

***International Scientific and Practical
Conference
"WORLD SCIENCE"***

№ 4(20), Vol.2, April 2017

**Proceedings of the
III International Scientific and Practical Conference
"Methodology of Modern Research"
(March 29, 2017, Dubai, UAE)**

Copies may be made only from legally acquired originals.

A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use (non-commercial research or private study). Downloading or printing multiple copies is not permitted. Electronic Storage or Usage Permission of the Publisher is required to store or use electronically any material contained in this work, including any chapter or part of a chapter. Permission of the Publisher is required for all other derivative works, including compilations and translations. Except as outlined above, no part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the Publisher.

Founder –
ROSTranse Trade F Z C
company,
Scientific and Educational
Consulting Group
"WORLD Science", Ajman,
United Arab Emirates

Publisher Office's address:
United Arab Emirates, Ajman

Amberjem Tower (E1)
SM-Office-E1-1706A

E-mail: worldscience.uae@gmail.com

The authors are fully responsible for the facts mentioned in the articles. The opinions of the authors may not always coincide with the editorial boards point of view and impose no obligations on it.

<http://ws-conference.com/>

Tel. +971 56 498 67 38

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОДИФІКАЦІЇ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИМ ЛАКОМ

Люшук О. М.,
д. т. н. Савчук П. П.,
к. т. н. Кашицький В. П.,
Матрунчик Д. М.

Україна, Луцьк, Луцький національний технічний університет

Abstract. The influence of organic silicone varnish on physical and mechanical properties of epoxy polymers was researched. Developed technology of processing of modifier in the electromagnetic field for removal the solvent from the composition of the epoxy system at the preparatory stage.

Keywords: modifier, solvent, electromagnetic field, compressive strength, impact strength.

Вступ. Розвиток сучасного трибоматеріалознавства потребує розробки полімеркомпозитних матеріалів, які мають високу тепло- та термостійкість [1, 2], оскільки процеси трибовзаємодії супроводжуються екзотермічними ефектами. Це призводить до акумулювання утвореного тепла в трибовузлах на основі полімеркомпозитів через низьку теплопровідність полімерів. В результаті відбувається руйнування фізичних зв'язків у термопластах за невисоких температур та деструкція просторової сітки у реактопластах за підвищених температур.

Особливий інтерес у виготовленні виробів з полімеркомпозитів представляють матеріали на основі епоксидних смол. Дані речовини належать до реакційноздатних полімерів, що мають ряд цінних властивостей: високу міцність, хімічну- та атмосферостійкість, високу адгезію до широкого спектру матеріалів [3]. Однак невисока термостійкість епоксиполімерів значною мірою обмежує їх застосування в якості трибовиробів. Усунення даного недоліку можливе шляхом введення термостійких модифікаторів, що дозволяє підвищити термостійкість та одержати епоксикомпозитні матеріали із високими фізико-механічними характеристиками [3, 4].

Модифікація епоксидних смол кремнійорганічними сполуками дозволяє значно покращити ударну в'язкість, діелектричні і антикорозійні властиві епоксидних полімерів і підвищити їх термостійкість до температури 220...250 °С [5]. Значним недоліком даних модифікаторів є вміст толуолу у складі лаку, який забезпечує технологічну в'язкість розчину. Під час структурування епоксиполімерів толуол видаляється з утворенням порожнин, що різко знижує фізико-механічні характеристики матеріалу [6].

Тому розробка технології структурування модифікованих епоксиполімерних матриць з видаленням толуолу з кремнійорганічних сполук на підготовчій стадії представляє науковий та практичний інтерес для формування епоксикомпозитів триботехнічного призначення.

Мета роботи. Розробити технологію модифікації епоксиполімерів з ефективним видаленням розчинника шляхом обробки у фізичному полі.

Матеріали та методика досліджень. Як матрицю використано епоксидно-діанову смолу марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), яку структурували аміним твердником – поліетиленполіаміном (ПЕПА ТУ6-05-241-202-78).

Як модифікатори застосовано кремнійорганічні лаки, марки: КО-910, КО-915, КО-921, КО-923, що являють собою розчини поліметилфеніл-силоксанової смоли в толуолі (табл. 1).

Попередня обробка модифікатора полягала у видаленні толуолу за наступними режимами (табл. 2). Кремнійорганічний лак заливали в посудину шаром товщиною 5 мм для інтенсивного видалення розчинника з об'єму. Надалі отриману речовину змішували з епоксидною смолою.

