

## ВПЛИВ СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ВТОРИННИХ ПОЛІОЛЕФІНІВ НА ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ З НИХ

*Анотація.* Досліджено вплив кожного етапу переробки вторинних поліолефінів на формування властивостей виробів з них, вибір оптимального методу формування виробу залежно від його форми і розміру та обсягу використання вторинних форм полімерів.

**Ключові слова:** вторинний поліетилен, вторинна переробка, деструкція, гомогенізація, стабілізація, гранулювання

Martyniuk M., Domantsevych N.

## EFFECTS OF RECYCLING METHODS OF THE SECONDARY POLYOLEFINS ON PRODUCTS PROPERTIES FORMATION

*Summary.* The study of the influence of each stage of the secondary polyolefins processing on the formation of product properties of them, selection of an optimal method of product formation depending upon its shape, size and scope of using the polymers secondary forms have been researched in the paper.

**Keywords:** secondary polyethylene, recycling, destruction, homogenization, stabilization, granulation

### 1. Вступ

Переробка полімерних відходів в нові полімерні матеріали і виробів - найбільш економічно доцільний шлях їх використання. Оскільки вторинна переробка полімерних відходів приблизно в два рази менш енергоємна, ніж виробництво первинних полімерів, при цьому скорочено витрати нафтової сировини то рециркуляція полімерних відходів виявляється економічно вигідною.

Вторинна переробка полімерних відходів, застосування їх в комунальному господарстві міст України є актуальними проблемами екологічного і економічного характеру.

У результаті моніторингу утворення полімерних відходів та складу відходів термопластів визначено, що накопичення їх у складі твердих побутових відходів збільшується і випереджає можливості переробки, оскільки методи повторного використання їх у вигляді грануляту вторинної сировини ще не знайшли широкого поширення.

Дослідження з утилізації полімерних матеріалів у різних країнах і в різний час показують, що відходи поліетилену навіть при досить високій деструкції, коли гель-фракція складає більше 60% маси відходів, можуть бути повторно використані як сировина для виробництва корисної продукції. З відходів з невеликою деструкцією після компенсації витрачених стабілізаторів та ін. Добавок можливе отримання вторинного полімерного матеріалу, придатного для переробки у виробі технічного призначення на стандартному технологічному устаткуванні.

Метою представленої роботи було дослідження впливу кожного етапу переробки вторинних поліолефінів на формування їх властивостей. Поліетиленові відходи, які практично повністю втратили свої властивості, можуть бути використані для виробництва пінопластів і пакувальних виробів пресовим методом, причому ця продукція може бути вищої якості, ніж з кондиційної сировини. Сфери використання поліетилену зазначені у табл. 1.

Таблиця 1

Області використання поліетилену

Галузь	Використання
Хімічна промисловість	Листи і плити для футерування апаратів і резервуарів, труби і фітінг, посудини і бутлі для реактивів, дезінфікуючих і миючих засобів
Будівництво	Труби в системах водопостачання і каналізації, сифони, ванни, бочки, фільтри
Сільське господарство	Плівкові покриття сховищ і парників, мішки для добрив, труби для зрошування
Машинобудування	Деталі вентиляторів, насосів і гідромашин, кожухи, корпуси, кришки, ізоляція для дротів і кабелів та ін.
Товари народного споживання	Тара і упаковка, кошики, вішалки, відра, деталі сантехнічного устаткування, бочки, каністри та ін.

*Джерело:* Аналітика ринку [електронний ресурс]: <http://www.polyplastic.ua/news/2/>

## 2. Попередня обробка полімерних відходів

Промислові і побутові полімерні відходи піддаються багатоетапній переробці. Загальну схему процесу попередньої обробки полімерних відходів наведено на рис. 1. залежно від стану полімерних відходів (їх складу, забрудненості, рівня деструкції) вони або переробляються як суміш полімерів, або розділяються на індивідуальні компоненти.

