

УДК 691.32

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В БЕТОНЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В.С. МИХАЛЬКОВ, О.В. БОГОРОДОВА, Д.В. МИХАЛЬКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Государственное учреждение образования
«ИНСТИТУТ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ»
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Могилев, Борисов, Беларусь

Минеральные добавки (МД) в последнее время становятся почти обязательным компонентом бетона, который обеспечивает улучшение его технических свойств. В сравнении с другими видами добавок они оказывают наиболее многоаспектное воздействие на структуру и свойства бетона. Условно минеральные добавки можно разделить на несколько групп дисперсных материалов:

- микронаполнители или инертные добавки (пылевидные отходы при дроблении горных пород и т.д.);
- активные МД с небольшой пуццоланической активностью (кислые золы теплоэлектростанций);
- высокоактивные добавки (микрокремнезем, природные пуццоланы).

Это разделение не является абсолютным, т.к. добавки, инертные при обычной дисперсности ($200\text{--}500\text{ м}^2/\text{кг}$) становятся высокоактивными при сверхтонком измельчении (более $1500\text{ м}^2/\text{кг}$).

Для обычных бетонов дополнительное измельчение минеральных добавок или любые способы выделения из них тонкодисперсных частиц нежелательны, т.к. приводят к заметному их удорожанию. Тем более что при обычной дисперсности они могут улучшать комплекс свойств бетона при одновременном экономическом эффекте за счет снижения не только расхода цемента, но и заполнителей.

Основные эффекты минеральных добавок в бетоне – это микронаполняющий и пуццоланический (химическая активность по отношению к $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Кроме того, минеральные добавки могут изменять водопотребность бетонных смесей.

Доля каждого из эффектов в повышении прочности зависит от химической активности добавки. Реакция зол теплоэлектростанций с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ протекает замедленно, в итоге в стандартном 28-суточном, а тем более, в меньшем возрасте основным эффектом в бетоне является микронаполняющий, как наиболее сложный. Поэтому при рассмотрении действия ми-

неральных добавок в бетоне основное внимание уделяется этому эффекту (повышение прочности бетона с постоянным расходом цемента при введении инертных дисперсных добавок). В качестве добавки, используемой для изучения этого эффекта в «чистом» виде, обычно применяется молотый песок.

В первом приближении целесообразность введения минеральных добавок в бетон можно объяснить, исходя из практики получения бетонов различной прочности на цементе одной марки. Это приводит к расходу цемента от 200 до 500 кг/м³. При низких расходах цемента в бетоне имеет место дефицит дисперсных частиц, который и может быть компенсирован введением минеральных добавок. При определении их количества можно исходить из того факта, что наилучшее использование цемента (оцениваемое расходом на единицу прочности бетона) достигается при его содержании 400-500 кг/м³ бетона. Учитывая нежелательные последствия высокого расхода цемента (рост тепловыделения, усадки), за оптимум можно принять 400 кг/м³. Для бетонов с минеральными добавками суммарное содержание дисперсных частиц, обеспечивающее наилучшее использование цемента независимо от его расхода, также составляет 400–480 кг/м³, что позволяет уже говорить об оптимальном содержании дисперсных частиц в бетоне. Базируясь на нем и на приведенных выше цифрах для бетона на заполнителях средней крупности можно ориентировочно принять, что количество минеральных добавок должно дополнять расход цемента в бетоне до суммарного содержания дисперсных частиц 400 кг/м³.

Микронаполняющий эффект является рядом воздействий минеральных добавок на бетонную смесь, твердеющий и затвердевший бетон. В бетонной смеси при введении минеральных добавок увеличивается количество дисперсных частиц и их концентрация в тесте, что снижает расслоение смеси, улучшается зерновой состав цементно-песчаной составляющей и снижается водопотребность бетонной смеси.

В твердеющем бетоне увеличивается степень гидратации цемента в раннем возрасте. При введении минеральных добавок возникает большая дополнительная поверхность раздела «добавка - вода». На поверхности минеральных добавок отлагаются продукты гидратации цемента, а мельчайшие ее частички могут служить центрами кристаллизации. Все это и приводит к большей степени гидратации в раннем возрасте, часть эффекта сохраняется и в более поздние сроки. Введение минеральных добавок позволяет снижать расход цемента и тепловыделение бетона, что уменьшает вероятность образования термических микротрещин.

В затвердевшем бетоне при введении минеральных добавок в цементном тесте - камне увеличивается концентрация твердых частиц (цемент + наполнитель), количество воды в единице объема уменьшается (снижается пористость цементного камня).