

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ВОДОРЕДУЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА

**Корчунов Иван Васильевич**, магистрант 1 года факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов; e-mail: [johan1994@mail.ru](mailto:johan1994@mail.ru);

**Ахметжанов Азат Мухаррямович**, студент 3 курса факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов;

**Потапова Екатерина Николаевна**, д.т.н., профессор кафедры химической технологии композиционных и высокотемпературных материалов.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Использование водоредуцирующих добавок-пластификаторов является наиболее экономически выгодным и технологически простым способом получения высокопрочных изделий на основе цемента. В данной статье рассматривается возможность использования пластифицирующих добавок серии Masters для получения материалов, обладающих повышенными эксплуатационно-прочностными характеристиками при условии использования рядовых марок портландцемента.*

**Ключевые слова:** прочность цемента; суперпластификатор; стерический эффект; поликарбоксилат; водоредуцирующие добавки; высокопрочный бетон

## EFFECT OF THE TYPE OF WATER-REDUCING ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF CEMENT

Korchunov I.V., Achmetjanov A.M., Potapova E.N.\*

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The use of water-reducing plasticizers additives is the most cost-effective and technologically easily way to produce high-strength cement-based products. This article discusses the possibility of using Masters plasticizer additives for the production of materials, on condition that ordinary types of portlandcement are used.*

**Keywords:** strength of cement; superplasticizer; steric effect; polycarboxylate; water-reducing additives; high-quality concrete

**Почему именно пластификаторы?** Целью любого технолога, является получение максимально качественного продукта при минимальных финансовых и материальных затратах. На настоящий момент бетон, в состав которого непременно входит цемент, является основным материалом, используемым практически во всех строительных сферах. Соответственно, актуальным направлением исследований считается получение составов бетонов на рядовых марках портландцемента, отличающихся повышенными эксплуатационными характеристиками. Для получения стойких, высокопрочных строений, способных длительное время противостоять пагубному воздействию окружающей среды, необходимо по максимуму снизить водотвердое отношение бетонного раствора в момент затворения. По прошествии 6 мес, даже при полной гидратации цемента количество связанной воды доходит только до 20 %. Между тем, количество воды необходимое для получения удобоукладываемой смеси значительно выше указанных величин. Ориентировочно ее должно быть 40-50 % от массы цемента в зависимости от требуемой подвижности бетонной смеси и вида применяемого цемента и заполнителей. Таким образом, примерно четверть воды затворения смеси вступает в химическое взаимодействие с цементом. Столько же воды (капиллярной, пленочной) находится в физически связанном состоянии с цементом, остальное количество воды необходимо для обеспечения удобоукладываемости смеси [1,2]. Повышение удобоукладываемости цементного (бетонного) раствора при сокращении и количества воды затворения на 15-40 % возможно при использовании поверхностно-активных пластифицирующих добавок, что на настоящий момент является основным направлением повышения физико-механических характеристик бетона и бетонных смесей.

Первые пластифицирующие добавки на лигносульфонатной основе делали возможным снижение водоцементного отношения на 5-15 %. В настоящий момент уже активно используются добавки поликарбоксилатной природы, относящиеся к классу гиперпластификаторов, снижающих количество воды затворения уже на 35-40 %. Наибольшая эффективность данных пластификаторов объясняется специфическим строением их молекул и возникающими в результате этого эффектами, препятствующими гидратации. К примеру, электростатический эффект отталкивания возникает при адсорбции молекул

пластификатора на поверхности частиц цемента с образованием так называемой пленки которая изменяет □ □ потенциал двойного электрического слоя, одновременно увеличивая отрицательный заряд поверхности частицы. При попытке сближения одноименно заряженных частиц происходит их взаимное отталкивание, что приводит к уменьшению трения в цементно-водной суспензии и замедлению процесса гидратации с последующим ускорением процессов твердения. Последнее обусловлено тем, что адсорбционный слой добавки на поверхности частиц цемента проницаем для воды, а дефлокулирующее (разделяющее) действие пластификатора увеличивает контакт цемента и воды, что приводит к увеличению числа гидратных новообразований. Попутно в присутствии добавок данного типа возникает стерический же эффект отталкивания. Он достигается за счет боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилата. Сила этого эффекта зависит от размеров и типов зарядов боковых цепей. Так, присутствие вблизи частиц цемента больших групп (частей молекул пластификатора) способно препятствовать сближению этих частиц, существенно замедляя реакцию (рис.1) [3].

