

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037910**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.06.04**

(21) Номер заявки  
**201892307**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.05.31**

(51) Int. Cl. *B28B 11/24* (2006.01)  
*C04B 40/00* (2006.01)  
*F26B 3/04* (2006.01)  
*F26B 9/06* (2006.01)  
*F26B 21/04* (2006.01)

---

(54) **КОНДИЦИОНИРОВАННЫЕ ОТВЕРЖДАЮЩИЕ СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ  
ОТВЕРЖДЕНИЯ**

---

(31) **62/343,633**

(32) **2016.05.31**

(33) **US**

(43) **2019.06.28**

(86) **PCT/US2017/035214**

(87) **WO 2017/210294 2017.12.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**СОЛИДИЯ ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК.**  
**(US)**

(56) SU-A1-1784462  
BY-U-1379  
RU-C2-2519080  
CN-A-104493965

(72) Изобретатель:  
**Хименес Андреа Сесилия Монтойя,**  
**Атакан Вахит, Мартини Андрес,**  
**Перри Джордж Мэттью, Смит Кеннет**  
**Майкл, Паттен Девин, Касторо**  
**Даниэль, Нарин Шалендра, Сет**  
**Анудж, Куинн Шон Кэмрон (US)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

---

(57) В изобретении предложено новое устройство и способы подачи и кондиционирования газа для обеспечения оптимального CO<sub>2</sub>-отверждения изделий из композиционных материалов (например, сборных конструкций, выполненных из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция), содержащих твердую внутреннюю часть или имеющих полые внутренние проходы, каналы и камеры или выдолбленных иным образом, а также полученные таким образом сборные конструкции, подходящие для различных применений в строительстве, дорожных покрытиях и ландшафтной архитектуре и инфраструктуре.

---

**B1**

**037910**

**037910**

**B1**

### **Притязание на приоритет и родственные патентные заявки**

Настоящая заявка на патент испрашивает приоритет на основании предварительной заявки на патент США № 62/343633, поданной 31 мая 2016 г., полное содержание которой в полном объеме включено в настоящий документ посредством ссылки.

### **Область настоящего изобретения**

В целом, настоящее изобретение относится к системам и способам получения изделий из композиционных материалов. Более конкретно, настоящее изобретение относится к новому устройству и способам подачи и кондиционирования газа для обеспечения оптимального  $\text{CO}_2$ -отверждения изделий из композиционных материалов (например, сборных конструкций, выполненных из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция), содержащих твердую внутреннюю часть или имеющих полые внутренние проходы, каналы и камеры или выдолбленных иным образом, а также к полученным таким образом сборным конструкциям, подходящим для различных применений в строительстве, дорожных покрытиях и ландшафтной архитектуре.

### **Уровень техники настоящего изобретения**

Бетон представляет собой наиболее потребляемый искусственный материал в мире. Сборные бетонные изделия, такие как брусчатка, строительные блоки, многопустотные плиты, кровельная черепица, строительные блоки из поризованного бетона и т.п., широко используются в различных областях от строительства, дорожных покрытий и ландшафтной архитектуры до инфраструктуры и транспорта. Типичное бетонное изделие получают путем смешивания воды и заполнителей, таких как песок и щебень, с портландцементом, синтетическим материалом, полученным путем сжигания смеси молотого известняка и глины, или материалами аналогичного состава во вращающейся печи при температуре спекания около  $1450^\circ\text{C}$ . Производство портландцемента является не только энергоемким процессом, но также процессом, в котором выделяются значительные количества парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ). На цементную промышленность приходится приблизительно 5% глобальных антропогенных выбросов  $\text{CO}_2$ . Более 60% такого  $\text{CO}_2$  образуется в результате химического разложения или кальцинирования известняка.

Недавно появилась принципиально новая форма цемента, основанная на карбонизируемых материалах на основе силиката кальция, в качестве перспективной замены продуктов из традиционного цемента и бетона. Производство карбонизируемых цементов и бетонных изделий на основе силиката кальция включает значительное снижение выбросов  $\text{CO}_2$  и энергопотребления. Кроме того, такой новый цемент позволяет изолировать  $\text{CO}_2$  при отверждении с получением бетонных изделий, поскольку  $\text{CO}_2$  необходим для взаимодействия с карбонизируемыми материалами на основе силиката кальция во время процесса отверждения для формирования бетонных изделий. Большинство сборных конструкций, произведенных в настоящее время, изготовлены из обычного бетона и не являются оптимальными как с точки зрения экономики, так и воздействия на окружающую среду. Существующие технологии производства включают потребление большого количества энергии и большие выбросы диоксида углерода, что приводит к появлению нежелательных углеродных отпечатков. Таким образом, существует постоянная потребность в новых сборных системах и способах, обеспечивающих улучшенное качество продуктов, уменьшенное потребление энергии и желательный углеродный след.

### **Краткое описание настоящего изобретения**

В настоящем изобретении предложено новое устройство и способы подачи и кондиционирования газа для обеспечения оптимального  $\text{CO}_2$ -отверждения изделий из композиционных материалов, содержащих твердую внутреннюю часть или имеющих полые внутренние проходы, каналы и камеры или выдолбленных иным образом, а также полученные таким образом конструкции.

Согласно одному из аспектов настоящее изобретение в целом относится к способу отверждения сборной конструкции. Предложенный способ включает введение сборной конструкции в оболочку, способную содержать газ (например, указанная оболочка герметизирована или вентилируется); обеспечение первичного контура циркуляции газа; обеспечение одного или более вторичного контура циркуляции газа; и отверждение сборной конструкции в течение времени, достаточного для получения отвержденной сборной конструкции. Первичный контур циркуляции газа включает: введение газа (например,  $\text{CO}_2$ ) в первом состоянии в оболочку, прохождение газа над поверхностью сборной конструкции внутри оболочки с приведением газа во второе состояние, пропускание газа во втором состоянии через первичную систему кондиционирования газа для восстановления газа до его первого состояния, и рециркуляцию газа в первичный контур циркуляции газа. Вторичный контур циркуляции газа включает забор газа в оболочке в третьем состоянии, пропускание его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния и прохождение газа после кондиционирования до четвертого состояния над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция изготовлена из карбонизируемого цемента на основе силиката кальция, при этом газ содержит диоксид углерода. Газ может состоять из диоксида углерода, водяного пара, воздуха и возможно других газов. Диоксид углерода можно получить из любого подходящего источника, который может подавать достаточные количества газа с достаточно высокой чистотой. Согласно некоторым вариантам реализации источником диоксида углерода является газ, генерируемый из жидкого диоксида углерода. Согласно некоторым вариантам реализации источни-

ком диоксида углерода является газ, содержащийся в форме газа в цилиндре высокого давления. Согласно некоторым вариантам реализации источником диоксида углерода является отходящий газ из системы сжигания, который обрабатывают для обеспечения подачи очищенного диоксида углерода. Согласно некоторым вариантам реализации газ содержит диоксид углерода промышленного сорта. Согласно некоторым вариантам реализации газ в основном состоит из диоксида углерода промышленного сорта. Согласно некоторым вариантам реализации присутствует множество вторичных контуров циркуляции газа.

Согласно некоторым вариантам реализации по меньшей мере одна из вторичных систем кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа расположена внутри оболочки.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой одну и ту же систему. Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой разные системы.

Согласно некоторым вариантам реализации пропускание газа над указанной поверхностью и еще одной поверхностью сборной конструкции включает прохождение газа через пустоту внутри сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит по меньшей мере нагревательное устройство для повышения температуры газа. Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит множество нагревательных устройств для повышения температуры газа.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере вентилятор для увеличения потока газа. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов для увеличения потока газа. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа в противоположном направлении по сравнению с другими вентиляторами. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа с первой скоростью, тогда как другие вентиляторы выполнены с возможностью прохождения газа со скоростью, отличной от первой скорости.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов, при этом смежные вентиляторы дуют с двумя разными скоростями, первый вентилятор дует со скоростью один и второй вентилятор дует со скоростью два. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа, содержащий смежные вентиляторы, дующие с двумя разными скоростями, выдувает газ в противоположных направлениях. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа, содержащий смежные вентиляторы, содержит нагревательный элемент в по меньшей мере одном из вентиляторов.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит установку влагопоглощения для удаления влаги из газа и снижения относительной влажности. Согласно некоторым вариантам реализации установка влагопоглощения включает холодильник, осушитель, мембрану, способную удалять влагу, или комбинацию двух или более перечисленных средств. Согласно некоторым вариантам реализации четвертое состояние газа является по существу таким же, что и первое состояние газа. Согласно некоторым вариантам реализации третье состояние газа является по существу таким же, что и второе состояние газа. Согласно некоторым вариантам реализации четвертое состояние газа по существу отличается от первого состояния газа. Согласно некоторым вариантам реализации третье состояние газа по существу отличается от второго состояния газа.

Согласно некоторым вариантам реализации газ в четвертом состоянии после пропускания через вторичную систему кондиционирования газа проходит над еще одной поверхностью сборной конструкции, при этом указанная другая поверхность сборной конструкции расположена рядом с местом, в котором указанный газ был взят из оболочки для пропускания через вторичную систему кондиционирования газа.

Согласно некоторым вариантам реализации газ в четвертом состоянии после пропускания через вторичную систему кондиционирования газа проходит над еще одной поверхностью сборной конструкции, при этом указанная другая поверхность сборной конструкции находится в месте, удаленном от того места, в котором указанный газ был взят из оболочки для пропускания через вторичную систему кондиционирования газа.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция представляет собой множество конструкций, выбранных из группы, состоящей из брусчатки, строительных блоков, кровельной черепицы и железнодорожных шпал.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция представляет собой многопустотную плиту, содержащую множество каналов, проходящих вдоль длины многопустотной плиты. Согласно некоторым вариантам реализации многопустотная плита содержит от примерно 4 до примерно 10 каналов.

Согласно некоторым вариантам реализации газ в первом состоянии вводят в оболочку через каналы

многопустотной плиты. Согласно некоторым вариантам реализации газ в первом состоянии вводят в оболочку сверху или сбоку многопустотной плиты.

Согласно некоторым вариантам реализации газ в первом состоянии вводят в оболочку снизу плиты через формовочный стенд.

Согласно некоторым вариантам реализации первое состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно некоторым вариантам реализации второе состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно некоторым вариантам реализации третье состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно некоторым вариантам реализации четвертое состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно другому аспекту настоящее изобретение в целом относится к способу отверждения сборной конструкции. Предложенный способ включает введение сборной конструкции в оболочку, способную содержать газ, при этом указанная оболочка герметизирована или вентилируется; обеспечение первичного контура циркуляции газа; и отверждение сборной конструкции в течение времени, достаточного для получения отвержденной сборной конструкции. Первичный контур циркуляции газа включает: введение газа в первом состоянии в оболочку, прохождение газа над поверхностью сборной конструкции внутри оболочки с приведением газа во второе состояние, пропускание газа во втором состоянии через первичную систему кондиционирования газа для восстановления газа до его первого состояния и рециркуляцию газа в первичный контур циркуляции газа. Первичная система кондиционирования газа включает прохождение газа с первой скоростью потока над нагревательным устройством для увеличения температуры газа и прохождение газа через установку влагопоглощения со второй скоростью потока для снижения относительной влажности.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция изготовлена из карбонизируемого цемента на основе силиката кальция, при этом газ содержит диоксид углерода. Согласно предпочтительным вариантам реализации газ содержит диоксид углерода промышленного сорта. Согласно предпочтительным вариантам реализации газ в основном состоит из диоксида углерода промышленного сорта.

Согласно некоторым вариантам реализации пропускание газа над поверхностью сборной конструкции включает прохождение газа через пустоту внутри сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция включает множество конструкций, выбранных из группы, состоящей из брусчатки, строительных блоков, кровельной черепицы и железнодорожных шпал.

Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция представляет собой многопустотную плиту, содержащую множество каналов, проходящих вдоль длины многопустотной плиты. Согласно определенным вариантам реализации пустоты в сборной конструкции представляют собой по меньшей мере один из множества каналов, проходящих вдоль длины многопустотной плиты. Согласно определенным вариантам реализации многопустотная плита содержит от примерно 4 до примерно 10 каналов.

Согласно некоторым вариантам реализации поток газа с первой скоростью над нагревателем и поток газа через установку влагопоглощения со второй скоростью протекают параллельно.

Согласно некоторым вариантам реализации поток первичного контура циркуляции газа изменяет направление во время отверждения сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации первое состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно некоторым вариантам реализации второе состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до при-

мерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.

Согласно еще одному аспекту настоящее изобретение в целом относится к отвержденной сборной конструкции, полученной способом, описанным в настоящем документе.

Согласно некоторым вариантам реализации отвержденная сборная конструкция представляет собой отвержденную многопустотную плиту. Согласно определенным вариантам реализации непрерывная длина отвержденной многопустотной плиты составляет по меньшей мере примерно 50 м. Согласно определенным вариантам реализации непрерывная длина отвержденной многопустотной плиты составляет по меньшей мере примерно 75 м. Согласно определенным вариантам реализации непрерывная длина отвержденной многопустотной плиты составляет по меньшей мере примерно 100 м. Согласно определенным вариантам реализации отвержденная многопустотная плита характеризуется прочностью при сжатии, составляющей более примерно 30 МПа.

Согласно еще одному аспекту настоящее изобретение в целом относится к устройству для отверждения сборной конструкции. Предложенное устройство включает оболочку, способную содержать газ, при этом указанная оболочка выполнена с возможностью герметизации и вентиляции; первичный контур циркуляции газа, соединенный с оболочкой, при этом указанный первичный контур циркуляции газа содержит одну или более первичных систем кондиционирования газа, способных кондиционировать газ во втором состоянии, для восстановления газа до первого состояния; один или более вторичных контуров циркуляции газа, при этом указанный вторичный контур циркуляции газа содержит одну или более вторичных систем кондиционирования газа для кондиционирования газа в третьем состоянии до четвертого состояния. Согласно некоторым вариантам реализации по меньшей мере одна из вторичных систем кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа расположена внутри оболочки. Согласно определенным вариантам реализации предложенное устройство включает множество вторичных контуров циркуляции газа.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой одну и ту же систему. Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой разные системы.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит, по меньшей мере, нагревательное устройство. Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит множество нагревательных устройств.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, вентилятор. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа в противоположном направлении по сравнению с другими вентиляторами. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа с первой скоростью, тогда как другие вентиляторы выполнены с возможностью прохождения газа со скоростью, отличной от первой скорости.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов, при этом смежные вентиляторы дуют с двумя разными скоростями, первый вентилятор дует со скоростью один и второй вентилятор дует со скоростью два. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа, содержащий смежные вентиляторы, дующие с двумя разными скоростями, выдувает газ в противоположных направлениях. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа, содержащий смежные вентиляторы, содержит нагревательный элемент в по меньшей мере одном из вентиляторов.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит установку влагопоглощения. Согласно определенным вариантам реализации установка влагопоглощения включает холодильник, осушитель, мембрану, способную удалять влагу, или комбинацию двух или более перечисленных средств.

#### **Краткое описание графических материалов**

Задачи и особенности настоящего изобретения могут быть лучше поняты со ссылкой на чертежи, описанные ниже, и формулу изобретения. Чертежи не обязательно выполнены в масштабе, вместо этого, как правило, особое внимание уделяется иллюстрации принципов настоящего изобретения. На чертежах для обозначения одинаковых деталей на разных изображениях используются одинаковые цифры.

Фиг. 1 представляет собой диаграмму фазового равновесия давление-температура, на которой показаны фазы, участвующие в обратимой реакции  $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \leftrightarrow \text{CaSiO}_3 (\text{силикат кальция}) + \text{CO}_2$ .

Фиг. 2 представляет собой диаграмму фазового равновесия давление-температура, на которой показаны фазы, участвующие в обратимой реакции  $3\text{CaCO}_3 + 2\text{CaSiO}_3 \leftrightarrow 2\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2$ .

Фиг. 3 представляет собой диаграмму фазового равновесия системы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-CO}_2$  при давлении в

1 килобар.

Фиг. 4 представляет собой диаграмму фазового равновесия давление-температура, на которой показаны фазы, участвующие в обратимой реакции  $\text{MgO} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{MgCO}_3$ .

Фиг. 5 представляет собой диаграмму фазового равновесия давление-температура, на которой показаны кривые равновесия для обратимой реакции  $\text{MgO} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{MgCO}_3$  в качестве функции относительного содержания  $\text{CO}_2$  в инертном газе.

Фиг. 6 представляет собой диаграмму фазового равновесия температура-состав, иллюстрирующую области стабильности для разных фаз в системе  $\text{CaCO}_3$ - $\text{MgCO}_3$ .

Фиг. 7 представляет собой тетраэдральную диаграмму, на которой проиллюстрированы соотношения фаз между соединениями  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CO}_2$  и показана область с дефицитом  $\text{CO}_2$  ниже плоскостей  $\text{Cc-Di-Wo}$  и  $\text{Cc-Wo-Mo}$  (заштрихованы), где  $\text{Cc}$  обозначает кальцит,  $\text{Wo}$  обозначает волластонит,  $\text{Ak}$  обозначает акерманит,  $\text{Di}$  обозначает диопсид и  $\text{Mo}$  обозначает монтичеллит ( $\text{CaMgSiO}_4$ ).

Фиг. 8 представляет собой диаграмму фазового равновесия давление-температура, иллюстрирующую соотношения фаз между соединениями  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CO}_2$ , при этом одновариантные кривые исходят из четвертичной инвариантной точки, включающей фазы кальцита ( $\text{Cc}$ ), диопсида ( $\text{Di}$ ), форстерита ( $\text{Fo}$ ), монтичеллита ( $\text{Mo}$ ), акерманита ( $\text{Ak}$ ) и  $\text{CO}_2$ . Вставка представляет собой диаграмму фазового равновесия для систем из трех соединений  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{SiO}_2$ .

Фиг. 9 иллюстрирует изменение температуры вдоль длины оболочки, указывающее на газ в первом состоянии, газ во втором состоянии и критическую температуру, ниже которой отверждение является неравномерным.

Фиг. 10 иллюстрирует изменения относительной влажности газа вдоль длины оболочки.

На фиг. 11 показана схема для температуры и скорости потока в качестве функции длины оболочки, содержащей вторичный контур циркуляции газа.

На фиг. 12 показана схема для относительной влажности в качестве функции длины оболочки, содержащей вторичный контур циркуляции газа.

На фиг. 13 показан вариант реализации впускного устройства первичного контура циркуляции газа.

На фиг. 14 показан вариант реализации выпускного устройства первичного контура циркуляции газа.

