

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В АДСОРБЦІОННО-АКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Усага О.П., *зр. ВБК-513м*

*Науковий керівник - Гара Ан. О., к.т.н., доцент (кафедра ВБК,  
ОДАБА)*

**Анотація.** На основі отриманих в ОДАБА результатів досліджень модифікованих епоксидних композицій [3-4] була виконана серія експериментальних досліджень для захисних композицій, призначених для роботи в адсорбційно-активних середовищах. Відповідно до плану експерименту досліджені експлуатаційні властивості захисних полімерних композицій: призова міцність ( $R_p$ , МПа), міцність на розтяг при згині ( $R_b$ , МПа) та динамічний модуль пружності ( $E$ , ГПа).

**Актуальність.** Світове щорічне виробництво епоксидних смол до початку століття перевищило 1 млн. тонн. На їх основі в різних областях техніки створена велика кількість полімеррозчинів з заданим комплексом властивостей. Поєднання епоксидних смол (особливо актуальне при їх дефіциті) з іншими олигомерами і наповнювачами дозволяє знижувати вартість і покращувати технологічні та експлуатаційні властивості таких матеріалів.

При розробці захисних епоксидних композицій на модифікованій епоксидній смолі «Макро» встановлена можливість поліпшення експлуатаційних властивостей за рахунок введення органічного (фурфурол) і мінерального (цеоліт) модифікаторів. Зокрема оцінена роль цеоліту в зниженні водопоглинання [1], встановлено поліпшення міцності композицій при оптимальному вмісті модифікаторів [2]. Необхідно вивчити можливості збільшення дозування модифікатора епоксидної матриці – фурфуролу, зміну кількості і складу мінерального каркасу (що включає цеоліт).

**Результати досліджень.** В експерименті варіюються рівні п'яти параметрів наповненої дисперсної системи: зміст мінерального каркасу (м.ч. на 100 м.ч. епоксидної смоли «Макро») – ступінь наповнення  $X_1 = 280 \pm 100$  м.ч., масова частка наповнювача (діабаза + цеоліта) в каркасі  $X_2 = 0.6 \pm 0.3$ , частка цеоліта (дрібного + великого) в наповнювачі  $X_3 = 0.15 \pm 0.1$ , частка крупної фракції в цеоліті  $X_4 = 0.25 \pm 0.25$ , дозування фурфуролу (м. ч. на 100 м. ч. смоли)  $X_5 = 7 \pm 5$ . Для виявлення впливу на властивості дисперсної системи компонентів

дисперсної фази вони представлені серед варійованих факторів ієрархією співвідношень – частками компонентів вкладених підсистем (а не окремими масовими частинами в дисперсійному середовищі, з урахуванням досвіду аналізу ролі цеоліту [3]).

Серед критеріїв якості певних для 27 складів відповідно до плану експерименту призма міцність ( $R_p$ , МПа), міцність на розтяг при згині ( $R_b$ , МПа), отримані за результатами випробувань зразків призм (2x2x8 см) після затвердіння в нормальних умовах, а також динамічний модуль пружності ( $E$ , ГПа). За даними випробувань (прилад УК 14 ПМ) для 27 складів отримана ЕС модель (1), з 13 значущими коефіцієнтами (при ризику 10% і помилці експерименту 0.27 ГПа).

$$E = 20.36 + 3.66x_1 \pm 0x_1^2 + 0.35x_1x_2 + 0.25x_3 \pm 0x_3^2 + 0.32x_3x_4 - 0.1x_3x_5 - 0.11x_4 \pm 0x_4^2 - 0.15x_4x_5 \pm 0x_1x_3 \pm 0x_1x_4 \pm 0x_1x_5 - 0.16x_2x_3 \quad (1)$$

Модель описує повне поле динамічного модуля пружності в координатах всіх варійованих факторів, з максимумом  $E_{max} = 27.1$  ГПа при  $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = +1$ ,  $x_5 = -0.62$  (максимальний вміст каркаса з найбільшою часткою тонкомолотого наповнювача при максимальній кількості цеоліту з максимумом великої фракції);  $E_{min} = 15.1$  ГПа (на 66% менше,  $x_1 = x_2 = x_3 = -1$  і  $x_4 = x_5 = +1$ ), вплив кожного фактора на динамічний модуль пружності в зоні максимуму і мінімуму представлено на рис. 1.

