

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ІВАНІК ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 667.64

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ
ФОРМУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ НАВКОЛО
НАПОВНЮВАЧА В КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ**

151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2018

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій
Левицький Віталій Васильович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв
Марущак Павло Орестович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №43 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 401

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Підвищення надійності і довговічності обладнання магістральних газопроводів і виробів радіотехнічного призначення, які працюють в умовах підвищеної вологості, сонячної радіації, перепаду температур та інших зовнішніх факторів, набуває все більшого значення в умовах розвитку промисловості України. Особливо важливим є збільшення ресурсу роботи вузлів і механізмів вказаних галузей промисловості, оскільки більше 50 % агрегатів, що працюють в них, виходять з ладу внаслідок фізико-механічної, теплофізичної дії та впливу агресивних середовищ. Цю проблему можна вирішити шляхом створення полімерних композитних матеріалів (ПКМ) з широким комплексом фізико-механічних і теплофізичних властивостей. У цьому напрямі перспективним є створення нових технологій формування ПКМ на основі епоксидних зв'язуючих, армованих дисперсними та волокнистими наповнювачами.

Мета роботи: дослідження та розробка математичної моделі формування зовнішніх поверхневих шарів навколо наповнювача в композитних матеріалах на основі епоксидних олігомерів з волокнистими наповнювачами для створення нових ПКМ і покриттів для обладнання магістральних газопроводів і вузлів радіотехнічного призначення з поліпшеними експлуатаційними характеристиками.

Об'єкт, методи та джерела дослідження. Об'єктом дослідження вибрано полімерну композицію з таким співвідношенням компонентів:

- епоксидно-діановий олігомер марки ЕД-20 ;
- пластифікатори:
поліетеролігодіетеракрилат (ПДЕА-4) ; поліефірний лак (ПЕ-220)

Як твердник використано поліетиленполіамін (ПЕПА), який дозволяє отверджувати композити при кімнатній температурі, що доцільно при нанесенні покриттів на складні поверхні технологічного устаткування.

Отримані результати:

- розроблено математичну модель формування високонаповнених композиційних матеріалів на основі епоксидних олігомерів.
- визначено технологічні режими формування ПКМ на основі результатів дослідження процесів, які виникають при структуруванні епоксикомпозитів.
- вивчено вплив волокнистих і дисперсних наповнювачів з різною поверхневою активністю до полімерної матриці на кінетику затвердження та фізико-хімічну взаємодію на межі поділу фаз “полімерна матриця-наповнювач” і запропонувати нові режими формування ПКМ.
- досліджено вплив нових режимів формування, природи волокнистих наповнювачів на фізико-механічні, теплофізичні та реологічні властивості епоксидних композитів.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено математичну модель для дослідження режимів формування опромінених ультрафіолетом епоксидних композитів, наповнених модифікованими дисперсними частками у присутності базальтових і скляних волокон.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних

технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 107 арк. формату А4, графічна частина – 6 аркушів формату А1

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі проведено огляд надійності і довговічності обладнання магістральних газопроводів і виробів радіотехнічного призначення, та охарактеризовано основні завдання, які необхідно вирішити.

В аналітичній частині проведено аналіз питання застосування полімерів і композитів на їх основі у вигляді захисних покриттів, обґрунтовано актуальність роботи, виконано постановку задачі на дипломну роботу.

В науково-дослідній частині викладено обґрунтування вибору зв'язуючого і наповнювачів для покриттів з епоксидних композитів, принципів схеми експериментального обладнання і режими випробувань композитів.

В технологічній частині проведено вибір технологічних режимів формування епоксидних КМ є одним із основних напрямків визначення та регулювання їхніх властивостей. Регулюючи вміст інгредієнтів, температуру та тривалість полімеризації забезпечують отримання КМ з оптимальними і наперед заданими властивостями.

В конструкторській частині проведено дослідження моделі впливу модифікування олігомерами наповнювачів на властивості композитів.

В спеціальній частині виконано обґрунтування вибору операційної системи, розглянуто особливості використання мови програмування для вирішення технологічних задач, з допомогою відповідного програмного забезпечення.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» розглянуто питання організації виробництва і проведено розрахунки техніко-економічної ефективності проектних рішень.

В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання охорони праці для забезпечення безпечних та здорових умов праці, аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів, правові основи забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях, інженерно – технічне забезпечення заходів цивільної оборони.

