

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ БЕТОНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ

Ткаченко Г.Г., к.т.н., доц.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Введение

Известно, что свойства бетонов, как и других материалов, определяются их структурой [1]. При формировании структуры бетонов как композитов на основе минеральных вяжущих в цементно-водных системах происходят физико-химические процессы гидратации и физико-механические процессы структурообразования, на фоне изменения параметров внешних постоянно действующих электромагнитных воздействий.

На структуру и на свойства цементных композитов как открытых систем оказывает влияние как внешние, так и внутренние факторы. Ранее проведенные исследования показали, что одним из эффективных способов внешней активации цементных композиций, является применение матриц - как модификаторов электромагнитных воздействий. Таким образом, применение внешних активаций (матриц) и внутренних активаций - рациональных наполнителей позволяет управлять структурой и свойствами бетона [2].

Одним из важных свойств микроструктуры бетонов, является начало и конец схватывания цементных вяжущих. Сроки схватывания косвенно характеризуют скорость и глубину протекания физико-механических процессов организации структуры и физико-химических явлений гидратации. В связи с этим периоды формирования структуры были приняты в качестве базовых свойств, при изучении влияния внешних и внутренних факторов на свойства твердеющей микроструктуры бетонов. Была **определена задача - изучение влияний изменения внешних электромагнитных воздействий и изменения составов наполнителей на начало и конец схватывания цементных композиций (микроструктуры бетонов).**

Организация экспериментов

В исследованиях применялся портландцемент, полученный из клинкера произведенного ООО «Цемент» с добавлением 3% по массе двуводного гипса. В качестве наполнителя использован молотый кварцевый песок. Выбор наполнителя основан на его химической инертно-

сти в обменных химических реакциях при твердении цемента в нормальных условиях. Это позволяет оценить роль наполнителя в физико-механических процессах организации микроструктуры бетона.

Экспериментальные работы проводились с использованием методов математического планирования экспериментов [3]. В качестве независимых переменных приняты количество наполнителя ($X_1=25\pm 10\%$ по массе) и его удельная поверхность ($X_2=300\pm 200$ м²/кг). В силу того, что плотность цемента и молотого кварца практически совпадают, то введение наполнителей проводилось по массе, заменяя соответствующую массовую долю цемента. Предварительно проведенные исследования показали, что при принятых количествах наполнителя и значениях удельной поверхности подвижность цементного теста практически не изменяется. Проводилось две параллельные серии экспериментов. Одна (контрольная) учитывала только влияние наполнителей, вторая (по тому же плану) позволяла проанализировать влияния наполнителя как внутреннего фактора совместно с внешней активацией за счет применения матриц – модификаторов электромагнитных воздействий.

На основании проведенных экспериментов были получены экспериментально-статистические модели влияния принятых факторов на начало (τ_n) и конец (τ_k) схватывания цементных композиций. Для значений контрольной серии применяется индекс *кон.*, для активированных матрицей – индекс *матр.*

$$\tau_{n,кон}(\text{час}) = 1.6 - 0.1x_1 + 0.9x_2 - 0.1x_1^2 + 0.5x_2^2 + 0.4x_1x_2 \quad (1)$$

$$\tau_{n,матр}(\text{час}) = 1.1 + 0.3x_1 + 0.4x_2 + 0.3x_1^2 + 0.2x_2^2 + 0.3x_1x_2 \quad (2)$$

$$\tau_{k,кон}(\text{час}) = 6.4 + 0.2x_1 - 0.3x_2 + 1.0x_1^2 - 0.7x_2^2 + 0.3x_1x_2 \quad (3)$$

$$\tau_{k,матр}(\text{час}) = 5.4 - 0.6x_1 + 0.3x_2 + 1.0x_1^2 + 0.7x_2^2 - 0.1x_1x_2 \quad (4)$$

Графическое отображение полученных математических моделей представлено на рис.1. и рис.2.

Для контроля также были определены периоды формирования структуры цементного теста нормальной густоты без наполнителей, которые составили $\tau_n=1$ ч 15 мин; $\tau_k=6$ час.

Анализ влияния наполнителей на начало схватывания цементного теста показал, что τ_n зависит как от количества наполнителей, так и от их удельной поверхности (рис.1.а). Для контрольных составов, т.е. без приложения внешнего фактора активации, время начала схватывания

определяется в основном удельной поверхностью кварцевых наполнителей (рис.1.а).

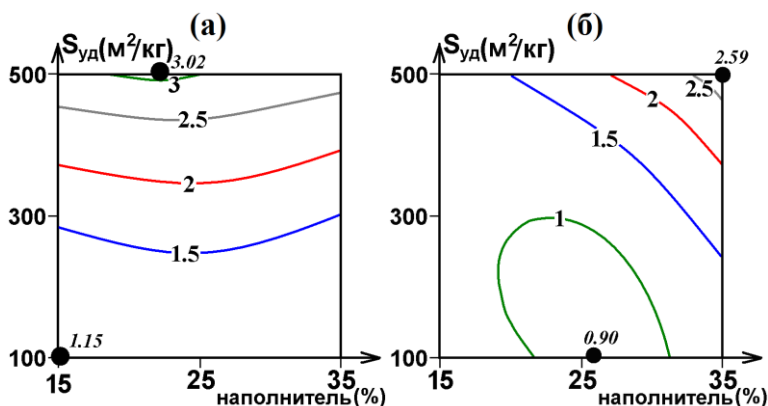


Рис.1. Влияние наполнителя и внешних воздействий на начало схватывания цементных композиций.