На фиг. 15 показан вариант реализации экструдированного полого сердечника с установленным впускным устройством.

На фиг. 16 показан вариант реализации впускного устройства и выпускного устройства, установленных на полом сердечнике, вместе с оболочкой, полученной с применением герметизированного брезентового укрытия, для отверждения многопустотной плиты длиной 6 м/20 футов.

На фиг. 17 показан вариант реализации шлангов и трубок для подачи и удаления газа. Здесь же приведено изображение впускного устройства.

На фиг. 18 показан вариант реализации шлангов в виде вставляемой системы подачи.

На фиг. 19 показан вариант реализации шлангов в виде удаляемой системы подачи.

На фиг. 20 показан вариант реализации шлангов в виде изображения выпускного устройства системы подачи.

На фиг. 21 показан вариант реализации шлангов в виде изображения системы подачи сбоку.

На фиг. 22 показан вариант реализации системы впускного и выпускного устройств вместе с оболочкой для отверждения многопустотной плиты длиной 15 м/50 футов.

На фиг. 23 показан вариант реализации брезентового укрытия в качестве системы подачи: трубчатые впускные устройства/выпускные устройства.

На фиг. 24 показан вариант реализации бокового изображения брезентового укрытия с одним впускным устройством/выпускным устройством.

На фиг. 25 показан вариант реализации брезентового укрытия в качестве системы подачи: несколько труб.

На фиг. 26 показан вариант реализации вентиляционной камеры, разделенной на 3 части и находящейся снаружи полого сердечника перед установкой.

На фиг. 27 показан вариант реализации вентиляционной камеры, показанной на фиг. 18, после установки на многопустотную плиту.

На фиг. 28 показан вариант реализации бокового изображения вентиляционной камеры, показанной на фиг. 19.

На фиг. 29 показан вариант реализации верхней части вентиляционной камеры, показанной на фиг. 19, в увеличенном масштабе.

На фиг. 30 показан вариант реализации нескольких вентиляционных камер, показанных на фиг. 19, установленных для отверждения длинных многопустотных плит.

На фиг. 31 показан вариант реализации двухкомпонентной вентиляционной камеры: нагнетание в комбинации с разделителем.

На фиг. 32 показан вариант реализации вентиляционной камеры: три объединенные части: нагнетание, удаление газа и разделитель.

На фиг. 33 показан вариант реализации бокового изображения вентиляционной камеры: три объединенные части: нагнетание, удаление газа и разделитель.

На фиг. 34 показан вариант реализации вентиляционной камеры: сдвоенная труба, одна труба для нагнетания и удаления газа.

На фиг. 35 показан вариант реализации вентиляционной камеры: первоначальный контакт.

На фиг. 36 показан вариант реализации вентиляционной камеры: контакт с крыльчаткой.

На фиг. 37 показан вариант реализации вентиляционной камеры: полная установка.

На фиг. 38 показан вариант реализации вентиляционной камеры с помощью чертежей опорной плиты (вверху) со съемной крышкой (внизу).

На фиг. 39 показан вариант реализации вентиляционной камеры со съемной крышкой.

На фиг. 40 показан вариант реализации вентиляционной камеры со съемной крышкой, установленной на многоступенчатой плите.

На фиг. 41 показан вариант реализации вентиляционной камеры с улучшенной съемной крышкой - нагревательным элементом.

На фиг. 42 показан вариант реализации вентиляционной камеры с улучшенной съемной крышкой - поперечноточным вентилятором - переменная скорость.

На фиг. 43 показан вариант реализации концевых опорных устройств для герметизации брезентового укрытия.

На фиг. 44 показан вариант реализации концевой опорной конструкции для герметизации брезентового укрытия.

Фиг. 45 представляет собой схему, на которой показано основание полого сердечника с двумя вентиляционными камерами в сборе внутри оболочки, полученной с применением герметизирующего брезентового укрытия.

На фиг. 46 показан вариант реализации брезентового укрытия в виде вентиляционной камеры, соединенной с системой кондиционирования газа.

На фиг. 47 показан вариант реализации результатов расчетов согласно модели вычислительной гидродинамики (CFD).

Фиг. 48 представляет собой схему компоновки с только одним вентилятором.

На фиг. 49 показан вариант реализации поперечного сечения многоступенчатой плиты, полученной с применением компоновки согласно примеру 2 (вверху), вместе с поперечным сечением, полученным при испытании, которое было равномерно отверждено (внизу) при применении компоновки, описанной в примере 1.

На фиг. 50 показан вариант реализации торцевой плиты, предназначенной для поддержки газонепроницаемой герметизированной брезентовой камеры, при одновременном обеспечении в нижней секции плотно закрывающейся щели, обеспечивающей возможность пропускания через нее армированных проводов.

Фиг. 51 представляет собой схему, на которой показано основание полого сердечника с тремя вентиляционными камерами в сборе, расположенными внутри газонепроницаемой брезентовой герметизированной камеры.

На фиг. 52 показан вариант реализации компоновки газонепроницаемой герметизированной брезентовой камеры для отверждения многоступенчатой плиты длиной 32 метра на заводе по производству многоступенчатых плит.

На фиг. 53 показан вариант реализации трех секций многоступенчатых плит: две нижние секции длиной 9 м и одна нижняя секция длиной 6 м, которые были получены из отвержденной многоступенчатой плиты длиной 32 м.

На фиг. 54 показаны схемы многоступенчатой плиты длиной 300 футов/100 м с реверсивными вентиляторами.

Фиг. 55 представляет собой схему первичного контура циркуляции газа и вторичных контуров циркуляции газа для многоступенчатых плит.

На фиг. 56 показаны схемы многоступенчатой плиты длиной 300 футов/90 м с вентиляторами, каждая вторая вентиляционная камера содержит вентилятор, направляющий поток через плиту. Брезентовое укрытие имеет только один основной источник подачи для введения газа.

На фиг. 57 показаны схемы многоступенчатой плиты длиной 300 футов/100 м без вентиляторов, вентиляционные камеры непосредственно соединены с брезентовым укрытием. Брезентовое укрытие имеет только один основной источник подачи для введения газа.

На фиг. 58 показаны схемы многоступенчатой плиты длиной 300 футов/90 м с вентиляторами, брезентовое укрытие содержит источник газа и два средства для удаления газа. Вентиляционные камеры содержат вентиляторы для контура циркуляции.

На фиг. 59 показаны схемы многоступенчатой плиты длиной 300 футов/100 м с вентиляторами, брезентовое укрытие содержит два впускных устройства для подачи газа в оболочку. Вентиляционные камеры содержат вентиляторы для контура циркуляции.

Фиг. 60 представляет собой схему герметизированной камеры, на которой показаны первичный и

вторичный контуры циркуляции для отверждения сборных изделий.

Фиг. 61 представляет собой схему оболочки, на которой показаны первичный и вторичный контуры циркуляции.

### Подробное описание настоящего изобретения

В настоящем изобретении предложено новое устройство и способы подачи и кондиционирования газа для обеспечения оптимального  $\text{CO}_2$ -отверждения изделий из композиционных материалов, содержащих твердую внутреннюю часть или имеющих полые внутренние проходы, каналы и камеры или выдолбленных иным образом, а также полученные таким образом конструкции.

Бетонные изделия, изготовленные из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция, представляют собой новый класс продуктов из бетона, которые могут служить в качестве замены обычных бетонных изделий, полученных из гидравлических цементов. Предложенные отверждающие системы и способы отверждения позволяют более эффективно и экономично изготавливать такие необычные бетонные изделия, поскольку они подходят для крупномасштабного производства с легко перестраиваемым оборудованием и гибкими производственными требованиями. Благодаря улучшенному энергопотреблению и более желательному углеродному следу настоящее изобретение может быть полезным при самых разнообразных применениях, от строительства, дорожных покрытий и ландшафтной архитектуры до инфраструктуры и транспорта. Настоящее изобретение включает различные системы циркуляции газа, используемые для отверждения сборных конструкций, таких как, но не ограничиваясь ими, брусчатка, строительные блоки, многопустотные плиты, кровельная черепица, строительные блоки из поризованного бетона, изготовленные с применением карбонизируемых цементов на основе силиката кальция. Сборные конструкции, полученные с применением карбонизируемых цементов на основе силиката кальция, отверждаются путем взаимодействия цемента с газообразным диоксидом углерода в присутствии воды.

Устройство и способы, описанные в настоящем документе, решают ряд сложных проблем, с которыми сталкивается крупномасштабное производство сборных конструкций из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция, в том числе, но не ограничиваясь ими, регулирование градиента давления газа, характера течения и скорости потока, градиента концентрации  $\text{CO}_{2(r)}$ , регулирование градиента температуры и регулирование градиента влажности и т.п. Надлежащий контроль и регулирование указанных факторов имеют решающее значение с точки зрения качества продуктов, а также увеличения масштабов производства.

Сборные конструкции из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция. Применяемые здесь сборные конструкции изготовлены из карбонизируемых цементов на основе силиката кальция. Следует отметить, что карбонизируемые цементные композиции на основе силиката кальция, применяемые в настоящем документе, предпочтительно не гидратируются. Однако могут присутствовать незначительные количества гидратируемых фаз силиката кальция (например,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{CaO}$ ).  $\text{C}_2\text{S}$  демонстрирует медленную кинетику гидратации при воздействии воды и быстро превращается в  $\text{CaCO}_3$  во время процессов  $\text{CO}_2$ -отверждения.  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{CaO}$  быстро гидратируются при воздействии воды и, таким образом, должны быть ограничены <5% по массе.

В настоящем документе термин материал на основе "силиката кальция" обычно относится к природным минералам или синтетическим материалам, состоящим из одной или более из группы фаз силиката кальция. В настоящем документе "карбонизируемый" относится к материалу, взаимодействующему с  $\text{CO}_2$  посредством реакции карбонизации в условиях, описанных в настоящем документе. Материал является "некарбонизируемым", если он не реагирует с  $\text{CO}_2$  посредством реакции карбонизации в условиях, описанных в настоящем документе. Иллюстративные карбонизируемые фазы силиката кальция включают  $\text{CS}$  (волластонит или псевдоволластонит и иногда выраженный формулой  $\text{CaSiO}_3$  или  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ),  $\text{C}_3\text{S}_2$  (ранкинит и иногда выраженный формулой как  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$  или  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ),  $\text{C}_2\text{S}$  (белит,  $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$  или ларнит,  $\text{Ca}_7\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4$  или бредигит,  $\alpha\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$  или  $\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$  и иногда выраженный формулой как  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  или  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ). Аморфные фазы также могут быть карбонизированы в зависимости от их состава. Каждый из перечисленных материалов может включать один или более ионов и оксидов других металлов (например, оксиды алюминия, магния, железа или марганца) или их смеси, или может включать определенное количество силиката магния в природной или синтетической форме(ах) в диапазоне от следового количества (1%) до примерно 50% или более по массе. Иллюстративные некарбонизируемые или инертные фазы включают мелилит ( $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_2[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_7]$ ) и кристаллический диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ). Карбонизируемые фазы силиката кальция, включенные в композицию силиката кальция, не гидратируются при воздействии водой. Благодаря этому композиты, полученные с применением композиции силиката кальция в качестве связующего агента, не обеспечивают значительной прочности при объединении с водой. Генерирование прочности регулируют путем воздействия на композиты, содержащие композицию силиката кальция, конкретных режимов отверждения в присутствии  $\text{CO}_2$ . Следует понимать, что композиции силиката кальция, фазы силиката кальция и способы, описанные в настоящем документе, можно адаптировать для применения фаз силиката магния вместо фаз силиката кальция или наряду с ними. В настоящем документе термин "силикат магния" относится к природным минералам или синтетическим материалам, состоящим из одной или более из групп магни-



кремнийсодержащих соединений, в том числе, например,  $Mg_2SiO_4$  (также известного как "фостерит") и  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  (также известного как "талек") и  $CaMgSiO_4$  (также известного как "монтчеллит"), при этом каждый из указанных материалов может включать один или более ионов и оксидов других металлов (например, оксиды кальция, алюминия, железа или марганца), или их смеси, или может включать определенное количество силиката кальция в природной или синтетической форме(ах) в диапазоне от следового количества (1%) до примерно 50% или более по массе.

Согласно иллюстративным вариантам реализации используют измельченную композицию силиката кальция. Измельченная композиция силиката кальция может иметь средний размер частиц от примерно 1 до примерно 100 мкм (например, от примерно 1 до примерно 80 мкм, от примерно 1 до примерно 60 мкм, от примерно 1 до примерно 50 мкм, от примерно 1 до примерно 40 мкм, от примерно 1 до примерно 30 мкм, от примерно 1 до примерно 20 мкм, от примерно 1 до примерно 10 мкм, от примерно 1 до примерно 5 мкм, от примерно 5 до примерно 90 мкм, от примерно 5 до примерно 80 мкм, от примерно 5 до примерно 70 мкм, от примерно 5 до примерно 60 мкм, от примерно 5 до примерно 50 мкм, от примерно 5 до примерно 40 мкм, от примерно 10 до примерно 80 мкм, от примерно 10 до примерно 70 мкм, от примерно 10 до примерно 60 мкм, от примерно 10 до примерно 50 мкм, от примерно 10 до примерно 40 мкм, от примерно 10 до примерно 30 мкм, от примерно 10 до примерно 20 мкм, примерно 1, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мкм), насыпную плотность от примерно 0,5 до примерно 3,5 г/мл (свободную насыпную плотность, например, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 2,8, 3,0, 3,5 г/мл) и от примерно 1,0 до примерно 1,2 г/мл (насыпная масса после уплотнения), удельную поверхность по Блейну от примерно 150 до примерно 700  $m^2/kg$  (например, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700  $m^2/kg$ ). Согласно иллюстративным вариантам реализации карбонизации композиции силиката кальция, предложенной в настоящем изобретении, применяемые частицы измельченного силиката кальция имеют размер, при котором совокупный 10% диаметр составляет более 1 мкм при объемном распределении частиц по размерам. Для получения композиционных материалов из карбонизируемой композиции согласно настоящему изобретению можно использовать любые подходящие заполнители, например, материалы, содержащие оксид кальция или диоксид кремния. Иллюстративные заполнители включают инертные материалы, такие как трапп, строительный песок, горохообразный гравий. Согласно некоторым предпочтительным вариантам реализации в качестве заполнителей также можно использовать легкие заполнители, такие как перлит или вермикулит. В качестве мелкодисперсных наполнителей также можно использовать такие материалы, как промышленные отходы (например, летучая зола, шлак, тонкая кремнеземная пыль).

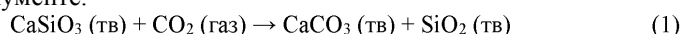
Множество заполнителей могут иметь любой подходящий средний размер и распределение частиц по размерам. Согласно определенным вариантам реализации множество заполнителей имеют средний размер частиц в диапазоне от примерно 0,25 до примерно 25 мм (например, от примерно 5 до примерно 20 мм, от примерно 5 до примерно 18 мм, от примерно 5 до примерно 15 мм, от примерно 5 до примерно 12 мм, от примерно 7 до примерно 20 мм, от примерно 10 до примерно 20 мм, примерно 1/8" (примерно 0,32 см), примерно 1/4" (примерно 0,64 см), примерно 3/8" (примерно 0,95 см), примерно 1/2" (1,27 см), примерно 3/4" (примерно 1,9 см).

В композиционный материал также могут быть включены химические примеси; например пластификаторы, замедлители, ускорители, диспергаторы и другие вещества, модифицирующие реологические свойства. Кроме того, могут быть добавлены некоторые коммерчески доступные химические примеси, такие как Glenium™ 7500 от компании BASF® Chemicals и Acumer™ от компании Dow Chemical Company. Согласно определенным вариантам реализации один или более пигментов могут быть равномерно диспергированы или по существу неравномерно диспергированы в связующих матрицах в зависимости от требуемого композиционного материала. Пигмент может представлять собой любой подходящий пигмент, в том числе, например, оксиды различных металлов (например, черный оксид железа, оксид кобальта и оксид хрома). Пигмент может иметь любой цвет или цвета, например, выбранные из черного, белого, синего, серого, розового, зеленого, красного, желтого и коричневого. Пигмент может присутствовать в любом подходящем количестве в зависимости от требуемого композиционного материала, например, в количестве, составляющем от примерно 0,0 до примерно 10% по массе.

#### **Карбонизация карбонизируемых цементов на основе силиката кальция**

Основная полезность карбонизируемой композиции состоит в том, что ее можно карбонизировать с получением композиционных материалов, которые можно использовать в самых различных областях.

Предполагается, что в процессе карбонизации силиката кальция протекают следующие реакции, как описано в настоящем документе.



В общем случае  $CO_2$  вводят в виде газовой фазы, которая растворяется в инфильтрационной жидкости, такой как вода. При растворении  $CO_2$  образуются кислые углеродные соединения (такие как угольная кислота,  $H_2CO_3$ ), что приводит к снижению pH в растворе. Слабокислый раствор инконгруэнтно растворяет соединения кальция из фаз силиката кальция. Кальций может выщелачиваться из кальцийсодер-

жащих аморфных фаз посредством аналогичного механизма. Высвобожденные катионы кальция и диссоциированные карбонатные соединения приводят к осаждению нерастворимых карбонатов. Считается, что богатые диоксидом кремния фазы остаются на минеральных частицах в виде слоев, обедненных кальцием.

$\text{CaCO}_3$ , полученный в результате таких или любых других реакций карбонизации  $\text{CO}_2$ , описанных в настоящем документе, может существовать в виде одного или более из нескольких полиморфов  $\text{CaCO}_3$  (например, кальцита, арагонита и ватерита). Частицы  $\text{CaCO}_3$  предпочтительно находятся в форме кальцита, но также могут присутствовать в виде арагонита или ватерита или в виде комбинации двух или трех из полиморфов (например, кальцита/арAGONита, кальцита/ватерита, арагонита/ватерита или кальцита/арAGONита/ватерита).

Можно использовать любой подходящий сорт  $\text{CO}_2$  в зависимости от требуемого результата карбонизации. Например, можно использовать  $\text{CO}_2$  промышленного сорта с чистотой примерно 99%, который можно приобрести в самых различных промышленных газовых компаниях, таких как Praxair, Inc., Linde AG, Air Liquide и другие. Запас  $\text{CO}_2$  можно держать в больших баках для хранения под давлением в форме жидкого диоксида углерода, регулируемого при определенной температуре таким образом, чтобы он сохранял требуемое давление пара, например, приблизительно 300 PSIG (примерно 2067 кПа изб.). Затем такой газ направляют по трубе в кожух или камеру для  $\text{CO}_2$ -отверждения (карбонизации). В самой простой системе  $\text{CO}_2$  пропускают через кожух с контролируемой скоростью, достаточной для вытеснения окружающего воздуха в кожухе. В общем случае время продувки будет зависеть от размера кожуха и скорости, с которой подают газообразный  $\text{CO}_2$ . Во многих системах такой процесс очистки кожуха от воздуха можно осуществить за промежутки времени, измеряемые в минутах, с доведением концентрации  $\text{CO}_2$  до разумного уровня с тем, чтобы впоследствии можно было осуществить отверждение. В простых системах газообразный  $\text{CO}_2$  затем подают в систему с заранее определенной скоростью для поддержания концентрации  $\text{CO}_2$ , достаточной для инициирования реакции отверждения.

