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.

Основним методом одержання пластмасових виробів для автомобілебудування є лиття пластмас під тиском. Останнім часом все більше застосовується багатокомпонентне лиття, яке поєднує декілька полімерних матеріалів в одному виробі. Внаслідок, окрім високоякісних пластикових виробів з необхідним комплексом експлуатаційних характеристик, утворюються багатокомпонентні відходи полімерних композиційних матеріалів, які зазвичай не в повному обсязі переробляються через обмежені технологічні можливості.

Саме тому актуальність роботи не викликає сумнівів, адже існує необхідність зменшення обсягу утворених багатокомпонентних відходів полімерних композитів. Також актуальність обумовлюється необхідністю поліпшення якості пластикових деталей для превентивного зменшення утворення відходів, що позитивно впливатиме на навколишнє середовище.

Дисертація Пристинського С.В. присвячена вирішенню важливої науково-прикладної проблеми в галузі технології полімерних і композиційних матеріалів, зокрема виготовлення виробів з пластмас, пов'язаної з необхідністю переробки багатокомпонентних сумішей відходів полімерних композиційних матеріалів за обмежених технологічних можливостей.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати, які висвітлені в роботі, мають теоретичне підґрунтя і підтверджуються практичними результатами, отриманими в умовах реального виробництва. За обсягом викладеного матеріалу можна зробити висновок про достатню обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів, сформульованих висновків, пропозицій та рекомендацій. Достовірність і надійність результатів забезпечується використанням стандартних методів досліджень, сучасних інформаційно-цифрових технологій, методів математичної статистики та обробки даних, що підтверджуються в повному обсязі переліком наукових праць здобувача.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні на підставі системних досліджень закономірностей фізико-хімічних перетворень в процесі переробки багатокомпонентних відходів на основі склонаповненого полікапроаміду та полікарбонату залежно від складу суміші.

При цьому вперше:

Показано, що за переважаючого вмісту полікапроаміду в суміші з полікарбонатом ймовірно відбувається часткова кополімеризація завдяки хімічній взаємодії між компонентами системи. Вірогідно у випадку застосування склонаповненого полікапроаміду в суміші з полікарбонатом саме частинки скло-наповнювача сприяють підвищенню технологічної сумісності між полімерами. Високі значення показника текучості розплаву і менші показники густини утвореного продукту можуть свідчити про нижчий ступінь кристалічності. Це дозволяє переробляти суміш не підвищуючи температуру без погіршення механічних властивостей.

Встановлено, що за переважаючого вмісту полікарбонату в полімерній композиції вплив поліаміду нівелюється завдяки явищу інкапсуляції поліаміду в структурі полікарбонату. Суміш набуває характеристик полікарбонату, що супроводжується поступовим підвищенням межі міцності під час стиснення. З огляду на результати досліджень, здобувачем рекомендується переробляти литтям під тиском вторинну суміш PA6GF30/PC за складом 90/10, 80/20, 70/30% мас.

Розроблено системний науково-обґрунтований підхід до регулювання експлуатаційних характеристик полімерних матеріалів завдяки розробленню технології їх переробки та до валідації процесу переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів.

Створено додатковий пристрій до литтєвої машини для отримання гранул із багатокомпонентних відходів полімерних композитів, який відзначається невеликими габаритними розмірами та простотою конструкції.

Визначено ефект впливу 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 під час використання вторинного подрібненого ABS/PC порівняно з первинним матеріалом.

Експериментально доведено покращення експлуатаційних властивостей PA12, зокрема стійкості до етилового спирту, завдяки встановленню раціональних параметрів тиску впорскування та температури контурів системи охолодження литтєвої форми. Це забезпечило суттєве зростання стабільності процесу лиття під тиском більше, ніж на 200%. Покращення якості деталей за сталого часу циклу позитивно впливає на фінансові результати виробничих компаній, а отже може забезпечити зменшення обсягу відходів в процесі

експлуатації виробів. Здобувач рекомендує проводити валідацію технологічного процесу отримання деталей з PA12 з оцінкою результатів визначення експлуатаційних характеристик.

Доведено, що використання основних принципів ощадливого менеджменту (Lean Management) забезпечило покращення управління технологічним процесом в середньому на 64%, що підтверджується зростанням комплексного ключового показника лиття пластмас під тиском загальної ефективності обладнання на 2,5%. Це сприяє забезпеченню якості, зменшенню браку і частки утворення відходів полімерних матеріалів.

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 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 належне посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою, з дотриманням стилістичних стандартів. Стиль викладу науковий з використанням загальноприйнятих технічних термінів.

Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку джерел із 169 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації 160 сторінок.

У **вступі** дисертації наведено 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 сучасної науково-технічної і патентної літератури щодо тенденцій переробки полімерних композитів литтям під тиском. Розглянуті сучасні технологічні можливості регулювання властивостей полімерів та їх вплив на технологічні параметри процесу лиття пластмас під тиском. Особлива увага приділена екологічним аспектам переробки відходів багатокомпонентних полімерних композиційних матеріалів методом лиття під тиском. Здійснено огляд філософії LEAN.

У **другому** розділі наведений перелік використаних матеріалів та речовин, їх основні властивості. Розділ присвячений обґрунтуванню та опису методів

дослідження, використаних в ході виконання роботи. Зазначені в роботі методи дають змогу здійснювати збір верифікованих даних з можливістю їх належного аналізу для подальшого прийняття рішень і формулювання висновків стосовно переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений розробленню технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів методом лиття пластмас під тиском. Проведений детальний аналіз досліджень реологічних властивостей, морфології та фізико-механічних характеристик сумішей відходів PA6GF30/PC. Результати досліджень дозволили визначити раціональний склад суміші відходів PA6GF30/PC, що створює можливості для її переробки без підвищення температури зі збереженням фізико-механічних властивостей. Дисертант рекомендує здійснювати переробку литтям під тиском вторинної суміші PA6GF30/PC за складом 90/10, 80/20, 70/30% мас.

