

ПОРІВНЯННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАСТМАС, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ МЕТОДОМ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

С. В. ПРИСТИНСЬКИЙ^{1,2}, В. П. ПЛАВАН¹, А. М. ГРИЦЕНКО^{1,2},
Д. О. МАЛИШКО², Р. О. ШУЛЯК²

¹ Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська
2, Київ, 01011, s.prystynskyi@outlook.com

² ТОВ «Костал Україна», пр. Червоноармійців 2, Переяслав, 08400,
a.grytsenko@kostal.com

Використання оригінального, вторинного подрібненого та вторинного регранульованого пластику хімічної групи ABS+PC забезпечує отримання виробів з пластмас методом лиття під тиском без погіршення механічних властивостей.

Ключові слова: вторинна сировина, ABS, PC, лиття пластмас під тиском, переробка полімерних відходів, механічні властивості.

Проблематика забруднення екосистем пластиками відома ще з середини ХХ століття [1]. Одним з оптимальних та впливових рішень є спроможність повторного використання полімерних матеріалів, які втратили свою функційну цінність як виріб чи сировина (брак, технологічні відходи, вироби, які не плануються до подальшої експлуатації тощо) у сукупності із іншими рішеннями. Тим не менше, для виробників пластикової продукції у всьому світі, незалежно від сфери діяльності, вторинне використання полімерів є не аби яким викликом. Це пов'язано з багатьма факторами впливу, такими як фінансові аспекти, технологічні та інші. Важливим етапом є дослідження реологічних властивостей вторинної полімерної сировини. Особливо це актуально під час переробки мультикомпонентних полімерних відходів [2], так як сучасні вироби містять в собі два чи більше різних за хімічною групою полімерних композиційних матеріалів.

Також варто звертати увагу на фізико-механічні властивості вторинних полімерних композицій та виробів, які з них отримуються. Активно проводяться дослідження властивостей пластиків, як вторинної сировини для 3D друку, технологія якого має позитивний тренд на розповсюдження. Останні дослідження композиції ABS/PLA свідчать про подібність механічних властивостей вторинної сировини до оригінальної [3], що дає підстави для

прийняття рішень про повторне використання відходів. Не менш цікавим є дослідження вуглепластиків, які знаходять застосування в багатьох сферах, зокрема із підвищеними вимогами стосовно безпеки: авіа та автомобілебудування. Науковці також визначають можливість покращення механічних властивостей вторинних вуглецевих волоконних композитів шляхом попередньої їхньої обробки [4].

В галузі автомобілебудування популярними полімерним композиційним матеріалом є ABS пластики, які ідеально поєднуються з PC. Це пов'язано з тим, що ABS за своєю структурою забезпечують ідеальну візуальну поверхню, а PC надає відмінні механічні властивості. Сукупність цих властивостей дає змогу тривалий час експлуатувати деталі автомобіля без погіршення якісних характеристик. Саме тому механічні властивості цієї композиції активно досліджуються, зокрема із різним вмістом компонентів по % мас [5]. Також відзначається покращення цих властивостей за допомогою добавок співполімеру стирол-ізопрен-стирол (SIS) до суміші ABS/PC [6]. Тим не менше, при повторному використанні полімерного композиційного матеріалу ABS/PC, існують ризики втрат механічних властивостей, які редукуються додаванням оригінального матеріалу до вторинної суміші. Таким чином можна без втрат основних властивостей переробляти >55% відходів [7].

Метою статті є показати можливість повторної переробки відходів з полімерного композиційного матеріалу ABS/PC без значущих втрат механічних властивостей отриманих виробів методом лиття пластмас під тиском.

Експериментальна частина

Матеріали і методи досліджень

Браковані полімерні деталі та технологічні відходи у вигляді ливників (рис. 1) з ABS/PC «Bayblend T65XF» від оригінально виробника «Covestro AG» були подрібнені на дробарці «Rapid 200». На рисунку 1 показано ливники, які утворюються, як побічний продукт лиття пластмас під тиском. Це особливо

характерно при використанні прес-форми з холодноканаліною ливниковою системою.

