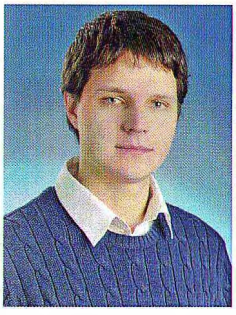
ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ В ТЕХНОЛОГИИ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Мечай А.А.,
к.т.н., зав. кафедрой химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета
(г. Минск, Беларусь)

Барановская Е.И.,
к.т.н., стар. науч. сотр. кафедры химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета
(г. Минск, Беларусь)



Гончар А.Н.,
инженер-технолог СООО «СинерждиКом»
(г. Минск, Беларусь)

Введение

Актуальность исследования органических добавок комплексного действия в составе ячеистобетонных смесей обусловлена следующими современными направлениями совершенствования технологии автоклавного газобетона: необходимостью снижения энергозатрат на помол сырья и расхода пара на автоклавную обработку сырца, расхода дорогостоящих сырьевых компонентов, а также повышения прочности готовых изделий, что позволит осуществлять производство ячеистого бетона низких плотностей с улучшенными физико-механическими свойствами. Решение указанных задач для предприятий-производителей автоклавного ячеистого бетона является перспективным направлением снижения его себестоимости.

Учитывая тот факт, что ячеистобетонная смесь является сложной многокомпонентной системой, в которой изменение свойств сырьевых материалов либо хотя бы одного технологического параметра может приводить к существенным изменениям ее реологических свойств, оказывать влияние на процессы газовыделения и структурообразования, изменение температуры и времени созревания массива, темпы набора пластической прочности, а также физико-механические свойства изделий, в технологии ячеистого бетона практически не используются химические добавки. Интерес к использованию органических добавок на основе поликарбоксилатного лигнина обусловлен в первую очередь возможностью их комплексного влияния на свойства ячеистобетонных смесей и бетона. Анионные поверхностно-активные вещества (ПАВ) могут вводится на стадии помола известково-песчаного вяжущего, выполняя роль интенсификатора процесса помола, либо непосредственно в виброгазобетоносмеситель, позволяя за счет эффекта разжижения снизить водотвердое отношение (В/Т) смеси при сохранении ее пластичности. Множество исследований [1–4] в настоящее время направлено на изучение механизма действия ПАВ в технологии помола цемента, а также в составе бетонных смесей. Отсутствие подобных гипотез в технологии автоклавного газобетона существенно осложняет возможность их применения как с точки зрения научных исследований, так и с точки зрения задач производства.

В настоящее время СООО «СинерждиКом» разработало собственную технологию получения анионных поверхностно-активных веществ путем окисления гидролизного лигнина. В основу молекулярного дизайна при создании высокоэффективных водорастворимых поверхностно-активных веществ линейки S-Drill™ CL положена такая химическая модификация лигнина, которая позволяет ввести в его структуру заряженные карбоксильные группы через образование соответствующих производных полимуконовой и полималеиновой кислот. Это обеспечивает широкие возможности контроля химического и физического поведения таких полимеров и их взаимодействия с твердыми частицами посредством изменения разветвленности цепей, электрических зарядов, плотности заряда и количества свободных функциональных групп. Одним из направлений использования новых поликарбокислатов является их применение в качестве добавок-модификаторов при измельчении цементного клинкера, кварцевого песка, карбонатных пород, шлаков и других материалов.

Целью работы, выполняемой в рамках хозяйственного договора между Белорусским государственным технологическим университетом и СООО «СинерждиКом», являлось исследование влияния органических добавок на основе поликарбоксилатного лигнина линейки S-Drill™ CL на величину удельной поверхности известково-песчаного вяжущего при введении их на стадии помола, а также реологические свойства ячеистобетонных смесей и физико-механические свойства газобетона.

Влияние ПАВ на величину удельной поверхности известково-песчаного вяжущего

В качестве сырьевых материалов для получения ячеистого бетона автоклавного твердения с маркой по плотности D500 в соответствии с СТБ 1570–2005 использовали портландцемент марки М500, известь негашеную кальциевую с содержанием активных CaO и MgO 72–73 мас.%, песок молотый кварцевый с содержанием общего SiO_2 не менее 85 мас.%, порообразователь – алюминиевую пудру ПАП-1.

В состав сырьевых смесей вводили поверхностно-активные вещества линейки S-Drill™ CL, характеристика которых представлена в табл. 1.

Действующим веществом реагента S-Drill™ CL является натриевая соль поликарбоксилатного лигнина. Функциональными группами, обеспечивающими поверхностно-активные свойства поликарбоксилатного лигнина, являются карбоксилатные группы остатков полимуконовой и полималеиновой кислоты (рис. 1).

