp -, sp^3 - та $sp^3 d^2$ – гібридизація, яка обумовлює лінійну будову $BeCl_2$, тетрагональну – $K_2[BeF_4]$ і $Na[Al(OH)_4]$ та октаедричну $Na_3[AlF_6]$ відповідно.

У концентрованих кислотах (HNO_3, H_2SO_4) Be і Al пасивнішають. У лугах розчиняються Берилій і Алюміній, утворюючи у розплавах прості металати (наприклад: $Na_2BeO_2, NaAlO_2$), а у розчинах – комплексні сполуки, наприклад: $Na_2[Be(OH)_4], Na[Al(OH)_4]$. Титан розчиняється у розплавлених лугах за наявності окисників. Металічний титан дуже повільно взаємодіє з розбавленими кислотами і достатньо легко з концентрованими.

Нікельоване покриття використовують для захисту металів та сплавів від корозії і для захисту художніх виробів.

Нормальний електродний потенціал нікелю дорівнює $0,25V$, але в атмосферних умовах завдяки утворенню пасивної плівки нікель довгий час зберігає свій блиск.

В контакті з залізом нікель служить катодом і тому він захищає залізо механічно. При наявності пор чи інших порушень поверхні досить швидко розвивається корозія металу, що призводить до відшарування нікелю. Для

зменшення пористості нікелевого покриття і збільшення міцності зщеплення його із сталлю на поверхню наносять тонкий шар міді.

Існує багато рецептів виготовлення електролітів для одержання нікелевого покриття. Найбільш поширені ванни на основі сульфату нікелю. Для збільшення електропровідності в електроліт додають сірчаноокислі солі натрію і магнію. Для підвищення стабільності рН розчину в нього вводять у невеликих кількостях борну кислоту, а інколи ацетат натрію.

Для кращого розчинення нікелевих анодів в електроліт вводять у невеликих кількостях іони хлору у вигляді хлориду натрію хлориду калію або хлориду нікелю.

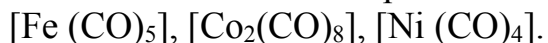
На роботу електроліту нікелювання великий вплив має рН розчину. В дуже кислих розчинах виділення нікелю взагалі не проходить і на катоді виділяється тільки водень. Якщо рН електроліту більше 6,3, тоді з електроліту починає випадати гідроксид нікелю і покриття стає темним. Для визначення рецептури нікелевих ванн і для визначення густини струму вибирають певне значення рН розчину. Зазвичай рН дорівнює 4, при цьому одержують блискуче покриття, але воно погано зщеплюється з металом і містить значну кількість пор та тріщин.

При нормальній роботі ванн виділення нікелю з електроліту має відновлюватися за рахунок розчинення нікелевого аноду. Але нормальне розчинення нікелевого аноду часто порушується за рахунок поляризації. Зовнішнім показником погіршення розчинності аноду є потемніння пластинки і виділення на ньому бульбашок кисню.

Електроліти для нікелювання дуже чутливі до забруднень, особливо іонами міді, цинку, заліза. Тому вміст домішок в солях, які використовуються для приготування електроліту має бути мінімальним.

Хімічна активність d-елементів VIII В групи значно нижча, ніж у металів IV – VII В груп і знижується від Fe до Ni (обумовлено заповненням d-підрівня: від d^6 у Fe до d^8 у Ni). У ряду напруг Fe, Co і Ni розміщуються до Гідрогену і при взаємодії з розведеними кислотами (HCl, H_2SO_4) окиснюються H_3O^+ - йонами з виділенням H_2 і утворенням солей Fe^{2+} -, Co^{2+} - і Ni^{2+} -йонів.

Кислота, аніон якої є окисником (окиснювачем), окиснює при нагріванні $Fe^0 \square Fe^{+3}$ або $Fe^{+2} \square Fe^{+3}$. За високої концентрації цих кислот (HNO_3 , H_2SO_4) за кімнатної температури Fe пасивнішає (аналогічно Al і Cr). Цим металам властиве утворення чисельних комплексних сполук (у більшості випадків з к. ч. б) аніонного та катіонного типів. Відомі і неелектроліти, де центральний атом – нейтральний, наприклад, карбоніли:



FeO і $Fe(OH)_2$ мають основний характер і з кислотами утворюють солі (світло-зеленого кольору у кристалічному стані). Із них найбільше значення набули залізний купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ і сіль Мора $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$. Солі Fe^{2+} -йона поступово окиснюються до солей Fe^{3+} -йона (за $pH = 7, >7$).

Fe_2O_3 і $Fe(OH)_3$ мають амфотерний характер, утворюють з кислотами солі, наприклад, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, а з концентрованими розчинами лугів – феріти, наприклад, $NaFeO_2$ або $Na[Fe(OH)_4]$ (у розчині).

Відомі також ферати – солі залізної кислоти, наприклад, BaFeO_4 (сама кислота H_2FeO_4 і її ангідрид FeO_3 – невідомі). Ферати – сильні окисники.

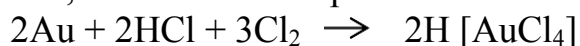
Із комплексних сполук практичне значення мають жовта та червона кров'яна солі $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ і $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, реактиви на Fe^{3+} - і Fe^{2+} -йони:



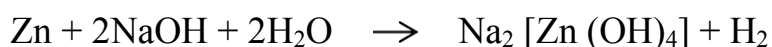
d – елементи підгруп Купруму і Цинку – метали з електронною конфігурацією $[\text{ns}^1(\text{n}-1)\text{d}^{10}]$ і $[\text{ns}^2(\text{n}-1)\text{d}^{10}]$ відповідно. d-Підрівень у атомів елементів підгрупи Купруму нестабільний і в утворенні хімічних зв'язків беруть участь один або два d-електрони. Ступінь окиснення їх має значення: 0 (проста речовина), +1, +2, +3 (у сполуках). Найбільш стійкий ступінь окиснення: $\text{Cu}^{+2}, \text{Ag}^+, \text{Au}^{+3}$. У елементів підгрупи Цинку ступінь окиснення складає: 0 (проста речовина), +1 (Hg_2^{+2} як радикал) та +2 (у сполуках Zn, Cd, Hg).

Cu, Ag і Au за тепло - і електропровідністю, а також пластичністю переважають усі метали, але хімічно менш активні. З Оксигеном взаємодіє безпосередньо лише Cu, з Сульфуром – Cu і Ag, а з галогенами – Cu, Ag і Au (останні при нагріванні).

Cu і Ag розчиняються у розведених і концентрованих HNO_3 та концентрованих H_2SO_4 . Au розчиняється у царській водці (“царській воді”), а також у розчині HCl , насиченого хлором:



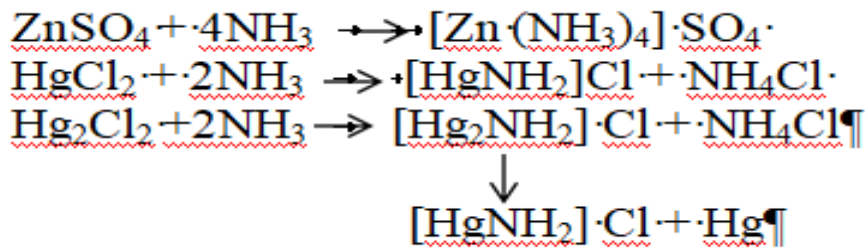
Цинк – хімічно активний метал, легко розчиняється у кислотах та при нагріванні у розчинах лугів:



Кадмій розчиняється у кислотах менш енергійно, практично нерозчинний у лугах.

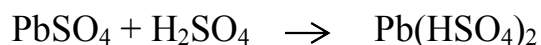
Меркурій – малоактивний метал і взаємодіє лише з кислотами – окиснювачами. При взаємодії Hg з розчином HNO_3 утворюються сполуки Hg^{+2} (надлишок кислоти) або сполуки Hg_2^{+2} - радикала (надлишок металу). Сплави Hg з різними металами називаються амальгамами.

Зверніть увагу на різну поведінку солей Zn^{+2} , Cd^{+2} , Hg_2^{+2} і Hg^{+2} по відношенню до розчину аміаку. Наприклад:

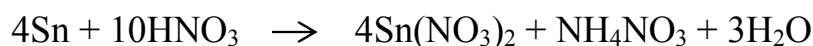


Станум і Плюмбум – р – елементи IV А групи (ns^2np^2). Це – металоїди, які займають проміжне положення між металами і неметалами (професор А.М. Голуб). За фізичними властивостями – це метали, а за хімічними вони нагадують неметали, наприклад, мають ступінь окиснення -4 (SnH_4 , PbH_4). Найхарактерніший ступінь окиснення +2. У ряду $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$ зменшуються відновлювальні властивості, а окиснювальна активність Pb^{+4} вище, ніж Sn^{+4} .

