

ПЕРЕРОБКА ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АНТИКОРОЗІЙНОЇ РЕЧОВИНИ

Бондаренко С. Г., Василькевич О. І, Джигирей І. М., Селінський В. В.

ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННОГО ВЕЩЕСТВА

Бондаренко С. Г., Василькевич А. И., Джигирей И. Н., Селинский В. В.

THE RECYCLING OF SECONDARY POLYETHYLENE TERPHthalATE FOR PRODUCTION OF ANTICORROSIVE SUBSTANCE

Bondarenko S., Vasylykevych O, Dzhygyrey I., Selinskyi V.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Київ, Україна

s_g_bondarenko@ukr.net

У роботі розглянуто технологічну схему отримання антикорозійної речовини при переробці поліетилентерефталату. У моделюючому програмному комплексі CHEMCAD спроектовано схему процесу отримання антикорозійної речовини і проведено її комп'ютерний розрахунок. Представлено порівняльний аналіз життєвого циклу різних видів поліетилентерефталату у контексті впливу на довкілля.

Ключові слова: поліетилентерефталат, антикорозійна речовина, технологічна схема, життєвий цикл

В работе рассмотрена технологическая схема получения антикоррозионного вещества при переработке полиэтилентерефталата. В моделирующем программном комплексе CHEMCAD спроектирована схема процесса получения антикоррозионного вещества и проведен ее компьютерный расчет. Представлен сравнительный анализ жизненного цикла различных видов полиэтилентерефталата в контексте влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, антикоррозионное вещество, технологическая схема, жизненный цикл

The technological scheme of obtaining anticorrosive substance in the recycling of polyethylene terephthalate is considered in the paper. In the CHEMCAD modeling software package, a process diagram for the production of anticorrosive substances was designed and its computer calculation was carried out. A comparative analysis of the life cycle of different types of polyethylene terephthalate in the context of environmental impact is presented.

Keywords: anticorrosive substance, life cycle, polyethylene terephthalate, technological scheme

ВСТУП

У теперішній час захист промислового обладнання від корозійних руйнувань є одним з основних завдань в різних галузях промисловості. Устаткування кородує при впливі агресивного на нього середовища в ході його зберігання та експлуатації. У результаті корозійного впливу на промислових об'єктах часто відбуваються аварії, які призводять до великих втрат. В промислово розвинених країнах втрати від корозії складають близько десятої частини національного доходу, а витрати на ремонт і заміну обладнання та комунікацій в декілька разів перевищують вартість конструкційного матеріалу [1, 2].

Для захисту промислового обладнання від корозії використовується ряд антикорозійних речовин, які відрізняються за складом та принципом захисної дії. Незважаючи на велику номенклатуру існуючих антикорозійних речовин, актуальною є проблема розширення їх асортименту за рахунок створення нових речовин з вищими захисними характеристиками і низькою собівартістю. Часткове використання для створення антикорозійних речовин матеріалів, які є відходами інших виробництв або сміттям, значно знижує собівартість продукту і сприяє захисту навколишнього середовища. Одним з таких матеріалів є поліетилентерефталат (ПЕТ), який на теперішній час є одним з основних забруднювачів довкілля. У зв'язку з цим, утилізація ПЕТ набуває важливого економічного і екологічного значення. Для скорочення потоку відходів застосовуються різні методи переробки ПЕТ з отриманням корисних матеріалів [3, 4].

Оцінка життєвого циклу є дієвим інструментом аналізу впливу на довкілля й здоров'я людини продукції та послуг. Наразі проведено велику кількість порівняльних досліджень різних видів ПЕТ на основі оцінки життєвого циклу продукційних систем [5].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою роботи є аналіз екологічних характеристик, зокрема, карбонового сліду, життєвого циклу ПЕТ на вході до нового процесу конверсії ПЕТ в корисний продукт – антикорозійну речовину для захисту технологічного обладнання і трубопроводів.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як об'єкт дослідження розглядається технологія отримання антикорозійної речовини, що передбачає реакцію взаємодії ПЕТ з диетилентриаміном у середовищі пропіленгліколю за такою схемою (рис.1.):

