

УДК 667.64:678.026

І.Г. Добротвор, д-р. техн. наук, доц.

Західноукраїнський національний університет, Україна

П.Д. Стухляк, д-р. техн. наук, професор

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІЖФАЗНИХ СТРУКТУР ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ

I.Dobrotvor, Dr. Assoc. Prof., P.Stukhlyak, Dr., Prof.

FORECASTING TIME CHARACTERISTICS OF INTERPHASE STRUCTURES OF EPOXY COMPOSITES

Одним із основних напрямків збільшення довговічності захисних покриттів на основі композитних матеріалів (КМ) є зниження на межі фаз „полімер – основа” та „полімер – наповнювач” залишкових напружень, котрі є причиною руйнування композиційної системи „покриття – основа” у процесі експлуатації. Об'єктом дослідження вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20. Для зшивання епоксидного зв'язувача використано твердник ПЕПА, що вводили у стеохіометричному співвідношенні компонентів. Для покращення експлуатаційних характеристик КМ у полімерну матрицю вводили у різних концентраціях дисперсні наповнювачі, а саме: карбід бору, та оксид алюмінію з дисперсністю 63 мкм. Проводили дослідження (зовнішніх поверхневих шарів) ЗПШ тонких плівок КМ при товщині покриття 120 мкм - у два рази більший аніж дисперсність часток наповнювачів. Проводили обробку зображень у середовищі програмного забезпечення Mathcad з обчисленням швидкостей поширення ЗПШ та їх часових проміжків змін напряму поширення у матриці КМ з відповідним типом наповнювача (таблиця 1). Обчислення приростів швидкостей v та прискорень w на кожному з етапів надало можливість прослідкувати загальну закономірність впливу динаміки ЗПШ на структури композиту та рівномірності покриття [1, 2].

Таблиця 1. Кінетика часових проміжків змін знаку швидкостей та прискорень поширення ЗПШ в епоксикомпозитних покриттях.

наповнювач	часові етапи тверднення КМ i	часові (хв.) проміжки змін знаку швидкостей $v_{зпш}$ ЗПШ	часові (хв.) проміжки змін знаку прискорення $w_{зпш}$ ЗПШ	Характер зміни для $v_{зпш}$	Характер зміни для $w_{зпш}$
B ₄ C	1	0 – 11	0 – 16,2	↑	↓
	2	11 – 19,8	16,2 – 28	↓	↑
	3	19,8 – 59,4	28 – 52,5	↑	↓
	4	59,4 – 118,8	52,5 – 86,7	↓	↑
	5	118,8 – 201,6	86,7 – 155	↑	↓
	6	201,6 – 259,6	155 – 231,6	↓	↑
Al ₂ O ₃	1	0 – 10,8	0 – 14	↑	↓
	2	10,8 – 22,2	14 – 28,5	↓	↑
	3	22,2 – 46,8	28,5 – 56,7	↑	↓
	4	46,8 – 77,4	56,7 – 118,2	↓	↑
	5	77,4 – 157,5	118,2 – 208,5	↑	↓
	6	157,5 – 257,7	208,5 – 272	↓	↑

Примітка: характер зміни: ↑ – зростання залежності; ↓ – спадання залежності.

Обчислювали часові прирости для швидкостей v_1 та відносні прирости v_2 для $v_{зпш}$ на кожному з етапів тверднення: $v_{1_i} = v_{i+1} - v_i$ та $v_{2_i} = v_{1_{i+1}}/v_{1_i}$, $v_{3_i} = v_{1_{i+2}}/v_{1_i}$, $v_{4_i} = v_{1_i}/v_{1_{i+2}}$. Таким же чином отримали часові прирости для прискорень: $w_{1_i} = w_{i+1} - w_i$ та відносні прирости w_2 : $w_{2_i} = w_{1_{i+1}}/w_{1_i}$, $w_{3_i} = w_{1_{i+2}}/w_{1_i}$, $w_{4_i} = w_{1_i}/w_{1_{i+2}}$. Таким чином ми отримали можливість порівняння середніх значень відповідних векторів приростів (таблиця 2) із еталонними значеннями (1,618; 2,618; 0,382) аналогічних пропорцій ряду Фібоначчі.

Таблиця 2. Асимптотика параметрів кінетики поширення ЗПШ.

наповнювач	часові етапи тверднення КМ	часові прирости змін знаку $v_{1_{зпш}}$ та $w_{1_{зпш}}$ поширення ЗПШ	часові відносні прирости змін знаку $v_{зпш}$ та $w_{зпш}$ поширення		
			v_{2_i}/w_{2_i}	v_{3_i}/w_{3_i}	v_{4_i}/w_{4_i}
В ₄ С	1-2	11,0/16,2	0,8/0,73	3,6/1,51	0,28/0,66
	2-3	8,8/11,8	4,5/2,08	6,75/2,90	0,15/0,35
	3-4	39,6/24,5	1,5/1,40	2,09/2,79	0,48/0,36
	4-5	59,4/34,2	1,4/1,99	0,98/2,24	1,02/0,38
	5-6	82,8/68,3	0,7/1,12	--	--
середнє			2,02/1,65	3,27/2,64	0,55/0,38
Al ₂ O ₃	1-2	10,8/14,0	1,06/1,04	2,28/2,01	0,44/0,50
	2-3	11,4/14,5	2,16/1,95	2,68/4,24	0,37/0,24
	3-4	24,6/28,2	1,24/2,18	3,26/3,20	0,31/0,31
	4-5	30,6/61,5	2,62/1,47	3,28/1,03	0,31/0,97
	5-6	80,1/90,	1,25/0,70	--	--
середнє			1,82/1,57	3,07/2,83	0,33/0,51

Близькі значення середніх для пропорцій прискорень дають можливість прогнозування процесу тверднення а також впливу на цей процес. У часових проміжках із співпадаючими характеристиками змін для швидкості та прискорення є найбільш оптимальними для нанесення на поверхню, яка потребує захисту від корозії [3]. Більш близькими до еталонних є обчислені параметри для карбідів.

Література.

1. Методика дослідження геометричних характеристик поверхневих шарів у епоксикомпозитах / І. Добротвор. Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск. – 2006. – № . – С. 109-112.
2. Характеристики динаміки поширення зовнішніх поверхневих шарів епоксикомпозитів з дисперсними наповнювачами / П.Д. Стухляк, І.Г. Добротвор // Системні технології. - №3 (56). - том 2, Дніпропетровськ, – 2008. - С.48- 54.
3. Технологія нанесення захисних покриттів на основі оцінок характеристик структур епоксикомпозитів / П. Стухляк, І. Добротвор, М. Митник, О. Ястубчак // Вісник Тернопільського державного технічного університету, – №3 (75), – 2014, – С. 114-121.