

## ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИЦИИ КАК ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ

Казмирчук Н.В., Коробко О.А., Выровой В.Н.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса*

**Проведен анализ влияния изменения внешних электромагнитных воздействий и наполнителей на структурообразование и свойства наполненных полимерных композиций как сложных динамических открытых систем.**

### **Введение.**

Разнообразие состава, организация совокупности взаимосвязанных подструктур, способность к направленным структурным изменениям, осуществление постоянного обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией позволяют отнести наполненные полимерные композиции (НПК) к сложным динамическим открытым системам [1]. Проявление свойств полимерсодержащих композитов как целостного объекта обеспечивается согласованным взаимодействием множества отдельных подсистем (кластеров) посредством внешних границ раздела [2]. Межкластерные поверхности раздела (МКПР) можно представить как самостоятельные элементы структуры, параметры которых задают условия для формирования свойств НПК (функций их структурных составляющих) через организацию внутренних границ раздела и технологических трещин [3]. Свойства МКПР определяются параметрами кластерных структур, которые зависят от тенденций структурообразования полимерных композитов как многофазных гетерогенных высококонцентрированных грубодисперсных лиофобных систем с лиофильной границей раздела фаз [2].

Представление НПК в качестве сложных динамических открытых систем предполагает их повышенную «чувствительность» к начальным условиям. Локальное изменение свойств внутренней и внешней среды (путем применения наполнителей и специальных матриц [4]) должно привести к изменению организации кластерных структур, что будет отражаться на параметрах МКПР и, как следствие, свойствах всей системы. Исходя из этого, была поставлена задача исследований – изучение влияния внутренних и внешних воздействий на структурообразование и свойства полимерсодержащих композиций как сложных динамических открытых систем.

### **Моделирование структурной организации НПК.**

Выбор модели полимерных композитов основывали на следующих предположениях при определенных допущениях [5]:

- наполненные полимерные композиции представляют собой открытые сложные динамические системы, что позволяет предположить возможность направленного изменения их структурных составляющих под влиянием внешних и внутренних воздействий;

- организация структуры НПК осуществляется в результате неуравновешенных межчастичных взаимодействий путем спонтанного распределения частиц дисперсной фазы по структурным агрегатам при одновременном протекании поверхностных эффектов на границах раздела фаз и реакций полимеризации и отверждения [2];

- в результате неуравновешенных межчастичных взаимодействий в системе происходит образование сложной совокупности отдельных иерархически соподчиненных дискретных подструктур, объединенных в единое целое через межкластерные поверхности раздела;

- процессы структурообразования и твердения приводят к локальным изменениям плотности в объеме полимерных композитов и протяженности межфазных поверхностей раздела, что обуславливает проявление начальных объемных деформаций НПК как неаддитивного отражения их структурных преобразований [6];

- изменение составов наполнителей (внутрисистемный фактор) и свойств природных электромагнитных полей (постоянно действующий внешний фактор) вызывает начальных условий организации структуры НПК и, как следствие параметров кластерных структур, что должно отразиться на величине и кинетике объемных деформаций твердеющих систем.

Принятые предположения позволили выбрать физическую модель полимерных композиций, которая включала гранулы вспененного полистирола и эпоксидную смолу без отвердителя в качестве дисперсной фазы и дисперсионной среды, соответственно. Для анализа был выделен фрагмент модельной системы: на поверхности смолы произвольно располагали полистирольные гранулы на расстояниях, обеспечивающих действие разновеликих капиллярных сил, (имитация силы межчастичных взаимодействий). Организация структуры модели осуществлялась в результате самопроизвольного перераспределения шарообразных гранул по структурным агрегатам.

Для внутренней активации модельной системы применяли гранулы полистирола различного диаметра. Были приняты следующие составы:

- с одинаковым размером частиц:  $d_1=3\text{мм}$ ;  $d_2=6\text{мм}$ ;  $d_3=9\text{мм}$ ;
- с соотношением размеров частиц:  $d_3/d_1=3$ ;  $d_2/d_1=2$ ;  $d_3/d_2=1,5$ .

Внешнюю активацию моделей проводили путем изменения внешних электромагнитных воздействий в результате использования специальных матриц, представляющих собой печатные платы с симметричным рисунком, нанесенном графитсодержащей краской на полиэтиленовую основу [4].

При определении влияния внутренних и внешних воздействий на начальные объемные деформации ( $\Delta V$ ) применяли физические модели НПК, состоящие из связующего (эпоксидная смола ЭД-20 + 10% отвердителя ПЭПА) и тонкомолотого кварцевого песка с различной дисперсностью в количестве 65% от объема состава.

Объемные деформации моделей контролировали по специальной методике [6] в течение 15 часов до момента их затухания.

