

УДК 620.197.3

Доманцевич Н. І.,
д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства непродовольчих товарів, Львівський торго-
вельно-економічний університет, м. Львів

Яцишин Б. П.,
д.т.н., проф., професор кафедри харчових технологій та готельно-ресторанного бізнесу,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Микитів Н. С.,
аспірант, Львівський інститут економіки і туризму, м. Львів

Кріль М. М.,
аспірант, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. У статті розглянуто питання використання вторинної полімерної сировини для виготовлення господарських виробів. Визначено проблеми, пов'язані з утилізацією та переробкою полімерних відходів. Представлено вимоги до проведення технологічних процесів переробки полімерних відходів. Встановлено погіршення їх якості внаслідок змін структури та фізичних характеристик. Виявлено, що утилізація використаних полімерних упаковок, виробів, відходів виробництва та пізніша їх рециркуляція як додатків до аналогічних пластичних матеріалів гальмується у зв'язку із недостатнім вивченням впливу забруднень, що супроводжують процеси використання такої вторинної сировини. Показано можливості застосування у матеріалах із вторинної полімерної сировини модифікуючих матеріалів та компонент, які поліпшують фізико-механічні властивості виробів.

Ключові слова: полімери, вторинна сировина, структура, фізичні властивості.

Domantsevych N. I.,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Research and
Technologies of Non-food Products, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Yatsyshyn B. P.,
Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Food Technologies and
Hotel&Restaurant Business, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Mykytiv N. S.,
Postgraduate, Lviv Institute of Economics and Tourism, Lviv

Kril M. M.,
Postgraduate, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF SECONDARY POLYMERIC MATERIALS USING

Abstract. The article discusses the use of secondary polymeric raw materials for the production of household products. The problems associated with the disposal and processing of plastic waste are determined. The requirements to technological processes of plastic waste recycling are submitted. Established its quality deterioration due to changes in the structure and physical characteristics. Found that recycling of used plastic packaging, products, waste and their later recycling as application to similar plastic materials is hampered due to insufficient study of the impact of pollution that accompany processes of using such recycled materials. Showed the possibilities of

application in materials from secondary polymeric raw materials the modifying materials and components that improve the physical and mechanical properties of products.

Keywords: polymers, secondary raw material, structure, physical properties.

Постановка проблеми. Підвищення якості, надійності та подовження термінів експлуатації виробів із полімерних матеріалів забезпечується удосконаленням технології їх виготовлення, зміною композиційного складу із введенням високотехнологічних інгредієнтів, крім того одночасно розвиваються та ускладнюються методи обробки полімерних відходів, які отримуються під час виробництва та після закінчення термінів експлуатації полімерних виробів. Природоохоронне законодавство низки країн світу, яке поступово стає жорсткішим до проблем зростання використаної полімерної маси, вимагає максимально забезпечити використання та переробку відпрацьованих полімерних виробів та сировини. Законодавством України визначено пріоритетні напрямки з використання полімерних відходів – вторинної сировини, для утилізації та переробки яких у країні розробляють відповідні технології та існують виробничо-технологічні й економічні передумови [1].

Відомо, що популярність використання пластмас обумовлена низкою цінних споживчих властивостей, а також економічністю формування виробів із них. Пластики є серйозними конкурентами скла та кераміці. До прикладу, при виготовленні скляних пляшок необхідно використати на 21% більше енергії, ніж на аналогічні пластмасові. Разом із цим виникає проблема, пов'язана з утилізацією відходів, яких існує понад 400 різноманітних видів, що з'являються у результаті використання полімерної продукції. Вирішення питань щодо полімерних відходів шляхом їх знищення вимагає значних капітальних вкладень та енергетичних ресурсів. Проте проблема відходів полімерної сировини є актуальною не тільки з позицій охорони навколишнього середовища, але й пов'язана з питаннями дефіциту сировини та зменшенням енергозатрат під час виготовлення полімерної продукції. Використання відходів полімерних виробництв дозволяє суттєво зекономити первинну сировину (нафту, газоподібні вуглеводні) й електроенергію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми, пов'язані з утилізацією та переробкою полімерних відходів, мають свою специфіку вирішення і визначаються за напрямками їх утилізації (збір, сортування, первинна обробка), технології переробки різних видів полімерної вторинної сировини, модифікація композиційного складу, підвищення якості виробів із полімерних вторинних матеріалів. Активні наукові пошуки з цих питань проводять у всіх технологічно розвинених країнах. Вони базуються на дослідженнях відомих учених, які вивчають полімери, а саме: Б. Ренгбі, Я. Рабека, В. С. Гуля, Й. Фойгта, І. Нарісави, Н. Грассі, Дж. Скотта, О. В. Суберляка, В. С. Левицького [2-8]. Відштовхуючись від основоположних фізико-хімічних досліджень полімерних матеріалів такими вченими, як Л. Штарке, групою науковців під керівництвом Ф. Ла Мантії,

С. В. Генелем, були опрацьовані питання утилізації полімерних відходів термічним розкладанням шляхом піролізу, розкладанням з отриманням вихідних низькомолекулярних продуктів (мономерів, олігомерів), вторинною переробкою. Такі науковці, як М. Скшипек, С. В. Генель, А. Коршеневські, І. О. Мікульонек окреслили можливі вирішення питань утилізації полімерних відходів [9-15].

