

Вікторія В. Шиберко (Луцький національний
технічний університет, Україна)

Віктор Д. Рудь (Луцький національний
технічний університет, Україна)

Надія Т. Рудь (Луцький національний
технічний університет, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНО НЕОДНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ*

У статті наведено приклад використання пакета прикладних програм на основі систем C#, C++, MATLAB. Доведено переваги запропонованого алгоритму моделювання. Представлено структурну модель композитного матеріалу.

Ключові слова: структурно неоднорідні матеріали, метод скінченних елементів, комп'ютерно-інформаційні технології.

Рис. 6. Літ. 10.

Викторія В. Шыберко (Луцкий национальный
технический университет, Украина)

Виктор Д. Рудь (Луцкий национальный
технический университет, Украина)

Надежда Т. Рудь (Луцкий национальный
технический университет, Украина)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье представлен пример использования пакета прикладных программ на основе систем C#, C ++, MATLAB. Доказаны преимущества предложенного алгоритма моделирования. Приведена структурная модель композитного материала.

Ключевые слова: структурно неоднородные материалы; метод конечных элементов; компьютерно-информационные технологии.

Viktoriya V. Shyberko (Lutsk National Technical University, Ukraine)

Viktor D. Rud (Lutsk National Technical University, Ukraine)

Nadiya T. Rud (Lutsk National Technical University, Ukraine)

COMPUTER & INFORMATION TECHNOLOGIES USAGE FOR DETERMINING THE PROPERTIES OF STRUCTURALLY NONUNIFORM MATERIALS

The article presents the case study with the application of the software based on C#, C++, MATLAB. The advantages of the suggested simulation algorithm are grounded. The structural model of the composite material is demonstrated.

Keywords: structurally nonuniform materials; the method of finite elements; computer & information technologies.

* статтю підготовлено на основі доповіді на XII-му міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та екології» (1–5 липня 2013 р., оз. Світязь – Київ).

Постановка проблеми. Сучасний період розвитку суспільства характеризується суттєвим впливом комп'ютерних та інформаційних технологій, які проникають в усі сфери людської діяльності, забезпечують поширення інформаційних потоків. Застосування новітніх технологій дозволяє перейти від конкретного спостереження та констатації фактів до прогнозування різноманітних властивостей матеріалів, виробів, процесів. Комп'ютерно-інформаційні технології почали інтенсивно використовуватися з 90 років минулого століття і в галузі матеріалознавства, утворивши нову дисципліну – комп'ютерне матеріалознавство. Основна мета цієї дисципліни полягає не лише в тому, щоб ознайомити майбутніх спеціалістів із сучасними програмними продуктами, а також у тому, щоб навчити аналізувати структурні характеристики матеріалів з метою прогнозування фізико-механічних властивостей композитів.

Аналіз останніх досліджень публікацій. Дослідженням фізико-механічних властивостей структурно неоднорідних матеріалів свого часу займалися: Р.А. Васін [2], А.М. Галкін [6], О.А. Кайбишев [2], Р.М. Кашаєв [2], А.А. Лебедев [4], П.І. Полухін [6]. Результати досліджень цих учених мають феноменологічний характер, тому механічні властивості у більшості випадків не корелюються із структурою матеріалів.

З 90-х років ХХ ст. вченими пропонуються комп'ютерно-імітаційні моделі, для того, щоб зв'язати структурні характеристики матеріалів з їхніми фізико-механічними характеристиками. Отримані за цими методиками дані часто мають якісний характер, тому важливим є подальше впровадження новітніх комп'ютерно-інформаційних технологій у процеси дослідження, що дозволить отримувати експериментальні дані більшої точності та зменшити при цьому кількість витрачених матеріалів і людських ресурсів.

Мета дослідження полягає у розробці програмно-апаратного комплексу для аналізу структури й прогнозування властивостей, встановлення кореляційних зв'язків між складовими компонентів і будовою структурно неоднорідних матеріалів.

Основні результати дослідження. Структурно неоднорідні матеріали (СНМ) є найпоширенішими як серед природних, так і штучних. Вони знаходять широке застосування в багатьох галузях промисловості і будівництва. За своєю структурою ці матеріали дуже різноманітні, також різними є властивості цих матеріалів, тому математичне моделювання структури потрібно здійснювати для кожної групи структурно неоднорідних матеріалів з урахування їхніх властивостей. Однак поділ СНМ і їхніх властивостей на групи має умовний характер.

СНМ, на перший погляд, можна легко класифікувати за числом компонентів або числом фаз, що утворюють матеріал. При цьому мається на увазі, що кожний компонент має щодо іншого хоча б одну відмітну ознаку або за фізичними властивостями, або статистичного характеру. Проте такий поділ матеріалів є досить умовним, оскільки в статистичних сумішах у кожного компонента можна провести розподіл на групи за іншими ознаками. Класифікація СНМ залежить від завдань, які потрібно вирішити для цих матеріалів [1].

