

неорганических веществ и общей химической технологии; проспект Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056; e-mail: dontsova@ua.fm

Dontsova Tetiana – PhD, Docent, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Docent of the Department of technology of inorganic substances and general chemical technology, Peremogy Avenue, 37, Kiev, Ukraine, 03056; e-mail: dontsova@ua.fm

Астрелін Ігор Михайлович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», декан Хіміко-технологічного факультету; проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056; e-mail: i.m.astrelin@xtf.kpi.ua

Астрелін Ігорь Михайлович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», декан Химико-технологического факультета; проспект Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056; e-mail: i.m.astrelin@xtf.kpi.ua

Astrelin Ihor – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Dean of the Faculty of Chemical Technology, Peremogy Avenue, 37, Kiev, Ukraine, 03056; e-mail: i.m.astrelin@xtf.kpi.ua

УДК 621.763: 667.637.22

В. П. КАШИЦЬКИЙ, В. М. МАЛЕЦЬ, С. М. ЩЕГЛОВ

ТЕРМОЦИКЛІЧНА ТА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ МОДИФІКОВАНИХ У ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ

Досліджено вплив агресивних середовищ та знакозмінних температур на епоксикомпозитні матеріали, що містять високодисперсні частинки. Оптимізовано склад та розроблено технологію обробки епоксиполімерної композиції на стадії формування. Підтверджено перспективність застосування високодисперсних наповнювачів з метою покращення фізико-механічних характеристик епоксикомпозитних матеріалів, які використовують для створення високоякісних покриттів з покращеним комплексом експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: епоксикомпозит, високодисперсний порошок, корозійна стійкість, тріщиностійкість, фізичне поле, ультразвук, електромагнітне поле.

Исследовано влияние агрессивных сред и знакопеременных температур на эпоксикомпозитные материалы, содержащие высокодисперсные частицы. Оптимизирован состав и разработана технология обработки эпоксиполимерной композиции в стадии формирования. Подтверждено перспективность применения высокодисперсных наполнителей с целью улучшения физико-механических характеристик эпоксикомпозитных материалов, используемых для создания высококачественных покрытий с улучшенным комплексом эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: эпоксикомпозит, высокодисперсный порошок, коррозионная стойкость, трещиностойкость, физическое поле, ультразвук, электромагнитное поле.

The influence of aggressive environments and alternating temperatures on epoxy composite material that contains super fine particles was investigated. Optimized composition and processing technology of epoxy polymer composition in its formative stages. Investigated and substantiated the influence of the tracks in the electromagnetic field and ultrasound on the physical and mechanical properties of epoxy composites containing fine-particle ferro-, para- and diamagnetic nature. Found that developed epoxy composites have very high corrosion resistance in dilute acids, enabling their use in aggressive environments. The expediency of using protective coatings epoxy composites full of highly modified powders and physical fields under the influence of alternating temperatures. The optimum technological modes of formation epoxy composites using external physical fields. On the basis of researches methods modified epoxy compositions to form a bilayer protective coating.

Keywords: epoxy composite, highly dispersed powder, corrosion resistance, fracture toughness, physical field, ultrasound, electromagnetic field.

Вступ. Проблема підвищення ресурсу, надійності, безвідмовності і ремонтоздатності технологічного обладнання є актуальною задачею для хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв. Вибір конструкційного матеріалу для експлуатації обладнання у складних умовах, необхідно здійснювати так, щоб за низької вартості і не дефіцитності матеріалу використати ефективну технологію виготовлення деталі. Крім цього необхідно враховувати експлуатаційні фактори, основними з яких є інтенсивність агресивного середовища та температура. Перспективним вирішенням даної задачі є розробка та застосування полімеркомпозитів, зокрема, на основі епоксидних смол, які мають ряд переваг порівняно з іншими реакційноздатними полімерами завдяки високій технологічності, адгезійній міцності, твердості, зносостійкості, стійкості до зміни температур та корозійній стійкості.

Довговічність полімеркомпозитних матеріалів визначається їх здатністю протистояти агресивному впливу хімічних середовищ, низьких та знакозмінних

температур. Залежно від агресивного середовища та впливу знакозмінних температур може відбуватися зниження механічних характеристик даних матеріалів в результаті активації поверхнево-адсорбційного ефекту або внаслідок хімічних взаємодій.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Хімічна стійкість полімеркомпозитів залежить насамперед від наявності в них активних центрів (ненасичених зв'язків, функціональних груп, атомів галогенів), які під впливом агресивного середовища можуть змінюватися. Корозія полімеркомпозитів відбувається в гетерогенній системі в результаті дифузії агресивного середовища, що викликає набухання або хімічно взаємодіє з полімером. Підвищення хімічної стійкості досягається шляхом модифікації структури матриці полімеркомпозиту високодисперсними наповнювачами за рахунок утворення додаткових зв'язків, які збільшують стійкість полімеркомпозитних матеріалів та покриттів.