Постановка завдання. Використання полімерної вторинної сировини, конструкційних матеріалів тимчасового захисту, тари та побутових товарів, що не контактують з харчовою продукцією, значно здешевлює їх виготовлення та дозволяє частково вирішити екологічні проблеми утилізації відходів. Робота у цьому напрямку вимагає проаналізувати проблеми та розглянути можливі перспективи використання відходів полімерних матеріалів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблеми, що пов'язані з утилізацією полімерних відходів, достатньо багато. Вони мають свою специфіку та вимагають подолання певних труднощів із організації збору сировини (що передбачає її сортування, первинну обробку, а також розробку системи цін на вторинну сировину, що стимулює підприємства до їх переробки), розробки спеціального обладнання для її переробки, створення ефективних способів переробки вторинної полімерної сировини, охоплюючи методи її модифікації з метою підвищення якості, визначення санітарно-гігієнічних критеріїв застосування виробів із вторинної полімерної сировини та розробку номенклатури таких виробів.

Використання полімерних відходів для повторного виробництва обмежується їх нестабільними і гіршими, порівняно з вихідними полімерами, фізико-механічними властивостями. Продукція, що виготовлена із вторинної полімерної сировини, часто не задовольняє естетичні критерії. Для деяких видів продукції використання вторинної сировини взагалі заборонено чинними санітарними або сертифікаційними нормами.

Сам процес отримання виробів із вторинних пластиків пов'язаний з низкою труднощів. Використання вторинних полімерних матеріалів вимагає особливої уваги до параметрів технологічного процесу у зв'язку з тим, що такі матеріали частково деструктовані, мають нестабільні реологічні властивості, а також можуть містити включення не полімерного характеру. Здебільшого до виробів висувають такі вимоги, яких просто неможливо дотриматися під час використання вторинних полімерів. Тому для їх використання необхідне досягнення балансу між заданими властивостями кінцевого продукту і середніми характеристиками вторинного матеріалу, що на практиці досягається підбором композиційних складів, застосуванням модифікаторів, удосконаленням технології виробництва.

Особливості оцінювання якості продукції виробничо-технічного призначення і предметів споживання відображають у галузевій нормативно-технічній документації, що регламентує вибір номенклатури показників якості, методики їх розрахунку і сферу застосування.

Формування та підтримка якості полімерних виробів відбувається на всіх стадіях їх життєвого циклу, що передбачає дослідження й обґрунтування розробки, розробку, виробництво, експлуатацію та їх утилізацію.

Планування якості полімерних виробів з вторинної сировини є першим фактором маркетингових досліджень, що визначає якість майбутньої продукції (проводиться вивчення ринку, вирішується загальний задум товару, формується його образ і встановлюються загальні характеристики та відповідність санітарно-гігієнічним критеріям). На цій стадії проводиться комплекс заходів та досліджень на відповідність санітарним нормам, спрямованих на запобігання можливій шкідливості навколишньому середовищу, а також випробування і вимірювання фізико-механічних параметрів продукції з модифікованої вторинної сировини. Виготовляється експериментальний зразок об'єкта в натуральну величину з реальними функціональними характеристиками та аналізується якість цього зразка, що дає можливість оцінити конструктивні рішення та якість вибраних матеріалів. Плануються всі процеси виготовлення та засоби контролю, які мають забезпечувати впевненість у тому, що технологічний процес і стан усіх елементів виробництва (устаткування, оснащення, інструменти і т. д.) гарантуватимуть виготовлення полімерних виробів відповідно до вимог технічної документації.

Особливе значення для виготовлення якісної продукції має якість вибраних вихідних матеріалів – полімерів. Основні властивості виробам із полімерів надають їх вихідні матеріали. Наприклад, хімічна природа мономерів зумовлює спосіб отримання, хімічну активність, і як результат – споживчі властивості виробів. Хімічна природа мономера характеризується наявністю різних елементів, подвійних або потрійних зв'язків, функціональних груп: $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{HOH}$, $-\text{NH}_2$ та ін.

Проводиться аналіз змін у міжмолекулярній взаємодії внаслідок фізичної та/або хімічної обробки, коли зменшується рухливість макромолекул, внаслідок чого полімер набуває підвищеної міцності, жорсткості, теплостійкості, хімічної стійкості, втрачає гнучкість та еластичність.

Враховується, що молекули полімеру можуть бути неполярними і між ними виникають порівняно незначні за величиною зчеплення, внаслідок чого вони проявляють підвищену еластичність, пластичність, морозостійкість, мають низьку температуру плавлення. Хімічна природа мономера визначає і його стійкість – якщо молекула полімеру не має залишків функціональних груп, то в такого матеріалу підвищується водостійкість і кислотостійкість.