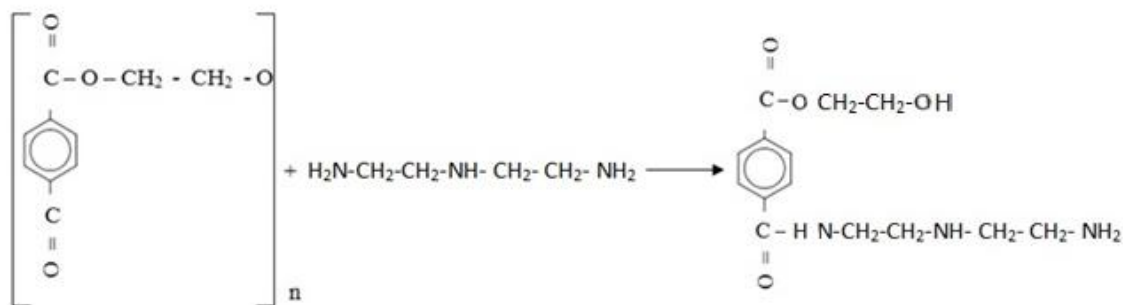


Рис.1. Схема хімічної реакції взаємодії ПЕТ з диетилентриаміном

Технологічну схему отримання інгібітору корозії показано на рис. 2. Згідно технологічної схеми першим кроком для отримання амід естеру терефталевої кислоти (антикорозійної речовини) є взаємодія ПЕТ з диетилентриаміном у середовищі пропіленгліколю, що відбувається в реакторі 5. Процес проводять за температури 206...210°C, яку підтримують за допомогою введення теплоносія (олива АМТ-300) у простір між реактором та стінкою. Такі умови сприяють переходу ПЕТ у рідку фазу для кращої взаємодії з іншими речовинами та проходженню реакції за схемою (рис. 1). Отримана реакційна суміш (напівпродукт) проходить очищення на фільтрі 6, де видаляють забруднювальні речовини, які можуть потрапити у ємність у разі використання у виробництві вторинного ПЕТ. Робочий тиск на фільтрі складає 0,3...0,4 МПа. Очищений розчин надходить до теплообмінника 7, де охолоджується

до температури 90°C, після чого розчин надходить у змішувач 8. У змішувач також додають індустріальну оливу, суміш якісно перемішується та отриманий готовий продукт надходить у ємність 10.

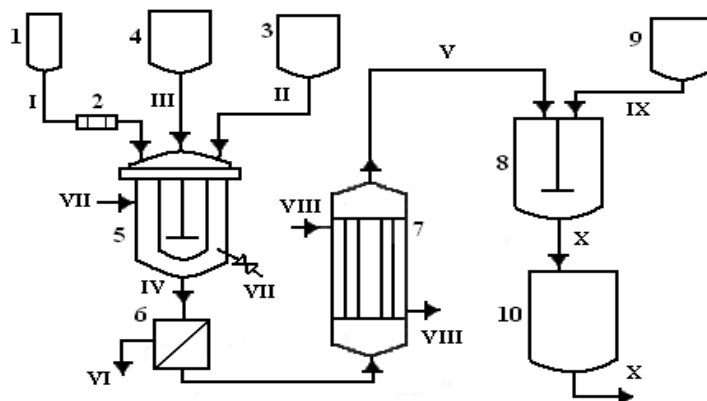


Рис. 2. Технологічна схема процесу отримання антикорозійної речовини:

1 – бункер ПЕТ; 2 – дозатор ПЕТ; 3 – ємність диетилентриаміну; 4 – ємність пропіленгліколю; 5 – реактор; 6 – фільтр; 7 – теплообмінник; 8 – змішувач; 9 – ємність з індустріальною оливою; 10 – ємність готового продукту (антикорозійної речовини); I – подрібнений ПЕТ; II – диетилентриамін; III – пропіленгліколь; IV – реакційна суміш; V – очищена реакційна суміш; VI – осад; VII – теплоносій (олива АМТ-300); VIII – вода; IX індустріальна олива; X – готовий продукт(амід естеру терефталевої кислоти (антикорозійна речовина)

З використанням програмного моделюючого комплексу CHEMCAD спроектовано схему процесу отримання антикорозійної речовини, яку показано на рис. 2. Для розрахунку матеріального балансу враховано тільки ті апарати, у яких присутні матеріальні перетворення. Фільтр у розрахунковій схемі не враховували, оскільки розрахунок матеріального балансу виконано для чистого ПЕТ, якій не містить сторонніх домішок.

Спроекована схема дала можливість дослідити параметри потоків та отримати сумарний матеріальний і тепловий баланси процесу отримання антикорозійної речовини при переробці ПЕТ. Розрахунки показали, що у разі взаємодії 455 кг пропіленгліколю, 545 кг діетилтриаміну, 500 кг поліетилентерефталату та 1000 кг індустріальної оливи можна отримати 2500 кг кінцевого продукту.

Вагомою перевагою представленого у цій роботі процесу виробництва антикорозійної речовини є використання як первинного нафтохімічного ПЕТ (нх-ПЕТ), так і рециркульованого, тобто вторинного, нафтохімічного ПЕТ (рнх-ПЕТ), первинного біо-ПЕТ або рециркульованого біо-ПЕТ.