Формування дослідних зразків здійснювали методом вільного заливання композиції у форми. Попереднє структурування епоксиполімерів за кімнатної температури тривало 24 год. З метою уникнення високих залишкових напружень термічну обробку проведено за ступінчастим режимом: 50 °С та 100 °С з витримкою 1 год та 120 °С з витримкою 4 год.

Твердість вимірювали методом Брінеля на твердомірі марки ТШ-2М з діаметром індентора 10 мм, а ударну міцність визначали на лабораторній установці УТ-1 (ГОСТ-14759-89).

Межу міцності при стискуванні визначали на розривній машині УММ-5 на зразках, що мають форму циліндра діаметром 10 мм і висотою 15 мм.

Таблиця 1. Хімічний склад кремнійорганічних модифікаторів

Марка лаку	Хімічний склад
КО-910	Однорідний прозорий розчин поліметилфенілсилоксанової смоли, модифікованої поліефіром, в толуолі; в'язкість за віскозиметром – 30...60 с; масова частка нелетких речовин – 60 %; термоеластичність плівки до 220 °С
КО-915	Однорідний прозорий розчин поліметилфенілсилоксанової смоли в толуолі; в'язкість за віскозиметром – 50...70 с; масова частка нелетких речовин – 65 %; термоеластичність плівки до 150 С
КО-921	Розчин поліметилфенілсилоксанової смоли в толуолі, без механічних включень; в'язкість за віскозиметром – 20...27 с; масова частка нелетких речовин – 48...52 %; термоеластичність плівки до 200 °С
КО-923	Розчин поліметилфенілсилоксанової смоли, модифікованої поліефіром, в толуолі; в'язкість за віскозиметром – 17...27 с; масова частка нелетких речовин – 52 %; термоеластичність плівки до 100 °С

Таблиця 2. Режими обробки кремнійорганічного лаку у фізичних полях

№ режиму обробки	Вид обробки	Час обробки
1	Без обробки	–
2	Конвекційне нагрівання до температури 120 °С	1 год
3	Конвекційне нагрівання до температури 120 °С	2 год
4	Нагрівання електромагнітними хвилями інфрачервоного спектру	2 год
5	Обробка в електромагнітному полі за потужності 120 Вт	5 хв

Дослідження фізико-механічних характеристик епоксиполімерів.

Експериментально встановлено, що найвищі значення межі міцності при стискуванні мають епоксиполімери модифіковані кремнійорганічним лаком марки КО-915 з вмістом добавки 30 мас. ч. (рис. 1). Введення модифікатора менше 20 мас. ч. і понад 40 мас. ч. є неефективним через різке погіршення фізико-механічних характеристик, тому даний вміст прийняли за граничну межу. За низького вмісту модифікатора формується жорстка просторова сітка з макромолекул епоксиполімеру. Щільне розміщення ланцюгів макромолекул не забезпечує підвищення міцності через недостатню рухливість сегментів макромолекул. За надлишкового вмісту поліметилфенілсилоксану більше 40 мас. ч. утворюється недостатня кількість фізико-хімічних зв'язків в епоксиполімерній системі, оскільки сповільнюються структуроутворюючі процеси.