Карбонизацию, например, можно осуществить путем взаимодействия с  $\text{CO}_2$  посредством контролируемого процесса гидротермического жидкофазного спекания (HLPS) для создания связующих элементов, которые удерживают вместе различные компоненты композиционного материала. Например, согласно предпочтительным вариантам реализации  $\text{CO}_2$  используют в качестве реакционноспособного соединения, что приводит к изолированию  $\text{CO}_2$  и созданию в полученных композиционных материалах связующих элементов с углеродным отпечатком, не имеющим аналогов в какой-либо существующей технологии производства. Процесс HLPS термодинамически запускается за счет свободной энергии химической реакции(й) и уменьшения поверхностной энергии (площади), вызванного ростом кристаллов. Кинетика процесса HLPS протекает с разумной скоростью при низкой температуре, поскольку вместо применения текучей среды с высокой температурой плавления или высокотемпературной твердой среды для транспортировки реакционноспособных соединений используют раствор (водный или неводный). Обсуждение различных особенностей HLPS, карбонизируемых цементов на основе силиката кальция, карбонизации и образования связующих элементов, устройства и способы их реализации и связанные темы можно найти в патенте США № 8114367, публикации США № 2009/0143211 (заявка № 12/271566), публикации США № 2011/0104469 (заявка № 12/984299), публикации США № 2009/0142578 (заявка № 12/271513), публикации США № 2013/0122267 (заявка № 13/411218), публикации США № 2012/0312194 (заявка № 13/491098), WO 2009/102360 (PCT/US2008/083606), WO 2011/053598 (PCT/US2010/054146), WO 2011/090967 (PCT/US2011/021623), в предварительной заявке на патент США № 61/708423, поданной 1 октября 2012 г., и публикации США № 2014/0127450 (заявка № 14/045,758), публикации США № 2015/0266778 (заявка № 14/045,519), публикации США № 2014/0127458 (заявка № 14/045,766), публикации США № 2014/0342124 (заявка № 14/045,540), публикации США № 2014/0272216 (заявка № 14/207,413), публикации США № 2014/0263683 (заявка № 14/207,421), публикации патента США № 2014/0314990 (заявка № 14/207920), патенте США № 9221027 (заявка № 14/209238), публикации США № 2014/0363665 (заявка № 14/295601), публикации США № 2014/0361471 (заявка № 14/295402), публикации США № 2016/0355439 (заявка № 14/506079), публикации США № 2015/0225295 (заявка № 14/602313), публикации США № 2015/0056437 (заявка № 14/463901), публикации США № 2016/0168720 (заявка № 14/584249), публикации США № 2015/0336852 (заявка № 14/818629), публикации США № 2016/0031757 (заявка № 14/817193), публикации США № 2016/0272544 (заявка № 15/074,659), публикации США № 2016/0096773 (заявка № 14/874350), публикации США № 2016/0340261 (заявка № 14/715497), публикации США № 2016/0272545 (заявка № 15/074692), публикации США № 2017/0102373 (заявка № 15/290328), публикации США № 2017/0121223 (заявка № 15/335520), заявке США № 15/409,352, поданной 18 января 2017 г., заявке США № 15/449736, поданной 3 марта 2017 г., заявке США № 15/451344, поданной 6 марта 2017 г., заявке США № 15/587705, поданной 5 мая 2017 г., каждая из которых в полном объеме и в явном виде включена в настоящий документ посредством ссылки для всех целей.

Фиг. 1-8 представляют собой диаграммы фазового равновесия, на которых показаны различные фазовые соотношения между некоторыми из описанных материалов.

### Связующие элементы

Процесс карбонизации позволяет получить карбонизированный композиционный материал, который, как видно под микроскопом, содержит множество связующих элементов, имеющих один или более типов микроструктуры. В совокупности, множество связующих элементов образуют взаимосвязанную связующую матрицу, создающую прочность соединения и удерживающую композиционный материал. Например, микроструктурированные связующие элементы могут представлять собой: связующий элемент, содержащий ядро из непрореагировавшей карбонизируемой фазы силиката кальция, полностью или частично окруженное ободком различной толщины, богатым диоксидом кремния, который полностью или частично инкапсулирован частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий ядро из диоксида кремния, полученного путем карбонизации карбонизируемой фазы силиката кальция, полностью или частично окруженное ободком различной толщины, богатым диоксидом кремния, который полностью или частично инкапсулирован частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий ядро из диоксида кремния, полученного путем карбонизации карбонизируемой фазы силиката кальция, и полностью или частично инкапсулированного частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий ядро из некарбонизируемой фазы, полностью или частично инкапсулированное частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий многофазное ядро, состоящее из диоксида кремния, полученного путем карбонизации карбонизируемой фазы силиката кальция, и частично прореагировавшего силиката кальция, при этом указанное многофазное ядро полностью или частично окружено ободком различной толщины, богатым диоксидом кремния, который полностью или частично инкапсулирован частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий многофазное ядро, состоящее из некарбонизируемой фазы и частично прореагировавшего силиката кальция, при этом указанное многофазное ядро полностью или частично окружено ободком различной толщины, богатым диоксидом кремния, который полностью или частично инкапсулирован частицами  $\text{CaCO}_3$ ; связующий элемент, содержащий частицы частично прореагировавшего силиката кальция без отчетливого ядра и ободка из диоксида кремния, инкапсулированного частицами  $\text{CaCO}_3$ ; и связующий элемент, содержащий пористые частицы без отчетливого ободка из диоксида кремния, инкапсулированного частицами  $\text{CaCO}_3$ .

Как правило, богатый диоксидом кремния ободок имеет толщину, варьирующую в одном связующем элементе и от связующего элемента к связующему элементу, обычно составляющую от примерно 0,01 до примерно 50 мкм. Согласно некоторым предпочтительным вариантам реализации толщина богатого диоксидом кремния ободка составляет от примерно 1 до примерно 25 мкм. В настоящем документе "богатый диоксидом кремния" относится в общем случае к содержанию диоксида кремния, которое является значительным по сравнению с компонентами материала, например, к диоксиду кремния, составляющему более примерно 50% по объему. Остальная часть богатого диоксидом кремния ободка в основном состоит из  $\text{CaCO}_3$ , например, от 10 до примерно 50%  $\text{CaCO}_3$  по объему. Богатый диоксидом кремния ободок также может содержать инертные или непрореагировавшие частицы, например, от 10% до примерно 50% мелилита по объему. Богатый диоксидом кремния ободок обычно демонстрирует переход от содержания преимущественно диоксида кремния к содержанию преимущественно  $\text{CaCO}_3$ . Диоксид кремния и  $\text{CaCO}_3$  могут присутствовать в виде смешанных или дискретных участков.

Богатый диоксидом кремния ободок также характеризуется содержанием диоксида кремния, варьирующим от связующего элемента к связующему элементу и обычно составляющим от примерно 50 до примерно 90% по объему (например, от примерно 60 до примерно 80%). Согласно определенным вариантам реализации богатый диоксидом кремния ободок обычно характеризуется содержанием диоксида кремния, составляющим от примерно 50 до примерно 90% по объему, и содержанием  $\text{CaCO}_3$ , составляющим от примерно 10 до примерно 50% по объему. Согласно определенным вариантам реализации богатый диоксидом кремния ободок характеризуется содержанием диоксида кремния, составляющим от примерно 70 до примерно 90% по объему, и содержанием  $\text{CaCO}_3$ , составляющим от примерно 10 до примерно 30% по объему. Согласно определенным вариантам реализации богатый диоксидом кремния ободок характеризуется содержанием диоксида кремния, составляющим от примерно 50 до примерно 70% по объему, и содержанием  $\text{CaCO}_3$ , составляющим от примерно 30 до примерно 50% по объему.

Богатый диоксидом кремния ободок может окружать указанное ядро, обеспечивая различные степени покрытия, составляющие в разных местах от примерно 1 до примерно 99% (например, от примерно 10 до примерно 90%). Согласно определенным вариантам реализации богатый диоксидом кремния ободок окружает ядро со степенью покрытия, составляющей менее примерно 10%. Согласно определенным вариантам реализации богатый диоксидом кремния ободок различной толщины окружает ядро со степенью покрытия, составляющей более примерно 90%.

Связующий элемент может иметь любой размер и любую регулярную или нерегулярную, сплошную или полую морфологию, которая может быть тем или иным образом поддержана за счет выбора сырьевых материалов и способа производства с учетом предполагаемого применения. Иллюстративные морфологии включают кубы, кубоиды, призмы, диски, пирамиды, многогранники или многогранные частицы, цилиндры, сферы, конусы, кольца, трубки, полумесяцы, иглы, волокна, нити, хлопья, сферы, субсферы, шарики, виноградины, гранулы, продолговатые фигуры, стержни, чешуйки и т.п. Множество связующих элементов могут иметь любой подходящий средний размер частиц и распределение частиц

по размерам в зависимости от требуемых свойств и рабочих характеристик композиционного продукта. Например, согласно определенным вариантам реализации множество связующих элементов имеют средний размер частиц в диапазоне от примерно 1 до примерно 100 мкм (например, от примерно 1 до примерно 80 мкм, от примерно 1 до примерно 60 мкм, от примерно 1 до примерно 50 мкм, от примерно 1 до примерно 40 мкм, от примерно 1 до примерно 30 мкм, от примерно 1 до примерно 20 мкм, от примерно 1 до примерно 10 мкм, от примерно 5 мкм до примерно 90 мкм, от примерно 5 мкм до примерно 80 мкм, от примерно 5 до примерно 70 мкм, от примерно 5 до примерно 60 мкм, от примерно 5 до примерно 50 мкм, от примерно 5 до примерно 40 мкм, от примерно 10 до примерно 80 мкм, от примерно 10 до примерно 70 мкм, от примерно 10 до примерно 60 мкм, от примерно 10 до примерно 50 мкм, от примерно 10 до примерно 40 мкм, от примерно 10 до примерно 30 мкм, от примерно 10 до примерно 20 мкм). Взаимосвязанная сеть связующих элементов (связующая матрица) также может включать множество крупных или мелких частиц наполнителя, которые могут состоять из любого подходящего материала, иметь любой подходящий размер и распределение по размерам. Например, согласно некоторым предпочтительным вариантам реализации частицы наполнителя выполнены из материала, богатого карбонатом кальция, такого как известняк (например, молотый известняк). В некоторых материалах частицы наполнителя выполнены из одного или более материала на основе  $\text{SiO}_2$  или силиката, такого как кварц, слюда, гранит и полевой шпат (например, измельченный кварц, измельченная слюда, измельченный гранит, измельченный полевой шпат).

Согласно определенным вариантам реализации частицы наполнителя могут включать природные, синтетические и повторно используемые материалы, такие как стекло, стекло вторичной обработки, угольный шлак, летучая зола, материал, богатый карбонатом кальция, и материал, богатый карбонатом магния.

Согласно определенным вариантам реализации множество частиц наполнителя имеют средний размер в диапазоне от примерно 5 мкм до примерно 7 мм (например, от примерно 5 мкм до примерно 5 мм, от примерно 5 мкм до примерно 4 мм, от примерно 5 мкм до примерно 3 мм, от примерно 5 мкм до примерно 2 мм, от примерно 5 мкм до примерно 1 мм, от примерно 5 мкм до примерно 500 мкм, примерно 5 мкм до примерно 300 мкм, примерно 20 мкм до примерно 5 мм, от примерно 20 мкм до примерно 4 мм, от примерно 20 мкм до примерно 3 мм, от примерно 20 мкм до примерно 2 мм, от примерно 20 мкм до примерно 1 мм, от примерно 20 мкм до примерно 500 мкм, примерно 20 мкм до примерно 300 мкм, примерно 100 мкм до примерно 5 мм, от примерно 100 мкм до примерно 4 мм, от примерно 100 мкм до примерно 3 мм, от примерно 100 мкм до примерно 2 мм, от примерно 100 мкм до примерно 1 мм).

Массовое отношение связующих элементов к частицам наполнителя может представлять собой любые подходящие отношения в зависимости от предполагаемого применения продукта из композиционного материала. Например, массовое отношение связующих элементов к частицам наполнителя может составлять от примерно (от 50 до 99):примерно (от 1 до 50), например, от примерно (от 60 до 99):примерно (от 1 до 40), от примерно (от 80 до 99):примерно (от 1 до 20), от примерно (от 90 до 99):примерно (от 1 до 10), от примерно (от 50 до 90):примерно (от 10 до 50), от примерно (от 50 до 70):примерно (от 30 до 50). Согласно определенным вариантам реализации в зависимости от применения массовое отношение связующих элементов к частицам наполнителя может составлять от примерно (от 10 до 50):примерно (от 50 до 90), например, от примерно (от 30 до 50):примерно (от 50 до 70), от примерно (от 40 до 50):примерно (от 50 до 60).

#### **Кондиционированные отверждающие системы и способы отверждения**

Как описано в настоящем документе, согласно одному из аспектов способ отверждения сборной конструкции включает введение сборного изделия в оболочку, способную содержать газ (например, указанная оболочка герметизирована или вентилируется). Используется первичный контур циркуляции газа, при этом указанный первичный контур циркуляции газа включает введение газа (например,  $\text{CO}_2$ ) в первом состоянии в оболочку, прохождение газа над поверхностью сборного изделия внутри оболочки с приведением газа во второе состояние, пропускание газа во втором состоянии через первичную систему кондиционирования газа для восстановления газа до его первого состояния и рециркуляцию газа в первичный контур циркуляции газа. Кроме того, также используется, по меньшей мере, вторичный контур циркуляции газа, при этом указанный вторичный контур циркуляции газа включает забор газа в оболочке в третьем состоянии, пропускание его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния и пропускание газа после кондиционирования до четвертого состояния над по меньшей мере еще одной частью поверхности сборного изделия. Согласно некоторым вариантам реализации присутствует множество вторичных контуров циркуляции газа. Согласно некоторым вариантам реализации количество воды, необходимое для надлежащего формирования сборных конструкций, содержащих карбонизируемые цементы на основе силиката кальция, выше, чем количество воды, необходимое для превращения карбонизируемых силикатов кальция в карбонаты. Таким образом, для отверждения сборных конструкций, содержащих карбонизируемые силикатные цементы, введение в оболочку кондиционированного газа необходимо для осуществления взаимодействия цемента и удаления избытка воды, присутствующей в сборной конструкции. Температура газа и относительная влажность определяют скорость удаления воды. Концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  определяет скорость реакции карбони-

зации. Для обеспечения равномерного отверждения вдоль длины оболочки температура газа, относительная влажность и концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  должны быть по существу одинаковыми по всей длине продукта.

Согласно определенным вариантам реализации процесс отверждения начинается с процесса продувки газом, достаточного для повышения средней концентрации  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  внутри оболочки до более чем примерно 25% по объему. Согласно определенным вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 50 до примерно 99,99% по объему. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 50 до примерно 70%. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 55 до примерно 65%. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 65 до примерно 75%. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 75 до примерно 99,99%. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 90 до примерно 99,99%. Согласно некоторым другим вариантам реализации средняя концентрация  $\text{CO}_{2(\text{газ})}$  повышается до от примерно 95 до примерно 99,99%.

После продувки отверждение можно осуществить путем включения первичной системы кондиционирования газа, что содействует первичному контуру циркуляции газа. Это позволяет ввести кондиционированный газ в оболочку, содержащую сборную конструкцию.

Газ имеет возможность пересекать длину оболочки над поверхностью сборной конструкции. Согласно некоторым вариантам реализации поверхность сборной конструкции, над которой проходит газ, представляет собой пустоту внутри сборной конструкции. Газ поглощает влагу из пор сборной конструкции по мере того, как он перемещается над ней. Это приводит к постепенному падению температуры и повышению содержания воды в газе при его передвижении через оболочку.

Такое постепенное падение температуры и повышение содержания воды в газе проиллюстрировано на фиг. 9 и 10. На фиг. 9 показано схематическое падение температуры газа при его перемещении вдоль длины оболочки. Кроме того, на фиг. 9 показано изменение скорости потока газа при его пересечении длины оболочки. Хотя для иллюстрации используют одну и ту же линию, как для температуры, так и скорости потока, масштаб у-оси, применяемой для температуры и скорости потока, будет разным.

Аналогичным образом, на фиг. 10 показано увеличение относительной влажности газа при его перемещении вдоль длины оболочки. Уменьшение температуры и увеличение относительной влажности, в конечном счете, приводят газ во второе состояние. Пониженная температура газа замедляет скорость реакции карбонизации сборной конструкции и увеличивает относительную влажность потока газа. Повышенная относительная влажность замедляет скорость испарения воды и, следовательно, процесс удаления воды. Кроме того, согласно некоторым вариантам реализации качество потока газа также ухудшается до некоторой степени. Предполагается, что такое ухудшение связано с трением, возникающим при прохождении газа поверх сборного бетонного изделия, имеющего некоторую шероховатость.

Скорость потока газа также представляет собой параметр, влияющий на скорость испарения воды из сборной конструкции. Для равномерного отверждения сборной конструкции вдоль длины оболочки и для обеспечения приемлемых технических характеристик градиенты температуры, скорости потока и относительной влажности вдоль длины оболочки необходимо контролировать и регулировать для обеспечения требуемой скорости испарения. Ни при каких условиях нельзя позволить газу достигнуть критической точки, в которой газ больше не способен высушивать и/или отверждать сборную конструкцию равномерно.

Газ во втором состоянии пропускают через первичную систему кондиционирования газа для восстановления его до первого состояния. Для компенсации потерь в результате утечки и потребления в реакции карбонизации к газу при прохождении его через первичную систему кондиционирования газа может быть также добавлено дополнительное количество газа.

