

## ВІДГУК

### Офіційного опонента на дисертаційну роботу Пристинського Сергія Володимировича

на тему «Технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів методом лиття під тиском»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія»  
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

#### Актуальність теми дисертації.

В результаті переробки пластмас методом лиття під тиском утворюються багатокомпонентні відходи полімерних композиційних матеріалів, які зазвичай не в повному обсязі переробляються через недостатньо вивчені та ресурсозатратні технологічні можливості. Також варто зауважити, що недосконала технологія отримання полімерних виробів призводить до передчасного погіршення їх експлуатаційних характеристик, і, відповідно, до утворення відходів в процесі експлуатації.

Дисертація Пристинського С.В. присвячена розробці технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів методом лиття під тиском із збереженням основних властивостей виробів та показників ефективності виробництва для поліпшення експлуатаційних властивостей пластикових деталей автомобілів та для зменшення обсягу відходів багатокомпонентних полімерних композиційних матеріалів.

#### Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати дисертаційного дослідження базуються на основних положеннях полімерного матеріалознавства, хімічних технологій та інженерії. Дисертаційна робота та наукові результати Пристинського С.В. за темою дослідження засвідчують достатню обґрунтованість і достовірність зроблених висновків і пропозицій. Наукова обґрунтованість забезпечується використанням стандартних методів досліджень, сучасних інформаційних технологій, методів математичної статистики та цифрової обробки даних.

Отримані результати багаточисельних експериментальних досліджень дозволили розв'язати важливе науково-прикладне завдання, яке полягає у необхідності переробки багатокомпонентних сумішей відходів полімерних композитів за відсутності науково-обґрунтованої валідованої технології.

Наукова новизна полягає в наступному:

Вхідний №	49-B
«30»	07 2024 р.
Київський національний університет технологій та дизайну	



Встановленні закономірностей фізико-хімічних перетворень в процесі переробки багатокомпонентних відходів склонаповненого поліаміду 6 та полікарбонату залежно від складу суміші PA6GF30/PC.

Вперше показано, що за переважаючого вмісту PA в суміші PA6GF30/PC ймовірно відбувається часткова кополімеризація в результаті хімічної взаємодії з PC. Таким чином у випадку застосування PA6GF30 в суміші з PC саме частки скло-наповнювача виконують функцію своєрідного компатибілізатора. Вище значення показника текучості розплаву (MVR) і менша густина утвореного продукту може свідчити про нижчий ступінь кристалічності. Це дозволяє переробляти суміш не підвищуючи температуру без погіршення механічних властивостей.

Визначено, що за переважаючого вмісту PC в полімерній композиції вплив PA нівелюється завдяки явищу інкапсуляції PA в структурі PC, що чітко візуалізується під час дослідження морфології сумішей. Суміш набуває характеристик полікарбонату, що супроводжуються поступовим підвищенням межі міцності при стисненні. З огляду на результати досліджень, здобувач рекомендує до переробки литтям під тиском вторинну суміш PA6GF30/PC за складом 90/10, 80/20, 70/30% мас. За вказаних співвідношень компонентів зберігаються передбачувані фізико-механічні властивості готової продукції у поєднанні із оптимальними режимами переробки лиття під тиском.

Вперше розроблено системний науково-обґрунтований підхід до регулювання експлуатаційних характеристик полімерних матеріалів шляхом розробки технології їх переробки та до валідації процесу переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів.

Визначено ефект впливу використання оригінального, вторинного подрібненого та вторинного регранульованого полімерного матеріалу ABS/PC на механічні властивості деталей, отриманих методом лиття пластмас під тиском. При цьому експериментально підтверджено, що сила зламу не зазнала значущих змін при використанні вторинного подрібненого ABS/PC у порівнянні із оригінальним матеріалом.