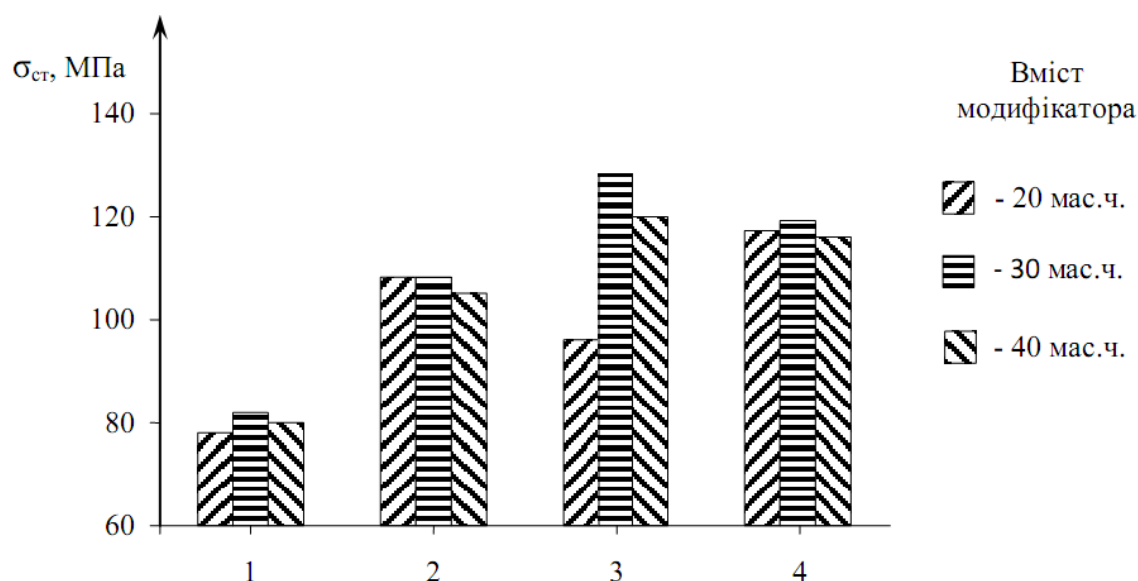


Рис. 1. Залежність межі міцності при стискуванні епоксиполімерів від вмісту та типу кремнійорганічного лаку: 1 – КО-910; 2 – КО-923; 3 – КО-915; 4 – КО-921

Встановлено, що хімічний склад модифікатора значно впливає на міцність при стискуванні епоксиполімерів. Найнижчі значення мають епоксиполімери модифіковані

кремнійорганічними лаками КО-910 та КО-923, які містять у своєму складі поліефір. Очевидно дана сполука перешкоджає утворенню необхідної кількості фізико-хімічних зв'язків між кінцевими групами епоксидної складової.

Наступні дослідження проведено з використанням кремнійорганічного лаку марки КО-915, введення якого дозволяє отримати високі значення межі міцності при стисканні через найвищий вміст в розчині нелетких речовин. У випадку попередньої обробки даного кремнійорганічного лаку за режимом № 2 значення межі міцності при стисненні збільшилися на 9 %, а за режимом № 3 – на 15 % порівняно з режимом № 1. Незначне підвищення даної характеристики пояснюється тим, що толуол за конвекційного нагрівання випаровується частково. Обробка модифікатора за режимом № 4 забезпечила підвищення границі міцності при стискуванні на 10 % порівняно з режимом № 1. Це пов'язано з недостатнім енергетичним впливом зовнішнього поля, яке не забезпечує випаровування толуолу з розчину. Обробка модифікатора за режимом № 5 збільшила міцність при стискуванні епоксиолімерів на 29 % порівняно з режимом № 1. Високі значення за даного режиму пов'язані з особливостями електромагнітних хвиль високої частоти проникати крізь розчин поліметилфенілсилоксану, в результаті чого відбувається одночасне нагрівання всього об'єму модифікатора та ефективно випаровування толуолу. Оптимальний вміст модифікатора становить 30 мас. ч., що пов'язано з можливістю утворювати додаткові фізико-хімічні зв'язки між кінцевими групами макромолекул епоксидної смоли та поліметилфенілсилоксану.