Найбільш поширеною є класифікація за:

- фізичними властивостями компонентів;

- формою частинок;
- розподілом частинок у просторі за розмірами;
- розподілом частинок у просторі за орієнтацією.

За фізичними властивостями розподіл компонентів також слід проводити з урахуванням поставлених завдань, виділяючи лише ті фізичні властивості, які дійсно впливають на досліджувані характеристики композицій. Наприклад, деякі характеристики майже не залежать від хімічної будови матеріалів за одних і тих же кількісних відношеннях хімічних елементів, хоча при цьому набір речовини може бути різним з різними фізичними властивостями. В той же час густина такого матеріалу істотно впливає на фізико-механічні характеристики [1; 4].

За своєю формою компоненти можна поділити на частинки:

- ізометричної (сферичної) форми;
- неізометричної форми;
- компоненти, що не мають форми.

За розподілом компонентів у просторі композиції поділяються на два класи:

- композиції статистично ізотропні;
- композиції статистично анізотропні.

Композиції з різним ступенем шаруватості можна віднести до класу статистично анізотропних композицій (рис. 1). Більшість природних і штучних гетерогенних матеріалів відноситься до класу статистично ізотропних або слабо анізотропних матеріалів, дослідження фізико-структурних властивостей яких є першочерговим завданням [1].

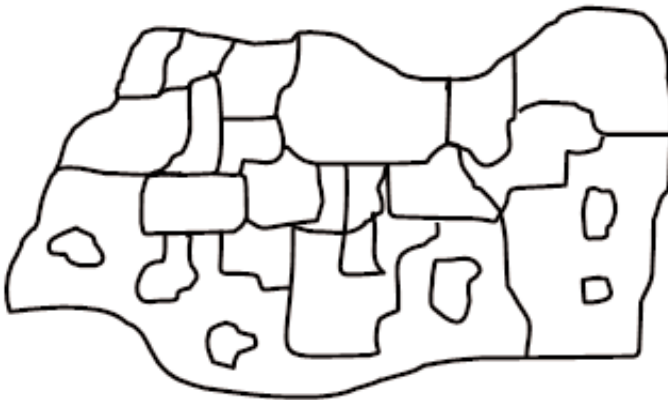


Рис. 1. Структурно неоднорідний матеріал, складено за даними [5]

Розподіл компонентів структурно неоднорідних матеріалів за розмірами має сенс тільки в тому випадку, якщо вони мають форму. Це або різного типу наповнювачі і заповнювачі, або компоненти композицій без заповненого середовища. За розподілом частинок композиції поділяються на:

- однорідні (монорозмірні);
- із дискретним розподілом;
- частинки з безперервним розподілом за розмірами.

До першої групи відносять моноатомарні металеві рідини, до другої – різні шлакові розплави, до третьої – різноманітні матеріали з наповнювачами (технічні ізоляційні матеріали, пластмаси).

Як показує практика, будь-яке теоретичне дослідження передбачає створення математичної моделі (явища). В даному випадку виникає необхідність створення такої математичної моделі (явища), за допомогою якої можна розрахувати і досліджувати фізичні та структурні характеристики різних композитних матеріалів [8].

Виходячи з розглянутого матеріалу, систему комп'ютерного моделювання структури композитів доцільно реалізувати у вигляді пакета прикладних програм, побудованих з використанням модульного принципу. Така організація програмного середовища надає можливості його модифікації та розширення – доповнення новими модулями для розв'язування нових класів задач.

Нами було розроблено пакет прикладних програм (ППП). Архітектура запропонованого програмного середовища розроблена у системах C#, C++, MATLAB. Вихідні дані відповідали заданим функціям і цілком підлягали етапам розв'язку диференціальних рівнянь з частинними похідними за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Матеріальна реалізація PPP представлена програмно-апаратним комплексом на базі персонального комп'ютера (рис. 2).



1 – мікроскоп; 2 – шліф досліджуваного матеріалу; 3 – інтерфейс програми Smart-eye; 4 – персональний комп'ютер.

Рис. 2. Оптико-програмний комплекс для визначення морфології і структури матеріалів, складено за даними [8]

Функціонально-графічний інтерфейс можна розподілити на такі підсистеми [9]:

- підсистема формування вхідних даних (набір модулів, які реалізують визначення користувачем геометричної моделі (побудову областей), вибір системи диференціальних рівнянь і введення її коефіцієнтів, завдання крайових, початкових умов та умов спряження);

- підсистема відображення скінченно-елементної сітки (набір функцій для візуального зображення сітки, запропонованої у підсистемі формування скінченно-елементної сітки);

- підсистема візуалізації розв'язку (набір модулів, призначених для графічного відображення отриманого розв'язку (у вигляді поля, поверхні розв'язку, ліній рівня)).