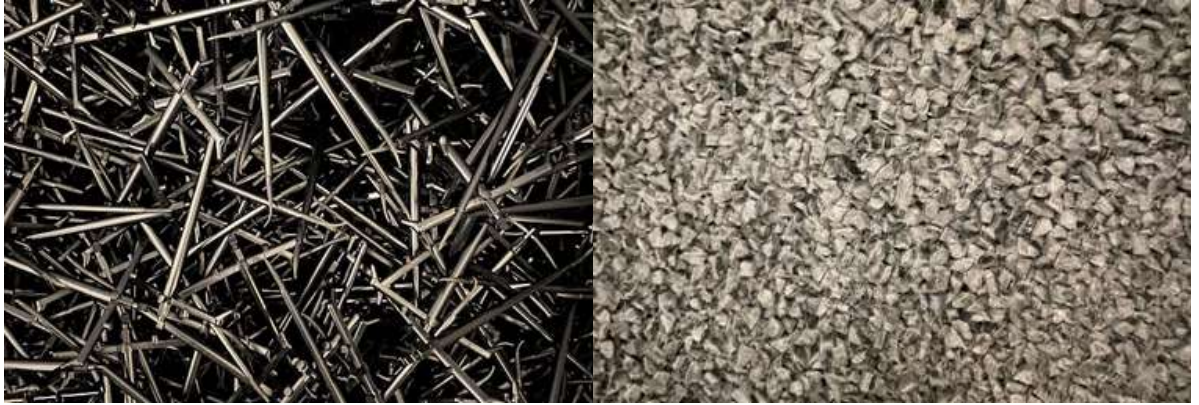


Рисунок 1 – Технологічні відходи ABS/PC (ливники)

Рисунок 2 – Подрібнений брак та технологічні відходи ABS/PC

На рисунку 2 можна бачити подрібнений матеріал з ABS/PC, який готовий для використання у подальших процесах дослідження. Регранульований матеріал (рис. 3) для вторинного використання отримували із подрібненого матеріалу (рис. 2) після сушіння в сушарці «FARRATECH Card 20S». Отримування регрануляту (рис. 3) відбувалося шляхом екструзії подрібненого матеріалу (рис. 2) з вузла впорскування литтєвої машини ARBURG 270S з подальшим подрібненням екструдату на спеціально виготовленому автоматизованому пристрої, який проходить досерійне випробування та валідацію в умовах ²ТОВ «Костал Україна».



Рисунок 3 – Регранульований подрібнений матеріал ABS/PC

В таблиці 1 подано основні характеристики полімерної композиції ABS/PC, які зазначає оригінальний виробник в паспорті матеріалу.

Таблиця 1 – Основні властивості полімерного композиційного матеріалу ABS/PC

Властивості	Значення
Показник текучості розплаву, см ³ /10 хв	18
Модуль пружності, МПа	2350
Температура переробки, °С	260
Щільність, кг/м ³	1130

Для проведення експерименту в серійних умовах з оригінальної, подрібненої (рис. 2) та регранульованої сировини (рис. 3) на литтєвій машині ENGEL Victory 200/60 POWER отримували деталі (рис. 4) із застосуванням стандартних серійних параметрів технологічного процесу. На рисунку 4 показано полімерну деталь («цоколь») з композиції ABS/PC, яка є одним з компонентів мультифункціонального перемикача в автомобілі. На цоколь в подальшому процесі монтується друкована плата з електричними контактами (пінами), корпус, рефлектори та функційні кнопки. Все це складає повноцінний виріб, який в свою чергу монтується в панель керування різноманітними функціями в автомобілі.

Результати та їх обговорення

Механічні властивості отриманих виробів із оригінального, вторинного подрібненого та вторинного регранульованого матеріалу ABS/PC, а саме сили зламу, визначали за допомогою універсальної машини для випробування матеріалів «ZWIK Roel» (табл. 3). На рисунку 5 показано обрані місця зламу – кліпси, які утримують корпус та інші несучі елементи готового виробу. Вибір обумовлений визначенням специфічних вимог замовника, як потенційно ризикована зона ймовірного пошкодження під час експлуатації автомобіля.