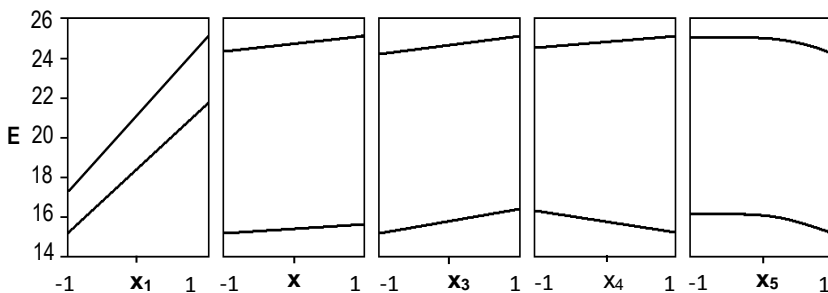


Рис. 1. Вплив дослідних факторів на динамічний модуль пружності в зоні максимуму і мінімуму

Як і слід було очікувати, визначальним фактором для динамічного модуля пружності є ступінь наповнення полімерної матриці. У той же час за рахунок інших чинників рівень  $E$  можна коригувати, при необхідності забезпечити компромісну якість за різними критеріями (зокрема, по  $R_b$ , рівень якого зі збільшенням ступеня наповнення має тенденцію до зниження). І при великому і при малому наповненні (рис. 2а.) великий цеоліт сприяє збільшенню  $E$  (на 10%) при великій частці цеоліту в наповнювачі, коли багато піску, а наповнювача мало. Цеоліт, при максимальній частці в ньому великої фракції, може помітно підвищити  $E$  (рис. 2 б, в.); в високонаповнених композиціях цей ефект тим більше, чим менше піску; в низько наповнених навпаки. Тенденція зберігається і при підвищеному вмісті фурфуролу (рис. 2 г).

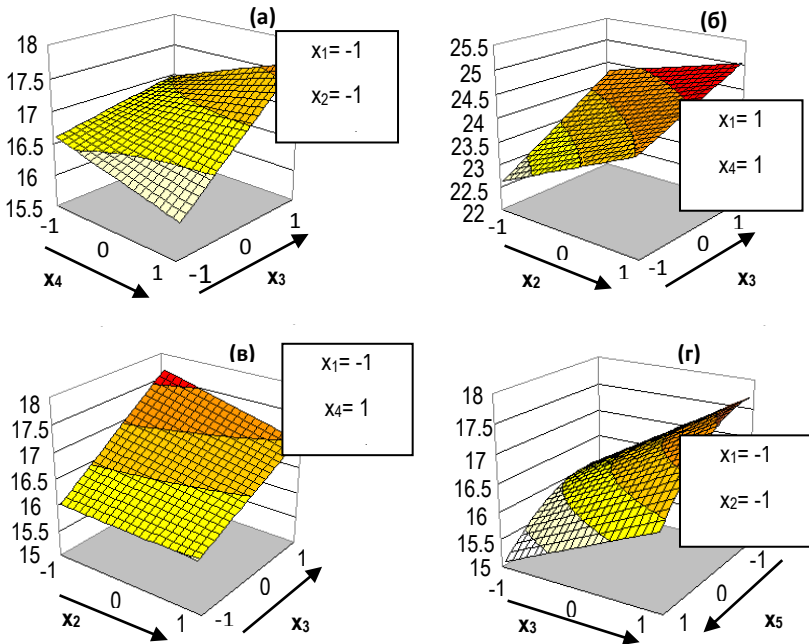


Рис. 2. Аналіз впливу дослідних факторів на динамічний модуль пружності

Тривала експлуатація полімерних композиційних матеріалів при постійному або періодичному контакті з агресивним середовищем – водою, як правило, призводить до зміни їх властивостей. Адсорбційно-активні середовища, проникаючи в композит за рахунок дифузії і молекулярного перенесення, знижують міцність

міжмолекулярних зв'язків, що проявляється в зниженні енергії, необхідної для руйнування матеріалу.

