

Секція: фізико-технічні проблеми матеріалознавства

Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки згідно з Законом України:

нові речовини та матеріали

Назва напрямку секції:

2. Неметалеві матеріали.

3. Композиційні й армовані матеріали.

Назва піднапрямку секції:

2.5 Полімери, гума та пластмаси

3.2 Полімерні композиційні матеріали

ЗВІТ ЗА ЕТАПОМ 2015 РОКУ

за науково-дослідною роботою

(Характер НДР: **прикладне дослідження**)

1. Тема НДР: Створення модифікованих полімеркомпозиційних матеріалів з комплексом керованих властивостей для трибосистем ковзання

2. Керівник НДР: Будник Анатолій Федорович

3. Номер державної реєстрації НДР: 0115U000680С

4. Назва вищого навчального закладу: Сумський державний університет

5. Терміни виконання: початок - 01.15, закінчення - 12.16.

6. Наукові результати.

За результатами роботи у 2015 році розроблено експериментальний стенд для комплексних випробувань характеристик (фізико-механічних та триботехнічних) композитних матеріалів, створених за вдосконаленою технологією.

Встановлено вплив технологічних режимів подрібнення та змішування інгредієнтів на структуроутворення та властивості композиту. Показано, що в процесі інтенсивного енергетичного впливу у вигляді механічної активації інгредієнтів композиції формується гомогенна структура ПТФЕ зі зменшенням кількості пустот і більш однорідним розподілом фрагментів наповнювача в матричному полімері, що позитивно впливає на фізико-механічні характеристики композиту. Встановлено підвищення зносостійкості ПТФЕ композиту в ході механічної активації пов'язано із зменшенням ступеня кристалічності і збільшенням середньої міжшарової відстані в процесі фрикційної взаємодії та структурної пристосованості модифікованого ПТФЕ в умовах тертя.

Запропоновано двохстадійний режим змішування: на першій стадії *in situ* здійснюється змішування компонентів композиції ПТФЕ + наповнювач при співвідношенні 1:1 (за масою), а на другій стадії додатково вводять необхідну рецептурну кількість ПТФЕ (оптимально 1:4).

Встановлено, що одержаний за вдосконаленою технологією композитний матеріал має рівень фізико-механічних та триботехнічних властивостей на 15-45 % вищий, ніж у аналога (Флубон), що серійно випускається за ТУ 6-05-041-937-86. Виготовлені з розробленого композиту на основі ПТФЕ ущільнюючі елементи насосу ЦНВ-200/50 забезпечили підвищення міжремонтного ресурсу в 1,5 - 2,0 разів.

7. Результати етапів (відповідно до технічного завдання):

| Номер етапу | Назва етапу згідно з технічним завданням | Заплановані результати етапу | Отримані результати етапу |
|-------------|--|---|---|
| 1.1 | Вибір критеріїв ефективності створюваних композитів та наповнювачів. | Вдосконалити технологію підготовки наповнювачів різної природи та матриці. Виготовити експериментальні зразки ПТФЕ композитів. | Вдосконалено технологію підготовки інгредієнтів композиції на основі запропонованих режимів почергової механічної активації |