#### **Влияние активации на структуру и свойства НПК.**

Оценивали следующие структурные параметры модельных систем:

- размеры структурных блоков, определяемые через протяженность их внешних границ  $L_{\text{бл}}$ ;
- форму и площадь агрегатов  $S_{\text{бл}}$ ;
- отношение площади блока к протяженности его внешней границы:  $L_{\text{бл}}/S_{\text{бл}}$ ;
- количество частиц  $n$  в агрегатах и отношения:  $L_{\text{бл}}/n$  и  $S_{\text{бл}}/n$ ;
- обобщенную фрактальную размерность  $D_q$  модельной системы как функцию спектра фрактальных размерностей структурных блоков, которые определяли по методу береговой линии [7].

Анализ полученных результатов показал (табл.1), что изменение внешних электромагнитных воздействий определяет размеры и форму агрегатов модельных систем. Величина  $L_{\text{бл}}$  монодисперсных моделей изменяется на 9-21%, полидисперсных моделей – на 26-46%. Площадь кластерных структур может увеличиваться до 26% при одинаковом размере частиц и до 2 раз в системах с различным диаметром частиц. Использование матриц приводит к увеличению сроков формирования структурных блоков. Форма и взаиморасположение агрегатов зависит от ориентации линий печатного рисунка фрактально-матричных резонаторов, рис.1.

Периоды кластерообразования и параметры структурных блоков определяются также составами модельных систем, что обусловлено зависимостью сил межчастичных взаимодействий от соотношения размеров составляющих дисперсной фазы [3]. Величины  $L_{\text{бл}}$  и  $S_{\text{бл}}$  кластерных структур моделей смешанных составов превышают соответствующие значения систем с одинаковым размером частиц в среднем на 38% и 30%, соответственно.

Параметры структурных агрегатов модельных систем (средние значения)

Составы моделей	Структурные параметры													
	$L_{cp}$ , см		$S_{cp}$ , см <sup>2</sup>		$L_{cp}/S_{cp}$		$L_{cp}/n$		$S_{cp}/n$		Dq		$\tau_k$ , мин	
	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A
<b>Монодисперсные модели</b>														
$d=3$ мм $L_p=706$ мм	4,2	4,6	1,7	2,0	2,5	2,3	0,6	0,5	0,24	0,21	1,25	1,29	21,25	47,25
$d=6$ мм $L_p=942$ мм	12,8	16,3	4,0	5,4	3,2	3,0	1,2	1,2	0,35	0,37	1,34	1,51	18,5	30
$d=9$ мм $L_p=706$ мм	14,6	17,1	6,5	7,4	2,2	2,3	2,2	2,3	0,97	1,0	1,13	1,41	20	40
<b>Полидисперсные модели</b>														
$d_3/d_1=3$ $L_p=800$ мм	8,3	13,7	4,4	9,0	1,9	1,5	0,82	0,84	0,45	0,5	1,59	1,85	9,25	13,15
$d_2/d_1=2$ $L_p=791$ мм	7,0	13,0	3,9	6,1	1,8	2,1	0,63	0,68	0,31	0,32	1,62	1,90	4,75	7,75
$d_3/d_2=1,5$ $L_p=800$ мм	10,4	14,1	6,9	9,1	1,5	1,6	1,28	1,24	0,77	0,76	1,52	1,62	3,25	6,75

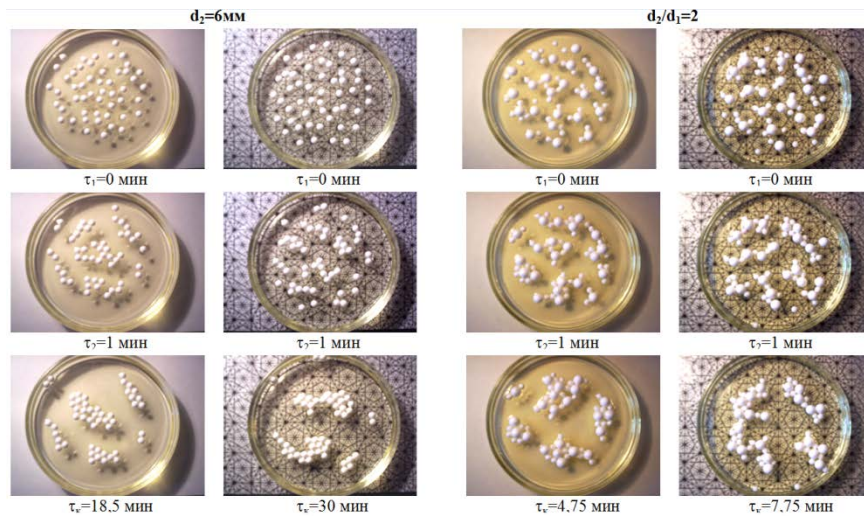


Рис. 1. Влияние внешних электромагнитных воздействий на структурообразование модельных систем НПК различных составов.

