

## **УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПУТЕМ АКТИВАЦИИ ПОЛИМЕРРАСТВОРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

**Казмирчук Н.В., инж., Коробко О.А., к.т.н., доц., Сушицкий Э.Б., инж.**  
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Проведен анализ влияния изменения составов наполнителей и внешних электромагнитных воздействий на начальные объемные изменения, трещиностойкость и прочностные свойства наполненных полимерных композиций.**

Представление наполненных полимерных композиций (НПК) как сложных динамичных открытых систем обусловливается многообразием их состава, сложноорганизованностью структуры, способностью к спонтанным структурным перестройкам под действием внутрисистемных процессов и внешних влияний, возможностью ресурсо- и энергоинформационного обмена с окружающей средой [1, 2]. При этом предполагается, что собственные предрасположенности самоорганизации структуры полимерсодержащих композиций должны быть согласованы с осуществляемыми управленческими воздействиями [3]. Ранее проведенные исследования показали [4], что регулировать кинетику структурообразования НПК с целью достижения тех или иных структурных характеристик можно за счет активации процессов их развития путем изменения начального состава (введение наполнителей) и природных электромагнитных полей как постоянно действующего внешнего фактора (применение специальных матриц [5]).

Организация и самоорганизация структуры наполненных полимерных композиций приводит к образованию сложного комплекса отдельных иерархически соподчиненных дискретных подсистем, взаимодействие которых обеспечивает проявление свойств НПК как определенной целостности и, в свою очередь, предопределяется параметрами структурных составляющих [6]. Для получения строительных композиций на основе органических вяжущих с требуемыми эксплуатационными характеристиками необходимо способствовать раскрытию потенциально возможных путей формирования их структуры, что может быть реализовано предлагаемыми выше способами имманентной активации. Изменение начальных условий позволяет инициировать структурообразование полимерных композитов в предзаданных направлениях, что как следствие, должно отразиться на их физико-технических свойствах. Исходя из этого, была поставлена задача исследований – изучение влияния изменения составов наполнителей и внешних электромагнитных воздействий на трещиностойкость, прочность и объемные деформации полимерсодержащих композиций.

**При проведении исследований** использовали: эпоксидный клей марки ЭДП ЭПОКСИ с отвердителем ПЭПА (15% от объема полимера) и пластификатором ДБФ (20% от объема полимера) в качестве связующего и кварцевый наполнитель. Составы НПК подбирали по двухфакторному плану, синтезированному в системе “СОМРЕХ” [7].

В качестве переменных были приняты:

- дисперсность наполнителя  $X_1$  ( $d_1=0,05\text{мм}$ ;  $d_2=0,1\text{мм}$ ;  $d_3=0,15\text{мм}$ );
- количество наполнителя  $X_2$  ( $N=55\pm 10\%$ ) от объема полимера.

Подготовленные образцы помещали в контейнеры, покрытые матрицами (активированные системы) и прозрачной полиэтиленовой пленкой (контрольные системы).

Оценивали следующие свойства полимерсодержащих композиций:

- объемные деформации ( $\Delta V$ ),
- прочность на сжатие  $R$  и растяжение при изгибе  $R_{\text{б}}$ ,
- коэффициенты интенсивности напряжений при различных способах инициирования трещины ( $K_{Ic}^3$  и  $K_{Ic}^p$ ),
- коэффициент технологического влияния на трещиностойкость образцов ( $K_T=K_{Ic}^p/K_{Ic}^3$ ).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием аппарата математического моделирования по рассчитанным коэффициентам полиномиальных моделей класса «Состав-свойство» [7].

Количественные значения объемных изменений фиксировали с помощью специальных датчиков через 24 часа с начала твердения [8]. Процессы начального структурообразования наполненных полимерных композиций вызывают локальные изменения плотности в объеме твердеющих систем, что обуславливает проявление усадочных деформаций.