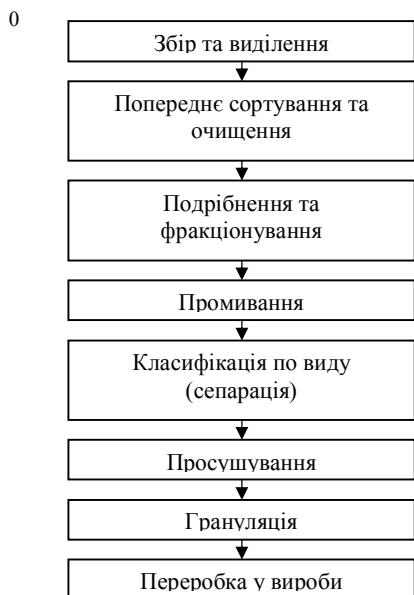


Рис. 1. Схема попередньої обробки полімерів

Джерело: розроблено авторами

Полімерні відходи, промислові або виділені з побутових, піддаються подрібненню для уніфікації властивостей цих різноманітних за формою, розмірами і специфічними характеристиками матеріалів. Цю стадію можна визначити як формування часток певного розміру і форми для зменшення об'єму та гомогенізації сировини. Одночасно – це крок переробки для наступного використання матеріалу. Подрібнення – дуже важлива стадія підготовки відходів до переробки. Регулювання міри подрібнення полімерних відходів дозволяє механізувати процес переробки, підвищити якість матеріалу за рахунок усереднення його технологічних характеристик, скоротити тривалість інших технологічних операцій, спростити конструкцію переробного устаткування.

Після попередньої переробки є три шляхи вторинної переробки полімерних відходів: 1. механічна переробка; 2. хімічна переробка; 3. спалювання з отриманням енергії (рис. 2).

Механічна переробка є основним напрямом відновлення пластмас, оскільки вона зберігає максимальну кількість корисних продуктів. Проте вона часто обмежена впливом таких чинників, як забруднення, деградація властивостей і т.п. Тому все, що не підлягає механічній переробці, може бути піддане двом іншим методам переробки. Спалювання є дуже ефективним способом знищення великих об'ємів пластмас, але в цьому випадку із

сміття отримується невелика частка корисних продуктів.

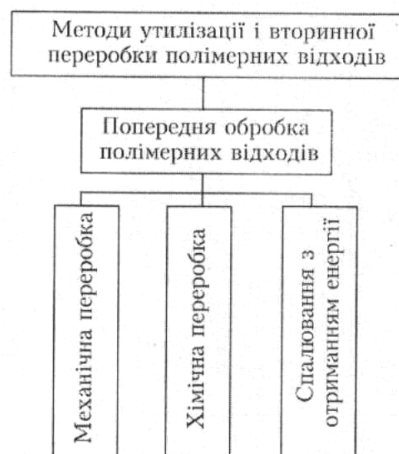


Рис. 2. Методи утилізації і вторинної переробки полімерних відходів

Джерело: розроблено авторами

Існує третій шлях переробки – хімічна переробка, яку називають також сировинною або “третинною”. Сюди можна віднести будь-яку технологію, яка використовує керовані хімічні реакції. Це деполімеризація макромолекул з утворенням мономерів, покрокова деструкція до низьких молекулярних мас через розрив певних хімічних зв'язків нарощування полімерних ланцюгів для відновлення молекулярної маси, піроліз з утворенням складної суміші газоподібних, рідких і твердих продуктів, реакційне змішування різних полімерів та ін. Цей шлях переробки дозволяє відновити більшу, ніж при спалюванні, частину відходів.

Агломерація і гранулювання полімерних відходів є завершальною операцією підготовки вторинної сировини для її переробки у виробі. Ця стадія особливо важлива для поліетилену, відходів з сільськогосподарської плівки, пакувальної тари та подібних полімерних матеріалів. У процесі агломерування і гранулювання відбувається ущільнення полімерного матеріалу, полегшується його подальша переробка, усереднюються характеристики вторинної сировини, внаслідок чого отримують матеріал, який можна переробляти на стандартному устаткуванні.

Метою грануляції є отримання однакових за формою і розміром гранул, що необхідно для спрощення поводження з матеріалом. Кінцевий вторинний полімерний матеріал, придатний для переробки у виробі на стандартному устаткуванні переробки пластмас, отримують шляхом грануляції. Пластмасу розплавляють в екструдері і надають матеріалу форми гранул за допомогою гранулюючого диска.

