

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

**КОЗАК ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ
ПОПАДЮК ОКСАНА ПЕТРІВНА**

УДК 620

**РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МЕТОДУ
ОЦІНЮВАННЯ РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ
ЗА ДАНИМИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ**

Спеціальність 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами»

АВТОРЕФЕРАТ

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2017

Роботу виконано на кафедрі автоматизації технологічних процесів і виробництв
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації
технологічних процесів та виробництв
Рогатинська Олена Романівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-
інтегрованих технологій
Курко Андрій Михайлович
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Робота виконана на кафедрі автоматизації технологічних процесів і виробництв
факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться 20 лютого 2017 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні
екзаменаційної комісії №45 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. Питання дослідження матеріалів актуальне у будь-якій галузі їх застосування, адже на кону стоїть питання безпеки та надійності при їх експлуатації. Знання характеристик і можливість опису складових того чи іншого матеріалу дозволяє інженерам правильно спрогнозувати його поведінку в певному середовищі, спланувати терміни експлуатації та уникнути небажаних наслідків.

Поява перших конструкцій з анізотропних матеріалів, склопластиків на полімерній матриці, відбулося в 50-х р. ХХ ст. Починаючи з того часу розробляється математичний апарат, для опису механіки багатошарових композитних матеріалів при дії зовнішніх статичних, динамічних, температурних навантажень. Для композитів характерне пружно-лінійна деформація практично до руйнування. Механіка поведінки і руйнування композитних матеріалів детально висвітлена, наприклад, в роботах Гузя А. Н., Бакулін В. Н., Костіва В. І., Болотіна В. В., Дзакон м. та ін.

Впровадження активного застосування композитних матеріалів у різних галузях сприяло і активному розвитку неруйнівних методів контролю якості внутрішньої структури виробів. Поставало питання вивчення внутрішньої структури деталей, агрегатів та вузлів. Так питання дефектоскопії розглядались в роботах В. П. Вавілова, І. Н. Єрмолова, В. В. Вороб'я. Найбільш повне висвітлення питання контролю якості виробів із композитних матеріалів, огляд та класифікація методів неруйнівного контролю та їх застосування розглянуто у роботах В. В. Сухорукова та Б. Н. Епіфанцева, В. В. Ключова та інших. Прогнозуванню надійності конструкцій, виготовлених з композитних матеріалів, присвячені роботи науковця А. І. Потапова.

Мета і завдання магістерської роботи – розроблення такого автоматизованого методу оцінки руйнування матеріалу, який буде одночасно дешевим, ефективним та нескладним у використанні, тобто таким, що зможе принести користь навіть не надто досвідченим у цьому питанні спеціалістам.

Робота дає можливість обрати метод визначення фрактальної розмірності досліджуваного зразка виходячи з особливостей його форми, тобто елементарного візуального контролю.

Об'єкт, методи та джерела дослідження. Об'єктом дослідження є поверхня епоксидного матеріалу після руйнування. Методи виконання роботи: оптико-цифровий аналіз зображень поверхонь досліджуваних об'єктів.

Предметом дослідження є визначення залежності між фрактальною розмірністю та структурними змінами матеріалу через використання неруйнівного методу контролю.

Наукова новизна основних теоретичних та практичних результатів дипломної магістерської роботи полягає в конкретизації різниці між методами визначення фрактальної розмірності, поясненні їх причин та визначенні факторів що впливають на точність обрахунку.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для аналізу структурних змін будь-яких матеріалів без руйнування дослідного зразка у процесі аналізу.

Апробація результатів дослідження. Основні положення досліджень магістерської роботи доповідались на «V Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів» (17-18 листопада 2016 року). Тези доповіді викладені на двох сторінках у I томі збірника конференції.

Структура роботи. Дипломна робота складається із вступу, семи розділів, 17 підрозділів, висновків, списків літератури (99 посилань), та 15 аркушів графічного матеріалу.

Загальний обсяг текстової частини – 148 сторінок, 31 рисунок та 17 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: опис досягнень у дослідженні композитних матеріалів та фрактальної механіки зокрема, розробки наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об'єкт, предмет, описано наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі "Аналітична частина питання дослідження композитних матеріалів"** проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені у сфері дослідження будови композитних матеріалів, наведено опис існуючих систем автоматичної мікроскопії та деяких існуючих методів неруйнівного аналізу матеріалів. Визначено місце даної конкретної роботи у всебічному вивченні обраної проблеми. Механіка поведінки і руйнування композитних матеріалів детально висвітлена у працях А. Н. Гузя, В. Н. Вакуліна, В. В. Болотіна, В. П. Тамужа та інших. У праці А. С. Овчинського розглянуто принципи імітації макро- та мікродефектів композитних матеріалів за допомогою обчислювальних програмних засобів, що дозволяють моделювати поведінку пошкоджень конструкції під навантаженням. Можливість моделювання та розрахунку пошкоджень в програмно обчислювальному комплексі «Композит» описані в праці В. Н. Бакуліна, В. О. Каледіна, А. А. Россохи.

