

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
*Азадський університет*  
*Каракалтакський державний університет*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
*Луцький національний технічний університет*  
*Національна металургійна академія України*  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*Одеський національний політехнічний університет*  
*Сумський національний аграрний університет*  
*Східно-Казахстанський державний технічний*  
*університет ім. Д. Серікбаєва*  
*Технічний університет Кошице*  
*Українська асоціація якості*  
*Українська інженерно-педагогічна академія*  
*Університет Барода*  
*Університет ім. Й. Гуттенберга*  
*Університет «Politechnika Świętokrzyska»*  
*Харківський національний університет*  
*міського господарства ім. О. М. Бекетова*  
*Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАНОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО. ІНДУСТРІЯ 4.0. СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції  
(м. Суми, 22–26 травня 2017 року)



Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми  
Сумський державний університет  
2017

взаємодію СІ-груп модифікатора при термічному зшиванні. Встановлено “розщеплення” смуг поглинання модифікованої матриці у діапазоні хвильових чисел:  $\nu = 2318,44 \dots 2353,16 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\nu = 2819,93 \dots 3035,96 \text{ cm}^{-1}$  та  $\nu = 3672,47 \dots 3734,19 \text{ cm}^{-1}$  свідчить про взаємодію активних груп модифікатора і ланцюгів епоксидного олігомера. В результаті формуються композити з підвищеними показниками фізико-механічних і теплофізичних властивостей.

### Список літератури

1. Савчук П.П., Рудь В.Д., Кашицький В.П., Мельник О.Д. Оптимізація складу та дослідження впливу різнофункціональних наповнювачів на зносостійкість епоксикомпозиту // Наукові нотатки. – 2001. – Випуск 9. – С. 244-249.
2. Полімерні композиційні матеріали в ракетнокосмічній техніці: Підручник / Джур Є.О., Кучма Л.Д., Манько Т.А., Ситало В.І. – К.: “Вища освіта”, 2003. – 399 с.
3. Григорьев А.П., Федотова О.Я. Лабораторный практикум по технологии пластических масс: В 2 ч. / Изд. 2-е, перероб. и доп. Поликонденсационные и химически модифицированные пластические массы. М.: Высшая школа, 1977. – Ч. 2. – 264 с.
4. Казицына Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии: учеб. пособие для вузов / Л.А. Казацына, Н.Б. Куплетская. – М: Высш. школа, 1971. – 264 с.

## ВПЛИВ ПОРОШКІВ ГРАФІТУ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Садова О.Л., к.т.н., асистент, Кашицький В.П., к.т.н., доцент,  
Лющук О.М., аспірант  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

В сучасній науці закладений значний технічний потенціал, що дозволяє отримувати полімеркомпозитні матеріали з підвищеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками шляхом регулювання складу та технології формування. Застосування полімерів у чистому вигляді є малоефективним через формування гомогенної структури, яка в основному забезпечує експлуатацію виробів у вузькому діапазоні зовнішнього впливу. Зокрема впровадження полімерів в триботехніці є обмеженим, оскільки лише окремі з них здатні забезпечити високі триботехнічні характеристики.

Покращити експлуатаційні властивості полімерів, які мають високі фізико-механічні характеристики, можливо шляхом введення спеціальних добавок, які повинні мати високу сумісність до компонентів системи. Вибір і застосування твердих мастильних наповнювачів в композитах на основі

реакційноздатних полімерів є важливою задачею для отримання надійних виробів триботехнічного призначення у вигляді підшипників ковзання, кулачкових механізмів, направляючих, ущільнень, втулок шарнірів [1, 2].

Досить перспективним в даному плані є полімеркомпозитні матеріали на основі епоксидних смол, які доцільно модифікувати антифрикційними наповнювачами, зокрема порошками графіту, що виконують мастильну функцію та дозволяють експлуатувати вузли тертя в умовах без мастильного середовища. Однак при цьому можуть знижуватись механічні характеристики та навантажувальна здатність системи через низьку когезійну міцність даного наповнювача.