Метали поступово взаємодіють з розчинами HCl і CH_3COOH (Pb взаємодіє з HCl при нагріванні, оскільки PbCl_2 – малорозчинна речовина). Розведена H_2SO_4 не діє на Pb (захисна плівка PbSO_4 нерозчинна у розведеній кислоті), тоді як у концентрованій кислоті ($\geq 80\%$) вона (плівка) розчинна:



Значно легше ці метали реагують з розчинами HNO_3 і лугами (особливо Sn). Pb окиснюється HNO_3 до Pb^{2+} . Sn окиснюється концентрованою HNO_3 до SnO_2 або β – олов'яної кислоти H_2SnO_3 (практично $x \text{SnO}_2 \cdot y \text{H}_2\text{O}$). Сильно розведена HNO_3 взаємодіє із Sn за рівнянням:



Дигідроксиди $\text{Sn}(\text{OH})_2$ і $\text{Pb}(\text{OH})_2$ – амфотерні. У сполуках Sn^{+4} і Pb^{+4} має місце sp^3 – гібридизація, аналогічно молекулі CH_4 , але стійкість гібридизованих молекулярних орбіталей (МО) у цьому випадку значно нижча, ніж у молекул CH_4 і SiH_4 .

Станум широко застосовується для лудіння (особливо у харчовій промисловості, оскільки Sn інертний до органічних речовин).

Sn і Pb утворюють легкоплавку евтектику – „третник” (за низькотемпературної пайки багатьох металів); входять до складу чисельних сплавів (легкоплавких, антифрикційних). Pb застосовується для виготовлення кислотостійких труб (захист від H_2SO_4), акумуляторів, кабельної ізоляції, захисту від радіоактивного і рентгенівського випромінювання.

РОБОТА 1. Добування металів і сплавів з оксидів дією вуглецю
 Вуглець при високих температурах володіє сильними відновними властивостями. Він може відновлювати найстійкіші оксиди, такі як алюміній, магній, титан, цирконій оксиди та ін. Проте багато металів, які добуваються, активно сполучаються з вуглецем і утворюють міцні карбіди, наприклад CaC_2 , TiC , ZrC і т. д. Тому відновлювати вуглецем можна тільки такі метали, які не

утворюють карбідів. На практиці з стійких оксидів відновлюють вуглецем тільки один магній, який випаровується з реакційного простору, і пари його уловлюються.

Мета роботи. Відновити вугіллям один з металів, свинець або вісмут.

Реактиви: деревне вугілля; оксиди металів: PbO, Bi₂O₃

Обладнання: високий фарфоровий тигель місткістю 50-60 см³; муфельна електропіч на 1100°C; тигельні щипці; підставка для тиглю (цеглина і т.п.); технічні та аналітичні терези з різноважками.

Виконання роботи.

1. Для проведення реакції деревне вугілля подрібнити до дрібної крихти і відсіяти від вугільного пилу. Вугілля береться у надлишку, оскільки частина його окислюється за рахунок проникаючого в тигель повітря. Розрахунок провести на 2 г оксидів, вважаючи (для спрощення розрахунку), що вугілля окислюється до карбон (II) оксиду і не має домішок.
2. На дно тиглю насипати суміш оксиду з вугіллям (рис. 2). Зверху суміш засипати шаром вугільної крихти товщиною в 1 см, щільно закрити тигель кришкою і помістити його в електропіч. У разі відсутності кришки тигель потрібно щільно закрити шматком азбесту і зверху засипати кварцовим піском. Реакцію проводити при 800 °С протягом 10-12 хв.
3. Потім тигель вийняти, швидко вилити розплавлений метал на металеву або керамічну поверхню. Гарячий тигель поставити в пісок .

При надлишку вугілля відновлення металу проходить практично повністю, проте внаслідок втрат за рахунок неповноти відділення металу, вихід далекий від 100%.

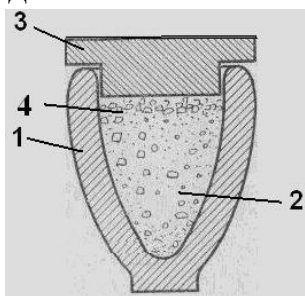


Рис. 2. Тигель з сумішшю для добування металів відновленням вугіллям із оксидів: 1 – фарфоровий тигель, 2 – суміш оксиду металу з деревним вугіллям, 3 – кришка тиглю, 4 – шар вугілля.

4. Розрахувати теоретичний вихід металу. Зважити отриманий метал та розрахувати практичний вихід металу (у %).

Оформлення результатів роботи: знайти вихід металу у відсотках, заповнити таблицю:

Маса оксиду, г	Теоретична маса металу, г	Практична маса добутого металу, г	η (вихід), $\frac{m_{np}}{m_{teo}} \cdot 100$, %

Робота 2. Властивості конструкційних металів та їх сполук

Мета роботи: Вивчити хімічні властивості конструкційних металів та їх сполук.

Дослід 1. Визначення Алюмінію у сплавах

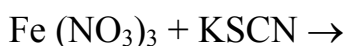
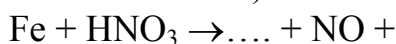
На чисту поверхню сплаву нанесіть 2-3 краплі 30%-ного розчину NaOH. Якщо через 2-3 хвилини спостерігається “кипіння” рідини з виділенням газу, то даний сплав містить, вірогідно, алюміній. Щоб переконатися у цьому, на смужку фільтровального паперу нанесіть 1-2 краплі розчину $K_4[Fe(CN)_6]$ і у центр утвореної плями помістіть 1 краплю розчину, який досліджується. При цьому катіони Cr^{3+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} і інші осаджуються у вигляді відповідних

ціанідних комплексів і залишаються у центрі плями, тоді як йони алюмінію по капілярах переміщуються на периферію плями.

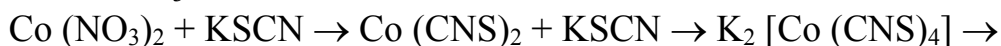
Потім пляму обробляють аміаком, тримаючи фільтрований папір над отвором склянки з розчином NH_3 і змочують зовнішню зону плями розчином алізарину. Після цього пляму знову обробляють парою NH_3 , папір висушують і зовнішню зону плями змочують розчином CH_3COOH з $C_n = 1,0$. За наявності йонів алюмінію з’являється рожеве кільце.

Дослід 2. Визначення Fe, Co і Ni у сплавах.

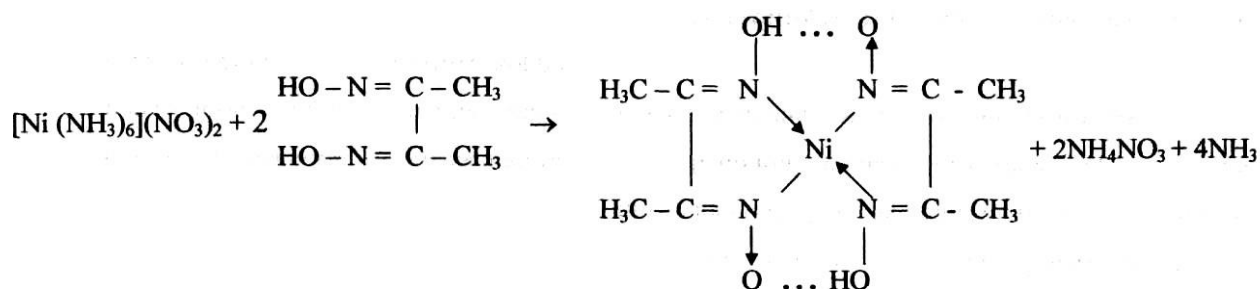
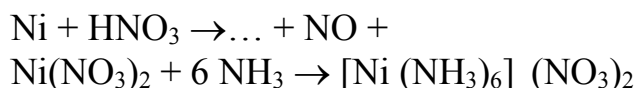
Для відкриття Fe на чисту поверхню сталі нанесіть 3 – 4 краплі розведеного розчину HNO_3 і через декілька хвилин додайте 2 краплі концентрованого розчину HNO_3 . Потім перенесіть капіляром одержаний розчин у 2 пробірки і в одну додайте 1-2 краплі розчину $KSCN$ (NH_4SCN), а у іншу – розчин $K_4[Fe(CN)_6]$. У першій пробірці розчин забарвлюється у інтенсивно червоно – кров’янистий колір, тоді як у другій випадає осад синього кольору (берлінська блакить). Закінчіть рівняння хімічних реакцій:



Для відкриття Co на чисту поверхню сплаву нанесіть 3-4 краплі концентрованого розчину HNO_3 , додайте через 2-3 хвилини 1-2 краплі води і перенесіть розчин капіляром у пробірку. Потім додайте до неї 3-4 краплі насиченого розчину $KSCN$ (NH_4SCN), 5-6 крапель амілового спирту у суміші з етиловим ефіром (етером), перемішайте суміш. Спиртово-ефірний шар за наявності Co^{2+} - йонів забарвлюється у синій колір, характерний для $[Co(CNS)_4]^{2-}$ - аніона. Закінчіть рівняння хімічних реакцій:



Для відкриття Ni на чисту поверхню сталі нанесіть 2 – 3 краплі розчину HNO_3 (1:1), через 3 – 4 хвилини перенесіть розчин капіляром у пробірку, додайте 5-6 крапель розведеного розчину аміаку і 2 – 3 краплі спиртового розчину діацетилдіоксиму (реактив Чугаєва). За наявності Ni^{2+} - йонів утворюється комплексна сполука яскраво червоного кольору:

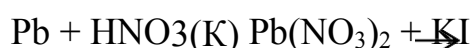


Дослід 3. Аналіз латуні (сплав Cu + Zn) і бронзи (сплав Cu + Sn)

На чисту поверхню сплаву нанесіть 2 – 3 краплі концентрованого розчину HNO_3 , через 3 – 5 хвилин перенесіть його (розчин) капіляром у пробірку, додайте 2 – 3 краплі води і потім три краплі розчину $\text{K}_2[\text{Hg}(\text{NCS})_4]$. Утворення чорно-фіолетового (чорно-блакитного) осаду вказує на те, що сплав – латунь, бронза при цьому дає осад зеленого кольору.