| | | | |
|-----|---|---|--|
| | | Провести порівняльну оцінку впливу складу, природи та механічної активації інгредієнтів композиції на фізико-механічні та триботехнічні характеристики композиту. | матриці та наповнювачів перед змішуванням. За результатами проведених експериментів, запропоновано програму подальших досліджень. |
| 1.2 | Створення фізичної моделі складових технологічного процесу та модернізація експериментального стенда. | Встановити та обґрунтовано вибрати технологічні режими роботи складових технологічної ланки одержання композиту. Провести їх оцінку та виявити економічну доцільність. Модернізувати експериментальний стенд з урахуванням одержаних результатів, провести серію пробних дослідів. | Встановлено, що впливати на фізико-механічні та експлуатаційні властивості композиту найбільш доцільно зміною частоти роботи подрібнюючого та змішуючого обладнання. Розроблена технологічна схема передбачає варіативну роботу подрібнювача МРП-1М та формуючого обладнання (преса) при переробці композиції ПТФЕ в заготовку чи готовий виріб. У зв'язку з цим проведена модернізація млина для підготовки наповнювачів та змішування інгредієнтів композиції ПТФЕ. |
| 1.3 | Проведення експериментальних випробувань та обробка їх результатів. | Визначити вплив технологічних режимів роботи обладнання на структуроутворення та властивості композиту. Встановити оптимальні режими на кожному з етапів технології (підготовка інгредієнтів, змішування, формування, термообробка) та можливості синергетичного впливу на властивості композиту при можливих відхиленнях окремих параметрів в технологічній ланці. | Виявлено, що оптимальним режимом роботи змішувача є число оборотів $n = 500 \text{ хв}^{-1}$ при 30 хв. змішуванні інгредієнтів композиції. В результаті проведених досліджень рекомендований двохстадійний режим: на першій стадії <i>in situ</i> здійснюється змішування компонентів композиції ПТФЕ + наповнювач при співвідношенні 1:1 (за масою), а на другій стадії додатково вводять необхідну рецептурну кількість ПТФЕ (оптимально 1:4). Підготовлено композицію для дослідження впливу технологічних режимів роботи обладнання на структуроутворення та властивості композиту. |
| 1.4 | Аналіз проведених досліджень, оцінка ефективності виконаних робіт та вибір напрямку подальших досліджень. | Проаналізувати вплив значущих факторів технологічного процесу та виявити найбільш ефективні з них. Провести порівняльну оцінку рівня впливу факторів на структуроутворення та властивості композиту. | Проаналізувавши вплив значущих факторів технологічного процесу, виявлені основні фактори, які найбільш ефективно впливають на структуроутворення та властивості композиту: 1) механічна активація матриці ПТФЕ за розробленим режимом призводить до суттєвого |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>підвищення властивостей - по міцності при розриві (σ_p) більше в 2,6 рази, ніж у неактивованого ПТФЕ, відносному подовженню (δ) - в 4,3 рази, інтенсивності зношування матеріалу на 54% менше.</p> <p>2) механічна активація вуглецеволокнистого наповнювача підвищує міцнісні властивості на 10-20%, зносостійкість – на 17-40%.</p> <p>3) змішування матриці та інгредієнтів композиції за двохстадійним режимом дозволило підвищити міцність при розриві на 5-15%, зносостійкість - на 10-30%.</p> <p>4) формування заготовок з одержаної композиції за відпрацьованим режимом підвищує міцнісні характеристики на 8%, зносостійкість – на 15%.</p> <p>5) термічна обробка (спікання) відпресованих композитів за розробленим режимом підвищує міцнісні характеристики на 25%, зносостійкість – на 45%.</p> |
|--|--|--|---|

8. Результативність виконання науково-дослідної роботи

| | Показники | Виконано (за результатами НДР) |
|----|--|-----------------------------------|
| | | кількість |
| 1. | Публікації виконавців за тематикою НДР: | |
| | 1.1. Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus, Web of Science та/або Index Copernicus (для соціо-гуманітарних наук). | 3 |
| | 1.2. Публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз даних, які вказані у п. 1.1. | - |
| | 1.3. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України та, які не зазначені у а. 1.1. | 3 |
| | 1.4. Публікації у матеріалах конференцій та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України. | 9 |
| | 1.5. Монографії, опубліковані за рішенням Вченої ради ВНЗ. | - |
| | 1.6. Підручники, навчальні посібники. | 2 |
| 2. | Підготовка наукових кадрів: | |
| | 2.1. Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР. | - |
| | 2.2. Подано до розгляду спеціалізовану вчену раду докторських дисертацій за тематикою НДР. | - |
| | 2.3. Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР. | - |
| | 2.4. Подано до розгляду у спеціалізовану вчену раду кандидатських дисертацій за тематикою НДР. | 2 |
| | 2.5. Захищено магістерських робіт за тематикою НДР. | 2 |
| 3. | Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної | |

| | | |
|----|---|---|
| | власності створені за тематикою НДР: | |
| | 3.1. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) України. | 2 |
| | 3.2. Подано заявок на отримання патенту України. | - |
| | 3.3. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) інших держав. | - |
| | 3.4. Подано заявок на отримання патенту інших держав. | - |
| 4. | Участь з оплатою у виконанні НДР: | |
| | 4.1. Студентів. | 1 |
| | 4.2. Молодих учених та аспірантів. | 0 |

9. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, наукових статей, інших публікацій; подані заявки та отримані патенти; теми захищених та поданих до розгляду у спеціалізовану вчену раду дисертацій (за матеріалами досліджень за звітний період).