На властивості полімерів і продукції, виготовленої із них, істотно впливають операції додаткової

обробки, які обов'язково проводяться у разі використання вторинної полімерної сировини, а саме очищення, орієнтація, затвердіння і термообробка:

➤ Очищення полімерів. Ця операція здійснюється з метою видалення з полімеру залишків незв'язаних мономерів, металовмісних каталізаторів (які здійснюють шкідливий фізіологічний вплив на організм людини, тому їх вміст у полімерних пакувальних матеріалах і тарі повинен бути мінімальним), розчинників, емульгаторів, механічних та інших домішок. Ступінь очищення визначає функціональну придатність, експлуатаційні властивості полімеру і виробів на їх основі. Наприклад, залишки фенолу, формальдегіду різко знижують нешкідливість, світлостійкість, механічні властивості полімеру.

➤ Орієнтація полімерів. Під цією операцією розуміють процес переробки лінійних макромолекул. Найбільш поширеною є орієнтаційна витяжка полімерного тіла, яка здійснюється у певному температурному режимі (в інтервалі між температурою плавлення і температурою склування). Під дією розтягувальних зусиль послаблюються міжмолекулярні сили, гнучкі макромолекули розпрямляються. Орієнтація уздовж осі розтягування додає полімерам високої механічної міцності.

➤ Затвердіння полімерів. Це необоротний процес перетворення "олігомерних" рідинних і твердих плавких синтетичних смол у нерозчинні та неплавкі тверді пластики. В результаті у полімерів знижується еластичність, підвищується твердість, жорсткість, термічна та хімічна стійкість; здебільшого підвищується крихкість, що є негативною експлуатаційною властивістю. Перетворення олігомерів у неплавкі тривимірні полімери відбувається під час формування виробів, висихання лаків, емалей, адгезії (склеювання) просочувальних сполук із терморезистивних смол. Залежно від природи олігомерів склеювання проводять без додавання або з додаванням затверджувачів, які полегшують і прискорюють процес затвердіння та дозволяють одержувати неплавкі, жорсткі й тверді полімери, що не розм'якшуються.

➤ Термообробка полімерів. Це поєднання певних режимів нагріву і охолодження з метою напрямленого регулювання структури макромолекули і зміни властивостей (твердості, міцності, еластичності, зносостійкості). Основними видами термообробки є гартування, відпалювання та нормалізація. Гартування проводять нагріванням і швидким охолодженням, що сприяє зменшенню твердості та підвищенню еластичності полімеру. Відпалювання – це нагрів і повільне охолодження в рідинних середовищах (маслах, силіконових рідинах), що сприяє підвищенню твердості, жорсткості, міцності. Нормалізація відбувається під час нагрівання і повільного охолодження в природному середовищі (на повітрі), що сприяє зниженню залишкової внутрішньої напруги атомів у макромолекулі полімеру та підвищує механічну міцність полімеру.

Основою (матрицею) для сучасних полімерних композиційних матеріалів є зв'язувальні речовини – смоли на основі природних і синтетичних полімерів (рис. 1).

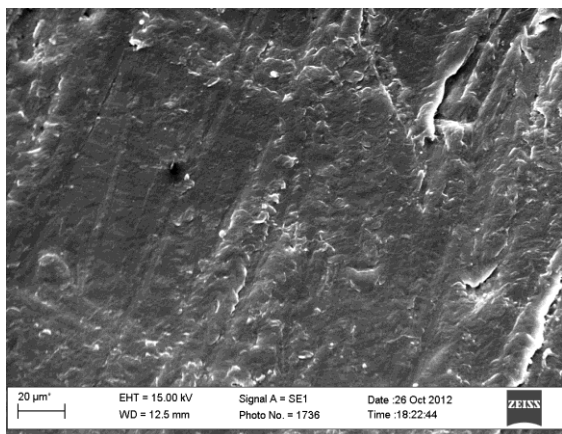


Рис. 1. Структура поверхні вихідного поліетиленового зразка X 500

Модифікацію властивостей полімерів здійснюють, підбираючи певні композиційні склади і додаючи такі інгредієнти, як наповнювачі, пластифікатори, барвники, стабілізатори.

1. Наповнювачі. Вводяться до складу полімеру для зміни споживчих властивостей і зниження їх вартості. Введення наповнювачів полегшує переробку пластмас у виробі, усуває появу деформацій і тріщин під час формування. Наповнені пластмаси містять 40-70% наповнювача від маси чистого полімеру, а високонаповнені – 200-300% і більше (тобто маса наповнювача у 2-3 рази перевищує масу полімерної смоли).

Властивості таких пластмас залежать від природи, типу, вигляду і кількості наповнювачів. Найбільш поширеними є тверді наповнювачі (рис. 2).