Дослід 4. Відкриття Pb у сплавах

На чисту поверхню сплаву нанесіть 2 – 3 краплі розчину концентрованої нітратної кислоти HNO_3 , через 3 – 5 хвилин перенесіть капіляром одержаний розчин у пробірку, додайте 3 – 4 краплі води і 2 – 3 краплі розчину KI . Якщо випадає осад жовтого кольору, то сплав містить Pb. Закінчіть рівняння реакцій:

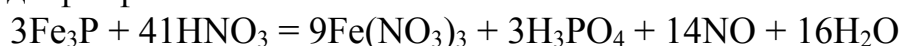


Осад PbI_2 розчиняється в гарячій воді, розчині CH_3COOH і надлишку розчину KI : $2\text{KI} + \text{PbI}_2 \rightarrow \text{K}_2[\text{PbI}_4]$. При охолодженні розчину PbI_2 випадає у вигляді золотистих пластівців. Перевірте розчинність PbI_2 у воді і у розчині KI .

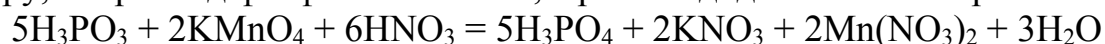
Дослід 5. Визначення вмісту Фосфору в сталі або чавуні

Найпоширенішим методом визначення фосфору в сталі є об'ємний або алкаліметричний метод.

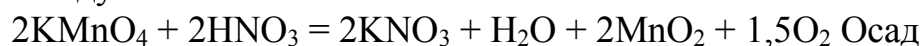
Наважку сталі розчиняють в кислотах, що володіють сильними окислювальними властивостями (іноді використовують царську горілку). При цьому Фосфор, що міститься в зразку переважно у вигляді фосфідів, окиснюється до фосфатної кислоти:



Для запобігання можливості утворення кислот з меншим ступенем окислення Фосфору, наприклад фосфітної кислоти, в розчин додають калій перманганат:



Розчин калій перманганату додається в надлишку, тому іноді за рахунок розкладання калій перманганату утворюється темно-коричневий осад манган діоксиду:



Осад манган діоксиду розчиняють ферум (II) сульфатом:

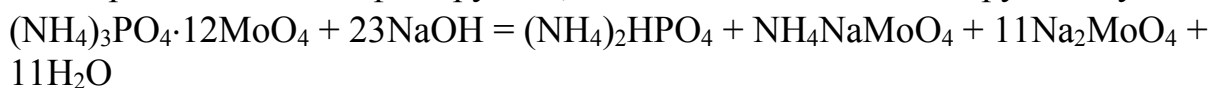


Для визначення Фосфору фосфатну кислоту осаджують розчином амоній молібдату:



Осадження амоній фосфатомолібдату проводять з слабокислого розчину, до якого додають 5-10%-вого амоній нітрату для зниження розчинності осаду. Дуже висока концентрація нітратної кислоти може привести до руйнування комплексної сполуки, а низька може привести до забруднення осаду молібдатною кислотою, яка малорозчинна у воді і в розбавлених кислотах. Оптимальною температурою для осадження є 60-70 °С. Випадання осаду гальмується при наявності в розчині великої кількості сульфатів, хлоридів та фторидів. Заважають визначенню арсенатна і силікатна кислоти, оскільки вони також утворюють комплексні сполуки з амоній молібдатом.

Одержаний осад відфільтрувати, відмити від кислоти і титрувати лугом:



За кількістю лугу, що пішов на титрування, розрахувати кількість Фосфору. Осад можна також висушити при 105 °С і зважити у вигляді $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$. При прожарюванні (температура 400-500 °С) ця речовина розкладається і утворює речовину складу $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 12\text{MoO}_3$.

Мета роботи. Визначити кількість фосфору в зразку сталі або чавуну.

Реактиви: нітратна кислота (1:2), 2%-вий розчин калій перманганату, насичений розчин ферум (II) сульфату, 25%-вий розчин амоніаку, розчин амоній молібдату (молібденова рідина), 1%-вий розчин (нейтральний) амоній або калій нітрату, 0,02%-вий водний розчин метилоранжу, титрований розчин нітратної кислоти, титрований розчин калій або натрій гідроксиду, розчин фенолфталеїну.

Обладнання: бюретка, колби, мірні циліндри, фільтри.

Виконання роботи.

- 0,5 г сталі помістити в конічну колбу на 250 мл, додати 10 мл нітратної кислоти, розбавленої 1:2 (**виконувати під витяжною шафою!**). Кислоту додати спочатку невеликими порціями, оскільки реакція протікає бурхливо.
- Розчин нагріти до повного розчинення сталі.
- До гарячого розчину додати розчин калій перманганату до появи стійкого малинового забарвлення. Розчин кип'ятити 5 хв, і до гарячого розчину для розчинення манган діоксиду, що випав в осад, додати по краплинах розчин ферум (II) сульфату.
- Розчин повторно кип'ятити 1-2 хв, охолодити до 60-70°C, нейтралізувати розчином амоніаку до утворення невеликого осаду ферум (III) гідроксиду.
- Осад розчинити в концентрованій нітратній кислоті, яку додати в розчин по краплинах. Потім додати ще 5 мл нітратної кислоти. До прозорого розчину, при температурі близько 60-70°C, долити 30 мл розчину амоній молібдату, суміш енергійно збовтати протягом 1-3 хв до появи жовтого осаду і залишити стояти протягом 0,5-1 год для осадження амоній фосфатомолібдату.

6. Жовтий осад відфільтрувати через подвійний фільтр з синьою стрічкою, промити колбу і осад на фільтрі 5%-вим розчином амоній нітрату або калій нітрату до нейтральної реакції. Для цього час від часу фільтрат збирати в пробірку і додати декілька краплин метилоранжу.
7. Промитий осад разом з фільтром перенести в колбу, в якій проводилося осадження, долити 20 мл титрованого розчину лугу і збовтати до тих пір, поки фільтр не розпадеться на волокна і жовтий осад повністю не розчиниться. Луг має бути в надлишку, на що вказує зміна забарвлення фенолфталеїну. При відсутності забарвлення в розчин додають ще 10-15 мл титрованого розчину лугу.
8. В колбу додати 20 мл свіжопрокип'яченої води (що не містить карбон діоксиду) і, промивши стінки колби водою, розчин титрувати розчином нітратної кислоти до зникнення малинового забарвлення фенолфталеїну.
9. Вміст фосфору в сталі розрахувати за формулою:

$$P = \frac{T_p \cdot (V - V_1 \cdot C) \cdot 100\%}{m}$$

де, T_p – титр розчину лугу, мг/л;

V – об'єм розчину лугу, взятого для розчинення осаду, мл;

V_1 – об'єм нітратної кислоти, що використано на титрування надлишку лугу, мл;

C – співвідношення між концентраціями лугу і нітратної кислоти ($C_{\text{NaOH}}/C_{\text{HNO}_3}$) – визначається шляхом титрування кислоти лугом, $C = V_{\text{NaOH}}/V_{\text{HNO}_3}$.

m – маса зразка сталі або чавуну, г.

Величина $(V - V_1 \cdot C)$ – об'єм лугу, який використовується на розчинення осаду амоній фосфатомолібдат. Так як до осаду додають надлишок лугу, об'єм лугу, що взаємодіє з осадом, визначають за різницею об'єму розчину лугу, взятого для розчинення осаду (V) і об'єму нітратної кислоти, що пішла на титрування надлишку лугу (V_1), помножену на співвідношення між лугом і кислотою (C).

Одержані цифрові дані занести в таблицю.

Маса наважки сталі або чавуну (m), г	Об'єм розчину лугу, взятого для розчинення осаду (V), мл	Об'єм HNO_3 , що використано на титрування надлишку лугу (V_1), мл	Титр лугу (T_p), мг/л	Вміст Фосфору, %

Робота 3. Одержання нікелевого покриття електролітичним методом

Мета роботи: покрити сталеву пластинку шаром нікелю.

Обладнання, матеріали, реактиви: скляний електролізер; випрямляч; сталеві, мідні і нікелеві електроди; наждачний папір; сульфати: нікелю, натрію, магнію; хлорид натрію; борна кислота; гідроксид кальцію; сірчана кислота 3–5%.

Порядок виконання роботи. Нікелювання складається із наступних операцій : підготовка поверхні металу або сплаву, нікелювання і полірування нікелевого покриття.

Для досліду найкращими будуть залізні пластинки з загальною поверхнею 10-15 см². Пластинку попередньо обробляють наждачним папером, необхідно повністю зашліфувати подряпини. Для одержання рівного блискучого покриття пластинку шліфують, полірують порошком оксиду хрому або алюмінію, який наноситься на тканину. Для знежирення пластинку натирають гідроксидом кальцію, нанесеним на зубну щітку. Пасту видаляють щіткою, промиваючи пластинку дистильованою водою і занурюють на 1 хв в 3–5%-ний розчин сірчаної кислоти, знову промивають дистильованою водою і розміщують у ванні для нікелювання (рис. 4).