Тем не менее, из-за неспособности газа равномерно высушивать и/или отверждать сборную конструкцию после достижения критической точки длина допустимой оболочки является ограниченной. Не придерживаясь теории, предполагается, что, помимо прочего, факторами, влияющими на возможную длину оболочки, являются первое состояние газа, композиция сборной конструкции, скорость потока газа и температура сборной конструкции. После того, как длина оболочки была превышена, состояние газа, т.е., газа во втором состоянии, находится в точке, расположенной ниже критической точки, в которой такой газ больше не может высушивать и/или отверждать сборную конструкцию. Согласно определенным вариантам реализации описанное выше ограничение длины оболочки устраняется путем обеспечения по меньшей мере вторичного контура циркуляции газа. Согласно некоторым вариантам реализации присутствует множество вторичных контуров циркуляции газа. Вторичный контур циркуляции газа включает забор газа в оболочке в третьем состоянии, пропускание его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния и прохождение газа после кондиционирования до четвертого состояния над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа включает,

по меньшей мере, нагревательное устройство для облегчения нагревания газа, который охлаждается после прохождения над поверхностями сборной конструкции. Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа включает множество нагревательных устройств для облегчения нагревания газа, который охлаждается после прохождения над поверхностями сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа включает, по меньшей мере, установку влагопоглощения для удаления из газа влаги после прохождения над поверхностями сборной конструкции. Согласно некоторым другим вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа включает множество установок влагопоглощения для удаления из газа влаги после прохождения над поверхностями сборной конструкции. Согласно некоторым вариантам реализации установка влагопоглощения состоит из холодильника и/или теплообменника. Согласно некоторым другим вариантам реализации установка влагопоглощения содержит осушитель. Согласно некоторым вариантам реализации установка влагопоглощения содержит мембрану, способную удалять воду. Согласно некоторым вариантам реализации установка влагопоглощения содержит комбинацию холодильника и/или теплообменника, осушающего устройства и мембраны.

Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере вентилятор для увеличения или модификации потока газа. Согласно некоторым другим вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов для увеличения или модификации потока газа. Согласно некоторым вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа в противоположном направлении по сравнению с другими вентиляторами. Согласно некоторым вариантам реализации контур циркуляции газа содержит по меньшей мере некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа с первой скоростью, тогда как другие вентиляторы выполнены с возможностью прохождения газа со скоростью, отличной от первой скорости. Согласно некоторым вариантам реализации каждый из вторичных контуров циркуляции газа имеет включенную в него специализированную систему кондиционирования газа. Согласно некоторым другим вариантам реализации множество контуров циркуляции газа связаны с единственной вторичной системой кондиционирования. Согласно некоторым другим вариантам реализации по меньшей мере одна из вторичных систем кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа является такой же, что и первичная система кондиционирования газа первичного контура циркуляции газа. Согласно некоторым другим вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа является такой же, что и первичная система кондиционирования газа первичного контура циркуляции газа.

Возможные взаимосвязи между газом в четвертом состоянии и газом в первом состоянии Согласно некоторым вариантам реализации четвертое состояние газа, выходящего из вторичной системы кондиционирования газа, аналогично первому состоянию газа, которое обеспечивается первичной системой кондиционирования газа. Согласно некоторым другим вариантам реализации четвертое состояние газа, выходящего из вторичной системы кондиционирования газа, отличается от первого состояния газа, которое обеспечивается первичной системой кондиционирования газа. Согласно некоторым вариантам реализации температура газа в четвертом состоянии выше температуры газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации температура газа в четвертом состоянии ниже температуры газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации температура газа в четвертом состоянии аналогична температуре газа в первом состоянии.

Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии выше относительной влажности газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии ниже относительной влажности газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии аналогична относительной влажности газа в первом состоянии.

Согласно некоторым вариантам реализации скорость потока газа в четвертом состоянии выше скорости потока газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации скорость потока газа в четвертом состоянии ниже скорости потока газа в первом состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации скорость потока газа в четвертом состоянии аналогична скорости потока газа в первом состоянии.

Возможные взаимосвязи между газом в третьем состоянии и газом во втором состоянии Согласно некоторым вариантам реализации третье состояние газа до прохождения через вторичную систему кондиционирования газа аналогично второму состоянию газа, отведенному для прохождения через первичную систему кондиционирования газа. Согласно некоторым вариантам реализации третье состояние газа до прохождения через вторичную систему кондиционирования газа отличается от второго состояния газа, отведенного для прохождения через первичную систему кондиционирования газа.

Согласно некоторым вариантам реализации температура газа в третьем состоянии ниже температуры газа во втором состоянии. Согласно некоторым другим вариантам реализации температура газа в третьем состоянии выше температуры газа во втором состоянии. Согласно некоторым вариантам реализации













гласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 10 до примерно 60%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 10 до примерно 70%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 10 до примерно 80%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 10 до примерно 90%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 10 до примерно 99%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 30%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 40%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 50%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 60%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 70%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 80%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 90%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 20 до примерно 99%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 40%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 50%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 60%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 70%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 80%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 90%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 30 до примерно 99%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 50%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 60%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 70%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 80%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 90%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 40 до примерно 99%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 50 до примерно 60%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 50 до примерно 70%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 50 до примерно 80%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 50 до примерно 90%. Согласно некоторым вариантам реализации относительная влажность газа в четвертом состоянии составляет от примерно 50 до примерно 99%. Для достижения скорости испарения в диапазонах, указанных выше, скорость потока газа в первом состоянии, втором состоянии, третьем состоянии и четвертом состоянии корректируют и регулируют в зависимости от температуры и относительной влажности газа в перечисленных условиях.

Используя вторичную систему кондиционирования газа, газ, взятый в третьем состоянии, регенерируют путем нагревания, регулирования скорости потока и/или влагопоглощения. Это схематически проиллюстрировано на фиг. 11 и 12. Хотя на фиг. 11 используют одну и ту же линию для отображения как температуры, так и скорости потока, масштаб у-оси, применяемой для температуры и скорости потока, будет разным. На фиг. 11 и 12 показан газ, извлекаемый в третьем состоянии и пропускаемый через вторичный контур кондиционирования газа для приведения в четвертое состояние. После приведения газа в четвертое состояние его пропускают над еще одной поверхностью сборной конструкции для высушивания и/или карбонизации этой части сборной конструкции в оболочке.

Согласно некоторым вариантам реализации указанная поверхность и другая поверхность сборной конструкции, подлежащей отверждению, включает, но не ограничивается ими, поверхности брусчатка, поверхности строительных блоков, поверхности кровельной черепицы, поверхности железнодорожных шпал, поверхности многопустотных плит.

Согласно некоторым вариантам реализации, при возможности, вибрированные сборные конструкции, такие как брусчатка, строительные блоки и кровельные черепицы, можно складывать штабелем на полках на стеллаже для улучшения использования площади торгового зала. Стеллажи со сборными кон-

струкциями можно расположить рядом друг с другом вдоль длины и ширины оболочки. Используя первичный контур циркуляции и вторичные контуры циркуляции, как описано выше, как ширину, так и длину оболочки можно увеличить до любой требуемой длины с учетом ограничений в отношении общей занимаемой площади в местах оказания услуг. Возможность проявления гибкости при использовании торговых помещений за счет маневренности общей занимаемой площади оболочки является значительным преимуществом, которое позволяет повсеместно внедрять указанную технологию.

Аналогичным образом, многопустотные плиты формируют посредством виброуплотнения с применением экструдера. Как правило, многопустотные плиты содержат пустоты в форме внутренних каналов, проходящих вдоль длины экструдированной части. Многопустотные плиты часто содержат более одного внутреннего канала вдоль ширины экструдированной части. Согласно некоторым вариантам реализации многопустотная плита может иметь от примерно 4 до примерно 10 каналов (например, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 каналов) вдоль ширины экструдированной части. Многопустотную плиту часто отливают в литейный элемент, который может быть нагрет. Затем плиту помещают внутрь брезентового укрытия, установленного поверх литейного элемента. Согласно некоторым вариантам реализации кожух является газонепроницаемым. Согласно некоторым вариантам реализации кожух может быть вентилируемым. Таким образом, создают оболочку, содержащую внутренние каналы и объем воздуха, окружающий плиту. Дополнительное тепло от литейного элемента уменьшает падение температуры газа при его пересечении длины кожуха. Это помогает увеличить длину плиты в случаях, когда газ может использоваться до достижения состояния, лежащего за пределами критической точки.

Газ в первом состоянии, определяемом его температурой, скоростью потока и составом, может быть введен в первичный контур циркуляции оболочки несколькими способами. Согласно некоторым вариантам реализации газ можно ввести непосредственно через пустоты в сборной конструкции. В многопустотных плитах каналы многопустотной плиты могут формировать внутренний объем оболочки. Согласно некоторым вариантам реализации газ также можно ввести сверху или сбоку сборной конструкции. При применении многопустотной плиты боковые стороны многопустотной плиты и верхняя поверхность обеспечивают внешний объем оболочки. Кроме того, согласно некоторым вариантам реализации газ так же можно ввести из нижней части оболочки. При применении полого сердечника газ можно ввести снизу через формовочный стенд. Такие системы подачи газа можно использовать независимо или в комбинации в зависимости от требований в отношении продукта и мощности производства.

Газ может быть удален из оболочки аналогичным образом. Газ может быть удален непосредственно из внутреннего объема оболочки, из внешнего объема оболочки или из нижней части оболочки.

Как описано выше, удаленный газ во втором состоянии должен быть кондиционирован для удаления водяного пара и повышения его температуры. Затем повторно кондиционированный газ рециркулируют вместе с любым дополнительным подпиточным газом, применяемым для пополнения газа, потерянного в процессе реакции или в результате утечки из системы, что, тем самым, создает непрерывный первичный контур циркуляции газа. При проектировании первичного контура циркуляции газа желательно поддерживать температуру и относительную влажность вдоль длины оболочки в пределах заданного диапазона.

Согласно некоторым вариантам реализации к системам подачи газа могут быть прикреплены дополнительные механизмы распределения, помогающие создать одинаковые технологические условия вдоль длины оболочки. Такие дополнительные механизмы распределения состоят из перфорированных труб, проходящих через длину оболочки, предназначенных для распределения газа во внутреннем или внешнем объемах оболочки.

Согласно одному из аспектов способ отверждения сборной конструкции включает введение сборной конструкции в оболочку, способную содержать газ, при этом указанная оболочка герметизирована или вентилируется; обеспечение первичного контура циркуляции газа, при этом указанный первичный контур циркуляции газа включает введение в оболочку газа, такого как диоксид углерода, в первом состоянии, прохождение газа над поверхностью сборной конструкции внутри оболочки с приведением газа во второе состояние, пропускание газа во втором состоянии через первичную систему кондиционирования газа для восстановления газа до его первого состояния, и рециркуляцию газа в первичный контур циркуляции газа; при этом первичная система кондиционирования газа включает прохождение газа с первой скоростью потока над нагревательным устройством для увеличения температуры газа и прохождение газа через установку влагопоглощения со второй скоростью потока для снижения относительной влажности.

Согласно некоторым вариантам реализации пропускание газа над поверхностью сборной конструкции включает прохождение газа через пустоту внутри сборной конструкции. Согласно некоторым вариантам реализации сборная конструкция представляет собой многопустотную плиту, содержащую множество каналов, проходящих вдоль длины многопустотной плиты.

Согласно некоторым вариантам реализации поток газа, проходящий над нагревателем с первой скоростью, и поток газа, проходящий через установку влагопоглощения со второй скоростью, сконфигурированы таким образом, что протекают параллельно.

Согласно некоторым другим вариантам реализации во время отверждения сборной конструкции

поток в первичном контуре циркуляции газа изменяет направление.

#### **Кондиционированное устройство для отверждения**

Согласно одному из аспектов настоящее изобретение в целом относится к устройству для отверждения сборной конструкции. Предложенное устройство включает оболочку, способную содержать газ, при этом указанная оболочка выполнена с возможностью герметизации и вентиляции; первичный контур циркуляции газа, соединенный с оболочкой, при этом указанный первичный контур циркуляции газа содержит одну или более первичных систем кондиционирования газа, способных кондиционировать газ во втором состоянии, для восстановления газа до первого состояния; один или более вторичных контуров циркуляции газа, при этом указанный вторичный контур циркуляции газа содержит одну или более вторичных систем кондиционирования газа для кондиционирования газа в третьем состоянии до четвертого состояния. Согласно определенным вариантам реализации по меньшей мере одна из вторичных систем кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа расположена внутри оболочки. Согласно определенным вариантам реализации предложенное устройство включает множество вторичных контуров циркуляции газа. Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой одну и ту же систему. Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой разные системы.

Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит по меньшей мере нагревательное устройство. Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит множество нагревательных устройств.

Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, вентилятор. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит множество вентиляторов. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа в противоположном направлении по сравнению с другими вентиляторами. Согласно определенным вариантам реализации вторичный контур циркуляции газа содержит по меньшей мере некоторое количество вентиляторов, выполненных с возможностью прохождения газа с первой скоростью, тогда как другие вентиляторы выполнены с возможностью прохождения газа со скоростью, отличной от первой скорости.

Согласно определенным вариантам реализации вторичная система кондиционирования газа содержит установку влагопоглощения. Согласно определенным вариантам реализации установка влагопоглощения включает холодильник, осушитель, мембрану, способную удалять влагу, или комбинацию двух или более перечисленных средств.

#### **Впускное устройство и выпускное устройство первичного контура циркуляции газа**

Впускное устройство и выпускное устройство первичного контура циркуляции газа выполняют функцию введения газа в первом состоянии в оболочку или выведения газа из оболочки во втором состоянии соответственно.

На фиг. 13 показан вариант реализации впускного устройства, обычно используемого при применении полого сердечника. На фиг. 14 показан вариант реализации выпускного устройства, обычно используемого при применении полого сердечника. В случае многопустотных плит впускное устройство и выпускное устройство расположены на концах плиты и герметизированы с помощью брезентового укрытия, формирующего оболочку, окружающую основание. На фиг. 15 показана экструдированная многопустотная плита с установленным впускным устройством. На фиг. 16 показана многопустотная плита с впускным устройством и выпускным устройством, установленными вместе с оболочкой, полученной с применением брезентового укрытия. Используя такую базовую компоновку, можно подвергнуть отверждению многопустотные плиты длиной до примерно 6 м/20 футов. Из-за ухудшения состояния газа вдоль длины оболочки более крупные секции не могут быть отверждены равномерно и получают неотвержденный продукт.

Впускное устройство и выпускные устройства первичного контура циркуляции газа состоят из основы, лежащей на формовочном стенде, и проходов, обращенных к каждому из каналов плиты. Впускное устройство и выпускное устройство также могут быть выполнены с возможностью прохождения потока поверх плиты и по ее боковым сторонам, что может быть достигнуто путем обеспечения щелей на верхней части или боковых сторонах впускных устройств и выпускных устройств, направляющих газ через верхнюю или боковые поверхности плиты. Вместо щелей можно использовать круглые отверстия в верхней части и сбоку впускных устройств и выпускных устройств.

Для более длинных многопустотных плит впускное устройство и выпускные устройства можно использовать в комбинации с перфорированными шлангами и/или перфорированными трубками, как показано на фиг. 17-22.

На фиг. 17 показан вариант реализации шлангов и трубок для подачи и удаления газа. На фиг. 18 показано изображение, на котором шланги, применяемые в качестве вспомогательного средства для системы подачи газа, вставляют внутрь каналов многопустотной плиты. На фиг. 19 показано изображение, на котором шланги удаляют из каналов мно-

гопустотной плиты после цикла отверждения. На фиг. 20 показаны выпускные устройства для удаления газа из оболочки. На фиг. 21 показано изображение шлангов внутри каналов многопустотной плиты. На фиг. 22 показано впускное устройство, выпускное устройство и оболочка, применяемые для отверждения многопустотной плиты длиной 15 метров. Используя компоновку, показанную на фиг. 17-22, можно добиться по существу однородных состояний газа во всех многопустотных плитах длиной до примерно 15 м/50 футов (например, от примерно 10 до 15 м). На максимальную длину, которую можно подвергнуть отверждению, может влиять расстояние между отверстиями и их диаметр. Кроме того, состав бетона, в частности его влагосодержание, вместе с диаметром каналов также влияют на градиент состояния газа, наблюдаемый в каналах, что, тем самым, влияет на длину плиты, которая может быть подвергнута равномерному отверждению.

Хотя первичный контур рециркуляции облегчает распределение и кондиционирование газа по всей оболочке, общая длина оболочки, которую можно обеспечить, ограничена. Вследствие этого общее количество сборных конструкций, сложенных штабелем на стеллажах по длине или ширине оболочки, ограничено. Длина многопустотной плиты, которая может быть обработана, ограничена аналогичным образом. Когда газ пересекает длину оболочки, температура газа падает и относительная влажность увеличивается, поскольку вода экстрагируется из сборной конструкции за счет испарения. Это приводит к тому, что состояние газа становится ниже критической точки, показанной на фиг. 9 и 10. Предполагается, что подача тепла от формовочного стенда, особенно в случае подогретых формовочных стендов для изготовления полых сердечников, позволяет увеличить длину плиты в случаях, когда газ может быть использован без достижения критической точки. Увеличение длины плиты, которое может быть реализовано в результате подвода тепла от формовочного стенда, ограничено. Кроме того, увеличение длины оболочки, ожидаемое в результате применения дополнительных механизмов распределения, таких как перфорированные трубы, проходящие через внутренний или внешний объем оболочки, также является незначительным.

В настоящее время многопустотные плиты изготавливают в секциях длиной более 100 м. Для максимизации коэффициента использования готового продукта и облегчения возможности разрезания секций по желанию конечного потребителя такие секции необходимо отверждать под одной оболочкой. Кроме того, внедрение дополнительных механизмов распределения, таких как перфорированные трубы, проходящие через внутренний объем оболочки, т.е., каналы внутри полого сердечника, представляет собой трудоемкую операцию, которая увеличивает затраты за счет увеличения времени проведения работ и монтажа. Установка и удаление после отверждения внутренних перфорированных труб показаны на фиг. 18 и 19 соответственно.

Оболочку, образованную герметизирующим брезентовым укрытием, можно использовать в качестве впускного устройства и/или выпускного устройства, как показано на фиг. 23-25. Это сделано путем прикрепления одной или нескольких перфорированных труб к впускному устройству на одном конце, куда газ поступает в первом состоянии, и к выпускному устройству на другом конце, где газ достиг второго состояния после пересечения длины оболочки. Трубу прикрепляют сверху или сбоку герметизирующего брезентового укрытия. Диаметр труб, перфорационных отверстий и расстояние между перфорационными отверстиями зависят от требуемой скорости потока, необходимой для указанной системы.

В качестве впускного устройства для газа можно также использовать формовочный стенд или дно оболочки. Согласно некоторым вариантам реализации трубы, переносящие нагретый газ, можно установить под стендом, используя преимущество механизма нагрева формовочного стенда или дна оболочки для поддержания температуры газа. Затем формовочный стенд или дно оболочки можно отперфорировать по всей его длине для обеспечения прохождения через него потока газа; диаметр перфорационных отверстий и расстояние между ними зависят от требуемой скорости потока для указанной системы.

