

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Набережної Ольги Олександрівни

«Розробка та дослідження властивостей самоармованих органопластиків на основі термостійких ароматичних поліамідів»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – Матеріалознавство

Актуальність теми дисертаційної роботи. Строк служби машин і їх безвідмовне функціонування у переважній більшості випадків визначаються довговічністю вузлів тертя, на відновлення яких витрачаються значні кошти. Інтенсивне підвищення навантажень і швидкостей, температури, ускладнення умов експлуатації рухливих з'єднань потребують від матеріалів, що використовуються, постійного підвищення їх експлуатаційного ресурсу. Перспективними матеріалами цього напрямку є органопластики (ОП), які відрізняються своєю багатофункціональністю. Але впровадження ОП часто стримується через відсутність інформації про повний комплекс характеристик нових конструкційних пластиків, їх поведінку в різних триботехнічних системах, хоча застосування ОП при виготовленні виробів для машинобудування істотно розширить область і умови експлуатації, підвищить ресурс роботи виробу, вузла, механізму або конструкції. У зв'язку з практичною цінністю і великим науковим інтересом до таких матеріалів зростає число і об'єми експериментальних та теоретичних досліджень, присвячених розробці та вдосконаленню високоефективних органопластиків головним чином трибо технічного призначення та вивченню протікання фізичних та хімічних процесів в структурі ОП при різноманітних зовнішніх впливах в процесі експлуатації.

Вищенаведене обумовлює *актуальність* теми дисертаційної роботи О.О. Набережної, яка присвячене створенню нових ОП на основі

термостійкого поліаміду фенілон для виготовлення матеріалів триботехнічного призначення.

Підтвердженням актуальності дисертаційної роботи є її зв'язок з темами кафедри фізики конденсованого стану у Дніпровському державному технічному університеті науково-технічної роботи № 271/14 «Розробка і дослідження властивостей вуглепластиків на основі полієфірефіркетону» з інститутом матеріалів Північно-західного політехнічного університету, м. Сіань, Китай; держбюджетної теми на виконання прикладного дослідження № 271/16 д-б «Розробка теоретичних основ і технологічних режимів виготовлення композиційних матеріалів для потреб оборонної промисловості України».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення і отримані результати представлені в дисертації достатньо обґрунтовані. В роботі дисертантом чітко визначено мету і основні завдання наукового дослідження, а також об'єкт та предмет дослідження. Поставлені задачі вирішувались шляхом проведення теоретичних і експериментальних досліджень з використанням перевіреного та атестованого обладнання, згідно існуючих стандартів та оригінальних методик. В роботі використано сучасні методи дослідження структури (растровий електронний мікроскоп JEOL JSM-6460 LV, ІЧ-спектрометр VERVEX 70), теплофізичних (Netzsch LFA 457, дилатометр ДКВ-5АМ), фізико-механічних (маятниковий копер СЕАСТ 6545/00; УСВМ UIT STM) і трибологічних властивостей; математична і комп'ютерна обробка результатів експериментів, з відповідністю

Таким чином, наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації є достовірними, а їх обґрунтування викладено достатньо повно і чітко та підтверджується відповідністю результатів досліджень літературним даним, лабораторним та дослідно-промисловим випробуванням.

Наукова новизна отриманих результатів. У рецензованій дисертаційній роботі одержано ряд нових теоретичних та експериментальних результатів. До найбільш вагомих наукових положень, отриманих в результаті виконання даної роботи, на мій погляд відносяться наступні:

- новий науково-технологічний підхід до отримання вискоєфективних волокнистих композитів триботехнічного призначення на основі фенілону, армованого волокнами різної природи, які поєднували з використанням оригінальної методики змішування в електромагнітному полі;

- результати математичного моделювання з використанням методів багатофакторного експерименту та оптимізації на їх основі технологічних режимів пресування органопластиків з урахуванням впливу температури, вмісту та довжини волокна на основні фізико-механічні та триботехнічні характеристики композитів;

- основні закономірності впливу хімічних волокон на перебіг фізичних процесів в структурі полімерної матриці, а саме – трансформації вихідної глобулярної структури фенілону С-1 в більш складну – фібрилярну, за рахунок утворення більш сильних міжкомпонентних зв'язків.

- результати експериментальних досліджень щодо впливу застосування суміші волокон різної природи в полімерній матриці на основні фізико-механічні та триботехнічні характеристики такого виду гібридних композитів, які забезпечують підвищення модуля пружності та межі текучості композиту до 1,5 раз, а зносостійкості – до 1,7 раз у порівнянні із вихідним пластиком.