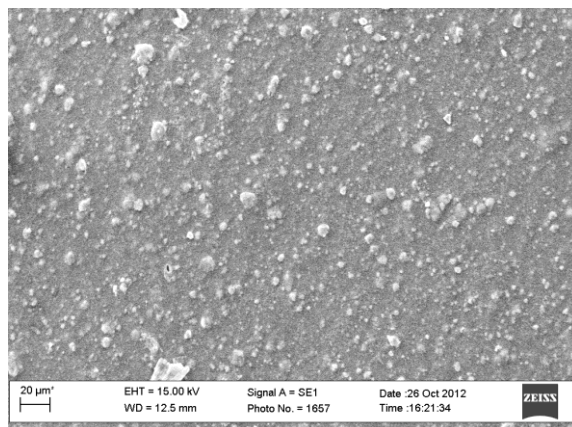


Рис. 2. Структура поверхні поліетиленової плівки із додатками 28 ваг. % змішаного мінерально-полімерного наповнювача “сліпу” та барвника (до 3 ваг. %), X 300

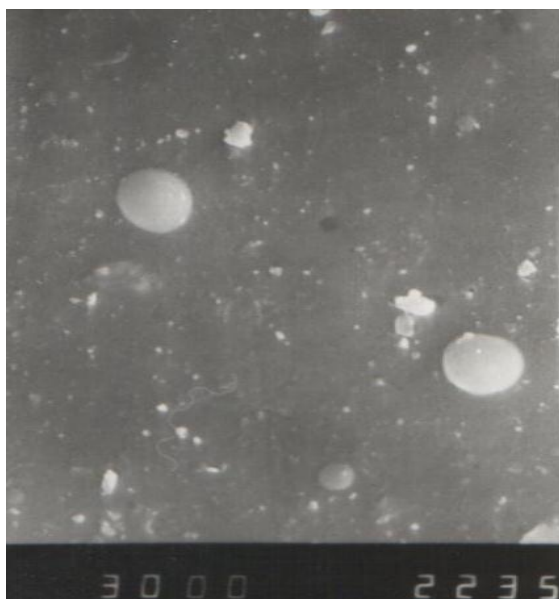
За хімічною природою їх поділяють на органічні (на основі целюлози) і неорганічні (каолін, крейда, алюміній). За типами – на порошокні, волокнисті, шаруваті.

Тверді наповнювачі забезпечують пластмасам: стабільність розмірів; чіткість форм; підвищену твердість, жорсткість; електроізоляційні властивості.

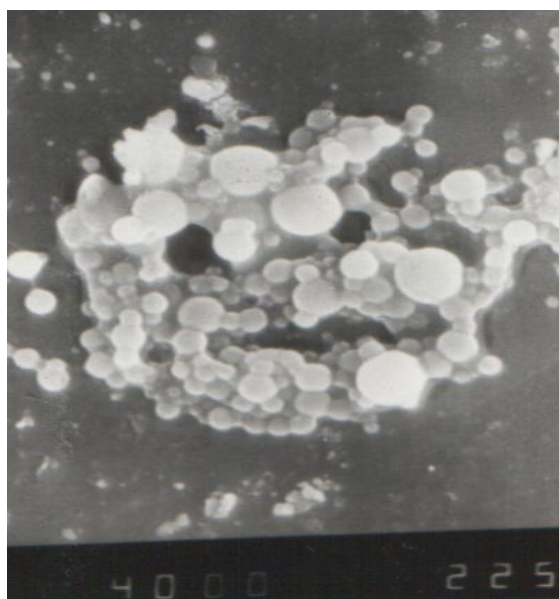
Волокнисті наповнювачі (волокна бавовняні, синтетичні, скляні) сприяють підвищенню фізико-механічних властивостей, особливо це стосується скляних волокон.

Шаруваті наповнювачі (тканини бавовняні, скло-тканина, папір) сприяють різкому підвищенню твердості, механічної міцності на стиснення і розрив.

Порошкові наповнювачі (деревне борошно, целюлоза) знижують тепло-, волого- і світлостійкість,



а)



б)

Рис. 3. Виділення пластифікатора на поверхні модифікованих поліетиленових матеріалів [16]: а) 0,5 ваг. % пластифікатора ДОС, свіжовиготовлений зразок (X 3000); б) 1 ваг. % пластифікатора ДОФ, старіння протягом 10 років (X 4000)

порошки металів додають полімерним композиційним матеріалам теплопровідності та електропровідності.

Рідинні наповнювачі – мінеральні масла, які використовують з метою збереження шару мастила на поверхні тертя, а також вода, яка застосовується у процесі отримання твердих напівфабрикатів із поліефірів.

Газоподібні наповнювачі застосовують для отримання пластмас малої щільності й ваги, які відомі під назвами “пінопласти” і “поропласти”. Пінопласти мають закриті газонаповнені осередки, що не сполучаються, а поропласти – відкриті осередки, які можуть з’єднуватися. Такі полімерні матеріали мають високі тепло- і звукоізоляційні властивості.

2. Пластифікатори. Їх вводять до складу полімерів з метою надання низки цінних споживчих властивостей, зокрема підвищеної еластичності, пластичності, світло- та морозостійкості, зниженої жорсткості, крихкості й горючості.

