

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА И ВНЕДРЕНИЯ ЕГОВ ПРАКТИКУ СТРОИТЕЛЬСТВА

Макалада көңдөйлүү бетондун пайда болуу жана өнүгүү тарыхы, ошондой эле аны ата мекендик жана чет өлкөлүк курулуш өндүрүшүнө киришүү тажырыйбасы каралган.

В статье дается история развития производства и применения ячеистого бетона и внедрения их в практику строительства в отечественных и зарубежных странах.

This article is about the history of the development of production and using the cellular concrete and introduction of them in practice of domestic and foreign construction.

Считается, что газобетон является более молодым материалом, поскольку пенобетон в бывшем СССР начал выпускаться с 1930 года, а газобетон (массово) - с конца 50-х. Однако первый патент на производство газобетона был получен Е. Гоффманом еще в 1889 г. (Прага), который примешивал к пластичным цементным и гипсовым растворам кислоты и углекислые и хлористые соли, выделяющие при химическом воздействии газа, создавая пористое (ячеистое) строение у затвердевавшего раствора. Патент Гоффмана не получил практического применения /1, 2, 3/.

Следующий шаг в этом направлении был сделан в 1914 г. Эйлсуортом и Дайером (США), предложившими применять в качестве газообразователя порошок алюминия, цинка и некоторых других металлов, которые при взаимодействии с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ выделяли водород и действовали как

вспучивающие добавки. По мнению В.А.Китайцева, это изобретение следует считать началом современной технологии газобетона.

Практическое значение для развития производства газобетона имели исследования Эриксона (Швеция), начатые в 1918-1920 гг. /2, 3/. Он предложил вспучивать пластическую массу (смесь извести с тонкоизмельченными кремнеземистыми веществами и добавкой цемента в пределах 10 %) алюминиевым порошком, взаимодействующим с известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Твердение поризованной известково-кремнеземистой массы предусматривалось осуществлять в автоклаве при давлении 8 атмосфер.

В 1922 г. Адольф и Поль (Германия) применяли перекись водорода (пергидроль H_2O_2) для вспучивания бетонной смеси.

В дальнейшем, как пишет В. А. Китайцев, развитие технологии газобетона по способу Эриксона сначала в Швеции, а затем и в других странах пошло двумя способами (путями): один путь привел к началу производства газосиликата, названного ИТОНГОМ. После первой мировой войны шведский архитектор Аксель Эриксон усовершенствовал рецептуру газобетона Эйлсуорта и Дайлера, поделившись ею в 1923 г. с фирмой “Skövde Stenhuggeri og Kalkbrug”, которая начала промышленный выпуск изделий. В 1929 г. по новым патентам и под руководством Эриксона начато производство газобетонных изделий под фирменной маркой Итонг (Ytong - аббревиатура Yxhult и Betong, или первая буква - от названия места, где в 1929 г. была построена первая фабрика этого материала, Ixhult, и остальное - окончание шведского слово Betong, т.е. бетон) на основе извести и сланцевой золы. К концу 20-х гг. XX в. в Америке и Европе работало около 100 малых производств по выпуску газобетона.

Это был пористый бетон автоклавного твердения, получаемый из смеси извести с кремнеземистыми добавками, но без цемента.

Второй путь привел в 1934 г. к другой разновидности газобетона - СИПОРЕКСУ, предложенному Экмундом и Форсеном на основе портландцемента и кремнеземистых веществ, но без извести. С 1934 г. под

фирменной маркой Сипорекс на основе патентов инженера Ивара Экмунда начато производство цементного газобетона. С 1939 г. работает фирма «Хебель», использующая смешанное вяжущее.

По этим двум направлениям стало развиваться производство газобетона в середине 30-х годов во многих странах мира. К началу 70-х годов заводы газобетона «ИТОНГ» и «СИПОРЕКС», кроме Швеции, действовали в различных странах с различными климатическими условиями: Англии, Бельгии, Дании, Финляндии, Польше, Франции, Германии, Аргентине, Венесуэле, Канаде, Конго, Мексике, Израиле и других странах.

По данным Баве (Швеция), в середине 50-х годов (1956 г.) в Швеции 65 % всех наружных стен зданий было выполнено с использованием газобетона, и свыше 70 % всех покрытий промышленных зданий - из армированных газобетонных плит. По его же данным, во всем мире на 47 % заводах изготавливалось в год 17 млн квадратных метров газобетонных элементов для покрытий, стен и перекрытий.

