

*Володченко А. Н., канд. техн. наук, доц.,
Лесовик В. С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

naukavs@mail.ru

Установлено, что использование песчано-глинистых пород в качестве сырья для получения автоклавных ячеистых бетонов оказывает положительное влияние на реологические характеристики сырьевой смеси. Это обеспечивает упрощение технологии, плавный без «ложного кипения» и выбросов газа процесс вспучивания формовочной смеси. При этом формируется макроструктура, способствующая повышению прочностных характеристик ячеистого бетона.

Ключевые слова: *песчано-глинистые породы, газосиликатная смесь, реологические свойства, структурообразование, автоклавные ячеистые бетоны.*

Наиболее важным этапом в технологии производства ячеистых бетонов, от которого в значительной мере зависит формированию макроструктуры и, соответственно, физико-механические характеристики получаемых материалов, является вспучивание и стабилизация массы.

При изучении механизма вспучивания большинство исследователей пришло к выводу о том, что для нормального процесса формирования ячеистой структуры необходимо обеспечить определенное соотношение между скоростью газообразования и изменением вязкости. Лучшими условиями формирования ячеистых бетонов являются совпадение максимального газовыделения с оптимальными значениями пластично-вязких характеристик. Однако эти характеристики являются индивидуальными и при прочих равных условиях зависят от адсорбционной и сольватной природы кремнеземистого компонента ячеистого бетона [1].

Основным кремнеземистым компонентом для производства ячеистых бетонов по традиционной технологии является тонкомолотый кварцевый песок. Вместо молотого песка можно использовать золу-унос, а также продукты обогащения руд. Однако запасы сырья, отвечающего нормативным требованиям, ограничены, а в ряде регионов вообще отсутствуют. Расширить сырьевую базу производства ячеистых бетонов можно за счет использования техногенного сырья [2–9].

Целью настоящей работы является изучение реологических свойств сырьевых смесей на основе песчано-глинистых пород для получения автоклавных ячеистых бетонов.

В исследованиях использовали песчано-глинистую породу региона Курской магнитной аномалии (КМА) и три пробы, отобранные из керна детальной разведки в районе добычи алмазов Архангельской алмазодобывающей провинции (ААП). Гранулометрический и химический состав пород приведен в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Гранулометрический состав пород

Проба	Содержание фракций в мас. %, размер сит, мм								
	более 1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	0,16–0,10	0,10–0,04	0,04–0,01	0,01–0,005	менее 0,005
Магнезиальная глина	1,97	5,03	5,52	7,66	6,0	12,25	12,74	18,15	30,68
Песок ААП	–	–	–	12,09	20,28	43,92	9,85	3,75	10,11
Супесь ААП	1,99	18,6	26,37	21,4	8,7	3,97	9,51	1,9	7,56
Супесь КМА	–	–	1,3	7,3	7,1	18,72	42,95	5,70	16,93

Таблица 2

Химический состав пород, мас. %

Проба	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.	Сумма
Магнезиальная глина	45,3	6,24	8,14	8,86	18,92	0,65	2,16	2,84	6,16	99,27
Песок ААП	69,5	12,13	4,9	5,45	0,58	–	0,04	0,16	3,66	96,42
Супесь ААП	76,8	8,8	4,4	4,9	0,7	–	0,23	0,37	2,4	98,6
Супесь КМА	79,4	10,26	2,57	0,05	0,02	–	1,28	1,15	4,19	98,92

Магнезиальная глина представляет собой плотную породу серого цвета с зеленым оттенком с раковинным изломом и слоистой текстурой. В породе (см. табл. 1) преобладают алевритовые и пелитовые частицы (73,82 мас. %). По гранулометрическому составу и числу пластичности породу можно классифицировать как тяжелую глину.

Песок ААП представляет собой рыхлое отложение темно-красного цвета. Пластичностью порода практически не обладает, поэтому ее можно отнести к пескам.