За експериментальними значеннями міцності на розтяг при згині після експозиції в агресивному середовищі  $R_{bw}$  (час експозиції 210 діб) для 27 композицій отримана структурована експериментально-статистична модель (2) з 11 значущими коефіцієнтами (при помилці експерименту 2 МПа і ризику 10%).

$$R_{bw} = 23.8 \left[ \begin{array}{l} + 0.7x_1 + 5.1x_1^2 \pm 0x_1x_2 \\ + 0.7x_3 \pm 0x_3^2 - 0.6x_3x_4 \pm 0x_3x_5 \\ - 1.7x_4 \pm 0x_4^2 \quad + 0.6x_4x_5 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} \pm 0x_1x_3 \\ \pm 0x_1x_4 \\ - 0.6x_1x_5 \end{array} \right] \quad (2)$$

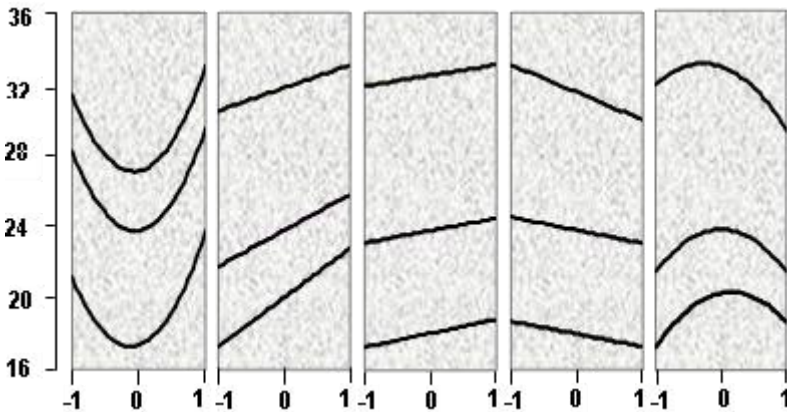


Рис. 3. Залежності міцності на розтяг при згині водонасиченого полімерного композиту після 210 діб експозиції в воді

Модель описує повне поле межі міцності на розтяг при згині після експозиції в агресивному середовищі-воді в координатах всіх п'яти параметрів складу. Узагальнюючі показники цього поля: максимум  $R_{bw,max} = 33.1$  МПа, при  $x_1 = x_2 = x_3 = 1$  (максимальний обсяг каркасу з високим вмістом тонкомолотого наповнювача і максимумом цеоліту),  $x_4 = -1$  (мінімальний вміст великої фракції цеоліту); мінімум  $R_{bw,min} = 17.3$  МПа ( $x_1 = -0.1$ ;  $x_2 = x_3 = x_5 = -1$  і  $x_4 = 1$ ).

Вплив кожного фактора на міцність при згині в водонасиченому стані можна проаналізувати по однофакторним кривим, що проходять через екстремальні точки.

#### **Висновки:**

1. Збільшення масової частки наповнювача (діабазу і цеоліту) у мінеральному каркасі веде до зростання міцності полімеррозчинів.

2. У міру збільшення великої фракції цеоліту, як і слід було очікувати, міцність зменшується, проте цеоліт дрібної фракції надає позитивний ефект.

3. Оптимальний зміст мінерального каркасу з точки зору міцності водонасичених полімерних композицій знаходиться на кордонах наповнення.

4. Найбільш значний приріст міцності дає середня модифікація фурфуролом. Цей модифікатор подовжує період желатинізації й твердіння, що веде до збільшення міцності на розтяг в цілому.

#### **Література:**

1. Ляшенко Т.В., Довгань А.Д., Гара Ан.А., Шаршунов А.Б., Подагеліс І. Моделирование и анализ влияния минеральных компонентов эпоксидного композита на его водопоглощение. Мат-лы 44-го межд. сем. По моделированию и оптимизации композитов МОК'44. Одесса, Астропринт, 2005. С. 5-8.

2. Ляшенко Т.В., Гара Ан.А., Шаршунов А.Б. Анализ влияния многофракционного состава на прочность эпоксидных композиций, модифицированных фурфуролом. Современные строительные конструкции из металла и древесины. Одесса, Внешрекламсервис, 2006. С.34-41.

3. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Довгань А.Д., Гара Ан. А. Анализ полей свойств для доказательства специфической роли тонкомолотого цеолита в эпоксидных композициях. Вісник ОДАБА. Одеса, 2004. Вип. 15. С 54-61.

4. Ляшенко Т.В., Довгань А.Д., Гара Ан.А., Подагеліс І., Шаршунов А.Б. Моделирование критериев эффективности модификации эпоксидных композитов (по нефтепоглощению). Одесса, Астропринт, 2006. 212 с.