

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Кабата Олега Станіславовича

«Науково-технічні основи технології виготовлення термостійких полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.06 – технологія полімерних і композиційних матеріалів

Актуальність теми дисертації

Інтенсивний розвиток сучасного суспільства практично неможливий без прогресу в таких галузях промисловості, як електроенергетична, хімічна і нафтохімічна, металургійна, машинобудівна тощо. Причому останнім часом основним локомотивом розвитку промисловості є саме електроенергетична і машинобудівна галузі у сфері виробництва авіаційної, ракетно-космічної техніки, роботів тощо. Загальною особливістю машин і механізмів є те, що їхні вузли і деталі працюють у досить жорстких умовах експлуатації при високому рівні навантажень, швидкостей ковзання, температур, дії абразивних чи агресивних середовищ тощо протягом тривалого часу. І тому однією з основних проблем при їх розробці й впровадженні є складність забезпечення високого рівня надійності і довговічності в експлуатації. Одним із основних шляхів вирішення проблеми підвищення надійності та довговічності в експлуатації сучасних машин і механізмів є застосування нових конструкційних матеріалів для виготовлення основних елементів сучасних машин, які мають кращий рівень властивостей порівняно з уже використовуваними. Проте, існуючі полімерні композиційні матеріали, що випускаються у промислових масштабах, вже не можуть повною мірою забезпечити стабільну роботу машин унаслідок недостатнього рівня термічної стійкості, міцності і трибологічних властивостей. Відтак, розробка нових технологій створення матеріалів на основі полімерів з високим рівнем теплофізичних, фізико-механічних і трибологічних властивостей та невисокою собівартістю за рахунок використання недефіцитних початкових компонентів і спрощення технології переробки у виробі є актуальним завданням, вирішення якого дасть змогу одержати

полімери і вироби зі спеціальними властивостями та розширить сфери їх застосування.

У зв'язку з цим, тема дисертаційної роботи Кабата О.С., яка направлена на розробку науково-технічних основ технології виготовлення термостійких полімерних композиційних матеріалів з низькою собівартістю, доступністю виробництва в умовах підприємств України та кращим рівнем властивостей, які працюють при високих рівнях навантажень, швидкостей ковзання і температур, є актуальною як у теоретичному, так і в прикладному аспектах.

Підтвердженням актуальності пропонованих у даній роботі досліджень є виконання дисертаційної роботи на кафедрі хімічного машинобудування ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» згідно з планами Міністерства освіти і науки України за держбюджетними темами: № 08/110399 «Підвищення працездатності обладнання шляхом розробки нових композиційних матеріалів, оптимізації конструктивних рішень і високоефективних методів обробки деталей»; № 08/160190 «Енергетичні комплекси поглинання та акумулювання сонячної енергії на основі полімерних колекторів та полімер-неорганічних теплоакумуючих матеріалів» (№ держ. реєстрації 0108U001155); № 08/190599 «Моделювання технологічних процесів та дослідження нових матеріалів для підвищення довговічності та технологічності обладнання» (№ держ. реєстрації 0119U002310); № 08/200699 «Моделювання апаратурно-технологічного оформлення ресурсощадних процесів» (№ держ. реєстрації 0120U102541).

Достовірність і ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Основні положення, висновки та рекомендації в роботі обґрунтовані в достатній мірі. Достовірність результатів та висновків дисертаційної роботи, одержаних здобувачем, не викликають сумнівів та базуються на великому обсязі теоретичних і експериментальних даних, отриманих за допомогою комплексу сучасних методів досліджень та у їх статистичній обробці з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що автором було розроблено науково-технічні основи технології виготовлення термостійких полімерних

