

Технології переробки полімерних відходів

Борисюк Я.С.

Науковий керівник: к.х.н., доц. Косенко О.І.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
yana.boris8@gmail.com

Анотація — представлені технології вторинної переробки полімерів, які мають перспективи впровадження в реальний виробничий процес.

Ключові слова — утилізація, переробка, полімерна сировина, рециклінг, агломерація, грануляція, відходи.

I. ВСТУП

Одним з найбільш відчутних результатів антропогенної діяльності є утворення відходів, серед яких відходи полімерних продуктів займають особливе місце в силу своїх унікальних властивостей. Оскільки галузі і об'єми застосування полімерних матеріалів все більше розширюються, все більш актуальним стає питання пошуку ефективних методів утилізації і переробки полімерних відходів.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В даний час проблема переробки відходів полімерних матеріалів знаходить актуальне значення не тільки з позицій охорони навколишнього середовища, а й пов'язана з тим, що в умовах дефіциту полімерної сировини відходи пластмас стають потужним сировинним і енергетичним ресурсом [1, 2].

Разом з тим, вирішення питань, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, вимагає значних фінансових інвестицій. Наприклад, вартість обробки і знищення відходів полімерів приблизно в 8 разів перевищує витрати на обробку більшості промислових і майже в три рази - на знищення побутових відходів. Це пов'язано зі специфічними особливостями полімерів, які значно ускладнюють або роблять непридатними відомі методи знищення твердих відходів.

Позитивною тенденцією є те, що протягом останніх п'яти років суттєво збільшилася не тільки кількість зібраних відходів, а й частка відходів, що піддаються вторинній переробці, в результаті чого знижуються обсяги відходів, що піддаються захороненню. Незважаючи на це, сектор вторинної переробки полімерних матеріалів ще має величезні потенційні можливості для подальшого розвитку, в першу чергу, для країн з низьким рівнем їх утилізації. Розробки технологій вторинної переробки полімерів ведуться дуже давно, зокрема, в 70-х роках минулого століття було розроблено кілька методів

вторинної переробки, заснованих на виробництві пластиків, здатних руйнуватися під впливом біологічних організмів, сонячного світла або води, але більшість робіт, які велися в цьому напрямку, були закриті.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На сьогоднішній день існує три основних способи вторинної переробки полімерів. Першим є термічний розклад за допомогою піролізу, який може відбуватися як в присутності кисню, так і без нього. В результаті піролізу виходять напівфабрикати-мономери, які в подальшому можуть використовуватися при синтезі. Другий за популярністю спосіб пов'язаний з розкладанням матеріалу до рівня низькомолекулярних продуктів. Отримані продукти вторинної переробки можуть бути використані для виготовлення ливарних пластмас і легкорозчинних клеїв.

В даний час в Україні найбільшого поширення набув третій метод вторинної переробки полімерних матеріалів, який називається механічним рециклінгом, в результаті якого може бути отриманий гранулянт, придатний для вторинного виробництва пластмас. У більшості європейських країн, а також в США і Японії механічному рециклінгу піддаються 90% пластикових відходів, а отримані інградієнти йдуть на вторинне виготовлення виробів із пластику [3].

Технологічний процес переробки ділиться на наступні етапи: сортування (грубе) і ідентифікація (для змішаних відходів); подрібнення і дроблення; відмивання і сушка; агломерація або грануляція. Першим етапом переробки є поділ змішаних (побутових) відходів термопластів за видами, яке проводять наступними основними способами: флотаційним, поділом у важких середовищах, аеросепарацією, електросепарацією, хімічними методами і методами глибокого охолодження. Найбільшого поширення набув метод флотації, який дозволяє розділяти суміші таких промислових термопластів, як ПЕ, ПП, ПС і ПВХ. Поділ пластмас проводиться при додаванні в воду поверхнево-активних речовин, які вибірково змінюють їх гідрофільні властивості.

Другий етап полягає в подрібненні полімерної сировини в крихту, розміри якої повинні складати 10-30 міліметрів в залежності від матеріалу. Потім йде відмивання і сушіння полімерної сировини з будь-якими типами забруднень. Цей етап найважливіший, так як від

якості відмивання безпосередньо залежить якість готової продукції і конкурентоспроможність підприємства.

Наступний етап - агломерація або грануляція. Агломерація представляє собою спікання відмитої крихти в невеликі грудочки. Агломерат вже можна реалізовувати як вторинну сировину або гранулювати. При грануляції полімерна сировина стає більш однорідною, якісною і має велику насипну густину. Гранульовану сировину в порівнянні з агломератом можна реалізувати за вищою вартістю, збільшуючи прибуток.

У теперішній час перспективним напрямком переробки полімерів вважається створення проміжних матеріалів для заміни традиційних матеріалів з дерева. Основна перевага вторинної полімерної сировини над деревом – біологічна стійкість: полімери не піддаються руйнування мікроорганізмами і можуть тривалий час перебувати у воді без загрози для структури. Для поліпшення механічних властивостей до складу полімерів вводяться різні інертні добавки, наприклад, пилоподібна дерев'яна стружка або волокна.

IV. ВИСНОВКИ

Полімерні матеріали все більше і більше використовуються при виготовленні різних виробів, які

широко застосовуються в промисловості та побуті. Разом з тим все більше постає проблема переробки відходів полімерів. Найефективніший шлях її вирішення – це розробка технологій переробки полімерів з метою отримання матеріалів з поліпшеними показниками. Однією з таких перспективних технологій є механічний рециклінг, в результаті якого може бути отриманий гранулянт, придатний для вторинного виготовлення виробів із пластику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Киселева Т.В. Методы оценки и управление эколого-экономическими рисками как механизм обеспечения устойчивого развития эколого-экономической системы / Т.В. Киселева, В.Г. Михайлов // Системы управления и информационные технологии, 2012. – Т. 48. – № 2. – С. 69-74.
- [2] Киселева Т.В. Оценка основных подходов к определению состояния эколого-экономических систем / Т.В. Киселева, В.Г. Михайлов // Вестник Томского государственного педагогического университета, 2007. – № 9. – С. 31-32.
- [3] Теряева Т.Н. Технология получения и переработки литьевых полимерных композиционных материалов конструкционного назначения на основе матриц различной природы: Автореф. дис. докт. техн. наук. – АлГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул, 2011.

Волокнисті нафтозбирачі, отримані з відходів полімерних матеріалів

Клешня С.В.

Науковий керівник: к.х.н., доц. Косенко О.І.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
klishnia.sofia11@gmail.com

Анотація — робота присвячена аналізу проблеми очистки ґрунту та води від нафтопродуктів за допомогою волокнистих нафтозбирачів, отриманих з відходів полімерних матеріалів. В даній роботі розглянуті нафтозбирачі, отримані з відходів полістиролу термообробкою водяною парою та композиційні матеріали на їх основі.

Ключові слова — нафтопродукт, сорбент, волокнисті нафтозбирачі, полістирол, деревинний наповнювач.

I. ВСТУП

Проблема усунення нафтових забруднень, що виникають в результаті техногенної діяльності людини, набуває все більшої актуальності. Для збереження екологічної рівноваги об'єктів гідро- і біосфери використовують різні технології ліквідації нафтових забруднень, серед яких сорбційні методи займають важливе місце.

Ефективними нафтозбирачами є синтетичні волокнисті матеріали. В якості таких сорбентів все ширше застосовують композиційні матеріали, де матрицею виступають волокна полімеру, а в якості наповнювача використовують різні рослинні відходи. Прикладом такого композита є полістирольне волокно з деревним наповнювачем, який є перспективним сорбентом для нафтопродуктів.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день значну екологічну небезпеку представляють всі процеси, пов'язані з видобутком, зберіганням, переробкою і транспортуванням нафти. У зв'язку з необхідністю зменшення негативного впливу забруднень на довкілля, живі організми та людину набуває актуальності дослідження сорбційних технологій очищення ґрунту та води від нафтопродуктів та розробка екологічно безпечних методів отримання волокнистих сорбентів із полімерних відходів.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Найбільш ефективним і екологічно доцільним методом видалення нафтопродуктів вважається сорбційний. Його перевагами є доступність, дешевизна, наявність достатніх сировинних ресурсів, не токсичність, висока ефективність. Відомо, що в якості нафтових сорбентів використовуються як природні матеріали на рослинній і мінеральній основі (бавовна, торф, тирса, деревинна стружка, солома, глина, тощо), так і штучні синтетичні на основі віскози, гідратцелюлози, синтетичних волокон, термопластичних матеріалів, пінополіуретану тощо [1].

Останнім часом все більш широке застосування отримують волокнисті сорбційно-активні матеріали. Вони легко і швидко розміщуються на місцях розливів нафти, характеризуються можливістю багаторазового використання після віджиму, а також вирізняються однорідністю пористої структури і високим коефіцієнтом масопередачі. Ці сорбенти порівняно з неорганічними і природними володіють більш високою сорбційною ємністю (до 40 г/г сорбенту), а можливість їх виробництва з відпрацьованих матеріалів дозволяє вирішити проблему утилізації полімерних відходів. Не менш важливим фактором є і методика утилізації волокнистих синтетичних сорбентів, які можуть застосовуватися в якості компонента до нафтобітуму. Сировиною для цих сорбентів являються волокна таких полімерів, як поліпропілен, поліетилен, поліізопрен, полістирол та інші [2].

Перспективним нафтовим сорбентом і фільтруючим матеріалом є полістирольне волокно, яке отримують термічною обробкою водяною парою відходів полістиролу. Даний процес проходить за наступних умов: температура 115 ± 5 ° С, тиск суміші повітря – пара 3.0 МПа, час обробки 30 с. Отриманий матеріал являє собою полідисперсне волокно з діаметром ниток 0,5-1,0 мм і довжиною 5,0-30,0 мм.

З метою зниження собівартості та покращення сорбційних властивостей, використовують композиційні матеріали. Волокна полістиролу в композиті є армуючою

матрицею, в якій досить рівномірно розподілені волокна наповнювача. Найбільш придатними в якості наповнювачів для волокнистих сорбентів являються кора осики, тирса осики і береста берези. Такі матеріали значно заміщують вміст синтетичного матеріалу (до 45% і вище) та мають високі показники нафтоємності.

