

## Section 2. Kinetics and catalysis

*Shishkina Alexandra Alexandrovna,  
Kryvyi Rih National University (Kryvyi Rih, Ukraine),  
Associate Professor  
E-mail: 5691180@gmail.com*

### **Application of the formation micellar catalysis reaction powder concrete strength**

**Abstract:** The results of studies of the effect on concrete strength of complex chemical additive containing a nanomaterial in combination micelles of surfactants.

**Keywords:** complex chemical additive, concrete strength micelles.

*Шишкина Александра Александровна,  
Криворожский национальный университет,  
доцент, кандидат технических наук  
E-mail: 5691180@gmail.com*

### **Применение мицеллярного катализа при формировании прочности реакционного порошкового бетона**

**Аннотация:** Изложены результаты исследований влияния на прочность бетона комплексной химической добавки, содержащей в качестве наноматериала комбинированные мицеллы поверхностно-активных веществ.

**Ключевые слова:** комплексная химическая добавка, бетон, прочность, мицеллы.

С каждым годом в мировой практике производства бетона и железобетона стремительными темпами возрастает выпуск высококачественных, высоко и особо высокопрочных бетонов и этот прогресс стал объективной реальностью, обусловленной значительной экономией материальных и энергетических ресурсов. Значительные научные достижения в области создания суперпластифицированных вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), микродисперсных смесей с микрокремнезёмами, с реакционно-активными порошками из высокопрочных горных пород, позволили довести водоредуцирующее действие до 60%. Передовые страны активно развивают новые поколения реакционно-порошковых бетонов, в том числе с ускоренными сроками твер-

дения и набора прочности бетонами, особенно в монолитном строительстве. Традиционно, для решения указанной задачи применяются добавки-ускорители твердения. Однако их недостатком является вмешательство в химические процессы твердения вяжущих, в частности, изменения их направленности и образования новых «нестандартных» для данной системы минералов. Поэтому, применение вместо добавок-ускорителей катализаторов, по нашему мнению, достаточно актуально.

Наиболее полно современные возможности технологии бетона отразились в создании и производстве высококачественных, высокотехнологичных, высокофункциональных бетонов (High Performance Concrete, НРС). Под этим термином,

принятым в 1993 г. совместной рабочей группой ЕКБ/ФИП, объединены многокомпонентные бетоны с высокими эксплуатационными свойствами, прочностью, долговечностью, адсорбционной способностью, низким коэффициентом диффузии и истираемостью, надежными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре, высокой химической стойкостью, бактерицидностью и стабильностью объема. Концепция НРС была достаточно подробно разработана П.-К. Айчином [1]. Особенно перспективны полученные в конце 80-х годов двадцатого столетия во Франции так называемые реакционные порошковые бетоны — Reactive powder concretes (RPC). Это новое поколение бетонов с прочностью при сжатии от 200 до 800 МПа и прочностью при растяжении 25–150 МПа, энергией разрушения 3000 Дж/м<sup>3</sup> и средней плотностью 2500–3000 кг/м<sup>3</sup>. Концепция RPC заключается в получении материала, обладающего минимумом дефектов структуры — микротрещин и пор.

Оптимизация гранулометрического состава минеральных частиц компонентов данного бетона, обеспечивает очень высокую плотность композита. В связи с этим в высокопрочных бетонах предусматривается использование тонкомолотых наполнителей. В Криворожском национальном университете получены некоторые виды RPC [2; 3].

Анализ результатов научных исследований в области поверхностно-активных веществ (ПАВ) показал, что почти все современные ПАВ, используемые в технологии бетона, относятся к молекулярному типу. В то же самое время, с точки зрения физической и химической механики наиболее оптимально использование коллоидных или (согласно классификации академика П. А. Ребиндера) полукolloидных ПАВ. У этих типов ПАВ, при определенной их концентрации в системе, молекулы объединены в мицеллы, свойства которых отличаются от свойств молекул.

Так, использование границы раздела фаз в эмульсиях и суспензиях для ускорения химических реакций, а также проведение синтезов в тонких плёнках на поверхности неорганических материалов позволило развить новые под-

ходы к получению самых разнообразных веществ, включая гетероциклические соединения. К подобным методам, повышающим эффективность химического синтеза, можно отнести применение мицеллярных растворов [4].

Интерес к мицеллярным растворам возникает из-за их общей способности сольубизировать химические вещества в водных системах, и выполнять роль катализатора в химических реакциях. Многие ПАВ, образующие мицеллы (МПАВ) обладают такой специфической каталитической активностью.

Катализ мицеллами включает, по крайней мере, три стадии [4]. Сначала происходит связывание субстратов с мицеллой, а затем в этой мицелле или на её поверхности идёт химическая реакция. На третьей стадии выделяется целевой продукт. Мицеллярный ускоряющий эффект вызывается сочетанием не ковалентных взаимодействий между мицеллами с одной стороны и реагентами и активированным комплексом с другой стороны. Однако применение мицеллярного катализа для многокомпонентных реакций имеет и свои ограничения. Для появления выраженного эффекта ускорения все исходные реагенты должны хорошо растворяться в полярной части мицеллы, в противном случае они будут находиться в разных фазах и скорость реакции резко упадет. Исследованию возможности использования мицеллярного катализа при производстве данных бетонов и посвящена настоящая работа.

