

## **Лабораторный автоклав как инструмент совершенствования технологии изготовления автоклавного газобетона**

Лабораторный автоклав существенно расширяет и удешевляет возможности совершенствования технологии производства газобетона и способствует получению дополнительной прибыли.

Лабораторный автоклав используется для решения следующих задач:

1. Выбор экономичных автоклавных режимов.
2. Исследование путей повышения прочности газобетона и повышения трещиностойкости.
3. Контроль автоклавной активности цемента.
4. Замена дефицитной извести.
5. Использование отходов промышленности.
6. Применение автоклавов для изготовления других строительных материалов и изделий (тротуарной плитки, аналогов природных камней: гранит, мрамор и т.д.).



Диаметр 600 мм, длина 1500 мм

### **1. Выбор экономичных автоклавных режимов**

Для получения проектных параметров автоклавного газобетона, а именно: марки по плотности, класса по прочности на сжатие, морозостойкости и усадки, необходимо выбрать наиболее экономичный автоклавный режим. Экономичность автоклавного режима зависит от его параметров: величины давления, продолжительности подъема и спуска давления, длины площадки изотермической выдержки. Режим определяет количество тепла, наиболее дорогостоящего ресурса в настоящее время. Кроме того, сокращение автоклавного цикла увеличивает оборачиваемость автоклавов и производительность завода. При быстрых режимах (особенно пиковых) в изделиях могут образовываться трещины. Поэтому выбранный по экономическим соображениям режим проверяется в автоклавах на трещиностойкость по кубам с ребром 400 мм из газобетона требуемой плотности.

На выбор режима автоклавной обработки влияет вид исходного сырья. Конечной продукцией автоклавного материала являются гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция. К числу только гидросиликатов относятся тоберморит, ксонотлит, фошагит, пломбиерит, афвиллит, гиллебрандит, крестоморейт, риверсайдит, гиролит, окенит, трускотит, некойт, минералы группы CSH (B) и др. Каждый из них имеет свою прочность и температуру образования. Поскольку указанные минералы имеют кристаллическую структуру, то и кристаллы могут иметь различную форму (габитус): кубическую, ромбическую, полиэдрическую, игольчатую, нитевидную и т.д., которая также зависит от режима автоклавной обработки и определяет прочность, усадку и морозостойкость материала. Даже исходные минералы обычного портландцемента – алит, белит, трехкальциевый алюминат, алюмоферриты кальция – имеют различные

оптимальные режимы автоклавной обработки, и в зависимости от их соотношения в цементе, требуют интегрального оптимума. Введение молотого песка (не всегда высококварцевого) и негашеной извести, а также таких регуляторов как гипс, щелочь, карбоксиметилцеллюлоза, смещают оптимумы в различные стороны. Применение при изготовлении автоклавного газобетона других ингредиентов, как, например, золы-уноса, нефелинового или шлакового вяжущего, кукуермита, альбитофирового отсева, фосфоритных хвостов и т.п. материалов, требуют обязательной отработки оптимальных автоклавных режимов на лабораторном автоклаве.

## **2. Исследование путей повышения прочности газобетона и его трещиностойкости**

Стремление снизить плотность автоклавного газобетона с целью повышения теплозащитных свойств ограждений требует обеспечения необходимой по проекту прочности. Согласно нормативным документам (ГОСТ 11118-2009, ГОСТ 31359-2007), для автоклавных газобетонных изделий допускаются классы по прочности В1,5; В2 и В2,5 при минимальной марке по плотности D400 (400 кг/м<sup>3</sup> в сухом состоянии). Этим классом по прочности соответствуют средние значения прочности кубов с ребром 150 мм при их влажности 10 % по массе соответственно 2,13; 2,84 и 3,55 МПа. Проектировщик выбирает требуемый по расчету класс, а технолог должен обеспечить указанные величины, произведя предварительный подбор состава на лабораторном автоклаве.

Если необходимая прочность не достигается, то принимаются следующие меры по ее повышению:

- увеличение тонкости помола песка;
- добавка высококальциевой извести;
- повышение водотвердого отношения;
- добавка алебаstra или ангидрита;
- повышение давления в автоклаве;
- увеличение времени изотермической выдержки;
- добавка микрокремнезема;
- снижение кремнеземо-вяжущего отношения;
- применение более дисперсной пудры или пасты;
- использование суперпластификаторов;
- применение добавок-модификаторов;
- омагничивание воды затворения;
- электрофорез газомассы;
- виброакустические воздействия;
- кристаллические затравки из гидросиликатов;
- электроимпульсные методы.