**Экспериментальные результаты** по изучению влияния изменения внешних электромагнитных воздействий и составов наполнителей на физико-технические свойства полимерсодержащих композиций приведены в табл.1 и на рис.1.

Исследования показали, что изменение ВЭМВ приводит к уменьшению усадочных деформаций полимерных композитов в среднем на 17%. При использовании специальных матриц максимальными объемными деформациями отличаются системы с  $N=45\%$ . Увеличение количества наполнителя до  $N=55\%$  и  $N=65\%$  приводит к снижению усадочных  $\Delta V$  на 21% и 30%, соответственно. Без изменения внешних электромагнитных воздействий объемные деформации НПК максимально проявляются при введении 65% наполнителя с размером частиц  $d_3$ . При этом же количественном составе уменьшение дисперсности наполнителя до  $d_2$  обеспечивает снижение  $\Delta V$  на 7%, до  $d_1$  – на 22%. Для всех принятых составов контрольных систем уменьшение дисперсности наполнителя с  $d_2=0,1\text{мм}$  до  $d_1=0,05\text{мм}$  вызывает снижение объемных деформаций наполненных полимерных композиций, в среднем на 16%.

Таблица 1

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

№ строки плана	СВОЙСТВА ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ											
	$\Delta V_{(24 \text{ часа})},$ %		R, МПа		$R_{bt},$ МПа		$K_{1c}^3,$ МПа·м <sup>1/2</sup>		$K_{1c}^p,$ МПа·м <sup>1/2</sup>		$K_T = K_{1c}^p / K_{1c}^3$	
	К	А	К	А	К	А	К	А	К	А	К	А
1 (Nd <sub>1</sub> =45%)	21,0	22,2	45,6	43,4	2,5	2,4	0,23	0,27	0,41	0,45	1,80	1,69
2 (Nd <sub>2</sub> =45%)	15,1	13,8	44,8	53,2	2,9	2,1	0,21	0,30	0,35	0,47	1,65	1,58
3 (Nd <sub>3</sub> =45%)	14,4	13,1	54,3	49,7	2,8	2,6	0,25	0,28	0,40	0,48	1,58	1,72
4 (Nd <sub>1</sub> =55%)	16,3	15,5	43,7	40,0	1,9	1,8	0,28	0,25	0,29	0,32	1,05	1,25
5 (Nd <sub>2</sub> =55%)	22,5	22,0	46,3	42,3	2,3	2,0	0,29	0,26	0,32	0,30	1,12	1,15
6 (Nd <sub>3</sub> =55%)	21,2	18,8	40,0	46,9	1,6	1,9	0,27	0,29	0,30	0,33	1,09	1,14
7 (Nd <sub>1</sub> =65%)	21,7	20,3	40,8	45,1	2,5	2,7	0,32	0,25	0,37	0,42	1,14	1,72
8 (Nd <sub>2</sub> =65%)	20,0	18,0	55,5	53,3	2,3	2,8	0,26	0,21	0,32	0,36	1,24	1,69
9 (Nd <sub>3</sub> =65%)	19,5	18,8	60,5	67,4	3,0	2,5	0,25	0,35	0,35	0,45	1,42	1,28
Без наполнителя	17,1	15,3	40,5	46,5	4,0	3,6	0,3	0,33	0,65	0,51	2,2	1,5