Включение по меньшей мере одного вторичного контура циркуляции газа облегчает распределение и повторное кондиционирование газа между внутренним объемом оболочки и внешним объемом оболочки. Такой вторичный контур циркуляции газа включает забор газа в оболочке в третьем состоянии и пропускание его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния. Кроме того, вторичный контур циркуляции газа также включает прохождение газа после кондиционирования до четвертого состояния над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции.

Благодаря применению вторичного контура циркуляции газа реализуется возможность обработки многопустотной плиты любой длины.

### **Оболочка**

Оболочку используют для обеспечения отсутствия утечки газа. В зависимости от применения оболочка может быть вентилируемой или герметичной. При отверждении сборной конструкции, такой как брусчатка, строительные блоки, кровельная черепица, железнодорожные шпалы, многопустотные плиты и т.п., оболочку оборудуют камерой или кожухом, внутри которого размещают детали для отверждения. Согласно некоторым из вариантов реализации в такой оболочке указанные детали могут быть размещены на стеллажах на полках для максимизации использования производственной площади. Такие стеллажи со сборными конструкциями можно разместить рядом друг с другом, т.е., разместить напротив друг

друга или один возле другого.

Согласно некоторым вариантам реализации оболочку оборудуют камерой, изготовленной из металла, сплава, пластмассы, композиционного материала или комбинации двух или более перечисленных материалов. Согласно некоторым вариантам реализации оболочку изолируют для минимизации тепловых потерь и обеспечения лучшего регулирования состояний газа внутри оболочки.

Согласно некоторым вариантам реализации оболочку изготавливают с применением листа материала, непроницаемого для диоксида углерода. Листы такого непроницаемого для диоксида углерода материала используют для полной герметизации оболочки. При применении полого сердечника, например, боковые стороны формовочного стенда и впускные устройства и выпускные устройства на каждом из концов полого сердечника все помещаются внутрь такого герметизирующего брезентового укрытия, как показано на фиг. 16-22. Согласно некоторым вариантам реализации брезентовое укрытие может быть изолировано в зависимости от требований конкретной компоновки.

Согласно некоторым вариантам реализации брезентовое укрытие может включать одну или несколько перфорированных труб для переноса диоксида углерода в оболочку с газом и/или из оболочки с газом, расположенной вокруг многопустотной плиты. Диаметр труб, перфорационных отверстий и расстояние между перфорационными отверстиями зависят от требуемой скорости потока, подаваемого в систему.

Согласно некоторым вариантам реализации система подачи газа в форме трубы, проходящей вдоль длины оболочки, и оболочка выполнены из материала, который не может выдержать свой собственный вес и/или вес трубы, поэтому по всей длине оболочки и к обоим концам оболочки должны быть прикреплены опорные устройства. Согласно некоторым вариантам реализации опорные устройства, проходящие по всей длине, прикреплены к земле. Согласно некоторым другим вариантам реализации опорные устройства являются частью самой оболочки.

Согласно некоторым вариантам реализации опорные устройства используют на конце оболочки. Согласно вариантам реализации, в которых используют опорные устройства на конце оболочки, требуются впускные и выпускные отверстия. Такие отверстия, например, показаны на фиг. 43 и 44. Согласно некоторым вариантам реализации в оболочке также оборудованы отверстия для датчиков для измерения давления, относительной влажности, температуры и концентрации диоксида углерода. Трубы внутри оболочки могут быть расположены параллельно или перпендикулярно концевым опорным устройствам.

#### **Вентиляционные камеры для вторичного контура циркуляции газа**

Вентиляционные камеры для вторичного контура циркуляции газа представляют собой отверстия, расположенные внутри оболочки. Функция вентиляционных камер для вторичного контура циркуляции газа состоит в заборе газа в оболочке в третьем состоянии, которое отличается от первого состояния или аналогично ему, и пропускании его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния. После того, как газ был кондиционирован до четвертого состояния, его используют для прохождения над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции.

Согласно некоторым вариантам реализации, когда сборная конструкция представляет собой многопустотную плиту, вентиляционные камеры представляют собой закрепленные устройства на основе металла, пластмассы или композиционного материала (или их комбинации), размещенные путем установки на поверхность многопустотной плиты. Установка вентиляционных камер, обеспечивающих вторичный контур циркуляции газа, делает процесс отверждения независимым от длины. Согласно некоторым вариантам реализации для отверждения многопустотных плит несколько вентиляционных камер размещают при разных положениях плиты. Согласно некоторым конкретным вариантам реализации расстояние между указанными вентиляционными камерами составляет примерно 15 м. Согласно некоторым конкретным вариантам реализации расстояние между указанными вентиляционными камерами составляет более 15 м, но менее 100 м (например, примерно 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 м). На фиг. 26-40 показаны различные типы вентиляционных камер, которые можно использовать для создания вторичного контура циркуляции газа.

Согласно некоторым вариантам реализации вентиляционные камеры могут играть только одну роль, состоящую в нагнетании или удалении газа, как показано на фиг. 26-30. На указанных изображениях также показан разделитель, используемый для предотвращения смешивания газа со стороны нагнетания с газом со стороны удаления. Разделитель, используемый согласно некоторым вариантам реализации, также облегчает установку вентиляционной камеры в полый сердечник. Согласно некоторым вариантам реализации разделитель на вентиляционной камере вырезан в форме зуба. При применении вентиляционной камеры с разделителем необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать контакта с арматурой многопустотной плиты.

На фиг. 31 показана вентиляционная камера с инжектором, объединенным с разделителем. На фиг. 32 и 33 показаны вентиляционные камеры, в которых все три указанные части выполнены как одно целое. В одной вентиляционной камере присутствуют нагнетание газа, удаление газа и разделитель.

На фиг. 34 показана вентиляционная камера, в которой нагнетание через инжектор и удаление газа осуществляют через одно и то же отверстие в вентиляционной камере, при этом разделитель действует как перегородка между отверстием. На фиг. 35-37 показан способ применения вентиляционной камеры,



изображенной на фиг. 34, в многопустотной плите.

На фиг. 38 и 39 показана вентиляционная камера, состоящая из опорной плиты со съемной крышкой, которая может действовать как вентиляционная камера для нагнетания газа или удаления газа. На фиг. 40 приведена вентиляционная камера, показанная на фиг. 38 и 39, установленная на многопустотной плите. Согласно некоторым вариантам реализации вентиляционные камеры во вторичном контуре циркуляции газа формируют с помощью опорной плиты, показанной на фиг. 38. Согласно некоторым вариантам реализации вентиляционную камеру получают, оставляя отверстия в той части сборной конструкции, которая соединяет поверхность сборной конструкции с пустотой внутри сборной конструкции. В многопустотной плите пустота представляет собой канал. Специалист в данной области техники может использовать и другие инструменты для создания отверстия на поверхности сборной конструкции для получения доступа к пустоте внутри сборной части. Согласно некоторым вариантам реализации съемная крышка не используется и опорная плита остается на верхней части многопустотной плиты после создания отверстий, соединяющих каналы с поверхностью многопустотной плиты.

Согласно некоторым вариантам реализации ни вентилятор, ни нагреватель не размещают на верхней части опорной плиты или отверстиях, созданных с применением опорной плиты. Созданные отверстия используют как есть в качестве вентиляционной камеры во вторичном контуре циркуляции газа.

Трубы, выступающие из вентиляционной камеры, как показано на фиг. 34, 38 и 39, используют в качестве каналов для нагнетания и удаления газа. Трубы могут иметь много конфигураций в зависимости от геометрии, наилучшим образом подходящей для данной системы. Трубы могут быть расположены под углом, могут иметь отверстие в центре трубы или могут иметь несколько отверстий. Трубы могут быть разделены пополам, одна половина для выполнения нагнетания и другая половина для выполнения отсасывания, как показано на фиг. 34.

Вентиляционные камеры могут включать несколько датчиков в зависимости от того, какие требуются измерения. Параметрами, которые обычно контролируют при отверждении многопустотной плиты, изготовленной из карбонизируемого цемента на основе силиката кальция, являются давление, концентрация диоксида углерода, температура и относительная влажность.

Усовершенствованные вентиляционные камеры содержат внутренние нагреватели и/или вентиляторы, нагреватели используют для уменьшения градиента температуры по длине плиты, как показано на фиг. 34. Вентиляторы используют для управления потоком внутри сердечников многопустотной плиты и циркуляции потока на оболочке внутри уплотнения, как показано на фиг. 35.

Согласно некоторым вариантам реализации способ отверждения сборных конструкций - в том числе многопустотных плит - включает нагревательное устройство в, по меньшей мере, некоторых из применяемых вентиляционных камер. Согласно некоторым вариантам реализации нагревательное устройство представляет собой электрический нагревательный элемент, над которым пропускают холодный газ, извлеченный в третьем состоянии, для повышения температуры.

Согласно некоторым вариантам реализации способ отверждения сборных конструкций - в том числе многопустотных плит - включает вентилятор в, по меньшей мере, некоторых из вентиляционных камер, применяемых для перераспределения газа внутри оболочки посредством создания вторичного контура циркуляции газа. Согласно некоторым вариантам реализации вентилятор представляет собой поперечноточный, центробежный, осевой, диаметральный или реверсивный вентилятор. Согласно некоторым вариантам реализации применяемые вентиляторы имеют переменную скорость. Согласно некоторым другим вариантам реализации вентиляторы имеют постоянную скорость. В пределах объема настоящего изобретения предусмотрены комбинации различных типов вентиляторов в одной и той же системе.

На фиг. 41 и 42 показаны нагревательный элемент, установленный внутри вентиляционной камеры на многопустотной плите, и реверсивный вентилятор, который можно использовать для перераспределения газа внутри оболочки.

Согласно некоторым вариантам реализации в вентиляционную камеру подают газ из вторичной системы кондиционирования газа путем применения трубки, расположенной на боковой стороне формовочного стенда, вдоль дна оболочки или вдоль стенки оболочки. Такая трубка переносит кондиционированный газ из вторичной системы кондиционирования газа и имеет отверстия с крышками, расположенные через равные промежутки. Отверстие с крышкой, расположенное ближе всех к вентиляционной камере, открыто и соединено с вентиляционной камерой.

Впускные устройства и выпускные устройства, соединенные с перфорированными шлангами, модифицированным формовочным стендом, перфорированными трубками, оболочкой и с первичной системой кондиционирования газа, образуют первичный контур циркуляции газа. Кроме того, вентиляционную камеру(ы) и трубки с отверстиями с крышками можно объединить для создания вторичного контура циркуляции газа. Во вторичном контуре циркуляции газа кондиционированный газ, нагнетаемый в первичный контур циркуляции в первом состоянии, удаляют в третьем состоянии после прохождения определенного расстояния в сборной конструкции или вокруг сборной конструкции в оболочке, повторно кондиционируют с помощью вторичной системы кондиционирования до четвертого состояния. После того, как газ был повторно кондиционирован до четвертого состояния, его пропускают над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции. Это создает вторичный контур циркуляции газа.

Вторичный контур циркуляции газа или ряд вторичных контуров циркуляции газа могут быть использованы для отверждения многопустотных плит различных размеров и могут быть скомпонованы модульно в зависимости от спецификации изготавливаемой плиты.

Согласно некоторым вариантам реализации вентиляционные камеры, расположенные на верхней части многопустотной плиты, используют для циркуляции газа из внешнего объема оболочки во внутренний объем оболочки, что создает, тем самым, более однородное состояние газа внутри каналов многопустотной плиты. Для облегчения отверждения плит, слишком длинных для равномерного отверждения с помощью только первичного контура циркуляции газа, внутри оболочки можно использовать некоторое количество вентиляционных камер.

Согласно некоторым вариантам реализации обеспечивают устройство для регулирования параметров процесса отверждения (например, регулятор) для централизованного управления различными технологическими параметрами указанного отверждающего устройства и процесса отверждения, включающими управление последовательностями технологических стадий, продолжительность и временной режим, и для регистрации данных, измеренных во время операций отверждения. Согласно различным вариантам реализации такой регулятор сообщается с по меньшей мере одним из устройств, выбранных из источника диоксида углерода, подсистемы газового потока, работы оболочки, первичного контура циркуляции газа, первичных систем кондиционирования газа, вторичного контура циркуляции газа, вторичных систем кондиционирования газа, включая устройства регулирования температуры и устройства регулирования влажности. Согласно некоторым вариантам реализации указанный регулятор сообщается с датчиками, предоставляющими данные о процессе, такие как температура, влажность, скорости потока, давления газа, составы газа и т.п. Регулятор выполнен с возможностью, например, независимо и/или централизованно отслеживать и регулировать один или более параметров, выбранных из скорости потока и направления потока газообразного диоксида углерода, температуры газа и влажности и т.п., в различных местах в оболочке.

Могут быть получены превосходные свойства и эксплуатационные характеристики, подходящие для конкретных применений. Согласно определенным вариантам реализации композиционный материал характеризуется прочностью при сжатии, составляющей от примерно 20 до примерно 175 МПа (например, от примерно 20 до примерно 150 МПа, от примерно 20 до примерно 120 МПа, от примерно 20 до примерно 100 МПа, от примерно 20 до примерно 80 МПа, от примерно 20 до примерно 65 МПа, от примерно 30 до примерно 120 МПа, от примерно 30 до примерно 100 МПа, от примерно 30 до примерно 65 МПа, от примерно 60 до примерно 120 МПа, от примерно 90 до примерно 130 МПа, от примерно 100 до примерно 175 МПа, от примерно 120 до примерно 175, от примерно 140 до примерно 175 МПа, от примерно 150 до примерно 175 МПа). Согласно определенным вариантам реализации композиционный материал характеризуется прочностью на изгиб, составляющей от примерно 3 до примерно 30 МПа (например, от примерно 3 до примерно 25 МПа, от примерно 3 до примерно 20 МПа, от примерно 3 до примерно 15 МПа, от примерно 3 до примерно 10 МПа, от примерно 10 до примерно 30 МПа, от примерно 20 до примерно 30 МПа, от примерно 5 до примерно 20 МПа).

Согласно определенным вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 10%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 8%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 5%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 4%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 3%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 2%. Согласно некоторым другим вариантам реализации композиционный материал характеризуется водопоглощением, составляющим менее примерно 1%.

Композиционный материал может иметь одну или более из требуемых текстур, структур и физических свойств, в частности те, которые характерны для природного камня. Согласно некоторым предпочтительным вариантам реализации композиционный материал имеет визуальную структуру, аналогичную природному камню. Другие характеристики включают цвета (например, черный, белый, синий, розовый, серый (от бледного до темного), зеленый, красный, желтый, коричневый, голубой (голубовато-зеленый) или фиолетовый) и текстуры.

Настоящее изобретение не ограничено точным содержанием, включенным в настоящий документ. В пределах объема настоящего изобретения предусмотрены комбинации и/или модификации, очевидные обычному специалисту в данной области техники. Для иллюстрации определенных аспектов настоящего изобретения ниже описаны некоторые неограничивающие примеры.

#### **Примеры**

##### **Пример 1.**

Такая иллюстративная компоновка включает формирование отверстий сверху многопустотной плиты для обеспечения доступа к каналам многопустотной плиты в трех точках вдоль длины 16-метровой

многопустотной плиты. В частности, указанные отверстия были расположены в начале, центре и в конце 16-метровой многопустотной секции. Такие отверстия были получены с помощью основания вентиляционной камеры, как показано на фиг. 41. Как показано на фиг. 41, основание вентиляционной камеры оставалось в отверстиях в начале и конце 16-метровой многопустотной плиты.

На одном конце многопустотной плиты, наиболее удаленном от впускного устройства для подачи газа в газонепроницаемую герметизированную брезентовую камеру, нагревательное устройство устанавливали сверху вентиляционной камеры перед установкой поверх вентиляционной камеры вентилятора. На фиг. 41 также показано размещение нагревательного устройства на основании вентиляционной камеры. Нагревательное устройство использовали для компенсации тепловых потерь, происходящих при перемещении газа по всей длине многопустотной плиты. На другом конце многопустотной плиты, ближайшем к впускному устройству для газа, вентиляционную камеру размещали на основании вентиляционной камеры без применения нагревательного устройства, при этом вентилятор устанавливали сверху вентиляционной камеры. Сборка вентиляционной камеры с вентилятором, установленным сверху, показана на фиг. 42.

Вентилятор на вентиляционной камере с нагревательным устройством внутри указанной камеры был ориентирован таким образом, чтобы отсасывать газ из полого сердечника. Напротив, вентилятор был ориентирован таким образом, чтобы вдувать газ в полый сердечник для второго вентилятора и вентиляционной камеры в сборе, не содержащей нагревательного устройства, расположенного внутри нее. Кроме того, когда оболочка была установлена с применением герметизирующего брезентового укрытия, обеспечивалось размещение впускного устройства и выпускного устройства для газа из первичной системы кондиционирования газа на том конце, на котором размещалась вентиляционная камера в сборе без нагревательного устройства внутри. Такая иллюстративная конечная компоновка схематически показана на фиг. 45. На фиг. 46 показана фактическая сборка оболочки, полученной с применением герметизированного брезентового укрытия, содержащего внутри полый сердечник и соединенного с системой кондиционирования газа. Шланг в верхней части на фиг. 45 действует как впускное устройство для газа, транспортирующее газ в газонепроницаемую герметизированную брезентовую камеру из системы кондиционирования газа, тогда как шланг в нижней части на фиг. 45 действует как выпускное устройство для газа, транспортирующее газ из газонепроницаемой герметизированной брезентовой камеры в устройство для кондиционирования газа.

Используя описанные выше параметры компоновки, поток газа, относительную влажность, концентрацию  $\text{CO}_2$  температуру вдоль длины регулировали таким образом, чтобы соответствовать параметрам, наблюдаемым и регистрируемым для 6-метровых секций полого сердечника, которые позволяли получить равномерно отвержденную многопустотную плиту при применении основных вентиляционных камер. Равномерное отверждение многопустотной плиты было доказано путем вырезания образцов в различных местах вдоль длины и ширины полого сердечника и оценки их на прочность при сжатии. Заданный предел прочности при сжатии составлял от примерно 30 до примерно 40 МПа. При попытках достичь заданного предела прочности при сжатии и продемонстрировать равномерное отверждение было установлено, что вентилятор на вентиляционной камере, расположенной ближе к торцевой плите, содержащей впускные и выпускные шланги для транспортировки кондиционированного газа из первичной системы кондиционирования газа, должен работать с более низкой скоростью, чем вентилятор на другом конце многопустотной плиты. Более медленный вентилятор был настроен на работу при 15 Гц, тогда как более быстрый вентилятор был настроен на работу при 25 Гц. Такая настройка, в конечном счете, позволила получить равномерно отвержденную 16-метровую секцию многопустотной плиты. В этом случае в соответствии с более ранними испытаниями 6-метровой секции полого сердечника также было видно, что повышение температуры формовочного стенда улучшает однородность профиля сушки по длине изделия, что, в свою очередь, улучшает профиль  $\text{CO}_2$ -отверждения.

