КЛЮЧЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННОГО ПОРИЗОВАННОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ОТВЕРДЕНИЯ (ПБАО)

Инновационный характер ПБАО исходя из перспективы производства и применения

В.М. ван Богелен, инженер (W.M. van Boggelen), Компания «Aircrete Europe B.V».,Ольдензаал (Oldenzaal) (Нидерланды)

РЕЗЮМЕ: На производстве армированного ПБАО будет сделан акцент как на обязательном направлении в современной отрасли производства строительных материалов. Кризисы, сокращение объемов строительства, избыток мощностей и требования к долговечности вынуждают производителей в этой отрасли предлагать новые идеи применения, продукты лучшего качества и более эффективное, быстрейшее строительство и меньшие производственные издержки. Будет представлен обзор последних достижений в технике и технологии, позволяющих открывать новые рынки для супергладких панелей из ПБАО.

1. Введение

За последние десятилетия было построено несколько заводов по производству ПБАО, большинство из них в значительной мере ориентировано на блочную технологию, что обусловлено наличием ресурсов, сырья и спросом на их конечную продукцию. Основные инновационные решения, предложенные системными поставщиками, приходятся на сферу подготовки материалов и их обработки, автоматизацию, технологии резки и армирования, отверждения и управление энергоресурсами. В результате продукты на основе ПБАО могут лучше конкурировать с другими строительными материалами. Что же касается применения продукта и развития рынка, здесь по-прежнему стоят грандиозные задачи по использованию уникальных свойств ПБАО для «интеллектуального» строительства.

Реклама и стимулирование лучшего и более быстрого строительства медленно, но верно становится обычной практикой. Планировщики городов, разработчики проектов, архитекторы и, что более важно, конечные пользователи все больше осознают преимущества долговечных сооружений. Перспективный срок службы становится важнейшим аспектом дизайнерских подходов в строительных проектах. Во внимание принимают все этапы жизни продукта при принятии решений относительно строительных материалов. Энергоэффективные новаторские идеи, обеспечивающие также и сокращение количества отходов, новые продукты и более быстрое строительство дает ПБАО преимущества по сравнению с конкурирующими продуктами. Если эти преимущества вместе с выгодой от ПБАО на этапе применения могут быть донесены до сведения принимающих решения в части строительных проектов, можно добиться значительного увеличения доли рынка.

Хотя данная статья сосредоточена главным образом на инновациях в производстве ПБАО на этапе изготовления, следует всегда учитывать и перспективный срок службы продукта.

2. Новые тенденции в гражданском строительстве и применение газобетона

2.1. Применение ПБАО

Газобетон, также называемый «Поризованным бетоном автоклавного отвердения» (ПБАО) или «ячеистым бетоном автоклавного отвердения» достаточно хорошо известен на рынке строительных материалов. При огромном разнообразии продукции (от блоков до панелей) газобетон широко используют при строительстве жилых, торговых и промышленных зданий и сооружений.

Универсальность газобетона позволяет использовать его в различных климатических поясах и в самых разнообразных целях, что отвечает строительным традициям многих стран. Например, в Великобритании блоки из газобетона применяют в пустотных стенах и стенах облегченной кладки. В Нидерландах, Германии и Японии супергладкие панели из газобетона и плиты пола и кровли находят свое примене-

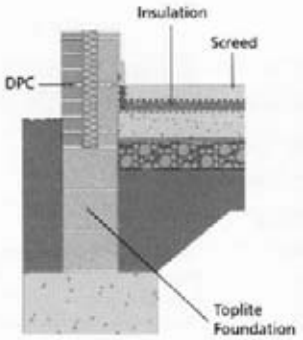
ние в конструкциях модульного типа. Газобетон используют при строительстве одноквартирных и многоквартирных жилых домов, многоэтажных домов, небоскребов, торговых и промышленных объектов.

Как правило, рынок продукта можно разделить следующим образом.

Блоки

- блоки для стен без армирования;
- суперлегкие блоки с минипорами только для теплоизоляции (без нагрузки);
- кирпич небольшого размера и блоки фундамента (Великобритания) (рис. 1).