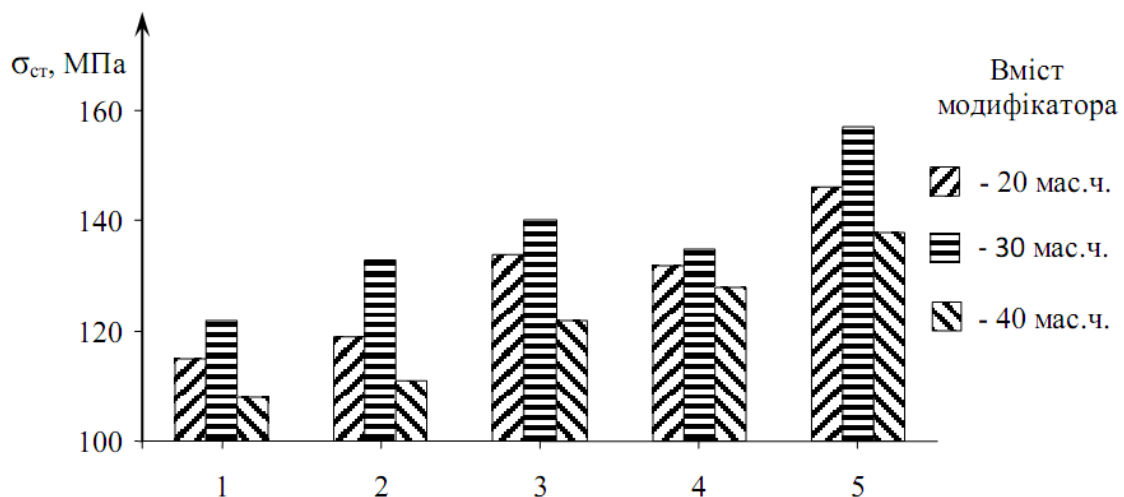


Рис. 2. Залежність межі міцності при стискуванні епоксиолімерів від вмісту та режиму обробки кремнійорганічного лаку КО-915 (табл. 2)

Значення твердості епоксиолімерів перебувають в кореляційному наближенні до значень міцності при стисканні. Найвищі значення отримано для епоксиолімерів, що містять модифікатор з обробкою за режимом № 5. Це пояснюється низьким вмістом толуолу в епоксидній композиції, що забезпечує високий ступінь структурування епоксиолімерного матеріалу. В даному випадку усунуто перешкоду у вигляді молекул розчинника, що дозволяє утворювати додаткові вузли зшивання та формувати гнучку структуру.

Найвищі значення вмісту гель-фракції зафіксовано в епоксиолімерах у випадку обробки модифікатора за режимом №5 та вмістом 30 мас. ч. ($G=97,3\%$) (рис. 4). Це пов'язано з утворенням максимальної кількості фізико-хімічних зв'язків, внаслідок видалення значної частини толуолу під час обробки в електромагнітному полі. Найнижчі значення отримано в епоксиолімерах, що містять модифікатор без обробки або оброблений за режимом № 4, що пояснюється недостатнім енергетичним впливом на процес видалення толуолу. Обробка модифікатора за режимами № 2 і № 3 – призводить до отримання невисоких значень, оскільки молекули толуолу перешкоджають взаємодії макромолекул компонентів епоксидної системи.

Режими обробки модифікатора, які забезпечують ефективно видалення толуолу, сприяють підвищенню ударної міцності епоксиолімерів (рис. 5), що є важливим аспектом в процесі розробки епоксиолімерних матеріалів, які мають підвищену крихкість. Найвищі значення даної характеристики отримано для епоксиолімерів з обробкою модифікатора за режимом № 5. В порівнянні з режимом № 1 обробка кремнійорганічного лаку в електромагнітному полі дозволяє збільшити на 72 % ударну міцність. Це пов'язано з тим, що в

результаті структування макромолекули епоксидної смоли містять включення поліметилфенілсилоксану, що підвищує здатність системи до релаксації та знижує чутливість до динамічних навантажень через вищу здатність сегментів макромолекул до мікропереміщень без руйнування. Даний модифікатор підвищує гнучкість просторової сітки і значна частина роботи затрачається на пластичну деформацію модифікованого епоксиолімеру. Обробка за режиму № 4 не забезпечує збільшення значень ударної міцності порівняно з режимом № 1, що пов'язано з недостатнім ступенем структування та наявністю великої кількості порожнин у композитах. Обробка за режимами № 2 і № 3 сприяє збільшенню характеристики на 52 % та 59 % відповідно порівняно з режимом № 1, що пояснюється наявністю толуолу в полімері. Крім того під час структування утворюються порожнини, які є концентраторами напружень та джерелом утворення мікротріщин.