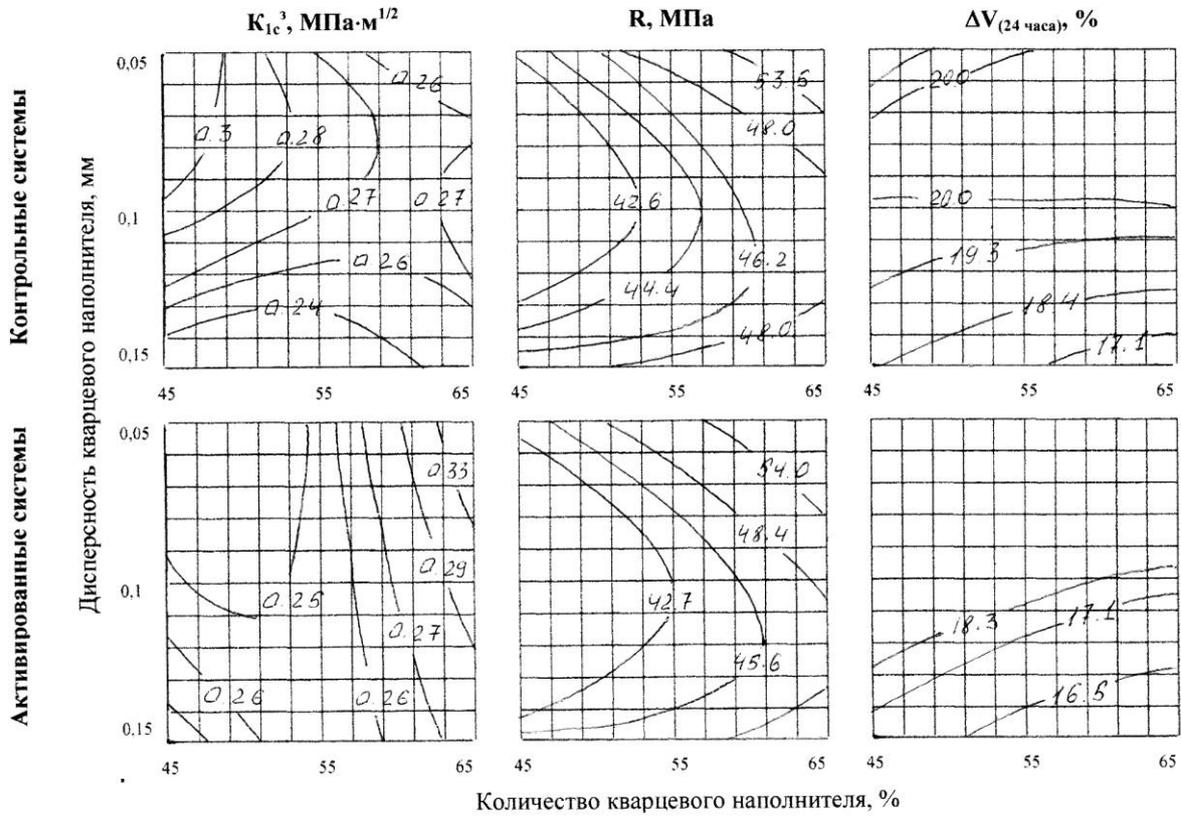


Рис.1. Влияние изменения внешних электромагнитных воздействий и составов наполнителя на физико-технические свойства НПК.

При  $d_2=0,1\text{мм}$  и  $d_3=0,15\text{мм}$  объемные деформации полимерсодержащих композиций практически не определяются количеством частиц дисперсной фазы. В системах с  $d_1$  увеличение количества наполнителя обуславливает уменьшение  $\Delta V$  в среднем на 8%.

Усадочные деформации НПК возрастают с увеличением дисперсности наполнителя при  $N=55\%$  и  $N=65\%$  в среднем на 18%. Для  $N=45\%$  максимальные  $\Delta V$  наблюдаются в системах, включающих частицы  $d_2$ . Изменение размеров частиц наполнителя до  $d_1$  и  $d_3$  приводит к снижению усадочных деформаций полимерных композитов.

Анализ результатов показал, что коэффициенты интенсивности напряжений при различных способах получения трещины изменяются в результате использования специальных резонаторов в среднем на 10%.

В случае инициирования трещины методом заложения трещиностойкость контрольных систем можно повысить на 30% путем увеличения размеров дисперсных частиц при уменьшении их количества. Наибольшими значениями  $K_{Ic}^3$  характеризуются контрольные системы, в состав которых входят дисперсные частицы  $d_1=0,05\text{мм}$  в количестве 45%. Максимальное повышение трещиностойкости активированных образцов с трещиной, полученной методом заложения, достигается за счет введения 65% наполнителя крупных фракций. Для  $N=45\%$  вязкость разрушения систем при изменении ВЭМВ возрастает с уменьшением дисперсности наполнителя.

