

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

Казмирчук Н.В., аспирант

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Введение

Наполненные полимерные композиции (НПК) представляют собой сложные динамичные открытые системы [1, 2]. Сложность полимерных композитов заключается в разнообразии их состава и сложной организации структуры, что предполагает образование совокупности иерархически соподчиненных дискретных подсистем, взаимодействие которых определяет свойства композиционного материала [3]. Открытость НПК обусловлена их взаимосвязью с окружающей средой путем ресурсо- и энергоинформационного обмена. Динамичность наполненных полимерных композиций проявляется в способности к структурным изменениям под влиянием внешних и внутренних факторов.

Сложность, динамичность и открытость НПК предполагает, что процессы их начального структурообразования могут определяться как качественным и количественным составом наполнителя, так и внешними воздействиями. К числу способов, позволяющих изменять начальные условия организации структуры наполненных полимерных композиций, можно отнести введение наполнителей различной дисперсности и количества [4], а также изменение внешних электромагнитных воздействий путем использования специальных фрактально-матричных резонаторов [5].

Эффективность службы ремонтных композитов на органических вяжущих в значительной мере предопределяется их трещиностойкостью и прочностными характеристиками. В свою очередь, свойства полимерсодержащих композиций как сложных динамичных открытых систем являются функцией взаимодействия их структурных составляющих. Организация структуры полимерсодержащих композиций связана с образованием кластерных структур из частиц наполнителя, связи и отношения между которыми реализуются через их внешние границы [4, 6]. Межкластерные поверхности раздела можно представить как потенциальные трещины, способные вырастать до опасных для материала размеров [7]. Развитие наследственных трещин определяется протяженностью межкластерных границ, морфологией их берегов, ориентацией по отношению друг к другу и кинетикой поверхностных эффектов. Это позволяет предположить, что для повышения трещиностойкости и прочности полимерсодержащих композиций следует задавать требуемые параметры кластерных структур. Направленное изменение условий начальной организации структуры полимерных композитов под влиянием внешних и внутренних воздействий будет отражаться на пространственно-геометрических характеристиках образующихся структурных блоков, что должно привести к изменению свойств материала как системы. Исходя из этого, была поставлена задача – повысить свойства полимерных композитов за счет направленной организации их начальной структуры путем введения наполнителей и изменения внешних электромагнитных воздействий (ВЭМВ).

Методика проведения исследований

При проведении исследований использовали эпоксидную смолу ЭД-20 и отвердитель ПЭПА (10% от объема смолы) в качестве связующего и кварцевый наполнитель. Составы подбирали по двухфакторному плану, синтезированному в системе «COMPEX» [8].

В качестве переменных были приняты:

- удельная поверхность наполнителя X_1 ($S_1=100$ м²/кг; $S_2=300$ м²/кг; $S_3=500$ м²/кг);
- количество наполнителя X_2 ($N=55+10\%$) 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 (ΔV) твердеющих композиций;
- прочность при сжатии R ;
- коэффициенты интенсивности напряжений при различных способах инициирования трещины (K_{Ic}^3 и K_{Ic}^P);
- коэффициент технологического влияния на трещиностойкость образцов ($K_T=K_{Ic}^P/K_{Ic}^3$).

Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием аппарата математического моделирования по рассчитанным коэффициентам полиномиальных моделей класса «Состав-свойство» [9].

Количественные значения объемных изменений фиксировали по специальной методике [10] с помощью специальных датчиков через 24 часа с начала твердения.

Влияние изменения ВЭМВ и наполнителей на свойства НПК

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

Исследования показали, что использования специальных матриц приводит к уменьшению объемных

деформаций полимерных композитов всех принятых составов, в среднем до 42%. Изменение количества и удельной поверхности наполнителя вызывает снижение ΔV активированных систем на 35% и 25%, контрольных систем – на 22% и 15%, соответственно.

Анализ результатов показал, что коэффициенты интенсивности напряжений при различных способах получения трещины изменяются в результате использования фрактально-матричных резонаторов в среднем на 30%.

В случае инициирования трещины методом заложения трещиностойкость контрольных систем можно повысить до 40% путем изменения размеров и количества дисперсных частиц. Наибольшими значениями K_{Ic}^3 характеризуются контрольные и активированные системы, в состав которых входят дисперсные частицы с $S_2=300 \text{ м}^2/\text{кг}$ в количестве 65%. Вязкость разрушения систем при изменении ВЭМВ возрастает с увеличением удельной поверхности.

При инициировании трещины методом распила изменяется влияние наполнителей на коэффициенты интенсивности напряжений контрольных и активированных систем, трещиностойкость которых повышается при увеличении количества наполнителя. Значения K_{Ic}^P возрастают при размерах частиц S_2 до 26%, а при увеличении удельной поверхности наполнителя до S_3 – до 2 раз. Изменение ВЭМВ приводит к повышению прочности образцов с трещиной, полученной методом распила, до 22%.

Влияние наследственных факторов на трещиностойкость наполненных полимерных композиций определяется параметрами внешних воздействий и максимально возрастает с увеличением удельной поверхности наполнителя. Наибольшими значениями K_T характеризуются контрольные системы, включающие дисперсные частицы S_1 при $N=45\%$, и активированные системы с наполнителем крупных и мелких фракций в количестве 45% и 65% соответственно.

Повысить влияние технологических факторов на трещиностойкость НПК без применения матриц также можно путем введения 65% наполнителя S_3 .