Волокнисті сорбенти, що містять до 32-40% мас. кори осики перевершують чисте полістирольне волокно по нафто- і маслоспоживності. Максимальну ємність проявляє сорбент з 21% мас. кори осики. Такий зразок придатний для збору нафти при температурі від 0 до 6 °С. При температурі нижче 0 °С сорбенти втрачають здатність збирати нафту, але при цьому мають високий показник маслоспоживності. Дані зразки відзначаються 100% плавучістю на поверхні води після збору нафти протягом 200 год. витримування, при цьому ступінь нафтовіддачі не перевищує 0,5–1 % [3].

IV. ВИСНОВКИ

Волокнисті сорбенти є ефективними матеріалами для очищення водних поверхонь від нафти і нафтопродуктів,

крім того важливим фактором є можливість виробництва даних сорбентів з відпрацьованих матеріалів, що дозволяє вирішити проблему утилізації полімерних відходів. Волокнисті нафтозбирачі, отримані з відходів полістиролу та композиційні матеріали на їх основі володіють високими показниками нафтоємності і плавучості і не поступаються промисловим зразкам, а за ступенем віджиму нафти перевершують їх.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Сироткина Е.Е. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов / Е.Е. Сироткина, Л.Ю. Новоселова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 359-377.
- [2] Веприкова Е.В., Терещенко Е.А. Особенности очистки воды и нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей // Журнал Сибирского федерального университета. – 2010. — № 3. – С. 285-304.
- [3] Веприкова Е.В., Терещенко Е.А. Свойства волокнистых нефтесобираателей, полученных из отходов полистирола термообработкой водяным паром // Химия в интересах устойчивого развития. – 2013. – №21. – С. 379-385.

Азотовмісні вуглецеві сорбенти

Сопрук О.А., Білоконь Я.С.

Науковий керівник: к.х.н., доц. Войтко І.І.

Кафедра хімії і хімічної технології,

Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

qz20121997@gmail.com, Uvill.yarik@gmail.com

Анотація – робота присвячена розгляду способів одержання і властивостей активованого вугілля модифікованого азотом. В роботі вивчені структурні і сорбційні характеристики зразків азотовмісних вуглецевих сорбентів, одержаних з активованого вугілля марки карбон 607-С шляхом його термообробки, наступного просочення уротропіном, формаліном, сечовиною і меланіном та повторної термообробки і активації.

Ключові слова – кокосовий активат (карбон 607-С), формалін, сечовина, уротропін, меланін, термообробка, азотовмісне вугілля, ізотермі сорбції, метиленовий синій.

I. ВСТУП

Практика і теорія вуглецевих адсорбентів пройшли досить довгий і плідний шлях від деревного (березового) активного вугілля, наповнювачів протигазів Зелінського до сучасних його модифікованих різновидів. Зокрема, були розроблені і увійшли в медичну практику ентеро- і гемосорбенти, які відповідають підвищеним вимогам щодо чистоти, механічної і хімічної стійкості [1]. Окиснення активного вугілля дозволило перетворити його з аніонообмінника на катіонообмінник, що дало можливість ефективно застосовувати його для очистки різноманітних об'єктів від домішок різних металів, зокрема пом'якшувати мінералізовану воду [2].

Мезо- і мікропористі азотовмісні вуглецеві матеріали, які розглядаються в даній роботі, володіють рядом унікальних властивостей. Вони дозволяють цим речовинам виконувати функції носіїв каталітично-активних речовин, препаратів при проведенні гемодіалізу [3], використовувати у суперконденсаторах і як адсорбенти для видалення токсичних важких металів, таких як Cr^{+4} , Hg^{+2} , Pa^{+2} та інших, з водних розчинів [4].

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Не зважаючи на велику кількість робіт, присвячених способам одержання, вивченню

властивостей та застосуванню азотовмісного активного вугілля, які опубліковані останнім часом, дослідження в цьому напрямку залишаються актуальними. Це пов'язано, по-перше, з багатофункціональністю цих речовин, по-друге, з необхідністю вдосконалення сорбентів вузького призначення. Прикладом можуть бути медичні препарати на основі азотовмісного активного вугілля для лікування гострого деструктивного панкреатиту і цирозу печінки. Це може бути здійснено шляхом видалення з плазми крові продуктів метаболізму, а саме білкових речовин середньої маси і молекул білірубіна [3]. Черговим кроком можливого розширення сфер фармацевтичного застосування є розробка і дослідження нових видів азотовмісного активованого вугілля в Інституті сорбції та проблем ендокринології НАНУ (ІСПЕ НАНУ). Ми долучились до дослідження зразків цього матеріалу.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Одержання. У якості вихідної речовини для синтезу використовували стандартне активоване вугілля марки карбон 607-С виготовлене з кокосової шкаралупи і додатково прожарене при температурі 850°C протягом 4 годин. В результаті утворюється легкий (густина $0,24 \text{ г/см}^3$), термічно стійкий активат з розвинутою пористою структурою.

Підготовлене таким чином вугілля просочували водним розчином формалін-сечовина уротропін з доданим до нього меланіном. Наступне висушування вологої маси протягом 2 годин при 120°C приводить до полімеризації смоли всередині пор, а подальше двохгодинне нагрівання при температурі 180°C – до її затвердіння. Остаточна активація, необхідна для звільнення пор від смоли і входження азоту у структуру вуглецевого сорбенту ($550\text{-}600^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин) супроводжується втратою 20-25 % маси і утворенням пористого кінцевого продукту з переважаючою часткою мезопор.

Властивості. Деякі характеристики трьох зразків азотовмісних вуглецевих сорбентів, одержаних застосуванням вище описаного способу в різних його варіантах наведені в табл.І.

ТАБЛИЦЯ І. ДЕЯКІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЗОТОВІСНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ СОРБЕНТІВ

| Зразок | 1 | 2 | 3 |
|--|-------|-------|-------|
| Густина, г/см ³ | 0,24 | 0,34 | 0,32 |
| Питома загальна поверхня, S _{БЕТ} , м ² /г | 2219 | 1281 | 1709 |
| Питомий об'єм пор, V, см ³ /г | 1,311 | 0,798 | 1,035 |
| Середній радіус пор, r _{БЕТ} , нм | 11,81 | 12,46 | 12,12 |

Величини S, V і r_{БЕТ} були одержані в ІСПЕ НАНУ методом БЕТ, тобто шляхом зняття ізотерм сорбції – десорбції азоту.

Побудова ізотерм сорбції метиленового синього (МС) зразків (рис. 1) як і визначення їх густини (Табл. 1) проводились за стандартними методиками [5].

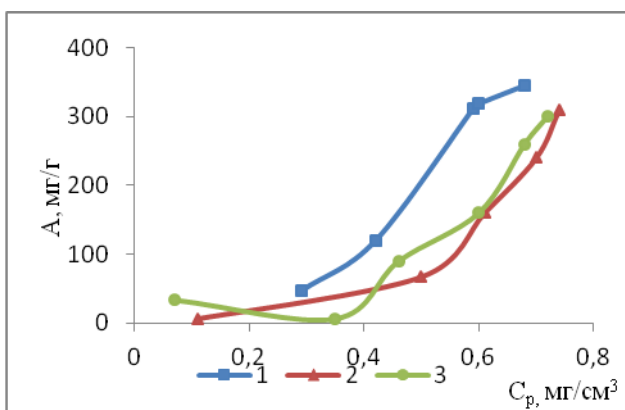


Рис.1. Залежності сорбційної ємності А мг/г, від рівноважної концентрації С_р, мг/см³

З ізотерм сорбції видно, що, не зважаючи на суттєву відмінність структурних характеристик зразків (Табл. 1), сорбційна ємність їх по МС у межах вибраних нами концентрацій сорбату не надто відрізняється. Останнє може бути пояснено, по-перше, тим, що ізотерми сорбції двох зразків не вийшли на плато, і максимальні значення А для них можуть бути більшими. По-друге, за приблизно однакових середніх значеннях r_{БЕТ}, зразків (Табл. 1) розподіл пор за радіусами у них може бути різним, а отже і ступінь мезопористості теж відрізняється.

IV. Висновки

Отже для остаточного пояснення структурно-сорбційних характеристик азотовмісного активованого вугілля потрібні додаткові дослідження. Також бажано розкрити механізм утворення смоли в порах і її термічної деструкції з укоріненням азоту у вуглецеву матрицю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кинле Х., Бадер Є. Активные угли и их применение. – Львов: Химия, 1984. – 215 с.
- [2] Тарковская Ч. А. Окисленный уголь. – К: Наукова думка, 1981. – 197 с.
- [3] Шабловский В.О., Тучковская А.В. и др. Получение и изучение сорбционно-структурных характеристик активных углей сферической грануляции, предназначенных для использования в процессах гемокарбоперфузии. – Минск:Труды БГУ, 2010. – С. 278-283
- [4] Сорбционные материалы для извлечения платины (IV) из хлористых растворов/ Е.И. Сипкина // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015. – №5 (15). – С. 7-15.
- [5] Николаев В.Г., Картель Н.Т., Посохова Е.А и др. Доклиническое изучение энтеросорбентов, методические рекомендации. – К: Наукова думка, 2010. – С. 13-16.

Синтез вініліденхлориду каталітичним дегідрохлоруванням 1,1,2-трихлоретану

Степасюк Б.В, Зуєв Д.В., Гаєвська Т.А.
Науковий керівник: д.х.н., проф. Білокопитов Ю.В.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
Lolpvp2343@gmail.com

Анотація — розглянуто проблему каталітичного синтезу вініліденхлориду, який є компонентом компаундів, що використовуються в авіабудуванні. Проведено дослідження з вибору оптимального каталізатора для реакції дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану, запропоновано можливий механізм реакції дегідрохлорування.

Ключові слова — вініліденхлорид, 1,1,2-трихлоретан, каталізатор, дегідрохлорування, реактор, механізм реакції.

