

Технологическая справка о производстве газобетона.

В последней четверти прошлого столетия наибольшее распространение получил один вид ячеистого бетона – автоклавный газобетон. Производство этого материала требовало значительных энергетических и материальных затрат.

Основным его ингредиентом был кварцевый песок, размалываемый почти до тонкости цемента в гигантских энергоемких шаровых мельницах. Обработку отформованных изделий производили в громадных, тяжелых и дорогих автоклавах диаметром до 3,6 м и длиной в несколько десятков метров. Завод должен был иметь специальную котельную, обеспечивающую давление пара 8–12 атм, соответственно росла температура пара – источник и энергозатрат, и теплопотерь. На все это закрывали глаза, пока не грянул энергетический кризис. Вдруг оказалось, что энергия имеет цену и немалую.

При неавтоклавном производстве смесь для получения газобетона оставляют твердеть в обычных условиях. Это относительно дешевый способ получения строительного материала: минимальны затраты электроэнергии, нет необходимости применять специальное оборудование. Несомненно, при существенном росте цен на энергоносители, повышении доли транспортных расходов в себестоимости продукции, этот вид производства заслуживает внимания, в особенности при проектировании и строительстве малоэтажных домов.

Неавтоклавный (пропаренный) ячеистый бетон был известен раньше автоклавного, но такого широкого распространения не получил, оставаясь продукцией мелких предприятий, принадлежащих строительным организациям, небольшим акционерным обществам или частным лицам. В чем же причины его второстепенности?

Во-первых, неавтоклавный ячеистый бетон требует повышенного (в 2–4 раза) расхода цемента; во-вторых, его характерные показатели существенно уступают показателям автоклавного бетона; в-третьих, товарный вид неавтоклавного бетона явно уступает автоклавному главным образом из-за своего серого цвета.

Для улучшения свойств неавтоклавного газобетона в смесь вводят различные модифицирующие добавки, такие как двуводный гипс, микрокремнезем, ускорители твердения и т.д. Основным направлением разработок становится приближение прочностных свойств к автоклавному газобетону. Наиболее перспективными в этом отношении являются дисперсно-армирующие волокна как искусственного (полимерное волокно различного состава, стекловолокно и др.), так и природного происхождения (асбестовое, базальтовое волокно). Качественный влажностный режим по уходу за газобетоном во время его интенсивного твердения также существенно улучшает его прочностные свойства.

Сырьевые материалы.

Ячеистый бетон – трехфазная система, в которой твердая фаза обеспечивает каркас и прочность материала, газовая фаза обеспечивает его физические свойства, жидкая фаза, присутствующая в капиллярно-пористом теле, оказывает определенное влияние на физико-технические свойства.

Зная влияние каждого из сырьевых компонентов и их совокупное влияние на свойства ячеистого бетона, можно целенаправленно управлять ими на всех стадиях технологического процесса производства ячеистобетонных изделий.

Исходя из того, что твердая фаза должна обеспечивать, прежде всего, требуемую прочность, технологический процесс должен быть направлен на создание наиболее прочного межпорового пространства. Это обеспечивается свойствами исходного сырья, которые зависят как от собственно химического и минералогического состава, так и от качества подготовки исходных компонентов.

Для изготовления изделий из ячеистого бетона следует применять следующие материалы:

Вяжущие

портландцемент;
известь негашеная кальциевая.

Кремнеземистые компоненты

кварцевый песок;
тонкодисперсные вторичные продукты обогащения руд;
зола от сжигания бурых и каменных углей.

Газообразователи

алюминиевая паста;

пластифицирующие добавки, регулирующие процессы газообразования и загустения.

Основные требования к сырьевым материалам.

Сырьевые материалы, применяемые для изготовления изделий из ячеистого бетона, должны удовлетворять определенным требованиям. Пригодность тех или иных сырьевых материалов для данных условий производства определяется на основе технологических испытаний.

Вяжущие

- Портландцемент марок М400-500, без активных минеральных добавок. С содержанием трехкальциевого силиката не менее 50% и трехкальциевого алюмината не более 6%. Начало схватывания должно наступать не позднее 2 ч, а конец схватывания – не позднее 4 часов после затворения. Удельная поверхность цемента должна быть не менее 3000 см²/г. По остальным свойствам цемент должен удовлетворять требованиям ГОСТ 10178-76 (изм. ГОСТ 10178-85).