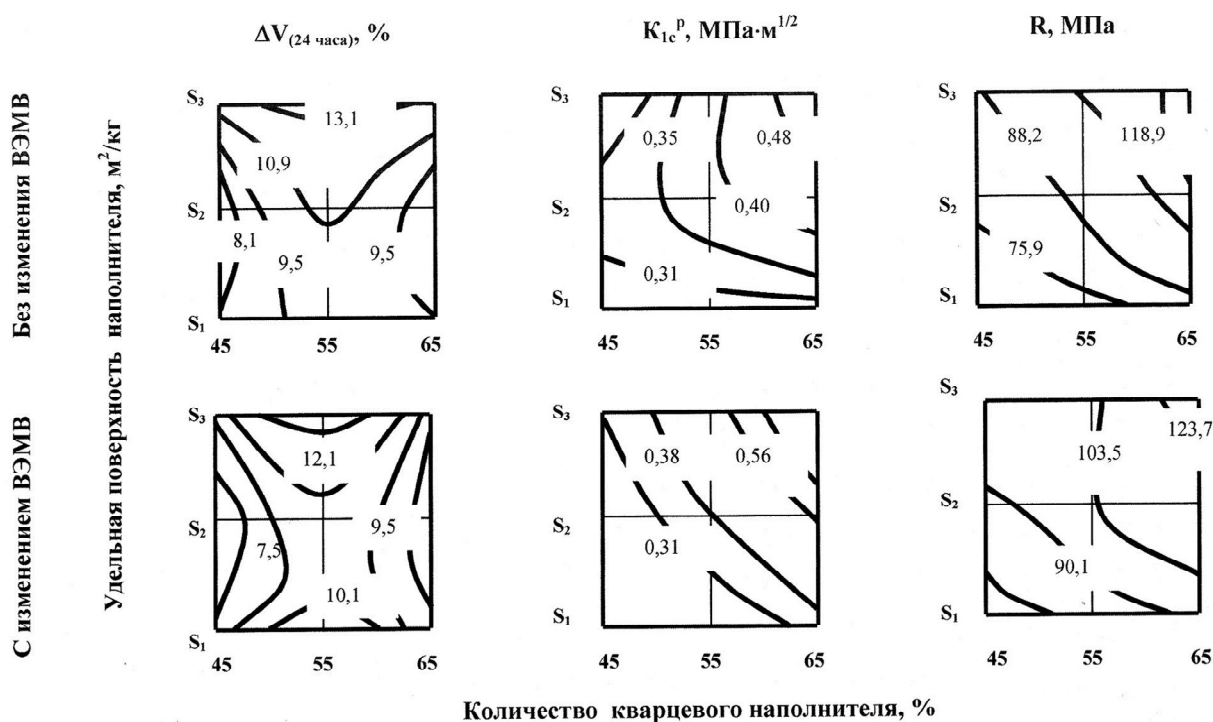


Рис.1. Влияние изменения ВЭМВ и составов наполнителей на физико-технические свойства полимерсодержащих композиций

Прочностные характеристики контрольных и активированных систем повышаются при увеличении удельной поверхности и количества наполнителя до 37%. Изменение внешних электромагнитных воздействий приводит к росту прочности полимерных композитов в среднем на 13%.

Выводы

Проведенные исследования показали, 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. Изменение наполнителей и ВЭМВ позволяет регулировать усадочные деформации полимерных композитов. При введении тонкомолотого кварцевого песка различных дисперсности и количества объемные деформации наполненных полимерных композиций изменяются до 38%, в случае использования фрактально-матричных резонаторов – до 43%.

2. При совместной активации процессов структурообразования НПК в результате применения специальных матриц и введения наполнителей определенных составов можно повысить прочность полимерсодержащих композитов до 40%. Трещиностойкость НПК в результате изменения составов наполнителей повышается: при трещине, полученной методом заложения, в среднем на 25-50%, при трещине, инициированной методом распила, в 2 раза. Размеры частиц и количество наполнителя определяют значения коэффициента технологического влияния ($K_T = K_{1c}^p / K_{1c}^3$), которые могут изменяться в среднем на 30% в зависимости от составов наполнителя. Эффективность использования матриц для управления свойствами НПК определяется дисперсностью и количеством наполнителей.

SUMMARY

There are given the results of study the influence change contents of fillings and external electromagnetic actions on voluminous deformations, crack-resistance and strength of filled polymeric compositions.

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. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С.Б. Бетон в условиях ударных воздействий. – Одесса: «Внешрекламсервис», 2004. – 270с.
4. Выровой В.Н., Довгань И.В., Семенова С.В. Особенности структурообразования и формирования свойств полимерных композиционных материалов. – Одесса: «ТЭС», 2004. – 168с.
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. Соломатов В.И., Выровой В.Н. Кластерообразование композиционных строительных материалов // Технологическая механика бетона. – Рига: РПИ – 1985. – С.5-21.
7. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. – К.: Будівельник, 1991. – 144с.
8. Вознесенский В.А. и др. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – К.: Вища школа, 1989. – 328с.
9. Методические указания по моделированию систем “смеси, технология – свойства” с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, В.В. Абакумов, А.Б. Абдыкалыков. – Одесса: ОИСИ, 1985. – 65с.
10. Коробко О.А. Повышение трещиностойкости цементных композиций для ремонта строительных конструкций: дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Одесса, 2002. – 174с.