I. ВСТУП

Сучасна хімічна промисловість продукує багато відходів, велике місце серед яких посідають хлоровмісні органічні сполуки. При виробництві 1,2-дихлоретану побічним продуктом у великій кількості є 1,1,2-трихлоретан (ТХЕ). Довгий час головною проблемою була його утилізація. Крім спалювання, що порушує всі норми екології, одним із перших способів переробки є реакція 1,1,2-трихлоретану з $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Даний метод має суттєві недоліки, оскільки утворюється велика кількість стічних вод, забруднених CaCl_2 , а це потребує додаткових капіталовкладень в їх очищення [2].

Технологічно простішими в оформленні і керуванні процесом є гетерогенно-каталітичні методи дегідрохлорування (ДГХ) ТХЕ, які мали б високу продуктивність, селективність, тривалість роботи без втрати активності, здатність забезпечити вимоги екології і утилізувати головний побічний продукт - хлористий водень.

Продуктом таких перетворень є цінна для промисловості речовина – вініліденхлорид (ВДХ), який застосовується для отримання полівініліденхлориду, кополімерів з вінілхлоридом, акрилонітрилом та інших технічно важливих кополімерів, з яких отримують синтетичні волокна, лаки, пластмаси, зокрема для авіабудування. Вироби, до складу яких входить ВДХ мають ряд цінних якостей: не підтримують горіння, є водо-жиро-газо- непроникні, мають високу стійкість до стирання, дії розчинників і хімічної корозії.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

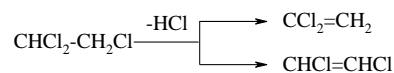
Проведено пошук нових гетерогенно-каталітичних систем для процесу дегідрохлорування, які будуть

зберігати свою активність і стабільність, а також проявляти високу селективність у даному процесі.

Широко використовувани оксидні носії (Al_2O_3 , SiO_2) пасивуються хлоридом водню Це відбувається через адсорбцію HCl поверхнею каталізатора, що призводить до його дезактивації. Блокування активних центрів каталізатора суттєво зменшує ступінь перетворення 1,1,2-трихлоретану та негативно впливає на селективність за вініліденхлоридом [1]. Щоб цього уникнути було використано як носій синтетичне азотовмісне активоване вугілля СКН-М з нанесеними на нього амінами різної будови і основності. Саме по собі це вугілля має високоєфективну, без втрати активності протягом тривалого часу, здатність до дегідрохлорування ТХЕ, проте реакція відбувається з низькою селективністю утворення ВДХ, яка може бути збільшеною шляхом нанесення сорбентів з активними каталізаторами дегідрохлорування, основні за своїм характером, неорганічні і органічні сполуки.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану є важливою реакцією отримання 1,1-дихлоретилену (вініліденхлориду, ВДХ) Відомо, що дегідрохлорування ТХЕ відбувається з утворенням як ВДХ, так і цис-, транс-1,2-дихлоретиленів (ДХЕ), які є менш цінними промисловими напівпродуктами, ніж ВДХ.



З літературних джерел відомо, що вініліденхлорид під час дегідрохлорування трихлоретану утворюється на основних каталітичних центрах. З цієї причини було використано селективні каталізатори серед основних сполук різних типів.[1]

При дегідрохлоруванні з $\text{CHCl}_2(\alpha)\text{-CH}_2\text{Cl}(\beta)$ вініліденхлорид утворюється за рахунок відриву більш реакційноздатного α -протона з слабо основними центрами поверхні. Можна припустити, що сильно основні центри реагують з менш кислим β -протоном, і це може привести до погіршення селективності реакції дегідрохлорування. З цієї причини потрібно обрати таку каталітичну систему, яка б мала середнє значення основності і забезпечувала б високу селективність до ВДХ.

Термодинамічними розрахунками встановлено, що оптимальними умовами проведення процесу є діапазон температур 150-250 °С, а тиск в системі практично не впливає на перебіг реакції.

Досліди з гетерогенно-каталітичного дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану проводили в проточному металевому реакторі з нерухомим шаром каталізатора.

Вугілля СКН-М містить в собі близько 4% азоту. Для підвищення його основності застосували органічні основи і їх солі гідрохлориду. В якості азотистої основи було обрано діетаноламін. Його рK_a близька до 7,0 і присутність гідроксильних груп в молекулі, як очікується, поліпшить утримання каталізаторів на носіях. Система 10% діетаноламін/СКН показує високу селективність за першу годину, але потім вона швидко падає.

За допомогою 20% бензімідазолу гідрохлориду селективність вдається підвищити до 70%. Однак з підвищенням температури селективність ВДХ повільно зменшується з часом і наближається до 40%. Зменшення селективності з часом може бути пов'язане з прогресивним розкладанням бензімідазолу гідрохлориду або з його винесенням з поверхні каталізатора.

Було припущено, що причиною такої високої селективності дегідрохлорування ТХЕ з утворенням ВДХ є участь в дегідрохлоруванні іміногрупи (-N=C<) 2-фенілбензімідазолу, якої немає в амінах, що були використані в інших каталізаторах [4]. Тому постало питання вибору таких похідних бензімідазолу, які були б стабільними при 250 °С і більш високих температурах і, будучи нанесені на вугілля, показали б високу селективність.

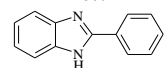
Представником тугоплавких заміщених бензімідазолу є 2-фенілбензімідазол з температурою сублимації 240 °С, було синтезовано і нанесено в кількості 20% від активованого вугілля СКН-М, хоча його рK_a не є високим (5,2), однак дана система показала високу селективність по ВДХ і тривалість роботи без втрати активності.

Оскільки молекула 2-фенілбензімідазолу містить два атоми азоту, то необхідно визначити участь кожного з них у реакції. Механізм даної реакції на сьогоднішній день не відомий, але, оскільки відбувається відрив протона, то можна зробити наступні припущення: на центрі -N-H реакція проходить по одностадійному механізму (E₂) з утворенням ізомерних хлоретиленів і хлороводню, а дегідрохлорування за участі іміногрупи проходить за механізмом (E₁). На першій стадії утворюється слабкий асоціат вініліденхлориду і карбокатионного інтермедіату, в результаті відщеплення протону від групи -CHCl₂ 1,1,2-трихлоретану і приєднання його до азоту іміногрупи 2-фенілбензімідазола. Друга стадія, в ході якої карбокатионний інтермедіат, вже не пов'язаний в асоціат з молекулою вініліденхлориду, перетворюється у вихідний 2-фенілбензімідазол і хлороводень.[5].

Каталітичною системою на основі неорганічних основ було використано CaO на носії SiO₂. Дана система спочатку показала високу селективність утворення вініліденхлориду, але досить швидко вона падала, оскільки каталізатор втрачав свою активність внаслідок утворення CaCl₂ і винесення його з поверхні носія.

Результати експерименту наведено в табл І.

ТАБЛИЦЯ І. РЕЗУЛЬТАТИ ДЕГІДРОХЛОРУВАННЯ 1,1,2-ТРИХЛОРЕТАНУ ПРИ 225 °С НА КАТАЛІЗАТОРАХ СКЛАДУ: СКН-М -АМІН

| № досліду | Склад каталізатора | рK _a аміну (H ₂ O) | Конверсія ТХЕ, % | Селективність по ВДХ, % |
|-----------|--|--|------------------|-------------------------|
| 1 | Активоване вугілля СКН-М | - | 100 | 27 |
| 2 | діетаноламін, 10% HN(CH ₂ CH ₂ OH) ₂ | 8,8 [3] | 90 | 28 |
| 3 | Бензімідазол 20% | 5.53 [3] | 80 | 40 |
| 3 | 2-фенілбензімідазол, 20%  | 5,2 [3] | 80 | 75 |
| 4 | CaO (носії SiO ₂) | | 75 | 61 |

IV. ВИСНОВКИ

Було досліджено проблему одержання вініліденхлориду каталітичним дегідрохлоруванням 1,1,2-трихлоретану. Встановлено що дана реакція відбувається на основних каталітичних центрах за рахунок відриву більш кислого протону від молекули ТХЕ. Щоб уникнути пасивування активних центрів каталізатора хлороводнем, як носій було використано азотовмісне синтетичне активоване вугілля СКН, його основність було підвищено за рахунок нанесення на поверхню висококиплячих органічних амінів. Встановлено, що при дегідрохлоруванні 1,1,2-трихлоретану довгострокову активність і високу селективність утворення вініліденхлориду показав каталізатор, що містить 2-фенілбензімідазол, нанесений на активоване вугілля. Припущено, що дегідрохлорування за участю атома азоту іміногрупи (-N=C<) 2-фенілбензімідазолу відбувається за двохстадійним механізмом з високою селективністю до ВДХ. Отже, дана каталітична система є перспективною для подальшого дослідження.

Автори висловлюють велику подяку науковому керівнику, Білокопитову Юрію Васильовичу, за допомогу у проведенні дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гохберг П.Я. Гетерогенно-каталитическое дегидрохлорирование 1,1,2-трихлорэтана / Гохберг П.Я., Толстоногов В.В., Захаров И.П. // Кинетика и катализ. – 1990. – Т. 31, №4, С.819.
- [2] Білокопитов Ю.В. Пошук оксидних каталітичних систем для дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану / Білокопитов Ю.В., Сергучов Ю.А., Спаська О.А., Гаєвська Т.А. // Катализ та нафтохімія. – 2016. – №25. – С. 23-36.
- [3] Perrin D.D. Dissociation Constant of Organic Bases in Aqueous Solution / Perrin D.D. – London: Butterworths, 1965. – 473с.
- [4] Pat. US7470827. C07C 17/00, 21/18. Composition for the vapor phase dehydrohalo-genation of 1,1,2-trichloroethane to 1,1-dihaloethylene and method for preparing and using such compositions. / Serhuchev Yu. O., Bilokopytov Yu. V, Chernobaev I.I. – Publ. 30.12.2008.
- [5] Гельбштейн А.И., Бакиши Ю.М. Механизм и кинетика реакции окислительного хлорирования углеводородов C1-C3 // Журнал физической химии. – 1988., – Т 62., №10. – С. 2649-2666.

Біопаливо та перспективи його розвитку в Україні

Червінський О.Т., Добрівська О.О.