Зі збільшенням вмісту пластифікатора частково змінюється структура полімерного матеріалу, зростає здатність пластмас до високоеластичних деформацій, полегшується переробка пластмас у виробі, підвищується їх міцність, довговічність і діелектрична здатність (рис. 3) [16-17].

Як пластифікатори використовують ефіри фталевої, бензоїнової, фосфорної та інших кислот. Пластифікатори не повинні знижувати естетичні властивості пластмас, тому вони мусять характеризуватися високою хімічною стійкістю, бути безбарвними, не мати запаху, не мігрувати в навколишнє середовище, не екстрагуватися харчовими і мийними засобами, водою та органічними розчинниками.

3. Барвники вводяться для підвищення естетичних властивостей пластмас (рис. 4).

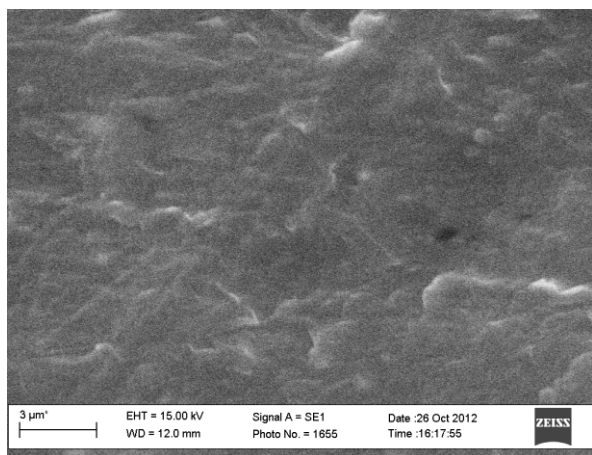


Рис. 4. Морфологія поверхні поліетиленової плівки із додатками казеїну (до 9 ваг. %), “сліпу” (0,6 ваг. %) та барвника (4 ваг. %) X 5000

4. Стабілізатори. Стабілізація – це комплекс заходів, спрямованих на підвищення стійкості полімерів до старіння.

Під впливом тепла, світла, кисню повітря, кислот, газів, механічних впливів тощо в структурі

макромолекули може спостерігатися деструкція, тобто перебудова атомів у макромолекулі, що призводить до незворотних змін, які виявляються у втраті блиску, вицвітанні барвника, зміні щільності, появі рисок, мікротріщин, зниженні фізико-механічних властивостей (рис. 5).

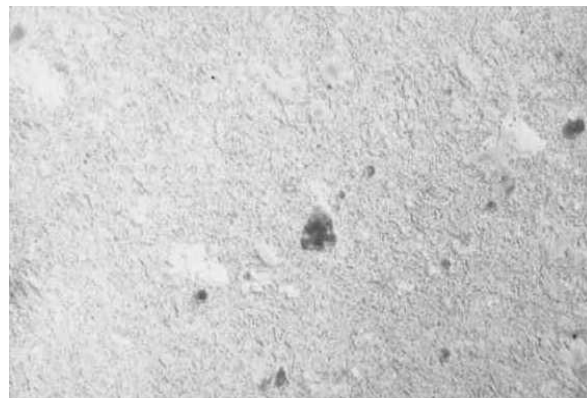


Рис. 5. Морфологічні особливості плівки, виготовленої з модифікованої поліетиленової сировини з додатком інгібітора 1 ваг. % корозії амінного типу, у разі експлуатації протягом 12 місяців на відкритому майданчику (X 10700). Білі плями – наслідок вимивання компонент зі складу плівки [17]

Основним способом запобігання подібним явищам є внесення у полімер стабілізаторів, що подовжують термін служби виробів із пластмас. Стабілізатори бувають блокуючими та екрануючими.

Блокуючі стабілізатори застосовують для захисту полімерів від впливу тепла (термостабілізатори) і кисню (антиоксиданти). Це аміни, феноли, сульфідні та інші хімічні сполуки.

Екрануючі стабілізатори (сажа, похідні бензолів) використовуються для захисту полімерів від впливу світла. Стабілізатор поглинає світлову енергію, яка руйнує полімер і тим самим запобігає можливості ланцюгової реакції розпаду полімеру.

Введення різних типів стабілізаторів підвищує ефект уповільнення деструкції та подовжує термін служби пластмас і виробів з них.

Вторинні пластичні маси успішно конкурують з другосортними первинними полімерами. До того ж вони можуть застосовуватися в інших областях (нарівні з первинними). Так, вторинні поліпропілени і полівінілхлориди використовуються для виготовлення електроізоляції, а регеновані термопластичні поліефіри – для одержання литтєвих композицій, що не поступаються за своїми властивостями поліамідам і полікарбонатам.

Волокнисті, плівкові і шматкові відходи ПЕ, ПУТФ, поліамідів і деяких інших термопластів можна переробляти методом екструзії (з попереднім подрібненням) у виробі технічного і культурно-побутового призначення, хоча найчастіше використовують вже первинно перероблені та очищені відходи у вигляді грануляту (рис. 6).