Поликарбоксилатный лигнин имеет узкое молекулярно-массовое распределение (низкую полидисперсность) и отличается постоянством состава (в нем отсутствуют примеси сахаров и минеральных веществ). Благодаря этим структурным и композиционным особенностям поликарбоксилатный лигнин обладает высокой поверхностной активностью. Таким образом, молекулы поликарбоксилатного лигнина способны адсорбироваться на поверхность размалываемых частиц, насыщая избыточный потенциал поверхности и предо-

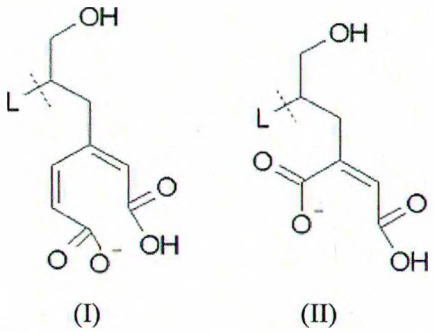


Рис. 1. Структурная формула поликарбоксилатного лигнина: I – остаток полимуконовой кислоты, II – остаток полималеиновой кислоты

Таблица 1

Характеристика поверхностно-активных веществ линейки S-Drill™ CL

Шифр образца	S 40	S 47	S 39
Тип ПАВ	анионный	анионный	анионный
Плотность заряда	низкая	высокая	средняя
Молекулярная масса	высокая	низкая	средняя
Функциональные группы	фенолятные	карбоксилатные	карбоксилатные, фенолятные
pH среды	8,6	12,5	13,2

твращая притяжение других частиц и образование агломератов.

Используемые в работе поверхностно-активные вещества вводили на стадии помола известково-песчаного вяжущего. Дозировка добавок составляла 200–500 г на 1 т вяжущих компонентов (известь и цемент). В качестве контрольных приняты бездобавочные образцы, составы сырьевых смесей которых рассчитывались в соответствии с рецептурой ЗАО «Могилевский КСИ».

Помол известково-песчаного вяжущего осуществляли в лабораторной вибрационной мельнице. Время помола для всех образцов составляло 7 мин. Удельную поверхность определяли методом воздухопроницаемости с помощью прибора ПСХ-4. Результаты определения удельной поверхности в зависимости от дозировки и вида добавок представлены на рис. 2.

На основании полученных данных в качестве оптимальных выбраны следующие дозировки добавок: S 40 – 300 г/т, S 47 – 400 г/т, S 39 – 300 г/т. Указанные добавки, как показывают результаты эксперимента, являются интенсификаторами помола в исследуемой системе и независимо от различной плотности отрицательного заряда обеспечивают повышение удельной поверхности известково-песчаного вяжущего на 300–500 см^2/г по сравнению с контрольными составами. ПАВ, как известно из литературных данных [5], адсорбируются поверхностью размалываемых частиц, насыщая избыточный потенциал поверхности и предотвращая притяжение частиц и образование агломератов, кроме того, молекулы интенсификатора, попадая в микротрещины измельчаемого материала, оказывают расклинивающее действие и тем самым способствуют повышению эффективности помола.

Исследование реологических свойств ячеистобетонных смесей и физико-механических свойств газобетона

Полученные в результате помола образцы известково-песчаного вяжущего использовались для приготовления ячеистобетонных смесей и исследования их реологических свойств. Важной задачей при испытаниях органических добавок в исследуемой системе является подбор их оптимальных дозировок, при которых, выполнив роль интенсификаторов на стадии помола, добавки будут положительно влиять на реологические свойства смесей, процессы газовыделения и структурообразования, а также не окажут отрицательного воздействия на темп набора пластической прочности. Данные по влиянию добавок S-Drill™ CL на показатели, характеризующие реологические свойства смесей, представлены в табл. 2.

На основании оценки растекаемости смеси по Суттарду установлен эффект разжижения и пластифицирования смесей, что позволило для составов, химизированных анионными ПАВ, снизить В/Т с 0,65 до 0,6. Положительное влияние на изменение реологических свойств ячеистобетонных смесей позволяет произво-

Таблица 2

Основные показатели, характеризующие реологические свойства ячеистобетонных смесей

Состав	Влажность после автоклавной обработки, мас. %	ККК
Контрольный состав	21,6	71,8
S 40, дозировка 300 г/т	7,6	93,0
S 39, дозировка 300 г/т	10,1	75,0
S 47, дозировка 300 г/т	12,0	84,5
S 47, дозировка 500 г/т	13,2	67,0

