

Рациональные пути использования наночастиц в бетоне

Ковалев Я.Н., Яглов В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Применение добавок является одним из наиболее эффективных способов регулирования реологических и физико-химических свойств бетона.

Бетон – это иерархически организованная многоуровневая структура дисперсных систем, состоящая из дискретных включений условно равномерно размещенных в матрице с отличными от материала включений свойствами. В бетоне изначально присутствуют дефекты структуры различных масштабных уровней. На наноструктурном уровне такие дефекты представлены в виде разориентации кристаллической решетки в контактной зоне родственных по составу кристаллов и нарушений целостности контактной зоны кристаллов. Эти дефекты связаны с тем, что в процессе гидратации и гидролиза клинкерных фаз портландцемента наряду с основными продуктами твердения – гидросиликатами (ГСК), гидроалюминатами (ГАК), гидросульфалюминатами (ГСАК) кальция образуется значительное количество гидроксида кальция (ГК), который вязущими свойствами не обладает. Наибольшее количество гидроксида кальция выделяет при гидратации и гидролизе алит. Если ориентироваться на образование гидросиликатов с основностью 1,5, то количество выделяющегося гидроксида кальция составляет около 24%.

Гидроксид кальция образуется также при гидратации и гидролизе белита (около 4%). Общее содержания гидроксида кальция составляет около 28%. Частично связать образовавшийся гидроксид кальция в ГСК можно, используя оксид кремния (SiO_2), который дозируют в цемент в виде добавок нанопорошка или золя SiO_2 .

Добавка нанопорошка или золя SiO_2 могут быть эффективны, если в структуре бетона будут устранены дефекты на ультра-, микро-, мезо- и макромасштабном уровнях путем ввода микрокремнезема и каменной муки. Таким образом, для получения высокопрочного бетона необходимо введение в его состав разномасштабных добавок на нескольких его структурных уровнях. При этом необходимо исходить из принципов соразмерности добавок для получения максимальной плотности бетона и частичного связывания гидроксида кальция в гидросиликаты. Для повышения трещиностойкости следует использовать волокнистые добавки. Возможно использование явления самоармирования, когда игольчато-волокнистые кристаллы этtringита выращивают непосредственно при гидратации цемента.