Науковий керівник: ст.викладач Полякова О.В.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
pokoz.vas@gmail.com, dobrivska13@gmail.com

Анотація — досліджено біопаливо, його складові та шляхи отримання. Проаналізовано стан та перспективи розвитку біопалива в Україні.

Ключові слова — біопаливо, біомаса, паливо, дизпаливо, енергоресурси, сировина.

I. ВСТУП

За оцінкою фахівців доступної нафти на Землі вистачить лише до 2030 – 2050 років, а газу до 2060 – 2080 років [1]. На початок 2018 року барель нафти коштує 69,5 доларів, а 1000 кубів газу – 185 доларів. Тому необхідно шукати альтернативні джерела енергії, які б дозволили використовувати існуючі запаси природних ресурсів в мінімальній кількості, що покращить екологічну ситуацію на планеті. Одним з природних заміників енергії є біопаливо. Біопаливо – це органічне паливо, яке отримують із сировини рослинного або тваринного походження, а також із відходів промислового виробництва.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Вугілля, природний газ, так само як і нафта є невідновлюваними сировинними енергоресурсами. Введення в енергетичний баланс України біологічних видів палива, які за своєю природою є відновлюваними ресурсами акумульованої сонячної енергії – одне з актуальних завдань сьогодення. Це дасть змогу зменшити використання викопних невідновлювальних джерел енергії, забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для України, яка, з одного боку, на 55% залежить від імпортного палива, а з іншого – неповністю використовує потенціал сільського господарства, виробництво енергії на основі біомаси дозволило б побороти надмірну залежність від імпортних енергоносіїв, наблизитися до Європи та зробити свій внесок у запобігання зміни клімату. В Україні доцільно створити умови для виробництва біопалива. На сьогоднішній час держава втрачає шанс, не виробляючи біопалива, а просто продаючи сировину і створюючи робочі місця в інших країнах. За розрахунками фахівців можна отримати близько 15 млн т умовного палива, якщо 5 млн га землі

розглядати як потенціал для вирощування рослин. Маючи такий потенціал, ми могли б підняти рівень сільського господарства, створити умови праці та зробити значний внесок у поліпшення екології [2].

Сучасні технології дозволяють виробляти біопаливо в домашніх умовах з гною.

Біопаливо, безперечно, є ідеальним завершенням біологічного циклу. Суттєву вигоду можна отримати використовуючи вторинні ресурси сільськогосподарської промисловості [3].

Завдяки існуючим на сьогоднішній день технологіям з переробки рослинної сировини, що одержується з сільськогосподарських угідь Європи, можна виготовити дизельне біопаливо для 50%, а то і 80% автомобілів, що працюють зараз на нафтовому дизельному паливі.

Промислова технологія виробництва дизельного біопалива складається з наступних процесів: естерифікації; розділення на фракції метилового ефіру (неочищеного дизельного біопалива) та гліцеролу (побічного продукту при виробництві дизельного біопалива); очистки дизельного біопалива (відгонки метанолу, а також промивки підкисленою водою, повторної промивки водою, зневоднення та очистки від гелеподібного осаду шляхом фільтрації або осадженням дизельного біопалива [4].

Переваги такого дизпалива :

- щорічно оновлюється сировинна база, тобто відходи від збору врожаю;
- високе цетанове число, одержане з біологічної сировини- 58 проти 52 у звичайного дизельного палива, тобто займистість біопалива вища, ніж нафтового палива;
- в ході згорання біопалива виділяється в кілька разів менше CO₂, ніж при згоранні дизельного палива;
- скорочення негативного впливу на навколишнє середовище;
- зміцнення економічної незалежності України за рахунок виробництва палива з наявної сировини;
- створення додаткових робочих місць;
- розвиток власного виробництва та передових технологій.

IV. ВИСНОВКИ

Значною мірою стимулювати виробництво біопалива в Україні може прийняття і реалізація

спеціальної державної програми, яка повинна бути належним чином обґрунтована й структурована стосовно фінансування, страхування та відповідальності за її виконання [5]. Основними способами зацікавити споживачів внутрішнього ринку у використанні біопалива є доступність інформації, економічність, екологічність та енергоефективність продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Краснянський М. XXI век альтернативной энергетики, энергосбережения и экологизации [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://experts.in.ua/doc/download/energetic_krasnansky.pdf.
- [2] Зануда А. Біопаливо – черговий шанс для України [Електронний ресурс] / А. Зануда. – Режим доступу: http://www.bbc.co.uk/ukrainian/business/2011/04/110405_bioenergy_az_ob.shtml
- [3] Біопаливо в домашніх умовах – інструкція з виробництва [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://economstroy.com.ua/stroyobzors/6956-biopalyvo-v-domachnix-umovax.html>
- [4] Вірьовка М.І. Дослідження параметрів кільцевого трубчастого реактора для виробництва біодизельного палива / М.І. Вірьовка // Вісник Дніпропетровського Державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, 2009. №2. – С. 216- 219.
- [5] Кравчук О. Формування ринку сировинних ресурсів для виробництва біопалив [Електронний ресурс] / О. Кравчук. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/Portal/soc_gum/znptdau/2012_4/20-25.pdf

Регенерація моторних оливо

Адамчук А.В.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Єфименко В.В.
Кафедра хімії і хімічної технології
Навчально-науковий інститут Екологічної безпеки
Національний авіаційний університет
Київ, Україна
alina_14041996@ukr.net

Макарчук М.С.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Єфименко В.В.
Кафедра хімії і хімічної технології
Навчально-науковий інститут Екологічної безпеки
Національний авіаційний університет
Київ, Україна
alina_14041996@ukr.net

Анотація — робота присвячена розгляду проблеми регенерації моторної оливи. Проведено аналіз основних методів відновлення якості оливи, а саме: фізичні, фізико – хімічні, хімічні та комбіновані. Проаналізовано основні показники якості автомобільної оливи до і після експлуатації.

Ключові слова — відпрацьована моторна олива; показники якості; методи регенерації моторної оливи: фізичні, фізико-хімічні, хімічні, комбіновані

I. ВСТУП

На сьогоднішній день проблема відновлення якості моторних оливи у світі, а особливо в Україні, стоїть дуже гостро. Велика кількість автомобілів споживає багато оливи, які можливо піддавати регенерації, що частково б вирішувало економічні та екологічні проблеми держави.

Серед різних напрямів використання відпрацьованих оливи найбільш важливе місце займають методи регенерації. Сутність регенерації полягає в очищенні оливи від механічних домішок та води, відгонці паливних фракцій, а також видаленні органічних кислот, смол та інших продуктів окиснення, доведення складу регенерованої оливи до необхідних норм присадками.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У процесі експлуатації двигуна відбувається як кількісна, так і якісна зміна оливи. В результаті випаровування легких фракцій, при використанні оливи нафтового походження, їх вигорання, зменшується кількість оливи в двигуні. Якісні зміни пов'язані зі старінням, тобто хімічними змінами вуглеводневого складу. Старіння оливи при роботі двигунів являє собою дуже складний процес. В картері працюючого двигуна формується складна суміш працюючої оливи з найрізноманітнішими продуктами її старіння, від яких повністю очистити оливу (фільтрацією) не вдається, внаслідок чого кількість вуглецевих частинок (смол, сажі) в оливі підвищується. Зменшення кількості і погіршення якості працюючої оливи в умовах високої інтенсивності подібних процесів в сучасних високофорсованих двигунах може в підсумку привести до виходу двигуна з ладу [1].

Постійне введення все більшої кількості поліфункціональних присадок з ціллю підвищення експлуатаційних характеристик та збільшення терміну роботи мастильних оливи призводить до накопичення у

відпрацьованих моторних оливах (ВМО) сполук, токсичних для навколишнього середовища. ВМО можуть вміщати в собі до 25% шкідливих речовин (механічних забруднень, присадок, важких металів, розчинників, кислот, пального, продуктів деструкції, конденсації, полімеризації та окиснення нафтових та ароматичних сполук, що входять до складу базових оливи), які негативно впливають на навколишнє середовище [2].

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Вибір методу відновлення якості відпрацьованих оливи визначається характером забруднень, що містяться в ній і продуктів старіння: для одних оливи достатньо простого очищення від механічних домішок, для інших необхідна глибока переробка, іноді з використанням хімічних реагентів. Для покращення якості оливи і їх очищення рекомендовані наступні методи регенерації моторних оливи: фізичні, фізико – хімічні, хімічні, комбіновані. На практиці зазвичай використовують комбіновані методи, які забезпечують одержання високоякісних регенерованих оливи.

Виділяють дві основні групи домішок, що забруднюють оливи: органічні (потрапляють в оливу з камери згоряння – продукти неповного згоряння палива, продукти термічного розкладу, окиснення і полімеризації оливи) і неорганічні (пил, частинки зносу деталей, продукти спрацювання зольних присадок в оливах, частинки, що залишилися в двигуні після його виготовлення – технологічні забруднення). З камери згоряння в оливу можуть потрапляти вода, сполуки сірки [2].

На зміну властивостей оливи істотний вплив має температурний режим і технічний стан двигуна. Швидкість окиснення і забруднення значно вище при роботі оливи в зношених двигунах, коли збільшений прорив газів в картер і підвищена температура деталей, а також при роботі автомобіля з перевантаженням або з несталими навантаженнями.

Для двигунів сучасних автомобілів (головним чином в зимову пору року) при пробігах на короткі відстані, частих пусках і зупинках, тривалій роботі на холостому ходу характерна робота на зниженому тепловому режимі. При цьому умови роботи оливи можуть бути не менш жорсткими, ніж при напруженому тепловому режимі: погіршується процес згоряння палива, збільшується

потрапляння в картер вуглецевих частинок, важких фракцій палива. В результаті інтенсифікуються процеси старіння і забруднення оливи, випадання осадів (шламів). При роботі на зниженому тепловому режимі утворення шламів прискорюється в 20-30 разів у порівнянні з підвищеним тепловим режимом. (Рис. 1). Запобігання утворенню шламу можливо тільки при високих диспергуючих властивостях оливи (підтримка забруднюючих домішок у зваженому стані).