Все эти методы, а также ряд других, в отдельности или в различных комбинациях, удобны к применению только при использовании лабораторного автоклава, который позволяет за несколько дней решить поставленную задачу без больших затрат энергии и труда.

Трещиностойкость газобетона при выбранном режиме проверяется на кубах с ребром 400 мм. Если трещины образуются, то нужно уменьшить скорость подъема или спуска давления с устройством площадки релаксации при 110-120 °С.

## **3. Контроль автоклавной активности цемента**

На каждом заводе автоклавного газобетона имеют своих поставщиков цемента. Зачастую эти поставщики меняются или так повышают цены на цемент, что заводы вынуждены искать другого поставщика (включая турецкого или китайского). Но даже на одном цементном производстве отпускаемый цемент отличается неоднородностью в силу

неоднородности сырья (известняка, глины, мергеля) и температур зон обжигов в трубной печи. К тому же применяются различные добавки. Само указание марки цемента, времени схватывания и твердения к автоклавным материалам имеют косвенное отношение, поскольку твердение в стандартных (нормальных) условиях отличается от автоклавных, когда происходит термосинтез низкогидратных новообразований (гидросиликаты и гидроалюминаты кальция, гидрогранаты). Поэтому малоактивные в обычных условиях вяжущие (нефелиновые, сланцезольные, известковые, известковобелитовые, шлаковые) в условиях автоклавного твердения могут превосходить по прочности высокомарочные (алитовые) портландцементы. То же касается шлакопортландцементов. А высокомарочные портландцементы могут показать худшую прочность при автоклавной обработке, чем низкомарочные. Высокомарочные к тому же намного дороже. Поэтому для автоклавных материалов важна не активность в стандартных условиях (при комнатной температуре, на крупнозернистом вольском песке), а активность при автоклавной обработке на молотом (тонкодисперсном) песке, например, при соотношении цемент (вяжущее) : молотый до удельной поверхности 200 м<sup>2</sup>/кг песок 1 : 3. Запарка должна производиться в лабораторном автоклаве при 0,8 МПа по определенному режиму на образцах с В/Т=0,15 – 0,2. При этих условиях каждую партию цемента можно оперативно в тот же день отслеживать и устанавливать ее пригодность для производства автоклавного газобетона требуемых марки по плотности и класса по прочности на сжатие. Имеются формулы пересчета автоклавной активности вяжущего на прочность автоклавного газобетона.

Возможность определять автоклавную активность цемента позволяет выбрать оптимального поставщика вяжущего, сэкономить на его стоимости, расходе и транспортировке, получить изделия более высокого качества.

Проверки цемента, а также извести и гипса (не говоря уже о песке) на заводе-поставщике оборудования, занимают много времени (за которое весь цемент может быть уже израсходован с получением бракованной или низкокачественной продукции) и больших средств, а достоверная активность в изделиях разной марки по плотности может быть и не установлена.

Изготовленные в лабораторном автоклаве образцы (призмы и балочки) испытываются на изгиб, растяжение методом раскола и осевое сжатие (по оставшимся кускам). Т.е. получаем более объемную информацию о вяжущем.

#### **4. Замена дефицитной извести**

Для производства автоклавного газобетона на импортном оборудовании (фирмы «Wehrhahn», «Xella», «WKB», «Ytong», «Hebel», «Hess», «Masa-Henke» и др.) требуется известь высокой активности (90-95 % активной СаО). В России такую известь мало кто производит, да и стоит она гораздо дороже цемента. К тому же быстро теряет активность и не может долго храниться. Большинство российских заводов выпускают известь с активностью 70 %, а то и ниже, которая дешевле, но запрещена западным регламентом. В то же время в СССР газобетон и газосиликат с 1938 г. изготовляли на низкоактивной извести. А эстонский ученый, изобретатель и бизнесмен проф. И.А. Хинт запустил много газобетонных заводов, работавших на низкосортной извести – активность 50 % и менее (газосиликальцит), без применения цемента.