Источник: «Tarmac Topblock»



Toplite Foundation blocks below DPC

Рис. 1. Напольные блоки и блоки фундамента

Рис. 2. Традиционные блоки

Блоки из газобетона, представленные на рынке в широком размерном диапазоне, также можно использовать для сооружения стен (рис. 2). Благодаря небольшому весу размер блоков из газобетона несколько превосходит стандартные блоки, и они изготовлены с большей точностью. Их продают на рынках как выгодный товар, и часто они жестко конкурируют с керамическим кирпичом, изделиями из легкого бетона и/или силикатным кирпичом. В гражданском строительстве блоки рассматривают как крайне важный материал, имеющий глубокие корни во многих строительных культурах.

Армированные (усиленные) продукты:

- несущие нагрузку панельные продукты с армированием (пол, стены, кровля);
- перемычки над оконными и дверными проемами с армированием, несущие нагрузку и без нагрузки;
- перегородки с небольшим усилением;
- каско-элементы с незначительным усилением, несущие нагрузку (до 5 этажей);
- облицовочные панели с незначительным армированием (проволочная сетка либо вытянутый метал).
- сухие строительные панели, армированные для сейсмоопасных регионов;
- армированные угловые профили.

Супергладкие панели из газобетона продаются на рынках, ориентированных на полные строительные решения, чтобы удовлетворять быстро растущий спрос на более экологичные, эффективные, совершенные строительные материалы. Интеллектуальное армирование в сочетании с супергладкими поверхностями изделий из газобетона сокращает время и расходы на отделочные работы в процессе строительства.

Продукты данного типа в значительных объемах экспортируются из Нидерландов, Германии и Японии в другие регионы (новые возникающие рынки) по всему миру. Хотя история применения панелей из газобетона для сухих и влажных систем еще не слишком продолжительна, данный строительный материал исключительно успешно применяют в Японии (рис. 3), Австралии и Нидерландах.

В настоящее время не вызывает сомнений возрастающий интерес к применению газобетона в строительном секторе. В большинстве случаев конкуренцию составляют такие строительные материалы, как гипс, пластик, дерево и металл.

Рис. 3. Применение армированных панелей в Японии на основе «сухого» строительства

В последнее время рынок гражданского строительства требует от изготовителей повышения производительности и качества работ непосредственно на строительной площадке при сохранении при этом гибкости, адаптируемости, безопасности и долговечности. В сущности, изготовители должны обеспечивать системы, отвечающие потребностям строительного сектора: быстрые, точные, гибкие и долговечные строительные решения.

Строительство с использованием газобетона эффективно, т.к. при этом используют сборный стандартизованный материал. Все продукты, т.е. блоки, стеновые панели, плиты пола и кровли, перемычки дверных и оконных проемов изготавливаются в ассортименте размеров в зависимости от конкретного применения. Например, в ассортимент стеновых блоков входят продукты, начиная от неармированных блоков до больших армированных панелей.

Супергладкие панели из газобетона, разработанные для большого количества применений, превосходно отвечают потребностям строительного сектора в быстрых эффективных решениях.

Начиная от наружных и внутренних стен и заканчивая полами, перемычками над дверными и оконными проемами, системами быстрого строительства, супергладкие панели из газобетона представляют собой универсальный материал, который экономит время, позволяет избегать излишних отходов, в то время как его акустическое и температурное сопротивление делает его идеальным решением с точки зрения рентабельности и соблюдения Европейских нормативов. Его плотность равна одной пятой величины плотности обычного бетона при сохранении существенного предела прочности при сжатии, что может быть использовано в несущих стенах в 5-этажных (уровневых) сооружениях (рис. 4).

Более того, супергладкие панели из газобетона не требуют отдельной подготовки изоляционных материалов либо штукатурки, что позволяет наносить краску либо иную облицовку стен непосредственно на их поверхность. Все эти факторы в конечном итоге способствуют значительному снижению общей стоимости строительства и делают его более ценным для конечного пользователя.

Таким образом, супергладкие панели из газобетона становятся настоящей сенсацией в строительной индустрии, представляя собой быстрый в применении, гибкий, легко адаптируемый к ситуации и долговечный материал (рис. 5).

Рис. 5. Каско–дом с супергладкими панелями из газобетона и ПБАО для строительства социального жилья

2.3 Успешный путь строительства завода по производству ПБАО и супергладких панелей из газобетона под заказчика

Успех завода по производству ПБАО и газобетона зависит экономической, технологической и технической осуществимости и целесообразности. Планирование и выбор надлежащего процесса изготовления, связанного с рынками, является, вероятно, наиболее важным решением для цикла жизни продукта и завода (рис. 6).