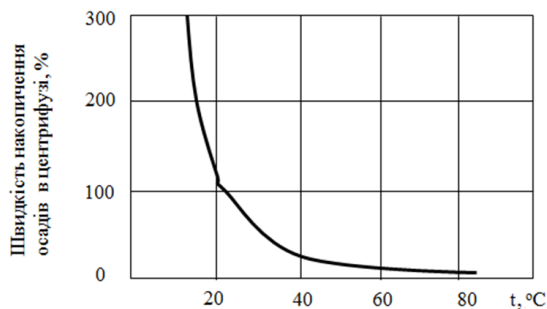


Рис. 1. Вплив температури охолоджуючої рідини на інтенсивність накопичення відкладень в центрифугі.

При температурі нижче критичної різко підвищується темп зносу деталей двигунів в результаті інтенсифікації рідинної корозії (Рис. 2). Це позначається насамперед у період пуску двигуна (взимку і в осінньо-весняну пору року – значніше), а також при експлуатації з частими і довгими зупинками.

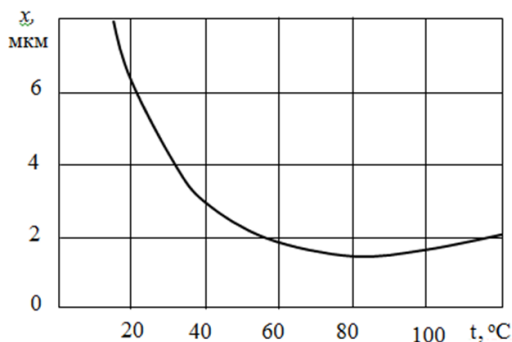


Рис. 2. Зміна максимального діаметрального зносу циліндра x при роботі двигуна на різних теплових режимах.

Вважається, що оптимальна температура оливи в картері двигуна, це така температура, при якій забезпечується мінімальна питома витрата палива.

Castrol Magnatec містить унікальні молекули "Intelligent Molecules", які утримуються на поверхнях деталей двигуна, створюючи додатковий мастильний шар, що особливо важливо в зонах найбільш схильних до зносу, тим самим забезпечуючи захист пар тертя від зношування з моменту пуску двигуна.

Моторне мастило Castrol Magnatec 5W-30 A3/B4 призначене для використання в сучасних бензинових і дизельних двигунах автомобілів, у тому числі з турбонаддувом, проміжним охолодженням наддувочного

повітря, безпосереднім уприскуванням, паливними рампами common rail, де автовиробник рекомендує оливи класифікації ACEA A3/B3, A3/B4 або API SL/CF класу в'язкості по SAE.

Унікальні молекули "Intelligent Molecules" оливи Castrol Magnatec утримуються на поверхнях деталей двигуна найбільш схильних до зносу, утворюючи надміцну масляну плівку, яка забезпечує захист від зношування з моменту пуску двигуна [4].

В роботі досліджено основні показники якості моторної оливи Castrol Magnatec 5W-30 A3/B4 до та після експлуатації в двигуні внутрішнього згорання. Встановлено, що густина оливи збільшилась із 850 г/см³ до 860 г/см³, кількісний вміст води визначений методом Діна і Старка змінився з «відсутнього» до 0.14 % мас., кінематична в'язкість оливи змінилась з 68.5 мм²/с до 77.1 мм²/с.

Однак, незважаючи на глибокі зміни якості при роботі оливи в двигунах, основний її вуглеводневий склад змінюється несуттєво. Якщо з оливи видалити всі механічні домішки і продукти окиснення, загальна кількість яких зазвичай не перевищує 4-6 %, то після додавання пакету необхідних присадок, можливо знову отримати базову оливу хорошої якості. Саме на цьому принципі і ґрунтується регенерація (відновлення) і повторне використання оливи [5].

IV. ВИСНОВКИ

У статті запропоновано основні методи регенерації ВМО. Було досліджено основні показники якості моторної оливи Castrol Magnatec 5W-30 A3/B4 до та після експлуатації в двигуні внутрішнього згорання. Відновлення властивостей відпрацьованих оливи та повторне їх використання має важливе значення для народного господарства України: забезпечує реальну економію ресурсів країни та попереджає екологічну загрозу потрапляння ВМО в навколишнє середовище. Враховуючи актуальність проблеми доцільною є запровадження комплексу правових, організаційних та технологічних заходів для попередження забруднення навколишнього природного середовища відпрацьованими моторними оливами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Адамчук А.В. Збірник ННІЕБ Політ 2017. Відновлення якості відпрацьованих моторних оливи. – К. 2017. С. 92.
- [2] Чайка О.Г. Попередження забруднення навколишнього середовища відпрацьованими моторними оливами. – С, 2012. – 184 с.
- [3] Адамчук А.В. Збірник ННІЕБ Політ 2016. Порівняльний аналіз методів очищення відпрацьованих оливи. – К. 2016 С. – 86.
- [4] Паспорт якості на моторне масло Castrol Magnatec 5W-30 A3/B4. – М.: ООО "Сетра Лубрикантс", 2010. – 3 с.
- [5] Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. Лабораторный практикум. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. – 208 с.

Біодеградуючі полімери

Медведєв В.С

Науковий керівник: к.х.н., доц. Косенко О.І.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
Wadim067@ukr.net

Анотація — робота присвячена розгляду проблеми покращення якості полімерних матеріалів, що піддаються біодеградації. В роботі наведена основна класифікація біодеградуючих полімерів, а також перспективи створення композиційних матеріалів, що складатимуться з полімерної матриці та біодеградуючого наповнювача.

Ключові слова — біодеградуючі полімери, композиційні матеріали, нанокомпозити, шаруваті силікати, макромолекула полімеру.

DIN 54900 та PALGZ–251[3].

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Біодеградуючі полімери можуть бути отримані з природної сировини (деревної целюлози, кукурудзяного крохмалю) або синтезовані біологічним шляхом з низькомолекулярних речовин (масляна та валеріанова кислоти), що дають змогу отримати полігідроксобутират та полігідроксовалеріат [4]. Також біодеградуючі полімери можуть бути отримані з нафтопродуктів або шляхом комбінації нафтопродуктів та біомаси. Найбільш поширеним полімером такого типу на основі нафтопродуктів являються аліфатичні полієфіри та аліфатично-ароматичні кополімери ефірів.

Чи не найважливішим і найперспективнішим напрямом у розвитку біодеградуючих полімерів є їх модифікація наночастинками. Особливий інтерес представляють полімерні композити на основі органічно модифікованих шаруватих пластиків і силікатів через те, що вони демонструють значне збільшення, в порівнянні із звичайними полімерами, широкого спектру фізичних властивостей, таких як стійкість до проникнення рідин, газонепроникність, вогнестійкість, високий ступінь біодеградації. Основною причиною такого покращення властивостей композитів є рівномірне розподілення наповнювача на нанометровому рівні та взаємодія між полімерною матрицею і органічно модифікованим наповнювачем. При цьому важливе значення має співвідношення компонентів, що забезпечує біодеградацію системи. Так, шаруваті силікати мають товщину шару порядку 1 нм і надзвичайно високе співвідношення лінійних розмірів. Таким чином невеликий вміст органічно модифікованого шаруватого силікату, диспергованого в полімерну матрицю, створює набагато більшу площу поверхні для взаємодії полімеру з наповнювачем, ніж традиційні композити.

На основі різних механізмів взаємодії між полімером і органічно модифікованим шаруватим силікатом виділяють два структурно різних типи їх отримання: інтеркаляція нанокомпозитів, в яких введення полімерних ланцюгів в структуру шаруватого пластику відбувається в регулярному порядку, незалежно від співвідношення полімеру та органічно модифікованого силікату, та розшарування нанокомпозитів, в яких окремі силікатні шари розташовані в полімерній матриці на середній відстані один від одного [1].

I. ВСТУП

У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації в світі разом з економічними проблемами промислового виробництва полімерних матеріалів стає питання їх безпечної утилізації. Вирішенням цієї проблеми може стати масове впровадження у виробництво полімерів, що будуть піддаватися біодеградації. Ці полімери повинні зберігати свої властивості лише під час експлуатації, а після використання повинні розкладатися на такі компоненти як вода, вуглекислий газ та гумус. Це можливо лише при наявності трьох основних факторів: відповідних умов навколишнього середовища, наявності мікроорганізмів, що селективно діють на полімер, та відповідної хімічної структури макромолекули полімеру [1].

Біодеградуючі полімери мають величезний економічний потенціал і в найближчому майбутньому можуть скласти конкуренцію традиційним полімерним матеріалам, але такі властивості як низька температура теплової деструкції, мала газопроникність та невисока в'язкість в розплаві заважають їхньому масовому впровадженню в промисловості. Ефективним вирішенням цієї проблеми може стати модифікування полімерів наночастинками, що дасть змогу позбутися більшості їх негативних властивостей [2].

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Негативний вплив полімерних відходів на екологію цілої планети змушує все частіше задумуватися про вдосконалення структури полімерних виробів з метою надання їм такої властивості як біодеградація та біодеструкція.

Не кожен полімер, що розкладається під впливом природних чинників, може вважатися біодеградуючим. Для того, щоб надати полімерному матеріалу такий статус, він повинен відповідати вимогам стандарту

IV. ВИСНОВКИ

Проблема оптимізації виробництва біодеградуючих полімерів та покращення їх деструкційних властивостей може бути вирішена шляхом створення композиційних біодеградуючих матеріалів, що за своїми фізико-хімічними властивостями не поступатимуться вже існуючим полімерам.

Найперспективнішим являється створення нанокомпозитів на основі полімерної матриці та наповнювача природного походження. Їхньою перевагою є висока температура теплової деструкції, газопроникність та високий коефіцієнт в'язкості. Також вони володіють більшим ступенем біодеградації у порівнянні з полімерами, створеними на основі нафтопродуктів. Це пов'язане з тим, що вихідні компоненти мають більшу

спорідненість з оточуючим середовищем, аніж синтетичні полімери.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Азизов А.Г. Биоразлагаемые синтетические полимеры (обзор)/ А.Г.Азизов, М.Д.Ибрагимов, Л.И.Алиев. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012. – №20. – С. 385-393.
- [2] Yiu-Wing Mai. Polymer nanocomposites / Yiu-Wing Mai, Zhong-Zhen Yu // Woodhead Publishing Limited All Rights Reserved. – 2006.c – 688.
- [3] Подденжный Е.Н.. Прогресс в получении биоразлагаемых композиционных материалов на основе крахмала (обзор)/ Е.Н. Подденжный. А.А. Бойко, А.А. Алексеенко, Н.Е. Дробышевска, О.В. Ураецка. // Вестник ГГТУ ИМ.П.О. Сухого – 2015. – №2.
- [4] Вильданов. Ф. Ш.. Биоразлагаемые полимеры – современное состояние и перспективы использования / Ф. Ш. Вильданов Ф.Н.Латыпова, П.А.Красуцкий, Р.Р.Чанышев // Башкирский химический журнал. –2012. – Том 19, №1.– с. 135 – 139.