Таким чином, наукове завдання, поставлене в дисертаційній роботі, було повністю виконано, а здобувач в повному обсязі оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Пристинського С.В. є завершеною науковою працею і повністю відповідає спеціальності 161 «Хімічні



технології та інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Пристинського Сергія Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на належне відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою, з дотриманням усіх існуючих стилістичних стандартів. Стиль викладу науковий сучасний, з використанням загальноприйнятих технічних термінів у відповідній галузі.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку джерел та двох додатків. Загальний обсяг дисертації 160 сторінок.

У **вступі** дисертації доведено актуальність обраної теми, сформульовано мету та основні задачі роботи, визначені об'єкт і предмет дослідження, наведені використані методи дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, описано особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** представлено огляд та аналіз науково-технічної і патентної літератури щодо сучасних тенденцій переробки полімерних композиційних матеріалів литтям під тиском. Okремо розглянуто питання регулювання властивостей полімерів та їх впливу на технологічні параметри процесу лиття пластмас під тиском. Особлива увага приділена регулюванню експлуатаційних характеристик пластикових виробів, екологічним аспектам переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів та філософії ощадливого виробництва і менеджменту (Lean).

В **другому розділі** наведено перелік використаних матеріалів та речовин, їх основні властивості та обґрунтовано їх вибір. Другий розділ присвячений опису використаних в ході виконання дисертаційної роботи методів дослідження та вказані умови їх проведення. Описано методики отримування дослідних зразків. Представлено методи дослідження стабільності процесу лиття пластмас під тиском, визначення сили зламу та описано методи дослідження експлуатаційних властивостей полімерних виробів.

**Третій розділ** дисертаційної роботи присвячено розробці технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів методом лиття пластмас під тиском. Проведено ретельний аналіз результатів дослідження реологічних властивостей, морфології та фізико-механічних характеристик сумішей відходів PA6GF/PC. Показано вплив використання



суміші полімерних відходів на параметри технологічного процесу та на стабільність лиття під тиском. Розроблено концепцію обладнання та метод отримання гранул із подрібнених багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів.

У ході досліджень були отримані результати, які дозволили визначити оптимальний склад суміші відходів поліамід/полікарбонат, що дозволяє переробляти її без підвищення температури та зі збереженням механічних властивостей. На підставі результатів аналізу, здобувач рекомендує до переробки литтям під тиском вторинної суміші PA6GF30/PC за складом 90/10, 80/20, 70/30% мас. За вказаних співвідношень компонентів зберігаються передбачувані фізико-механічні властивості готової продукції у поєднанні із оптимальними режимами переробки лиття під тиском. Доведено, що сила зламу полімерних деталей з ABS/PC під час переробки литтям під тиском не зазнала значного зменшення при повторному використанні подрібненої сировини, без суттєвих змін параметрів технологічного процесу. Здобувач рекомендує додавати подрібнену композицію ABS/PC до оригінального полімерного матеріалу до 50% мас., або регранульованої – до 80% мас.

Також в цьому розділі експериментально підтверджено, що основними факторами впливу при термообробці полімерів є температура і час перебування полімерної композиції в литтєвій формі. Експериментально доведено покращення експлуатаційних властивостей PA12, а саме стійкості до дії  $C_2H_5OH$ , шляхом збільшення тиску впорскування на 31,4% та температури контурів системи охолодження литтєвої прес-форми на 10,6%, що забезпечило суттєве зростання стабільності процесу. Покращення якості деталей за сталих витрат у структурі собівартості може забезпечити уникнення утворення відходів в процесі експлуатації виробів, що позитивно впливатиме на фінансову ефективність виробництва.

У четвертому розділі детально сформульовано основні теоретичні положення валідації процесу лиття пластмас під тиском. Змістовно висвітлено метод оцінки стабільності процесу лиття пластмас під тиском, як один з основних аспектів визначення придатності технології.

Продемонстровано особливості оцінки якості виробів із вторинних сумішей полімерних композиційних матеріалів в автомобілебудуванні. Виділено основні критерії якості продукції, яка отримується із багатокомпонентних відходів полімерних композитів методом лиття під тиском. Встановлено, що стабільність процесу лиття при використанні вторинної композиції PA6GF30/PC не зазнала статистично значимих змін у



порівнянні з первинним PA6GF30 та знаходиться в межах допустимих обмежень.

