

УДК 666.965

УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ВНЕШНЕЙ АКТИВАЦИИ

ПОЛІПШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ НАПОВНЮВАЧІВ І ЗОВНІШНЬОЇ АКТИВАЦІЇ

IMPROVE THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE THROUGH THE USE OF FILLERS AND THE EXTERNAL ACTIVATION

Ткаченко Г.Г., к.т.н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Ткаченко Г.Г., к.т.н. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Tkachenko G.G. PhD (Odessa State Building and Architecture Academy, Odessa)

Показана возможность улучшения физико-механических свойств цементных композитов за счет внешней электромагнитной активации с помощью фрактально-матричных резонаторов. Изучена возможность повышения прочности материала за счет применения рациональных по количеству и дисперсности наполнителей.

Показана можливість поліпшення фізико-механічних властивостей цементних композитів за рахунок зовнішньої електромагнітної активації за допомогою фрактально-матричних резонаторів. Вивчено можливість підвищення міцності матеріалу за рахунок застосування раціональних за кількістю та дисперсності наповнювачів.

The possibility of increasing the strength of cementations composites by an external electromagnetic field is activated. The efficiency of activation using fractal-matrix resonators. Shows the results of the solution of increasing the strength of cement compositions and materials on their basis through the use of sound in quantity and surface area of fillers.

Ключові слова:

Внешняя активация, фрактально-матричные резонаторы, наполнитель.

Зовнішня активація, фрактально-матричні резонатори, наповнювач.

External activation, fractal-matrix resonators, filler.

Состояние вопроса и задачи исследования. Многочисленные исследования специалистов показывают, что на структуру и, соответственно, на физико-механические свойства цементных композитов как открытых систем значительное влияние оказывают внешние и внутренние факторы. Данное влияние происходит через изменение кинетики и характера протекания физико-химических процессов организации структуры при гидратации вяжущих. Для улучшения механических характеристик бетонов применяется активация вяжущих разными способами [1,2]. Проведенные исследования показывают, что одним из эффективных и не требующих затрат энергии способов внешней активацией цементных композиций является применение матриц - модификаторов электромагнитных воздействий [3]. Совместное применение матриц с рациональными наполнителями позволяет изменить структуру бетона [4-6] и, тем самым, улучшить его механические свойства [7]. Соответственно, основной задачей данного исследования было повышение механических свойств цементных композитов за счет организации их структуры путем изменения параметров внешних электромагнитных воздействий (внешняя активация) и использования рациональных наполнителей.

Организация экспериментов. Прочностные характеристики композитов контролировались в возрасте 28 суток (твердение в нормальных условиях) и после 160 суток хранения в естественных условиях ($T=20\pm 4^{\circ}\text{C}$; $\phi=60\dots 90\%$). Производилась внешняя активация твердеющих систем фрактально-матричными резонаторами, представляющими собой платы, на которых печатным образом нанесен специальный геометрический рисунок графитосодержащей краской [5].

Проводился 2-х факторный эксперимент [8], в котом изменялось количество наполнителя ($X_1=25\pm 10\%$ от массы цемента) и его удельная поверхность ($X_2=300\pm 200\text{м}^2/\text{кг}$). Параллельно проводилось две серии экспериментов. Одна учитывала только влияние наполнителей на изменение свойств твердеющих и затвердевших цементных композиций. Во второй по тому же плану анализировалось влияния наполнителя совместно с внешней активацией.

Применяемые методы активации позволяли получать образцы, которые показывали повышенные значения R_{bt} , что повлекло необходимость изменить методику определения прочности на растяжение при изгибе. Определение R_{bt} проводили с использованием приставки к прессу типа ПСУ-10. Испытания проводились по трехточечной схеме. Нагрузка от пресса передавалась на воспринимающие устройства приставки и от нее передавалось на образец.

Результаты экспериментов. Построенные по соответствующим экспериментально-статистическим (ЭС) моделям [8] графические зависимости влияния количества и дисперсности наполнителя, а также наполнителя совместно с внешней активацией на прочность цементного камня на растяжение при изгибе представлены на рис. 1.