а - без изменения внешних воздействий (контроль)

б - с изменением внешних воздействий (матрица)

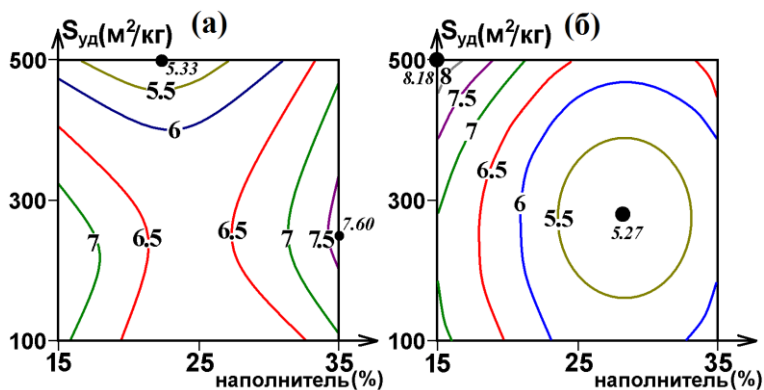


Рис.2. Влияние наполнителя и внешних воздействий на конец схватывания цементных композиций.

а - без изменения внешних воздействий (контроль)

б - с изменением внешних воздействий (матрица)

При введении 15% наполнителя $S_y=100$ m^2/kg время начала схватывания соответствует времени начала схватывания цементного теста нормальной плотности. По мере увеличения удельной поверхности

наполнителей до $S_y=500 \text{ м}^2/\text{кг}$ время начало схватывания увеличивается до $\tau_{\text{н,кон}} = 3 \text{ ч } 2 \text{ мин}$. При этом количество наполнителя практически не влияет на изменение времени начала схватывания. Опыты показали, что за счет внутренней активации путем использования наполнителей различной дисперсности можно увеличивать время начало схватывания более чем на полтора часа.

Внешняя активация изменяет условия формирования структуры. Приблизительно на 25 минут сокращается время начала схватывания при использовании 15% наполнителя с $S_y=100 \text{ м}^2/\text{кг}$ по сравнению со временем начала схватывания цементного теста нормальной густоты.

Время начала схватывания композита зависит как от количества, так и от удельной поверхности кварцевых наполнителей. При удельной поверхности наполнителя $S_y=300 \text{ м}^2/\text{кг}$ количество наполнителей может быть увеличено от 15% до 35% при постоянном времени начала схватывания. Дополнительная активация микроструктуры бетона внешним воздействием матриц – модификаторов электромагнитных воздействий позволяет сокращать и удлинять время начала схватывания, что подтверждает активность предлагаемых методов управления структурообразованием цементных композиций.

Количество и дисперсность наполнителя оказывает существенное влияние на время конца схватывания цементных композиций, рис.2.а.

Опыты показали, что в зависимости от дисперсности наполнителя время конца схватывания может меняться от 5-ти с половиной до 7-ми с половиной часов. Это раскрывает возможности управления периодами формирования структуры в достаточно широких пределах.

Использование матриц как внешних факторов ведет к сокращению времени конца схватывания (рис.2.б). За счет изменения количества и дисперсности наполнителей $\tau_{\text{к}}$ активационных составов может изменяться от 5-ти с половиной до 8-ми часов.

Выводы

Проведенные экспериментальные работы и их анализ подтвердили выдвинутое предположение, что изменения параметров внешних электромагнитных воздействий за счет использования фрактальных матриц – резонаторов, оказывает влияние на свойства твердеющих цементных композиций. Следует учитывать внутренний фактор воздействия наполнителей на процессы организации структуры твердеющих цементных систем. Совместное действие внешних и внутренних факторов позволяет регулировать периоды структурообразования. Это свидетельствует об их влиянии на физико-механические и физико-

химические явления и процессы, происходящие в период формирования структуры цементных систем. Таким образом, за счет применения рациональных наполнителей и внешней активации (как внешних и внутренних факторов) возможно эффективно управлять микроструктурой бетона и улучшать его механические свойства [4].

Summary

Studied the influence of external electromagnetic actions and fillers setting time of cement compositions (the microstructure of concrete), through the use of external and internal factors can effectively control the microstructure of concrete and improve its mechanical properties.

Литература

1. Композиционные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / [В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко] – К.: Будивзельник, 1991. – 144 с.
2. 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.
3. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительнотехнологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.
4. Ткаченко Г.Г. Улучшение механических свойств бетона за счет применения наполнителей и внешней активации / Г.Г. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 26. – Рівне: НУВГП, 2013. – С.436-441