

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ КАК ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

Коробко О.А., Казмирчук Н.В., Выровой В.Н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Проведен анализ влияния изменения внешних электромагнитных воздействий (ВЭМВ) путем использования специальных матриц на структурообразование и свойства наполненных полимерных композиций как открытых систем.

Наполненные полимерные композиции (НПК) можно представить как сложные динамические открытые системы [1]. Эффективность управления такими системами возрастает при согласовании их внутренних тенденций развития с применяемыми управленческими действиями (принцип резонанса) [2]. Самоорганизация структуры открытых систем происходит под влиянием внешних воздействий, что обусловлено их взаимосвязью с окружающей средой путем постоянного обмена между ними веществом, энергией и информацией [3]. Направленное изменение внешних воздействий подталкивает систему на один из собственных, но удовлетворяющих поставленной цели, путей развития с раскрытием и реализацией ее потенциальных возможностей за счет самоуправления [4].

Наполненные полимерные композиции состоят из большого количества частиц дисперсной фазы, в самопроизвольном порядке распределенных в дисперсионной среде [5]. В результате процессов самоорганизации НПК в системе происходит спонтанное образование определенного набора (спектра) отдельных подсистем, взаимодействие которых обуславливает проявление свойств полимерсодержащих композитов как целостности. При этом параметры возникающих подструктур не являются произвольными, а задаются собственными функциями открытой нелинейной системы [6]. Внутренняя природа НПК предопределяет потенциально возможные формы организации структур, «архитектура» которых наиболее предпочтительна для обеспечения свойств композиционного материала. Вместе с тем, нелинейные системы не всегда могут самостоятельно осуществить весь спектр предзаданных структур. В этом случае для выявления скрытых предрасположенностей самоорганизующихся систем предлагается резонансно направлять их развитие посредством изменения внешних воздействий [2].

Повышенная «чувствительность» сложных динамических открытых систем к внешним возмущениям позволяет предположить, что раскрыть внутренние потенциалы наполненных полимерных композиций можно изменением внешних электромагнитных полей как постоянно действующего фактора путем использования фрактально-матричных резонаторов [7]. Исходя из этого, была поставлена задача исследований – изучение влияния изменения внешних электромагнитных воздействий на структурообразование и свойства полимерсодержащих композиций как открытых систем.

Выбор модели наполненных полимерных композиций и организация эксперимента.

Для решения поставленной задачи были приняты следующие допущения при выборе модели НПК:

- наполненные полимерные композиции представляют собой сложные динамические открытые самоорганизующиеся системы, структурообразование которых направляется как характеристиками их структурных составляющих, так и внешними воздействиями [3, 8];

- развитие полимерсодержащих композиций как нелинейных систем имеет альтернативный (многовариантный) характер, что предполагает для каждой системы предзаданность потенциального спектра (предельного множества) структурных форм, реализация которых зависит от согласованности внутрисистемных стремлений и внешних воздействий [4];

- изменение внешних электромагнитных воздействий ведет к изменению условий начальной организации структуры НПК в соответствии с их составом (дисперсностью наполнителя), что должно отражаться на структурных параметрах и, как следствие, свойствах полимерсодержащих композитов.

Наполненные полимерные композиции при принятых допущениях [9] относят к многофазным гетерогенным высококонцентрированным грубодисперсным лиофобным системам с лиофильной границей раздела фаз [10]. Организация структуры таких систем происходит путем спонтанного распределения частиц наполнителя по структурным блокам под влиянием неуравновешенных сил межчастичных взаимодействий F_c одновременно с протеканием поверхностных эффектов на межфазных границах раздела (образование модифицированного полимерного слоя), а также реакций полимеризации и отверждения (синтез макромолекул полимера и организация надмолекулярной структуры матричного материала) [5, 11]. Свойства НПК как целого проявляются через взаимодействия отдельных подструктур различной природы, которые, в свою очередь, в значительной мере определяются их пространственно-геометрическими характеристиками.

Предложенный подход позволил разработать модели НПК для проведения экспериментальных исследований.

Изучение влияния изменения ВЭМВ на структурообразование полимерсодержащих композиций проводили на физических моделях, которые включали гранулы вспененного полистирола, имитирующих частицы наполнителя, и эпоксидную смолу без отвердителя, принятую в качестве дисперсионной среды. Для анализа был выделен фрагмент модельной системы: полистирольные гранулы располагались на поверхности эпоксидной смолы таким образом, чтобы обеспечить проявление разновеликих капиллярных сил (модель F_c), под влиянием которых происходила спонтанная организация структурных агрегатов (кластеров). Оценивали следующие параметры: размеры кластерных структур через протяженность их внешних границ L_{σ_l} и площадь S_{σ_l} ; пространственную форму агрегатов; соотношения $S_{\sigma_l}/L_{\sigma_l}$; L_{σ_l}/n и S_{σ_l}/n , (где n – количество частиц в агрегате).