Решающим преимуществом такой системы является возможность расширения способности системы облегчать отверждение более длинных многопустотных плит путем повторения компоновки "спинак-спине", что, тем самым, позволяет увеличить длину многопустотной плиты, которую можно подвергнуть отверждению с применением такой методологии. При осуществлении указанного расширения необходимо позаботиться о том, чтобы одновременно увеличить масштаб системы кондиционирования газобразного  $\text{CO}_2$  для поддержания такого увеличенного в масштабе процесса.

Результаты моделирования вычислительной гидрогазодинамики (CFD) сравнивали с собственными экспериментами по исследованию разработанного процесса. Модель CFD позволила рассчитать структуру потока конкретной конструкции вентиляционной камеры после того как вентиляционная камера была изготовлена и соединена с системой  $\text{CO}_2$ -отверждения; для поддержания постоянной скорости газа регулировали мощность воздуходувки. Полученный продукт подтвердил расчеты CFD, как показано на фиг. 47.

Пример 2.

При другой иллюстративной компоновке использовали только одну вентиляционную камеру в центре 16-метровой многопустотной секции. В вентиляционной камере нагреватель не использовался. Вентилятор в вентиляционной камере был выполнен с возможностью выдувания из сердечника многопустотной плиты. Для получения доступа внутрь сердечников через верхнюю часть многопустотной плиты

были проделаны только отверстия. Вентилятор был размещен на основании вентиляционной камеры с получением вентиляционной камеры в сборе, показанной на фиг. 41, без нагревательного устройства, установленного сверху основания вентиляционной камеры. Такая компоновка не привела к получению полностью отвержденного образца, что подчеркивает необходимость сохранения контроля за состоянием газа в пределах определенного диапазона по всей длине оболочки и обеспечения того, чтобы ни при каких условиях указанные состояния не опускались ниже критических точек. На фиг. 48 показана компоновка, применяемая в примере 2.

#### Пример 3.

В качестве еще одного способа контроля было проведено испытание, в котором компоновка была аналогична той, которая показана на фиг. 45; однако скорости вентилятора на вентиляционных камерах в сборе поддерживали одинаковыми. В результате такого испытания получили неравномерно отвержденную многопустотную плиту. Это, в сочетании с примером 2, ясно показывает необходимость регулирования потока газа внутри брезентовой камеры для получения равномерно отвержденной многопустотной плиты.

На фиг. 49 показано поперечное сечение многопустотной плиты, полученной при применении компоновки согласно примеру 2 (вверху), вместе с поперечным сечением из испытания, которое было равномерно отверждено (внизу) при применении компоновки, описанной в примере 1.

Решающим соображением является однородность состояния газа над многопустотной плитой и в многопустотной плите во время процесса отверждения. Когда газ проходит через сердечник, он извлекает влагу из сборной конструкции во время цикла отверждения. Скрытая теплота испарения воды вызывает потерю тепла. Тепло также теряется, поскольку масса сборной конструкции действует как тепловод. Эти два фактора приводят к неравномерному градиенту температуры вдоль длины многопустотной плиты во время процесса отверждения. Вентиляторы в вентиляционной камере и нагреватель внутри вентиляционной камеры, применяемые в примере 1, действуют как источник тепла внутри оболочки, полученной с применением герметизированного брезентового укрытия, и способствуют уменьшению формирования неравномерных градиентов внутри герметизированных брезентовых камер с газом.

#### Пример 4.

На фиг. 50 показаны торцевые плиты, предназначенные для поддержки газонепроницаемой герметизированной брезентовой камеры, при обеспечении в нижней секции плотно закрывающейся щели, обеспечивающей возможность пропускания через нее армированных проводов. Указанные провода, расположенные в нижней части многопустотной плиты, предварительно натягивают перед экструзией бетона и оставляют натянутыми до тех пор, пока сборная конструкция не отвердеет. Перед разрезанием многопустотной плиты такое натяжение проводов снимают. Для оценки степени отверждения измеряют проскальзывание провода после снятия натяжения. Для обеспечения приемлемой степени отверждения желательно, чтобы проскальзывание составляло не более примерно 5-6 мм. На фиг. 50 также показаны отверстия на торцевой плите для впускного устройства (вверху) и выпускного устройства (внизу) для газа. Схема конфигурации применяемой компоновки показана на фиг. 51. В такой конфигурации три вентиляционные камеры с вентиляторами, установленными сверху, были размещены сверху многопустотной плиты. Две из указанных вентиляционных камер в сборе были расположены на концах плиты и одна - в центре. Вентиляторы на концах были выполнены с возможностью вдувания газа в многопустотную плиту, тогда как вентилятор в центре был выполнен с возможностью отсасывания газа из полого сердечника. На фиг. 52 показана компоновка газонепроницаемой, герметизированной брезентовой камеры для отверждения 32-метровой экструдированной секции полого сердечника. В этом случае многопустотная плита толщиной 20 см находится внутри оболочки, полученной с применением газонепроницаемого герметизированного брезентового укрытия.

На фиг. 52 также можно видеть впускной шланг (желтый) и выпускной шланг (черный), которые транспортируют газообразный CO<sub>2</sub> туда-сюда из первичной системы кондиционирования газа в оболочку, полученную с применением герметизированного брезентового укрытия.

Используя описанную выше компоновку, многопустотная плита длиной 32 м и шириной 20 см была успешно отверждена. На фиг. 53 показаны три секции многопустотных плит - две нижние секции длиной 9 м и одна нижняя секция длиной 6 м - которые были получены из отвержденной многопустотной плиты длиной 32 м.

Было достигнуто успешное отверждение, которое оценивалось с применением всех семи проводов, расположенных в нижней части многопустотной плиты, соответствующих критериям проскальзывания проводов после снятия натяжения после прекращения отверждения. Никакого проскальзывания провода в отвержденном бетоне не наблюдалось.

#### Пример 5.

На фиг. 54 показана схема иллюстративной компоновки для отверждения многопустотной плиты длиной 100 м. При такой компоновке вентиляционные камеры, содержащие реверсивные вентиляторы, используют во вторичном контуре циркуляции газа для облегчения отверждения многопустотной плиты длиной 100 м. Применяя указанную компоновку, можно успешно отвердить многопустотную плиту длиной более 100 м.

Первичный контур циркуляции газа включает впускное устройство в оболочку, полученную с применением герметизирующего брезентового укрытия. Впускное устройство подает газ в первом состоянии в трубу, проходящую вдоль длины оболочки в верхней части камеры и прикрепленную к оболочке. Труба имеет отверстия для подачи газа в оболочку вдоль длины оболочки.

Однако, как описано в настоящем документе, температура и/или состав газа изменяются, когда газ пересекает длину оболочки. Для успешного отверждения 100-метровой многопустотной плиты по всей длине требуется вторичный контур циркуляции газа.

Вентиляционные камеры с реверсивными вентиляторами и нагревательными элементами, забирают газ в оболочке, описанной выше, и в каналах многопустотной плиты в третьем состоянии и направляют его через вторичную систему кондиционирования газа для приведения его в четвертое состояние. Такой повторно кондиционированный газ в четвертом состоянии пропускают над по меньшей мере еще одной поверхностью многопустотной плиты. Это создает вторичный контур циркуляции газа. На фиг. 55 показана схема первичного контура циркуляции газа и вторичных контуров циркуляции газа для многопустотных плит, применяемых для отверждения длинной многопустотной плиты (например, секции длиной 100 м). На фиг. 56 показана схема системы, в которой каждая вторая вентиляционная камера содержит вентилятор вместо того, чтобы оборудовать все вентиляционные камеры одним вентилятором для управления потоком.

Пример 6.

На фиг. 57 показана схема отверждения многопустотной плиты длиной более или равной примерно 100 м. При такой компоновке для облегчения отверждения многопустотной плиты во вторичном контуре циркуляции газа используют вентиляционные камеры без вентиляторов.

Первичный контур циркуляции такой же, как и компоновка, описанная в примере 5. Наряду с отверстиями в трубе, проходящей вдоль длины оболочки, указанная труба также имеет выступающие части для непосредственного подсоединения в вентиляционные камеры, расположенные сверху многопустотной плиты.

Согласно некоторым вариантам реализации первичная система кондиционирования газа также может служить в качестве вторичной системы кондиционирования газа. В модификации такого варианта реализации вентиляционные камеры могут иметь нагреватель и/или установки влагопоглощения, прикрепленные по отдельности с образованием отдельной вторичной системы кондиционирования газа, обслуживающей вторичную систему кондиционирования газа.

Пример 7.

На фиг. 58 показана схема отверждения многопустотной плиты длиной 100 м. При такой компоновке во вторичном контуре циркуляции газа используют вентиляционные камеры с реверсивными вентиляторами для облегчения отверждения многопустотной плиты длиной более или равной 100 м.

В этом примере первичный контур циркуляции газа включает впускное устройство в оболочку, полученную с применением герметизирующего брезентового укрытия. Впускное устройство подает газ в первом состоянии в трубу, проходящую вдоль длины оболочки в верхней части оболочки. Согласно некоторым вариантам реализации трубу прикрепляют к оболочке. Труба имеет отверстия для подачи газа в оболочку. Выпускное устройство, через которое удаляют газ во втором состоянии, включает две трубы, проходящие вдоль длины оболочки (проходящие поверх оболочки и прикрепленные к ней). Трубы, применяемые для удаления газа из камеры, также имеют отверстия вдоль длины оболочки.

Как было показано на фиг. 58, направление потока в двух трубах, применяемых для выпуска, было противоположным, согласно некоторым вариантам реализации такой поток может протекать в одном и том же направлении. Поток в двух трубах, служащих в качестве выпускного устройства, и трубе, служащей для впуска, может протекать в одном и том же направлении или в противоположных направлениях.

Вторичный контур циркуляции газа такой же, что и в примере 5.

Пример 8.

На фиг. 59 показана схема отверждения многопустотной плиты длиной 100 м, где первичный контур циркуляции содержит трубу, которая проходит по длине камеры и затем возвращается, делая петлю и пересекая, по меньшей мере, значительную часть длины оболочки с тем, чтобы подойти к выпускному устройству и вернуться обратно к первичной системе кондиционирования газа. Трубы имеют отверстия для подачи газа в оболочку. Применение двух труб вместо одной для введения газа является полезным с точки зрения регулирования градиентов температуры вдоль длины плиты.

При такой компоновке для облегчения отверждения многопустотной плиты длиной 100 м во вторичном контуре циркуляции газа используют вентиляционные камеры с реверсивными вентиляторами. Вторичный контур циркуляции такой же, что и в примере 5.

Пример 9.

На фиг. 60 показана схема оболочки, в которой используют первичный и вторичный контуры циркуляции для отверждения сборных конструкций (например, брусчатки, строительных блоков, кровельной черепицы, железнодорожных шпал). При такой компоновке первичная система кондиционирования включает установку влагопоглощения и вентилятор, расположенные за пределами оболочки. Первичная система кондиционирования также может необязательно включать нагревательное устройство. Первич-

ный контур вводит газ в первом состоянии в оболочку через впускное устройство и извлекает газ во втором состоянии из оболочки через выпускное устройство. Внутри оболочки имеется вторичный контур кондиционирования, содержащий, по меньшей мере, нагреватель и, по меньшей мере, циркуляционный вентилятор. Как правило, внутри оболочки может быть включено много таких вторичных контуров кондиционирования, что способствует обеспечению однородных состояний газа в пределах длины и ширины оболочки. Вторичный контур циркуляции газа увеличивает температуру газа и рециркулирует его через оболочку для прохождения над еще одной поверхностью бетонной детали в другой части оболочки.

Пример 10.

На фиг. 61 показана схема оболочки, в которой используют первичный и вторичный контуры циркуляции для отверждения сборных конструкций (например, брусчатки, строительных блоков, кровельной черепицы, железнодорожных шпал). При такой компоновке первичный контур кондиционирования включает холодильник и вентилятор, расположенные за пределами нескольких оболочек, т.е., один первичный контур кондиционирования обслуживает более одной оболочки. Первичный контур вводит кондиционированный газ в первом состоянии во впускное устройство и извлекает газ во втором состоянии из выпускного устройства. Это достигается путем применения первичной системы кондиционирования газа, включенной в первичный контур циркуляции газа. Первичная система кондиционирования газа включает прохождение газа с первой скоростью потока над нагревательным устройством для увеличения температуры газа и прохождение газа через установку влагопоглощения со второй скоростью потока для снижения относительной влажности.

Указанное различие в скорости потока является выгодным благодаря низкой теплоемкости таких газов низкой плотности, как газообразный диоксид углерода, применяемый во время отверждения. Скорость, с которой газ может нагреваться при прохождении над нагревательным устройством, более низкая, чем скорость, с которой влага может быть удалена из указанного газа в системе влагопоглощения. Кроме того, удаление воды обычно также приводит к снижению температуры газа из-за скрытой теплоты испарения воды. Это увеличивает дополнительную потребность в нагревательном устройстве.

Вследствие указанных противоречий в требованиях в отношении влагопоглощения и нагрева в первичной системе кондиционирования газа создание системы, в которой влагопоглощение происходит одновременно с нагреванием, предоставляет значительное преимущество с точки зрения конструкции системы. Размер оборудования для каждого из компонентов первичного состояния газа может быть точно установлен, что позволяет уменьшить общую стоимость оборудования при одновременной максимизации скорости и эффективности цикла отверждения.

Первичный контур кондиционирования соединен с оболочкой на двух противоположных концах каждой из нескольких соединенных оболочек. Согласно некоторым вариантам реализации первичный контур кондиционирования может чередовать направление потока газа путем переключения впускного устройства и выпускного устройства друг с другом. Согласно некоторым вариантам реализации также присутствует вторичный контур циркуляции газа. Вторичный контур кондиционирования включает вторичную систему кондиционирования газа. Вторичная система кондиционирования газа содержит внутренний нагреватель, вентилятор, установку влагопоглощения или комбинацию перечисленных выше устройств. Вторичная система кондиционирования газа забирает газ в третьем состоянии внутри камеры и путем изменения температуры газа и/или состава газа приводит его в четвертое состояние. Такой газ, который был доведен до четвертого состояния, рециркулирует через оболочку для прохождения над еще одной поверхностью сборного бетона внутри камеры. Вентилятор, применяемый во вторичном контуре циркуляции газа, может быть обратимым, что позволяет изменять направление потока в обратную сторону во вторичном контуре циркуляции газа во время отверждения для улучшения однородности состояний по всей длине и ширине оболочки.

Дополнительное обсуждение известного уровня техники и примеры отверждающих систем и связанные темы можно найти в патенте США № 9221027, публикации США № 2015/0225295 (заявка № 14/602313), публикации США № 2015/0336852 (заявка № 14/818,629), публикации США № 2017/0102373 (заявка № 15/290328), каждая из которых в полном объеме и в явном виде включена в настоящий документ посредством ссылки для всех целей.

Изобретение заявителя описано в настоящем документе в предпочтительных вариантах реализации со ссылкой на фигуру, на которых одинаковые цифры изображают одинаковые или аналогичные элементы. Ссылка в настоящем описании изобретения на "один из вариантов реализации", "вариант реализации" или аналогичное выражение означает, что конкретная особенность, структура или характеристика, описанная в связи с указанным вариантом реализации, включена в по меньшей мере один вариант реализации настоящего изобретения. Таким образом, появление в описании настоящего изобретения фраз "согласно одному из вариантов реализации", "согласно варианту реализации" и аналогичное выражение может, но не обязательно, относиться к одному и тому же варианту реализации.

Описанные особенности, структуры или характеристики, приведенные в описании изобретения заявителя, могут быть объединены любым подходящим способом в одном или более вариантах реализации. В описании, приведенном в настоящем документе, обсуждаются многочисленные конкретные детали,

обеспечивающие полное понимание вариантов реализации настоящего изобретения. Однако специалист в соответствующей области техники поймет, что предложенный заявителем состав и/или способ может быть применен на практике без одной или более конкретных деталей или с применением других способов, компонентов, материалов и т.д. В других случаях хорошо известные структуры, материалы или операции не показаны или не описаны подробно для избежания затруднения понимания аспектов согласно настоящему изобретению.

В настоящем описании изобретения и прилагаемой формуле изобретения формы единственного числа включают ссылку на множественное число, если контекст явно не указывает на иное.

Если не указано иное, все технические и научные термины, применяемые в настоящем документе, имеют то же значение, которое обычно используют специалисты в данной области техники. Хотя любые способы и материалы, аналогичные или эквивалентные тем, которые описаны в настоящем документе, также могут быть использованы при практической реализации или испытании настоящего изобретения, здесь описаны предпочтительные способы и материалы. Способы, приведенные в настоящем документе, могут быть выполнены в любом порядке, который логически возможен, наряду с конкретным предложенным порядком.

#### **Включение посредством ссылки**

При описании настоящего изобретения были сделаны ссылки и процитированы другие документы, такие как патенты, патентные заявки, патентные публикации, журналы, книги, документы, веб-сайты. Тем самым, все указанные документы в полном объеме включены в настоящий документ посредством ссылки для любых целей. Любой материал, или его часть, который, как утверждается, включен в настоящий документ посредством ссылки, но который противоречит существующим определениям, утверждениям или другим материалам настоящего изобретения, ясно изложенным в данном документе, включен только в той степени, в которой не возникает противоречия между указанным включенным материалом и материалом, описанным в настоящем изобретении. В случае противоречия такое противоречие должно быть разрешено в пользу настоящего описания как предпочтительного описания.