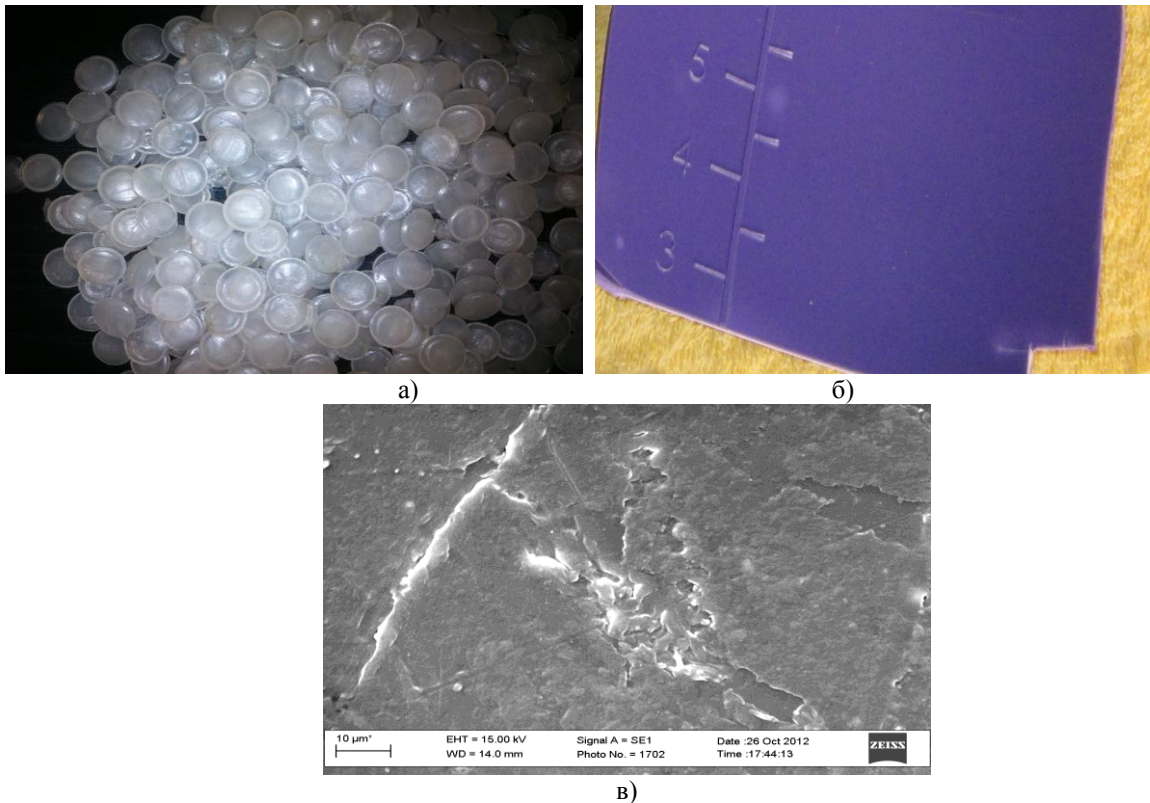


Рис. 6. Гранулят із вторинної поліетиленової сировини (а, [18]), частина виробу, виготовленого із поліетиленового матеріалу із додатками (40 ваг. %) вторинної сировини, який створений литтям під тиском (б), та структура поверхні зразка (в) (X 1000)

У разі повторної переробки змінюється структура, фізико-механічні та реологічні характеристики більшості полімерів. Тому дослідження впливу кратності переробки на властивості пластичних мас є необхідною умовою правильного вибору технологічного режиму переробки й областей застосування матеріалів, виготовлених із відходів (рис. 7).

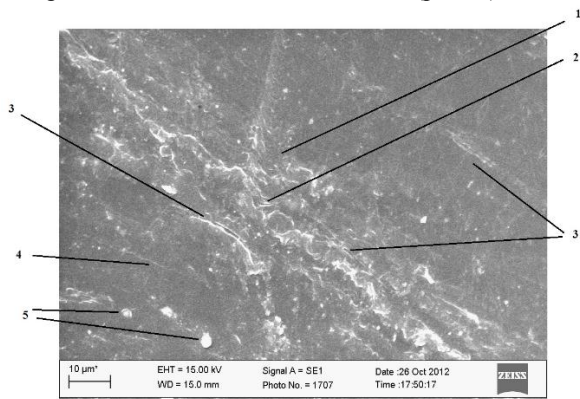


Рис. 7. Мікрофотографія зразка 90 ваг. % вторинного поліетилену + 1 ваг. % барвника, виготовленого литтям під тиском (X 1000):
 1 – область активного структуроутворення;
 2 – ріст монокристалів поліетилену; 3 – дефекти та тріщини, утворені на межі росту аморфної та кристалічної фаз; 4 – утворення мікротріщини внаслідок виникнення напружень у матеріалі; 5 – включення та забруднення, внесені вторинною сировиною

Встановлено, що механічні характеристики вихідних поліетиленових матеріалів відповідають величинам, які наведені в роботах авторів [3, 5, 7]. Використання вторинної сировини у композиційному складі виробу неодмінно призводить до незначного зменшення міцнісних характеристик матеріалу – ударної в'язкості, межі міцності на згин та межі міцності на розривання (σ_p) (рис. 8).