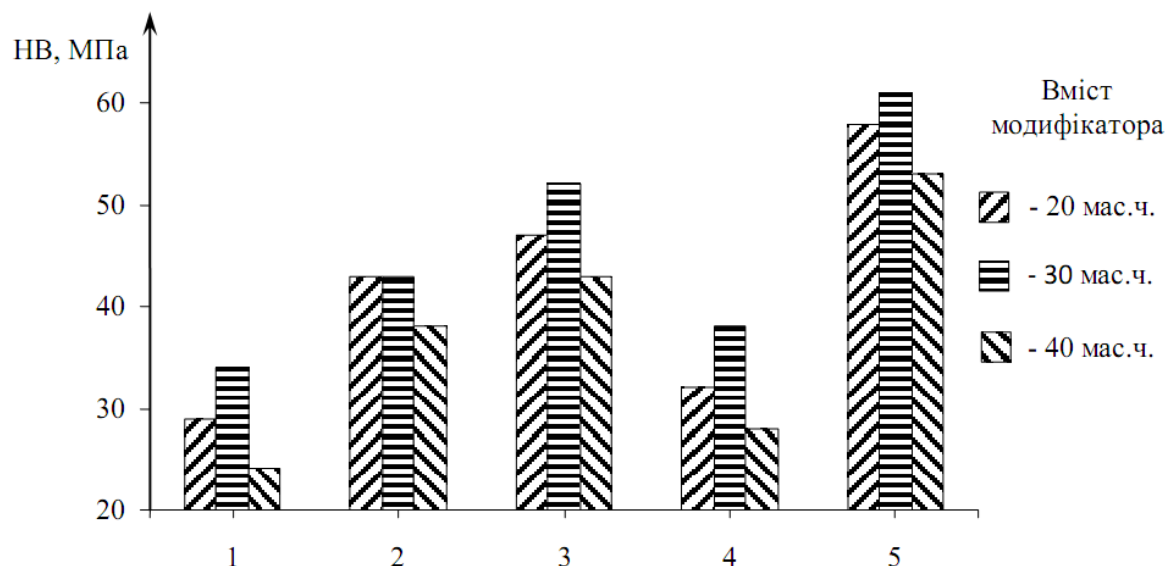


Рис. 3. Залежність твердості епоксиолімерів від вмісту модифікатора та режиму обробки кремнійорганічного лаку КО-915 (табл. 2)

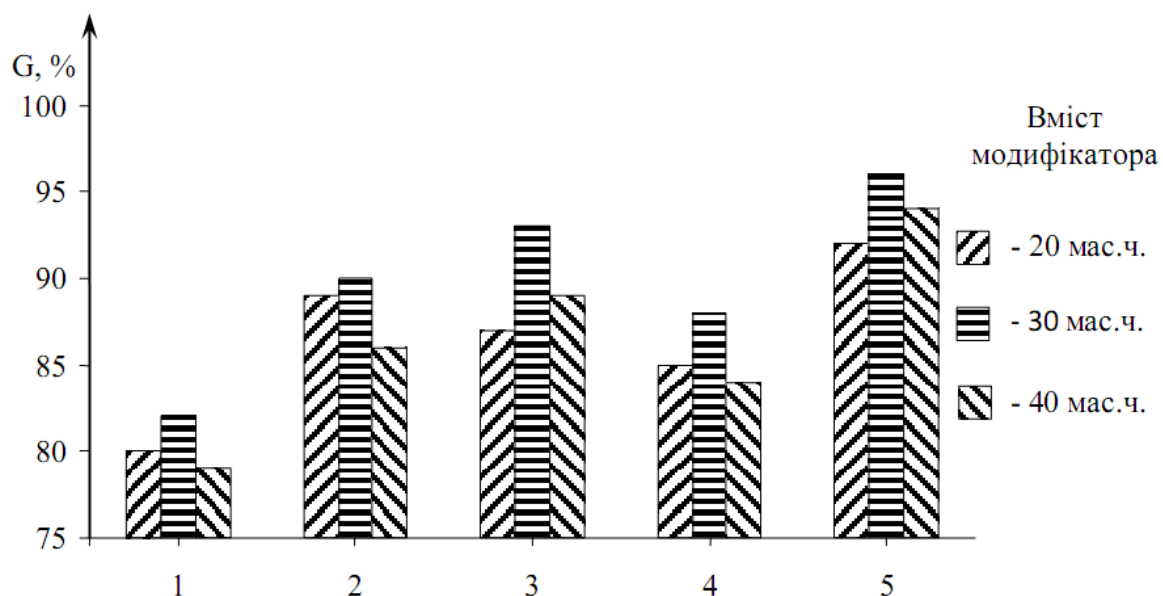


Рис. 4. Залежність вмісту гель-фракції епоксиолімерів від вмісту та режиму обробки кремнійорганічного лаку КО-915 (табл. 2)

Найменше значення ударної міцності мають епоксиолімери без обробки модифікатора (рис. 6, а) та обробки за режимом № 4 (рис. 6, б). Загальний вигляд покриттів підтверджує високу крихкість системи, в якій тріщини легко поширюються навколо зони динамічного впливу, що пов'язано з підвищеним напруженим станом системи. На епоксиолімерному

покритті (рис. 6, а) присутня значна кількість кратерів, що пояснюється скупченням молекул толуолу у верхньому шарі покриття з наступним інтенсивним видаленням під час термічної обробки.