Великий вплив на якість вторинної полімерної сировини здійснюють дозоване завантаження установок екструзій полімерними відходами. Мінімальна насипна щільність відходів має бути не менше 250 кг/м<sup>3</sup>. Сировинні відходи з меншою щільністю ущільнюються перед завантаженням в бункер екструзії.

дера. Нерівномірність завантаження екструдера призводить до пульсації тиску полімерної сировини.

Для "вирівнювання" гранулометричного складу агломерат піддають подальшій переробці в гранули на черв'ячних пресах-екструдерах. На таких екструдерах ефективно переробляються практично усі види вторинних термопластів при насипній щільності подрібненої полімерної сировини від 50 до 300 кг/м<sup>3</sup>. Розміри часток агломератів багато в чому залежать від матеріалу, що переробляється, і режимів проведення процесу агломерації.

Гранулювання є завершальним етапом підготовки полімерної сировини у вторинний гранульований матеріал. Загальна технологічна схема гранулювання наведена на рис. 3. Гранулюючий пристрій включає формуючий інструмент, гранулятор і пристрій для охолодження гранул. На практиці використовують різні способи гранулювання:

- гранулювання безпосередньо на філь'єрі. Нарізку розплаву полімеру здійснюють на виході після філь'єри. Міцність гранул забезпечується охолодженням їх в місці різання повітрям. Остаточне охолодження гранул здійснюється водою;

- сухе гранулювання на філь'єрі. Нарізання розплаву безпосередньо на філь'єрі здійснюється за допомогою ножів, що обертаються. При гранулюванні використовується повітряне охолодження. Цей спосіб застосовують при незначному присипанні розплаву до металів (полівінілхлорид, поліолефіни);

- гаряче гранулювання в зволоженому середо-

- підводне гранулювання. Різання здійснюється ножами, зміцнення зрізу і охолодження гранул здійснюється водою. Цей спосіб використовують при переробці матеріалів з малою міцністю розплаву, а також при великогоннажному виробництві гранул, коли екструдери розвивають високу продуктивність (більше 1000 кг в годину);

- холодне гранулювання. Видавлюють заготовки у вигляді круглих прутиків або стрічок, які задалегідь охолоджують повітрям або водою, а потім ріжуть спеціальним ріжучим пристроєм. Найчастіше в голівці грануляторів формуються стренги або стрічки, які гранулюються після охолодження у водяній ванні.

Продуктивність процесу гранулювання залежить від виду вторинного полімеру. Для вторинних відходів поліетилену низької щільності продуктивність складає 50-100 кг/год.

Вторинний поліетилен випускають у вигляді гранул, які в межах однієї партії мають бути однакової геометричної форми і розмір їх в будь-якому напрямі має бути від 2 до 6 мм.

### 3. Процеси формування вторинних поліолефінів у виробі

Вторинний гранульований поліетилен використовують для виготовлення технічних виробів і предметів споживання, що не контактують з харчовими продуктами. Роботи в області впливу структури на експлуатаційні властивості полімерів показали, що у процесі їх переробки навіть чиста фізична або фізико-хімічна дія на полімерні матеріали дозволяє помітно змінювати їх властивості. Уміння технологія забезпечити посилення матеріалів в заданих конструкторами напрямках є великим резервом економії полімерної сировини, сприяє розширенню сфер їх застосування та прогресу багатьох галузей науки та техніки, в яких вони використовуються.

Сам процес отримання готової продукції із вторинних пластиків зумовлений тим, що вторинний матеріал змінює свою в'язкість, а також може містити неполімерні включення. У деяких випадках до готової продукції висуваються особливі механічні вимоги, які просто неможливо дотримати при використанні вторинних полімерів. Тому при використанні вторинних полімерів необхідне досягнення балансу між заданими властивостями кінцевого продукту і середніми характеристиками вторинного матеріалу.

Наприклад, поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) використовується для виробництва плівки, емностей різного об'єму, іригаційних труб, різноманітних напівфабрикатів і т. ін.. Найбільше використання вторинний ПЕВЩ знайшов у виробництві емностей (каністр) методом видувного формування. Реологічні властивості відновлених полімерів високої щільності не дозволяють видувати великі емності, тому об'єм таких каністр обмежений.