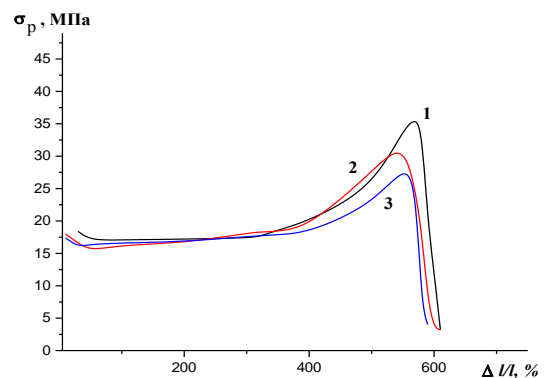


Рис. 8. Залежність показників межі міцності на розривання (σ_p) від відносного видовження ($\Delta l/l$, %) виробів із поліетилену із додатками стабілізатора, пластифікатора та барвника: 1 – первинний поліетилен; 2 – поліетиленовий матеріал із додатками (40 ваг. %) вторинної сировини; 3 – вторинний поліетилен (90 ваг. %) із додатками первинного

Подальші випробування механічних властивостей полімерних виробів із додатками вторинної сировини показали неухильне часове зниження механічних характеристик протягом 2-х років, що дало підстави припустити, що повторна переробка полімерних матеріалів потребує додаткового введення стабілізаторів, які перешкоджають деструкції, що активно відбувається саме в таких виробках, або уповільнюють її.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Утилізація використаних полімерних упаковок, виробів, відходів виробництва та пізніша їх рециркуляція як додатків до аналогічних пластичних матеріалів гальмується у зв'язку із недостатнім вивченням впливу забруднень, що супроводжують процеси використання такої вторинної сировини. Невизначеність у санітарно-гігієнічних питаннях, тривалості деяких етапів життєвого циклу продукції із додатками вторинної сировини, активності процесів старіння та напрямків зміни фізичних і хімічних властивостей спонукає до проведення широкомасштабних досліджень такої продукції (виробів).

Одним із головних завдань досліджень полімерних виробів із вторинної сировини є встановлення відповідності їх фізико-механічних характеристик. Такі дослідження проводяться на всіх етапах життєвого циклу продукції, водночас під час виготовлення використовуються різні композиційні складки, що дає змогу провести порівняння результатів застосування різних компонент.

Дослідженнями встановлено, що збільшення кількості додатків (наповнювача, вторинної сировини, забруднень тощо) до поліетиленової основи значно змінюють умови її формування і, як наслідок, структуру та фізичні характеристики матеріалу. На початковому етапі це виявляється у збільшенні центрів кристалізації та загальному збільшенні кристалічного об'єму у полімерній матриці. Водночас зростає дефектність матеріалу внаслідок виникнення напружень на лінії розділу кристалічної та аморфної фаз, з'являються порушення росту самих кристалів у зв'язку з впливом теплових процесів та неупорядкованість хімічної структури. Значна дефектність на початкових етапах життєвого циклу матеріалу виробу неодмінно призводить до прискореної деструкції матеріалу в майбутньому, яка підсилюється у разі дії різноманітних механічних навантажень, впливу хімічних та природних факторів.