Підсистема знаходження наближеного розв'язку задачі містить:

- модуль обчислення базисних функцій для кожного скінченного елемента;

- модуль побудови матриць жорсткості та маси окремих елементів;

- модуль формування глобальних матриць жорсткості та матриць маси, а також вектора вузлових сил;

- модуль розв'язання системи звичайних диференціальних рівнянь.



Рис. 3. Структура програмно-апаратного комплексу, складено за даними [8; 9]

Переваги запропонованого алгоритму моделювання:

- можливість сумісного використання з іншими пакетами розширення, що входять до складу C#, C++, MATLAB;

- можливість застосування функцій, написаних на мовах програмування C#, C++, MATLAB, як шаблонів для розробки нових додатків;

- керування функціями даного пакета прикладних програм здійснюється без затримок у реальному часі.

Приклад використання комп'ютерного моделювання запропонованого пакета прикладних програм. Моделювання проводилось для композитного матеріалу Al-ШХ15, що являє собою алюмінієву матрицю, армовану частками порошку. Порошок сталі ШХ15 отримано в результаті утилізації і шліфуваль-

ного шламу ПАТ «СКФ-Україна». Частки порошку сталі ШХ15 мали в основному дендритну та голкоподібну форму.

Досліджувані зразки отримували шляхом сухого ізостатично-радіального пресування у вигляді втулок. Спінання проводили з використанням методу саморозповсюдженого високотемпературного синтезу (СВС-процес) у спеціальному реакторі закритого типу в середовищі аргона. Як досліджуваний параметр визначали розподіл пористості за об'ємом пресовки. Попереднє визначення структури проводили по шліфах. Приклад структури наведено на (рис. 4). Із наведеного видно, що отримана структура має неоднорідний характер – зона а), зона б).

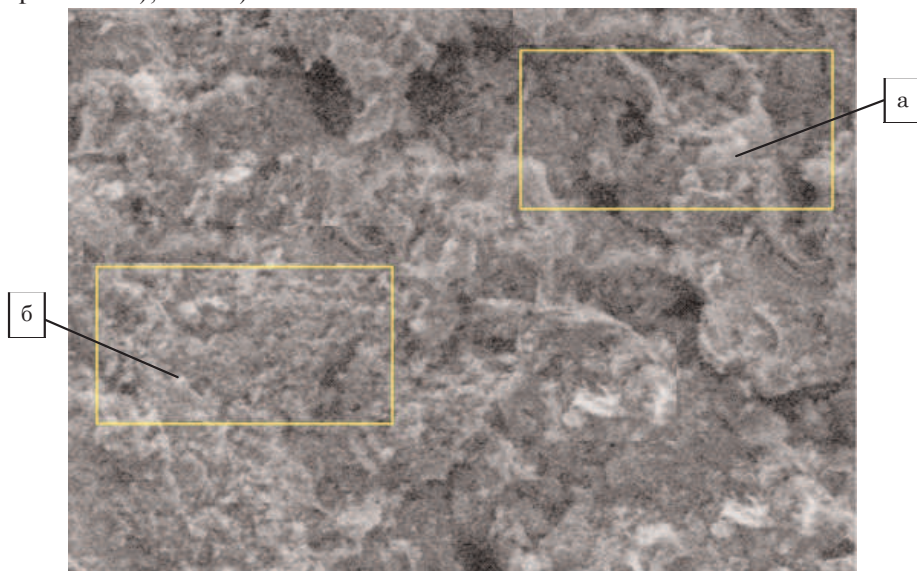


Рис. 4. Структура зразків, отриманих методом СВС (а – до і б – після спікання), складено за даними [5]

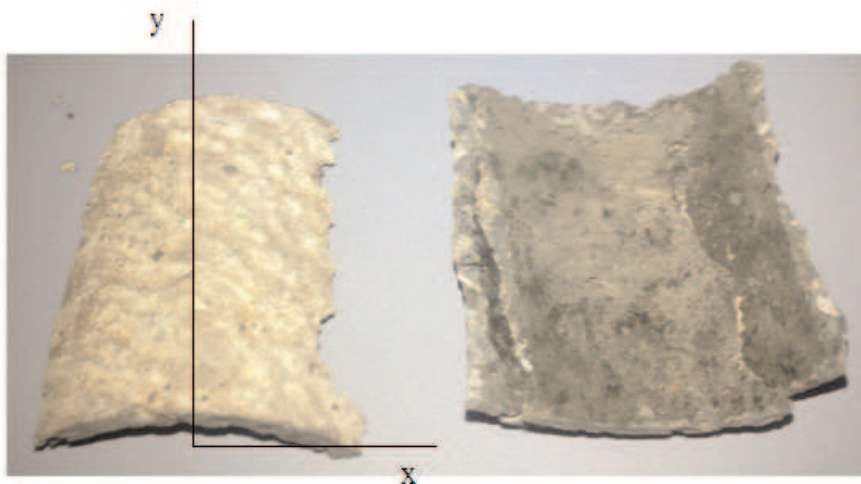


Рис. 5. Комп'ютерна модель втулки, складено за даними [9]

Моделювання розподілу пористості проводили для елемента втулки, наведеного на (рис. 5).

