

*Авраменко В.Л., Черкашина Г.М., Підгірна Л.П.,  
Близнюк О.В., Лебедев В.В., Мішуров Д.О.  
м. Харків, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА, ПЕРЕРОБКИ І ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК – НАЙВАЖЛИВІШОГО ФАКТОРУ ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕССУ І РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ**

Полімери такі стародавні, як і світ у якому ми живемо. У повсякденному житті первісні люди використовували полімерні матеріали в основі яких лежать органічні сполуки надзвичайно великої молекулярної ваги: волосся і шкіри тварин, кору та листя рослин, натуральний каучук, деревину, бавовняні, лляні та шовкові волокна, клечі речовини.

Але лиш у двадцятому сторіччі високомолекулярні органічні сполуки стали знаходитись у центрі уваги хіміків і фізиків – тому, що були знайдені шляхи синтезу таких речовин у лабораторних та виробничих умовах, були відкриті основні закони, які управляють поведінкою великих молекул. На цій основі з'явилась можливість створення самих різноманітних полімерних матеріалів.

Сучасне машинобудування, авіація, космічна техніка, автомобіле будування електро- і радіотехніка, електроніка, будівництво, транспорт, усі вони немислимі без використання матеріалів, які виготовлені з полімерів.

Сучасні галузі культури- кино, друк, радіо і телебачення прямо чи побічно пов'язані з розвитком промисловості пластичних мас, який є одним з головних напрямків технічного прогресу.

Буряні темпи росту промисловості пластичних мас у всьому світі пов'язані з тим, що із всіх існуючих матеріалів пластичні маси вже вийшли на друге місце по об'єму виробництва після металів.

Світові прогнози показують, що загальний обсяг використання пластичних мас нао початок 21 століття значно перевершив використання металів. Це означає, що не тільки значна частина металів буде замінена пластмасовими, але й більшість виробів буде створюватись з принципово нових полімерних матеріалів у відповідності з їх специфічними властивостями.

Інтенсивному розвитку промисловості пластичних мас сприяє перегляд світової тенденції у сировинному забезпеченні галузі- якщо раніше основний упор робився на такі джерела сировини, як газ, нафта, кам'яне вугілля, то у даний час найбільш перспективними вважаються відновлювані джерела сировини-відходи сільськогосподарського виробництва, лісохімічна сировина, етиловий спирт та ін.

Крім того, другим важливим резервом є вторинна сировина, яку повертають у виробничий цикл.

Створення високоефективних процесів синтезу полімерів, рішення задач, пов'язаних з переробкою синтезованих полімерів у виробі, вибір оптимальних умов експлуатації виробів з полімерів, вимагає розгляду питань технології високомолекулярних сполук в нерозривності з їх технологічним циклом, який включає наступні етапи:

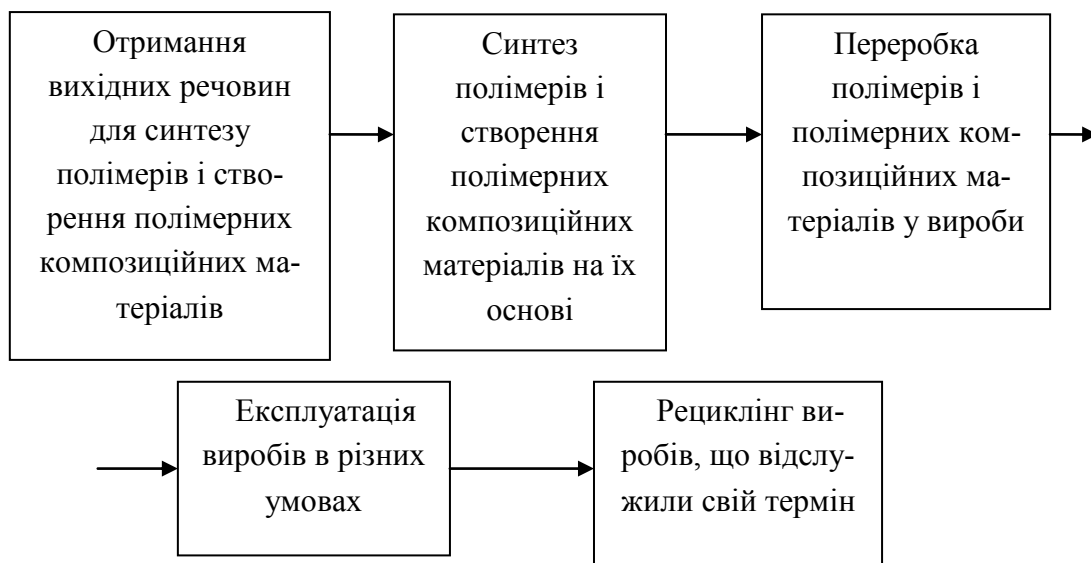


Рисунок – Технологічний цикл високомолекулярних сполук

Такий підхід до високомолекулярних сполук визначає і обумовлює величезний комплекс наукових, технологічних і екологічних проблем.

