

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ АНСАМБЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Колесников А.В., к.т.н, ст. преподаватель,
Дмитренко М.П., ст. преподаватель,
Кириленко Г.А., ассистент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
maryana06@ukr.net

Аннотация. В статье рассматриваются механизмы формирования структурных ансамблей строительных композиционных материалов с позиции теории иерархических систем. Предлагаемая модель элементарного структурного ансамбля состоит из структурообразующей частицы заполнителя и внешних слоев мелкодисперсных фракций композита. В качестве особого вида “заполнителя” рассматриваются поры. Наличие элементов структурной организации рассматриваемого типа для пористого композита подтверждается методами компьютерной микроскопии. Показана активная роль структурообразующих частиц и пор, приводящая к уплотнениям и деформациям ближайших слоев мелкодисперсных компонентов композита.

Ключевые слова: композиционные материалы, структура, иерархические модели, поры, компьютерная микроскопия, денситометрия.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ СИСТЕМНИХ МЕХАНІЗМІВ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНИХ АНСАМБЛІВ В БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ

Колесников А.В., к.т.н., ст. викладач,
Дмитренко М.П., ст. викладач,
Кириленко Г.А., асистент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
maryana06@ukr.net

Анотація. У статті розглядаються механізми формування структурних ансамблів будівельних композиційних матеріалів з позиції теорії ієрархічних систем. Пропонована модель елементарного структурного ансамблю складається зі структуроутворюючої частки заповнювача і зовнішніх шарів дрібнодисперсних фракцій композита. Як особливий вид «заповнювача» розглядаються пори. Наявність елементів структурної організації розглянутого типу для пористого композита підтверджується методами комп'ютерної мікроскопії. Показано активну роль структуроутворюючих часток і пор, що приводить до ущільнень і деформацій найближчих шарів дрібнодисперсних компонентів композита.

Ключові слова: композиційні матеріали, структура, ієрархічні моделі, пори, комп'ютерна мікроскопія, денситометрія.

INVESTIGATION OF SOME SYSTEM MECHANISMS OF STRUCTURAL ENSEMBLES FORMATION IN CONSTRUCTION COMPOSITE MATERIALS

Kolesnikov A.V., Phd, senior lecturer,
Dmitrenko M.P., senior lecturer,

Abstract. The article deals with the mechanisms of structural ensembles of building composite materials formation from the position of hierarchical systems theory. The proposed model of an elementary structural ensemble consists of a structure-forming aggregate particle and outer layers of finely dispersed fractions of the composite. The model of a complex structural ensemble consists of a large structure-forming particle, structural ensembles of the previous hierarchical level, and finely dispersed fractions of the material. Pores are considered as a special kind of a "filler". The presence of elements of the structural organization of this type for the porous composite is confirmed with the methods of computer microscopy. Microphotographs of the investigated composite material were subjected to densitometry with the method of averaged radial profiles. The active role of structure-forming particles and pores is shown, leading to densification and deformation of the composite nearest layers of finely dispersed components. The proposed model of hierarchical structure is considered as promising for quantitative description, modeling and optimization.

Keywords: composite materials, structure, hierarchical models, pores, computer microscopy, densitometry.

Введение. Одним из направлений современного строительного материаловедения является установление причинно-следственных связей эксплуатационных характеристик композиционных материалов с их структурой. Для структурной организации материала характерно иерархическое распределение по пространственно-временным масштабам. Соседствующие структурные уровни формируются в процессе структурообразования согласовано, взаимно влияя друг на друга. Для ряда распространенных в строительной индустрии композитов характерна приближенная бимодальность или полимодальность распределения частиц по размерам – присутствуют относительно крупные частицы заполнителя и мелкие частицы вяжущего, наполнителя, добавок. Качественно такое же строение наблюдается также и для пористых материалов. Иерархическое строение рассмотренных композитов прослеживается особенно наглядно и для него представляется оправданным построение упрощенных структурных моделей. Модели такого же вида могут быть построены и для материалов с сложным полимодальным гранулометрическим распределением, однако здесь на первом месте находится не качественный, а количественный аспект структурообразования. Простейшие иерархические структурные модели – «планетарные», с активно влияющим структурообразующим центром и пластичной периферией. Ряд экспериментальных фактов, полученных с помощью оптической компьютерной микроскопии, качественно соответствуют предлагаемым структурным моделям. Иерархическим структурным моделям композитов, их верификации и возможным применениям посвящена работа.