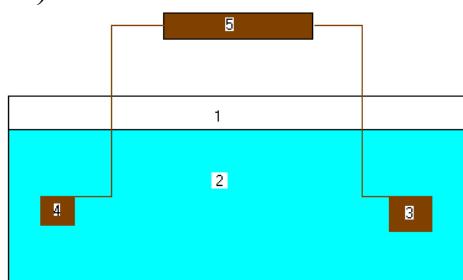


Рис. 4. Одержання нікелевого покриття електродним методом: 1 – скляна ванна; 2 – електроліт; 3 – нікелевий анод; 4 – залізна або мідна пластинка; 5 – випрямляч.

При короткочасному протравленні заліза сірчаною кислотою на поверхні виникає кристалічна структура заліза, за рахунок якої покращується покриття з залізом.

Склад електроліту для нікелювання (в г/л): Сульфат нікелю – 150–200; Сульфат натрію – 70; Сульфат магнію – 10; Хлорид нагрію – 5; Борна кислота – 30.

Нікелювання поверхні проводять при густині струму 0,5–1 А/дм протягом 10 хв.

Напруга на електродах залежить від опору електроліту і відстані між ними. При нікелюванні потрібно слідкувати за показниками амперметра, так як підвищення сили струму вище за вказані погіршує якість покриття.

Після нікелювання постійний струм вимикають, пластинку промивають водою і полірують.

Оформлення результатів роботи: замалювати ванну для нікелювання. Описати порядок проведення роботи, склад електроліту, режим нікелювання.

Задачі для самостійної роботи з теми «Чорна і кольорова металургія»

1. Зразок марганцевої руди містить 25 % MnO₂. Яка маса марганцю може бути одержана з 1 т такої руди?
2. Зразок залізної проволочки масою 0,21 г розчинено в H₂SO₄ без доступу повітря. На окиснення одержаного ферум (II) сульфату затрачено 33,6 мл 0,1103 н розчину KMnO₄. Визначити масову частку заліза в проволочці.
3. Яка маса силіцій діоксиду вступила в реакцію відновлення в доменній печі при виплавці 1400 т чавуну, що містить 0,04 масової частки силіцію.

4. У 200 мл 0,1 М розчину купрум (II) сульфату занурено залізну пластинку масою 10 г. Визначте масу пластинки після закінчення реакції.
5. Скільки бурого залізняку потрібно для виплавки 2000 т чавуну, який містить 0,96 масової частки заліза, якщо в склад руди входить 0,80 масової частки червоного залізняку (Fe₂O₃)?
6. Використавши ряд напруг металів, вкажіть, чи можуть Cu і Zn за звичайних умов витіснити H₂ із розведених кислот (HCl, H₂SO₄)? У якій розведеній кислоті розчиняється Cu? Напишіть рівняння реакцій.
7. Який із дигідроксидів - Zn(OH)₂ чи Cd(OH)₂ – проявляє більш основні властивості? Чому?
8. Напишіть електронні формули атомів Sn і Pb. Яка їх валентність у нормальному та збудженому станах?
9. Який валентний стан більш характерний для Pb: Pb⁺² чи Pb⁺⁴? Чому?
10. Як змінюються відновлювальні властивості йонів у ряду Fe²⁺ → Co²⁺ → Ni²⁺ та окиснювальна – у ряду Fe³⁺ → Co³⁺ → Ni³⁺?
11. Яким чином можливо пояснити, що максимальний ступінь окиснення Феруму у його сполуках дорівнює +6. Чому для нього неможливий ступінь окиснення +8? Поясніть це, використавши електронну формулу атому Fe.
12. Яким чином можливо одержати FeCl₂ і FeCl₃ із металічного Феруму?
13. Обчисліть ΔH₂₉₈⁰ утворення FeO, Fe₂O₃ і Fe₃O₄ із Fe і O₂. Які висновки можливо зробити на підставі одержаних значень ΔH₂₉₈⁰ відносно їх термічної стійкості?
14. Якими реакціями можливо відрізнити Fe³⁺ - йони від Fe²⁺ - йонів? Складіть рівняння цих реакцій.
15. Напишіть рівняння електролітичної дисоціації таких сполук: NH₄Fe (SO₄)₂ і K₄[Fe (CN)₆]. До яких класів неорганічних сполук вони відносяться? Що таке первинна і вторинна дисоціація комплексних сполук?
16. Яким чином взаємодіють Fe (OH)₃, Co (OH)₃ і Ni (OH)₃ з розчинами HCl та H₂SO₄? Складіть рівняння відповідних реакцій.
17. Які сполуки утворюють Fe, Co і Ni з CO? Дайте їм назву.

Рекомендовані джерела інформації

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
2. Клименко Л. П. Техноекоелогія : посібник / Клименко Л. П. – Миколаїв : Вид-в МФ НаУКМА, 2000. – 304с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ТЕМА. ПЕРЕРОБКА ПАЛИВА.

Мета: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки різних видів палива. Визначити основні напрямки переробки палива та подальше використання продуктів цієї переробки. Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Переробка твердого палива. Коксування вугілля.
2. Газифікація та гідрогенізація твердого палива.
3. Переробка нафти та нафтопродуктів. Види рідкого палива. Октанове та цетанове число палива.
4. Крекінг та ароматизація нафтопродуктів.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА

КРЕКІНГ НАФТОПРОДУКТІВ. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТВЕРДОГО ПАЛИВА

Контрольні питання до лабораторної роботи:

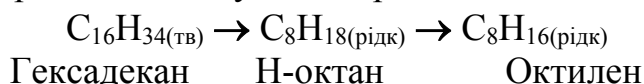
1. Дайте визначення поняттю “крекінг”. Що досягається при проведенні цього процесу?
2. Назвіть основну сировину та основні продукти в процесі крекінгу.
3. Назвіть відомі Вам види крекінгу.
4. Назвіть умови проведення термічного крекінгу.
5. Назвіть умови проведення каталітичного крекінгу. Назвіть найбільш поширений каталізатор, який використовують при каталітичному крекінгу.

Короткі теоретичні відомості

Нафта є однією з найважливіших корисних копалин. Вона служить сировиною для виробництва різних видів палива, змащувальних масел, розчинників, синтетичного метанолу, вибухових речовин, синтетичного каучуку, пластичних мас, синтетичних волокон і багатьох інших продуктів.

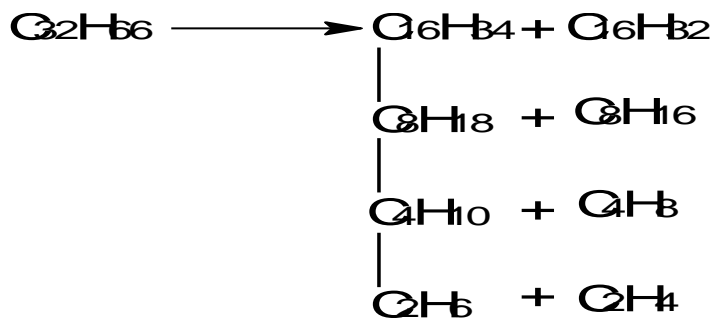
Нафта є світлою або темною, в'язкою рідиною, яка має характерний запах і горить кіптявим полум'ям. Нафта складається з суміші газоподібних, рідких і твердих вуглеводнів. За елементарним складом нафта значно відрізняється одна від одної.

Середній вміст вуглецю в них складає близько 86%, а водню – близько 13%. З вуглеводнів, що містяться, в нафті найменш стійкими до нагрівання є насичені, парафінові вуглеводні, більш стійкі при температурі 450–550°C піддаються реакції розщеплення, що супроводиться розривом зв'язку посередині або біля середини молекули. Наприклад:

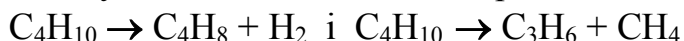


Легкі насичені вуглеводні, що утворюються, можуть таким же чином

розпадатися на ще більш прості молекули. Схематично процес розкладання високомолекулярного парафінового вуглеводню може бути представлений таким чином:



У низьких парафінів спостерігається також дегідрування і розщеплювання з розривом зв'язку в кінці вуглецевого ланцюга, наприклад:



З підвищенням молекулярної маси стійкість парафінових вуглеводнів до дії тепла зменшується.

Робота 1. Крекінг нафтопродуктів.

Мета роботи: 1. Вивчити властивість хімічних процесів, що відбуваються при крекінгу нафтопродуктів. 2. Зробити фракційне розділення сирого гасу і встановити його склад. 3. Зробити термічний крекінг очищеного гасу. 4. Зробити фракційне розділення конденсату, одержаного в процесі крекінгу очищеного гасу і зіставити вихід бензинової фракції його з виходом бензинової фракції сирого гасу. Зробити якісне визначення ненасичених вуглеводнів у продуктах крекінгу.

Прилади і матеріали: 1. Трубочаста електропіч; 2. Термопари з пірометром; 3. Залізна трубка, заповнена залізною стружкою для поліпшення передачі тепла парам гасу; 4. Бюретка на 50 мл, яка є напірним баком і вимірником гасу, що поступає на крекінг; 5. Алонж, який сполучає бюретку із залізною трубкою; 6. Приймач – колба Вюрца на 100 мл, занурена в кристалізатор з льодом або снігом; 7. Градуйований газометр для збирання газоподібних продуктів і ємкість для вимірювання витікаючої води; 8. Прилад для фракційної перегонки гасу і продуктів крекінгу; 9. Скляні і гумові трубки і пробки для монтажу установки; 10. Гас сирий і очищений від ненасичених вуглеводнів; 11. Розчин бромної води.