- Известь молотая негашеная кальциевая удовлетворяющую требованиям ГОСТ 9179, а также дополнительным требованиям: содержание активных СаО+МgО более 70%, в том числе МgО – не более 1,5%; количество пережога – менее 2%; скорость гашения 5-15 мин. Тонкость помола извести должна быть с удельной поверхностью 5500-6000 см²/г, определенная по прибору ИСХ.

Кремнеземистые компоненты

- Кварцевый песок, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736, с содержанием SiO₂ (общий) не менее 90% или кварца не менее 75%, слюды не более 0,5%, илистых и глинистых примесей не более 3% и не более 1% глинистых примесей типа монтмориллонита, щелочей (в пересчете на Na₂O) – не более 2,7%, слюды – не более 0,5%.

- Тонкодисперсные вторичные продукты обогащения руд, содержащие SiO₂ не менее 60%, железистых минералов не более 20%, сернистых соединений в пересчете на SO₃ не более 2%, едкой щелочи в пересчете на Na₂O не более 2%, пылевидных, глинистых частиц не более 3%, слюды не более 0,5%.

- Кислая зола от сжигания бурых и каменных углей, уловленная в электрофильтрах. Содержание кварца (SiO₂) – не менее 45%; СаО – не более 10%; сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO₃) – не более 2%; содержание остатков несгоревшего топлива: для каменных углей – не более 7%; для бурых углей – не более 5%. Удельная поверхность - не менее 2500 см²/г.

Газообразователи

- В качестве газообразователя применяется водная суспензия алюминиевой пасты «Газобетолит», которую получают путем разведения в воде алюминиевой пасты в соотношении вода:алюминиевая паста = 10:1. Паста «Газобетолит» удовлетворяет требованиям СТО75754739-002-2012.

- Химические добавки, применяемые для регулирования процесса структурообразования, нарастания пластической прочности и ускоренного твердения ячеистобетонной смеси, а также для ее пластификации, должны удовлетворять требованиям: гипс двуводный – ГОСТ 4013, поташ – ГОСТ 3252, сода кальцинированная – ГОСТ 5100, триэтанолламин, тринатрийфосфат, жидкое стекло – ГОСТ 13078, гидроксид натрия – ГОСТ 2263.

Расход химических добавок должен назначаться в зависимости от вида вяжущего и уточняться опытным путем.

Вода

Вода, применяемая для приготовления бетонной смеси, должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732. В воде, используемой для приготовления бетона, должны отсутствовать примеси масел, кислот, сильных щелочей, органических веществ и производственных отходов. Удовлетворительной считается вода питьевого качества или вода из бытового водопровода. Вода обеспечивает гидратацию (схватывание) цемента. Любые примеси в воде могут значительно снизить прочность бетона и вызвать нежелательное преждевременное или замедленное схватывание цемента. Кроме того, загрязненная вода может привести к образованию пятен на поверхности готового изделия. Температура воды не должна быть ниже 15°С, поскольку снижение температуры ведет к увеличению времени схватывания бетона.

Организация производства.

Участок по производству неавтоклавного газобетона должен иметь следующее технологическое оборудование и рабочие площадки:

- площадь для установки форм;
- бункер для цемента;
- бункер для песка;
- емкость для воды;
- миксер, для приготовления газобетонной смеси;
- резательный комплекс (для резательной технологии);
- склад для хранения готовой продукции.

Работы на производственном участке необходимо проводить при температуре окружающей среды не ниже +5°С. Нормальными условиями проведения работ считается температура 20±2°С.

Газобетонная смесь готовится в следующей последовательности. В смесь дозируется заданное количество воды и начинает непрерывно перемешиваться. Далее в смеситель с водой последовательно дозируется кремнеземистый компонент, вяжущее, химические добавки и в последнюю очередь алюминиевая суспензия, которую получают путем разведения в воде алюминиевой пасты в соотношении вода:алюминий = 10:1 (непрерывно перемешивая после разведения). Каждый добавляемый компонент смеси интенсивно перемешивался после введения в газобетонную смесь в течение 30 секунд.