В опытах использовались модельные системы трех составов, включающие частицы:

- с диаметром $d_1=3$ мм в количестве 75 ед.;
- с диаметром $d_2=6$ мм в количестве 50 ед.;
- с диаметром $d_3=9$ мм в количестве 25 ед.

При этом исходили из предположения, что ответные реакции на внешние воздействия определяются составами открытых систем.

При изучении влияния внешних электромагнитных воздействий на физико-технические свойства наполненных полимерных композиций физическая модель включала модифицированную эпоксидную смолу с отвердителем ПЭПА и пластификатором ДБФ (15% и 20%, соответственно, от объема смолы) в качестве связующего и кварцевый наполнитель в количестве 65% от объема связующего. Дисперсность наполнителя была принята отдельно для каждого состава: $d_1=0,05$ мм; $d_2=0,1$ мм; $d_3=0,15$ мм.

Изменение ВЭМВ осуществлялась с помощью специальных матриц с графитсодержащим рисунком в виде пересекающихся линий и окружностей [7]. Подготовленные модельные образцы помещали в формы со сквозными стенками, покрытыми прозрачной полиэтиленовой пленкой (контрольные системы) и матрицами (активированные системы).

Влияние изменения внешних электромагнитных воздействий на структурообразование и свойства НПК.

Исследования по изучению влияния изменения ВЭМВ на организацию структуры физических моделей полимерсодержащих композиций показали (табл.1), что использование специальных матриц приводит к изменению размеров и форм структурных агрегатов. При изменении внешних электромагнитных воздействий значения $L_{\text{бл}}$ возрастают при составе: d_1 – на 7%, d_2 – на 21%, d_3 – на 15%. Площадь агрегатов $S_{\text{бл}}$ увеличивается в среднем на 17%. Кластерные структуры активированных систем включают в среднем на 23% больше частиц по сравнению с контрольными образцами. При этом отношения $S_{\text{бл}}/L_{\text{бл}}$, $S_{\text{бл}}/n$ и $L_{\text{бл}}/n$ для структурных агрегатов одного гранулометрического состава практически равны по величине.

Форма и взаиморасположение кластерных структур зависят от ориентации линий рисунка фрактально-матричных резонаторов с выделенными узлами их пересечения, которые служат своеобразными центрами кластерообразования. Частицы группируются вокруг таких центров или между ними с организацией блоков, соответственно, клубковой и вытянуто-разветвленной конфигураций.

Таким образом, изменение внешних электромагнитных воздействий определяет параметры структурных составляющих НПК как открытых систем. Это позволяет предположить, что изменение начальных условий организации структуры полимерсодержащих композиций при использовании специальных матриц должно отразиться на их свойствах.

При изучении влияния изменения ВЭМВ на физико-технические характеристики НПК контролировали:

- вязкость разрушения при различных методах иницирования трещины (K_{Ic}^3 и K_{Ic}^p) и коэффициент технологического влияния на трещиностойкость образцов ($K_T = K_{Ic}^p / K_{Ic}^3$);
- прочность на сжатие R и растяжение при изгибе R_{bi} ;
- объемные деформации (ΔV), значения которых фиксировали с помощью специальных датчиков через 24 часа с начала твердения [12].

Проведенные исследования показали, что регулировать свойства наполненных полимерных композиций можно путем изменения внешних электромагнитных воздействий с учетом состава наполнителей, рис.1.

В случае иницирования трещины методом заложения применение специальных матриц приводит к повышению трещиностойкости НПК на 22% при дисперсности частиц наполнителя d_3 .

Таблица 1.