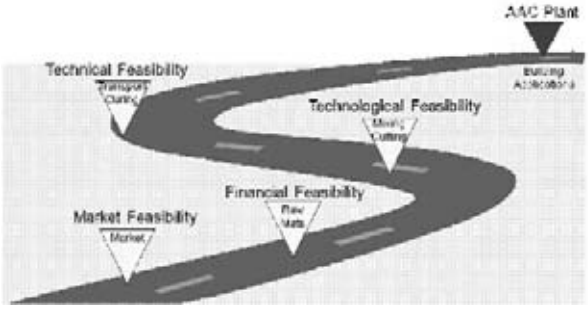


Рис. 6. Маршрут выбора надлежащего процесса производства

Technical feasibility	Техническая осуществимость и целесообразность
Transport curing	Транспортировка, отверждение
Market feasibility	Рыночная целесообразность и осуществимость
market	Рынок
Financial feasibility	Финансовая целесообразность
Raw materials	Сырье
Technological feasibility	Технологическая осуществимость
Mixing, cutting	Смешивание, резка
AAC plant	Завод по производству ПБАО и газобетона
Building applications	Применение в строительстве

Рис. 4. Концепция 5-уровнего здания с использованием супергладких готовых панелей из газобетона и ПБАО

Крайне важно тщательно провести подробное и глубокое инженерное обследование строительства «под заказчика», от технической подготовки до проектирования завода, чтобы получить все необходимые технологические ноу-хау, финансовую информацию и логистический анализ. Такие факторы, как рынок, географическое положение, культура строительства, приемка, сырье и материалы, инфраструктура и, наконец, последнее, но не менее важное — ассортимент продукции — относятся к ключевым, определяющим параметрам, подлежащим анализу и определению до выбора технологии производства ПБАО, которая будет использована в заводском производственном процессе.

По существу, в данном случае технологию можно отнести к разряду алхимических процессов, где непременным является изготовление пилотных партий с использованием местных материалов, чтобы избежать сюрпризов и наилучшим образом разработать заводские соотношения и рецептуры.

Для новых заводов критичным является высокий уровень потребления энергии и процент отходов. Энергоресурсы, поставляемые в виде электроэнергии и ископаемых видов топлива, должны поддерживаться на минимальном уровне, а выбросы CO_2 должны быть ничтожно малыми. Каждый завод сталкивается с проблемой сокращения и повторного использования энергии и иных ресурсов согласно обновляющимся нормативам.

3. Завод по производству супергладкого газобетона ПБАО и технологический процесс

3.1. Технологии

Производство газобетона ПБАО может осуществляться с использование большого количества разнообразных технологий и систем оборудования. Выбор правильной технологии и соответствующих процессов изготовления газобетона является ключевым моментом для реализации жизнеспособного, успешного, долговечного, перспективного производства (рис. 7). Эти составляющие напрямую связаны с доступностью и наличием сырья и требуемым конечным продуктом.

Производственный процесс, реализуемый на отдельном комплекте оборудования, должен устойчиво и бесперебойно соответствовать требуемой производительности, качеству и ассортименту продукции. Наряду с этим разработка рецептуры завода, потребляемая мощность, использование ресурсов (сырья), трудозатраты, техническое обслуживание и ремонт оказывает серьезное влияние не только на стоимость кубического метра ПБАО, но также и окружающую среду (социальная сознательность и ответственность). Анализ и проведение новых проектов, следовательно, являются важнейшими непременными этапами для определения завода газобетона БПАО «под заказчика».

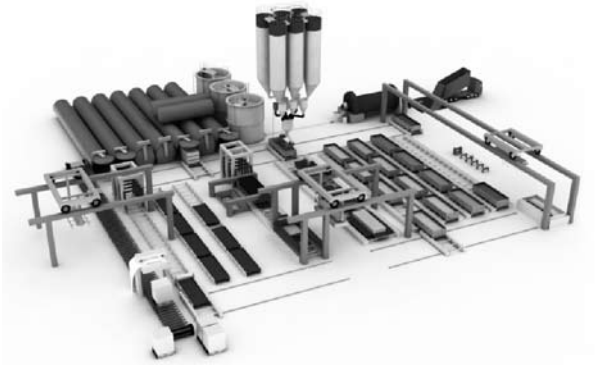


Рис. 7. Стандартная общая планировка завода по производству супергладкого газобетона

Производительность завода:

- 150–1800 м^3/сутки;
- плотность: 300-800 кг/м^3;
- блоки по стандарту EN 771 часть 4 TLMB + T&G + переносные;
- армированные панели по стандартам DIN 4223; EN 12602;
- перегородки с супергладкой поверхностью: толщина 37*-50-75-100-150 мм, длина 1-3 метра, ширина 500-625-750 мм;
- армированные напольные и стеновые элементы с гладкой и супергладкой поверхностью;
- перемычки над дверными и оконными проемами: с нагрузкой и без нагрузки

* Японский, корейский, австралийский рынки

3.2. Технологический процесс

Химические процессы (рис. 8) осуществляются на основе 9-компонентной полностью автоматизированной системы дозирования. Рецептуру и соотношения для завода разрабатывают, тщательно и точно исходя из местного сырья. В триаде из прочности на сжатие, сухой плотности и температурных характеристик технология супергладких ПБАО газобетонов зарекомендовала себя наилучшим образом. Процесс пригоден для сухого и влажного измельчения сырья. Это представляется важной составляющей, когда однородность и качество сырья, равно как

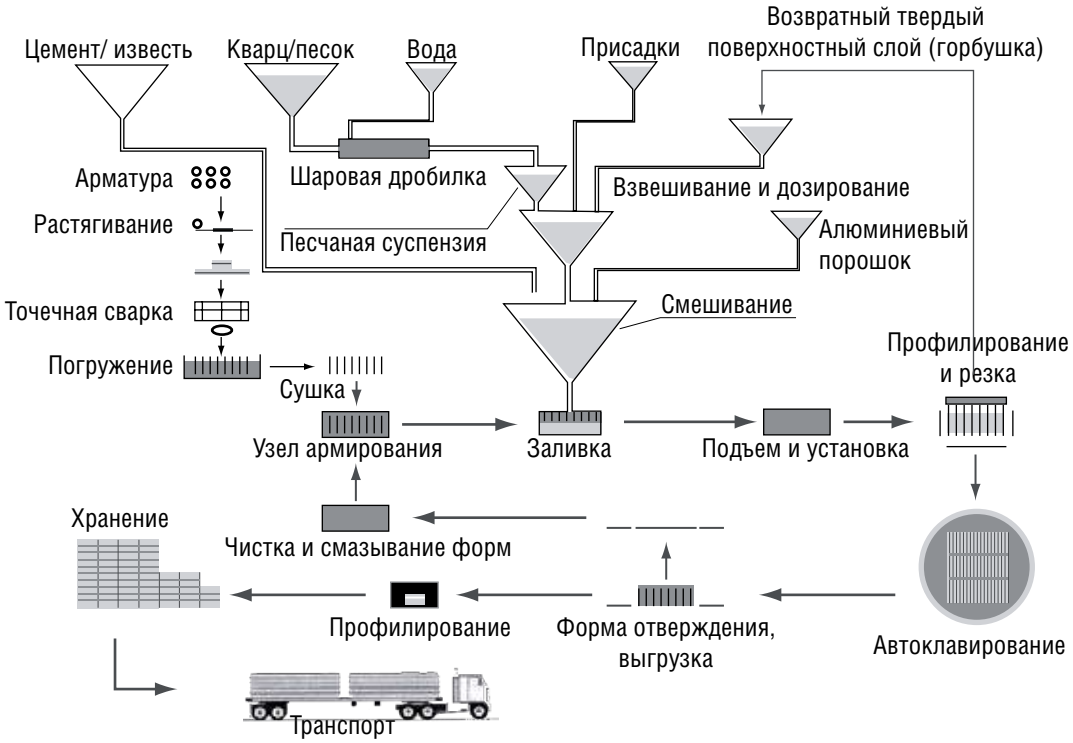


Рис. 8. Упрощенный процесс производства супергладкого газобетона

и условия окружающей среды, могут меняться почти ежедневно.

Уникальная технология смешивания с использованием нескольких мешалок в сочетании с «горячей заливкой» позволяет сократить до минимума потребление электроэнергии и сырья. Реагенты в виде алюминиевого порошка в сочетании с системой безопасного использования алюминия создают непревзойденную равномерность и однородность в структурах пор. В частности на рынках сухих с низкой плотностью < 400 кг/м^3 и тонких армированых перегородок, это становится непременным условием.

Участок резки супергладкого газобетона ПБАО — это центральная часть системы, где заготовки в виде мягких брикетов выкладываются на узкие подложки и фиксируются в горизонтальном положении (рис. 9).