В 1911 г. датский инженер Байер впервые получил другой вид ячеистого бетона путем смешивания растворов вяжущих веществ с пеной - пенобетон. Но практическое изготовление пенобетона этим способом началось лишь в 1923-1925 гг. датской фирмой «Христиани и Нильсен». Известно, что пенобетон в строительстве применялся многие века в виде взбитого кладочного раствора с добавлением белкового порообразователя (куриных яиц). Это позволяло снизить теплопроводность кладки, что важно для холодного климата, повысить ее морозостойкость, прочность, воздухопроницаемость.

В Германии массовое производство пенобетона начато в 1929 г. различными фирмами под соответствующими фирменными названиями (Бетоцел, Бетопорит, Целлобет, Изобет, Поренбетон, Ипоритбетон, Термобет, Аэрокрет, Шимобетон, Целолит, Бебалит и т.д.). Кстати, тенденция давать изделиям какого-то производства особое название, как отголосок «детской

болезни технологии», сохраняется до сих пор, мешая строителям ориентироваться в рынке и стандартах.

Первые исследования неавтоклавных ячеистых бетонов (пенобетона и газобетона) в бывшем СССР относятся к 1928 г. (А.А. Брюшков, М.Н. Гензлер и др.), затем к 1932 г. (Б.Н. Кауфман и др.). Внедрение в строительство пенобетона началось в 1930-1932 гг. /1/.

В 1930-1935 гг. были заложены основы технологии ячеистого бетона, в основном пенобетона, твердеющего в естественных условиях /2/. Тогда ячеистый бетон делали, в основном, из одного цемента с большим содержанием воды. Поэтому он имел много недостатков. Наиболее характерными из них были нестабильность свойств, медленное твердение, высокая влажность и водопоглощение, низкая прочность, большая усадка и малая трещиностойкость. Эти недостатки не позволили ячеистому бетону найти широкое распространение в строительстве. К примеру, ячеистый бетон объемной массой $400-600 \text{ кг/м}^3$, прочностью при сжатии $0,4-0,8 \text{ МПа}$ при расходе цемента $400-500 \text{ кг/м}^3$ и $V/T = 0,6-0,7$ использовали только в качестве теплоизоляционных изделий для покрытий промышленных зданий, шириной $0,5 \text{ м}$ и длиной 3 м /3/.

Разработка газобетона и газосиликата автоклавного твердения явилась качественно новым скачком в развитии производства ячеистого бетона и характеризует собой второй этап, относящийся к началу сороковых годов /2/. Отечественные ученые П.П.Боженков, Ю.М.Бутт, А.В. Волженский, С.П. Миронов, С.К.Кушеминский и ученые зарубежных стран Ф.Тейлор, Ф.М.Ли, Д.Бернал, Ф.Калоусен и др. внесли большой вклад в раскрытие механизма образования структуры силикатного камня в результате гидротермального синтеза в автоклаве /1, 2, 3/.

Сущность автоклавной обработки – создание среды насыщенного пара, повышенного давления ($0,6-2,4 \text{ МПа}$) и высокой температуры ($164-220 \text{ }^{\circ}\text{C}$) для интенсивного протекания реакций силикатообразования, что обуславливает повышение прочности ячеистого бетона, снижение усадки и

повышение трещиностойкости по сравнению с неавтоклавным. В начальный период автоклавной обработки известково-песчаных смесей образуются высокоосновные гидросиликаты кальция типа C_2SH_2 и C_2SH (A) в связи с большой концентрацией извести в растворе. Затем, по мере связывания и уменьшения концентрации извести до 0,085-0,12 % и увеличения растворимости кварца при повышении температуры, начинается переход их в низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH (B), а при концентрации CaO ниже 0,085 г/л C_6S_6H /1/. Появление большого количества новообразований в виде низкоосновных силикатов кальция в составе ячеистого бетона после автоклавной обработки сыграло решающую роль в уменьшении недостатков, свойственных на первых порах неавтоклавному ячеистому бетону. По этой причине, несмотря на более сложную и дорогостоящую технологию, автоклавный ячеистый бетон в эти годы вышел на первое место.

Большим достоинством автоклавной обработки является возможность использования в качестве вяжущего побочных продуктов различных отраслей промышленности – шлаков, зол, нефелинового шлама и менее дефицитной извести, по сравнению с портландцементом, а также хвостов флотации – в качестве заполнителей /2/.

В период 1946-1953 гг. была разработана технология автоклавного ячеистого бетона с применением доменного гранулированного шлака и золы-уноса /2/, в том числе от сжигания сланцев. Первоначальная технология пенобетона в связи с недостаточной стабильностью и качеством изделий, несмотря на ее простоту, вытесняется газобетоном с использованием алюминиевой пудры в качестве газообразователя. Появилось и другое направление – производство газобетона. Одновременное использование двух порообразователей позволило стабилизировать технологию и создать улучшенную структуру двумодельной пористости ячеистого бетона /2, 3/.