Цели и задачи исследования. На основании методов компьютерной микроскопии разработать методику исследования структурных ансамблей в пористом композиционном материале. Обобщить рассматриваемую структурную модель на другие материалы с би- и полимодальными гранулометрическим распределением формирующих его частиц (рис.1).

Анализ последних исследований. Формирование структуры композиционных материалов – сложный процесс, происходящий одновременно на нескольких пространственно-временных иерархических уровнях [1]. Продуктивными методами исследования подобных объектов является теория иерархических систем [2] и теория фракталов [3, 4]. Эти особенности структурообразования отображаются, в частности, в элементах пространственного строения сформировавшегося материала. Такой структурой обладает, например, полистиролбетон, керамзитобетон, гипсовый композит с заполнителем из частиц пеностекла. Поры воздушного или гидравлического происхождения могут быть

также рассмотрены как особый тип «заполнителя» [5].

Результаты исследований. Для рассматриваемых материалов можно предложить следующую модель структурного ансамбля. В центре находится структурообразующая частица, окруженная слоем мелкодисперсных компонентов, граничащей с ней посредством межфазной поверхности раздела [6] (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид гранулометрического распределения в материалах рассматриваемых классов

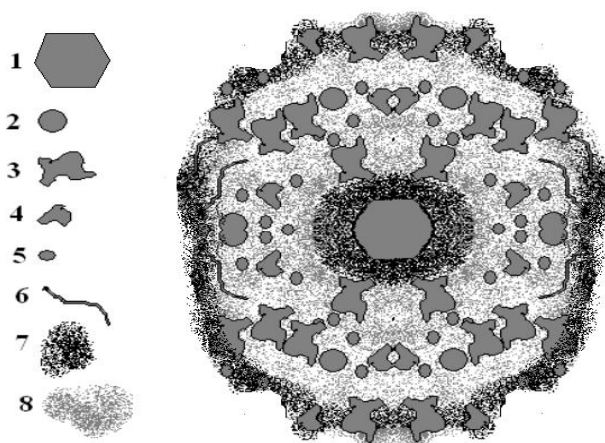


Рис. 2. Обобщенная модель микроструктурного ансамбля рассматриваемых материалов: 1 – структурообразующие частицы заполнителя либо поры, 2 – частицы средних размеров, 3 – частицы наполнителя, 4 – поры сложной формы, 5 – мелкие поры, 6 – технологические трещины, 7 – области высоких локальных деформаций, 8 – области материала со свойствами, близкими к усредненным

Одной из существенных черт, присущих построенной геометрической модели – активная роль центральной структурообразующей частицы либо поры. В процессе структурообразования вблизи границы раздела структурообразующей частицы (1, рис. 2) образуется область высоких пластических деформаций (7, рис. 2). В процессе схватывания область высокой плотности вяжущего и остальных мелкодисперсных компонентов сохраняется, что во многих случаях легко обнаруживается с помощью оптической (компьютерной) микроскопии. Так, применение специальных методов денситометрии, основанных на усреднении радиальных профилей интенсивности, к гипсовому штукатурному композиту позволило выявить рассмотренную активную роль пор в структурообразовании.

С этой целью на микрофотографии ровных участков поверхности скола штукатурного композита после предварительного выравнивания общего уровня освещенности выделялись центры крупных пор. Из них на равном угловом расстоянии друг от друга строились отрезки, достигающие до внешних границ структурного ансамбля (в рассматриваемом случае длина

отрезка составляла 1,6 мм). Исследовались профили интенсивности вдоль каждого из таких отрезков (рис. 3).