Целью настоящей работы является определение возможности применения мицеллярного катализа в процессах гидратации минералов портландцемента при получении высокопрочных тонкозернистых реакционно-порошковых бетонов.

Исследования производили в соответствии со стандартными методиками. Для изготовления образцов использовали стандартный портландцемент М400 производства ПАО «Хайдельберг цемент» (г. Кривой Рог, Украина). В качестве минерального порошка использовали отходы обогащения железных руд и их тонкодисперсную часть.

Проведенные исследования показали, что увеличение содержания МПАВ в бетоне до кон-

центрации, соответствующей формированию мицелл, сопровождается не только, уменьшением поверхностного натяжения, но также и уве-

личением прочности бетона, которая достигает 120–250% прочности бетона без добавок (рис. 1) в возрасте 28 суток.

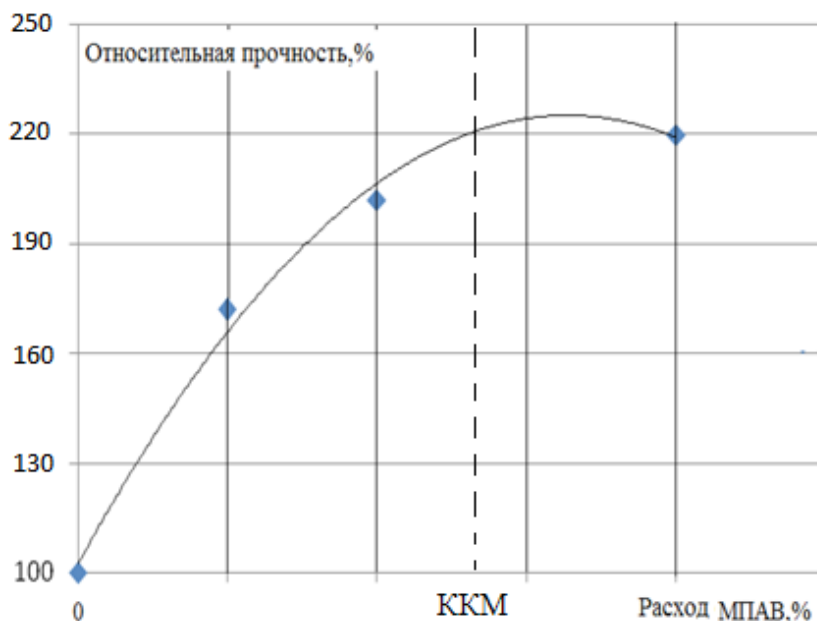


Рис. 1. Влияние МПАВ на прочность RPC

Дальнейшее увеличение содержания МПАВ сопровождается уменьшением прочности бетона. Это происходит вследствие того, что чрезмерное содержание молекул МПАВ увеличивает степень блокирования частиц цемента, уменьшая степень их гидратации.

Установлено, что введение в исследуемую систему «портландцемент — минеральный по-

рошок» мицеллообразующего ПАВ (МПАВ) приводит к резкому увеличению прочности получаемого бетона в возрасте 7 суток (рис. 2). При этом отмечается наличие оптимального содержания МПАВ в количестве 0,0002–0,0004% от массы цемента, которое обеспечивает формирование максимальной прочности системы.



Рис. 2. Влияние содержания МПАВ на прочность бетона при сжатии в возрасте 7 суток

Увеличение прочности цементного камня, как показателя степени протекания реакций гидратации минералов цемента, при указанном незначительном содержании МПАВ, свидетельствует об их каталитическом характере.

Обработка результатов рентгенофазового анализа проб цементного камня показала, во-первых, отсутствие химического взаимодействия МПАВ с продуктами гидролиза и гидратации клинкерных минералов, во-вторых, снижение

содержания клинкерных минералов в пробах цементного камня с добавкой МПАВ, по сравнению с пробами без добавки, что свидетельствует о более глубоком развитии процессов гидратации цемента в присутствии МПАВ. Результатом является рост прочности цементного камня, а на этой основе — и цементного бетона.

**Выводы.**

1. Научно обоснована и экспериментально подтверждена возможность увеличения скорости формирования прочности реакционных порошковых цементных бетонов применением мицеллообразующих ПАВ в качестве катализаторов реакций гидратации цемента.

2. Установлено, что мицеллообразующие ПАВ практически не участвуют в процессах гидрата-

ции минералов цемента, что свидетельствует об эффекте катализа химических реакций гидратации, т. е. мицеллярного катализа.

3. Доказано, что мицеллярный катализ, который, в настоящее время, нашел свое применение только в органической химии, может быть применен и для регулирования скорости реакций неорганических веществ.

4. Применение мицеллярного катализа, который приводит к увеличению скорости формирования прочности бетона и повышения ее конечной величины, что приведет к сокращению времени изготовления строительных изделий и конструкций, зданий и сооружений, в частности, монолитных.

### **Список литературы:**

1. Aitcin P.-C. High Performance Concrete. E&FN Spon. 2004. – 140 p.
2. Шишкин А. А. Щелочные реакционные порошковые бетоны. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. – № 2 (17). – С. 56–65.
3. Шишкина А. А. Пористые реакционные порошковые бетоны. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. – № 8 (23). – С. 128–135.
4. Щукин Е. Д. Коллоидная химия. Москва, 1982. – 348 с.