В 1953 г. впервые в мировой практике в Главсредуралстрое /2/ (г. Березники), при участии ЦНИПС, было осуществлено производство

крупноразмерных армированных стен жилых зданий, плит покрытий и междуэтажных перекрытий, а также перегородок промышленных зданий. Строительство из крупноразмерных элементов высотой на этаж и длиной на один-два планировочных шага получило широкое распространение в СНГ, так как позволило механизировать процесс строительства. С 1953 г. ячеистый бетон стал применяться не только для теплоизоляции, но и в ограждающих несущих конструкциях. В последующие годы появилось много исследований, направленных на всестороннее улучшение технологии и свойств ячеистого бетона. Большая заслуга в этом принадлежит П.И.Божену, Г.И.Горчакову, К.Э.Горяйкову, М.Я.Кривецкому, А.Т.Баранову, Г.П.Сахарову, Е.С.Силаенкову, А.А.Федину и др. /1, 2, 3/. Они рассматривали различные стороны и свойства ячеистых бетонов и конструкций из них. В результате были разработаны расчетно-экспериментальный метод подбора состава ячеистого бетона заданной объемной массы и шихты; определены исходные составы смесей для большинства композиций, состоящих из вяжущего и кремнеземистого компонента; разработаны методы корректировки составов, параметры приготовления и формования ячеистобетонной смеси и основные параметры тепловлажностной обработки режимов твердения ячеистых изделий; разработаны составы и способы защиты арматуры от коррозии, а также составы, способы защиты и отделки поверхности ячеистобетонных панелей; разработаны методы контроля производства изделий из ячеистого бетона и рекомендации по транспортированию и складированию изделий. Итогом многочисленных исследований в области производства и применения конструкций из ячеистого бетона явилось создание нормативных документов по проектированию и изготовлению ячеистобетонных конструкций /3/. В них обобщен опыт производства эксплуатации конструкций из ячеистого бетона в жилищном, промышленном и сельском строительстве, позволивший значительно усовершенствовать проектные

решения и повысить надежность и долговечность ячеистобетонных конструкций в разных условиях.

Ситуация начала меняться с 1960 г., когда стали вводиться крупные заводы по производству газобетона мощностью до 200 тыс. м³ в год каждый, на закупленном в Польше оборудовании по технологии «Сипорекс». Было приобретено 10 комплектов. К этому времени в стране был ликвидирован дефицит алюминиевой пудры, и газобетон оказался выгоднее пенобетона.

В то время было построено более 70 заводов и цехов при заводах железобетонных изделий по производству газобетонных и пенобетонных изделий. Среди них и цех ячеистых бетонов мощностью 20 тыс. м³ в год в составе Фрунзенского комбината производственных предприятий треста «Фрунзегорстрой» Министерства строительства Киргизской ССР, где по инициативе и под руководством И.Г.Савелова было освоено в начале 60-х годов производство стеновых панелей для каркаснопанельных зданий и теплоизоляционных плит на основе пенобетона. В качестве пенообразователя использовался экстракт местного мыльного (смолосапанового) корня.

За рубежом ячеистый бетон продолжает активно применяться. Этот экологичный материал экономичнее по сравнению со строительством из кирпича (на 1 м² стены):

- по энергозатратам при производстве в 2,5-2,7 раза;
- по затратам при транспортировке в 4-6 раз;
- по трудозатратам при строительстве в 1,5-1,8 раза.

Для сравнения рассматривался пустотелый кирпич плотностью 1000 кг/м³ и автоклавный газобетон плотностью 500- 600 кг/м³ /4/.

Накопленный за 80 лет опыт производства ячеистых бетонов, исследований, проектирования, строительства и эксплуатации зданий из них показал, что правильно изготовленный ячеистый бетон является качественным строительным материалом многоцелевого назначения, позволяющим удовлетворить противоречивым требованиям экологичности,

долговечности, огнестойкости, комфортности, с одной стороны, и низкой себестоимости и ресурсоемкости - с другой.

Список литературы

1. Савелов И.Г., Милехина Е.И., Савелова И.И. Очерки истории строительной науки и техники с древнейших времен до наших дней (время, события, люди).- Бишкек, 2003.- 370 с.
2. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства.// Строительные материалы. – 2004. - № 3. - С. 44-45.
3. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. Поробетон и технология его производства в XXI веке. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. - № 4. - С. 61-62.
4. Сопоставление традиционных стройматериалов с ячеистым бетоном <http://www.ibeton.ru/>