Виконання роботи. Сировиною для термічного крекінгу слугують гас, соляріві масла і мазут. Всі ці продукти прямої перегонки нафти є складними сумішами різних вуглеводнів. Тому вони переганяються в широкому інтервалі температур. Для ознайомлення з властивостями фракційного розгону можна взяти звичайний гас.

Визначення фракційного складу гасу

Для проведення роботи збирають прилад, зображений на рисунку 2. Прилад складається з колби Вюрца місткістю 50–100 мл, сполученою з водяним холодильником, до якого приєднують алонж. Нижній кінець алонжа опускають у вимірювальний циліндр місткістю 25–50мл. Отвір циліндра

закривають тампоном з вати.

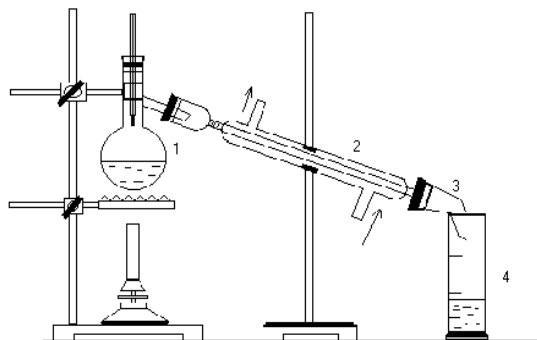


Рис. 2. 1. Колба Вюрца; 2. Водяний холодильник; 3. Алонж ; 4. Мірний циліндр.

Відмірюють 25 мл гасу, вливають його через лійку в перегінну колбу і закривають колбу пробкою зі вставленим в неї термометром на 300°C . Ртутний резервуар термометра повинен знаходитися дещо нижче за відвідну трубку колби Вюрца. Склавши прилад, починають нагрівати колбу через азбестову сітку полум'ям газового пальника. Відзначають температуру початку перегонки, тобто ту температуру, при якій стечуть в циліндр перші краплі дистилату. Перегонку ведуть з такою швидкістю, щоб в циліндр стікала приблизно одна крапля в секунду. Коли температура в перегінній колбі досягне 170°C , записують об'єм в мілілітрах, бензинової фракції, що утворилася. Продовжуючи нагрівання перегінної колби, збирають наступну лигроїнову фракцію, що викіпає в інтервалі температур $170\text{--}230^{\circ}\text{C}$, потім збирають і вимірюють газойлеву фракцію, що викіпає в інтервалі температур $230\text{--}300^{\circ}\text{C}$. Залишок в колбі є мазутом.

На підставі отриманих даних обчислюють фракційний склад гасу, тобто відсотковий вміст окремих фракцій, отримані при нагріванні до 170°C , до 230°C , до 300°C і вище. Дані перегонки і результати обчислень записуються до таблиці для звітів.

Крекінг гасу

Визначивши фракційний склад гасу, проводять крекінг. Для крекінгу краще користуватися гасом, очищеним від ненасичених вуглеводнів. Очищення гасу від ненасичених вуглеводнів здійснюється так: 100 мл гасу наливають в ділильну лійку, додають 15 мл концентрованої сірчаної кислоти і, закривши воронку пробкою, енергійно струшують суміш протягом 5 хв. Потім, поставивши лійку в штатив, відкривають пробку і випускають газоподібні продукти реакції, що утворилися. Після цього відстоюють суміш і випускають з лійки нижній шар, що містить сірчану кислоту з поглиненими нею ненасиченими сполуками. Промивку гасу сірчаною кислотою повторюють 2–3 рази. Після цього гас промивають лужним розчином перманганату калію, а потім його кілька разів промивають водою. Після промивки гасу його висушують шляхом струшування з безводним хлористим кальцієм з подальшим фільтруванням через сухий складчастий фільтр.

Очищений і осушений гас випробовують на відсутність ненасичених сполук у ньому. Для цього наливають у пробірку 2–3 мл гасу, додають 1 мл

бромної води і енергійно струшують. Якщо в гасі немає ненасичених сполук, бромна вода не змінює свого забарвлення, але якщо забарвлення бромної води зникає – гас не достатньо чистий, в ньому є ненасичені сполуки.

Переконавшись в чистоті очищеного гасу, приступають до крекінгу гасу. Для цього збирають прилад, зображений на рисунку 3, заповнюють очищеним гасом бюретку до нульової поділки, наповнюють газометр водою і перевіряють на герметичність окремі частини установки. Для того, щоб переконатися в герметичності установки, відкривають випускний кран газометра: якщо установка герметизується, то через декілька хвилин вода з газометра перестав витікати. В іншому випадку потрібно перевірити й ущільнити окремі з'єднання і знову перевірити герметичність установки. Після того, як буде досягнута повна герметизація системи, приступають до проведення досліду. Включають електропіч і, коли температура в печі досягне 500°C , подають сировину. Для цього обережно відкривають кран бюретки і регулюють швидкість подачі сировини в межах однієї краплі в 2–3 сек.

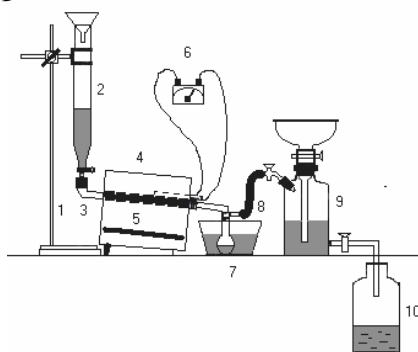


Рис. 3. 1. Штатив; 2. Бюретка з очищеним гасом; 3. Алонж; 4. Електропіч; 5. Трубка із залізними стружками; 6. Пірометр; 7. Приймач для рідких продуктів крекінгу; 8. Кристалізатор з кригою або снігом; 9. Газометр для збору газоподібних продуктів; 10. Ємкість для вимірювання витісненої води.

При такій подачі гасу протягом години можна піддати крекінгу 60–86 мл гасу. Відрегулювавши подачу сировини, регулюють за допомогою реостата температуру в печі, підтримуючи її на рівні 500°C .

Для того, щоб визначити вихід бензину й інших продуктів крекінгу, необхідно піддати крекінгу не менше 25 мл гасу. Після закінчення крекінгу припиняють подачу гасу, вимикають електропіч, відключають газометр і провадять розгонку продуктів крекінгу. Для цього рідкий продукт переливають з приймача в мірний циліндр. Точно вимірюють його об'єм і записують загальну кількість рідких продуктів у таблицю для звіту. Після цього переливають рідкий конденсат у невелику перегінну колбу із вставленим у неї термометром і сполучену з водяним холодильником. Обережним поступовим нагріванням перегінної колби газовим пальником здійснюють фракційну перегонку конденсату. Дистиллят збирають у невеликий мірний циліндр. Коли температура в перегінній колбі досягне 170°C , записують об'єм в мілілітрах бензинової фракції, що утворилася.

Продовжуючи нагрівання перегінної колби, збирають наступну лігроїнову фракцію, що викіпає в інтервалі температур $170 - 230^{\circ}\text{C}$, залишок в колбі являє

собою газойль термічного крекінгу.

Отримані дані записують у таблицю для звіту. Об'єм газоподібних продуктів крекінгу визначається за об'ємом витіснених ними з газометра води, яка збирається в градуйовану ємкість.

Оформлення результатів досліджу: для звіту про проведену роботу необхідно мати: 1. Конспект, в якому повинні бути відображені хімічні перетворення вуглеводнів нафти в процесі термічного крекінгу; 2. Малюнок установки для термічного крекінгу гасу і опису його роботи; 3. Фракційний склад сирого гасу; 4. Фракційний склад конденсату крекінгу гасу.

Робота 2. Суха перегонка деревини

Деревина поряд з кам'яним вугіллям, торфом, нафтою є важливим видом сировини для сучасної промисловості. Шляхом піролізу деревини одержують деревне вугілля, а суміш парів і газів складається із великого різноманіття речовин. При охолодженні отримують смолу, водний дистилат, неконденсовані гази.

Деревна смола містить феноли та їх похідні, а саме пірокатехін, пірогалол, а також спирти, кислоти вуглеводні та інші похідні.

Водний дистилат містить органічні кислоти – мурашину, оцтову, пропіонову; спирти – метиловий, етиловий, вищі кетони – ацетон, метилетилкетон і інші; ацетальдегід, фурфурол, ефіри, вуглеводні.

Неконденсовані гази містять приблизно 50 % – CO_2 , 34% – CO , 14% – CH_4 , 1,5% – H_2 .

Найбільш важливими рідкими продуктами перегонки є оцтова кислота і метиловий спирт, вихід яких залежить від природи деревини та умов перегонки. При перегонці твердолистих порід дерев (береза, бук, дуб та інші) вихід оцтової кислоти становить 4–5%, а метилового спирту 1,5–2%.

При перегонці м'яколистих порід деревини (осика, липа, вільха) вихід оцтової кислоти становить 4–5%, а метилового спирту 0,7–0,9%.

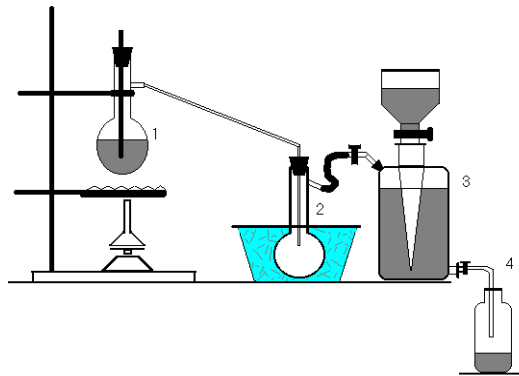
При перегонці хвойної деревини (сосна, ялина, піхта та інші) вихід оцтової кислоти складає 2,5–3,5%, а метилового спирту 0,7–0,9 %. Вихід газоподібних продуктів становить 16–17%.