Інгібуюча ефективність бінарних композицій силікату з нітритом, хлоратом при корозії сталі у нейтральних середовищах

Гур'єва Р.С.

Науковий керівник: д.х.н., проф. Ледовських В.М.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна

Анотація — в роботі було досліджено вплив співвідношення концентрацій компонентів комбінованих інгібіторів оксидної і сольової пасивації на електрохімічну та корозійну поведінку сталі у водно-сольових розчинах. Зміст дослідження полягає у створенні нових і модифікації існуючих протикорозійних заходів, адже електрохімічна корозія є однією із найбільш небезпечних видів корозійного руйнування. За допомогою масометричних і поляризаційних вимірювань показано, що ефективність бінарних сумішей залежить від співвідношення концентрацій компонентів в розчині, характеризуються присутністю екстремумів, де досягається максимальна ефективність захисту металу. Показано, що повний захист сталі від корозії синергічними сумішами викликається переведенням металу у пасивний стан.

Ключові слова — корозія, пасивація, інгібітор, катодний процес, анодний процес, захист від корозії, масометрія.

I. ВСТУП

Електрохімічна корозія – це процес мимовільного руйнування металевих матеріалів унаслідок фізико-хімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем, при якій іонізація атомів металу і відновлення окисного компонента корозійного середовища проходять не в одному акті, а як два спряжені між собою процеси, внаслідок чого в системі виникає електричний струм, тому їх швидкість залежить від величин електродного потенціалу металу, що кородує [2].

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В роботі було передбачено дослідження електрохімічної і корозійної поведінки сталі у водно-сольових розчинах в присутності окремих інгібіторів різного механізму дії – оксидної і сольової пасивації та їх сумішей на основі методу ізомолярних серій.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В роботі досліджувалось інгібуюча ефективність суміші хлорату калію з силікатом натрію, яку визначали масометричним методом.

Для визначення максимальної ефективності інгібуючих складів, її залежності від співвідношення молярних концентрацій компонентів в розчині застосовувався метод ізомолярних серій (рис.1.).

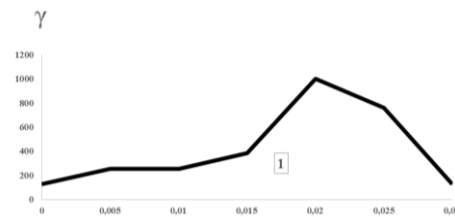


Рис.1. Значення коефіцієнта гальмування корозії сталі 08 кп у водно-сольовому розчині при додаванні інгібіторних сумішей в їх ізомолярній серії ($\text{NaNO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$, моль/дм³)

Для дослідження механізму дії окремих компонентів і їх синергічних сумішей використовували потенціостатичні поляризаційні вимірювання сталі у їх розчинах.

Поляризаційні криві водно-сольового розчину показують, що катодна реакція деполіаризатора (O_2) має дифузійну природу, про що свідчить присутність хвилі граничного дифузійного струму. А анодна реакція іонізації сталі відбувається в активній області (рис.2).

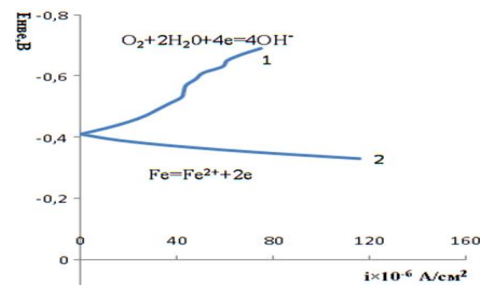


Рис. 2. Катодні і анодні поляризаційні криві сталі 08кп у фоновому розчині МВВ:1 – катодна поляризаційна крива;2 – анодна поляризаційна крива.

При введенні в корозійне середовище інгібіторних добавок силікату, нітриту, спостерігається переважно гальмування анодної реакції корозії, що підтверджується зміщенням корозійного електродного потенціалу у бік позитивних значень (0,2В), поверхня пасивується в широкому діапазоні потенціалів, утворюючи зону пасивації. У випадку нітриту натрію зона пасивації становить 0,5В, при використанні силікату натрію 0,7В. (рис 3, 4).

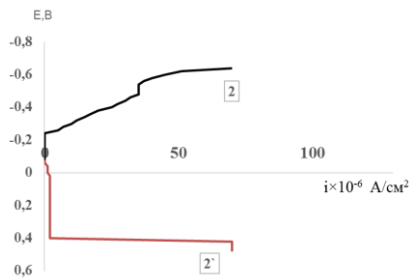


Рис.3. Катодні і анодні поляризаційні криві окремих інгібіторних компонентів: 2 – катодна поляризаційна крива у розчині $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 2' – анодна поляризаційна крива у розчині $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

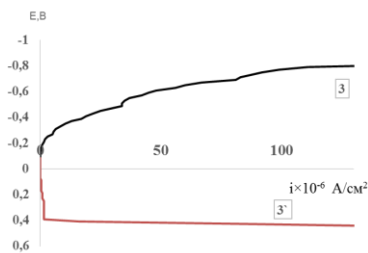


Рис.4. Катодні і анодні поляризаційні криві окремих інгібіторних компонентів: 3 – катодна поляризаційна крива у розчині NaNO_2 , 3' – анодна поляризаційна крива у розчині NaNO_2 .

Якщо ж порівняти захисні ефекти індивідуальних добавок інгібіторів і їх композицій, з анодних кривих, можна бачити майже однакову зону пасивації (0,5В), але разом з цим суміші хлорату з силікатом і нітриту з силікатом забезпечують мінімальне значення струму повної пасивації 0-1мкА/см² (рис. 5, 6).

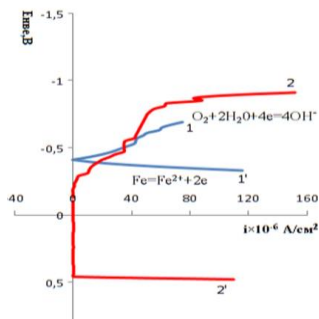


Рис. 5. Катодні і анодні поляризаційні криві інгібіторних сумішей: 1, 1' – у фоновому розчині; 2, 2' – у рочині Силікату з Хлоратом.

А значення чистих інгібіторних добавок 0-7 мкА/см² силікату натрію і 0-9мкА/см² нітриту натрію (рис.3, 4), це свідчить про більший антикорозійний ефект суміші і наявності явища синергізму порівняно з антикорозійною

ефективністю індивідуальних добавок. Синергізм на поляризаційних кривих пояснюється наявністю мінімального струму повної пасивації в суміші порівняно з струмом повної пасивації окремих добавок.

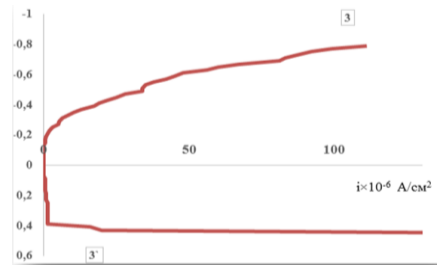


Рис. 6. Катодні і анодні поляризаційні криві інгібіторних сумішей: 3, 3' – у розчині Силікату з Нітритом.

IV. ВИСНОВКИ

Використання інгібіторів дозволяє ефективно гальмувати корозійні процеси металів у нейтральних водно-солевих розчинах. Синергічні суміші інгібіторів мають більш високу антикорозійну ефективність порівняно з ефективністю окремих їх компонентів.

Антикорозійна ефективність синергічних сумішей пасиваторів окисидної і сольової дії залежать від природи компонентів, а також від співвідношення молярних концентрацій складових. Наприклад, в суміші нітриту натрію з силікатом натрію максимальний вплив добавки на корозійну поведінку сталі спостерігається при співвідношенні концентрацій нітриту і силікату як 1:2, за даними поляризаційних вимірювань підвищена ефективність спостерігається у разі також суміші хлорату калію з силікатом натрію.

Отримані результати призначені для розвитку уявлень про механізм дії синергічних сумішей інгібіторів і шляхів їх створення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Синергічні екстремуми сумішей інгібіторів корозії металів у водно-солевих розчинах / В. М. Ледовських, С. В. Левченко, С. М. Тулаінов // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2013. – Т. 49, № 6. – С. 107-111.
- [2] Скорчелетти. Теоретические основы коррозии металлов. – Л.: Химия. –1973. – 263 с.
- [3] Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия. – 1977. – 350с.
- [4] Ледовских В.М. Синергическое ингибирование коррозии стали в нейтральной среде композициями азотных органических оснований с нитритом натрия // Защита металлов. – 1983. – Т.Х. – С. 84-90.
- [5] Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
- [6] Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. – Киев: Техніка, 1981. – 183с.

Захисні властивості сумішей інгібіторів нітриту, хлорату з фосфатом при корозії сталі у водно-сольовому розчині

Прихода Т.О.

Науковий керівник: д.х.н., проф. Ледовських В. М.
Кафедра хімії і хімічної технології,
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна

Анотація — робота присвячена розгляду проблеми корозійного руйнування металевих обладнань під час експлуатації, дослідження впливу інгібіторних композицій на корозійну поведінку сталі масометричним методом і визначення екстремумів ефективності в синергічних сумішах інгібіторів в залежності від співвідношення їх молярних концентрацій. Також в роботі було запропоновано рекомендації щодо цілеспрямованого створення інгібіторних композицій для ефективного захисту сталі від корозії.