© В. П. Кашицький, В. М. Малець, С. М. Щеглов. 2016

Одним з основних недоліків полімеркомпозитів є часткова або повна втрата експлуатаційних властивостей за низьких температур, тобто обмежена тріщиностійкість. Згідно експериментальних досліджень встановлено, що механічні, діелектричні, релаксаційні та інші властивості полімерів суттєво змінюються внаслідок нагрівання або охолодження [1].

Схильність полімерів до тріщиноутворення за температур, нижчих за поріг холодноламкості, пояснюється наростанням в композиті напружень внаслідок сповільнення релаксаційних процесів в макромолекулах полімерної матриці. Найбільші значні зміни об'єму матриці зафіксовано у полімерах лінійної та полярної структури, оскільки за низьких температур зовнішні навантаження викликають появу в них пружних деформацій [2].

Для техніки, що експлуатується в умовах холодного клімату, температурний діапазон, в якому механічні властивості конструкційних матеріалів повинні забезпечувати необхідні показники надійності та довговічності, звичайно приймається від (-40) до (+40), тому проблема підвищення надійності техніки в умовах від'ємних температур присвячена велика кількість наукових робіт [3], однак в даних роботах не розглядається проблема розробки полімеркомпозитних покриттів стійких до впливу агресивного середовища, низьких та знакозмінних температур.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є розробка складу та технології формування епоксикомпозитів наповнених високодисперсними порошками за умови додаткової ультразвукової та електромагнітної обробки композицій на стадії формування для забезпечення високої корозійної стійкості та тріщиностійкості композитних матеріалів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідження корозійної стійкості, водопоглинання та тріщиностійкості епоксикомпозитних матеріалів.
2. Вибір оптимального складу та виду обробки епоксидних композицій у фізичних полях.

Матеріали та методи дослідження епоксикомпозитних матеріалів.

В якості матриці полімеркомпозитів використано епоксидну смолу марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), що представляє собою рідкий реакціоздатний олігомерний продукт на основі дигліциділового ефіру дифенілпропану. Покриття на основі смоли ЕД-20 мають високу адгезію до різних матеріалів високу твердість, еластичність, високі діелектричні властивості, стійкість в агресивних середовищах.

Для тверднення епоксидних композицій використано поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-70), який призначений для структурування епоксидних смол за кімнатної та пониженої температур в умовах підвищеної вологості.

Малі розміри, висока поверхнева енергія, хімічна та дифузійна активність, високі температури плавлення високодисперсних частинок дозволяють ефективно використовувати дані порошки для покращення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей епоксикомпозитів [4].

Порошок заліза марки ПЖР-3 (ГОСТ 9849-86) має у своєму складі не менше 97 % основної речовини, дисперсність частинок становить 30 – 50 мкм. Вміст домішок вуглецю не перевищує до 1,2 % мас., азоту – до 0,9 % мас. і кисню – до 0,7 % мас.

Карбонільне залізо марки Р-20 (ГОСТ 13610-79) – дрібнодисперсний порошок чистого заліза (середній діаметр частинок становить 2,5 – 5 мкм), має підвищену електропровідність, стійкістю до дії агресивних середовищ, пластичність. Частинки сферичної форми без гострих виступів.

Порошок цирконію марки ПЦрК1 (ТУ 48-4-234-84) має середній розмір частинок 1 – 2 мкм, пластичний, має високу корозійну стійкість до атмосферних газів, води та лугів, не реагує з соляною і сірчаною (концентрацією до 50 %) кислотами [5].

Фулеренова чернь (ТУ 2166-004-65523364-2010) – фулеренова сажа після вилучення суміші фулеренів неполярними органічними розчинниками. Порошок не розчинний, насипна щільність 0,5 г/см³, загальний вміст фулеренів не більше 0,10 %.

Фторопласт марки 4ПН-20 (ГОСТ 10007-80) – фторвуглецевий полімер, стійкий до всіх кислот, розчинників, нафтопродуктів, лугів (крім лужних металів) в робочому інтервалі тривалої експлуатації від мінус 542 К до плюс 533 К, стійкий до водяної пари, кліматичних впливів. Середній розмір частинок становить 6 – 20 мкм [6].