Соотношения  $S_{\delta l}/L_{\delta l}$ ,  $L_{\delta l}/n$  и  $S_{\delta l}/n$  для агрегатов различных размеров практически равны по величине, что может свидетельствовать о фрактальности структуры НПК. Статистическая приближенность параметров сложноорганизованной системы на различных уровнях ее структурной организации позволяет представить полимерсодержащие композиции как мультифрактальные объекты [7]. Это обуславливает возможность оценки размеров кластерных структур модельных систем через обобщенную фрактальную размерность. Анализ показал, что при изменении внешних электромагнитных воздействий величина  $D_q$  увеличивается на 13%. В зависимости от состава наполнителей объем заполнения пространства системы структурными агрегатами из частиц дисперсной фазы может изменяться до 25%.

Экспериментальным подтверждением влияния внутренних и внешних факторов на структурообразование полимерсодержащих композиций служат результаты исследований по определению их начальных объемных деформаций, косвенно отражающих изменения протяженности межфазных границ раздела, вызванные изменением параметров кластерных структур под действием активации. Опыты показали (рис.2), что применение матриц приводит к уменьшению  $\Delta V$  твердеющих систем, в среднем на 25%, и изменению кинетики их протекания. Объемные деформации моно- и полидисперсных моделей могут отличаться по величине до 45%. Введение наполнителей различных составов позволяет изменять значения  $\Delta V$  полимерных композитов в среднем на 19-28%.

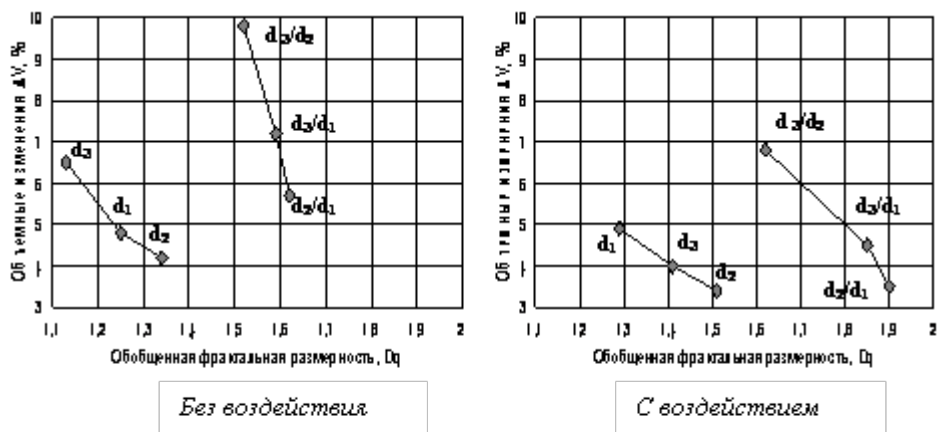


Рис.2. Влияние внешних и внутренних воздействий на структурные параметры и начальные объемные деформации НПК

### Выводы.

Наполненные полимерные композиции можно представить как сложные динамические открытые системы, что позволяет предположить возможность направленного изменения организации их структуры путем внешней и внутренней активации для получения материалов с требуемым уровнем свойств. Кинетика структурообразования НПК направляется начальными условиями их развития, изменение которых в результате введения наполнителей и использования специальных матриц оказывает наследственное влияние на организацию совокупности структурных составляющих полимерных композитов, определяющих их свойства как целостности. Это экспериментально подтверждается изменением начальных объемных деформаций НПК как косвенного отражения структурных преобразований твердеющих систем под действием внешних и внутренних факторов. Исследования на моделях НПК показывают, что размеры структурных агрегатов при изменении составов наполнителей и внешних электромагнитных воздействий могут изменяться в среднем на 27%, величина начальных  $\Delta V$  – на 30%. Обеспечение заданных параметров кластерных структур позволит посредством направленной организации МКПР изменять характеристики технологических трещин в структуре наполненных полимерных композиций, что должно сказаться на их свойствах.

### ЛИТЕРАТУРА.

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: «Синтег», 2000. – 519с.
2. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. – Одесса: «ТЭС», 2004. – 168с.
3. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. – К.: Будівельник, 1991. – 144с.
4. Ткаченко Г.Г., Казмирчук Н.В., Выровой В.Н., Бородулин С.Д. Влияние активации на изменение свойств твердеющих и затвердевших цементных композиций // Вісник ОДАБА. – Одеса: Вид-во «Місто майстрів». – 2006. – Вип.20. – С.351-354.
5. Коробко О.А. и др. Наполненные полимерные композиции как сложные динамические открытые системы // Зб. наук. праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне: Вид-во НУВГП. – 2008. – Вип.17. – С.40-47.

6. Коробко О.А. Повышение трещиностойкости цементных композиций для ремонта строительных конструкций: дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Одесса, 2002. – 174с.

Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. - 128с.