Параметры структурных агрегатов контрольных и активированных систем														
№ агрегата	Кол-во частиц в агрегате		Параметры структурных агрегатов											
			L, см		S, см ²		L/S		S/L		L/n		S/n	
	К	А	К	А	К	А	К	А	К	А	К	А	К	А
Наполнитель с диаметром частиц $d=0,3$ см в количестве 75 ед.														
1	4	4	2,68	1,68	0,95	0,73	2,82	2,30	0,35	0,43	0,67	0,42	0,24	0,18
2	4	4	2,68	2,51	0,95	0,85	2,82	2,95	0,35	0,34	0,67	0,63	0,24	0,21
3	5	7	3,20	4,03	1,28	1,46	2,50	2,76	0,40	0,36	0,64	0,57	0,26	0,21
4	5	10	3,15	4,9	1,22	2,30	2,58	2,13	0,39	0,47	0,63	0,49	0,24	0,23
5	5	11	3,62	5,25	1,20	2,39	3,00	2,20	0,33	0,45	0,72	0,48	0,24	0,22
6	6	13	4,21	6,75	1,51	2,86	2,80	2,36	0,36	0,42	0,70	0,52	0,25	0,22
7	8	16	4,41	6,82	1,95	3,15	2,30	2,20	0,44	0,46	0,55	0,43	0,24	0,20
8	13	-	6,79	-	3,16	-	2,15	-	0,46	-	0,52	-	0,24	-
9	13	-	7,26	-	3,27	-	2,22	-	0,45	-	0,56	-	0,25	-
По средним значениям			4,22	4,56	1,72	1,96	2,45	2,3	0,41	0,43	0,63	0,5	0,24	0,21
Наполнитель с диаметром частиц $d=0,6$ см в количестве 50 ед.														
1	6	5	9,97	7,0	1,32	2,1	7,55	3,33	0,13	0,30	1,66	1,40	0,22	0,42
2	9	20	11,71	21,4	2,06	9,03	5,67	2,37	0,17	0,42	1,30	1,07	0,23	0,45
3	10	20	11,58	20,63	3,48	9,27	3,33	22,3	0,30	0,45	1,16	1,03	0,35	0,46
4	21	-	17,83	-	9,26	-	1,93	-	0,52	-	0,85	-	0,44	-
По средним значениям			12,8	16,3	4,03	5,43	3,2	3,0	0,31	0,33	1,24	1,2	0,35	0,37
Наполнитель с диаметром частиц $d=0,9$ см в количестве 25 ед.														
1	4	5	8	10,83	3,7	5,13	2,2	2,1	0,46	0,47	2,0	2,2	0,92	1,02
2	6	5	13,75	12,53	6,0	4,96	2,29	2,5	0,44	0,4	2,3	2,5	1,0	0,99
3	10	12	21,95	27,79	9,91	12,18	2,22	2,3	0,45	0,44	2,2	2,3	0,99	1,01
По средним значениям			14,56	17,05	6,53	7,42	2,23	2,3	0,45	0,44	2,2	2,3	0,97	1,0