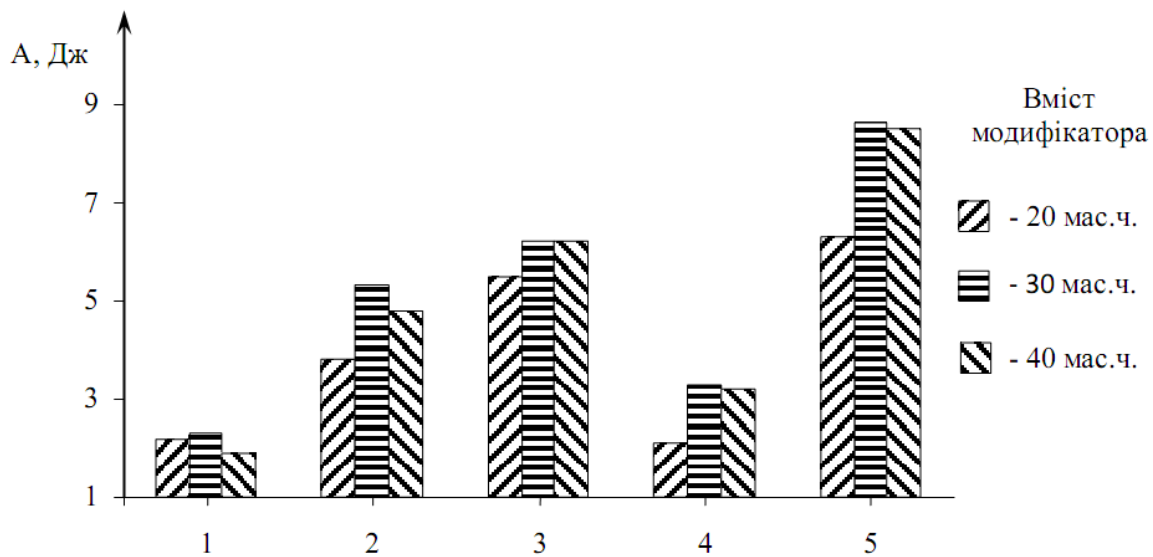


Рис. 5. Залежність ударної міцності епоксиполімерів від вмісту та режиму обробки кремнійорганічного лаку КО-915 (табл. 2)

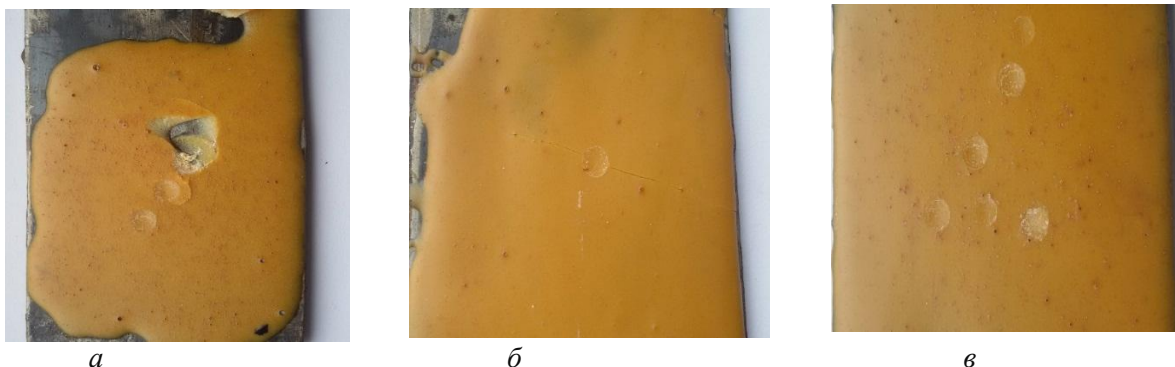


Рис. 6. Загальний вигляд епоксиполімерів після дослідження на ударну міцність після обробки модифікатора за режимом: а – № 1; б – № 2; в – № 5

На рис. 6, в представлено епоксиполімерне покриття з найвищими значеннями ударної міцності, що підтверджено відсутністю зони руйнування покриття, оскільки модифікатор сприяє формуванню структури, що здатна поглинати енергію удару.