Мета роботи: вивчити процес піролізу деревини. Визначити вихід деревного вугілля, рідких та газоподібних продуктів піролізу. Виділити оцтову кислоту і відтитрувати 0,1N розчином їдкою натрію.

Матеріали та обладнання: 1. Колба Вюрца об'ємом 500–1000мл; 2. Пірометр або термометр на 500°C; 3. Приймач для рідких речовин; 4. Газометр для збору газоподібних продуктів; 5. Бюретка, піпетка на 25 мл, конічні колби; 6. Мірна колба на 100 мл; 7. Мірний циліндр на 50 мл; 8. Деревні стружки різних порід дерев; 9. 0,1 N розчин NaOH; 10. Розчин вапняної води; 11. Розчин бромної води; 12. Водяний холодильник; 13. Колба Вюрца для розгонки рідких продуктів перегонки; 14. Термометр на 150–200°C.

Виконання роботи. Скласти прилад, зображений на рис. 7. Сушу перегонку дерева можна провести в круглдонній колбі Вюрца об'ємом 500мл. На технічних терезах відважити з точністю до 0,01г суху колбу Вюрца, а потім на

тих же терезах із тією ж точністю зважити 30–40 г сухих деревних стружок. Бажано знати породу дерева з якого приготовлені стружки. Пересипати стружки в колбу і скласти установку згідно схеми і перевірити її на герметичність. З цією метою відкривають нижній кран газометра заповненого водою, якщо установка герметична то вода з газометра швидко перестане виливатися.



1. Колба Вюрца ємністю 500–1000 мл; 2. Приймач для рідких продуктів перегонки; 3. Газометр для збору газоподібних продуктів перегонки; 4. Ємкість для збору витісненої води.

Рис. 7. Схема установки для сухої перегонки деревини.

Переконавшись в герметичності приладу, нагріти колбу з деревними стружками і уважно спостерігати за ходом процесу. Відмітити температуру початку реакції. Потім поступово підвищити температуру до 400–450°C і витримати при цій температурі 10–15 хв.

Про кінець перегонки свідчить припинення виділення газоподібних продуктів. Коли процес перегонки закінчується поступово знизити температуру не допускаючи викиду рідких продуктів перегонки із приймача у перегінну колбу.

Коли температура знизиться і процес перегонки припиниться, розібрати прилад. Зважити приймач з рідкими продуктами перегонки і записати масу. За різницею ваги пустої колби та колби з рідкими продуктами перегонки вираховувати вихід їх у відсотках від маси взятих стружок.

Зваживши колбу перегонки з деревним вугіллям знайти масу деревного вугілля у грамах. На основі цих даних обчислити вихід деревного вугілля у відсотках.

Про кількість утворених газоподібних продуктів судять по кількості витісненої води з газометра. Перевірити газоподібні продукти на горючість. Для цього до верхнього крана газометра приєднати зігнуту трубку з відтягнутим кінцем і заливаючи воду і з верхньої лійки, витіснити газ, який підпалити.

Провірити газ на наявність у ньому вуглекислого газу. Для цього в пробірку налити вапняну воду і пропустити через неї газоподібні продукти перегонки з газометра. Вапняна вода швидко мутніє.

Пропускаючи газоподібні продукти через бромну воду спостерігати її знебарвлення, що свідчить про наявність ненасичених вуглеводнів.

Потім провести визначення виходу оцтової кислоти.

Водний дистиллят, одержаний при розгонці, кількісно перелити у мірну колбу на 100 мл, довести об'єм до мітки дистильованою водою і добре перемішати. Відібрати піпеткою 10 мл одержаного розчину, перенести у конічну колбу і титрувати 0,1 Н розчином гідроксиду натрію в присутності фенолфталеїну. Титрування повторити 2–3 рази. Обчислити нормальність оцтової кислоти.

Форма звіту про роботу: 1.Короткий переказ змісту роботи; 2. Замалювати схему приладу; 3. Дані про роботу записати в таблицю.

Взято	Отримано				
Деревні стружки	Деревне вугілля	Рідкий конденсат	Деревна смола	Оцтова кислота	Газоподібні продукти
Г	Г %	Г %	Г %	Г %	Г %

Робота 3. Технічний аналіз твердого палива

При технічному аналізі твердого палива визначають вологість, зольність та вміст летких продуктів. Від вологості залежить теплотворна здатність палива. Вміст вологи залежить від виду палива, у першу чергу від його віку. Наприклад, у торфі міститься до 25% вологи, а в антрациті її не більше 1,5%. Мінеральні речовини палива, складовою частиною яких є карбонати, силікати, сульфати металів, при спалюванні залишаються у вигляді золи. При цьому багато речовин розкладаються з утворенням оксидів. Крім того, до складу золи входить пісок та глина. До летких речовин належать газоподібні та пароподібні продукти, які виділяються при нагріванні твердого палива без доступу повітря. Разом з леткими речовинами виходить волога. Вихід летких речовин дозволяє зробити висновок про доцільність хімічної переробки твердого палива для одержання рідких та газоподібних продуктів. Доцільність використання кам'яного вугілля для процесів коксування визначається здатністю його до спікання, тобто до утворення твердого спеченого залишку – коксу.

Мета роботи. 1. Провести суху перегонку кам'яного вугілля та деревини, визначити вихід твердих, рідких та газоподібних продуктів. 2. Визначити вологість і зольність кам'яного вугілля і деревини. 3. Скласти спрощений матеріальний баланс процесу коксування.

Реактиви: тверде паливо.

Обладнання: електропіч; сушильна шафа; електромлин для розмелу палива; бюкс з кришкою (висота 25 мм, діаметр 35 мм); фарфоровий тигель з кришкою (висота 40 мм, діаметр 30 мм); тигельні щипці; ексікатор з кальцій хлоридом.

Виконання роботи. Аналіз твердого палива виконується в такій послідовності:

1. Визначення вологості – тривалість 2 год.
2. Визначення летких речовин у паливі – тривалість 10 хв.
3. Визначення попільності – тривалість 2 год.

Визначення вологості твердого палива. У зважений фарфоровий бюкс помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Помістити бюкс у сушильну шафу і висушити паливо протягом 2 год при 105 °С. Висушене паливо вийняти з печі, закрити бюкс кришкою, охолодити спочатку на повітрі, потім у ексікаторі та зважити. Повторно висушити паливо при тій же температурі протягом 30 хв і якщо втрата маси не перевищує 0,01 г вважати процес виділення з палива води завершеним. Вміст води розрахувати за формулою:

$$\omega = \frac{\Delta m}{m_1} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси бюксу з паливом після висушування, г ; m_1 – наважка палива, г.

Визначення летких речовин у паливі. У зважений фарфоровий тигель помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Закрити тигель кришкою, помістити його щипцями в електричну піч, нагріту до температури 800 °С і витримати при цій температурі 10 хв. Після цього вийняти тигель, охолодити на повітрі 5 хв, а, потім в ексікаторі до кімнатної температури. Кришку при цьому не знімати. Охолоджений тигель зважити. Вміст летких речовин $\omega_{ЛР}$ розрахувати за формулою:

$$\omega_{ЛР} = \frac{\Delta m - m_{H_2O}}{m_2} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси після прожарювання, г ;
– маса води в паливі, г;

m_2 – вихідна наважка палива, г.

Масу води у паливі розрахувати за вологістю палива (див. визначення вологості) та вихідною наважкою палива:

$$m_{H_2O} = \frac{\omega_1 \cdot m_2}{100\%} .$$

Визначення зольності твердого палива. У зважений фарфоровий тигель помістити 2 г подрібненого кам'яного вугілля або деревини і повторно зважити. Помістити тигель в електричну піч і поступово, протягом 1 год підвищити температуру до 800 °С і витримати при цій температурі 2 год. Після цього фарфоровий тигель вийняти щипцями з печі, закрити кришкою, охолодити на повітрі і перенести в ексікатор в якому охолодити до кімнатної температури. Зважити тигель із залишком і, для перевірки повноти згорання, періодично прожарювати при тій же температурі протягом 30 хв до тих пір, поки різниця у визначенні маси не становитиме 0,01 г. Попільність розрахувати за формулою:

$$\omega = \frac{\Delta m}{m_3} \cdot 100\% ,$$

де Δm – втрата маси після спалювання, г ; m_3 – наважка палива, г.

Оформлення результатів роботи.

Результати визначення технічних показників заносимо в таблицю.

Вологість, вміст летких речовин та зольність твердого палива.