Формування дослідних зразків полягало в отриманні однорідної композиції, до складу якої входили необхідні компоненти. Композицію формували наступним чином: до епоксидної смоли вводили твердник ПЕПА (12 мас. ч. на 100 мас. ч. ЕД-20), надалі вводили наповнювач з механічним вимішуванням складових на кожному етапі для забезпечення високої однорідності системи.

Для забезпечення рівномірного розподілу високодисперсного наповнювача у об'ємі полімерної матриці після механічного змішування, композиції обробляли ультразвуком або в електромагнітному полі. Обробку ультразвуком здійснювали в контейнері лабораторної установки (рис. 1) в середовищі води за частоти 20 кГц. Підготовлену композицію у посудині розміром 6x4 см розташовували на відстані 10 мм від джерела ультразвукових хвиль. Тривалість обробки складала 5 – 10 хв.

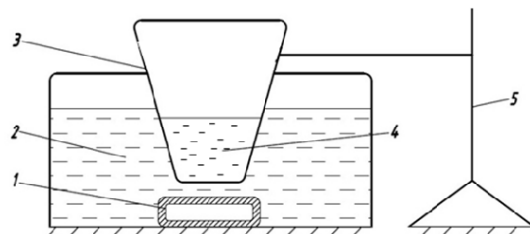


Рис. 1 – Схема установки для обробки епоксидної композиції ультразвуком: 1 – джерело випромінювання; 2 – середовище (вода); 3 – контейнер; 4 – композиція; 5 – штатив

Для електромагнітної обробки використано високочастотне електромагнітне поле (рис. 2). Обробку

здійснювали в повітряному середовищі. Тривалість обробки складала 5–10 хв.

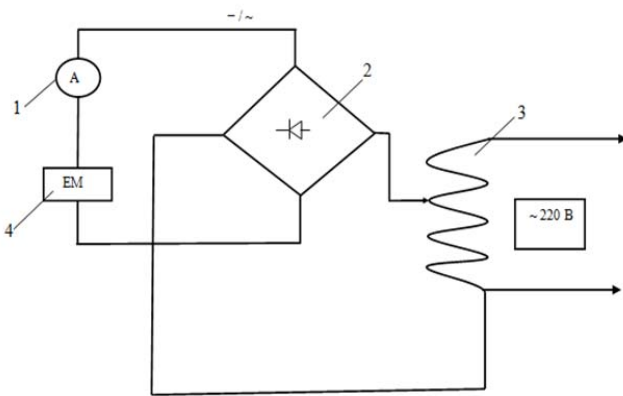


Рис. 2 – Схема установки для обробки композицій в електромагнітному полі: 1 – амперметр; 2 – діодний міст; 3 – автотрансформатор; 4 – електромагніт

Корозійну стійкість епоксикомполімерів визначали шляхом занурення зразків розміром 60×10×10 мм у 10 %-ві розчини H₂SO₄, HNO₃, HCl, NaCl, NaOH [7]. Через заданий проміжок часу (24, 68, 120 год) зразки виймали, помішали на паперовий фільтр та просушували за температури 80 – 100 °С.

Визначення ступеня розтріскування епоксикомполімерних покриттів під впливом знакозмінних температур полягало в оцінці довжини, ширини та глибини

тріщин за п'ятибальною системою та визначенню типу тріщин за еталоном [8]. Цикл досліджень полягав в тому, що структуровані покриття витримували за кімнатної температури, далі за температури 333 К після чого піддавали впливу від'ємних температур в холодильній камері ТКС 11 за температури – 233 К.

Кількісну оцінку критерію руйнування покриття розраховано за формулою:

$$P = 0,3 x_1 + 0,2x_2 + 0,2x_3 + 0,3x_4, \quad (1)$$

де P – відносна оцінка ступеня розтріскування; x₁, x₂, x₃, x₄ – відносна оцінка відповідно розміру тріщини за глибиною, довжиною та шириною.

Результати дослідження епоксикомполімерних матеріалів. Результати експериментальних досліджень підтверджують високу хімічну стійкість розроблених епоксикомполімерних матеріалів на основі епоксидних смол (табл. 1) в різних агресивних середовищах, оскільки епоксиполімерна матриця сповільнює електрохімічні реакції на поверхні металевих частинок та впливає на кінетику процесу, утворюючи дифузійний бар'єр [9]. Встановлено, що азотна та сірчана кислоти призводять до максимальної втрати маси епоксиполімерних зразків, оскільки відбувається деструкція полімеру в розчинах даних кислот в результаті чого змінюється структура матеріалу та руйнуються нестійкі зв'язки [10].