Приготовленная газобетонная смесь заливается в формы, в которых в процессе поризации смеси происходит формование изделий. Заливка смеси производится в предварительно смазанные формы. Время набора распалубочной прочности зависит от

многих факторов (конкретного состава, марки цемента, температуры и т.д.) и колеблется от 4 до 8 часов. Для обеспечения высоких прочностных характеристик материала очень важно в момент набора прочности обеспечить жесткий температурный режим. В зависимости от используемых материалов необходимо поддерживать температуру 40-50°C на участке до разреза массива (4-8 часов) и 60-90°C на участке после разрезки массива, при относительной влажности 90% (до 16 часов). По истечении набора прочности массив захватывается специальным позиционным транспортером и поступает на резку. Форма очищается, собирается, смазывается, и снова подается на заливку. На первом этапе резки с массива срезается горбушка. На втором и третьем этапе происходит поперечная и продольная разрезка массива.

Готовые блоки укладываются на деревянные поддоны, стягиваются стрейч-пленкой и при помощи погрузчика подаются на складскую площадку или складское помещение.

Для повышения качества и улучшения свойств неавтоклавного газобетона, в смесь вводятся такие компоненты, как: гидроксид натрия, волокнистые добавки и гипс.

Гидроксид натрия в составе газобетонной смеси выступает в качестве интенсификатора процесса поризации смеси за счет более активного взаимодействия с алюминиевой пудрой с образованием гидроалюмината натрия. Данное соединение образуется непосредственно в смеси в гелеобразной форме и со временем кристаллизуется в виде гексагональных кристаллов слоистой структуры в составе межпоровых перегородок. При кристаллизации гидроалюминат натрия связывает шесть молей воды и за счет этого количество свободной воды в газобетоне быстро уменьшается, а после окончания процесса газовыделения происходит быстрое схватывание смеси, в результате чего распалубочная прочность газобетона достигается за более короткое время по сравнению с прототипом. Переход гидроалюмината натрия из гелеобразного состояния в кристаллическое непосредственно в межпоровой перегородке способствует увеличению прочности как перегородки, так и всего изделия.

В присутствии гипса гидроксид натрия взаимодействует с ним с частичным образованием сульфата натрия, который является ускорителем процессов гидратации и твердения цемента. Кроме этого, двуводный гипс, находясь в коллоидном состоянии, реагирует с образовавшимся гидроалюминатом натрия в гелеобразной форме, в результате чего образуется натрийсодержащий гидросульфалюминат кальция, структура которого подобна моногидросульфалюминату кальция. Образование данного соединения позволяет сформировать более плотную и прочную межпоровую перегородку. За счет образования всех вышеуказанных соединений интенсифицируются процессы гидратации цемента, скорость гидратации цемента увеличивается в 1,2-1,4 раза, что способствует увеличению прочности газобетона. Гипсовая суспензия готовится в соотношении гипс:вода = 1:10. Для предотвращения схватывания гипсовую суспензию необходимо перемешивать.

Введение в газобетонную смесь полимерного дисперсно-армирующего волокна позволяет стабилизировать процесс поризации смеси за счет равномерного распределения волокна по всему объему смеси при образовании газовой фазы. Это волокно размещается в образующихся межпоровых перегородках и создает пространственный сетчатый каркас, не позволяющий смеси осесть в процессе вспучивания. Кроме того, полимерные волокна, располагаясь в межпоровых перегородках, армируют их также за счет образования пространственной армирующей сетки и тем самым повышают прочность всего затвердевшего массива газобетона. При этом дисперсное волокно выполняет роль центров перекристаллизации первичных продуктов гидратации цемента.

Удельные нормы расхода материалов на 1м³.

пп	Материалы	500 кг/м ³	700 кг/м ³
1	Цемент, кг	320	460
2	Известь, кг	30	40
3	Песок, кг	180	200
4	Вода, л	250	300
5	«Газобетолайт»	0,5	0,35

Гидроксид натрия - 0,3-0,9% (в расчете на 1м³)

Двуводный гипс – 0,04-0,53% (в расчете на 1м³)

Волокнистая добавка – 0,29% (в расчете на 1м³)

* Данные рецепты являются приблизительными и требуют доработки в условиях каждого производства.