Маса палива	Технічна характеристика	z	%
$m_1 =$	Вологість	$\Delta m =$	
$m_2 =$	Леткі продукти (без води)	$\Delta m =$	
$m_3 =$	Зольність	$\Delta m =$	

Завдання для самостійної роботи з теми «Хімічне паливо»

1. Порівняйте промислові синтези метанолу та аміаку та зазначте, що у них спільне.
2. Які хімічні реакції здійснюються під час крекінг-процесу? Напишіть рівняння і назвіть речовини.
3. Під час риформінгу нафти відбуваються такі реакції: дегідроциклізація парафінів, ізомеризація п'ятичленних нафтенів у шестичленні, дегідрування шестичленних нафтенів, дегідроциклізація парафінів. Запишіть рівняння відповідних реакцій.
4. Підготуйте доповідь-презентацію з теми. Тему обираємо згідно списку академічного журналу.
 - 1) Паливо. Його склад та класифікація.
 - 2) Способи раціонального спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива.
 - 3) Піроліз та коксування вугілля.
 - 4) Газифікація твердого палива.
 - 5) Походження. Склад і властивості нафти.
 - 6) Способи переробки нафти.
 - 7) Газоподібне паливо.
 - 8) Альтернативне паливо. Воднева енергетика.
 - 9) Способи добування ацетилену в промисловості.
 - 10) Забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами.

Рекомендовані джерела інформації

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
2. Клименко Л. П. Техноекоекологія : посібник / Клименко Л. П. – Миколаїв : Вид-в МФ НаУКМА, 2000. – 304с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ТЕМА. ПРОМИСЛОВИЙ ОРГАНІЧНИЙ СИНТЕЗ.

Мета: сформуванати уявлення про полімерні сполуки, їх класифікацію, способи добування, сировинну базу цих синтезів. Розглянути способи виробництва термореактивних та термопластичних пластмас Навчити будувати технологічні схеми виробництв з урахуванням екологічних аспектів. Розвинути просторову уяву, для розуміння будови полімерних сполук.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Питання для самоконтролю:

1. Розвиток в промисловості органічного синтезу. Тонкий і основний органічні синтези. Продукти органічного синтезу.
2. Технологія виробництва метилового спирту. Фізико-хімічні умови синтезу.
3. Технологія виробництва етилового спирту:
біохімічний спосіб;
добування гідролізного та сульфїтного спиртів;
синтетичний етиловий спирт.
4. Виробництво ацетилену та синтези на його основі.
виробництво карбїду кальцію та ацетилену;
виробництво ацетилену піролізом метану;
синтез ацетатної кислоти.
5. Класифікація, фізико-хімічні властивості полімерів.
6. Методи синтезу полімерів. Полїконденсація та способи полімеризації.
7. Технологія виробництва поліетилену.
8. Технологія виробництва полістиролу, полівінілхлориду та фторопласту.
9. Синтетичні пластмаси. Склад та властивості пластмас.
10. Пластмаси на основі поліконденсаційних смол. Отримання фенол-формальдегідних смол.
11. Новолачні смоли, їх властивості та технологія виробництва.
12. Властивості та технологія виробництва резольних смол.

ЛАБОРАТОРНА ЧАСТИНА

ОДЕРЖАННЯ ФЕНОЛ-ФОРМАЛЬДЕГІДНИХ СМОЛ

Контрольні питання до лабораторної роботи:

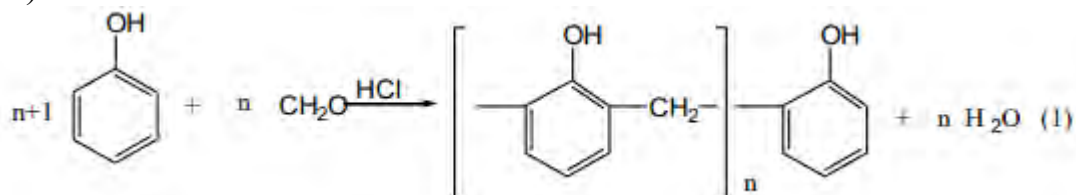
1. Що називається реакцією полімеризації?
2. Записати рівняння реакцій полімеризації етену, пропену, стиролу, 1,3-бутадієну.
3. Що називається реакцією деполімеризації?
4. Записати рівняння реакції деполімеризації полістиролу.
5. Що таке термопластичність? Навести приклади термопластичних полімерів.

Короткі теоретичні відомості

Фенол-формальдегідні смоли одержують методом поліконденсації

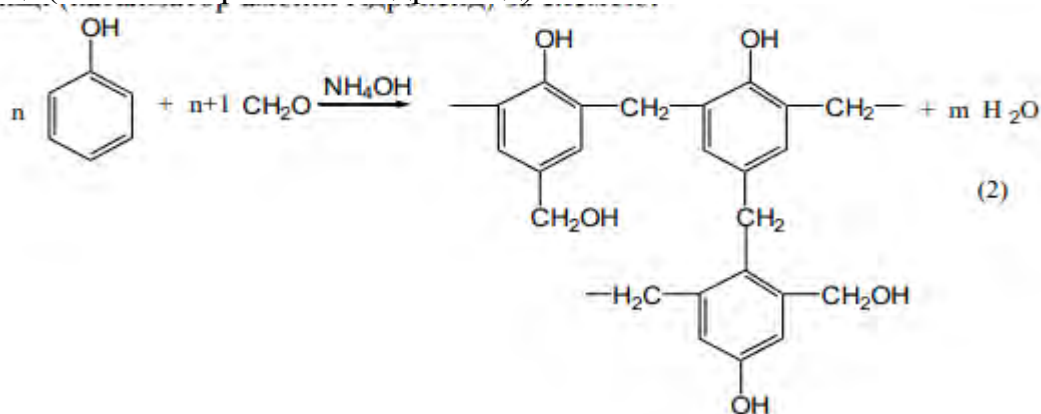
мономерів у розчині в присутності хлоридної кислоти або амоній гідроксиду як каталізаторів (гомогенний каталіз). Поліконденсація фенолу з формальдегідом протікає через ряд послідовних і паралельних реакцій. Механізм реакції в значній мірі визначається молярним співвідношенням між фенолом і формальдегідом та природою каталізатору. В залежності від цього одержують новолачні або резольні смоли.

Новолачна смола одержується в процесі реакції поліконденсації фенолу та формальдегіду, які беруть у співвідношенні 7 моль фенолу на 6 моль формальдегіду. Реакція проходить у кислому середовищі (каталізатор хлоридна кислота) за схемою:



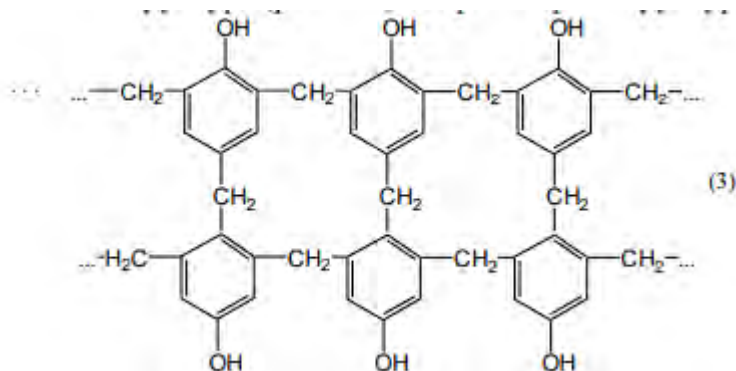
Процес поліконденсації екзотермічний. Тому для проходження реакції необхідно суворо дотримуватися температурного режиму. Ступінь поліконденсації дорівнює від 4 до 8 ($n = 4-8$). Новолачна смола має лінійну будову і внаслідок цього розчинна в органічних розчинниках (спирт, ацетон, етанол-бензенова суміш). Завдяки лінійній будові новолачна смола термопластична.

Олігомери резольного типу одержуються у лужному середовищі при співвідношенні фенолу та формальдегіду 6:7. Реакція протікає в лужному середовищі (каталізатор амоній гідроксид) за схемою:



Як видно з схеми (2), при надлишку формальдегіду приєднання ланцюгів відбувається не лише в орто-, але також і в пара-положенні, що-CH₂- резолу. Внаслідок-приводить до утворення розгалуженої структури поліконденсації отримуємо резольну смолу з кількістю бензенових кілець від 5 до 10 (ступінь поліконденсації $n = 5-10$).

CH₂OH сприяє подальшому протіканню реакції-Наявність груп поліконденсації і приводить до необоротних змін, які властиві для термореактивних смол. При нагріванні смоли до температури 150 °C утворюється сітчаста структура (резитол) та трьохмірна структура (резит):



Смола, яка має сітчасту структуру резитолу здатна тільки набухати в органічному розчиннику, але не розчиняється в ньому. При нагріванні її відбувається розм'якшення. Резольна смола з трьохмірною структурою нерозчинна в органічних розчинниках, неплавка (термореактивна).

Мета роботи. 1. Ознайомитися з методами одержання новолачної та резольної фенол-формальдегідних смол. 2. Вивчити властивості фенол-формальдегідних смол.

Реактиви: фенол; 40%-вий формальдегід; хлоридна кислота ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$); 25%-вий амоній гідроксид; етанол; ацетон.

Обладнання: установка для синтезу смоли; фарфорова або алюмінієва чашка; піщана баня.

Дослід 1. Одержання новолачної смоли поліконденсацією фенолу з формальдегідом у кислому середовищі.

Виконання роботи.

1. Зважити на технічних терезах 2 г фенолу (*при роботі з фенолом надіти захисні окуляри*) та відміряти мензуркою 1,3 мл 40%-вого розчину формальдегіду, помістити компоненти у круглодонний реактор 1 (рис. 4), додати 5 краплин концентрованої хлоридної кислоти і перемішати вміст колби скляною паличкою до повного розчинення.