Новизна технічних рішень, отриманих в результаті виконання даної роботи, захищена 2-ма патентами України на винахід (пат. № 113813, пат. № 112039) та 4-х патентів України корисну модель (пат. № 115220, пат. № 111024, пат. № 104723, пат. № 91680), що свідчать про їхні переваги в порівнянні з існуючими світовими та вітчизняними аналогами.

Практична цінність дисертації.

Отримані в рецензованій роботі результати пройшли широку дослідно-промислову апробацію та були впровадженні на ряді підприємств країни в якості деталей рухомих з'єднань, зокрема: вузли тертя укомплектовані втулками з ОП забезпечили підвищення довговічності роботи поворотного вузла гноєприбиральних транспортерів до 4 разів. В металургійній промисловості випробування розроблених ОП: в якості деталей рухомих з'єднань дали змогу оцінити критичне значення фактору $PV - 1,0 \text{ МПа} \times \text{м/с}$, що в 4 рази вище ніж у бронзи Бр О5-Ц5-С5, а як втулки пластинчатих ланцюгів шлеперів – перевершили за довговічністю в 5 – 6 разів; в якості підшипників ковзання шнекової сушарки – пропрацювали 800 годин безвідмовно.

Систематизовані методи досліджень та проведення експериментів увійшли до навчального посібнику «Методи досліджень властивостей полімерних композиційних матеріалів» (2016 р., ISBN 978-617-518-323-6), який використовують в навчальному процесі підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» Дніпровського державного технічного університету.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел (225 найменувань) та 10 додатків. Загальний обсяг роботи складає 195 сторінок, у тому числі 132 сторінок основного тексту, 29 таблиць та 51 рисуноків.

У вступі обґрунтовано актуальність вибраної теми дослідження, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, сформувано мету і завдання досліджень, вказано об'єкт та предмет дослідження, представлено методи досліджень властивостей та статистичної обробки результатів, визначено наукову новизну і практичне значення роботи. Вказано особистий

внесок здобувача, дані про апробацію і публікацію результатів досліджень та структуру і обсяг дисертації.

У першому розділі здійснено аналіз науково-технічних та патентних джерел про історію походження, сучасний стан принципів та методів створення, типів та складових компонентів полімерних композиційних матеріалів. Розглянуто основні види полімерних композитів, армовані волокнистими наповнювачами, обґрунтовано доцільність використання органічних волокон в якості наповнювачів для поліпшення теплофізичних, фізико-механічних та трибологічних властивостей. Незважаючи на значну кількість існуючих ОП, задача створення матеріалів із заданим комплексом властивостей, що здатні працювати при високих температурах та навантаженнях, характеризуються низьким коефіцієнтом тертя та високою зносостійкістю, залишається актуальною для галузі матеріалознавства. На підставі перспективності розвитку цього напрямку, сформульовано першочергові завдання досліджень.

У другому розділі обґрунтовано вибір об'єктів дослідження, наведено їх основні характеристики, описано технологію отримання ОП та охарактеризовано методи їх дослідження. Оптимізацію процесів формування проводили із застосуванням повного факторного експерименту, за допомогою якого визначено оптимальні параметри формування: температуру пресування, вміст волокна в полімерній матриці, довжину волокнистого наповнювача, які дозволяють отримати максимальні значення міцнісних характеристик ОП.

У третьому розділі роботи розглядаються нові самоармовані ОП на основі фенілону С-1, наповнені волокном фенілон. За результатами дослідження мікроструктури, теплофізичних, фізико-механічних та трибологічних властивостей автором встановлено, що оптимальний вміст волокна фенілон в ОП складає 5 – 10 мас. %, що забезпечує покращення характеристик вихідного матеріалу. Отримані матеріали апробовано у вузлах тертя, укомплектованих втулками з ОП, що забезпечили підвищення

довговічності роботи поворотного вузла гноєприбиральних транспортерів до 4 разів.

У четвертому розділі роботи дисертантом представлені результати розробки та комплексного дослідження ОП на основі ароматичного поліаміду фенілон, армованого волокном сульфон-Т. Визначено, що введення 10 мас. % волокна сульфон-Т в полімерну матрицю фенілон С-1 забезпечуює оптимальний комплекс експлуатаційних властивостей, за рахунок трансформації вихідної структури полімеру та утворення сильних міжкомпонентних зв'язків на молекулярному рівні. Автором показана перспективність використання таких ОП в металургійній промисловості в якості втулок пластинчатих ланцюгів шлепперів (підвищили довговічність в 5 – 6 разів) в порівнянні з серійними аналогами з бронзи.