Запобігання інтенсивній деструкції матеріалу виробів із додатками вторинної сировини можливе у випадку введення у композицію компонент, що послаблюють або унеможливають процеси активного кристалоутворення в полімерній матриці – додавання “сліпу” або пластифікатора, а також зменшення кількості мінеральних або синтетичних наповнювачів чи інших речовин, що сприяють кристалізації полімерної матриці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України “Про відходи”: від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/187/98>.
2. Рэнгби Б. Фотодеструкция, фотоокисление и фотостабилизация полимеров / Б. Рэнгби, Я. Рабек. – М. : Мир, 1978. – 675 с.
3. Гуль В. Е. Структура и прочность полимеров / В. Е. Гуль. – М. : Химия, 1971. – 344 с.
4. Фойгт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла / И. Фойгт. – Л. : Химия, 1972. – 544 с.
5. Нарисава И. Прочность полимерных материалов / И. Нарисава. – М. : Химия, 1987. – 400 с.
6. Грасси Н. Деструкция и стабилизация полимеров / Н. Грасси, Дж. Скотт. – М. : Мир, 1988. – 446 с.
7. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Київ, 2006. – 270 с.
8. Полімерні композиції з відходів полістиролу. Технологічні особливості одержання / О. В. Суберляк, В. Є. Левицький, В. С. Моравський, А. Б. Гарнавський // Хімічна промисловість України. – 2006. – № 6. – С. 13-16.
9. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс / Л. Штарке ; [пер. с нем. ; под ред. В. А. Брагинского]. – Л., 1987. – 176 с.
10. Бобович Б. Б. Утилизация отходов полимеров : учеб. пособие / Б. Б. Бобович. – М., 1998. – 62 с.
11. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантя (ред.) ; [пер. с англ., под ред. Г. Е. Заикова]. – СПб. : Профессия, 2006. – 400 с.
12. Skrzypek M. Drogi rozwiązywania problemu opakowań z uwzględnieniem postulatów ekologicznych / M. Skrzypek // Zeszyty naukowe AEK (Kraków). – 1997. – № 4947. – S. 5-16.
13. Полимерная тара и упаковка / [под ред. С. В. Генеля]. – М. : Химия, 1980. – 272 с.
14. Korzeniowski A. Ekologistyka zużytych opakowań / A. Korzeniowski, M. Skrzypek. – Poznań : Instytut Logistyki i Magazynowania, 1999. – 168 s.
15. Мікульонок І. О. Рециркуляція відходів упаковки / І. О. Мікульонок, Г. А. Рябцев // Упаковка. – 2000. – № 3. – С. 50-53.
16. Domantsevych N. Structura and properties of the modified polyethylene films / N. Domantsevych, O. Aksimentyeva, B. Yatsyshyn // Current trends in commodity science. Packaging : Zeszyty naukowe. – Poznan : Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, 2011. – Vol. 186. – P. 67-75.
17. Доманцевич Н. І. Інгібіторний захист промислової продукції / Н. І. Доманцевич. – Львів : вид-во ЛКА, 2003. – 160 с.
18. Інформаційний ресурс. – Режим доступу: <http://www.granula.org/wp-content/uploads/2012/02/granula-ldpe.jpg>.

REFERENCES

1. The Law of Ukraine “On waste”, available at: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/187/98>.

2. Rengbi, B. and Rabek, J. (1978), *Fotodestruktsiya, fotookisleniye i fotostabilizatsiya polimerov* [Photodestruction, photooxidation and photostabilization], Mir, Moscow.
3. Gul', V.Ye. (1971), *Struktura i prochnost' polimerov* [The structure and strength of the polymer], Chemistry, Moscow.
4. Foygt, I. (1972), *Stabilizatsiya sinteticheskikh polimerov protiv deystviya sveta i tepla* [Stabilization of synthetic polymers against the action of light and heat], Chemistry, Leningrad.
5. Narisava, I. (1987), *Prochnost' polimernykh materialov* [Durability of polymeric materials], Moscow.
6. Grassi, N. and Skott, Dzh. (1988), *Destruktsiya i stabilizatsiya polimerov* [Degradation and stabilization of polymers], Mir, Moscow.
7. Suberlyak, O.V. and Bashtannyk, P.I. (2006), *Tekhnolohiya pererobky polimernykh ta kompozytsiynykh materialiv* [Processing technology of polymeric and composite], Kyiv.
8. Suberlyak, O.V. Levitsky, V.YE. Moravian, V.S. and Tarnavskyy, A.B. (2006), "Polymer compositions from waste polystyrene. Technological features reception", *Khimichna promyslovisť Ukrayiny*, vol. 6, pp. 13-16.
9. Shtarke, L. (1987), *Ispol'zovaniye promyshlennykh i bytovykh otkhodov plastmass* [Use of industrial and domestic waste plastics], ed. Braginsky, V.A., Leningrad.
10. Bobovich, B.B. (1998), *Utilizatsiya otkhodov polimerov* [Disposal of waste polymers], Moscow.
11. La Mantiya, F. (ed.) (2006), *Vtorichnaya pererabotka plastmass* [Plastics recycling], Professiya, Saint Petersburg.
12. Skrzypek, M. (1997), "Way to solve the problem of packaging, taking into account the demands of environmental", *Zeszyty naukowe AEK*, Kraków, vol. 4947, pp. 5-16.
13. Genel, S.V. (ed.) (1980), *Polimernaya tara i upakovka* [The polymer packaging], Chemistry, Moscow.
14. Korzeniowski, A. and Skrzypek, M. (1999), *Ekologistyka zuzytych opakowan* [Ekology packaging waste], Insytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
15. Mikul'onok, I.O. and Ryabtsev, H.A. (2000), "Recycling of packaging waste", *Upakovka*, vol. 3, pp. 50-53.
16. Domantsevych, N. Aksimentyeva, O. and Yatsyshyn, B. (2011), "Structura and properties of the modified polyethylene films", *Current trends in commodity science. Packaging: Zeszyty naukowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznan, vol. 186, pp. 67-75.
17. Domantsevych, N.I. (2003), *Inhibitoryy zakhyst promyslovoyi produktsiyi* [Inhibitory protection of industrial products], vydavnytstvo LKA, Lviv.
18. Information resource, available at: <http://www.granula.org/wp-content/uploads/2012/02/granula-ldpe.jpg>.