2. З'єднати реактор із зворотнім водяним холодильником, помістити прилад на піщану баню, повільно довести суміш до кипіння і продовжувати нагрівати до тих пір (15–20 хв), поки суміш не розділиться на два шари: верхній – водний, нижній – в'язкий світло-жовтий, який являє собою продукт поліконденсації.

Перелити вміст реактору в попередньо зважену фарфорову або алюмінієву чашку. Після охолодження верхній водний шар злити, а нижній – промити у гарячій дистильованій воді. (*Водний шар та промивну воду зливати у спеціальну банку для відходів*).

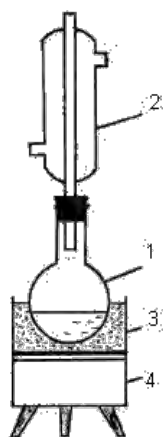


Рис. 4. Установка для синтезу фенолформальдегідних смол:

1 – реактор;

2 – зворотній водяний холодильник;

3 – піщана баня;

4 – електроплитка.

4. Нагріти чашку із смолою на піщаній бані, поступово довести температуру до 105 °С. Продукт поліконденсації спочатку піниться внаслідок випаровування присутньої в ньому води. Після виділення парів води піноутворення припиниться, смолоподібний продукт охолодити, зважити чашку разом з новолачною смолою та розрахувати її вихід на взятий фенол.

Приклад розрахунку теоретичної маси добутої новолачної смоли.

Для реакції взято 2 г фенолу і 1,3 г 40%-вого розчину формальдегіду.

$$M(C_6H_5OH) = 94 \text{ г / моль},$$

$$M(CH_2O) = 30 \text{ г / моль},$$

$$n(C_6H_5OH) = \frac{2 \text{ г}}{94 \text{ г / моль}} = 0,0213 \text{ моль},$$

$$n(CH_2O) = \frac{1,3 \text{ г} \cdot 0,4}{30 \text{ г / моль}} = 0,0173 \text{ моль}.$$

Згідно рівняння реакції, для одержання новолачної смоли необхідно задати молярне співвідношення компонентів 7:6.

У нашій реакційній суміші співвідношення компонентів $0,0213 : 0,0173 = 1,231 : 1 = 7,4 : 6$,

що дає підставу судити, що смолу, яку отримуємо, має тип новолачної. При повній взаємодії між компонентами повинно утворитися $m(\text{смоли}) = 2,15 \text{ г}$

новолачної смоли.

Результати розрахунків занесіть у таблицю 1:

Таблиця 1

Маса теоретична ($m_{\text{теор}}$), г	Маса порожньої чашки (m_1), г	Маса чашки із смолою (m_2), г	Маса смоли ($\Delta m = m_2 - m_1$), г	η (виходу), $(\frac{m_2 - m_1}{m_{\text{теор}}} \cdot 100)$, %

5. Нагріти смолоподібний продукт до температури плавлення, вилити його на металевий лист та охолодити. Частину одержаної смоли використати для приготування лаку. Промити колбу і чашку етанолом від залишків новолачної смоли і злити у спеціальну банку.

Визначення властивостей новолачної смоли.

1. Дослідження розчинності смоли у органічних розчинниках. Для підтвердження лінійної будови полімеру 0,5 г одержаної смоли помістити у пробірку, долити 5 мл етанолу або ацетону і нагріти збовтуючи пробірку з вмістом. Спостерігати розчинення смоли, що підтверджує її лінійну будову.

2. Опишіть результати та зробіть висновок:

3. Використання новолачної смоли для одержання антикорозійного покриття. Підготувати зразок із сталі, зачистити його поверхню наждачним папером, знежирити содою або пральним порошком, старанно промити гарячою, а потім холодною проточною водою та висушити фільтрувальним папером. Одержаний в попередньому досліді розчин новолачної смоли рівномірно пензликом нанести на одну поверхню сталю зразку і висушити покриття в сушильній

шафі протягом 15 хв. при температурі 150 °С. Повторно нанести шар лаку та знову витримати зразок у печі 15 хв. Після охолодження зразки помістити в пробірки з 5 мл розчинів: 3%-вого NaCl, 0,1 н HCl і для контролю у воду. За результатами корозійних випробовувань визначити можливість використання покриття з новолачної смоли для захисту від корозії залізних виробів.

Дослід 2. Одержання резольної фенолформальдегідної смоли

1. Зважити на технохімічних терезах 2 г фенолу та відміряти мензуркою 1,9 мл 40%-вого розчину формальдегіду, помістити компоненти у реактор, додати 5 краплин 25%-вого розчину амоній гідроксиду і перемішати вміст колби скляною паличкою до повного розчинення. **Далі виконання роботи здійснити за тією ж методикою, що була використана для одержання новолачної смоли.** Довести суміш при перемішуванні до кипіння і нагрівати до розділення її на два шари: верхній – водний, нижній – в'язкий світло-жовтий, смолоподібний продукт поліконденсації. Реакцію проводити до тих пір поки об'єм водного шару не перестане збільшуватися.

2. Після охолодження суміші верхній шар (надсмольну воду) злити у спеціальну банку, а нижній шар перенести у зважену фарфорову чашку і випаровувати до повного припинення спінювання розчину, поступово доводячи температуру до 100 °С. При цьому утворюється склоподібна прозора маса світло-жовтого кольору – резол, яка добре розчинна в етанолі або у суміші етанолу з бенzenом. Зважити фарфорову чашку з продуктом поліконденсації і визначити вихід резольної смоли в перерахунку на фенол. Для цього зробіть відповідні розрахунки та заповніть таблицю 2.

Таблиця 2

Маса теоретична (m_p), г	Маса порожньої чашки (m_1), г	Маса чашки із смолою (m_2), г	Маса смоли ($\Delta m = m_2 - m_1$), г	η (виходу), $(\frac{m_2 - m_1}{m_{теор}} \cdot 100)$, %

3. Частину резольної смоли нагріти на піщаній бані до 200 °С і витримати при цій температурі протягом 5 хв. Дослідити розчинність одержаного продукту в етанолі або ацетоні. Звернути увагу, що після нагрівання смола не розчиняється і не плавиться. Пояснити процеси, які відбулися при термічній обробці резольної смоли і зробити висновок про просторову структуру полімеру резиту. Опишіть результати та зробіть висновок.

Задачі для самостійної роботи з теми «Промисловий органічний синтез»

1. Скільки ацетилену та водень хлориду (н.у.) необхідно для отримання 1 т полівінілхлориду, якщо вихід полімеру становить 96% від теоретичного.
2. При утворенні новолаку виділяється 0,6 кг води з розрахунку на 1 кг прореагованого фенолу. Визначте масу води, якщо для отримання ново лаку

використано 200 кг формаліну, а мольне співвідношення фенолу та формальдегіду 7 : 6. Масова частка формальдегіду в формаліні 0,37.

3. Металургійний текстоліт випускається у вигляді плит розміром 0,8X0,5X0,07 м. Скільки 55%-го спиртового розчину резольної формальдегідної смоли використано для отримання 100 плит текстоліту? Густина текстоліту 1400 кг/м^3 . У вихідній смолі знаходиться 6% вільного фенолу, який повністю видаляється після сушки. Масова частка смоли в тканині після пресування 54%.

4. Скільки взято вінілхлориду і води, якщо об'єм автоклаву 25 м^3 , а коефіцієнт заповнення його 0,9. Латекс, що виходить з полімеризатора, має густину 1150 кг/м^3 і містить 0,42 масові частини полівінілхлориду, а конверсія мономеру становить 92%.

5. Інтенсивність отримання поліетилену «НТ» 54 кг/м^3 за годину (за полімером). Визначте витрати етилену (в м^3 , н.у.), якщо відомо, що сумарний ступінь конверсії етилену 80%, об'єм реактора 12 м^3 , а коефіцієнт його заповнення 0,8, час полімеризації 20 годин, густина етилену $1,26 \text{ кг/м}^3$.

Рекомендовані джерела інформації

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.

2. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.

3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

4. Гончаров А. І. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. : Вища шк., 1980. – 278 с.

Гончаров, А. І.

5. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. : Вища шк., 1979. – 286 с.

Рекомендовані джерела інформації

Основні:

1. Загальна хімічна технологія : [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університет Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
2. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.
3. Джурка Г. Ф. Лабораторний практикум з хімічної технології [Текст] : метод. посіб. для студ. / Г. Ф. Джурка ; Полтав. держ. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2010. – 40 с.

Додаткові:

1. Гончаров А. І. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Середа. – К. : Вища шк., 1980. – 278 с.
Гончаров, А. І.
2. Хімічна технологія [Текст] : Підруч. для студ. хіміч. фак. Ч.1 / А. І. Гончаров, І. П. Середа. – К. : Вища шк., 1979. – 286 с.

Електронні ресурси:

1. Український освітній портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua/school/technol/>
2. Академія педагогічних наук України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apsu.org.ua/ua/information/press/956784/>
4. Електронна бібліотека з хімії (Журнали, бази даних, книги, підручники та ін.) <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>
5. Повнотекстова електронна версія журналу “Вестник Московского университета. Серія “Хімія”. Архів з 1998 р. <http://www.chem.msu.su/rus/vmgu/>
6. Сайт надає безкоштовний доступ до повнотекстових журналів з хімії. <http://www.abc.chemistry.bsu.by/current/10.htm>
7. Бази даних містять інформацію з 350 000 хімічних сполук, 56 000 з яких — із структурним зображенням (англ.). <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>