У п'ятому розділі представлені результати розробки гібридних ОП з можливістю армування фенілону С-1 сумішшю органічного та вуглецевого волокон, та досліджено їхній вплив на властивості отриманих композитів. Автором визначено, що поєднання волокон різної хімічної природи не порушує рівномірного розподілу волокон в полімерній матриці та забезпечує сильні адгезійні зв'язки, про що свідчить підвищення міцнісних показників. За результатами дослідження триботехнічних характеристик визначено, що в гібридних ОП на порядок вища зносостійкість і в 2 рази нижчий коефіцієнт тертя. Представлено результати практичного випробування гібридних композитів в якості підшипників ковзання шнекової сушарки, що перевершили експлуатаційний ресурс серійних.

Сформульовані в роботі **висновки** відповідають основному змісту проведених досліджень і тексту дисертаційної роботи та відображають основні наукові результати роботи.

Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях.

Основні положення і результати досліджень знайшли досить ґрунтовне відображення в 38-ми опублікованих наукових працях, із них: 12 статей

(серед них у фахових наукових виданнях МОН України – 4; у закордонних періодичних фахових виданнях – 6; міжнародному науково-технічному збірнику – 1; у виданні, прореферованому наукометричною базою Scopus – 1); та отримали досить ґрунтовну апробацію на цілому ряді міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах в провідних наукових установах, де опубліковано 20 тез доповідей міжнародних та вітчизняних конференцій, отримано 6 патентів України (2 – на винахід та 4 – на корисну модель).

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертаційної роботи, достатньо повно відображає основні наукові результати, отримані здобувачем.

В той же час необхідно відзначити деякі **зауваження** по рецензованій роботі, а саме:

1. Здобувачем запропоновано оригінальну методику поєднання компонентів в обертальному електромагнітному полі, що забезпечило хаотичний розподіл волокнистого наповнювача в полімерному в'язучому. Однак, на мій погляд, для більш ґрунтовного підтвердження переваг запропонованого методу доцільно було б порівняти характеристики розроблених органопластиків з характеристиками існуючих композитів аналогічної природи, що формуються з одно-, перехресно- та косокутною орієнтацією волокон.

2. За результатами дослідження процесів руйнування розроблених композитів можна очікувати, що руйнування вихідної структури полімеру з наповнювачем з фенілону при значних пластичних деформаціях (рис. 3.12) може супроводжуватися як руйнуванням волокон фенілону, так і руйнуванням адгезійних зв'язків між волокнами та матричною фазою. На жаль, в роботі ці ефекти практично не розглядаються (за виключенням короткого згадування, наведеного на стр. 102).

3. На мій погляд, практична цінність отриманих результатів дослідження триботехнічних характеристик запропонованих композитів могла б бути помітно вищою в разі, коли б в роботі були вказані граничні швидкісно-силові параметри тертя для кожного виду запропонованих композитів, тоді як автор обмежилася лише зауваженням, що «ОП на основі фенілону, армовані волокном, стабільно працюють при значенні фактора PV 0,7 і 0,3 МПа × м/с, відповідно при змащуванні мастилом і водою» (стр. 130).

4. На рис 5.10, як впливає із під рисункового підпису, зображено «залежність абразивного зносу фенілону та гібридних композитів від шляху» (стр. 146). Однак, судячи з наведених на рисунку графіків, абсолютна величина зносу із збільшенням шляху тертя зменшується для всіх складі матеріалу, що суперечить загальним уявленням щодо процесів тертя. В той же час, судячи з пояснень наведених на стр. 144, можна очікувати що на графіку бути наведені дані не абсолютного зносу, а його інтенсивності.

5. В роботі зустрічаються деякі термінологічні неточності на кшталт: «питомий тиск» (стр. 66); «стальний диск» (стр. 105) – (замість «сталевий...»), «відносне подовження при стисненні» (стр. 125, табл. 4.3), «тертя за схемою диск – пальчик» (стр. 144), тощо.

Наведені зауваження, втім, не впливають на загальну позитивну оцінку наукових та практичних результатів дисертаційної роботи .

Загальний висновок до дисертаційної роботи.

В цілому, дисертаційна робота Набережної Ольги Олександрівни на тему: «Розробка та дослідження властивостей самоармованих органопластиків на основі термостійких ароматичних поліамідів» представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – Матеріалознавство, є самостійним, актуальним, завершеним дослідженням, що виконано на належному науковому рівні, з логічним викладенням результатів досліджень та їх аналізу, стиль викладення матеріалу досліджень відповідає прийнятому в науково-технічній літературі. Науково-дослідна робота дисертанта поєднує наукову новизну і

важливість отриманих результатів, висновків та рекомендацій, характеризується практичною цінністю.

На підставі вищенаведеного вважаю, що за об'ємом, науковим рівнем, змістом і оформленням представлена робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів ...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, зокрема пунктам 9, 11, а її автор Набережна Ольга Олександрівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – Матеріалознавство.

Офіційний опонент,

заступник директора ІІМ НАН України

з наукової роботи, д.т.н.



Г. А. Баглюк