Таблиця 1 – Корозійна стійкість епоксикомполімерних матеріалів

Агресивне середовище	Зміна маси зразків епоксикомполімерних матеріалів, наповнених високодисперсними порошками, %				
	Полімерна матриця	Фторопласт	Залізо марки ПЖР-3	Карбонільне залізо	Цирконій
H ₂ SO ₄	- 1,18	- 1,01	- 3,00	+ 2,08	+ 1,44
HNO ₃	- 1,94	+ 0,00	- 2,2	- 0,60	+ 0,88
HCl	- 1,12	+ 0,13	+ 0,46	+ 0,57	+ 0,00
NaCl	- 1,01	+ 0,23	+0,66	+ 0,33	- 0,6
NaOH	- 0,97	+ 0,49	+0,76	- 0,59	+ 0,65

Введення до складу епоксиполімерної матриці високодисперсних наповнювачів сприяє підвищенню хімічної стійкості за рахунок збільшення корозійної стійкості наповнювача та зростання кількості фізико-хімічних зв'язків [11]. Після занурення епоксикомполімерів в розчини кислот H₂SO₄ та HNO₃ зафіксовано зниження маси зразків, наповнених порошками карбонільного заліза та заліза марки ПЖР-3, що пов'язано з розчиненням та видаленням продуктів корозії. Збільшення маси зразків відбувається після витримки епоксикомполімерів, наповнених порошками фторопласту, заліза марки ПЖР-3 або карбонільного заліза, в середовищі кислот HCl або водного розчину солі NaCl. Витримка епоксикомполімерів аналогічного складу в кислотах H₂SO₄ та HNO₃ також призводить до збільшення маси. Поверхня епоксикомполімерів покривається продуктами корозії (рис. 3), що призводить до зростання маси зразків.

Встановлено, що для епоксикомполімерів, наповнених порошком цирконію не зафіксовано зміни маси досліджуваних зразків після витримки в агресивному середовищі HCl завдяки наявності корозій-

ностійких частинок наповнювача, які перешкоджають проникненню молекул активних речовин в об'єм матриці [12]. Аналогічні результати отримано для епоксикомполімерів, наповнених частинками фторопласту після занурення в кислоту HNO₃.

Експериментально встановлено, що показник тріщиностійкості полімеркомполімерів залежить від розміру частинок наповнювача та способу модифікації епоксидної композиції у фізичному полі (табл. 2). Експериментально встановлено, що епоксикомполімерні покриття, наповнені порошком карбонільного заліза без попередньої обробки композицій у фізичних полях та у випадку обробки композицій ультразвуком характеризуються низькими значеннями коефіцієнту розтріскування (P=0,33–0,55). Це пов'язано з тим, що вплив знакозмінних температур призводить до підвищення залишкових напружень в покриттях, внаслідок чого відбувається руйнування адгезійних зв'язків між матрицею та наповнювачем з утворенням тріщин (рис. 4, а, г).

Введення фулеренової черні в полімерну матрицю без попередньої обробки композицій знижує трі-

щностійкість епоксикомполитів ($P = 0,1$), що підтверджується значним розшаруванням покриття (рис. 4, б) та пов'язано з формуваннями високонапруженого стану системи [13]. В епоксикомполитних покриттях, наповнених порошком фулеренової черні, композиції яких піддавались впливу фізичних полів не виявлено

дефектів поверхневого шару після досліджень в умовах знакозмінних температур (рис. 4, д, ж). Аналогічні результати отримано для епоксикомполитних покриттів, наповнених карбонільним залізом, у випадку попередньої обробки композицій в електромагнітному полі (рис. 4, є).

