

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Херсонська державна морська академія

**НАНОВУГЛЕЦЕВОВМІСНІ
ЕПОКСИКОМПОЗИТИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ
РЕСУРСУ РОБОТИ ДЕТАЛЕЙ ВОДНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Монографія

Херсон
ХДМА
2022

Рецензенти:

А. В. Гнатов – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри автомобільної електроніки Харківського
національного автомобільно-дорожнього університету;

П. О. Марущак – доктор технічних наук, професор,
проректор із наукової роботи Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя;

О. М. Гриценко – доктор технічних наук, професор, професор кафедри
хімічної технології переробки пластмас Національного університету
«Львівська політехніка»

*Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради
Херсонської державної морської академії
(протокол № 7 від 27 червня 2022 року)*

Н 25 **Нановуглецевмісні** епоксикомпозити для збільшення ресурсу роботи деталей водного транспорту : монографія / Сапронов О. О., Букетов А. В., Лещенко О. В., Сапронова А. В. – Херсон : ХДМА, 2022. – 134 с.
ISBN 978-617-95183-2-4

Монографія присвячена теоретичним і практичним питанням, пов'язаних із створенням нових епоксидних нанокompозитів і покриттів на їх основі з комплексом поліпшених властивостей для захисту і відновлення поверхонь і деталей технологічного устаткування водного транспорту, що працюють під впливом зовнішніх і механічних факторів.

Авторами здійснено наукове обґрунтування режиму введення і встановлено критичний вміст нано-, органічних і неорганічних добавок, встановлено механізм їх фізико-хімічної взаємодії при структуроутворенні композитних матеріалів, що дозволяє отримувати композити з високими показниками експлуатаційних характеристик та можливість відновити пошкоджені поверхні технологічного устаткування водного транспорту.

Монографія призначена для широкого кола науковців, інженерно-технічних працівників і аспірантів, які займаються формуванням, дослідженням та практичним застосуванням епоксикомпозитних матеріалів, зокрема для відновлення поверхонь і деталей технологічного устаткування водного транспорту, а також для студентів відповідних спеціальностей.

УДК 678.6:620.3:629.5

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
РОЗДІЛ 1. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ЕПОКСИДНОГО ЗВ'ЯЗУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВЕРХОНЬ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ	8
1.1. Полімерні композитні матеріали і покриття на їх основі для транспортної техніки.....	8
1.2. Поліпшення експлуатаційних характеристик неметалевих композитних матеріалів шляхом раціонального введення дисперсних добавок різної фізико-хімічної природи.....	14
1.3. Поліпшення експлуатаційних характеристик неметалевих композитних матеріалів шляхом модифікування епоксидного зв'язувача хімічними сполуками.....	17
РОЗДІЛ 2. ЕПОКСИКОМПОЗИТИ, НАПОВНЕНІ НАНОЧАСТКАМИ, ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ	23
2.1. Характеристика інгредієнтів і властивості вихідних матеріалів, призначених для збільшення ресурсу роботи поверхонь водного транспорту.....	23
2.2. Композити, наповнені вуглецевими нанотрубками: технологія формування, адгезійні, фізико-механічні властивості.....	27
2.3. Композити, наповнені вуглецевими нанотрубками: теплостійкість, термостійкість.....	41
2.4. Дослідження структури композитів, наповнених вуглецевими нанотрубками.....	49
РОЗДІЛ 3. ВЛАСТИВОСТІ І СТРУКТУРА ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ДЕТАЛЕЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ	58
3.1. Композити, наповнені гранульованим шлаком: активність поверхні добавки, властивості.....	58
3.2. Дослідження структури композитів, наповнених частками гранульованого шлаку.....	70
3.3. Композити, наповнені стеаратом кальцію: активність поверхні, властивості, структура.....	75

РОЗДІЛ 4. ЕПОКСИДНІ КОМПОЗИТИ І ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ НА ЇХ ОСНОВІ З ПІДВИЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	84
4.1. Експериментально-статистичне прогнозування властивостей захисних покриттів функціонального призначення.....	84
4.1.1. Оптимізація складу двокомпонентного наповнювача для формування адгезійного шару захисного покриття.....	84
4.1.2. Оптимізація складу двокомпонентного наповнювача для формування функціонального шару захисного покриття...	95
4.2. Антикорозійні захисні покриття.....	108
4.3. Покриття, стійкі до гідроабразивного зношування.....	112
4.4. Склад, технологія формування та впровадження епоксикомпозитних матеріалів і покриттів на їх основі з підвищеними експлуатаційними характеристиками.....	115
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121

