

**УДК 667.64**

**А. В. Ремез, Й. Р. Кравець, І. В. Карп, Д. П. Стухляк, канд. техн. наук, доц.**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНІВНОГО НАПРУЖЕННЯ ПРИ ЗГИНАННІ НАПОВНЕНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ**

**A. V. Remez, Y. R. Kravets, I. V. Karp, D. P. Stukhliak, Ph.D., Assoc. Prof.**  
**RESEARCH OF DESTRUCTIVE STRESS DURING BENDING OF FILLED EPOXY  
COMPOSITES**

Основною перевагою більшості полімерних КМ є поєднання високих експлуатаційних характеристик, низької вартості та технологічності при формуванні у виробі. У процесі експлуатації на деталі та вузли технологічного устаткування у харчовій, легкій, енергетичній промисловості одночасно діють механічні навантаження, високі та низькі температури, агресивні середовища, що приводить до зниження ресурсу роботи технологічного устаткування. Основними напрямками захисту машин і механізмів є розробка нових матеріалів і покриттів, які забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей, стійкість до спрацювання, а також можливість багаторазового відновлення робочих поверхонь. Виходячи з цього у розділі наведено результати дослідження фізико-механічних властивостей КМ і покриттів на їх основі. Аналіз цих результатів у подальшому дозволить оптимізувати технологічні режими формування епоксикомпозитів.

Полімеркомпозитні матеріали забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей, корозійну тривкість і стійкість до спрацювання, а також високу ремонтоздатність за рахунок багатократного відновлення деталей композитами, що використовуються у вигляді покриттів. У цьому напрямку цікавим є використання матеріалів на основі епоксидних смол, які крім вказаних властивостей, мають значну адгезію до металевої основи, технологічність при формуванні у вигляді покриттів на довговимірних поверхнях складного профілю, розвинуту сировинну базу.

Відомо, що введення наповнювачів у полімер зумовлює зміну фізичних, механічних, структурних, кінетичних, термодинамічних і хімічних властивостей наповнених епоксикомпозитів. У зв'язку з цим при формуванні покриттів досліджували вплив вмісту основного і додаткового наповнювачів на властивості КМ. При цьому важливим було поєднання в одній системі дисперсних часток різної природи, розмірів та вмісту.

Встановлено, що оптимальний вміст основного наповнювача для забезпечення високих фізико-механічних характеристик становить 50...80 мас. ч. на 100 мас. ч. олігомера. У зв'язку з цим для вивчення впливу природи наповнювача на властивості КМ в якості основного наповнювача було вибрано феро- (ферит), діа- (карбід кремнію) та парамагнетик (карбід бору) вмістом 50, 65, 80 мас. ч. на 100 мас. ч. зв'язувача та з дисперсністю 63 мкм. Виходячи з результатів дослідження як додатковий наповнювач вибрано частки феро- (коричневий шлам), діа- (оксид алюмінію) та парамагнітної (оксид міді) природи з вмістом 20,40,60 мас.ч. на 100 мас. ч. олігомера та з дисперсністю 40 мкм. Додатковий наповнювач з вказаною дисперсністю вибрано на основі результатів попередніх дослідження фізико-механічних властивостей КМ, а також з метою компенсації відємних значень дивергенції яскравості в області структурних змін виходячи з результатів оптичного аналізу ділянок полімера (розділ 4.2.2).

X1 – вміст основного наповнювача;

X2 – вміст додаткового наповнювача;

X3 – час витримки матеріалу перед проведенням термічної обробки.

**Результати дослідження руйнівного напруження при згинанні для КМ,  
наповнених карбідом кремнію та оксидом алюмінію**

№	Руйнівне напруження при згинанні $\sigma_{зг}$ , МПа	
	$Y_1$	$Y_2$
1.	75,7	65,3
2.	61,1	51,9
3.	68,0	61,8
4.	78,6	68,2
5.	75,2	66,6
6.	60,9	53,1
7.	70,8	59,0
8.	77,5	69,3
9.	68,0	61,8
10.	59,1	53,9
11.	92,2	82,8
12.	67,4	56,8
13.	50,6	45,2
14.	51,3	44,3
15.	52,5	43,5

За отриманими експериментальними даними визначили коефіцієнти полінома:

$$Y = 73,42 - 1,96 \cdot X_1 - 0,84 \cdot X_2 - 10,40 \cdot X_3 + 4,44 \cdot X_1^2 + 13,99 \cdot X_2^2 - 4,26 \cdot X_3^2 + 5,62 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,12 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,02 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,12 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Виходячи з рівняння, приведеного вище, можна зробити наступні висновки: найбільш значущими факторами, які впливають на руйнівне напруження при згинанні, є час витримки матеріалу перед проведенням термічної обробки та співвідношення вмісту основного та додаткового наповнювача. При цьому збільшення часу витримки призводить до зниження досліджуваного параметру.

### **Література**

1. Стухляк П.Д. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів / П.Д. Стухляк, А.В. Букетов, Є.М. Кальба. – Тернопіль: “Збруч”, 2005. – 183 с.
2. Стухляк П.Д. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані енергетичними полями / П.Д. Стухляк., А.В. Букетов, І.Г. Добротвор. – Тернопіль: “Збруч”, 2008. – 209 с.