Доведено, що сила зламу полімерних деталей з ABS/PC під час переробки литтям під тиском не зазнала значного зменшення під час повторного використанні подрібненої сировини, без змін параметрів технологічного процесу. Регранульована вторинна полімерна суміш ABS/PC демонструє не значне збільшення сили зламу на ≈ 0,58%.

Підтверджено, що основними факторами впливу під час термооброблення полімерів є температура і час перебування полімерної композиції в литтєвій формі. Експериментально доведено покращення експлуатаційних властивостей PA12, зокрема стійкості до 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 (на 207,8%) стабільності процесу.

Створено пристосування для отримання гранул із подрібнених сумішей вторинних полімерних композитів, який значно спрощує процес їх переробки. Це дає змогу отримати гранули з сумішей, готові до повторного використання.

У **четвертому розділі** проаналізовані основні теоретичні положення валідації процесу лиття пластмас під тиском. Розроблено системний підхід шляхом структурування процесу валідації за методом PDCA. Висвітлені особливості оцінки якості виробів з вторинних сумішей полімерних композиційних матеріалів в автомобілебудуванні.

Особливу увагу приділено дослідженню впливу використання багатокомпонетних відходів полімерних композитів на стабільність процесу. Встановлено, що використання суміші відходів PA6GF30/PC 90/10% мас. потребує збільшення часу (на 12,5%) та температури (на 37,5%) сушіння, параметра «подушки» розплаву (на 22,2%) порівняно з первинним PA6GF30. При цьому інші параметри процесу не зазнали суттєвих змін. Показано, що стабільність процесу лиття під час використання вторинної композиції PA6GF30/PC не зазнала статистично значимих змін порівняно з первинним

PA6GF30 та знаходиться в межах допустимих обмежень. Отримані результати сприяють зменшенню частки непереоблених полімерних відходів.

У **п'ятому розділі** проаналізовані основні показники лиття пластмас під тиском в контексті їх використання для здійснення системного контролю за перебігом технологічного процесу та забезпечення його вдосконалення.

Висвітлено основні аспекти Lean менеджменту, які відграють важливу роль у підтримці будь-яких технологій на глобальному рівні. Показано, що застосування та дотримання системного підходу до вирішення проблем, підвищує всезагальну ефективність менеджменту, що сприяє превентивному зменшенню частки відходів завдяки постійному покращенню якості технологічних процесів та систем. Доведена фінансова доцільність впровадження технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композиційних матеріалів.

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

Загалом, 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. У табл. 1 вказаний показник ударної в'язкості, проте в табл. згідно технічних даних виробника – це є міцність під час згинання (75 МПа).

2. Не зрозуміло чому час циклу (табл. 3) складається тільки «з часу дозування, часу дії тиску підживлення та часу охолодження» і не врахований час відкриття/закриття прес-форми, час видалення деталі тощо.
3. Одним з основних показників взаємодії полімерів із розчинниками є зміна маси зразка, яка визначається за стандартною методикою. У роботі показано лише вплив розчинника на габаритні розміри полімерної деталі.
4. У роботі під час дослідження взаємодії вторинних полімерних сумішей PA6GF30/PC основна увага приділяється лише реології, морфології та визначенню густини. Для підтвердження наявності взаємодій варто було б використати і прямі інструментальні методи.
5. Твердження «утворений продукт має вищу молекулярну масу, про що свідчить підвищення показника MVR суміші» (стор. 67) є спірним і потребує додаткового обґрунтування, оскільки зростання текучості матеріалу зазвичай пов'язане із зменшенням молекулярної маси.
6. Слід було б більше уваги приділити обґрунтуванню раціональних технологічних параметрів та вибору обладнання для конкретних стадій отримання гранул вторинної сировини.
7. Розділ 5 містить значний обсяг загально-теоретичної інформації щодо філософії бережливого виробництва, яку краще було б навести в огляді літератури, а сам розділ присвятити в більшій мірі питанням конкретного впровадження філософії бережливого виробництва в умовах реального виробництва.
8. У дисертаційній роботі зустрічаються граматичні і стилістичні помилки, спостерігається відсутність пробілів між деякими словами та реченнями; у деяких місцях тексту дисертації подані абревіатури без розшифрування тощо.

Наведені зауваження не зменшують вагомості наукових досягнень здобувача, практичного значення отриманих результатів, не знижують позитивного враження від дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пристинського Сергія Володимировича на тему «Технології переробки багатокомпонентних відходів полімерних композитів методом лиття під тиском» є завершеним науковим дослідженням, що виконане на високому науково-методичному рівні з дотриманням принципів академічної доброчесності. Сукупність отриманих результатів досліджень дозволила розв'язати важливе наукове завдання із створення технологій вторинної 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 хімічної технології переробки пластмас
Національного університету «Львівська політехніка»

Д.т.н., проф. _____ Володимир ЛЕВИЦЬКИЙ

«25» 07 2024 року

Підпис проф. В. Є. Левицького

засвідчую:

Вчений секретар
НУ „Львівська політехніка” Роман БРИЛИНСЬКИЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ • НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА" • ЗКПО 02071010