Навчальні посібники:

1. Кшнякін, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Текст]: навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1 / В.С. Кшнякін, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Суми: СумДУ, 2015. - 329 с.
2. Кшнякін, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Текст]: навч. посіб.: у 2-х ч. / В.С. Кшнякін, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. – Суми: СумДУ, 2015. - Ч.2- 291 с.
3. Кшнякин, В.С. Основи фізичного матеріалознавства [Електронний ресурс] / В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. - Електронне вид. каф.: Електроніки і комп'ютерної техніки; ПМ і ТКМ. - Суми: СумДУ, 2015. - 466 с.

Статті:

1. Influence of mechanical activation polytetrafluoroethylene matrix of tribotechnical composites at its structural and phase transformations and properties / О.А. Будник, А.Ф. Будник, Р.В. Руденко, В.А. Свидерский, К.В. Берладир // Functional Materials. – 2015. – 22, No.4. – p. 499-506. (Scopus)
2. Структурированные нанообъекты политетрафторэтиленовых композитов / А.Ф. Будник, П.В. Руденко, К.В. Берладир, О.А. Будник // Журнал нано- та електронної фізики. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 02022-1 - 02022-9. (Scopus)
3. Погребняк А.Д. Особенности термодинамически процессов на контактных поверхностях многокомпонентных нанокompозитных покрытий с иерархическим и адаптивным поведением / А.Д. Погребняк, К.О. Дядюра, О.П. Гапонова // Металлофизика и новейшие технологии. – 2015. – Т. 37, № 7. – С. 899-919. (Scopus)
4. Берладір Х.В. Антифрикційний композит на основі активованого матричного политетрафторетилену / Х.В. Берладір, А.Ф. Будник, К.О. Дядюра // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ» (за галузями знань «Технічні науки»). – 2015. – Вип. 50. – С. 18-20.
5. Берладир К.В. Влияние геомодификатора на структуру и свойства механически активированного политетрафторэтилена / К.В. Берладир, А.Ф. Будник, В.А. Свидерский, О.А. Будник, П.В. Руденко // Журнал інженерних наук. – 2015. – Т. 2, № 1. – С. F1-F5.
6. Будник А.Ф. Модифіковані композити триботехнічного призначення на основі политетрафторетилену / К.О. Чугай, А.Ф. Будник // Journal of Engineering Science: notes the young scientist – 2015. – Vol. 1, Issue 1. – pp. B1-B5.
7. Структурные изменения матрицы ПТФЭ - композитов / О.А. Будник, К.В. Берладир, А.Ф. Будник, П.В. Руденко // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». – 2015. – № 4. – С. 104-112.

Тези доповідей:

1. Вуглецеволокнистый композит на основі модифікованого матричного политетрафторетилену / Х.В. Берладір, А.Ф. Будник, П.В. Руденко, О.А. Будник // Матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта», 25-26 березня 2015 р. – Полтава, 2015 - С. 36-39.
2. Антифрикционный политетрафторэтиленовый композит на основе модифицированной матрицы / К.В. Берладир, А.Ф. Будник, П.В. Руденко, О.А. Будник // Тезисы Международной

научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2015), 23-26 июня 2015 г. – Гомель, Беларусь. – С. 247.

3. Effect of mechanical activation of matrix polytetrafluoroethylene on its structure and properties / K.V. Berladir, A.F. Budnik, P.V. Rudenko, O.A. Budnik // Тезисы Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2015), 23-26 июня 2015 г. – Гомель, Беларусь. – С. 245.

4. Композитный материал на основе механически активированного политетрафторэтилена и геомодификатора / К.В. Берладир, А.Ф. Будник, П.В. Руденко, О.А. Будник // Материалы XI Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 05-12 июня 2015 г. – Варна, Болгария, 2015. - Т. 1. – С. 36-39.

5. Берладір Х.В. Композитні матеріали триботехнічного призначення на основі ПТФЕ, отримані методом механічної активації / Х.В. Берладір, К.О. Чугай, А.Ф. Будник // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) 6 у двох частинах / редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – Ч. 1. – С. 74-75.

6. Руденко П.В. Влияние электроискрового легирования на свойства поверхностного слоя детали шток кислородного компрессора / М.С. Устименко, П.В. Руденко // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) у двох частинах / редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – Ч. 1. – С. 94.