В частині «Екологія» проаналізовано сучасний екологічний стан України, розглянуто питання забруднення довкілля, що виникає внаслідок реалізації технологічного процесу, а також запропоновано заходи зі зменшення забруднення довкілля.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано прийняті в роботі технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення роботи, які можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В додатках до пояснювальної записки приведено текст розробленої програми

для керування автоматизованою установкою.

В графічній частині приведено креслення математичної моделі, алгоритмів організації дослідження, основні результати проведених досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Доведено, що при формуванні епоксикомпозитних матеріалів додаткового підвищення їх експлуатаційних характеристик досягають модифікуванням дисперсних часток компонентами зв'язувача. Встановлено, що перспективним є модифікування часток епоксидним олігомером з наступним їх термічним обробленням при температурі $T=373\text{K}$ протягом часу $\tau=2\text{год}$. Це дозволило забезпечити підвищення показників теплостійкості з $T=355..357$ до $359..360\text{K}$, руйнівного напруження з $\sigma_{\text{зр}}=40..45$ до $53...59\text{МПа}$ і модуля пружності при згинанні композитів з $E=3,1...3,7$ до $4,6...4,8\text{ГПа}$ залежно від фізичної природи введеного у зв'язувач наповнювача.

2. Обґрунтовано механізм впливу модифікованих дисперсних часток різної природи та ультрафіолетового опромінення на кінетику формування структури композитів. Показано, що в результаті опромінення збільшується активність і рухливість сегментів макромолекул, утворюються вільні радикали, поліпшується адсорбційна взаємодія інгредієнтів олігомерної системи у зовнішніх поверхневих шарах зв'язувача навколо наповнювача. Це забезпечує підвищення вмісту гел-фракції у матеріалах, відносно епоксидної матриці, з $95...96\%$ на $2...3\%$ і зниження термічного коефіцієнта лінійного розширення на $35...65\%$ залежно від природи наповнювача.

3. Встановлено, що на попередньо необхідно модифікувати дисперсні частки епоксидно-діановим олігомером з наступним їх термообробленням. На наступному етапі олігомерні композиції слід обробляти ультрафіолетовими променями, що забезпечує покращення міжфазової взаємодії у зовнішніх поверхневих шарах зв'язувача навколо наповнювача і забезпечує додаткове поліпшення руйнівного напруження з $\sigma_{\text{зр}}=53...59$ до $69...76\text{МПа}$ і модуля пружності при згинанні КМ з $E=4,6...4,8$ до $5,2...5,5\text{ГПа}$, .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стухляк П.Д.. Эпоксидные композиты для защитных покрытий. – Тернополь: Збруч, 1994. – 177 с.
2. Промышленные полимерные композиционные материалы / Пер. с англ. Под. Ред. П.Г.Бабаевского,- М.: Химия, 1980. - 472с.
3. Финкельшейн М.И. Промышленное применение эпоксидных лакокрасочных материалов. - Л.: Химия, - 1983. – 119 с.
4. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. - М.: Химия, 1977. – 304 с.
5. Черняк К.И. Эпоксидные компаунды и их применение. – Л.: Судопромиздат, 1963. – 254 с.
6. Физикохимия многокомпонентных полимерных систем / Под общ. ред. Ю.С. Липатова. -К.: Наукова думка, 1986. - Т.1. –376 с.