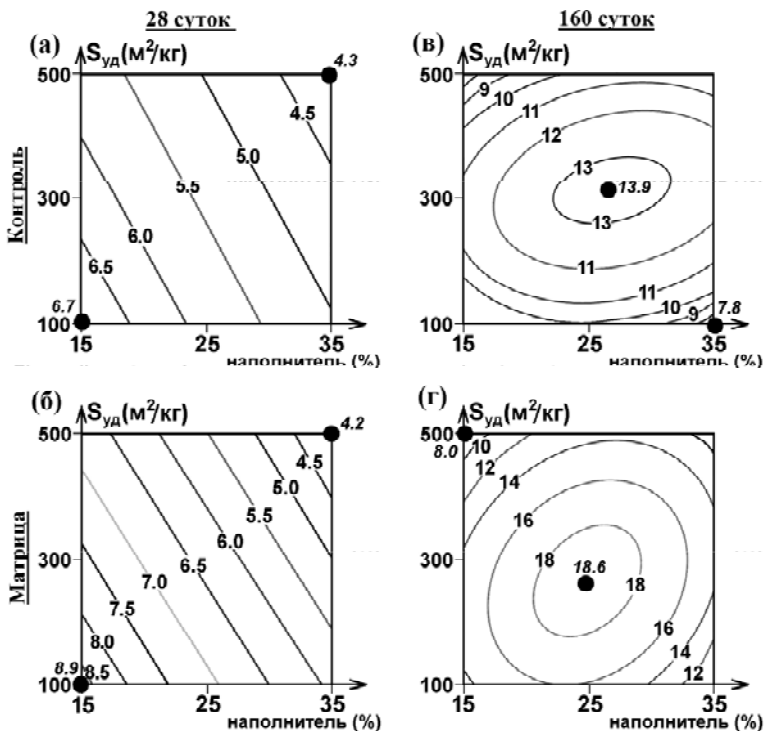


Рис. 1. Влияние активации и наполнителя на изменение прочности на растяжение при изгибе (МПа).

а – влияние наполнителя, 28 суток; б – внешняя активация совместно с наполнителем, 28 суток, в - влияние наполнителя, 160 суток; г - внешняя активация совместно с наполнителем 160 суток.

Анализ диаграммы позволяет сказать, что использование наполнителей позволяет изменять прочность на растяжение при изгибе в 1.6 раза (от $R_{bt}=4.3$ МПа до $R_{bt}= 6.7$ МПа) (рис.1.а). Максимальные значения R_{bt} характерны для составов при минимальном расходе наполнителей с $S_y=100$ m^2/kg . Увеличение количества наполнителей и повышение их удельной поверхности ведет к снижению R_{bt} в 1.6 раза.

Анализ показал, что введение наполнителей до 27% по массе с $S_y=100$ m^2/kg позволяет получать композиции, прочность которых равна прочности бездобавочного цементного камня ($R_{bt}=5.5$ МПа).

Использование внешней активации фрактально-матричными резонаторами не вызывает изменения характера влияния наполнителей на R_{bt} , (рис.1.в), однако значительно повышает уровень прочности. При сохранении общего влияния наполнителей, абсолютные значения R_{bt} увеличиваются в среднем до 40%.

Твердение образцов в естественных условиях в течение 160 суток вызывает изменение характера влияния наполнителей и внешней активации на R_{bt} (рис.1.в,г). Максимальные значения $R_{bt}=14.1$ МПа можно достичь при использовании до 27% наполнителя по массе с удельной поверхностью $S_y=300$ м²/кг.

Анализ графических зависимостей показал, что в зонах минимальных и максимальных количеств наполнителя с удельными поверхностями $S_y=500$ м²/кг и 300 м²/кг соответственно, прочность цементного камня с наполнителями меньше или равна прочности ненаполненного цементного камня. На остальном факторном пространстве R_{bt} удовлетворяет повышенным требованиям. Использование рациональных наполнителей позволяет до 40% повысить значение R_{bt} по сравнению с образцами из цементного камня без наполнителей.

В случае применения внешней активации (рис.1.б,г.) только в зоне минимальных расходов наполнителя с $S_y=500$ м²/кг значения R_{bt} соответствуют значениям прочности на растяжение при изгибе контрольных составов. То есть активация совместно с наполнителем позволяет повысить R_{bt} до 85%. Анализ показывает, что используя рациональные наполнители и внешнюю активацию, можно решать задачи как повышения прочности на растяжение при изгибе, так и задачи снижения расхода клинкерной составляющей в условиях получения равнопрочных цементных композиций.

Однако принятие решений должно основываться также на результатах изучения влияния наполнителей и внешней активации на изменение прочности при сжатии.

На рис.2 показаны построенные по соответствующим ЭС-моделям диаграммы, отображающие влияния количества и дисперсности наполнителя, а также наполнителя совместно с внешней активацией на прочность цементного камня при сжатии.

Результаты экспериментов показали, что активация за счет трансформации внешних электромагнитных воздействий позволяет повысить R_b чистого цементного камня после 28 суток нормального твердения до 34% (от $R_b = 35.6$ МПа, до $R_b = 40.7$ МПа) и до 28% после 160 суток естественного твердения (от $R_b=39.3$ МПа до $R_b = 50.1$ МПа).

Анализ диаграмм позволяет сказать, что влияние наполнителей и внешней активации на изменения R_b (рис.2) образцов нормального твердения показал отличие влияния факторов по сравнению с их влиянием на изменение R_{bt} (рис.1). Использование максимального количества наполнителей с $S_y=100$ м²/кг позволяет получить наивысшие, в условиях проведения эксперимента, значения R_b . При этом прочность при сжатии образцов из цементного камня с рациональным составом наполнителей на 29% выше прочности при сжатии образцов из бездобавочного цементного камня.

Внешняя активация изменяет характер влияние наполнителей на величину R_b . Наихудшая («запрещенная») область принятия решений

находится в зоне максимального количества наполнителей при $S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Использование наполнителей до 26% по массе при $S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ ведет к повышению R_b до 37% по сравнению с R_b ненаполненных (бездобавочных) цементных композиций. Анализ результатов показывает, что изменение удельной поверхности наполнителей при их постоянном количестве ведет к изменению R_b от 22% до 36%.