Мягкая пластичная заготовка (массив сырца) не наклоняется и не поворачивается, сохраняя свое положение. Материал заготовки разрезается, находясь в зафиксированном положении на узкой станине, при помощи сильно натянутой проволоки (струны) из высокоуглеродистой стали с минимальными допусками в соответствии с действующими стандартами. Растворы режущего устройства остаются открытыми в промежутках между подачей продукта, что обеспечивает лучшее поступление (пара) тепла в процессе вулканизации и позволяет не допускать прилипания.

3.3. Технология резки — основа процесса

Система резки супергладкого газобетона основана на использовании двойных вертикальных режущих струн; горизонтально-вертикальных режущих струн, движущихся в поперечном направлении; и горизонтальных, движущихся вверху и/или посередине режущих струн. Также для резки сверху или снизу можно использовать профилирующие ножи. Процесс резки часто называют основой процесса. Некоторые системы резки называют аналогично названию их торговой марки, известной на рынке ПБАО. Почти все системы резки для профилирования используют недорогие, высокопрочные стальные струны и резаки. Точность при производ-

Рис. 9. Вырезанные заготовки панелей с профилями

стве строительных материалов за последнее десятилетие возросла, благодаря чему появилась возможность кладки на клею. На большинстве рынков строительных материалов использование тонкослойных растворов в процессе кладки стало стандартной практикой.

3.3.1. Поперечная резка

Поперечную резку с гладкой поверхностью используют в направлении по высоте блоков и длине панелей. Резка выполняется при помощи вибрирующих с частотой 3 и 5 Гц струн, предварительно натянутых и движущихся в противоположных направлениях под действием пневматических устройств. Таким образом достигается лучшая точность и к пластичным заготовкам в форме брикетов прикладывается меньшее режущее усилие (рис. 10).

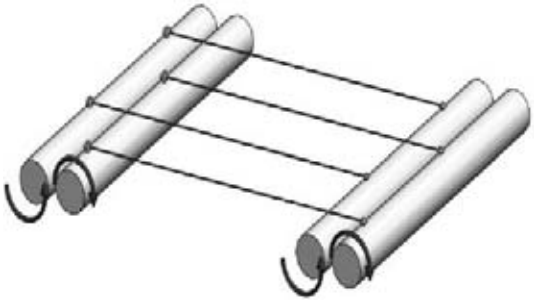


Рис. 10. Поперечная резка проволоками совершающими возвратно-поступательные движения

По сравнению с неподвижным проволочным резаком вибрирующие режущие струны сокращают усилие, прилагаемое к заготовке продукта на 40 %. Вибрация создает из микрочастиц твердый и гладкий поверхностный слой. На поверхности отсутствуют незакрепленные либо легкие липкие свободные частицы, которые могут ухудшить качество присоединения. Мелкая пыль, содержащая кварцевые частицы, снижает фактор риска для здоровья персонала, занятого строительными работами.

Благодаря возвратно-поступательным движениям струн, внутренние силы трения в процессе резки можно не принимать во внимание. Эта характеристика снижает внутренний стресс в массиве, а также и в основаниях установок. Каждая струна по отдельности натягивается и снабжена датчиком управления процессом. Если происходит разрыв либо перегрузка струны, то параметры резки могут быть адаптированы к новым условиям.

Метод резки «голландского сыра» («чизкейк») (рис. 11) либо метод поперечной резки был реализован в течение последних 5 лет. Данный метод сокращает время поперечной резки на

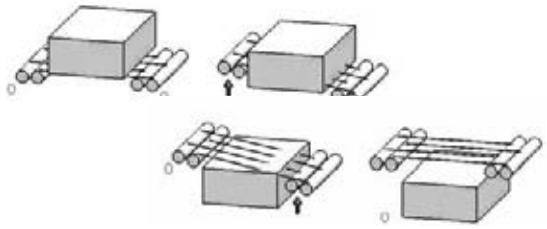


Рис. 11. Метод резки «чизкейк»

40 %, повышает точность, и, наконец, последнее, но не менее важное, сокращает отходы залитого массива. Брикет-заготовка ниже на 3 см от первоначальных 68 см, что позволяет сэкономить 4,4 % ресурсов и избежать потерь энергии, за сутки давая существенную экономию.