Існує дві серйозні проблеми з приводу яких необхідно розглядати питання технічного прогресу у зв'язку зі значним розширенням галузей застосування полімерних матеріалів і питанням захисту навколишнього середовища:

Перша з них – об'єми виробництва високомолекулярних сполук у всьому світі величезні, а вироби з них, які виводяться з експлуатації, викидаються і являють собою загрозу для довкілля.

Друга проблема – сьогодні спеціально синтезують і виробляють полімери, які не мають заміни при вирішенні екологічних проблем.

Масштаби першої проблеми, яка пов'язана з небезпекою для довкілля можна уявити, якщо взяти до уваги, то світове виробництво полімерів значно зростає, тому що потреба в полімерних матеріалах на сучасному етапі розвитку науки і техніки та новітніх технологій дуже висока, а світове застосування полімерів щорічно зростає на 5–6 %.

Якщо звернутися до початку технологічного циклу, то видно, що промислові синтетичні полімери, які отримують реакціями полімериза-

ції і поліконденсації з низькомолекулярних сполук-мономерів, які є досить стійкими і не завжди небезпечними хімічними сполуками. Тому екологічні проблеми першого етапу технологічного циклу вимагають створення відповідних технологічних процесів, які несуть мінімальну загрозу довкіллю.

Які ж підходи використовують для боротьби із забрудненням природи, пов'язаним з виробництвом полімерів? По-перше, це знищення відпрацьованих і викинутих полімерів. Здавалося б, що найприроднішим могло б бути окислення цих органічних речовин при високих температурах або попросту їх спалювання. Однак при цьому знищуються в принципі цінні речовини і матеріали. Продуктами спалювання в кращому випадку є вода і вуглекислий газ, а це значить, що не вдається повернути навіть вихідних мономерів, з яких отримували знищені полімери. Крім того, як вже говорилося вище, виділення в атмосферу великих кількостей вуглекислого газу призводить до глобальних небажаних ефектів, зокрема до парникового. Але ще гірше, що при спалюванні утворюються шкідливі леткі речовини, які забруднюють повітря і, відповідно, воду і землю. У разі полівінілхлорида – це різноманітні низькомолекулярні хлоровані органічні речовини, що відрізняються високою токсичністю. Утворюється і газоподібний хлористий водень, який розчиняючись у воді і дає соляну кислоту. Спалювання поліетилену, макромолекули якого складаються з атомів вуглецю і водню, продуктами спалювання якого є вода і вуглекислий газ, теж небезпечно. Не кажучи вже про численні доданки, в тому числі барвників та пігментів. В результаті в навколишнє середовище виділяються різноманітні сполуки, що включають важкі метали, використовувані в якості каталізаторів при синтезі полімерів, які теж шкідливі для здоров'я. Звичайно, відходи полімерів, незважаючи на це, частково знищують спалюванням, вловлюючи утворюються леткі шкідливі речовини. Однак це значно здорожчує їх знищення. Саме ця обставина призводить до подорожчання і самих полімерів, у вартість яких включають і витрати на їх знищення.

Значно перспективнішим способом зниження забруднення навколишнього середовища полімерами є вторинна переробка полімерів і виробів з них, які відслужили свій термін. Але проблема ця, не настільки проста хоча б вже тому, що ми маємо справу, як правило, з брудними відходами, які включають сторонні домішки. Це виключає можливість застосування високопродуктивного та високотехнологічного обладнання, що використовується при первинній переробці вихідних полімерів. Це обладнання може вийти з ладу через абразивний вплив твердих частинок мінерального походження. Крім того, при переробці, якщо вона можлива в принципі, виходять «брудні» вироби, товарний вигляд і споживчі властивості яких не

можуть конкурувати з первинними виробами. Правда, існує можливість використовувати продукти вторинної переробки за іншим призначенням, наприклад додавати подрібнені відходи для покриття доріг, що сприяє підвищенню їх механічних властивостей та довготривкості.

Подрібнені відходи добавляють в каучуки при виробництві автомобільних шин, що значно економить синтетичні і натуральні каучуки, які одержують з продуктів переробки нафти та натуральної сировини.