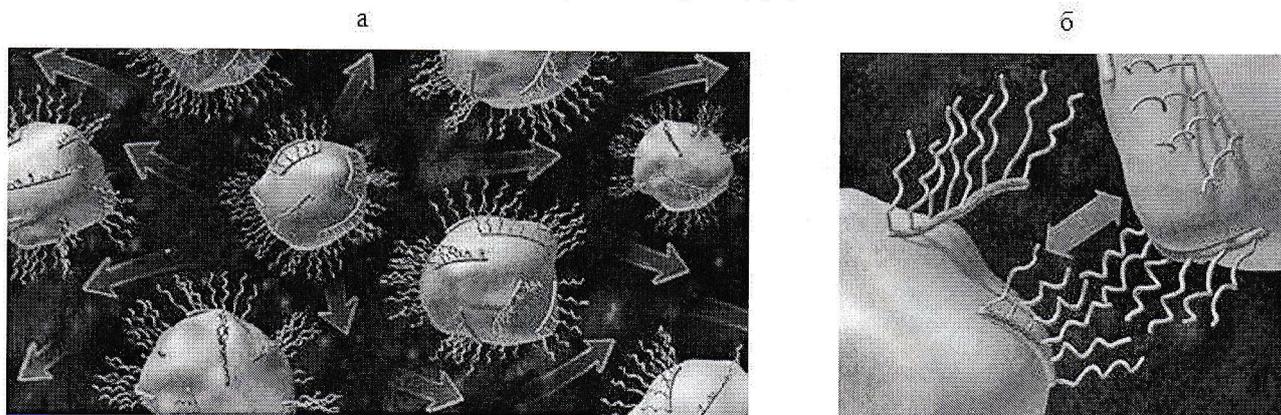


Рис.1. Эффект адсорбции молекул пластификатора на поверхности цементных частиц (а) и возникающий между ними стерический эффект отталкивания (б)

**Используемые материалы.** В данной работе испытания проводились с портландцементом класса ЦЕМ □ 52,5Н производства ОАО «Тулацемент». В качестве водоредуцирующих добавок были выбраны 4 пластификатора, производимые компанией BASF (ООО БАСФ «Строительные системы») – лидером мировой химической отрасли:

- MasterRheobuild 1000 – пластифицирующая добавка на основе нафталинсульфоната (далее СП-1);
- MasterGlenium 116 (СП-2) – пластифицирующая добавка на основе поликарбоксилатного эфира;
- MasterGlenium ACE 430 (СП-3) – пластифицирующая добавка на основе эфира поликарбоксилата;
- MasterPozzolith MR 55 (СП-4) – пластифицирующая добавка на основе лигносульфоната.

Все перечисленные добавки представляют собой жидкие вещества и вводились вместе с водой затворения.

**Экспериментальная часть.** На первом этапе в работе исследовали изменение нормальной плотности (НГ) цементного теста в диапазоне изменения концентраций добавок от 0,1 до 3,0%. Как видно из рис.2, при увеличении содержания водоредуцирующих добавок наблюдается постепенное снижение показателя НГ. Наилучшим водоотнимающим действием обладают добавки СП-2, СП-3. Пластификаторы СП-1 и СП-4 – снижают водоцементное отношение в меньшей степени.

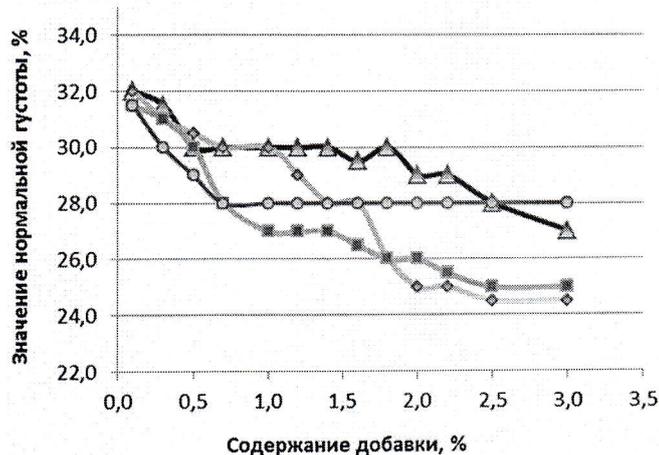


Рис.2. Влияние содержания пластифицирующих добавок на изменение значения нормальной плотности цементного теста

Как мы видим, наибольшая водоотнимающая способность добавок на основе поликарбоксилата экспериментально подтвердилась. Помимо этого, необходимо отметить, что не всегда при уменьшении количества воды, будет происходить закономерное сокращение сроков схватывания цементного теста [4]. В большинстве случаев, ситуация происходит с точностью наоборот. В результате адсорбции и пленкообразования молекул добавок на частицах цемента оказывается существенное влияние на процесс гидратации, которое может в последствии компенсироваться наиболее интенсивным набором прочности на поздних этапах твердения, а может привести и к непоправимым негативным последствиям и практически полной потере прочности цемента. Поэтому оптимальными дозировками для использования считаются концентрации в интервале от 0,1 до 0,7 % по массе вяжущего, что было учтено при разработке комплексных составов доавок для дальнейших испытаний. Таким образом, в рамках данной работы для всех испытуемых добавок была установлена оптимальная дозировка, которая составила 0,5% по массе цемента. На рис. 3 представлены экспериментальные значения прочности и пористости контрольных образцов на 28 сутки нормального твердения во влажных условиях при температуре 20 °С с оптимальным содержанием добавки.