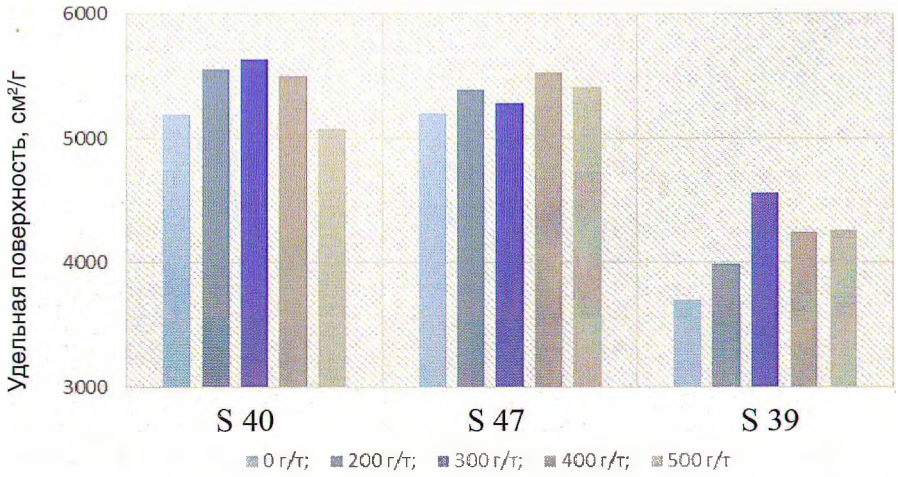


Рис. 2. Зависимость удельной поверхности известково-песчаного вяжущего от вида и дозировки добавок

Таблица 3

Основные физико-механические свойства ячеистого бетона

Состав	Растекаемость по Суттарду при В/Т 0,65, см	Время до набора пластической прочности (30 кПа), мин	Время вспучивания массива, мин
контрольный	30	190	9
S 40, 300 г/т	36	187	7
S 47, 400 г/т	32	190	5
S 39, 300 г/т	34	188	5

дить их корректировку по содержанию воды, что обеспечит совпадение процессов газовыделения и структурообразования в системе. В результате чего можно получить ячеистый бетон с оптимальной пористой структурой и улучшенными физико-механическими свойствами.

При проведении испытаний визуально было установлено, что исследуемые ПАВ существенно интенсифицируют процесс газовыделения, в том числе и на составах с пониженным В/Т. На основании результатов по определению высоты роста массивов установлено, что введение ПАВ позволяет снизить расход алюминиевой пудры на 8–10% по сравнению с контрольным составом.

На следующем этапе выполнения работ были выбраны составы с оптимальными дозировками для проведения испытаний по определению основных физико-механических свойств ячеистого бетона. Так как указанные добавки оказали влияние на процесс газовыделения и, соответственно, на среднюю плотность бетона, критерием выбора оптимальных составов являлся коэффициент конструктивного качества (ККК), а не показатели прочности. В табл. 3 представлены основные физико-механические свойства ячеистого бетона разработанных составов.

Установлено, что оптимальными дозировками с точки зрения влияния ПАВ на процессы газовыделения и структурообразования, как и на эффективность помола, по сравнению с контрольными составами, являются: 300 г/т – для S 40, 400 г/т – для S 47, 300 г/т – для S 39. Однако существенное влияние на повышение ККК газобетона оказала добавка S 47 при ее дозировке 300 г/т.

Полученные данные явились предпосылкой для использования результатов эксперимента в опытно-промышленных испытаниях в ЗАО «Могилевский КСИ». Предварительные промышленные испытания добавки проводились в помольно-сырьевом отделении приготовления известково-песчаного вяжущего. Дозирование добавок (дозировка 300–500 г/т) осуществлялось разбрызгиванием при помощи форсунки на транспортерную ленту подачи песка. Совместный помол извести и песка осуществляли в шаровой мельнице. Прирост удельной поверхности известково-песчаного вяжущего составил 250–300 см²/г. Полученное в процессе опытно-промышленных испытаний известково-песчаное вяжущее было использовано для производства мелких стеновых блоков с маркой по плотности D500. В настоящее время продолжаются работы в рамках производственных испытаний по оптимизации составов ячеистобетонных смесей с использованием добавок линейки S-Drill™ CL.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования анионных ПАВ линейки S-Drill™ CL в качестве комплексных добавок в технологии автоклавного ячеистого бетона. Результаты промышленных испытаний показали эффективность их применения в качестве интенсификаторов помола известково-песчаного вяжущего (прирост удельной поверхности 250–300 см²/г), а также в качестве добавок, позволяющих благодаря установленному эффекту разжижения снизить водотвердое отношение ячеистобетонных смесей, обеспечить формирование равномерной пористой структуры и получить материал с улучшенными физико-механическими и теплофизическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривобородов, Ю.Р., Бурлов, А.Ю., Бурлов, И.Ю. Новый интенсификатор помола цемента // Технологии бетонов. – 2007. – № 3. – С.32–33.

2. Yamada K., Takahashi T., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer // Cement and Concrete Research. – 2000. – Vol. 30. – P 197–207.

3. Шахова, Л.Д., Маркова, С.В., Мишин, Д.А. Опыт применения интенсификаторов процесса помола нового поколения // Цемент и его применение. – 2011. – № 4. – С. 123–125.

4. Ломаченко, Д.В., Кудеярова, Н.П. Влияние поверхностно-активных свойств добавок на размолоспособность портландцементного клинкера // Строительные материалы. – 2010. – № 8. – С. 58–59.

5. Земляной, К.Г., Московских, Н.Н. Влияние органических добавок на интенсивность помола сырья для магнезиальносиликатной керамики // Молодой ученый. – 2011. – № 6. – Т.1. – С. 79–82.