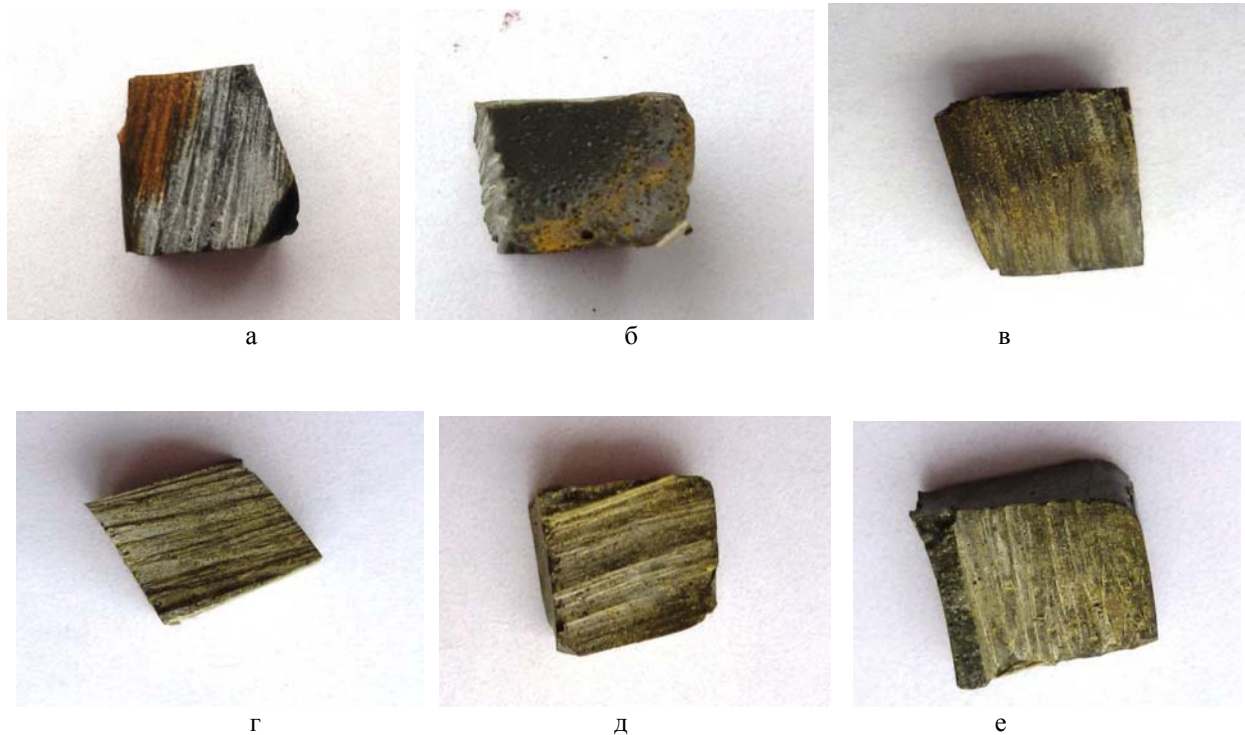


Рис. 3. Загальний вигляд епоксикомполитних зразків після досліджень на корозійну стійкість: а, б – епоксикомполит з порошком цирконію; в, г – епоксикомполит з порошком карбонільного заліза; д, е – епоксикомполит з порошком заліза марки ПЖР-3; а, в, д – H_2SO_4 ; б, г, е – HNO_3

Таблиця 2 – Критерій стійкості епоксикомполитних покриттів до впливу знакозмінних температур

Склад епоксикомполитного покриття	Обробка у фізичному полі	Ступінь розтріскування
Покриття з порошком карбонільного заліза	Без обробки	0,55
	Обробка ультразвуком	0,33
	Обробка в електромагнітному полі	1
Покриття з порошком фулеренової черні	Без обробки	0,1
	Обробка ультразвуком	1
	Обробка в електромагнітному полі	1
Покриття з порошком цирконію	Без обробки	0,88
	Обробка ультразвуком	1
	Обробка в електромагнітному полі	1

Епоксикомполитні покриття, наповнені порошком цирконію, без обробки композицій у фізичному полі мають досить високий ступінь розтріскування ($P = 0,88$) та характеризуються наявністю незначних тріщин на поверхні (рис. 4, в), які виникають за рахунок недостатнього змочування поверхні частинок, що призводить до утворення мікродфектів. Підвищену тріщиностійкість мають покриття, наповнені високо-

дисперсним порошком цирконію ($P = 1$) з попередньою обробкою композицій ультразвуком або в електромагнітному полі. Візуально встановлено, що покриття залишається цілісним, без зовнішніх дфектів (рис. 4, е, з), оскільки вплив зовнішніх полів забезпечує високу адгезійну міцність на межі розділу фаз в системі «матриця – наповнювач» та кращу стійкість до впливу знакозмінних температур.