3.3.2. Вертикальная резка

Вертикальная резка является самой важной функцией в процессе резки. В ходе этой операции устанавливается ширина блока и толщина панели. От нее зависит внешний вид и презентабельность изделия. Для перегородок и облицовки толщиной 37 - 50 - 75 и 100 мм это ключевой аспект качества. Данная функция реализована при помощи Технологии супергладкого газобетона БПАО. В любом случае неаккуратные, неровные панели требуют нанесения слоя штукатурки для выравнивания, что значительно увеличивает стоимость строительства.

3.3.3. Быстродействующая режущая рамка

Данная разработка (рис. 12) открыла новые возможности применения изделий из газо-

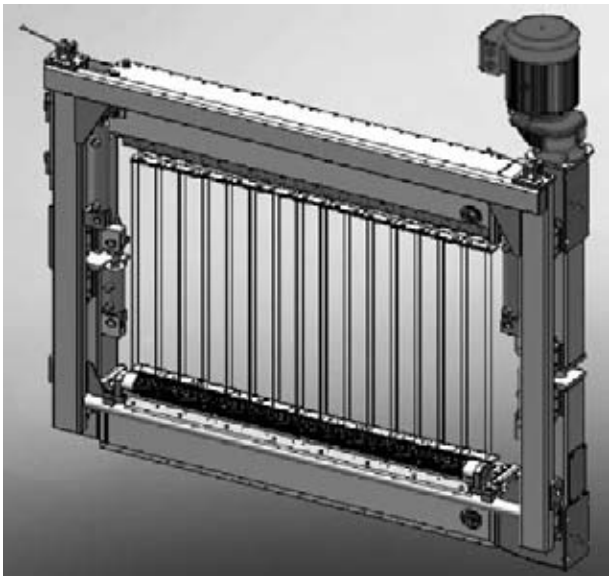


Рис. 12. Быстродействующая режущая рамка с сервоприводом

бетона для более быстрого и качественного строительства. Кроме этого была уже разработана система для производства относительно простых блоков с профилированием и возможностью перемещения вручную для рынков Германии и Нидерландов. Устойчивость процесса обеспечивает относительно продолжительное время открытия между заливкой и резкой. Это существенное необходимое преимущество, когда требуется адаптируемость и гибкость производства.

Технология скоростной резки (вибрация с частотой 10-30 Гц) с двойной проволокой для резки и выравнивания, сглаживания (рис. 13) превратилась в стандартную типовую технологию на рынке изделий для внутренних стеновых перегородок, стен противопожарной защиты и сооружений Каско из сборных конструкций.

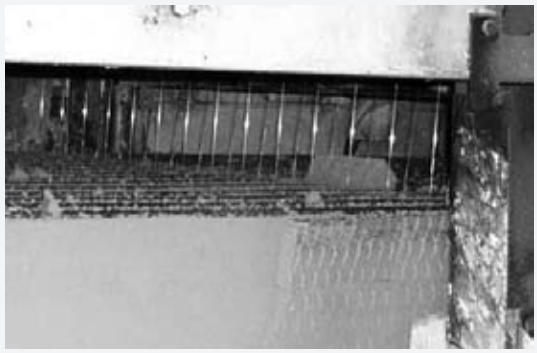


Рис. 13. Режущая и буксировочная проволока при работе с частотой 20 Гц

Первая струна выполняет основную работу по резке. Материал вжимается снаружи в поры и выстраивает первую часть верхнего слоя (рис. 14). Вибрирующая проволока втирает материал для хорошей установки. Вторая проволока называется буксировочной либо выравнивающей. Она толкает материал с большой частотой, и в результате выходящая наружу влага способствует уплотнению и полировке поверхности (рис. 15). Все частицы будут укладываться в жесткий поверхностный слой ПБАО. Микропоры на поверхности по-прежнему обеспечивают выход влаги и воздуха. Кристаллы между панелями четко отделены один от другого, поэтому слипания не происходит.

Экономия непосредственно на строительной площадке для подрядчиков при сокращении сроков строительства и отсутствии штукатурных работ существенно сокращает расходы на каждый квадратный метр. Легкое армирование перегородок и Каско-продукты удерживают расходы на каждый кубический метр на относительно низком уровне. Материалы легко устанавливать, а лучшая