Ключові слова — корозія, пасивація, інгібітори, синергізм, захист від корозії, масометрія, поляризаційні криві.

I. ВСТУП

Електрохімічна корозія у водно-сольових розчинах є найпоширенішим типом руйнування металів. Її причиною є термодинамічна нестійкість сталі у даному корозійному середовищі [1, 2]. Корозійне руйнування є однією з основних проблем експлуатації металевих обладнань, для усунення наслідків якого потребуються істотні додаткові витрати матеріальних ресурсів [3].

В роботі було досліджено ефективність інгібуючих композицій: нітриту натрію, хлорату калію з фосфатом натрію. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці рекомендацій щодо вдосконалення механізму захисту сталі від електрохімічної корозії.

II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Полягає у дослідженні корозійної і електрохімічної поведінки сталі у водно-сольовому розчині і у присутності окремих добавок та їх бінарних синергічних сумішей.

Для синергічних сумішей визначити екстремальний характер залежності їх ефективності від співвідношення концентрацій окремих інгібіторів та механізм дії для створення ефективних засобів інгібіторного захисту.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В роботі було досліджено ефективність інгібуючих композицій: нітрит натрію, хлорат калію з фосфатом натрію. Швидкість корозії за присутності інгібіторних

систем визначали масометричним методом. Визначення впливу інгібіторних добавок на корозійну поведінку сталі і знаходження екстремумів ефективності проводили методом ізомолярних серій (рис 1, 2).

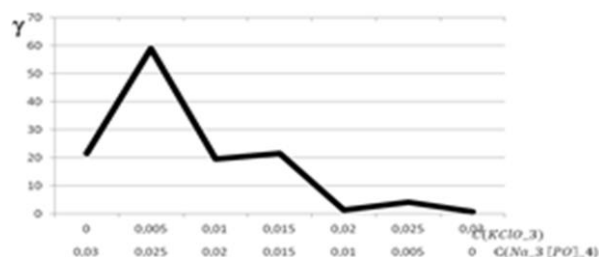


Рис. 1. Значення коефіцієнта гальмування корозії сталі 08 кп у водно-сольовому розчині при 20 °C (сумарна концентрація компонентів – 30 mmol/l), (хлорат калію: фосфат натрію).

На графіку залежності коефіцієнту гальмування від співвідношення молярних концентрацій компонентів можна бачити, що в суміші нітриту натрію з фосфатом натрію екстремум ефективності спостерігається при їх співвідношення 1:2, а в суміші хлорату калію з фосфатом – 1:5 (рис.1, 2).

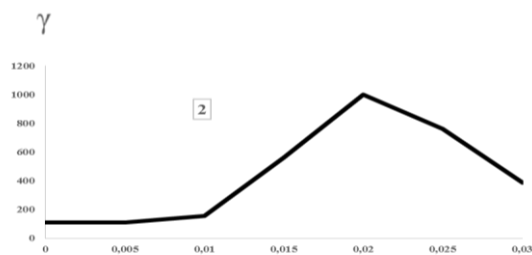


Рис. 2. Значення коефіцієнта гальмування корозії сталі 08 кп у водно-сольовому розчині при додаванні інгібіторних сумішей в їх ізомолярній серії за 25 °C (сумарна концентрація компонентів – 0,03 моль/дм³ NaNO₂+Na₃PO₄, моль/дм³).

Вплив інгібіторних добавок і їх синергічних композицій на електрохімічну поведінку сталі ми досліджували методом потенціостатичних поляризаційних вимірювань. Криві знімали на

потенціостаті П5827М у трьохелектродній комірці (рис 3, 4, 5, 6, 7).

На рис. 3 показано катодні та анодні поляризаційні криві фонового розчину. Де під час катодної реакції відновлюється розчинений у воді кисень до OH^- , про що свідчить ділянка граничного дифузійного струму (42мА), а анодна реакція – окиснення металу в активній області. Швидкість корозії за відсутності інгібіторів визначається значенням граничного дифузійного струму.

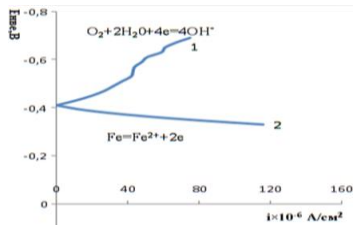


Рис. 3. Катодні і анодні поляризаційні криві сталі 08кп у фоновому розчині МВВ: 1 – катодна поляризаційна крива; 2 – анодна поляризаційна крива.

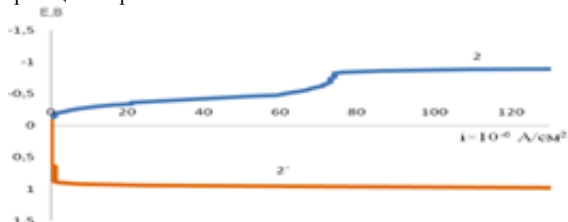


Рис. 4. 2, 2' – відповідно катодна і анодна поляризаційні криві сталі 08кп у розчині Na_3PO_4 ; (концентрація).

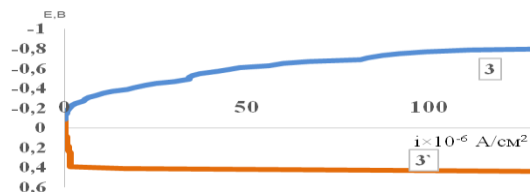


Рис. 5. 3, 3' – відповідно катодна і анодна поляризаційні криві сталі 08кп у розчині NaNO_2

Введення в агресивне середовище інгібіторних добавок призводить до гальмування переважно анодної реакції корозії, про що свідчить зміщення корозійного потенціалу в бік позитивних значень і утворення зони пасивації: у випадку нітриту натрію в діапазоні 0.5 В, а за присутності фосфату натрію 1.2 В (рис 3, 4). Перевагою сумішей інгібіторів нітриту з фосфатом порівняно з індивідуальними речовинами, є мінімальні значення струму повної пасивації від 0 до 0.5 мкА/см² порівняно з індивідуальним фосфатом, в той час як у разі індивідуального ця величина становить від 0 до 10 мкА/см².

Подібний ефект спостерігається в суміші хлорат натрію з фосфатом натрію, де струм повної пасивації становить від 0 до 0.3 мкА/см². (рис. 6, 7). Перевагою сумішей інгібіторних композицій нітриту з фосфатом є мінімальні значення струму повної пасивації, порівняно з індивідуальним фосфатом.

Це свідчить про наявність явища синергізму в інгібіторних системах окисної і сольової пасивації нітриту натрію з фосфатом і хлорату калію з фосфатом і

майже 100% захист сталі від корозії в нейтральних водно-сольових середовищах.

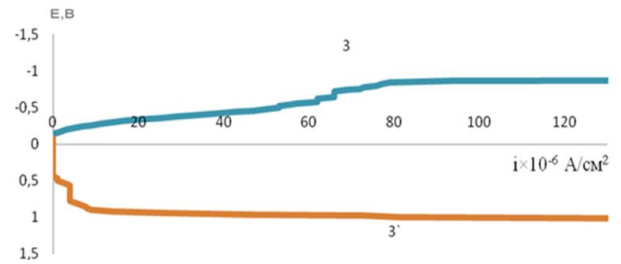


Рис. 6. Катодні і анодні поляризаційні криві інгібіторної суміші Фосфат - Нітрит, за температури 25°C: 3, 3' – відповідно катодна і анодна поляризаційні криві сталі 08кп у суміші $\text{NaNO}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4$ у співвідношенні 2:1.

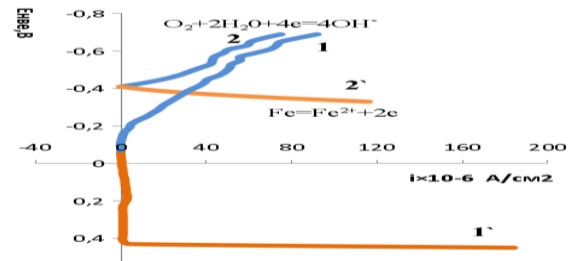


Рис.7. Катодні і анодні поляризаційні криві інгібіторних сумішей: 1, 1' – у розчині Фосфату з Хлоратом (1:5); 2, 2' – у фоновому розчині.

IV. ВИСНОВКИ

Показано, що синергічні композиції мають більш високу антикорозійну ефективність порівняно з ефективністю окремих інгібіторів. За допомогою методу ізомольарних серій було встановлено, що найбільший вплив синергічних композицій нітриту натрію з фосфатом натрію спостерігається при співвідношенні молярних концентрацій нітриту і фосфату як 1:2. При дії композиції хлорату калію з фосфатом синергізм спостерігається при співвідношенні складових як 1:5.

Залежність ефективності сумішей від співвідношення концентрацій компонентів характеризується синергічними максимумами впливу інгібуючих композицій на електрохімічну і корозійну поведінку сталі, що відповідає мінімальним значенням струму повної пасивації і повному захисту сталі від корозії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Синергічні екстремуми сумішей інгібіторів корозії металів у водно-сольових розчинах / В. М. Ледовських, С. В. Левченко, С. М. Тулаінов // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2013. – Т.49, № 6. – С. 107-111.
- [2] Скорчелетти. Теоретические основы коррозии металлов. – Л.: Химия, 1973. – 263 с.
- [3] Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия. – 1977. – 350с.
- [4] Ледовских В.М. Синергическое ингибирование коррозии стали в нейтральной среде композициями азотных органических оснований с нитритом натрия // Защита металлов. – 1983. – Т.Х. – С. 84-90.
- [5] Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов М.: Металлургия. – 1976. – 472 с.
- [6] Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов Киев: Техніка, 1981. – 183 с.

Поглиблення нафтопереробки каталітичним гідруванням відхідних газів

Ремезовський І.М., Зікрата О.В., Гаєвська Т.А., Спаська О.А.

Науковий керівник: д.х.н., проф. Білокопитов Ю.В.