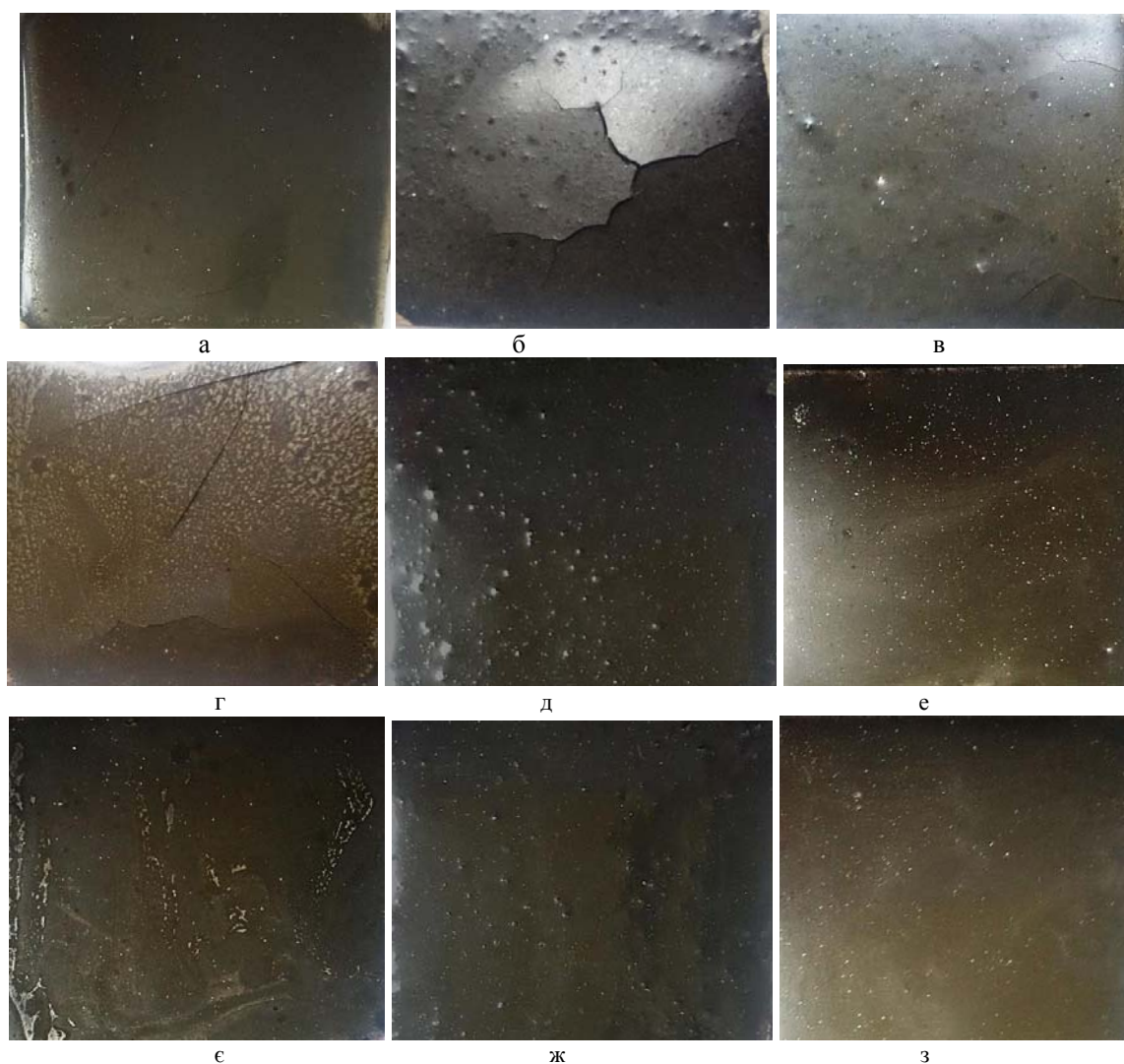


Рис. 4 – Загальний вигляд поверхні після впливу знакозмінних температур епоксикомпозитних покриттів, наповнених: а, г, є – карбонільним залізом; б, д, ж – фулереновою чорною; в, е, з – цирконієм; з попередньою обробкою композиції: а, б, в – без обробки; г, д, е – обробка ультразвуком; є, ж, з – обробка в електромагнітному полі