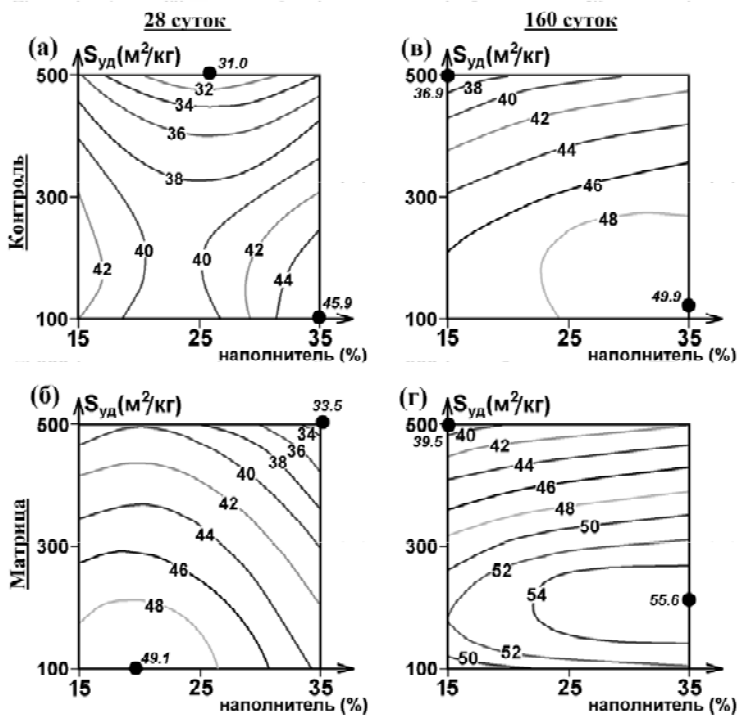


Рис. 2. Влияние активации и наполнителя на изменение прочности при сжатии (МПа).

а – влияние наполнителя, 28 суток; б – внешняя активация совместно с наполнителем, 28 суток; в – влияние наполнителя, 160 суток; г – внешняя активация совместно с наполнителем 160 суток.

Влияние удельной поверхности наполнителей на изменение R_b сохраняется после 160 суток естественного твердения, рис.2.в. Зона минимальных значений R_b находится в области минимальных и средних количеств наполнителя с удельной поверхностью $S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Изменение удельной поверхности, как показывает анализ, ведет к изменению R_b до 35%. Полученные результаты раскрывают возможность решения задач повышения

прочности и снижения материалоемкости цементных композиций за счет использования рациональных наполнителей.

Внешняя активация цементных композиций фрактально-матричными резонаторами позволяет во всем принятом диапазоне изменения количества и удельной поверхности наполнителей получать составы, прочность при сжатии которых выше прочности при сжатии образцов на основе бездобавочного цементного камня (рис.2.б,г).

Выводы. Проведенные исследования и их анализ позволяют сделать вывод, что внешняя активация цементных композиций, проведенная совместно с введением рационального по количеству и дисперсности наполнителя, ведет к повышению R_{bt} и R_b на 28 сутки нормального твердения и сохраняет свое положительное влияние в условия длительного, до 160 суток, твердения в естественных условиях.

Полученные результаты могут быть основной для решения задач повышения прочности цементных композиций и материалов на их основе и решения задач снижения материалоемкости за счет использования рациональных по количеству и удельной поверхности наполнителей, а также за счет не требующей затрат энергии внешней активации фрактально-матричными резонаторами.

1. Шишкин А.А. Активированные вяжущие вещества и бетоны на их основе / А.А. Шишкин, Н.В. Астахова. – Кривой Рог, 2001. – 104 с.
2. Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин/ І.В. Барабаш. - Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.
3. Ткаченко Г.Г. Влияние активации на изменение свойств твердеющих и затвердевающих цементных композиций / [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирчук, В.Н. Выровой, С.Д. Бородулин] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 20. – Одеса: Місто майстрів, 2005. – С. 351-354.
4. Ткаченко Г.Г. Моделирование процессов структурообразования дисперсных систем при различных внешних воздействиях/ [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирчук, С.Д. Бородулин, В.Н. Выровой] // Компьютерное материаловедение и обеспечение качества. Мат-лы 45-го между. сем. МОК'45. – Одесса: Астропрінт, 2006. – С. 144-145.
5. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния внешних и внутренних факторов на формирование микроструктуры бетонов / Г.Г. Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 35 - Одеса: Місто майстрів, 2009. – С. 342 – 348.
6. Выровой В.Н. Влияние внешней активации и степени наполнения на начальные объемные изменения в твердеющих цементных композициях / [В.Н. Выровой, Г.Г. Ткаченко, С.А. Кровяков, С.Д. Бородулин] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33. – Одеса:Зовнішпрекламсервіс, 2009. – С. 167-171.
7. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния активации и наполнителей на изменение физико-механических свойств затвердевших строительных материалов / Г.Г. Ткаченко, С.Д. Бородулин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 31. – Одеса: Місто майстрів, 2008. – С. 357-360.
8. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.