При инициировании трещины методом распила изменяется влияние наполнителей на коэффициенты интенсивности напряжений контрольных и активированных систем, трещиностойкость которых повышается при введении 45% и 65% наполнителя мелких и крупных фракций. Значения  $K_{Ic}^p$  возрастают при размерах частиц  $d_1$  в среднем на 12%, а при увеличении дисперсности наполнителя до  $d_3$  в среднем на 24%. Изменение ВЭМВ приводит к повышению вязкости разрушения образцов с трещиной, полученной методом распила, на 20% при составе  $Nd_3=65\%$ .

Влияние наследственных факторов на трещиностойкость наполненных полимерных композиций определяется параметрами внешних воздействий и максимально возрастает с уменьшением количества наполнителя. Наибольшими значениями  $K_t$  характеризуются контрольные системы, включающие дисперсные частицы  $d_1$  при  $N=45\%$ , и активированные системы с наполнителем крупных и мелких фракций в количестве 45%. Также повысить влияние технологических факторов на трещиностойкость НПК без применения матриц можно путем введения 65% наполнителя  $d_3$ .

Прочностные характеристики как контрольных, так и активированных систем повышаются при введении крупных и мелких фракций дисперсных частиц. Увеличение расхода наполнителя приводит к увеличению прочности образцов на сжатие, в среднем на 25%, и практически не влияет на их прочность при изгибе. При изменении ВЭМВ значения  $R$  повышаются на 12%.

**Результаты проведенных исследований** показывают, что:

1. Управлять трещиностойкостью, физико-механическими свойствами и объемными деформациями полимерсодержащих композиций можно за счет направленной организации их структуры путем изменения составов наполнителей и внешних электромагнитных воздействий.

2. Изменение наполнителей и ВЭМВ позволяет регулировать усадочные  $\Delta V$  полимерных композитов. При введении тонкомолотого кварцевого песка различных дисперсности и количества объемные деформации наполненных полимерных композиций изменяются в среднем на 45%, в случае использования фрактально-матричных резонаторов – в среднем на 25%.

3. При совместной активации структурообразования НПК в результате применения специальных матриц и введении наполнителей определенных составов можно повысить прочность полимерсодержащих композиций на сжатие – в среднем на 38%, на растяжение при изгибе – в среднем на 30%.

4. Трещиностойкость наполненных полимерных композиций в результате изменения составов наполнителей повышается: при трещине, полученной методом заложения, в среднем на 16-30%, при трещине, инициированной методом распила – в среднем на 20-36%.

Размеры частиц и количество наполнителя определяют значения коэффициента технологического влияния ( $K_t = K_{1c}^p / K_{1c}^3$ ), которые могут изменяться в среднем на 12-26% в зависимости от составов наполнителя.

Изменение внешних электромагнитных воздействий вызывает повышение вязкости разрушения полимерсодержащих композиций в среднем на 16%, прочности на сжатие и изгиб – в среднем на 14%, значений  $K_t$  – в среднем на 21%. Эффективность использования матриц для управления свойствами НПК определяется дисперсностью и количеством наполнителей.

**Литература.** 1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: «Синтег», 2000. – 519с. 2. Могилевский В.Д. Методология систем: (вербальный подход). – М.: Экономика, 1999. – 251с. 3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 236с. 4. 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. 5. 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. 6. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. – Одесса: «ТЭС», 2004. – 168с. 7. Вознесенский В.А. и др. Численные методы решения строительного-технологических задач на ЭВМ. – К.: Вища школа, 1989. – 328с. 8. Коробко О.А. Повышение трещиностойкости цементных композиций для ремонта строительных конструкций: дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Одесса, 2002. – 174с.