Висновки. Експериментально встановлено, що найвищу хімічну стійкість мають епоксикомпозити, наповнені порошком фторопласту в кількості 6 мас. ч., оскільки даний наповнювач є хімічно інертним та виступає перешкодою для проникнення агресивного середовища за рахунок високої адгезійної міцності на межі розділу фаз в результаті обробки композиції в електромагнітному полі, що забезпечує зменшення коефіцієнту дифузії молекул хімічної речовини. Підтверджено позитивний вплив обробки композицій у фізичних полях на підвищення тріщиностійкості епоксикомпозитних покриттів в умовах впливу знакозмінних температур від (-40) до (+60), оскільки дана обробка забезпечує рівномірний розподіл наповнювача у композиті, покращує змочування високодисперсних частинок та активує макромолекули епоксидної матриці, що призводить до покращення міжфазної взаємодії та зниження залишкових напружень в системі, що значно розширює температурний діапазон застосування захисних полімеркомпозитних покриттів.

Список літератури:

1. Антонова, Е. А. Стойкость радиационно-защитных серных композитов к воздействию агрессивных сред [Текст] / Е. А. Антонова С. А. Болтышев, А. М. Данилов // Молодой ученый. – 2014. – № 62. – С. 253–256.
2. Привалко, В. П. Основы теплофизики и реофизики полимерных материалов [Текст] / В. П. Привалко, В. В. Новиков, Ю. Г. Яновский. – Научная мысль, 1991. – 232 с.
3. Бартнев Г. М. Прочность и механика разрушения полимеров [Текст] / Г. М. Бартнев. – Москва: Химия, 1984. – 280 с.
4. Санжаровский, А. Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий [Текст] / А. Т. Санжаровский. – Москва: Химия, 1978. – 184 с.
5. Панишин, Ю. А. Фторопласты [Текст] / Ю. А. Панишин, С. Г. Малкевич, Ц. С. Дунаевская. – Ленинград: Химия, 1978. – 232 с.
6. Семенцов, Ю. І. Нанокompозити фторопласт-4. Вуглецеві нанотрубки. Одержання, структура та механічні властивості [Текст] / Ю. І. Семенцов, М. Л. Пятковський, Н. А. Гаврилюк // Хімічна промисловість України, 2009. – № 5. – С. 59–64.
7. Шиков, А. К. Современное состояние и перспективы развития производства циркония и его сплавов и изделий из них [Текст] / А. К. Шиков, А. Д. Никулин, А. В. Никулина // Физика и химия обработки материалов, 2001. – № 6. – С. 5–14.
8. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М. И. Карякина. – Москва: Химия, 1988. – 272 с.

9. Замышляева, О. Г. Методы исследования современных полимерных материалов [Текст]: учебно-метод. пос. / О. Г. Замышляева. – Нижний Новгород: НГУ, 2012. – 90 с.
10. Карякина, М. И. Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий [Текст] / М. И. Карякина. – Москва: Химия, 1977. – 234 с.
11. Букетов, А. В. Дослідження епоксикомполімерів, що містять модифіковані олігомерами наповнювачі [Текст] / А. В. Букетов, П. Д. Стухляк, В. І. Левицький, М. Ю. Долгов // Вісник ТДТУ. – 2004. – № 2 (2). – С. 14–21.
12. Букетов, А. В. Дослідження властивостей модифікованих епоксикомполімерів під впливом теплового поля [Текст] / А. В. Букетов // Вісник ТДТУ. – 2004. – № 3. – С. 34–38.
13. Букетов, А. В. Розробка та впровадження епоксикомполімерних покриттів з підвищеними експлуатаційними характеристиками [Текст] / А. В. Букетов, О. О. Сапронов, Л. Л. Моїсєнко, Т. І. Івченко // Науковий вісник НЛТУ. – 2014. – № 24 (1). – С. 141–146.
5. Panshin, Ju. A., Malkevich, S. G., Dunaevskaja, C. S. (1978). Ftoroplasty. Leningrad: Himija, 232.
6. Semenczov, Yu. I., Pyatkovs'kyj, M. L., Gavry'lyuk, N. A. (2009). Nanokompozyty' ftoroplast-4. Vuglecevi nanotrubky'. Oderzhannya, struktura ta mexanichni vlasty'vosti. Ximichna promy'slovist' Ukrayiny, 5, 59–64.
7. Shikov, A. K., Nikulin, A. D., Nikulina, A. V. (2001). Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija proizvodstva cirkonija i ego splavov i izdelij iz nih. Fizika i himija obrabotki materialov, 6, 5–14.
8. Karjakina, M. I. (1988). Ispytanie lakokrasochnyh materialov i pokritij. Moscow: Himija, 272.
9. Zamyshljaeva, O. G. (2012). Metody issledovaniya sovremennyh polimernyh materialov. Nizhnij Novgorod: NGU, 90.
10. Karjakina, M. I. (1977). Laboratornyj praktikum po ispytaniyu lakokrasochnyh materialov i pokritij. Moscow: Himija, 234.
11. Buketov, A. V., Buketov, A. V., Stuxlyak, P. D., Levy'cz'ky'j, V. I., Dolgov, M. Yu. (2004). Doslidzhennya epoksy'kompozy'tiv, shho mistyat' mody'fikovani oligomeramy' napovnyuvachi. Visny'k TDTU, 2 (2), 14–21.
12. Buketov, A. V. (2004). Doslidzhennya vlasty'vostej mody'fikovany'x epoksy'kompozy'tiv pid vply'vom teplovogo polya. Visny'k TDTU, 3, 34–38.
13. Buketov, A. V., Saproinov, O. O., Moiseyenko, L. L., Ivchenko, T. I. (2014). Rozrobka ta vprovadzheniya epoksy'kompozy'tny'x pokry'ttiv z pidvy'shheny'my' ekspluatacijny'my' xaraktery'sty'kamy. Naukovy'j visny'k NLTU, 24 (1), 141–146.