ПЕРЕДМОВА

Збільшення ресурсу роботи поверхонь, деталей технологічного устаткування транспорту шляхом їх відновлення епоксикомпозитами забезпечує економію високоякісних металів і сплавів, енергетичних ресурсів та додатково забезпечує раціональне використання природних ресурсів. Для відновлення працездатності зношених поверхонь і деталей транспорту потрібно в 5...8 разів менше технологічних операцій порівняно з виготовленням нових деталей. Тому, актуальним є розроблення нових матеріалів з високими показниками експлуатаційних характеристик здатних відновлювати поверхні і деталі технологічного устаткування транспорту. У цьому аспекті використання полімерних композитних матеріалів дозволить вирішити проблему більшості галузей промисловості (радіолокаційної, газової, нафтової, хімічної, харчової, автомобіле-, авіа- та суднобудування та ін.), яка передбачає підвищення надійності технологічного устаткування в умовах впливу статичних і динамічних навантажень, підвищених температур, агресивних середовищ, корозії, газо- й гідроабразивного зносу.

Одним із ефективних шляхів регулювання експлуатаційних характеристик композитних матеріалів є науково-обґрунтоване введення наповнювачів різної фізико-хімічної природи, дисперсності, активності відносно полімерної матриці. Водночас, окремим напрямком поліпшення властивостей композитних матеріалів є використання більш дешевих матеріалів. Це дозволяє здешевлювати епоксидні композиції шляхом збільшення об'єму, що у свою чергу приводить до зменшення витрат на операції відновлення пошкоджених поверхонь і деталей технологічного устаткування транспорту. Одними із дешевих наповнювачів є матеріали отримані при вторинній переробці відходів металургійного виробництва. Так, наприклад, шлаки є визнаним мінеральним сировинним матеріалом. У США, Англії, Німеччини, Франції охолоджувані на повітрі металургійні шлаки в основному переробляють на щебінь, який застосовують у вигляді баласту при будівництві залізниць, а також використовують як заповнювач при спорудженні захисних покриттів автомобільних доріг і на аеродромах. Слід зауважити, що поверхня таких відходів промисловості може бути як щільною, так і пористою. При чому пористість шлаків складає 60...70%, що викликає значний інтерес для полімерного матеріалознавства. При наповненні даними добавками

епоксидного зв'язувача можлива не лише хімічна взаємодія розвиненої поверхні часток, а також фізична, за рахунок утворення значної кількості фізичних вузлів при полімеризації. Тому, використання таких дисперсних часток при розробленні композитних матеріалів для антикорозійного захисту поверхонь транспорту чи їх відновлення передбачає не лише суттєве поліпшення властивостей полімерів, а й зменшення їх собівартості і утилізацію відходів промислового виробництва. Водночас для поліпшення властивостей композитних матеріалів перспективним є використання вуглецевих наноструктур, які відзначаються поліпшеними механічними та теплофізичними властивостями. Серед відомої гама наподисперсних наповнювачів (ультрадисперсний алмаз, фулерени, нанографіт та ін.) широко використовують нанотрубки (ВНТ). Нанотрубки характеризуються поліпшеними адсорбційними властивостями, що дозволяє покращувати характеристики композитів навіть при введенні часток за незначного вмісту. Окрім того, ВНТ характеризуються високою механічною міцністю, стійкі до критичних деформацій згинання, розтягування, стискання.

Враховуючи наведене вище, можна констатувати, що розглянуті у монографії питання з розробки нових епоксикомпозитних матеріалів функціонального призначення і дослідження структурних перетворень у них носять як теоретичний, так і практичний характер і можуть бути використані для підвищення експлуатаційних характеристик технологічного устаткування різного призначення, його відновлення та ремонту.

Наукове видання

Сапронов Олександр Олександрович
Букетов Андрій Вікторович
Лещенко Олександр Валерійович
Сапронова Анна Вікторівна

**НАНОВУГЛЕЦЕВОВМІСНІ
ЕПОКСИКОМПОЗИТИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ
РЕСУРСУ РОБОТИ ДЕТАЛЕЙ ВОДНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Монографія

Відповідальний за випуск *Р. С. Врублевський, А. В. Букетов*
Друк, фальцювально-палітурні роботи *В. Г. Удов*

Підписано до друку 27.06.2022
Формат 84×108/32. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 4,19
Тираж 300 прим. Зам. № 81

Видавець і виготовлювач
Херсонська державна морська академія,
просп. Незалежності, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 066-39-57-980

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
К № 4319 від 10.05.2012