Каністри можна виготовляти або повністю на основі полімерних відходів, або екструзією у поєднанні з первинним гранулятом. В останньому випадку шар вторинного полімеру формує серцевину



Рис. 3. Загальна технологічна схема гранулювання

Джерело: розроблено авторами

вищі. Різання розплаву безпосередньо на площині філь'єри здійснюється ножами, що обертаються, а зміцнення зрізів досягається водяним пилом. Остаточне охолодження здійснюється холодним повітрям. Спосіб застосовують для полімерів зі схильністю прилипати до металевих поверхонь, але відносно малою міцністю розплаву;

- напівмокрый спосіб гранулювання з гарячим різанням. Гаряче різання у водяному тумані супроводжується охолодженою водою. Спосіб застосовують для матеріалів з відносно високою міцністю розплаву, але схильних прилипати до металевих поверхонь;

між двома шарами первинного полімеру. Каністри, отримані таким шляхом, використовують для розливу миючих засобів цілий ряд компаній (Procter&Gamble, Univer та ін.).

Наступний приклад масової продукції із вторинного ПЕВЩ – іригаційні труби. Як правило, вони виробляються із суміші вторинного та первинного полімерів у різних співвідношеннях. Враховуючи, що іригаційні труби не призначені для використання їх під тиском, механічні властивості вторинного ПЕВЩ оптимально підходять для їх виробництва. Досягти високої в'язкості ПЕВЩ, отриманого при переробці каністр і плівки, часто вдається компенсацією низької в'язкості первинного полімеру, за рахунок чого можна покращити стійкість до удару. Із вторинного ПЕВЩ також можливе виробництво труб з великим діаметром (діаметр іригаційних та дренажних труб досягає 630 мм). При використанні технології лиття під тиском процентний вміст вторинного пластика нижчий. Ця технологія застосовується для виготовлення облицювальних панелей, комунальних контейнерів для сміття та ін.

Ще одним з перспективних напрямків технології формування вторинних полімерів у виробі є використання технології екструзійного пресування, яка передбачає екструзію розплаву полімеру, його дозування у прес-форму, що встановлена на вертикальному гідравлічному пресі, пресування виробу і його охолодження у формі. Перевагою даної технології є використання недорогого обладнання і прес-форм. Однак ця технологія висуває більш високі вимоги до вторинної сировини, а саме до її сортування. За умови застосування двошнекового екструдера вимоги до сировини знижуються, а у полімерний матеріал можна вводити до 50 % різноманітних неорганічних наповнювачів. За такою технологією із вторинної сировини виготовляють плити для покриття підлоги і транспортні піддони (палети).

#### 4. Висновок

Аналізуючи все вище зазначене, можна зробити висновок, що для виробництва конкретного виробу так само, як і для переробки кожного полімерного матеріалу, може бути використано декілька відмінних технологій, тому неминучий вибір оптимального методу формування виробу. Вибір методу залежить від обсягу використання вторинних форм полімерів, виду, форми і розмірів кінцевого виробу, також має значення тиражність виробництва та екологічні аспекти.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аристархов Д. В. Технологии переработки отходов растительной биомассы, технической резины и пластмассы / [Д. В. Аристархов, Г. И. Журавский и др.] // Инженерно-физический журнал. – 2001. – № 6. – С. 152-156.
2. Каток К. В. Вторична переробка використаної упаковки із ПЕТФ / [К. В. Каток, О. І. Коваленко, Т. О. Луценко, І. В. Коваленко] // Упаковка. – 2004. – № 2. – С. 54-56.
3. Каток К. В. Вторична переробка використаної упаковки із ПЕТФ / [К. В. Каток, О. І. Коваленко, Т. О. Луценко, І. В. Коваленко] // Упаковка. – 2004. – № 5. – С. 62-64.
4. Лебедев М. Кризис отходов [Текст] / М. Лебедев // Полимеры-Деньги. – 2005. – № 5. – С. 68-71.
5. Мировой форум промышленных пластмасс [Текст] // Пластические массы. – 2007. – № 10. – С. 5-7.
6. Пылеховский Я. Девятая международная конференция по новым достижениям в области полимеров и материалов на их основе [Текст] / Я. Пылеховский, Р.Козловский, М. Арцисс, Г. Заиков // Пластические массы. – 2006. – № 12. – С. 72-74.
7. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Л. : Видавництво "Растр-7", 2007. – 376 с.