#### **Эквиваленты**

Репрезентативные примеры предназначены для помощи в иллюстрировании настоящего изобретения и не предназначены и не должны рассматриваться как ограничивающие объем изобретения. Действительно, различные модификации изобретения и многие его дополнительные варианты реализации, наряду с теми, которые показаны и описаны в настоящем документе, будут очевидны специалистам в данной области техники из полного содержания этого документа, в том числе примеров и ссылок на научную и патентную литературу, включенную в настоящий документ. Приведенные примеры содержат важную дополнительную информацию, пояснения на примерах и руководство, которые могут быть адаптированы для воплощения настоящего изобретения на практике согласно его различным вариантам реализации и их эквивалентам.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ отверждения сборной конструкции, включающий  
 введение сборной конструкции в оболочку, способную содержать газ, при этом указанная оболочка имеет первый конец и второй конец и при этом указанная оболочка герметизирована или вентилируется;  
 обеспечение первичного контура циркуляции газа, включающее  
 введение газа в первом состоянии в оболочку,  
 прохождение газа над поверхностью сборной конструкции внутри оболочки с приведением газа во второе состояние,  
 пропускание газа во втором состоянии через первичную систему кондиционирования газа для восстановления газа до его первого состояния, где первичная система кондиционирования газа включает прохождение газа с первой скоростью потока над нагревательным устройством для увеличения температуры газа и прохождение газа через установку влагопоглощения со второй скоростью потока для снижения относительной влажности, и  
 рециркуляцию газа в первичный контур циркуляции газа;  
 обеспечение одного или более вторичного контура циркуляции газа, при этом указанный вторичный контур циркуляции газа включает  
 забор газа в оболочке из места в промежутке от первого конца до второго конца оболочки в третьем состоянии, при этом газ в третьем состоянии имеет более низкую температуру, более высокую относительную влажность и/или сниженную скорость потока по сравнению с первым состоянием,  
 пропускание его через вторичную систему кондиционирования газа для кондиционирования его до четвертого состояния, при этом газ в четвертом состоянии имеет более высокую температуру, более низкую относительную влажность и/или другую скорость потока по сравнению с третьим состоянием, и  
 прохождение газа после кондиционирования до четвертого состояния над по меньшей мере еще одной поверхностью сборной конструкции и  
 отверждение сборной конструкции в течение времени, достаточного для получения отвержденной

сборной конструкции.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что сборная конструкция изготовлена из карбонизируемого цемента на основе силиката кальция, при этом газ представляет собой диоксид углерода.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из вторичных систем кондиционирования газа вторичного контура циркуляции газа расположена внутри оболочки.

4. Способ по любому из пп.1-3, включающий обеспечение множества вторичных контуров циркуляции газа.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой одну и ту же систему.

6. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что вторичная система кондиционирования газа и первичная система кондиционирования газа представляют собой разные системы.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что пропускание газа над указанной поверхностью и еще одной поверхностью сборной конструкции включает прохождение газа через пустоту внутри сборной конструкции.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что вторичная система кондиционирования газа содержит, по меньшей мере, нагревательное устройство для повышения температуры газа.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что вторичная система кондиционирования газа содержит множество нагревательных устройств для повышения температуры газа.

10. Способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что вторичный контур циркуляции газа содержит, по меньшей мере, вентилятор для увеличения потока газа.

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что вторичная система кондиционирования газа содержит установку влагопоглощения для удаления влаги из газа и снижения относительной влажности.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что установка влагопоглощения включает холодильник, осушитель, мембрану, способную удалять влагу, или комбинацию двух или более перечисленных средств.

13. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что четвертое состояние газа является по существу таким же, что и первое состояние газа.

14. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что третье состояние газа является по существу таким же, что и второе состояние газа.

15. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что четвертое состояние газа по существу отличается от первого состояния газа.

16. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что третье состояние газа по существу отличается от второго состояния газа.

17. Способ по любому из пп.1-16, отличающийся тем, что газ в четвертом состоянии после пропускания через вторичную систему кондиционирования газа проходит над еще одной поверхностью сборной конструкции, при этом указанная другая поверхность сборной конструкции расположена рядом с местом, в котором указанный газ был взят из оболочки для пропускания через вторичную систему кондиционирования газа.

18. Способ по любому из пп.1-16, отличающийся тем, что газ в четвертом состоянии после пропускания через вторичную систему кондиционирования газа проходит над еще одной поверхностью сборной конструкции, при этом указанная другая поверхность сборной конструкции находится в месте, удаленном от того места, в котором указанный газ был взят из оболочки для пропускания через вторичную систему кондиционирования газа.

19. Способ по любому из пп.1-18, отличающийся тем, что сборная конструкция представляет собой множество конструкций, выбранных из группы, состоящей из брусчатки, строительных блоков, кровельной черепицы и железнодорожных шпал.

20. Способ по любому из пп.1-18, отличающийся тем, что сборная конструкция представляет собой многопустотную плиту, содержащую множество каналов, проходящих вдоль длины многопустотной плиты.

21. Способ по любому из пп.1-20, отличающийся тем, что первое состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т;

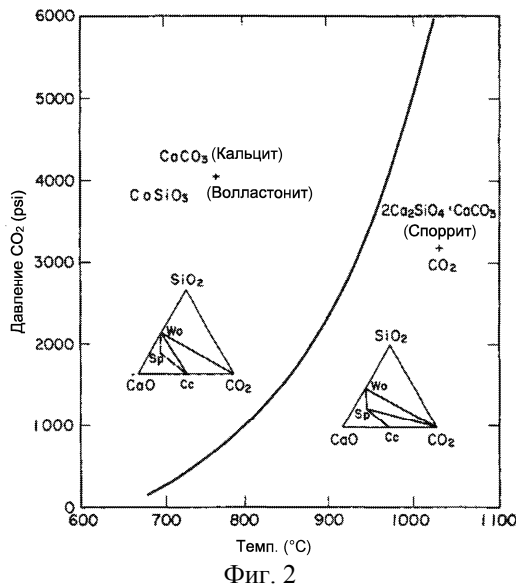
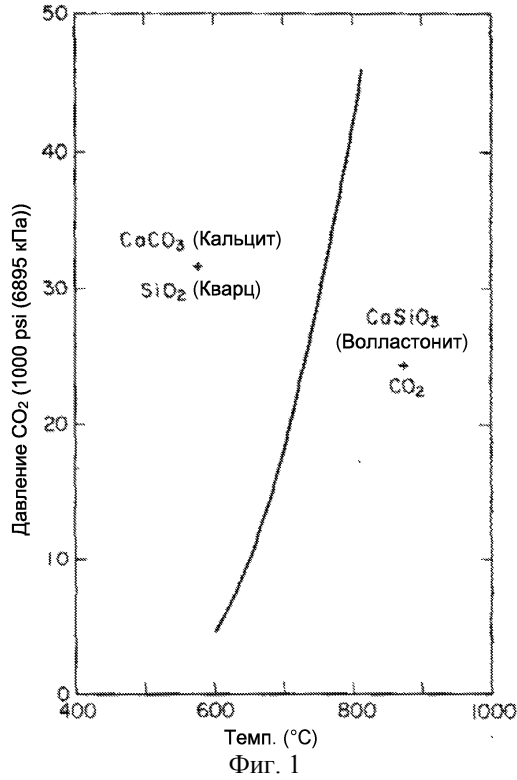
где второе состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т;

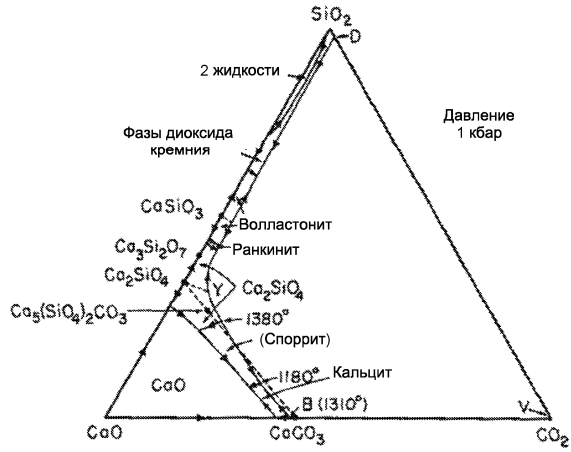
где третье состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная



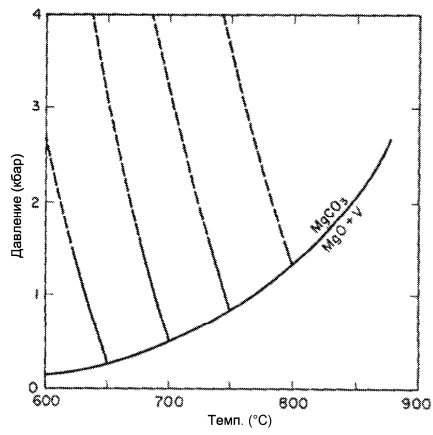
относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т; и

где четвертое состояние характеризуется температурой газа, при этом указанная температура газа составляет от примерно 20 до примерно 99°C; и/или относительной влажностью газа, при этом указанная относительная влажность газа составляет от примерно 0,1 до примерно 99%; и/или скоростью потока газа, при этом указанная скорость потока обеспечивает скорость испарения от примерно 1 до примерно 100 кг/ч/т.



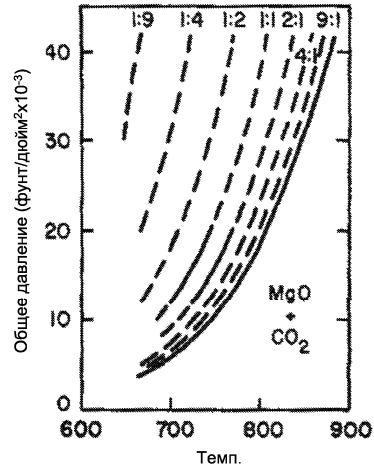


Фиг. 3

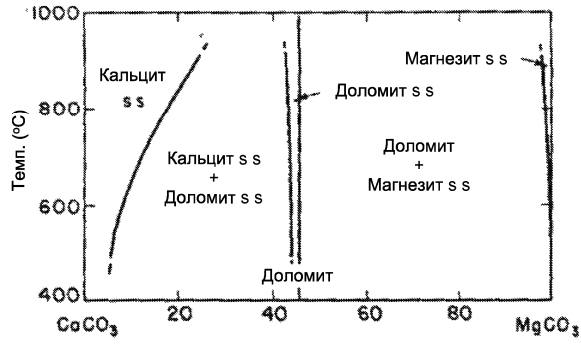


Фиг. 4

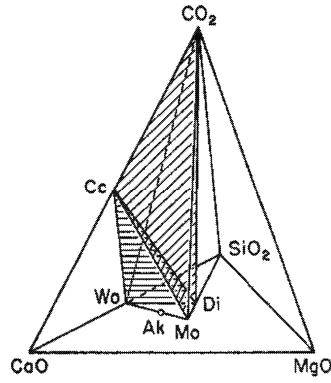
Отношения CO<sub>2</sub> : инертный газ (по массе)