Висновок. Модифікування епоксидних смол кремнійорганічним лаком є ефективним методом підвищення фізико-механічних характеристик епоксиполімерів за рахунок формування гнучкої просторової сітки з високою термічною стабільністю кремнійорганічного скелету, ароматичних й аліфатичних складових.

Обробка кремнійорганічного модифікатора в електромагнітному полі забезпечила максимальне видалення толуолу, що призводить до підвищення фізико-механічних характеристик на 29...74 % через термодинамічну сумісність компонентів системи, в якій утворюються додаткові зв'язки та гнучкі ланки макромолекул, що є стійкими до впливу динамічних навантажень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Композиционные материалы: Справочник. Под ред. Д.М. Карпиноса. – К.: Наукова думка, 1985. – 592 с.

2. Букетов А.В., Стухляк П.Д., Кальба Є.М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.
3. Белый В.А. Проблема создания композиционных материалов и управление их фрикционными свойствами // Трение и износ. – 1982. – Т. 3. – №3. – С. 389-395.
4. Савчук П.П. Розробка композиційних антифрикційних матеріалів на основі епоксидних смол, неорганічних наповнювачів для динамічно навантажених вузлів тертя: Автореф. дис... к-та техн. наук: 05.02.01 – Тернопіль: ТДПУ, 1999. – 18 с.
5. Близнак М.М., Холодилов О.В., Кузьменкова Е.И. Влияние органических модификаторов и структурирующихся наполнителей на морфологию продуктов изнашивания эпоксидного полимера // Трение и износ. – 1991. – Т. 12. – №4. – С. 752-754.
6. Гулай О.І. Вплив органічних та неорганічних модифікаторів на властивості термостійких кремнійорганічних протикорозійних покриттів: Автореф. дис... к-та техн. наук: 05.02.01 – Львів: ФМІ, 2000. – 18 с.

ПРОЕКТУВАННЯ ЗЕРНОВОГО СКЛАДУ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ПІДВИЩЕНОЇ КОЛІЄСТІЙКОСТІ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ЗА ПОКАЗНИКОМ РОЗРАХУНКОВОГО СТРОКУ СЛУЖБИ

¹к. т. н. *Онищенко А. М.*

Україна, м. Київ, Національний транспортний університет

Анотація. Автором запропоновано експериментально-розрахунковий метод, який дозволяє проектувати зерновий склад асфальтобетону підвищеної колієстійкості за показником розрахункового строку служби. Встановлено, що на підвищення колієстійкості асфальтобетону впливає максимальний розмір щебеню, кількість полімерної добавки, а також в'язкість бітумного в'язучого. Досліджено різні види асфальтобетонів, та вмісту максимального розміру щебеню 20 мм для типів А, Б, і Щебенево-мастиковий асфальтобетон, для асфальтобетону литого «Гусасфальт» розміром щебеню 15 мм вони мають підвищену колієстійкість.

Ключові слова: асфальтобетон, щебенево-мастиковий асфальтобетон, проектування зернового складу, полімер, колієстійкість, строк служби.

Вступ. Останнім часом все частіше постає нагальна проблема у запобіганні виникнення колії в асфальтобетонному покритті на автомобільних дорогах та мостах. Ця проблема полягає в тому, що автодорожні мости перебувають у такому транспортно-експлуатаційному стані, за якого не можуть бути повною мірою забезпечене швидке, комфортне, економічне та безпечне перевезення пасажирів і вантажів, розвиток транзитних перевезень, подальший соціально-економічний розвиток держави та її інтеграція до європейської спільноти.

Тому постала проблема в розробці методу з проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби.

Основна частина. Суть методу полягає у проектуванні гранулометричного складу асфальтобетону [1-6] з оптимізацією за показником розрахункового строку служби T_p^k , який базується на визначенні розрахункового строку служби асфальтобетону за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій s_w при нормальних умовах експлуатації, яка базується на даних [5-12]. Даний метод визначення розрахункового строку служби асфальтобетону може бути використаний для встановлення залишкового строку служби асфальтобетонного покриття на стадії експлуатації за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій s_w . За розрахунковий строк служби асфальтобетону T_p^k , який являє собою період часу безвідмовної роботи матеріалу покриття (без виникнення залишкових деформацій у вигляді колії) на протязі всього розрахункового строку служби, визначається за формулою: