

УДК 666.972

Панасюк В.А., инженер, Выровой В.Н., д.т.н., проф. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса),
Сильченко С.В., к.т.н. (ООО «Хай-Рейз Констракшнз», г. Одесса)

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МИКРОСТРУКТУРЫ БЕТОНА ВО ВРЕМЕНИ

Приведены результаты экспериментальных исследований по изменению глубины карбонизации и прочностных свойств микроструктуры бетона с кварцевыми наполнителями различного качества и удельной поверхности во времени.

The results of experimental studies on changes in the depth of carbonation and strength properties of the microstructure of concrete with silica fillers of varying quality and the specific surface area over time.

Введение. Топохимические процессы, как составляющие общего явления гидратации, лимитируют доступ воды к внутренним объемам зерен цемента [1,2]. Это ведет к растянутым во времени физико-химическим процессам гидратации реликтовых объемов минералов вяжущего, что пополняет продуктами новообразований материальную составляющую цементного камня и ведет к изменению физико-механических характеристик бетонов. Эти процессы должны оказать влияние на характеристики микроструктуры бетона во времени. Использование таких управляющих факторов, как введение наполнителей рациональных по виду, количеству и дисперсности должны привести к структурным изменениям материала во времени и, следовательно, к изменению его прочностных свойств [3,4].

В связи с этим была определена задача изучения влияния наполнителей на изменение глубины карбонизации и прочностных свойств цементных композиций как микроструктуры бетона во времени.

Методика организации эксперимента.

В опытах использовали цемент, полученный размолотом в лабораторной шаровой мельнице с добавлениями двуводного гипсового камня в количестве 3% из клинкера Одесского цементного завода. Для управления структурой цементных композиций изменяли количество кварцевого наполнителя $N = (20\% \pm 10\%)$ и его удельную поверхность $S_{уд} = (300 \pm 200 \text{ м}^2/\text{кг})$.

При определении глубины карбонизации и прочностных свойств использовали образцы размером 40x40x160 мм. Механические характеристики (прочность на растяжение при изгибе и прочность при

сжатии) определяли в возрасте 200 суток и 7-ми лет твердения. Глубина карбонизации определялась после 7 лет хранения в естественных условиях.

Результаты исследований.

Изменение глубины карбонизации. В силу того, что основные свойства цементного камня зависят от её структуры, то можно предположить, что используя наполнители как управляющий фактор можно изменять структуру цементного камня и, тем самым, регулировать процессы физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Подтверждением данного предположения являются результаты по влиянию наполнителей на изменение глубины карбонизации цементного камня в возрасте 7 лет.

Анализ графиков показал, что с увеличением количества наполнителей до $N=30\%$ с удельной поверхностью $S_3=500 \text{ м}^2/\text{кг}$ глубина карбонизации снижается до 2 раз. Для наполнителей с удельной поверхностью $S_1=100$ и $S_2=300 \text{ м}^2/\text{кг}$ увеличение количества наполнителей до $N=30\%$ ведет к снижению глубины карбонизации. При этом установлено, что с увеличением удельной поверхности наполнителей глубина карбонизации повышается (Рис. 1).

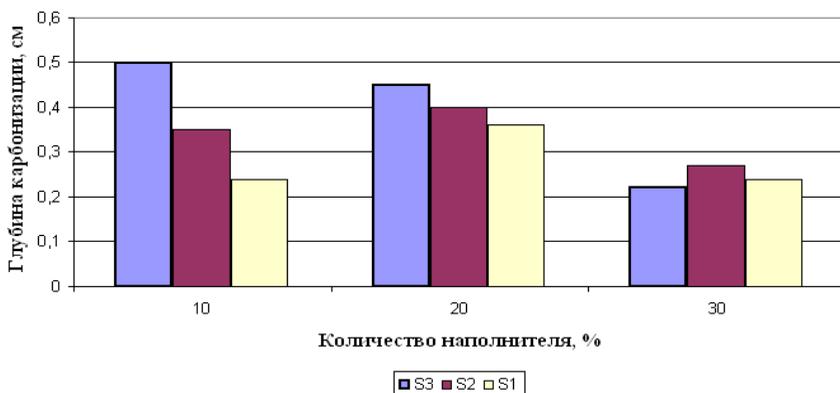


Рис. 1. Влияние удельной поверхности и количества наполнителя на изменение глубины карбонизации после 7-ми лет твердения.

При количестве наполнителей до 30% по массе удельная поверхность наполнителей практически не влияет на глубину карбонизации. При $N=10\%...20\%$ увеличение удельной поверхности наполнителей ведет к углублению процессов карбонизации в 1,25-2 раза.

Можно заключить, что применение наполнителей, с учетом их дисперсности, ведет к такой структурной перестройке, при которой происходит изменение процессов карбонизации. Можно рекомендовать, с учетом механических характеристик, использование наполнителей в количестве до 30% по массе с $S_1=100$ и $S_2=300 \text{ м}^2/\text{кг}$. Это позволит повышать защитные свойства микроструктуры по отношению к арматуре и, таким образом, повышать долговечность железобетонных конструкций.

Прочность на растяжение при изгибе. Физико-механические процессы организации структуры минеральных вяжущих в значительной степени зависят от состава исходных частиц, включая зерна наполнителей.

В работах [3,4] подчеркивается влияние дисперсности наполнителей на механические свойства микроструктуры бетонов. Наши исследования подтвердили, что изменение удельной поверхности наполнителей ведет к изменению R_{bt} образцов в различном возрасте, рис.2.

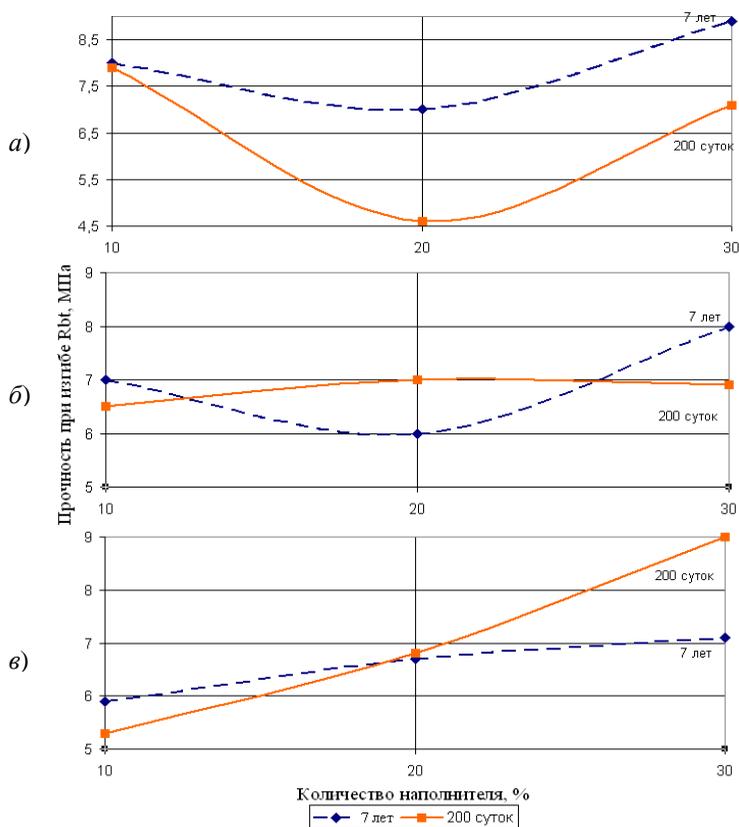


Рис. 2. Влияние количества наполнителя на прочность на растяжение при изгибе R_{bt} :

а) – с удельной поверхностью $S_1=100\text{ м}^2/\text{кг}$; б) – с удельной поверхностью $S_2=300\text{ м}^2/\text{кг}$; в) – с удельной поверхностью $S_3=500\text{ м}^2/\text{кг}$

Проведенные опыты показали, что при одинаковой $S_{уд}$ наполнителей прочность на растяжение при изгибе зависит от количества наполнителей. Максимальная прочность на растяжение при изгибе ($R_{bt}=7,9$ МПа) в возрасте твердения образцов 200 суток была достигнута при использовании наполнителя в количестве $N=10\%$ по массе, рис. 2а. Увеличение количества

до $N=20\%$ ведет к уменьшению R_{bt} в 1.7 раза. При $N=30\%$ прочность R_{bt} достигла значений при $N=10\%$.

Анализ полученных результатов показал, что влияние количества наполнителя и его удельной поверхности на физико-механические свойства образцов в возрасте 7-ми лет сохранилось, при общем увеличении абсолютных значений до 30%.

Проведение испытания показали, что максимальное значение прочности R_{bt} для возраста образцов 200 суток было получено при использовании наполнителя с $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$ и в количестве $N=30\%$. Для возраста образцов 7 лет максимальная прочность R_{bt} была получена при использовании наполнителя с удельной поверхностью $S_1=100\text{м}^2/\text{кг}$ и в количестве $N=30\%$.

Проведенный анализ влияния количественных и качественных составов наполнителей на R_{bt} показывает наследственный характер начальной структуры на изменение механических характеристик цементного камня во времени.

Прочность при сжатии R_b . Анализ полученных результатов показал, что изменение количества и удельной поверхности наполнителя позволяет изменить прочность при сжатии R_b от 1.1 до 1.8 раз.