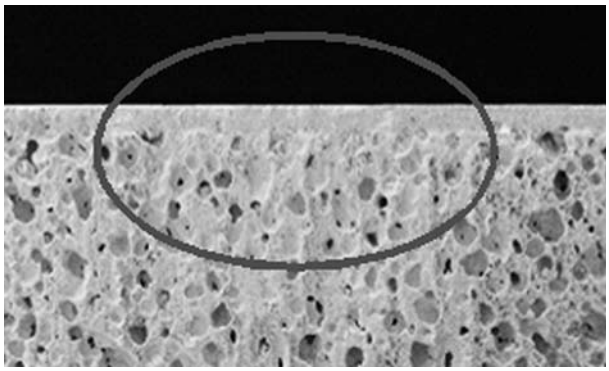


Рис. 14. Поверхность с жестким твердым верхним слоем

Рис. 15. Вид сверху процесса скоростной резки и гладкой поверхности при производстве панелей

изоляция дает возможность пользователям снижать потребление электроэнергии. Эти факторы больше нельзя игнорировать. Панели и даже плиты для облицовочных работ могут быть нарезаны на листы толщиной до 35 мм.

3.3.3. Резка в горизонтальном направлении

Горизонтальный резак либо профилирующие ножи будут отрезать верхнюю часть «пирога». Верхняя «горбушка» толщиной от 5 до 8 см будет аккуратно снята при помощи вакуумного подъемника после выхода с линии резки. Горизонтальная резка определяет длину блока либо ширину панели. Большинство размеров составляет 440, 500, 600, 625 и 750 мм. Она организована по тому же принципу, что и система поперечной резки с вибрирующими проволочными резаками и расположена перед установкой вертикальной резки. Поверхность прочная и гладкая.

3.3.4. Линия резки

Все струны в технологическом процессе «Супергладкий газобетон» двигаются, обеспечивая тем самым превосходное качество поверхности и точность. Как показывает опыт, есть смысл производить все режущие операции на одной установке: при этом достигается

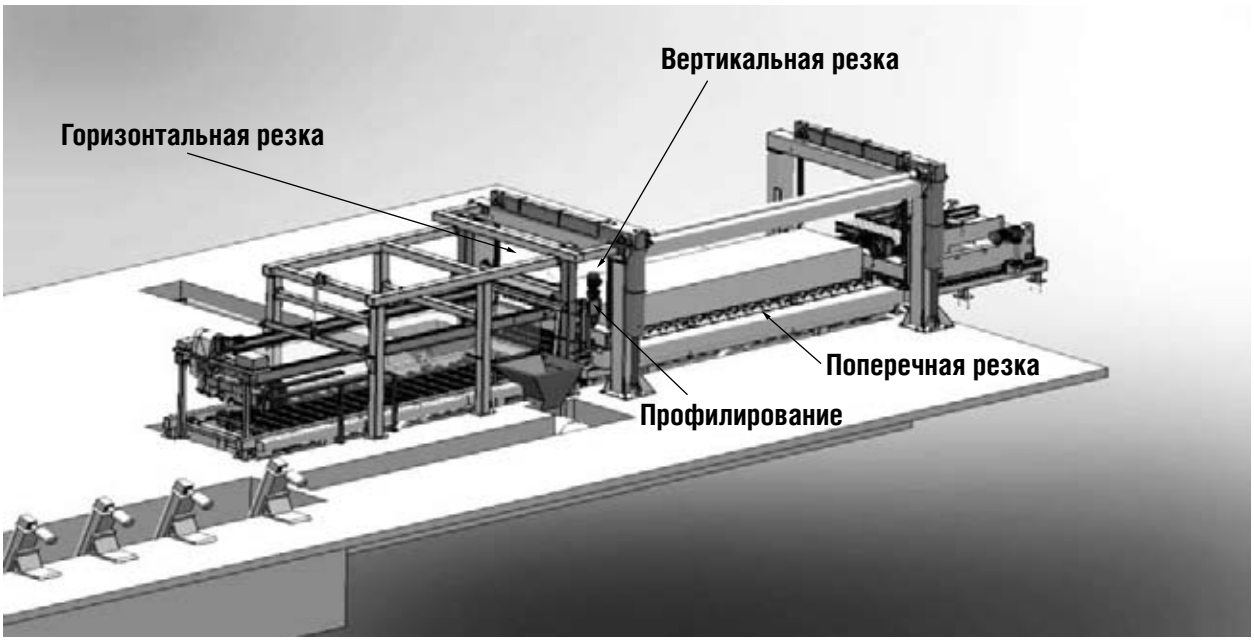


Рис 16. Все в одной режущей установке (технология супергладкого газобетона)

максимальная точность и не образуется никаких отходов (рис. 16).