Супесь ААП это рыхлая горная порода светло-желтого цвета, с преобладанием псаммитовых частиц (около 77 мас. %). По числу пластичности ($I_p = 3,5$) и гранулометрическому составу породу можно классифицировать как супесь пылеватую.

Супесь КМА – рыхлая порода коричневого цвета. В породе преобладает алевритовая и пелитовая фракция (см. табл. 1). По гранулометрическому составу и числу пластичности ($I_p = 6$) порода классифицируется как супесь пылеватая.

По химическому составу (табл. 2) супесь Курской магнитной аномалии, супесь и песок Архангельской алмазонасной провинции отличаются высоким содержанием кремнезема.

В качестве кремнеземистого заполнителя для изготовления известково-песчаной (контрольной) массы и массы с добавкой магнезиальной глины использовали кварцевый песок

Нижнеольшанского месторождения Белгородской области. Вяжущим компонентом служила негашеная комовая известь АО «Стройматериалы» с активностью 78,3 %. В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру марки ПАП-1.

Исследовано влияние изучаемых пород на процесс порообразования газосиликатной смеси. Активность сырьевой смеси составляла 14 мас. %. При изготовлении ячеистых образцов песчано-глинистую породу вводили в сырьевую смесь в виде вяжущего, получаемого совместным помолом породы и извести в соотношении 1:1 до удельной поверхности 500–550 м²/кг, а также в качестве кремнеземистого компонента взамен природному кварцевому песку. Высокая дисперсность супеси ($S_{уд} = 100–110$ м²/кг) позволяет исключить ее предварительный помол при приготовлении сырьевой смеси. Для корректировки состава газосиликатных смесей, характеризующихся повышенной водопотребностью, использовалась добавка суперпластификатора С-3 в количестве 0,3–0,4 мас. % от массы сухих компонентов. Известково-песчаную (контрольную) массу готовили по традиционной технологии. Образцы изготавливались методом литьевого формования.

Характер порообразования оценивали по изменению высоты массы, времени вспучивания и температуре смеси к концу вспучивания. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Кинетика газовыделения ячеистых бетонов в зависимости от вида кремнеземистого компонента

Вид кремнеземистого компонента	Газовыделение			Вспучивание				
	Конечный объем газа, см ³	Неиспользованная часть газа, см ³	Коэффициент использования газа	Прирост объема ячеистого бетона		$K_{всп}$	$\tau_{всп}$, сек	t_{max} , °C
				см ³	в %			
Песок кварцевый	257,1	160,9	0,37	96,2	55	1,55	350	48
Песок кварцевый с содержанием 15 мас. % магнезиальной глины	239,8	86,9	0,64	152,9	78	1,78	920	40
Песок ААП	281,6	153,5	0,45	128,1	67	1,67	650	56
Супесь ААП	248,5	82,3	0,67	166,2	88	1,88	1020	45
Супесь КМА	247,2	83,5	0,66	163,7	84	1,84	970	44

Непосредственное приращение объема газобетонной массы будет тем больше, чем выше коэффициент полезного использования газа, а последний зависит от вязкости и пластической прочности ячеистой массы. Как известно, введение в систему частиц коллоидных размеров способствует повышению вязкости смесей. Это объясняется тем, что частицы ультрадисперсных материалов создают на своей поверхности сольватную оболочку, состоящую из воды, по объему сопоставимую с объемом частицы [10]. Та-

ким образом, количество свободной воды, определяющей текучесть, сокращается на величину, сравнимую с объемом ультрадисперсного материала, а вязкость системы соответственно повышается по мере увеличения в ней объемной концентрации микрозаполнителя, в результате чего возрастает газодерживающая способность формовочной массы.

На рис. 1 представлена группа кривых газовыделения (1'–5') и вспучивания газобетона (1–

5) на основе кварцевого песка и песчано-глинистых пород.