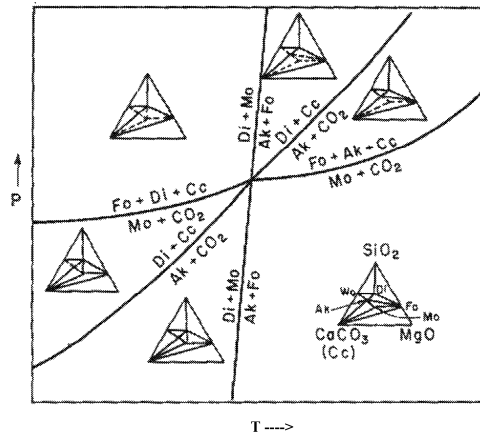
Фиг. 5



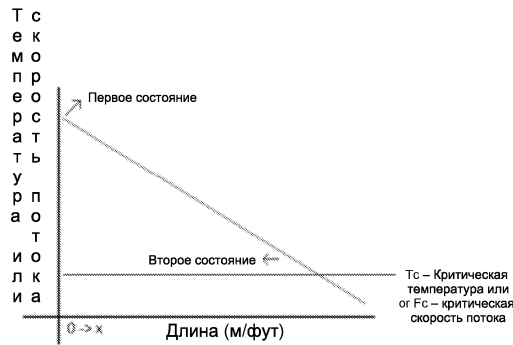
Фиг. 6



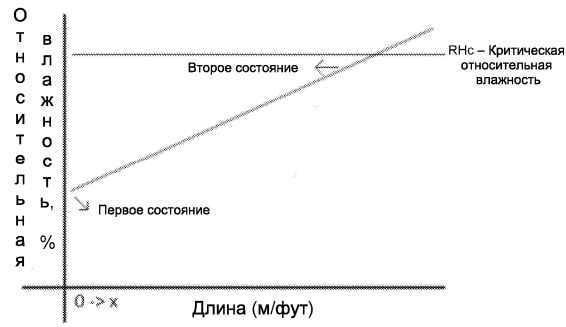
Фиг. 7



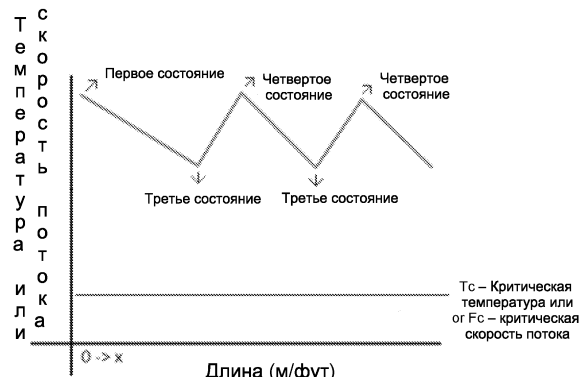
Фиг. 8



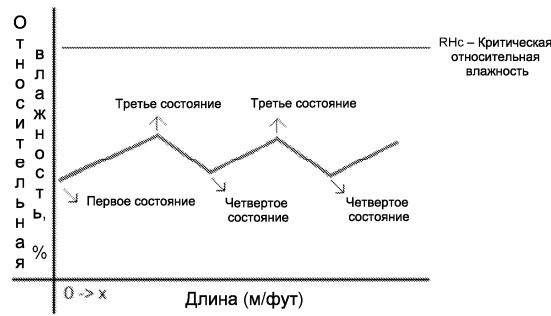
Фиг. 9



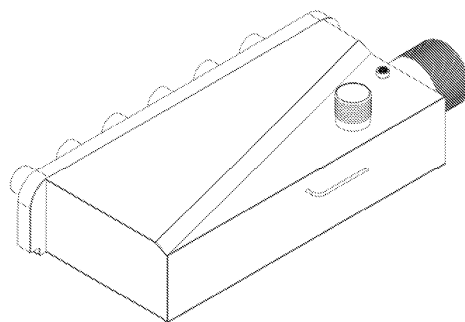
Фиг. 10



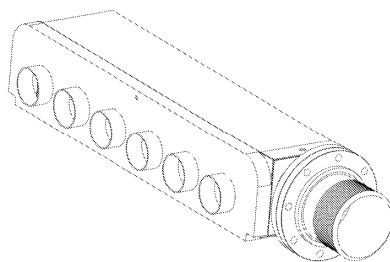
Фиг. 11



Фиг. 12

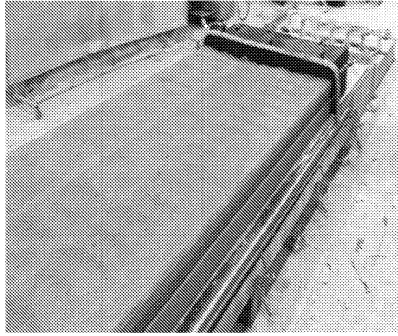


Фиг. 13



Фиг. 14

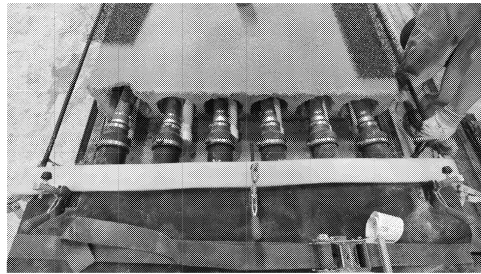
037910



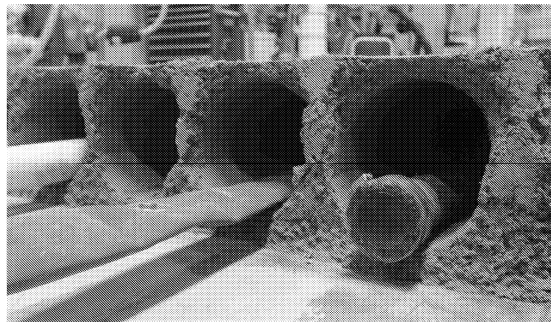
Фиг. 15



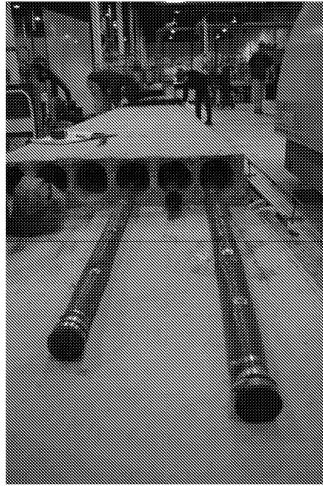
Фиг. 16



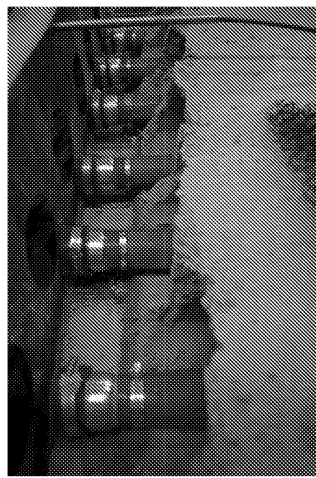
Фиг. 17



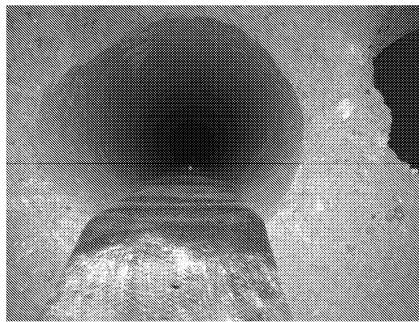
Фиг. 18



Фиг. 19



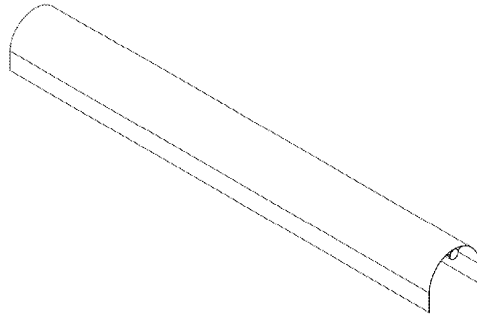
Фиг. 20



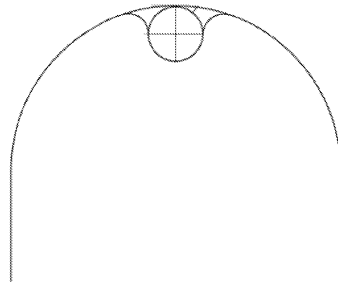
Фиг. 21



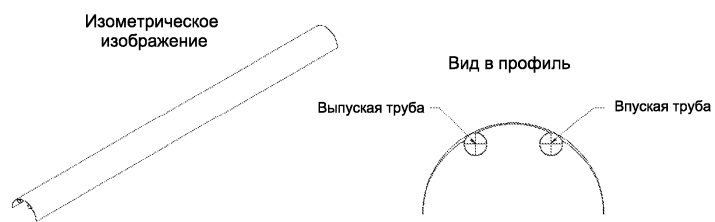
Фиг. 22



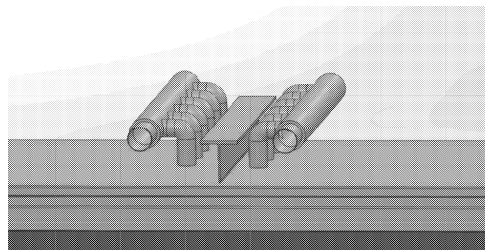
Фиг. 23



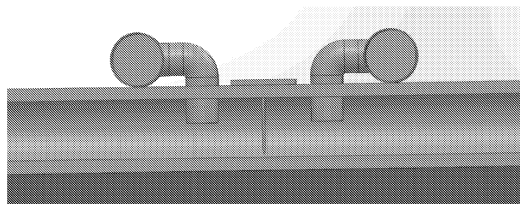
Фиг. 24



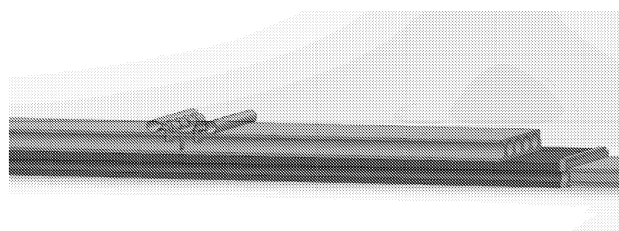
Фиг. 25



Фиг. 26

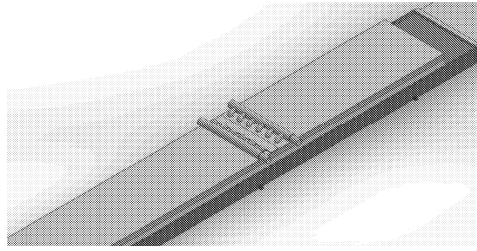


Фиг. 27

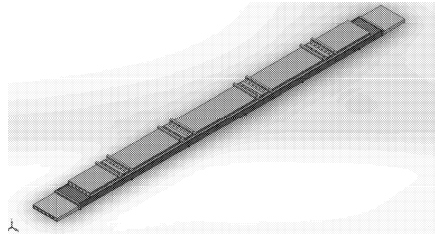


Фиг. 28

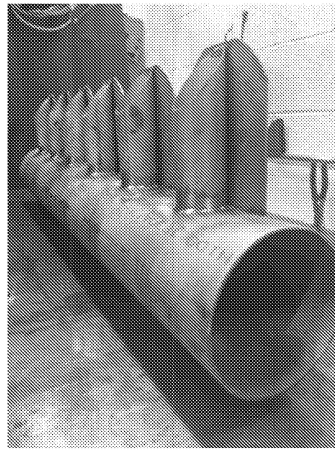
037910



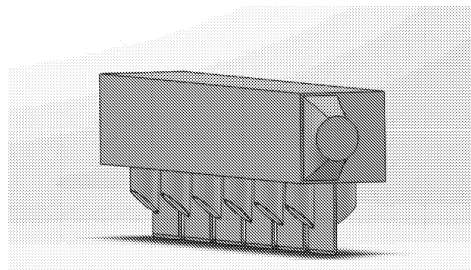
Фиг. 29



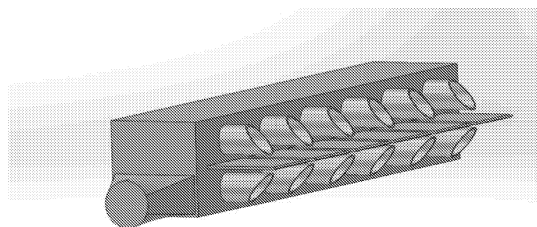
Фиг. 30



Фиг. 31

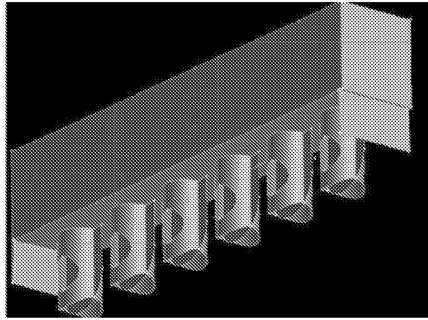


Фиг. 32

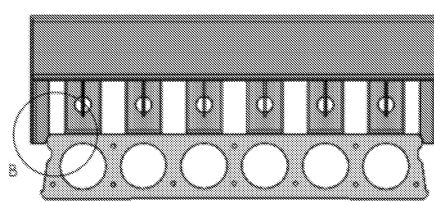


Фиг. 33

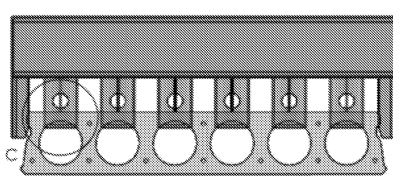




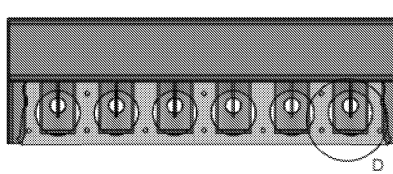
Фиг. 34



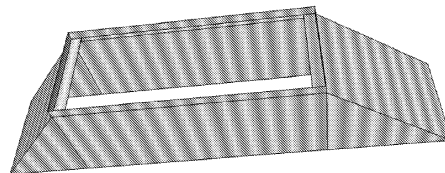
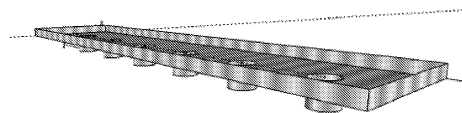
Фиг. 35



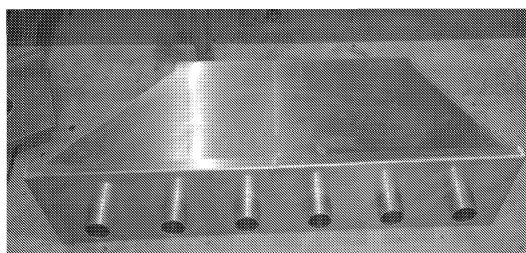
Фиг. 36



Фиг. 37

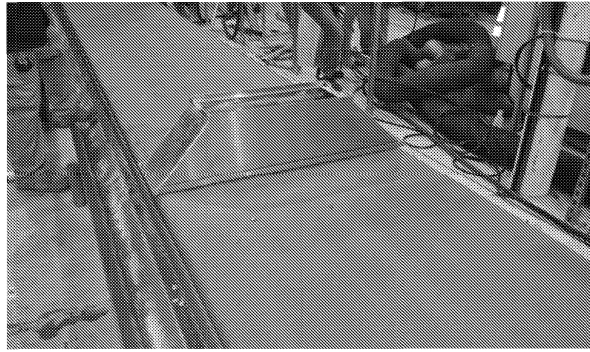


Фиг. 38



Фиг. 39

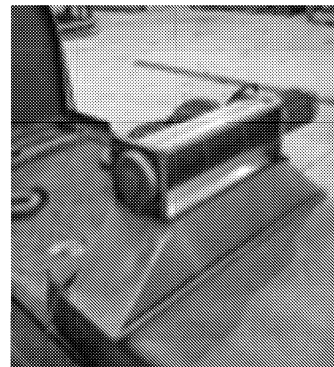
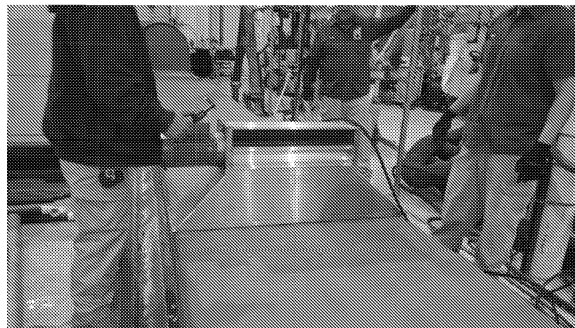
037910



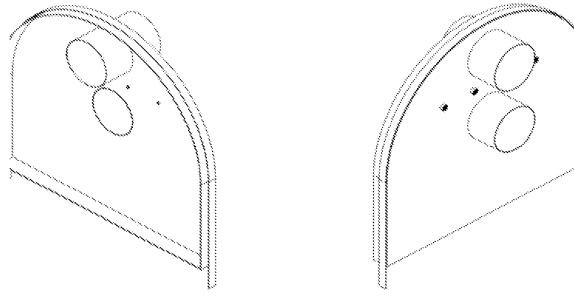
Фиг. 40



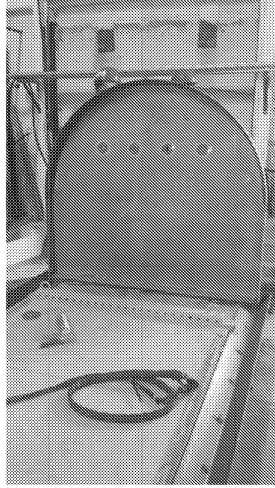
Фиг. 41



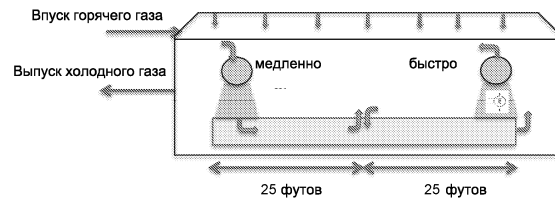
Фиг. 42



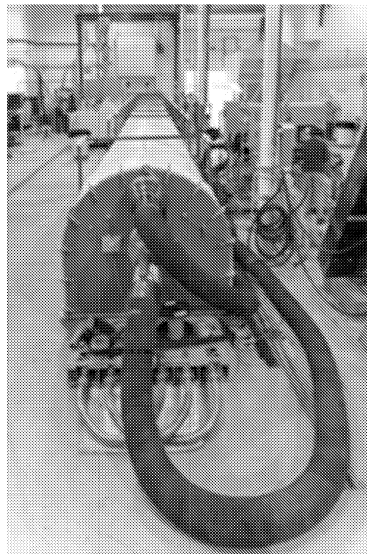
Фиг. 43



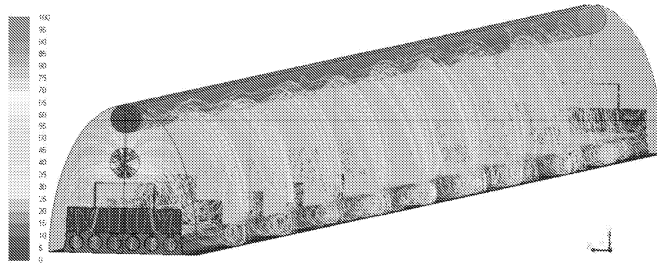
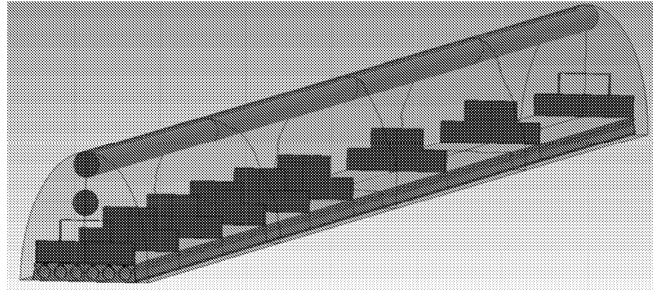
Фиг. 44



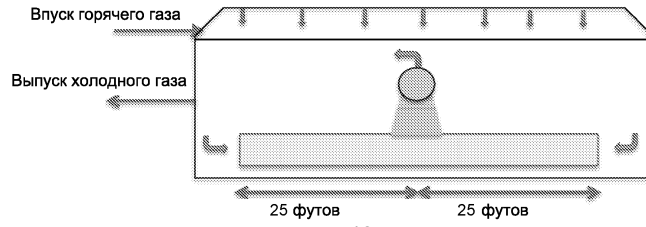
Фиг. 45



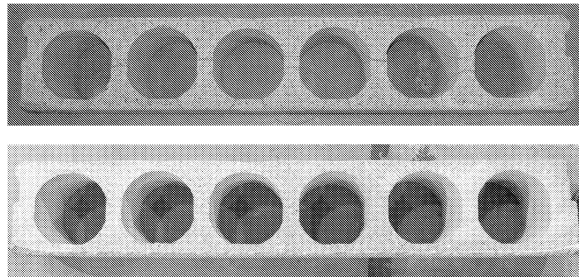
Фиг. 46



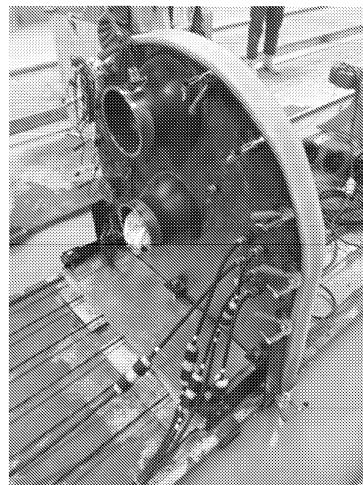
Фиг. 47



Фиг. 48

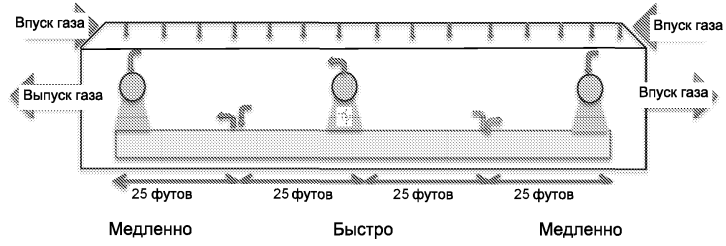


Фиг. 49



Фиг. 50

037910



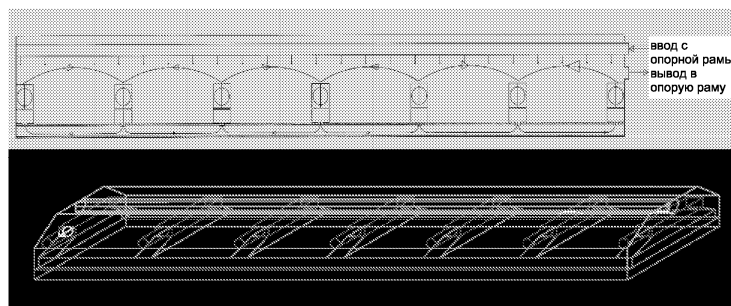
Фиг. 51



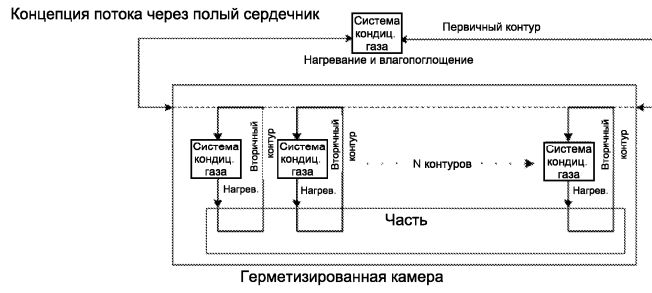
Фиг. 52



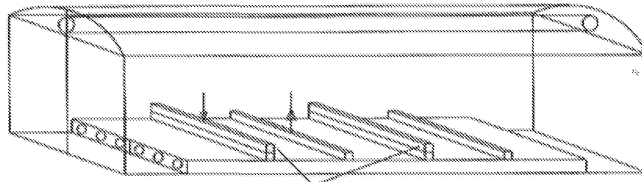
Фиг. 53



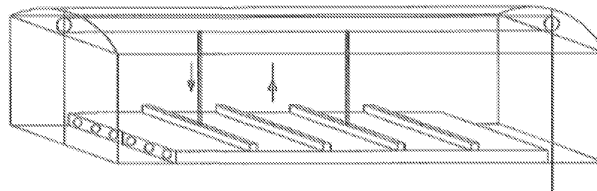
Фиг. 54



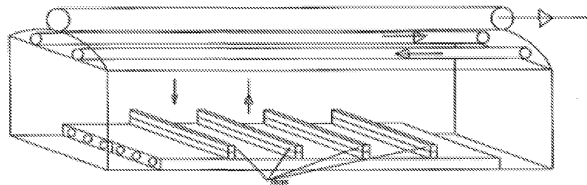
Фиг. 55



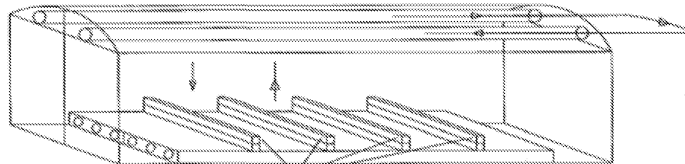
Фиг. 56



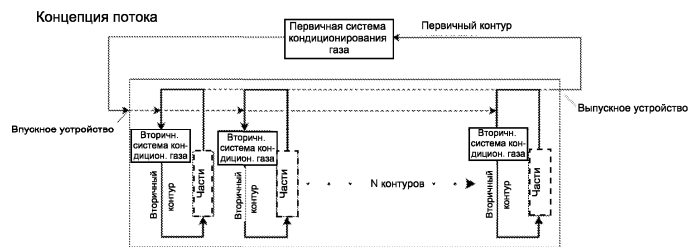
Фиг. 57



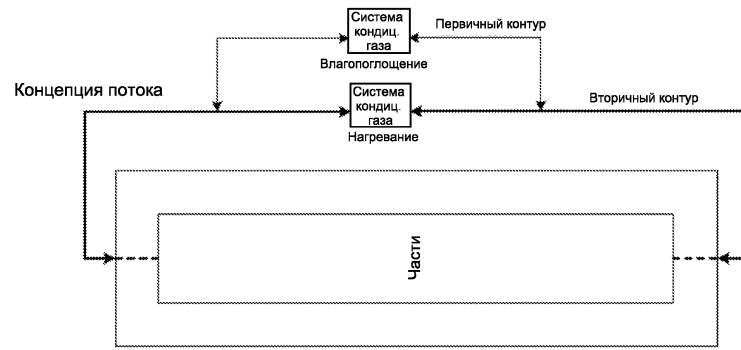
Фиг. 58



Фиг. 59



Фиг. 60



Фиг. 61