7. Хіміко-фізична активація матричного політетрафторетилену / Х.В. Берладір, А.Ф. Будник, П.В. Руденко, В.А. Свідерський // Шістнадцята Міжнародна конференція студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії», 20-22 травня, 2015 р. – Київ, 2015. – С. 148.

8. Основи формування структури політетрафторетиленового композиту технологією підготовки його інгредієнтів / Х.В. Берладір, А.Ф. Будник, М.Є. Вишегородцева, М.С. Устименко // V Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах -5», 03-05 грудня 2015 р. – Київ, 2015. С. 94-96.

Патенти:

1. Пат. № 101976 U Україна, МПК C08J5/04. Спосіб приготування порошку політетрафторетилену методом механічної активації / А. Ф. Будник, Х. В. Берладір, П. В. Руденко, В. А. Свідерський. – № u201503443 ; заявл. 14.04.2015 ; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.

2. Пат. № 102877 U Україна, МПК C08L77/00. Полімерний композиційний матеріал на основі політетрафторетилену / А. Ф. Будник, Х. В. Берладір, П. В. Руденко, В. А. Свідерський. – № u201504758 ; заявл. 18.05.2015 ; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22.

Подано кандидатських дисертацій за тематикою НДР:

1. Руденко П.В. «Композити триботехнічного призначення на основі політетрафторетилену та вторинної фторполімерної сировини».

2. Берладір Х.В. «Антифрикційні композитні матеріали на основі політетрафторетилену з активованими інгредієнтами».

10. Використання результатів НДР у навчальному процесі та/або в промисловості (інших галузях):

На основі результатів НДР у навчальному процесі оновлені курси лекцій та лабораторні роботи з дисциплін: «Неметалеві матеріали у сучасному суспільстві», «Порошкові та композиційні матеріали», «Фізика і механіка тертя та зношування», «Наукові основи вибору матеріалу і прогресивних зміцнюючих технологій», «Основи матеріалознавчої експертизи».

За напрямком теми НДР студентами спеціальності «Прикладне матеріалознавство» у 2015 р. виконано і захищено 2 випускні роботи магістра та 3 кваліфікаційні роботи бакалавра.

За напрямком теми НДР студентом спеціальності «Прикладне матеріалознавство» у 2015 р. зайняте III місце у Всеукраїнського конкурсу студентських робіт з природничих, технічних та гуманітарних наук у 2014\2015 н.р. за групою спеціальностей «Машинознавство».

Розроблено та оптимізовано технології підготовки та модифікації матриці ПТФЕ та наповнювачів, ефективного змішування інгредієнтів композиції та створення нових композитів триботехнічного призначення, захищених патентами України (№ 101976, 102877).

Отримані наукові результати впроваджені у виробництво «ТРІЗ» ЛТД ТОВ у вигляді ущільнюючих елементів насосу ЦНВ-200/50 з розробленого політетрафторетиленового композиту, виготовленого за авторською технологією, які пропрацювали у вузлі насосу 1080 годин, при зменшенні інтенсивності зношування на 50 %. Впровадження розробок забезпечило підвищення міжремонтного ресурсу в 1,5 - 2,0 разів. Досліджуваний вузол з розробленого матеріалу повторно встановлено на насос для проведення ресурсних випробувань.

11. Опис інших видів діяльності у рамках НДР.

Готується до подання патент України на корисну модель.

Планується заключити договори на співробітництво з провідними підприємствах України: ТОВ «Компресормаш-Сервіс», ТОВ «Науково-впровадницьке підприємство СумиПластПолімер», ПАТ ВЕК «Сумигазмаш» з метою випробування та впровадження сучасних композитних матеріалів на основі ПТФЕ для промислового обладнання у вигляді компресійних, опорних та ущільнюючих елементів компресорів, створених у рамках НДР. Також планується розробка промислової технології та створення технологічної документації на випуск розробленого матеріалу.

12. Кількість штатних співробітників 2, кількість сумісників 5, молодих учених з оплатою 0, кількість студентів з оплатою 1, які брали участь у виконанні НДР.

13. Рішення наукової ради від 24.12.2015 р. протокол № 5 про затвердження звіту

Керівник роботи:

_____ Будник А.Ф.
підпис

Проректор із наукової роботи:

_____ Черноус А.М.
підпис

МП