композиційних матеріалів на основі фенілону С1, фторопласту-4, ДФСФО та силікагелю з можливістю спрямованого регулювання фізико-механічних, теплофізичних і трибологічних властивостей та отримання на їх основі виробів триботехнічного призначення, які зберігатимуть високий рівень експлуатаційних властивостей у широкому інтервалі навантажень, швидкостей ковзання і температур. Автором виявлено закономірності структуроутворення наповнювача силікагелю при синтезі у присутності дрібнодисперсних частинок фенілону С1, фторопласту-4, ДФСФО, які полягають у його формуванні як в об'ємі гелю, так і на поверхні дисперсних частинок полімерів, що сприяє зміні морфології частинок силікагелю зі сфероподібних на ламілярно-стрічкові. Також автором виявлено закономірності зміни теплофізичних і фізико-механічних властивостей розроблених ПКМ на основі фенілону С1, фторопласту-4, ДФСФО та силікагелю в залежності від варіювання їх складів та технологій отримання з визначенням граничних інтервалів експлуатації. Установлено закономірності зміни основних трибологічних властивостей пари тертя ПКМ – сталь від технології отримання і вмісту наповнювача силікагелю у фенілоні С1 і фторопласті-4 при фрикційній взаємодії без та зі змащуванням (мастило, вода) в широкому інтервалі температур, навантажень та швидкостей ковзання. Виявлено особливості зміни морфології та структури сталеві поверхні тертя при фрикційній взаємодії з розробленими ПКМ, які полягають у створенні на ній у результаті трибохімічних реакцій дискретного антифрикційного покриття, що сприяє зменшенню на тертя та зношування ПКМ залежно від вмісту і морфології наповнювача силікагелю у фенілоні С1 та фторопласті-4. Отримано математичні залежності, які описують вплив основних зовнішніх факторів (навантаження і швидкість ковзання) на тертя та зношування розроблених ПКМ при їх фрикційній взаємодії зі сталлю і виявлено, що найбільш значущим фактором, який впливає на рівень трибологічних властивостей пар тертя при фрикційній взаємодії ПКМ на основі фенілону С1, фторопласту-4 та силікагелю зі сталлю, є навантаження.

Практичне значення одержаних результатів

Відповідно до теоретичних та експериментальних досліджень розроблено нову ресурсощадну технологію отримання ПКМ на основі фенілону С1,

фторопласту-4, ДФСФО з рівномірно розподіленим у їх об'ємі дисперсним наповнювачем – силікагелем. Відповідно до неї запропоновано відмовитися від операції механічного суміщення вихідних компонентів полімерних композицій на підготовчому етапі переробки у вироби і проводити їх суміщення (*in situ*) в процесі синтезу наповнювача. Це дозволило значно спростити і здешевити технологію отримання виробів з термостійких ПКМ на основі фенілону С1, фторопласту-4 та ДФСФО і сприяло покращенню якості розподілу силікагелю у полімерних матрицях за рахунок їх суміщення на молекулярному рівні.

Розроблено термостійкі ПКМ на основі фенілону С1, фторопласту-4, ДФСФО і силікагелю, вироби з яких здатні працювати в конструкційних вузлах машин і механізмів при навантаженнях до 260 МПа і температурах до 400°C та вузлах тертя при фрикційній взаємодії зі сталлю в режимах тертя без та зі змащуванням при навантаженнях до 20 МПа і температурах навколишнього середовища до 250°C.

Практичне значення підтверджено результатами промислових випробувань деталей з розроблених ПКМ у вузлах тертя і герметизації хімічного та сільськогосподарського обладнання на підприємствах ТОВ «ТКОРП ГРУП», ТОВ «КОДАЦЬКЕ-АГРО», НПП «СОЮЗ-КОМПОЗИТ», ТОВ «ХІМПОСТАЧ ДНІПРО», ТОВ «ІНТЕР АВІА ІНВЕСТ», а саме:

- використання ущільнення на основі фторопласту-4 та силікагелю у вузлі тертя та герметизації консольного вала апарата з тихохідною якірною мішалкою дозволяє збільшити загальну довговічність його роботи у 3,7 разів; завдяки цьому вдалося зменшити кількість планово-попереджувальних ремонтів, час простою обладнання і витрати на придбання ремонтних ЗІПів у постачальника обладнання;

- використання втулок підшипників ковзання з розробленого матеріалу на основі фенілону С1 у вузлах тертя посівних лап комплексу «John Deere 1780» сприяло підвищенню його довговічності у роботі з 2 до 3 років і дозволило заощадити витрати на 2 капітальні ремонти посівного комплексу за період його експлуатації;

- використання втулок підшипників ковзання з ПКМ на основі фенілону С1 у механізмі демпфування стрілкової лапи культиватора дозволило

підвищити його надійність і продуктивність роботи при великому навантаженні, обумовленому глибокою культивацією та використанням знаряддя на «важких» ґрунтах; збільшення цих параметрів відбулося завдяки усуненню явища наклепу на поверхні металевих втулок рухомих з'єднань культиватора при роботі в парі з розробленим ПКМ;

- використання напрямних втулок з ПКМ на основі фторопласту-4 у рухомій траверсі гідравлічного пресу для переробки полімерних матеріалів дозволило не тільки покращити їх надійність і довговічність у роботі, але й відмовитися від матеріалів для змащування стандартних бронзових втулок;

- використання накладок з ПКМ на основі фенілону С1 на напрямні ковзання рухомого стола шліфувального верстата (ОШ 143) дозволило у 2 рази покращити надійність і довговічність цього вузла тертя в роботі та відмовитися від 2 планово-попереджувальних ремонтів на рік;

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес кафедри інноваційної інженерії на лабораторних заняттях з дисципліни «Технологічне обладнання для виробництва виробів з пластмас та еластомерів» і «Сучасні матеріали в машинобудуванні» для студентів спеціальностей 133 Галузеве машинобудування та 131 Технології машинобудування.