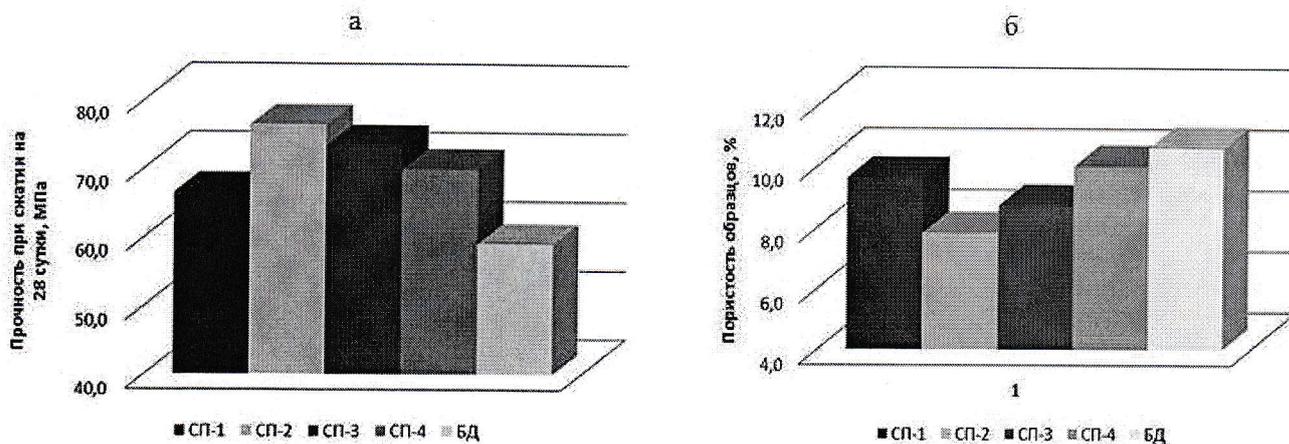


Рис.3. Свойства цементного камня на 28 сутки а) – прочность, МПа; б) – пористость, %

Стоит отметить, что введение пластифицирующих добавок способствует наиболее быстрому набору прочности образцами практически на всем интервале твердения. Возвращаясь к данным на рис. 3, отмечаем, что вновь наблюдается заметное преимущество добавок поликарбоксилатной природы (СП2 и СП-3) над обычными суперпластификаторами. Если повышение прочности у СП1 и СП4 составляет около 10-15 %, то СП2 и СП3 способствуют повышению прочностных характеристик до 30 % по отношению к бездобавочному составу. Данные по прочности прекрасно коррелируют с данными, полученными при определении пористости. Таким образом, составы, обладающие меньшей пористостью и, как следствие, большей плотностью, способны выдерживать большие нагрузки (в МПа) при испытании на сжатие.

**Выводы.** Пластификаторы способны при существенном снижении водотвердого отношения цементного раствора обеспечивать нормальную консистенцию без потери прочностных качеств со временем. При работе важно соблюдать дозировку пластифицирующих добавок, так как превышение необходимого количества добавки существенно влияет на процесс гидратации цемента с непоправимым ухудшением прочностных характеристик. Добавки на поликарбоксилатной основе во всех аспектах опережают давно известные и общедоступные пластификаторы. На фоне высокой эффективности единственным недостатком данных добавок является их большая стоимость, что должно быть учтено при попытке внедрения их в процессе производства. Углубляясь в изучение представленных добавок, в рамках предстоящих исследований основной упор будет делаться на попытку использования их в составе комплексных добавок и изучению механизма совместного действия.

#### Список используемой литературы

1. Кастровых Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. – Учебно-справочное пособие, 2е издание, 2007.
2. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона/Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. – Киев: Оранта, 2004. – 301 с.
3. Kong F.R., Pan L.S., Wang C.M., Zhang D.L., Xu N. Effect of polycarboxylate superplasticizers with different molecular on the hydration behavior of cement paste // Construction and Building Materials, 2016, 105, p. 545-553.
4. Корчунов И.В., Потапова Е.Н. Влияние эффективных водоредуцирующих добавок на свойства цемента// Сухие строительные смеси. – 2017. – № 2. – С. 31-35.