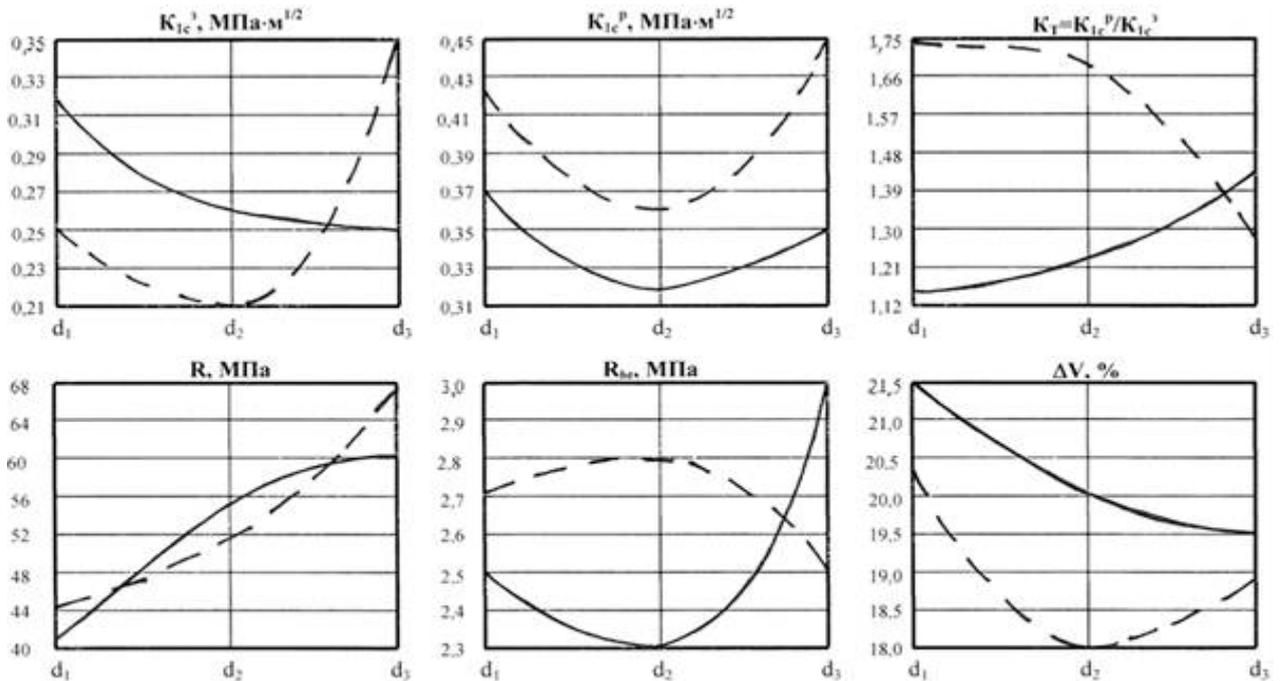


Рис. 1. Влияние изменения внешних электромагнитных воздействий на физико-технические свойства наполненных полимерных композиций:

— контрольные; ---- активированные.

Вязкость разрушения образцов с трещиной, полученной методом распила, в зависимости от состава полимерсодержащих композитов возрастает в среднем на 15%.

Влияние дисперсности наполнителя как наследственного фактора на трещиностойкость затвердевших образцов увеличивается в результате изменения ВЭМВ при введении частиц: d₁ – на 34%, d₂ – на 27%.

Использование фрактально-матричных резонаторов позволяет повысить прочность на сжатие наполненных полимерных композиций, включающих наполнитель мелких или крупных фракций, в среднем на 10%, и способствует увеличению прочности на растяжение при изгибе на 18% при размерах частиц d₂.

Изменение ВЭМВ вызывает снижение объемных деформаций НПК всех принятых составов. Уменьшение ΔV систем с дисперсностью наполнителя d₂ составляет 10%.

Изменение внешних электромагнитных воздействий оказывает неоднозначное влияние на свойства полимерсодержащих композиций. Повышение эксплуатационных характеристик полимерных композитов при использовании специальных матриц может свидетельствовать о согласованности оказанных внешних воздействий с собственными тенденциями развития НПК как сложной динамичной открытой системы.

Выводы.

1. Наполненные полимерные композиции можно представить как открытые системы, что предполагает возможность управления процессами организации их структуры путем изменения внешних электромагнитных воздействий для получения материалов с требуемыми физико-техническими свойствами.

2. Изменение ВЭМВ в результате применения специальных матриц позволяет задавать начальные условия структурообразования НПК и, тем самым, регулировать параметры их структурных составляющих. Это подтверждается результатами экспериментальных исследований, проведенных на физических моделях. При

использовании фрактально-матричных резонаторов происходит изменение формы кластерных структур и увеличение их размеров в среднем на 10-24% в зависимости от состава модельных систем.

3. Изменение внешних электромагнитных воздействий вследствие направленной организации структурных параметров приводит к улучшению эксплуатационных характеристик полимерсодержащих композиций. Трещиностойкость НПК принятых составов повышается в среднем на 18%, прочность на сжатие и растяжение при изгибе – в среднем на 14%, коэффициент технологического влияния возрастает на 30%.

4. Использование специальных матриц (преобразователей внешних электромагнитных воздействий) можно отнести к приемам несилового «мягкого» управления процессами организации и самоорганизации структуры наполненных полимерных композиций как открытых систем с целью обеспечения заданного уровня их свойств.

Литература.

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: «Синтег», 2000. – 519с.
2. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 236с.
3. Могилевский В.Д. Методология систем: (вербальный подход). – М.: Экономика, 1999. – 251с.
4. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Жизнь неживого с точки зрения синергетики // Синергетика. – М.: МГУ. – 2000. – Т.3. – С.39-61.
5. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. – Одесса: «ТЭС», 2004. – 168с.
6. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики: Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. – СПб: Алетейя, 2002. – 414с.
7. 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.
8. Коробко О.А., Казмирчук Н.В., Выровой В.Н. Наполненные полимерные композиции как сложные динамичные открытые системы // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне: Вид-во НУВГП. – 2008. – Вип.17. – С.40-47.
9. Коробко О.А., Казмирчук Н.В., Выровой В.Н. Влияние изменения внешних силовых воздействий на структурообразование дисперсных систем // Вісник ОДАБА. – Одеса: Вид-во «Зовнішрекламсервіс». – 2007. – Вип.27. – С.184-192.
10. Соломатов В.И., Выровой В.Н. Кластерообразование композиционных строительных материалов // Технологическая механика бетона. – Рига: РПИ – 1985. – С.5-21.
11. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах. – Киев: Наук. думка, 1980. – 260с.
12. Коробко О.А. Повышение трещиностойкости цементных композиций для ремонта строительных конструкций: дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Одесса, 2002. – 174с.