Повнота викладу основних наукових положень дисертації в опублікованих працях. Матеріали дисертаційної роботи в повній мірі апробовані на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 64 наукових працях у тому числі: 26 статей у наукових фахових виданнях (з яких 7 – у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus); 3 патенти України на винахід; 35 тез та текстів доповіді на міжнародних і вітчизняних конференціях.

Автореферат в достатній мірі відтворює структуру та обсяг роботи, в ньому та опублікованих працях висвітлено всі основні положення, які становлять наукову новизну і виносяться на захист.

Принагідно слід зауважити, що опубліковані результати дисертації відповідають вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 17 жовтня 2012 року №112 (зі змінами) «Про опублікування результатів

дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», зокрема пункту 2.2.

Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Матеріали викладено на 344 сторінках і містять 12 таблиць, 113 рисунків та 8 додатків. У бібліографії наведено 320 найменувань на роботи вітчизняних і зарубіжних авторів.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, завдання досліджень, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Об'єкт та предмет дослідження в повному обсязі відповідають поставленим завданням, що вирішуються в даній роботі. Викладено основні положення, які виносяться на захист дисертації та дані про апробацію і публікацію основних результатів досліджень.

У першому розділі висвітлено огляд та аналіз літературних джерел щодо основних підходів до створення термостійких полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення. Докладно розглянуто методи одержання композиційних мембран, проаналізовано переваги і недоліки цих методів. Наведено критичний аналіз наукової літератури та патентних джерел з питань обраних об'єктів дослідження та описано основні технології й особливості переробки їх у вироби, визначено оптимальний з точки зору ефективності напрямки їх покращення. На основі виконаного літературного огляду сформульовано мету та завдання досліджень.

У другому розділі подано основні характеристики початкових речовин та наведені їх властивості, викладено методики одержання та дослідження властивостей одержаних експериментальних зразків.

Третій розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню доцільності використання нового підходу для отримання полімерних композицій на основі вибраних термостійких полімерів. Автором доведено що запропонована золь-гель технологія отримання полімерних композицій на основі дисперсних термостійких полімерів (фенілон С1, фторопласт-4, ДФСФО) і силікагелю дозволяє не тільки суттєво спростити процес їх переробки у вироби, але й отримувати органічно-неорганічні композити з високим ступенем гомогенізації

початкових компонентів та покращеними умовами взаємодії на границі розділу фаз полімер – наповнювач за рахунок сил, які виникають при його усадженні й охопленні частинок полімерів при синтезі наповнювача.

У *четвертому розділі* розглянуто вплив наповнювача силікагелю і методів суміщення початкових компонентів полімерних композицій на підготовчому етапі переробки розроблених ПКМ у вироби на їх морфологію та структуру. Встановлено що морфологія частинок силікагелю після видалення з нього побічних продуктів реакції (сіль та залишки кислоти) при синтезі в присутності дрібнодисперсних частинок полімерів, очевидно, буде відрізнятися залежно від його формування на поверхні дрібнодисперсних частинок полімерів та поза нею. Це сприятиме зміні структури розроблених ПКМ порівняно зі стандартно отриманими і впливатиме на рівень властивостей виробів з них.

У *п'ятому розділі* проведено оптимізацію технологічних параметрів при переробці термостійких ПКМ на основі фенілону С1, фторопласту-4,ДФСФО та силікагелю у вироби.

У *шостому розділі* описано результати системних досліджень впливу складів термостійких ПКМ і технології їх переробки на теплофізичні та фізико-механічні властивості виробів з них.

У *сьомому розділі* описано комплексні дослідження трибологічних властивостей розроблених термостійких ПКМ на основі фенілону С1 та фторопласту-4 при фрикційній взаємодії зі сталлю в різних середовищах в широкому інтервалі навантажень, швидкостей ковзання і температур.