Розробники, що пропонують системи автоматичної мікроскопії, які складаються з мікроскопа, системи введення, комп'ютера і програмного забезпечення: ВидеоТест, Leica (системи аналізу для багатьох галузей медицини і біології, генетики та ін.), ЗАО Медицинские Компьютерные Системы (МЕКОС), Microsystems (універсальні і спеціалізовані системи для різних застосувань), Applied Imaging (системи для цитогенетики: автоматичне каріотипування, люмінесцентні методи аналізу), Dako, Biomedical Photometrics Inc (цитологія, гістологія), BioGenex, Bioview (цитологія, цитогенетика, гематологія, патологія), CellaVision (гематологія).

У **другому розділі "Фрактальна механіка в дослідженні композитних матеріалів"** подано базові поняття та методи дослідження фракталів, наведено приклади застосування теорії фракталів та фрактальної механіки композитних середовищ.

У **третьому розділі "Оптико-цифровий аналіз досліджуваних зразків"** проведено дослідження, що складалося з таких етапів: бінаризація

оригінального чорно-білого зображення, його фільтрації та повторна бінаризація отриманого зображення, проведено аналіз поверхні.

Дослідження проводили за алгоритмом, поданим на рисунку 1.

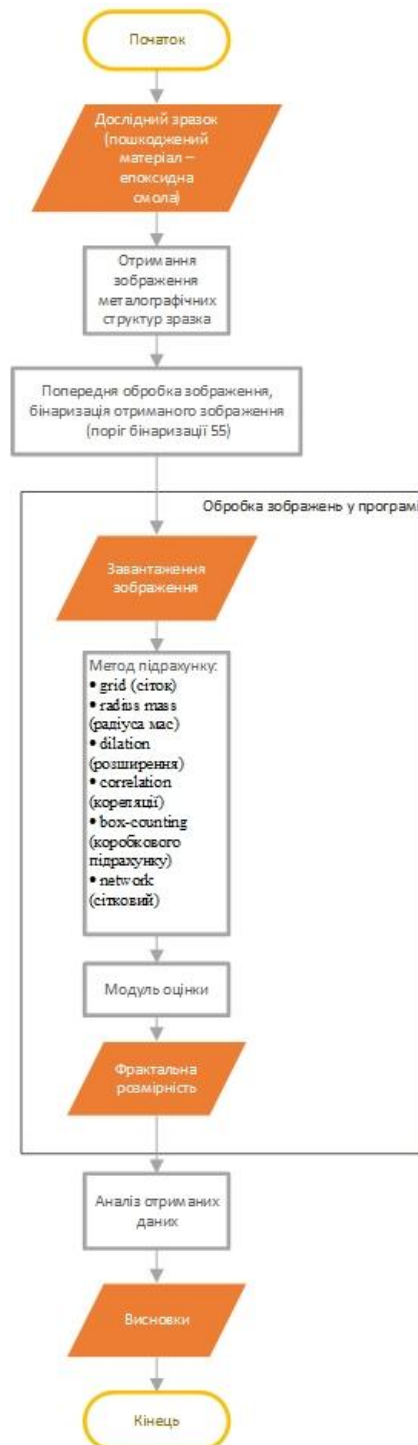


Рисунок 1. Алгоритм дослідження фрактальної розмірності

Аналіз тріщин поверхні зображень проводили з використанням програмного забезпечення «Fractalys», розробленого науковцем Gilles Vuidel, який був попередньо протестований на моделі образу килимка Серпінського.

Програма «Fractalys» дозволяє провести аналіз та визначити фрактальну розмірність кількома методами: сітки (grid), радіус маси (radius mass), розширення (dilation), кореляції (correlation), згортки Гауса (gaussian convolution), коробкового підрахунку (box-counting), мереж (Network).

У результаті обробки та аналізу фотографій чотирьох дослідних зразків були отримані наступні результати (таблиця 1).

Таблиця 1. – Результати обробки зображень дослідних зразків у програмі fractalyse

Вихідний зразок		Досліджуваний зразок			
		1	2	3	4
Метод дослідження	Опції				
Radius mas	Quadratic, Barycentre	1.773	1.71	1.768	1.71
Box...	Exponential, Grid	1.722	1.7431	1.797	1.81
	Linear, Grid	1.665	1.656	1.68	1.689
Dilation	Number of dilation: 2	1.717	1.786	1.734	1.61
Correlation	Quadratic, Default	1.734	1.86	1.768	1.742
	Quadratic, Symetric	1.758	1.878	1.768	1.769
	Quadratic, White	1.734	1.86	1.768	1.742
	Quadratic, Internal	1.75	1.881	1.787	1.76

Аналіз особливостей кожного методу визначення фрактальної розмірності та алгоритму підрахунку, а також величина похибки, що виникає при застосуванні кожного з методів привів до вибору методу кореляції як найточнішого для даного випадку. Результати говорять про значні руйнування та неупорядкованість у зразку №11.