Зупинимось на такому важливому екологічному аспекті продукційної системи ПЕТ як викиди парникових газів або карбоновому сліді життєвого циклу ПЕТ. Аналіз публікацій показує, що викиди парникових газів є найвищими для нх-ПЕТ, а викиди для первинного біо-ПЕТ є вищими за викиди для рнх-ПЕТ та рециркульованого біо-ПЕТ, проте результати порівнянь значно залежать від великої кількості факторів, зокрема, від прийнятих границь оцінюваних продукційних систем, обраних для аналізу сценаріїв поводження з відходами тощо. Оскільки біо-ПЕТ поки що слабо представлено на національному ринку, в роботі зупинились на порівнянні карбонового сліду життєвого циклу нх-ПЕТ і рнх-ПЕТ.

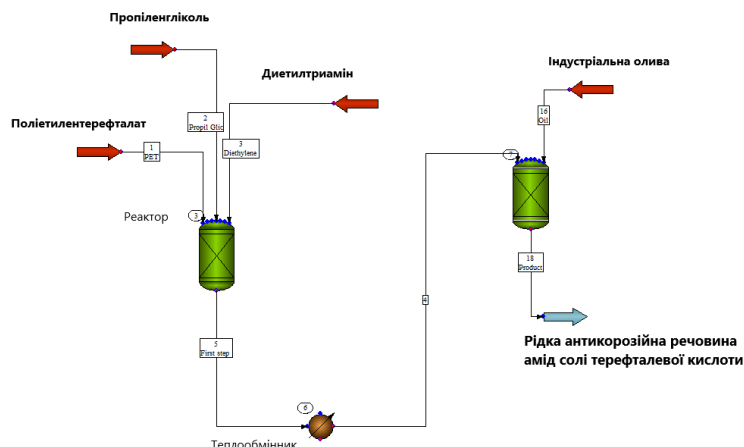


Рис. 2. Схема процесу отримання антикорозійної речовини в програмному комплексі CHEMCAD

Як функціональну одиницю для порівняльного аналізу обрано 500 кг ПЕТ, необхідні на один виробничий цикл отримання антикорозійної речовини. На основі наявних даних, отриманих експертами та науковцями за методикою МГЕЗК (2013) та з використанням інших підходів, викиди парникових газів на функціональну одиницю для нх-ПЕТ становлять близько 1,6 т CO₂-екв., для рнх-ПЕТ – близько 0,7 т CO₂-екв. Якщо звернути увагу на такий аспект як енерговитрати, то співвідношення значень цього показника для рнх-ПЕТ та нх-ПЕТ може становити менше 25 %.

Загалом використання рнх-ПЕТ та біо-ПЕТ призводить за оцінками до зменшення викидів парникових газів та споживання викопних видів палива від 12 до 18 % та від 13 до 56 %, відповідно, порівняно з нх-ПЕТ [6]. Проте, варто зазначити, що споживання води на функціональну одиницю є нижчою для нх-ПЕТ, оскільки водосмними є як етапи отримання сировини для біо-ПЕТ, так і процеси рециркулювання рнх-ПЕТ.

ВИСНОВКИ

Спроектована в середовищі ChemCAD схема дала можливість отримати та дослідити параметри потоків, сумарний матеріальний і тепловий баланс процесу отримання антикорозійної речовини при переробці ПЕТ. Розроблена розрахункова схема може застосовуватись для розрахунків процесів з різним виходом готового продукту. Отримані результати буде використано для розробки схеми автоматизації процесу. Аналіз карбонового сліду життєвого циклу ПЕТ дав змогу пропонувати альтернативи зі зменшеним екологічним навантаженням на довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий на период до 2030 года. Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7-17.
2. Левашова В. И. Антипова В. А. Разработка ингибиторов сероводородной нефтедобывающего оборудования. Нефтехимия. 2003. Т. 43. №1. С.60-64.
3. Беданокоев А. Ю, Борисов В. А, Микитаев А. К., Кереев Т. О., Давыдов Э. М., Микитаев М. А. Основные направления переработки и использования вторичного полиэтилентерефталата. Пластические массы, №4. 2007. С. 48-52.
4. Rajagopal R., Ramiya T. Plastics recyclers scramble scraps. Chem. Eng.(USA). No. 6. 2007. PP. 43-45.
5. Gomes T., Visconte L., Pacheco E.. Life Cycle Assessment of Polyethylene Terephthalate Packaging: An Overview. Journal of Polymers and the Environment. 2019. No. 27 (3). PP. 533-548.
6. Benavides P., Dunn J., Han J. et al. Exploring Comparative Energy and Environmental Benefits of Virgin, Recycled, and Bio-Derived PET Bottles. ACS Sustainable Chem. and Eng. 2018. vol. 6. 10.1021/acssuschemeng.8b00750.