У *восьмому розділі* подано рекомендації щодо застосування розроблених ПКМ з високим рівнем термічної стійкості в конструкційних вузлах та вузлах тертя технологічного обладнання. Описано проведені промислові випробування деталей з розроблених ПКМ у вузлах тертя і герметизації обладнання хімічної та сільськогосподарської промисловості на підприємствах ТОВ «Т КОРП ГРУП», ТОВ «КОДАЦЬКЕ-АГРО», НПП «СОЮЗ-КОМПОЗИТ», ТОВ «ХІМПОСТАЧ ДНІПРО», ТОВ «ІНТЕР АВІА ІНВЕСТ». Відповідно до їх результатів та економічного складника визначено, що їх доцільно

використовувати у досліджених вузлах за рахунок покращення рівня надійності та довговічності у роботі.

Додатки містять акти випробувань експериментальних зразків в умовах виробництва.

Загалом, Кабат О.С. провів велику за обсягом експериментальну роботу, що дозволило йому розробити науково-технічні основи технології виготовлення термостійких ПКМ триботехнічного призначення, вироби з яких вирізняються низькою собівартістю за рахунок використання недефіцитних початкових компонентів і спрощення технології їх переробки, доступністю виробництва в умовах підприємств України та кращим рівнем властивостей ніж у наявних аналогів. Дуже вдалим і доцільним є використання в роботі широкого спектру фізико-хімічних методів досліджень. Одержані із застосуванням цих методів дані добре підтверджують обґрунтованість наукових положень і висновків дисертаційної роботи.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту роботи та автореферату.

Дисертаційна робота Кабата О.С. справляє приємне враження завершеної наукової праці в якій просто, логічно і водночас дуже змістовно проведено низку досліджень від аналізу стану проблеми в літературі, постановки завдань, формулювання мети роботи до способів вирішення поставленої мети і досягнення бажаного результату – розроблення науково-технічних основ технології виготовлення термостійких ПКМ з низькою собівартістю, доступністю виробництва в умовах підприємств України та кращим рівнем властивостей, які працюють при високих рівнях навантажень, швидкостей ковзання і температур.

Незважаючи на високий рівень дисертаційної роботи, є ряд зауважень, а саме:

1. З розділу 3 “Теоретичне обґрунтування та розробка нових підходів отримання полімерних композицій на основі термостійких полімерів” не зовсім зрозуміле за рахунок чого відбувається усадження аквагелю при його висушуванні і переході у ксерогель.

2. З розділу 4 “Дослідження морфології та структури термостійких ПКМ” не зовсім зрозуміло, як дисертант знаходив адитивну густину розроблених ПКМ.

3. В роботі, на мій погляд, було б доцільно дослідити причини різниці у морфології наповнювача силікагелю, у ПКМ на основі фенілону С1 і фторопласту-4 (рисунок 4.12).

4. З розділу 5 “Розробка та оптимізація технологічних параметрів переробки термостійких ПКМ” не зрозуміло, як і навіщо дисертант проводив операцію брикетування полімерних композицій.

5. З розділу 5 “Розробка та оптимізація технологічних параметрів переробки термостійких ПКМ” не зовсім зрозуміло за яким принципом дисертант вибирав температури та час підсушування брикетів з розроблених полімерних композицій.

6. З розділу 7 “Трибологічні властивості виробів з термостійких ПКМ” не зрозуміло навіщо знаходити зношування сталевих деталей при фрикційній взаємодії із розробленими ПКМ.

7. В роботі зустрічаються деякі неточності при оформленні так у “Переліку умовних позначень” скорочення повинні приводитися у алфавітному порядку; в таблиці 4.1 зустрічаються англійські слова (strong, weak).

Висновки

Дисертаційна робота Кабата Олега Станіславовича на тему «Науково-технічні основи технології виготовлення термостійких полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення» є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають заперечень. Здобувачем вирішено важливу проблему, пов'язану з розробкою науково-технічних основ технології виготовлення термостійких ПКМ триботехнічного призначення, вироби з яких вирізняються низькою собівартістю за рахунок використання недефіцитних початкових компонентів і спрощення технології їх переробки, доступністю виробництва в умовах підприємств України та кращим рівнем властивостей ніж у наявних аналогів.

Вважаю, що за актуальністю теми, обґрунтованості наукових положень, достовірністю, науковою новизною, об'ємом і рівнем отриманих результатів, сформульованих висновків та повнотою їх викладення в опублікованих працях, представлена дисертаційна робота відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема, пп. 9, 10, 12 положення про "Порядок присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., а її автор, Кабат Олег Станіславович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.06 – технологія полімерних і композиційних матеріалів.

Офіційний опонент

професор кафедри хімії
Національного університету
«Києво-Могилянська академія»
доктор технічних наук, доцент



П.В. Вакулюк



Відрецензовано до спецради
Д 08.078.01 16.04.2019.



Макаренко Н.П.