Аналіз енергоємності руйнування композиту говорить що при динамічному деформуванні в матеріалі створюється розвинена ієрархія структурних рівнів деформації (мікро-, макро-), яка обумовлює самоузгоджене деформування і руйнування всього обсягу матеріалу. Розвиток мікротріщин (мікровідколів) обумовлений малою величиною зсувної деформації, додатково обмеженою наявністю частинок зміцнюючої фази. Визначальним є мікрорівень (при старті тріщини), просування фронту тріщини визначається макромеханізмами руйнування.

Отримані значення D свідчать про упорядкований стан структури, при якій морфологія окремих елементів сітки тріщин зберігається. Залежність фрактальної розмірності від числа виявлених одиночних і спільних тріщин встановлюється.

У четвертому розділі "Спеціальна частина" подано опис програмного забезпечення «Fractalyse», використовуваного у дослідженні, надано алгоритм роботи у програмі та описано її можливості.

У п'ятому розділі "Обґрунтування економічної ефективності" проведено планування та розрахунок перед виробничих затрат та капіталовкладень на проведення науково дослідних робіт.

У шостому розділі "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" описано надзвичайні ситуації політичного характеру та наведено порядок обчислення наслідків вибуху газоповітряних сумішей.

У сьомому розділі "Екологія" описано роль матеріало та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем, а також подана комплексна оцінка екологічності виробництва.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано результати дослідження, наведено приклади практичного застосування отриманих результатів та приведені перспективи подальшого розширення дослідження даного питання.

ВИСНОВКИ

Фрактальний аналіз є перспективним методом дослідження і, враховуючи його постійний розвиток, скоро застосовуватиметься обширно не тільки у матеріалознавстві, а й інших сферах. Сама теорія фракталів дозволяє говорити про певну прогнозованість розвитку структурних змін.

Пропонований оптико-цифровий аналіз є простим в експлуатації і в той же час дає експрес оцінку стану досліджуваного зразка без використання дороговартісних важкодоступних методів, він значно спрощує, а, отже, і пришвидшує процес аналізу дослідних зразків.

У нашому випадку для дослідження необхідна наявність програми для бінаризації отриманого зображення (CoralDraw) та програми для підрахунку фрактальної розмірності (fractalyse).

Провівши дослідження і проаналізувавши отримані за допомогою програми дані можна стверджувати що найточніші дані при визначенні фрактальної розмірності досліджуваних зразків надає метод кореляції, значення фрактальної розмірності для досліджуваних зразків номер 10, 11, 12 та 13 становить відповідно 1.734, 1.86, 1.768, 1.742. Структура зразка №11 є більш неоднорідною що говорить про значні руйнування

Результати дослідження можна використати при визначенні взаємозв'язку між фрактальною розмірністю та енергоємністю зразків, для дослідження швидкості протікання руйнувань в матеріалах.

Системи автоматизованої мікроскопії постійно вдосконалюються і є причини надій на подальше впровадження у різні сфери як дослідної так і виробничої діяльності.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Попадюк О. П. Автоматизація визначення фрактальної розмірності поверхонь руйнування епоксикомпозитних матеріалів / О. П. Попадюк, В. П. Козак // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року – Т. : ТНТУ, 2016 – Том I. – С. 42-43. – (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

Анотація

Тема: «Розроблення автоматизованого методу оцінювання руйнування композитних матеріалів за даними фрактального аналізу»

Магістерська робота: 148 с. пояснювальної записки, 15 аркушів графічного матеріалу, 99 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: фотознімки структурних руйнувань чотирьох зразків композиту ЕД-20 після пошкодження.

Метою роботи є розроблення такого автоматизованого методу оцінки руйнування матеріалу, який буде одночасно недороговартісним, ефективним та нескладним у використанні, тобто таким, що зможе принести користь навіть не надто досвідченим у цьому питанні спеціалістам.

Методи дослідження: оптико-цифровий аналіз.

Проаналізовано наявні у програмі «Fractalyse» методи визначення фрактальної розмірності матеріалів, їх переваги та недоліки. Обрано оптимальні для аналізу досліджуваних зразків.

Результати дослідження можна використати при визначенні взаємозв'язку між фрактальною розмірністю та енергоємністю зразків, для дослідження швидкості протікання руйнувань в матеріалах.

Ключові слова: фрактал, фрактальна розмірність, руйнування, композит, композитні матеріали, пошкодження, автоматизація.

Summary

Theme: "Development of automated method of assessing fracture of composite materials according to fractal analysis"

Master's thesis: 148 pages of explanatory note, 15 pages of graphic material, 99 references.

The object of the study: structural damage pictures for four composite samples of ED20 after injury.

The aim is to develop this automated method for assessing material destruction, which will be simultaneously cheap, effective and easy to use, that is one that will benefit even not very experienced in this matter experts.

Methods: digital optical method of analysis.

Analyzes available in the program «Fractalyse» methods of determining the fractal dimension of materials, their advantages and disadvantages. Elected best to analyze the samples.

Results of the study can be used in determining the relationship between the fractal dimension and power consumption specimens to study the speed of damage in materials.

Keywords: fractal, fractal dimension, fracture, composite, composite materials, damages automation.