В возрасте 200 суток максимальная прочность была достигнута при использовании наполнителей с удельной поверхностью $S_1=100\text{м}^2/\text{кг}$ и количестве $N=20\%$ по массе (51 МПа), увеличение количества до $N=30\%$ вызывает уменьшение R_b в 1.6 раза (Рис. 3а).

Увеличение удельной поверхности наполнителя до $S_2=300\text{м}^2/\text{кг}$ вызывает, при $N=10\%$, снижение R_b до 31 МПа. Увеличение количества до $N=30\%$ приводит к повышению R_b на 32% (Рис. 3б).

Увеличение удельной поверхности наполнителя до $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$ сохранило тенденцию влияния количества наполнителя на R_b . Минимальное значение R_b получено при использовании $N=10\%$ (32 МПа), увеличение количества наполнителя до $N=20\%$ ведет к незначительному увеличению R_b (Рис. 3в). Использование количества наполнителя $N=30\%$ вызывает повышение R_b в 1.5 раза.

После 7 лет твердения образцов влияние количества и удельной поверхности наполнителя на R_b сохранилось.

Проведенные испытания показали, что максимальное значение R_b (75 МПа) было получено при использовании наполнителя с $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$ и $N=30\%$.

Анализ полученных результатов показал, что прочность при сжатии микроструктуры бетона в возрасте 7 лет по сравнению прочностью образцов после 200 суток твердения увеличилась в среднем в 1.5 раза. Максимальный прирост R_b во времени (до 2-х раз) было получено при $N=10\%$ и $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$.

Выводы. Проведенные исследования показали, что влияние качественного и количественного составов наполнителей, как фактора, управляющего организацией структуры цементных композиций, на основные их физико-технические характеристики сохраняется во времени.

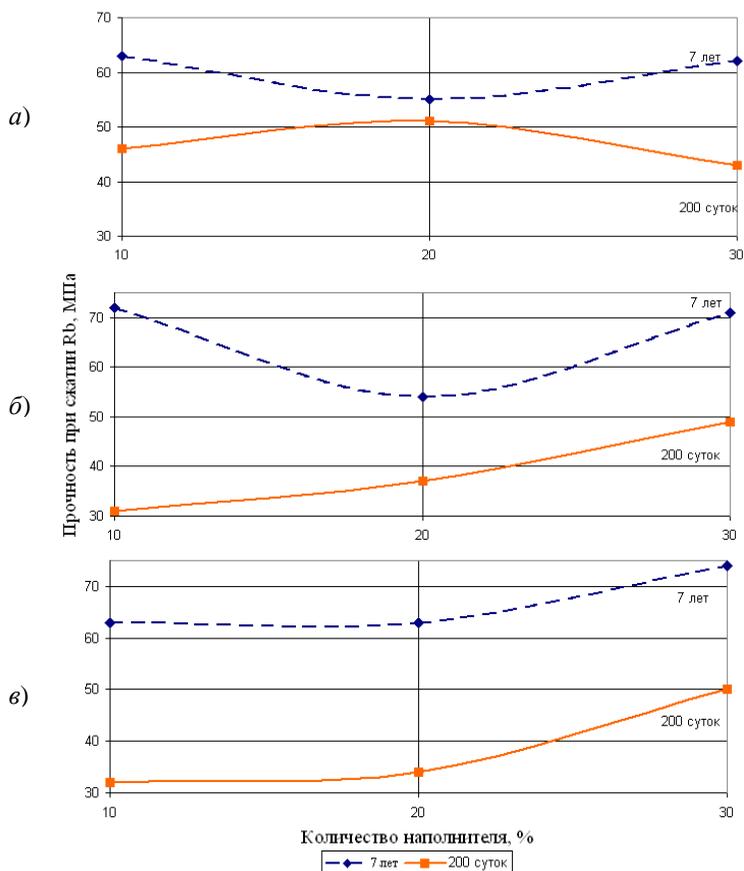


Рис. 3. Влияние количества наполнителя на прочность при сжатии R_b :
 а) – с удельной поверхностью $S_1=100\text{м}^2/\text{кг}$; б) – с удельной поверхностью $S_2=300\text{м}^2/\text{кг}$; в) – с удельной поверхностью $S_3=500\text{м}^2/\text{кг}$

Анализ полученных результатов позволяет назначать рациональные составы наполнителей, которые, путем направленной организации начальной структуры, обеспечивают в более поздние сроки защитные свойства по отношению к арматуре и позволяют достигать требуемых значений механических характеристик.

1. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. –М.: Мир, 1972. – 554 с. 2. Будников П.П. Реакции в смесях твердых веществ/ Гистлинг А.М. –М.: Строгиздат, 1971. – 488 с. 3. Соломатов В.И. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости/ Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. – К.: Будивельник, 1991 – 144 с. 4. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции: структура, самоорганизация, свойства / Дорофеев В.С., Суханов В.Г. – Одесса: Издательство «ТЭС», 2010. – 169 с.