7. Оксидополимерные материалы матричного типа. / Шило А.Е., Пащенко Е.А.; Отв. Ред. Кислый П.С.; АН УССР. ИСМ.- Киев.: Наукова думка, 1989. – 168 с.
8. Кандырин Л.Б., Усольцев Б.Е. и др. / Исследование механических свойств наполненных композиций и полимербетонов на основе смесей фурановых и эпоксидных смол. // Пласт. массы, 2000. - №7. – С.34-37.
9. Носальский В.С. Исследование влияния типа связующих на прочностные свойства пластиков. - Проблемы прочности, 1978. - №1. - С.115-117.
10. Каган Д.Ф., Гуль В.Е., Самарина Л.Д. Многослойные и комбинированные пленочные материалы. - М.: Химия, 1989. - 288с.
11. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров. М.: ИЛ, 1963. – 345 с.
12. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров.- М: Химия, 1975. – 350 с.
13. Гуль В.Н., Кулезнев В.Е. Структура и механические свойства полимеров. – М.: Высшая школа, 1972. – 275 с.
14. Аскадский А.А. Деформация полимеров. – М.: Химия, - 1973. – 437с.
15. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. Методы измерения механических свойств полимеров. – М.: Химия, 1978. – 336 с.
16. Яновский Ю.Г., Дзюра Е.А. Торсионный маятник для исследования динамических характеристик полимерных материалов. // Заводская лаборатория, - 1969. - Т.ХХХV - №12. - С.107-111.
17. Торсионный маятник для исследования динамических характеристик полимерных материалов. // Шумский В.Ф. Новые методы исследования полимеров, - Київ: Наукова думка, 1975. - С.129-135.
18. Сергеенков С.И., Яновский Ю.Г. Торсионный маятник для исследования динамических характеристик полимеров. // Заводская лаборатория, 1971. - Т. ХХХVII - №5. - С.614-616.
19. Lewis A.F., Gillham J.K. Torsional pendulum for determination of dynamic characteristics of polymeric materials. - Appl. Polymer Sci. – 1963. - v.7, - N3. - P. 685-694.
20. Stadnicki S.J., Gillham J.K., Hazony Y. Torsional Braid Analysis for determination of dynamic characteristics of polymeric materials. - Am. Chem. Soc. Polymer Prepr. – 1974. - v.15, - N1. - P. 556-561.
21. Morrison T.E., Zapas L.J. and De Witt T.W. Determination of dynamic characteristics of polymeric materials. - Rev. Sci. Instr. – 1955. - P.27-29.
22. Schoulberg R.H., Zimmerli F.N., Kohler O.C. Torsional pendulum for determination of dynamic characteristics of polymers. - Trans. Soc. Rheol. - 1957. - P.357-359.
23. Forgacs R.L. Determination of dynamic characteristics of polymers. - Rev. Sci. Instr. – 1965. P. 307-310.
24. Cox W.P., Neilsen L.E. and Keeney R.J. Pendulum for determination of dynamic characteristics of polymers Polym. Sci. – 1957. - P.365-367.
25. Плюдеман Е.И. Поверхности раздела в полимерных композитах: Пер. с англ. под ред. Г.М.Гуняева.-М.:Мир,1978.-Т.6.-296с.
26. Стухляк П.Д., Митник М.М., Микитишин А.Г. Торсійний маятник для дослідження динамічних характеристик полімерних матеріалів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – Львів. – 2000. - №3. – С.82 – 83.

27. Санжаровский А.Т. Методы определения механических и адгезионных свойств полимерных покрытий. - М.: Наука, 1974. – 115 с.
28. Дериватограф системы Ф.Паулик, И.Паулик, Л.Эрдей. Инструкция по эксплуатации.- Будапешт: Венгерский оптический завод.-256с.
29. Зазимко В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов. - М.: Транспорт, 1981. – 103 с.
30. Лазоренко М.В., Шут Н.И., Емельянов Ю.В. Влияние агрессивных сред на структуру и релаксационные свойства эпоксидных покрытий. // Пласт. массы. – 1989. - №4. – С.91-93.

АНОТАЦІЯ

Іваник В.В. Дослідження та розробка математичної моделі формування зовнішніх поверхневих шарів навколо наповнювача в композитних матеріалах. 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

Розроблення полімерних композитних матеріалів (КМ) для вузлів технологічного устаткування ґрунтується на дослідженні фізико-хімічних процесів у системі “зв’язувач-наповнювач”. Важливе значення при формуванні КМ мають процеси структуроутворення зв’язувача у зовнішніх поверхневих шарах (ЗПШ) на межі поділу фаз навколо поверхні наповнювача. Саме тому їх дослідження на стадії формування ЗПШ є актуальним завданням при створенні КМ з наперед заданими експлуатаційними характеристиками.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ФОРМУВАННЯ, ОЛІГОМЕР, КОМПОЗИТ, АЛГОРИТМ, ПОЛІМЕР

ANNOTATION

Ivanyk V.V. Research and development of a mathematical model for the formation of external surface layers around the filler in composite materials. 151- Automation and computer-integrated technologies. - Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj. - Ternopil, 2018.

The development of polymer composite materials (KM) for technological equipment nodes is based on the study of physico-chemical processes in the "binder-filler system" system. Important in the formation of CM are the processes of the formation of a coupler in the external surface layers (FFS) at the boundary of phase separation around the surface of the filler. That is why their research at the stage of the formation of a fire suppression system is an urgent task when creating a KM with predefined performance characteristics.

Key words: TECHNOLOGY, FORMING, OLIGOMERS, COMPOSITES, ALGORITHMS, POLYMER