В роботі застосовано порошки сферичного (20...100 мкм) та крупнолускатого графіту (0,1...1,0 мм) з метою надання триботехнічних характеристик епоксикомпозитному матеріалу, підвищення конструкційної міцності та теплостійкості без суттєвого зниження когезійної міцності. Оскільки графіт має високу тепло- і електропровідність, є ефективним твердим мастилом в системах на основі полімерів, тому введення графітових наповнювачів в епоксидні композитні матеріали збільшує стабільність їх розмірів, хімічну стійкість, антифрикційні характеристики, тепло- і електропровідність [2, 3].

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що при збільшенні вмісту порошку сферичного графіту в полімерну матрицю до 8 мас. ч. спостерігається ріст адгезійної міцності на 20,26% (18,28 МПа), що пояснюється зменшенням кількості пор в епоксисистемі та утворенням більшої кількості вузлів зшивання між матрицею та частинками графіту. При подальшому збільшенні вмісту наповнювача зростання є незначним. Максимальне значення даної характеристики 19,99 МПа зафіксовано для епоксикомпозитів із вмістом порошку сферичного графіту 16 мас. ч., що є вищим на 9,74% порівняно із епоксикомпозитами, наповненими лускатим графітом (максимальне значення 18,5 МПа при вмісті 8 мас. ч.).

Зростання міцності при стисканні в 2,1 рази та ударної міцності в 1,2 рази відбувається за умови збільшення вмісту сферичного порошку від 4 мас. ч. до 12 мас. ч., що можна пояснити більшою площею взаємодії частинок із полімерною матрицею за рахунок вищого вмісту порошку та рівномірного його розподілення в системі. Підвищення вмісту наповнювача до 16 мас. ч. призводить до зниження даних характеристик до 2 раз, що зумовлено підвищенням крихкості системи через наявність надмірної кількості концентраторів напружень у вигляді частинок даного наповнювача. Найвищі значення міцності при стисканні (120,13 МПа) та ударної міцності (13,7 Дж) зафіксовано за вмісту порошку сферичного графіту в кількості 12 мас. ч., що є вищим на 16,26 % і 18,97 % відповідно порівняно з характеристиками епоксикомпозитів, наповнених лускатим графітом, що пояснюється зниженням ймовірності зародження тріщин біля краю сферичних частинок.

Найвищий ступінь структурування мають епоксикомпозити наповнені порошками сферичного та лускатого графіту за вмісту 8 мас. ч., що становить 99,81 % та 91,45 % відповідно. Підвищення вмісту наповнювачів до 16 мас. ч. призводить до поступового зниження ступеня структурування, що призводить до послаблення взаємодії компонентів системи між собою через погіршення змочуваності частинок епоксиполімером в зв'язку з утворенням агломератів, які легко вимиваються розчинником [1].

Епоксикомпозитні матеріали, наповнені порошком сферичного графіту мають вищі фізико-механічні характеристики в 1,17...1,23 рази, порівняно із наповненими лускатим графітом. Це можна пояснити утворенням додаткової кількості фізико-хімічних зв'язків між поверхнею частинок і полімерною матрицею за рахунок вищої дисперсності сферичного порошку та однорідністю розміщення наповнювача в матриці, а також зниженням внутрішніх напружень полімерної композиції завдяки оптимальної форми, яка нівелює наявність концентраторів напружень.

### **Список літератури**

1. Букетов А.В. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, Є.М. Кальба. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.
2. Савчук П.П. Особливості застосування епоксидних композиційних матеріалів у триботехніці / П.П. Савчук // Проблеми трибології. – 2008. – № 4 (50). – С. 120-125.
3. Стухляк П.Д. Эпоксидные композиты для защитных покрытий / П.Д. Стухляк. – Тернополь: Збруч, 1994. – 177 с.

## **ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

*Супрун О. В., аспирант, ИПМ им. И.М.Францевича НАН Украины*

Титановые сплавы являются незаменимым материалом для применения в аэрокосмической, автомобильной и химической промышленности благодаря их низкой плотности, высокой прочности и хорошей коррозионной стойкости [1]. В то же время высокая прочность и стойкость к коррозии делают титан и его сплавы идеальными материалами для многих применений.

Для расширения области применения титановых сплавов, повышения их жаропрочности и прочности при сохранении достаточного уровня пластичности, в последние годы применяют многокомпонентное легирование, которое позволяет получить принципиально новый материал с широким диапазоном свойств [2,3].