Кафедра хімії і хімічної технології,

Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

ivan_remezovski@ukr.net

Анотація — запропоновано процес одночасної димеризації та гідрування компонентів відхідних газів піролізу з одержанням більшої кількості пального та цінних продуктів нафтохімічної промисловості

Ключові слова — каталітичне гідрування, гетерогенний каталіз, хроматографія, відхідні гази нафтопереробки, олефіни

I. ВСТУП

Основними проблемами сучасної нафтопереробки в Україні:

- застарілі технологічні виробничі процеси
- мала глибина переробки нафтопродуктів
- велика кількість відходів.

В Україні глибина вилучення світлих нафтопродуктів з нафти залишається низькою (65,2%), що значно поступається рівню західних країн (85-96%).

Тому для поліпшення економічної ситуації в країні доцільно впроваджувати нові хіміко-технологічні процеси, які дозволять поглибити ступінь переробки нафтопродуктів та оптимізувати виробництво.

Одним із таких процесів може стати процес одночасної димеризації та гідрування відхідних газів нафтопереробки, з одержанням більшої кількості пального та цінних продуктів нафтохімічної промисловості на 6-15%.

II. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ

У процесі крекінгу та піролізу отримується велика кількість так званих газів нафтокрекінгу (нафтопіролізу), що містяться у продуктах більш глибокого розщеплення вуглеводнів нафти. У цих газах разом із нижчими насиченими вуглеводнями парафінового ряду знаходяться багато олефінів, які є важливою сировиною для промислового органічного синтезу. Після їх вилучення отримують відхідні гази, які можуть містити ацетилен (0,1-0,5% мас), етилен (0,2-1% мас), пропілен (0,1-0,7% мас), бутилен (0,2-0,6% мас) та інші домішки (в залежності від технології виробництва та сировини, яка зазнає перетворень)[1]. За таких концентрацій, вилучення окремих компонентів є економічно не вигідним, тому гази подають на спалювання

На українських НПЗ середній показник глибини переробки нафти коливається від 46 (Херсонський НПЗ) до 74% (Надвірнянський НПЗ), внаслідок чого кількість ненасичених вуглеводнів у відхідних газах сягає вищих ніж світові середньостатистичні показники [2].

Для зменшення витрат у промисловості, викидів в атмосферу та економічної оптимізації процесів гази термічних процесів можна було б без розділення використовувати одразу, тобто подавати на установку димеризації з подальшим гідруванням на відповідних каталізаторах вже нагріту газову суміш.

III. ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Гідрування ацетилену, етилену, є однотипними процесами, які відбуваються на одних і тих же каталізаторах.

З наукової літератури відомо, що процес гідрування ацетилену відбувається через взаємодію з хемосорбованим воднем на поверхні каталізатора до етану [3,4].

Результатом дослідження гідрування ацетилену на розробленому каталізаторі стало одержання бутану з повним перетворенням вихідної суміші, що раніше не було описано в літературі.

Для того, щоб підтвердити можливість перебігу реакції проведено термодинамічні розрахунки температурної залежності виходу продукту (мольної частки) в умовах термодинамічної рівноваги на основі вільних енергій утворення ацетилену та бутану [5] (рис.1).

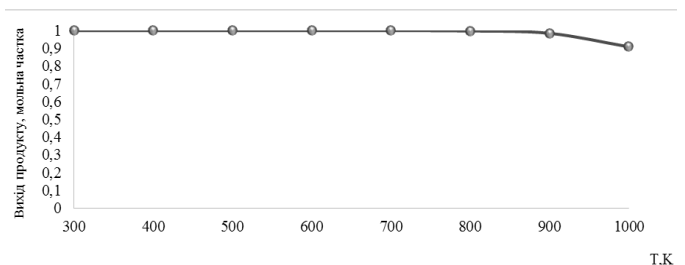


Рис.1 Температурна залежність виходу продукту в умовах термодинамічної рівноваги процесу гідрування ацетилену в бутан

Для одержання бутану потрібно, щоб на поверхні каталізатора попередньо утворився проміжний продукт з

чотирма атомами вуглецю. Можна уявити, що такий проміжний продукт є результатом димеризації ацетилену до вінілацетилену або етилену до бутену-1. Оскільки в продуктах реакції не виявлено етилен, то можна припустити, що процес відбувається через утворення вінілацетилену, в подальшому відбувається гідрування вінілацетилену до бутану вже на металічних центрах, оскільки гідрування відбувається за рахунок атомарного водню, що утворюється при дисоціативній адсорбції водню на металічних центрах каталізатора [6].

Можна припустити, що процес утворення вінілацетилену контролюється не термодинамікою, а кінетикою і, тому відсутність етилену в продуктах є закономірною.

Також, у науковій літературі описані реакції димеризації олефінів, які в основному відбуваються за рахунок утворення карбокатионів на кислотних центрах гомогенних металокомплексних каталізаторів[7]. Вагомим недоліком таких каталізаторів є їх складне приготування та відокремлення від реакційної суміші. Тому в промисловості доцільніше використовувати гетерогенні каталізатори, які легко відділяються від продуктів реакції. В літературі відсутня інформація про димеризацію олефінів з подальшим гідруванням на одному і тому ж гетерогенному каталізаторі.

При гідруванні етилену спостерігається повне перетворення вихідної суміші до бутану. Для перевірки можливості перебігу реакції було проведено розрахунки температурної залежності виходу продукту (мольної частки) в умовах термодинамічної рівноваги на основі вільних енергій утворення етилену та бутану (рис.2).

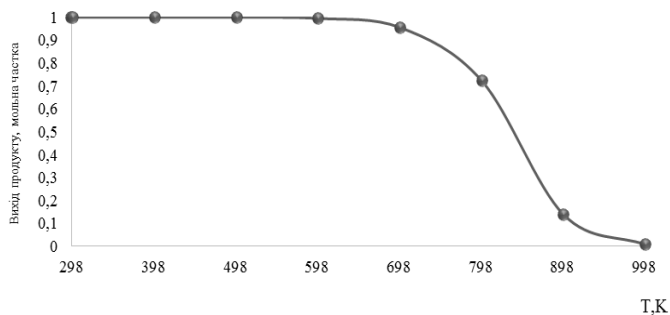


Рис.2 Температурна залежність виходу продукту в умовах термодинамічної рівноваги процесу гідрування етилену в бутан

Дослідження даних процесів проводилось на експериментальній установці у реакторі проточного типу з розробленим гетерогенним каталізатором на основі оксидів перехідних металів в температурному діапазоні 30-450°C.

Модельні реакційні суміші ацетилену, етилену, пропілену та бутену-1 з воднем подавались на каталізатор, з подальшим хроматографічним аналізом продуктів на установці. Аналіз вихідних речовин та продуктів реакції проводили за допомогою хроматографічної колонки, заповненої цеолітом 5A, з реєстрацією на полум'яно-іонізаційному детекторі.

При гідруванні пропілену та бутілену (які є газами за нормальних умов), можна було б на виході з реактора отримувати рідкі вуглеводні, можливість утворення яких

була розрахована на основі вільних енергій утворення речовин в умовах термодинамічної рівноваги (рис. 3,4)

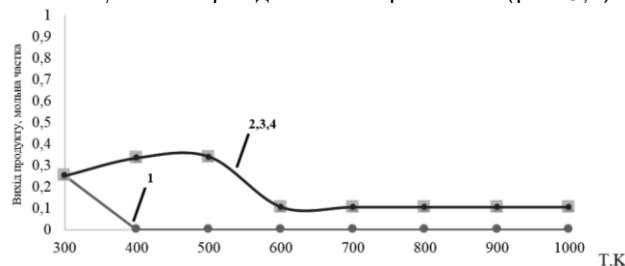


Рис.3 Температурна залежність виходу продуктів в умовах термодинамічної рівноваги процесу гідрування пропілену: 1 - Гексан; 2 - Метилпентан; 3 - 2,3-диметилбутан; 4 - 2,2-диметилбутан

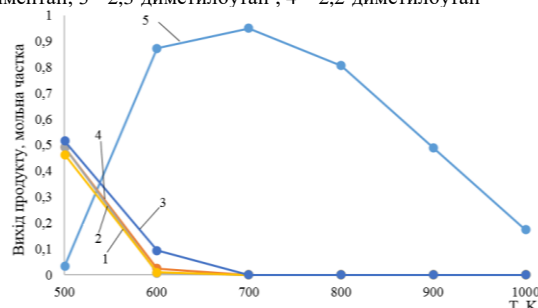


Рис.4 Температурна залежність виходу продуктів в умовах термодинамічної рівноваги процесу гідрування бутілену: 1 - 2,2,4-триметилпентан, 2 - 2,3,3-триметилпентан, 3 - октан, 4 - 3,4-диметилгексан, 5 - бутан

IV. ВИСНОВКИ

Термодинамічно розраховано можливість утворення продуктів одночасної димеризації та гідрування компонентів відхідних газів термічних процесів, а саме ацетилену, етилену, пропілену та бутену-1.

На розробленому гетерогенному каталізаторі при гідруванні реакційних сумішей ацетилену, етилену з воднем отримано бутан, з повним перетворенням вихідної суміші.

На основі отриманих даних запропонований механізм реакції, не описаної раніше в літературі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Капустин В.М. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы/ В.М. Капустин, А.А. Гуреев – М.: КолосС, 2007. — 334 с.
- [2] Глубина переработки нефти в России, Европе и США [Электронный ресурс]/2016р – Режим доступа до статті: <https://neftegaz.ru/analysis/view/8485-Glubina-pererabotki-nefti-v-Rossii-Evrope-i-SShA>
- [3] Потехин В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки/ В. М. Потехин, В.В. Потехин – СПб: Химиздат, 2007. – 946 с.
- [4] Wei Huang Selective hydrogenation of acetylene in the presence of ethylene on K+-β-zeolite supported Pd and PdAg catalysts / Wei Huang, William Pyrz, Raul F.Lobo, Jinguang G.Chen // Applied Catalysis A: General Volume 333, Issue 2, 15 December 2007, Pages 254-263
- [5] Сталл Д. Химическая термодинамика органических соединений/ Д.Сталл, Э. Вестрам, Г.Зинке – М: «МИР», 1971. – 807с.
- [6] Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика. (Перевод с английского) Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. – 2-е изд. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. — 504 с.
- [7] В.Ш.Фельдблом «Димеризация и диспропорционирование олефинов». М. Химия, 1978. – 208 с.