Система не требует дополнительной обработки для отделения заготовок после резки либо разделения после обработки в автоклаве. Заготовка устойчиво располагается на транспортной раме благодаря низкому положению центра тяжести с несущими стальными профилями. Длинный раствор резака, который в большинстве случаев оценивается на глаз, составляет от 1 до 1,2 мм. Тепло в форме пара может беспрепятственно подаваться к продукту и способствовать автоклавированию.

Как показывает практика, целесообразно перемещать заготовки непосредственно в горячие автоклавы либо в предварительно разогретое складское помещения во избежание остывания заготовок.

3.4. Разработки в области армирования

Стальное армирование используют в производстве перегородок, стен, перемычек над дверными и оконными проемами, напольных и облицовочных материалов. В изделиях, несущих нагрузку, на слой стали по-прежнему необходимо наносить покрытие для защиты от коррозии в щелочной среде. Новое поколение станков для наваривания сетки специально для изделий из газобетона могут производить эту операцию с высокой производительностью и степенью автоматизации с достаточной экономической выгодой. Только в тонких панелях, а также в Каскопродуктах предусмотрены длинные стержни и использован вытянутый листовой материал.

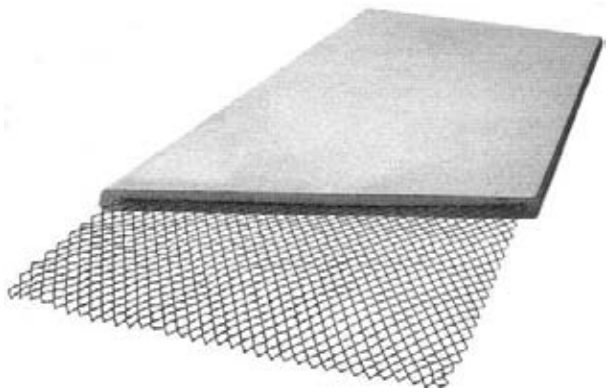


Рис.17. Тонкие облицовочные панели толщиной 37 мм с вытянутым листовым армированием

Новая разработка (рис. 17) состоит в удалении ранее используемых стержней для удержания арматурных каркасов в их положении в формах в процессе транспортировки и предварительного запаривания. Специальные зажимные приспособления удерживают каркасы в фиксированном положении. Эта уникальная система снижает трудоемкость, исключает необходимость промывки, позволяет экономить электроэнергию по сравнению со старыми системами.

Глубокие отверстия от стержней в изделиях, повреждения и отходы, возникающие при вытягивании стержней, — все это в прошлом. Каско и стеновые панели могут быть изготовлены для сухого строительства в «навинчивающихся» версиях для монтажа и демонтажа.

4. Заключение

Разработки в новом поколении армированных материалов открывают двери для новых применений и конкурентоспособности продуктов из газобетона среди архитекторов и подрядчиков. Простые блоки также всегда будут востребованы, но эти продукты будут всегда рассматриваться как товар, находящийся под высоким ценовым давлением, что объясняется наличием на рынке материалов, пригодных для замены (керамические и бетонные блоки). Ассортимент новых продуктов, включая и армированные продукты, прокладывает путь к полной системной концепции в отрасли, производящей строительные материалы.

«Умное» строительство — это новый взгляд на строительство и ремонт в тесной связи со стоимостью жизненного цикла, с возможностью соответствовать непрерывно изменяющимся нормативам в строительном секторе.

«Умное» строительство отвечает интересам производителей, конструкторов и пользователей. Потребность в промышленных, оперативных, гибких и долговечных строительных решениях растет.

«Умные» плиты из газобетона и Каскопанели с гладкими поверхностями, которые можно использовать повторно, относятся к жизненно важным продуктам долговечного строительства в будущем. Потребность в наличии компонентов концепции регенеративного дизайна встречает с каждым днем все большее понимание. Давайте работать над этим в отрасли в целом.

Снижение количества отходов и повторное использование энергоресурсов обладают значительным потенциалом для отрасли, производящей газобетон, чтобы вносить свой вклад в долговечное будущее. Исключительно экономное производство, основанное на самой передовой технологии, где сырье, технология и системы выстроены под потребности местного рынка и клиентов, предлагает многообещающие возможности и убедительные перспективы для изготовителей по снижению текущих производственных расходов, что позволит сделать их деятельность в строительном секторе более прибыльной и конкурентоспособной. Современная производственная технология поддержит разработки продуктов из газобетона для строительства лучших, более долговечных сооружений.