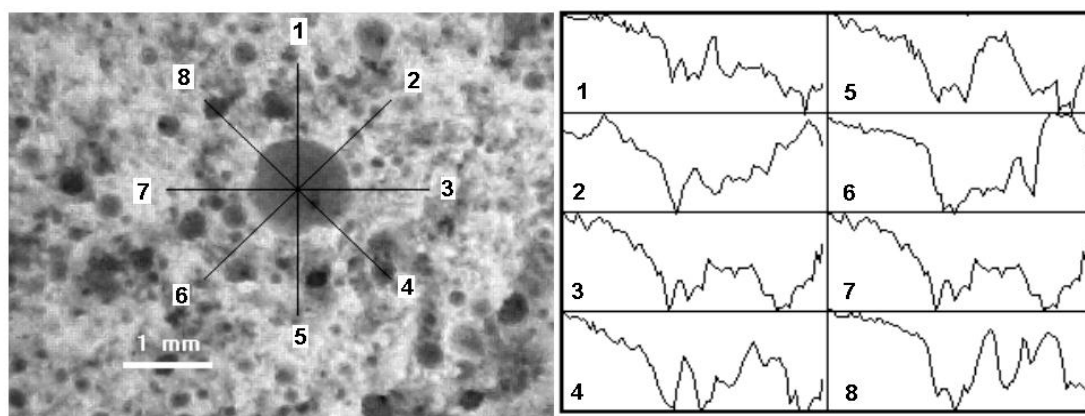


Рис. 3. Результаты денситометрического анализа структурного ансамбля для восьми направлений

Из приведенной методики измерений и рис. 3 ясно, что результат измерения вдоль каждого из направлений является реализацией некоторого случайного процесса. Начальная часть денситограмм соответствует более интенсивно окрашенной поре. Здесь и далее в денситограммах по оси ординат – условные единицы интенсивности окраски. Последующие фрагменты обусловлены структурными особенностями изучаемого ансамбля.

Для получения объективной усредненной зависимости радиального распределения интенсивности производилось усреднение денситограмм по направлениям и строился усредненный профиль радиальной интенсивности. Число направлений увеличивалось до 50 для улучшения статистической достоверности исследований. Полученные результаты показаны на рис. 4.

Таким образом, вблизи поры свойства материала оказываются измененными (рис. 4, б). Пора (либо структурообразующая частица) проявляет активную роль, направленную на уплотнение и организацию ближайшего объема материала согласно своей геометрической форме.

С системной точки зрения, такие частицы можно считать структурной детерминантной [7], навязывающей окружающему материалу специфический набор свойств.

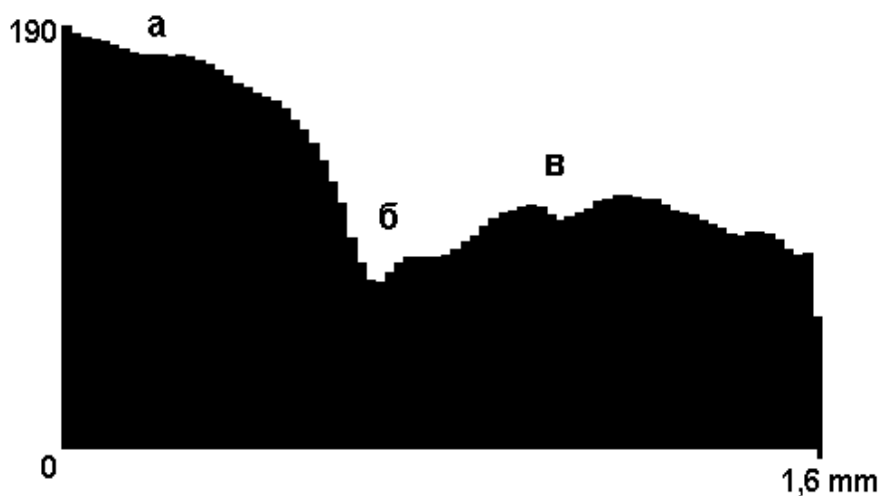


Рис. 4. Усредненный радиальный профиль структурного ансамбля:
а – область поры, б – область уплотнения материала, в – периферия структурного ансамбля

Концептуальная схема рассмотренных взаимодействий выглядит следующим образом (рис. 5). Здесь сплошными линиями показаны детерминирующие связи, пунктирные линии – обратные связи, обуславливающие более слабые эффекты.