Отримані результати доводять можливість повторної переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів методом лиття під тиском. Це дозволяє знизити собівартість продукції за рахунок зменшення витрат на сировину, зменшити частку неперероблених полімерних відходів, що в свою чергу позитивно вплине на стан навколишнього середовища та на фінансові результати виробничих компаній.

У п'ятому розділі розглянуті основні ключові показники лиття пластмас під тиском. Обґрунтовано ефективність їх використання для здійснення системного контролю за перебігом технологічного процесу.

Висвітлено основні аспекти Lean менеджменту, які відіграють важливу роль у підтримці технології переробки сумішей відходів полімерних композиційних матеріалів.

Показано, що застосування та дотримання повного циклу PDCA підвищує всезагальну ефективність менеджменту на 28%, що в свою чергу забезпечує сталий розвиток підприємства та відіграє важливу роль у зменшенні частки відходів шляхом постійного покращення якості технологічних процесів та систем.

Здійснено огляд основних показників фінансової ефективності, які демонструють доцільність впровадження технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів.

У висновках стисло сформульовані основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи.

В цілому оцінюючи роботу за змістом і за якістю оформлення, можна зробити висновок про те, що вона відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 12 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, яку індексується у базі даних Scopus, 1 патент на корисну модель. Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.



Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача. В опублікованих наукових працях автор дисертації дотримується принципів академічної доброчесності.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. В роботі показано вплив розчинника на габаритний розмір полімерної деталі з PA12, хоча основною ознакою взаємодії полімерів із розчинниками є втрата маси, яка в цьому дослідженні не визначалась.

2. В роботі під час дослідження взаємодії вторинних полімерних сумішей PA6GF30/PC основна увага приділяється дослідженню їх реології, морфології та густини. Для більш чіткого підтвердження висловленого припущення щодо можливої хімічної взаємодії між склонаповненим поліамідом і полікарбонатом варто було б застосувати прямі аналітичні методи. Властивості сумішей не завжди підкоряються правилу адитивності. Особливості зміни показника текучості суміші, показані на рис. 13, можуть пояснюватись утворенням морфологічних структур.

3. Твердження про турбулентність потоку розплаву в капілярі (стор. 65, рис. 14) є спірним у класичному розумінні (значення критерію Рейнольдса не перевищують 2000), можливо автор мав на увазі явище високоеластичної турбуленції, що спричиняється періодичним відривом полімеру від стінки капіляру за високих значень напруження зсуву.

4. В розділі 2, стр. 45 сказано, що «...відливання деталей з отриманої суміші багатокomпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів здійснювали за стандартних серійних параметрів технологічного процесу лиття під тиском ...». Варто було б пояснити, які параметри технологічного процесу лиття автор вважає серійними стандартними для суміші PA6GF30 та PC. Як це в подальшому зроблено для суміші ABS/PC (табл. 3).

5. Точність виміру маси при визначенні густини суміші PA6GF30/PC складала не нижче 0,0001 г. В таблиці 4 помилково вказані результати вимірювання маси зразків з точністю п'ять-шість знаків після коми.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пристинського Сергія Володимировича на тему «Технології переробки багатокomпонентних відходів полімерних композитів методом лиття під тиском» є завершеним науковим дослідженням, що виконане на високому науковому рівні з дотриманням принципів академічної доброчесності. Сукупність отриманих результатів досліджень розв'язує важливе наукове

завдання створення технологій переробки багатокомпонентних полімерних композитів, що має вагоме значення для галузі знань 16 – «Хімічна та біоінженерія».

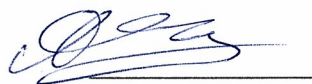
Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю, змістом і науковою новизною відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Пристинський Сергій Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

**Офіційний опонент:**

завідувач кафедри хімічного, полімерного і силікатного машинобудування  
Національного технічного університету України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

Д.т.н., доц.



Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

М.П.

«29» липень 2024 року