Рисунок 4 – Деталь, отримана методом лиття під тиском з ABS/PC

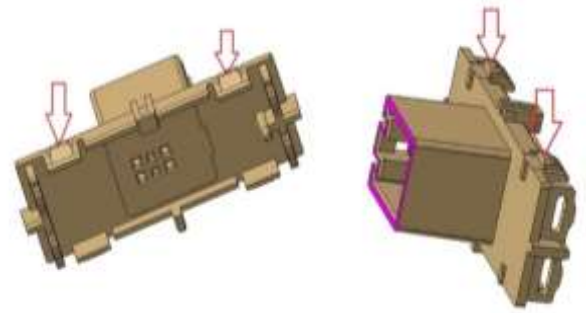


Рисунок 5 – 3D модель полімерної деталі та зони зламу

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика сили зламу кліпс полімерної деталі з ABS/PC

Індикатор	Походження полімерного матеріалу		
	Оригінальний первинний	Подрібнений вторинний	Регранульований вторинний
Середня сила зламу, Н	106,17	103,77	106,77
Абсолютна різниця від оригінального матеріалу, Н	-	-2,4	0,6
Відносні зміни від оригінального матеріалу, %	-	-2,26	0,56

Як показано в таблиці 3, можна спостерігати не значні зміни сили зламу кліпс деталей, отриманих з полімерного композиційного матеріалу ABS/PC різного походження. Результати демонструють зменшення сили зламу кліпси деталі на 2,26% із подрібненого вторинного та збільшення на 0,56% із регранульованого матеріалу відповідно у порівнянні з оригінальною сировиною ABS/PC. Отже, різниця є не суттєвою. Це пояснюється тим, що вторинні полімерні композиційні матеріали з ABS/PC не зазнали деструкційних процесів під час повторної переробки. Варто зазначити й те, що процес регрануляції не значно покращив показник зламу, ймовірно за рахунок попередньої переробки подрібненого матеріалу під тиском, що в свою чергу вирівнює орієнтацію полімерних ланцюгів. Варто зазначити й те, що основні параметри процесу лиття пластмас під тиском не зазнали змін та не потребували втручання з метою корекції.

Висновки

Отримані результати дослідження демонструють можливість повторного використання відходів з полімерного композиційного матеріалу ABS/PC без втрат механічних властивостей та без корекції параметрів процесу переробки методом лиття під тиском. Це може дати змогу забезпечити високий рівень якості продукції і зменшити рівень неперероблених полімерних відходів без додаткових суттєвих фінансових інвестицій.

Література

1. Vogel, Amos. Amos Vogel on documentary films. *Film Comment*, 1974, 10.5: 39.
2. С. В. Пристинський, В. П. Плаван, Р. О. Шуляк // *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023): тези доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.): у 2 т. Т. 1.* – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – С. 345-347.
3. Chaves, Raquel Marques. *Mechanical Properties of Recycled Polymers after 3D Printing*. 2019. Master's Thesis.
4. Van De Werken, Nekoda, et al. Investigating the effects of fiber surface treatment and alignment on mechanical properties of recycled carbon fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2019, 119: 38-47.
5. Khan, M. M. K., et al. Rheological and mechanical properties of ABS/PC blends. *Korea-Australia Rheology Journal*, 2005, 17.1: 1-7.
6. Verma, Nandishwar; Banerjee, Shib Shankar. Development of material extrusion 3D printable ABS/PC polymer blends: Influence of styrene–isoprene–styrene copolymer on printability and mechanical properties. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 2023, 62.4: 419-432.
7. Pelto, Jani, et al. Compatibilized PC/ABS blends from solvent recycled PC and ABS polymers from electronic equipment waste. *Polymer Testing*, 2023, 120: 107969.