Все западные технологии упомянутых фирм основаны на применении смешанных вяжущих (цемент + известь) в примерном соотношении 1 : 1. Поэтому недостатки извести частично сглаживаются цементом, и требования к ее качеству могут быть снижены, тем более что у нас есть опыт работы на одной низкоактивной извести (без цемента). Тысячи домов построены из газо- и пеносиликата (газо- и пеносиликальцита) в Эстонии,

Воронеже, Салавате, Ступино, Донецке, Нижнем Новгороде, Айхале, Удачном, Березниках.

Поэтому замена дорогой и дефицитной высокоактивной извести, требуемой по западным регламентам, отечественной более доступной, становится весьма актуальной, тем более что многие известковые заводы закрылись или уменьшили выпуск кипелок.

Лабораторный автоклав позволяет экспрессно испытать любую доступную по ценам и логистике известь и определить ее пригодность для получения газобетонных изделий, требуемого проектом и нормативными документами качества. В ряде случаев можно вообще отказаться от извести и работать или на одном цементе, или на заменителях извести (нефелиновых хвостах, известково-белитовом вяжущем, сланцевой или ачинской высококальциевой золах).

Возможно, как указывалось, изготовление автоклавного газобетона на одной низкокачественной извести, если это будет экономически целесообразно. При этом в технологическую цепочку надо ввести агрегат сухого помола извести и песка (типа дезинтегратора или струйной мельницы), что не очень сложно при современном уровне техники.

Лабораторный автоклав при этом позволит выбрать оптимальные параметры и рецептуры помола, особо эффективные при использовании новых поверхностно-активных веществ.

## **5. Использование отходов промышленности**

Поднимающаяся промышленность России снова увеличивает количество техногенных отходов. Раньше использование отходов было одной из приоритетных задач индустрии стройматериалов, поскольку это решало и экологические и экономические задачи. Использование, например, золы вместо песка не только снижает объемы отвалов, тем самым освобождая земли от хвостохранилищ, но и сберегает лесные ресурсы, уничтожаемые песчаными карьерами. Промышленность автоклавных ячеистых бетонов накопила большой опыт использования техногенных отходов. Использовался нефелиновый шлам-отход алюминиевой промышленности (ДСК-3 Главленинградстроя), сланцевые золы и фосфоритные хвосты (Сланцевские и Эстонские заводы), металлургические шлаки (Н.Тагильский и Ворошиловградский заводы), отходы содового производства (Стерлитамак), горелые земли (Барнаул), вскрышные породы алмазодобычи (Айхал, Удачное), отходы золотоносных песков (Магадан), золы уноса каменных и бурых углей ТЭС (Ступино, Свердловск). Выбросы золы будут расти из-за роста цен на нефть и газ, торможении атомной и гидроэнергетики и большей экономичности угольной теплоэлектрификации. Ввиду непостоянства состава техногенного сырья, используемого для производства автоклавного газобетона, требуется постоянный контроль его качества и быстрые корректировки дозировок компонентов. Это может быть сделано только с использованием лабораторных автоклавов.

Применение техногенных отходов в технологии автоклавных газобетонов может снизить их себестоимость на 30-40 %, не считая налоговых льгот на использование отходов и улучшение экологии.

## **6. Применение автоклавов для изготовления других строительных материалов и изделий**

Лабораторные автоклавы использованы нами для разработки технологии изготовления других строительных материалов и изделий, а также отработки их рецептуры.

1. Несъемная опалубка из поризованного бетона марок по плотности от D1000 до D1800.

2. Элементы каркаса из золоотвалов Сланцевской ТЭЦ классов по прочности на сжатие В10-В15 и стеновые блоки В3,5-В5.
3. Тротуарные камни различных цветов В15-В20 с морозостойкостью F200-F400.
4. Армированные тротуарные плиты 1000\*400\*50-60 мм.
5. Облицовочные плиты из песчаного (тридимитокристобалитового) вяжущего. Это вяжущее получается путем обжига кварцевого песка (включая хвосты комбината «Фосфорит») со щелочью. Путем добавки пигментов и наполнителей можно получать фактуры различных каменных материалов (гранит, сиенит, габбро, мрамор), поделочных и полудрагоценных камней (малахит, яшма, лазурит). Такими камнями можно облицовывать интерьеры и цоколи, делать набережные (под гранит). Есть опыт изготовления памятников и памятных досок. Из «малахита» можно изготавливать шкатулки, ларцы и прочую каменную продукцию.

Лабораторный автоклав дает неограниченную возможность технологу совершенствовать технологию изготовления автоклавного газобетона, что способствует снижению его себестоимости и увеличению прибыли предприятия.