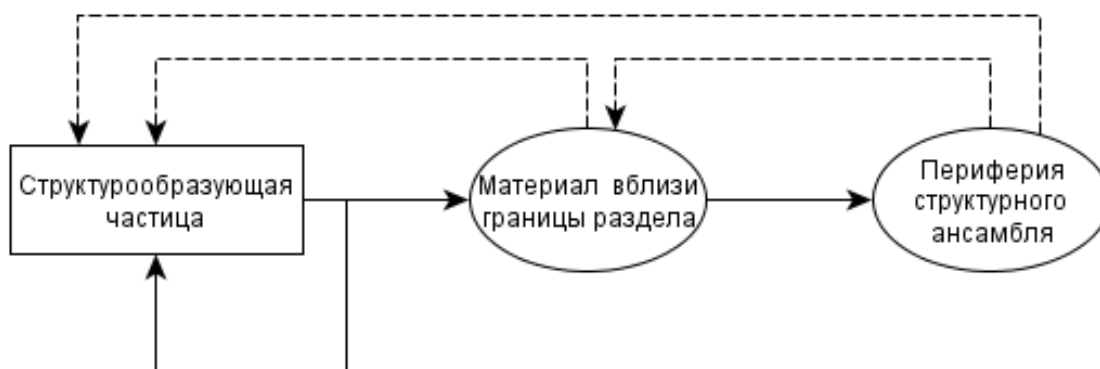


Рис. 5. Структурная детерминанта ансамбля и ее взаимодействие с зависимыми подсистемами

Степень детерминированности воздействий в рассмотренной системе может быть качественно и количественно оценена. Для этой цели, например, можно оценивать степень соответствия формы структурообразующей частицы и охватывающего ее материала. Это можно осуществить также с помощью количественных методов компьютерной микроскопии, что составляет тему дальнейших исследований.

Выводы. Разработаны модели структурных ансамблей композиционных материалов с крупными структурообразующими частицами и порами. Разработана и применена методика исследования пористой структуры материала с помощью компьютерной денситометрии. Метод позволил верифицировать некоторые основные положения рассмотренной модели. С помощью теории систем рассмотрена детерминирующая функция структурообразующих частиц.

Литература

1. Суханов В.Г. Структура материала в структуре конструкции / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, О.А. Коробко. – Одесса: Полиграф, 2016. – 244 с.
2. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаха. – М.: Издательство «Мир», 1973. – 344 с.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: [пер. с англ.] / Б. Мандельброт. – М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. – 656 с.
4. Федер Е. Фракталы / Е.Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
5. Kersh V. Structurally-Oriented Design of the Heat Insulation Plastering Material / V. Kersh, A. Kolesnikov, T. Lyashenko, M. Pidkapka // No: Proceedings of REHVA Annual Conference 2015, Latvija, Rīga, 6.-9. maijs, 2015. Rīga: RTU PRESS, 2015, 241.-244.lpp. ISBN 978-9934-10-685-9
6. Керш В.Я. Физико-химические основы рационального выбора компонентов теплоизоляционного материала / В.Я. Керш, А.В. Колесников. // Вісник ОДАБА. – Одеса: «Зовнішрекламсервіс», 2013. – № 50 (1). – С. 125-130.
7. Крыжановский Г.Н. Детерминантные структуры в патологии нервной системы : Генератор. механизмы нейропатол. синдромов / Г.Н. Крыжановский. – М.: Медицина, 1980. – 358 с.

Стаття надійшла 12.06.2017