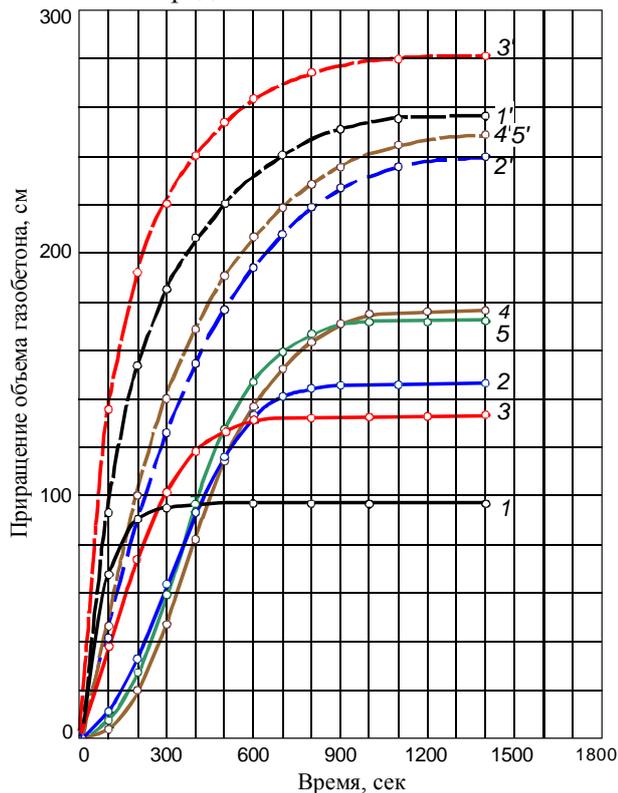


Рис. 1. Кинетика газовыделения ячеистых бетонов на основе:

- 1 – кварцевого песка; 2 – песка с содержанием 15 мас. % магнезиальной глины;
3 – песка ААП; 4 – супеси ААП; 5 – супеси КМА

Графическая величина отрезка между кривыми газовыделения и вспучивания для одного и того же материала обратно пропорциональна коэффициенту полезного использования выделившегося газа. Чем меньше разрыв между кривыми, тем лучше вспучивается масса и больше удерживается газа, тем лучше формируется пористая структура ячеистого бетона.

Газосиликатные смеси на основе супеси ААП и КМА характеризуются повышенной пластической вязкостью, что обуславливает их высокую газодерживающую способность (коэффициент использования газа для смеси на их основе соответственно составил 0,66 и 0,67). Формовочная масса на основе песка ААП обладает меньшей пластичностью, вследствие чего газодерживающая способность массы снижается (коэффициент использования газа составляет 0,45).

Наихудшие показатели имеет известково-песчаный газобетон, у которого минимальный показатель газодерживания (см. табл. 3). Введение в сырьевую смесь магнезиальной глины повышает пластичность формовочной массы, в результате чего возрастает ее газодерживающая способность.

Исследования процесса структурообразования формовочных масс проводились на коническом пластометре по методике П.И. Ребиндера по мгновенному замеру величины предельного напряжения сдвига (рис. 2).

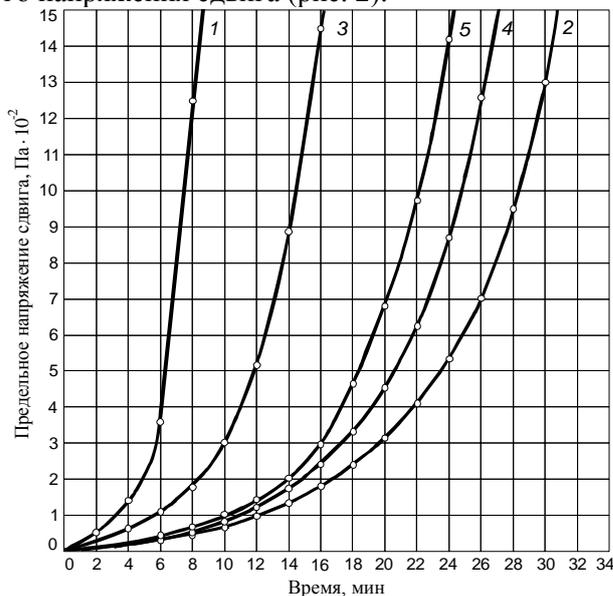


Рис. 2. Кинетика изменения предельного напряжения сдвига

газосиликатных смесей на основе:

- 1 – кварцевого песка; 2 – песка, с содержанием 15 мас. % магнезиальной глины;
3 – песка ААП; 4 – супеси ААП; 5 – супеси КМА

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что процессы структурообразования в известково-песчаной смеси, выражающиеся в нарастании прочности структуры, начинаются по истечении 2–3 мин с момента заливки смеси в форму. Кривая изменения во времени предельного напряжения сдвига для малопластичного материала с низкой адсорбционной активностью, каким является песок, имеет незначительный наклон к оси абсцисс (рис. 2, кривая 1). Такой длительности индукционного периода структурообразования недостаточно для нормального вспучивания формовочной массы. В данном случае схватывание наступает до окончания интенсивного газовыделения, увеличение объема газа после потери смесью подвижности вызывает деструктивные явления.

При использовании в качестве кремнеземистого компонента песчано-глинистых пород значительно повышается пластичность формовочных масс при относительно небольших значениях предельного напряжения сдвига. Нарастание прочности структуры при этом уже не носит лавинообразный характер, как при использовании обычного кварцевого песка и ход кинетических кривых характеризуется более плавным изгибом (рис. 2, кривые 2–5). Длительность индукционного периода возрастает в 2–3

раза (до 4–10 мин) в зависимости от вида применяемой породы. Относительно высокая пластическая вязкость растворной смеси на основе песчано-глинистых пород в период индукции препятствует объединению пузырьков газа, в результате чего формируется более однородная мелкопористая структура. При этом формируются более плотные межпоровые перегородки, что способствует повышению прочностных характеристик газосиликата.

Изделия на основе изучаемого сырья приобретают цвет исходной породы. Супесь ААП придает изделиям желтый цвет, песок ААП – красный, магнезиальная глина – серый, супесь КМА – коричневый.

Таким образом, использование песчано-глинистых пород в качестве сырья для получения ячеистых бетонов оказывает положительное влияние на реологические характеристики сырьевой смеси, позволяя повысить газодерживающую способность при сохранении низких значений предельного напряжения сдвига в начальный период структурообразования. Это обеспечивает упрощение технологии, плавный без «ложного кипения» и выбросов газа процесс вспучивания формовочной смеси. При этом формируется макроструктура, способствующая повышению прочностных характеристик ячеистого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Книгина, Г.И. Значение пластичности газобетонной массы при формировании макроструктуры / Г.И. Книгина, В.Д. Загоренко // Строительные материалы. – М., 1966. – № 1. – С. 35–36.
2. Лесовик, В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород / В.С. Лесовик. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 526 с.
3. Лесовик, В.С. Геоника. Предмет и задачи: монография / В.С. Лесовик. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 213 с.
4. Володченко, А.Н. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков // Современные наукоемкие технологии. – М., 2005. – № 10. – С. 79–79.
5. Володченко, А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород архангельской алмазоносной провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Новочеркасск, 2006. – № 3. – С. 67–70.
6. Лесовик, В.С. Ячеистый бетон с использованием попутно-добываемых пород Архангельской алмазоносной провинции / В.С. Лесовик, А.Н. Володченко, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков, В.К. Гаранин // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 2. – С. 13–18.
7. Алфимова, Н.И. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении / Н.И. Алфимова, В.С. Черкасов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – №1. – С. 52–55.
8. Алфимова, Н.И. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих / Н.И. Алфимова, Я.Ю. Вишневская, П.В. Трунов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – №1. – С. 10–14.
9. Вишневская, Я.Ю. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента / Я.Ю. Вишневская, В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – №3. – С. 53–56
10. Каприелов, С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов / С.С. Каприелов // Бетон и железобетон. – 1995. – № 6. – С. 16–20.