Bibliography (transliterated):

1. Antonova, E. A., Boltyshev, S. A., Danilov, A. M. (2014). Stojkost' radiacionno-zashhitnyh sernyh kompozitov k vozdeystviyu agressivnyh sred. Molodoj uchenyj, 62, 253–256.
2. Privalko, V. P., Novikov, V. V., Janovskij, Ju. G. (1991). Osnovy teplofiziki i reofiziki polimernyh materialov. Nauchnaja mysl', 232.
3. Bartenev G. M. (1984). Prochnost' i mehanika razrusheniya polimerov. Moscow: Himija, 280.
4. Sanzharovskij, A. T. (1978). Fiziko-mehaniicheskie svojstva polimernyh i lakokrasochnyh pokritij. Moscow: Himija, 184.

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Термоциклічна та корозійна стійкість епоксикомполімерів модифікованих у фізичних полях/ В. П. Кашицький, В. М. Малець, С. М. Щеглов// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.12–17. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Термоциклическая и коррозионная стойкость эпоксикомполитов модифицированных в физических полях/ В. П. Кашицкий, В. М. Малец, С. М. Щеглов// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.12–17. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Thermal cyclic corrosion resistance and epoxy composites modified by physical fields / V. Kashytskyi, V. Malets, S. Scheglov//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 49 (1221). – P.12–17. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кашицький Віталій Павлович – кандидат технічних наук, Луцький національний технічний університет, доцент кафедри "Матеріалознавства та пластичного формування конструкцій машинобудування"; вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018, e-mail: kashickij@ya.ru.

Малець Вікторія Михайлівна – асистент, Луцький національний технічний університет, асистент кафедри "Матеріалознавства та пластичного формування конструкцій машинобудування"; вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018, e-mail: viktorya272@gmail.com

Щеглов Сергій Миколайович – аспірант, Луцький національний технічний університет, аспірант кафедри "Матеріалознавства та пластичного формування конструкцій машинобудування"; вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018,

Кашицкий Виталий Павлович – кандидат технических наук, Луцкий национальный технический университет, доцент кафедры "Материаловедения и пластического формирования конструкций машиностроения"; ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018, e-mail: kashickij@ya.ru.

Малец Виктория Михайловна – ассистент, Луцкий национальный технический университет, ассистент кафедры "Материаловедения и пластического формирования конструкций машиностроения"; ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018, e-mail: viktorya272@gmail.com

Щеглов Сергей Николаевич – аспирант, Луцкий национальный технический университет, аспирант кафедры "Материаловедения и пластического формирования конструкций машиностроения"; ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018,

Kashytskyi Vitalii – candidate of technical sciences, associate professor, Lutsk National Technical University, Department of Materials Science and Engineering constructions plastic forming; Lvivska str., 75, Lutsk, Ukraine, 43018, **Malets Viktoriya** – assistant, Lutsk National Technical University, Department of Materials Science and Engineering constructions plastic forming; Lvivska str., 75, Lutsk, Ukraine, 43018, e-mail: viktorya272@gmail.com

Scheglov Sergii – postgraduate student, Lutsk National Technical University, Department of Materials Science and Engineering constructions plastic forming; Lvivska str., 75, Lutsk, Ukraine, 43018