В останні роки виникли і почали практично реалізовуватися нові ідеї синтезу «екологічно чистих» полімерів та виробів з них. Йдеться про полімери та матеріалах з них, здатних більш-менш швидко розкладатися в природних умовах. Відомо, що всі біологічні полімери, тобто полімери, синтезовані рослинами і живими організмами, до числа яких відносяться в першу чергу білки і полісахариди, в тій чи іншій мірі схильні до руйнування, каталізаторами якого є ферменти. Тут спостерігається принцип: що створює природа, то вона здатна зруйнувати. Якби цей принцип не спрацював, то ті ж полімери, у величезних кількостях вироблені мікроорганізмами, рослинами і тваринами, після їх загибелі залишалися б на землі. Однак, цього не відбувається, і високоефективні біологічні каталізатори-ферменти-роблять свою справу й успішно справляються з цим завданням.

Зовсім інша справа синтетичні полімери, для яких ще природа не виробила ефективних засобів і механізмів їх розкладання. Можна в кращому випадку розраховувати, що деякі ферменти, відповідальні за швидке і вибіркоче руйнування природних органічних речовин, будуть робити те ж саме із синтетичними полімерами, до складу яких входять відповідні функціональні групи. До синтетичних полімерів, схильних до біорозкладання, відносяться деякі поліестери (полілактіди). Якщо ці полімери потрапляють в землю і знаходяться там певний час, то виявляється що їх маса зменшується в середньому на 20 %. Це характерно для ферментного гідролізу, продуктами якого є низькомолекулярні речовини, розчинні у воді і дифундуючі в оточуючий зразок простір. Цей процес протікає на поверхні твердого тіла, оскільки ферменти, будучи білками, тобто природними полімерами, не здатні проникати в об'єм зразка поліестеру. Джерелом таких ферментів служать грибки, що мешкають в ґрунтах. Одночасно з цим в об'ємі зразка протікає і хімічний гідроліз, тобто руйнування поліестерних зв'язків полімерних ланцюгів молекулами води, здатними проникати всередину зразка полімеру. Цей процес супроводжується розривом ланцюгів, в результаті якого відбувається деструкція зразка.

Відомо, що короткі ланцюга поліетилену зі ступенем полімеризації 20–30 в дійсності служать їжею (субстратами) для певної групи мік-

роорганізмів, що нараховує більше 100 різновидів. Такий процес з точки зору хімії представляє собою послідовні хімічні перетворення, каталізаторами кожного з яких є певний фермент. Передбачається, що в результаті перетворень утворюється оцтова кислота, яка і використовується мікроорганізмами як їжа й вихідний будівельний матеріал. Тобто, якщо здійснити руйнування високомолекулярного поліетилену, використovanого для одержання різноманітних матеріалів на більш короткі фрагменти, то подальше розщеплення його можуть здійснювати мікроорганізми, що мешкають у природному середовищі. Для того щоб довгий ланцюг поліетилену в природних умовах міг розщеплюватися на відносно короткі фрагменти, в нього при синтезі полімеру вводять «слабкі зв'язки», які під дією сонячного світла, в присутності кисню і вологи атмосфери здатні руйнуватися з помітною швидкістю.

Охоплюючи і аналізуючи послідовно весь технологічний цикл високомолекулярних сполук- від вихідних мономерів до виробів в умовах експлуатації неважко виявити величезні перспективи розвитку цієї галузі промисловості на користь сучасній цивілізації без нанесення шкоди довкілля.

*Гамалія К.М.  
м. Київ, Україна*

### **ЗАГИБЕЛЬ ДАВНІХ ЦИВІЛІЗАЦІЙ: РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ**

Екологічний фактор є однією з найважливіших передумов зародження та подальшого існування цивілізації. Перші світові цивілізації виникли у IV–III тисячоліттях до н. е. у благодатних сонячно-басейнових одиницях великих річок: Тигру та Євфрату, Нілу, Хуанхе та Янцзи, Інду та Гангу [1]. Проте нераціональне використання наданих природою благ призводило до припинення цивілізаційних процесів.

Землі Месопотамії, нанесені водами Тигру та Євфрату, були придатними для зростання рослин, для розвитку флори і фауни. Прохолодні оази посеред пустелі, зрошені водою – символом благодаті – можна було сприймати як райські сади. Є підстави вважати, що ідея раю (Едему), саду богів, зародилася саме в Месопотамії. Проте для того, щоб жити в цьому Едемі, люди мали докладати значних зусиль. Пізній розлив річок був несприятливим для вирощування зернових; мул, що залишався на полях, був не таким плідним, як нільський у Єгипті. Орні землі в долинах треба було створювати штучно: осушуючи болота, зрошуючи пустелю, огороджуючи дамбами течію річок. Спочатку жителі Месопотамії успішно справлялися з труднощами, але поступово через виснаження та