Контроль готовой продукции.

Контроль готовой продукции заключается в определении и статическом анализе свойств газобетона и изделий. Четыре группы таких свойств газобетона: механические, физические, химические, технологические, и определяют рациональную область применения ячеистого бетона.

Для газобетонов определяют следующие физико-технические свойства:

прочность на сжатие и растяжение — по ГОСТ 10180;

среднюю плотность — по ГОСТ 12730.1 или ГОСТ 17623;

отпускную влажность — по ГОСТ 12730.2, ГОСТ 21718;

морозостойкость — по ГОСТ 25485 (приложение 3);

усадку при высыхании — по ГОСТ 25485 (приложение 2);

теплопроводность — по ГОСТ 7076, отбор проб — по ГОСТ 10180;

сорбционную влажность — по ГОСТ 24816 и ГОСТ 17177;

паропроницаемость — по ГОСТ 25898;

призмную прочность — по ГОСТ 24452;

модуль упругости — по ГОСТ 24452 и (или) ГОСТ 25485 (приложение 5).

Внешний вид изделий и их геометрические размеры.

По окончании тепловой обработки изделия осматриваются, чтобы выявить дефекты, которые безотлагательно устраняются.

Дефекты в изделиях подразделяются на две основные группы в соответствии ГОСТ 26433.1:

1. Неглубокие раковины, незначительные поверхности и наплывы, гравелистая поверхность. Исправление этих дефектов не требует разработки специальных мероприятий.
2. Глубокие и сквозные раковины, пустоты, трещины, отклонение конструкций от проектных размеров.

Допускаемые отклонения от геометрических размеров изделия приведены в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий.

Нормируемые значения геометрических размеров блоков из ячеистого бетона

Наименование показателя	Значение показателей, мм	
	Кладка на клею	Кладка на растворе
Отклонения по		
-длине	±2	±4
-ширине	±2	±3
-высоте	±1	±3
Отклонение от прямолинейности грани, не более	1	3
Отклонение от прямоугольности на 1м длины грани, не более	3	4
Отколы углов, не более двух на одном блоке, глубиной не более	5	10
Отколы ребер на одном блоке в суммне большей длины продольного ребра и глубиной не более	5	10

Примечание. Повреждение углов и ребер глубиной до 3мм (кладка на клею) и до 5мм (кладка на растворе) не является дефектом.

Показатели физико-механических свойств бетонов.

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Бетон неавтоклавный	
		Класс по прочности на сжатие	Марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D300	—	—
	D350		
	D400	B0,75 B0,5	Не нормируется
	D500	B1 B0,75	
Конструкционно-теплоизоляционный	D500	----	----
	D600	B2 B1	От F15 до F35
	D700	B2,5 B2 B1,5	От F15 до F50
	D800	B3,5 B2,5 B2	От F15 до F75
	D900	B5 B3,5 B2,5	
Конструкционный	D1000	B7,5 B5	От F15 до F50
	D1100	B10 B7,5	
	D1200	B12,5 B10	

Список используемой литературы.

1. В.А. Мартыненко, Н.В. Морозова «Справочник специалиста лаборатории завода по производству газобетонных изделий», Днепропетровск ПГАСА 2009;
2. Н.П. Сажнев, Н.Н. Сажнев, Н.Н. Сажнева, Н.М. Голубев «Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика», Минск, «Стринко», 2010;
3. «Технологический процесс производства неавтоклавного газобетона», Железногорск, 2007;
4. ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые»;
5. СН 277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона»;
6. А. Чернов, А. Шикирянский, журнал «ВесьБетон», статья «Перспективы неавтоклавного ячеистого бетона», 2008;
7. Курсовой проект: «Проект завода по производству блоков из неавтоклавного газобетона, мощностью 25000 м³/год», Краснодар, 2009;
8. А.Чернов, журнал «ВесьБетон», статья «Газобетон неавтоклавный», 2008.