На рис. 6 наведено скінченно-елементну сітку для частки втулки. По осі x – наведена відносна ширина досліджуваного зразка, по осі y – відносна довжина, по осі z – відносне коливання пористості. Коливання пористості визначається відносно середньої пористості для незруйнованого зразка.

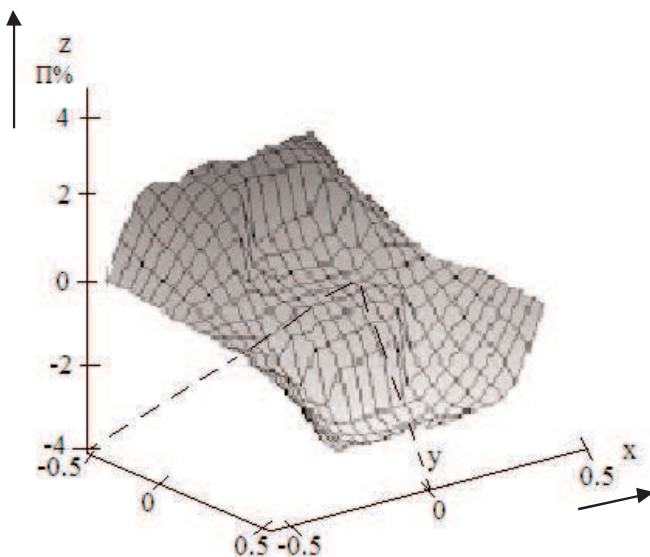


Рис. 6. Скінченно-елементна сітка для визначення відхилення пористості втулки залежно від геометричних параметрів, складено за даними [1; 10]

Нами проведено значну кількість експериментів для різних випадків зовнішнього навантаження, крайових і початкових умов, умов спряження, а також характеристик між складовими компонентами.

Висновки. Комп'ютерно-інформаційні технології створюють інформаційний фундамент розвитку науки і всіх інших технологій. Визначальними стимулами розвитку інформаційної технології є соціально-економічні потреби суспільства, яке зацікавлене в швидшій інформатизації та комп'ютеризації всіх без винятку сфер діяльності.

Запропонований пакет програми завдяки своїй органічній сумісності за стандартними засобами середовища MATLAB, C#, C++ дозволяє значно розширити можливості цього середовища для розв'язування динамічних задач з умовами спряження.

Даний пакет прикладних програм можна застосовувати для вибору існуючих або створення нових композитів із наперед заданими властивостями для експлуатації за певних умов, а також динамічного розрахунку композитних середовищ з урахуванням розмірів структурних елементів, встановлення кореляційних зв'язків між складовими, будовою та властивостями.

1. Дейнека В.С., Сершенко І.В., Скопецький В.В. Моделі та методи вирішення задач із різними умовами. – К.: Наукова думка, 1998. – 615 с.

2. *Кайбишев О.А., Васин Р.А., Кашаев Р.М.* Установка для проведения испытаний материалов в условиях сложного нагружения: Справочник. – Минск: Диагностика материалов. 2000. – 150 с.
3. *Лобур М.В., Теслюк В.М.* Оптимизация математических систем. – Минск: Беларусь, 1983. – 400 с.
4. Механические свойства конструкционных материалов при сложном состоянии: Справочник / А.А. Лебедев, Б.И. Ковальчук, Ф.Ф. Гигиняк, В.П. Ламашевский и др. – К.: Наукова думка, 1983. – 366 с.
5. *Немухин А.В.* Компьютерное моделирование в химии // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №4. – С. 50–74.
6. *Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М.* Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: Справочник. – М.: Металлургия, 1976. – 488 с.
7. *Руссаков П.Г.* Описание сегрегации агломерационной шихты и других материалов. – Днепропетровск, 1985. – 160 с.
8. *Середенко Ю.А.* Комп'ютерно-інформаційні технології. – Дніпропетровськ, 2002. – 440 с.
9. *Сигалов А.В.* Математичне та комп'ютерне моделювання процесів в композитних середовищах // Системний аналіз. – 2008. – №5. – С. 127–134.
10. *Флетчер К.* Численные методы на основе метода Галеркина / Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 352 с.

Стаття надійшла до редакції 31.07.2013.