

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033664**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.11.14**

(51) Int. Cl. **C03B 19/08** (2006.01)  
**C03C 11/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201790483**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.09.14**

---

(54) **ФОРМОВАНИЕ ВСПЕНЕННОГО СТЕКЛЯННОГО ИЗДЕЛИЯ С ЗАЩИТНЫМ ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ**

---

(31) **62/050,219; 62/108,087**

(32) **2014.09.15; 2015.01.27**

(33) **US**

(43) **2017.09.29**

(86) **PCT/EP2015/070948**

(87) **WO 2016/041899 2016.03.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПСФГ АС (NO)**

(56) GB-A-679704  
US-A-2582852  
FR-A1-2354301  
EP-A2-0036747  
CN-A-101880128  
US-A1-2003084683

(72) Изобретатель:  
**Сольванг Финн Эрик, Свейнсбё  
Гуннар (NO)**

(74) Представитель:  
**Новоселова С.В., Хмара М.В.,  
Липатова И.И., Дощечкина В.В.,  
Осипов К.В., Ильмер Е.Г., Пантелеев  
А.С. (RU)**

---

(57) Способ изготовления формованных литых герметичных вспененных стеклянных компонентов с внешним защитным поверхностным слоем для применения в качестве изоляции и защиты от огня труб и элементов конструкций, строительных панелей и других применений. Согласно одному из аспектов способ основан на смешивании реакционного ингредиента (вспенивающего агента) с одним или более окислителями и последующем добавлении этого в раздробленное или размолотое стекло, гомогенизации смеси и затем добавлении в закрытую форму/матрицу для литья, изготовленную из титана, графита или другого подходящего материала, и последующем нагревании так, что стекло плавится, а реакционный ингредиент и окислитель реагируют и разлагаются с выделением пузырьков газа в расплавленной смеси.

---

**B1**

**033664**

**033664**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к вспененному стеклу, в частности к формованному литому вспененному стеклянному изделию в форме изоляции труб, в частности к способу формового литья вспененного стекла для сборной изоляции труб с защитным поверхностным слоем.

### Предшествующий уровень техники

Вспененное стекло традиционно получают путем смешивания измельченного или дробленого стекла с одним или более пенообразующим агентом, например с углем, в качестве основного реакционного ингредиента в литейной форме открытого типа из жаростойкой стали или другого жаростойкого материала. При нагревании смесь расширяется с образованием вспененного стекла. После этого вспененное стекло извлекают из открытой литейной формы и нарезают блоками, которые впоследствии дополнительно разрезают с приданием нужных форм, например, форм, предназначенных для использования в качестве изоляции труб.

Однако традиционный способ обладает целым рядом следующих недостатков.

Традиционный способ получения вспененных стеклянных изделий, в частности профилей для изоляции труб, является трудоемким процессом, а потому расходы для конечного потребителя оказываются высокими.

На внешней поверхности профилей, полученных традиционным способом, из-за нарезки блоками образуются открытые поры.

В дополнение к этому открытые поры появляются на всех поверхностях среза, какую бы форму ни имел конечный продукт. В результате этого получается конечный продукт, имеющий острые края, что приводит к возросшему трению по участкам трубы, с которыми он соприкасается. Открытые поры на поверхности непосредственно подвергаются воздействию влаги, что является причиной поглощения поверхностью воды.

Кроме того, при нарушении пористой структуры традиционного вспененного стекла, полученного с использованием угля в качестве основных реакционных ингредиентов, высвобождается небольшие количества  $SO_2$ , который при взаимодействии с водой, и в особенности с соленой водой, повышает риск коррозии под изоляцией (англ. CUI, corrosion under insulation) за счет электрохимической коррозии.

В дополнение к этому вспененное стекло, полученное с использованием угля в качестве основных реакционных ингредиентов, является электропроводным за счет высокого содержания углеродных остатков. В совокупности трение, вода и электропроводность значительно повышают риск коррозии труб под изоляцией (CUI). Кроме того, в случаях, когда вспененное стекло используют в качестве защиты от огня, углеродные остатки вместе с химической энергией будут способствовать сценарию пожара - и тем самым снижать огнестойкость изоляции.

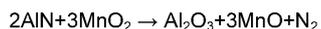
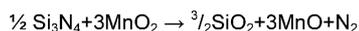
В дополнение к этому вспененное стекло, полученное традиционным способом, имеет относительно низкое сопротивление сжатию (600 кПа), что ограничивает тонкость профилей изоляционных продуктов, которые могут быть изготовлены из вспененного стекла без его разрушения. Кроме того, вспененное стекло, полученное традиционным способом, будет выделять серу при раздроблении, например, вследствие вибрации или прямого давления. Эта выделяющаяся сера при взаимодействии с доступной влагой будет приводить к изменению величины pH. В результате при непосредственном соприкосновении с трубами значительно повышается риск CUI.

### Сущность изобретения

Настоящее изобретение относится к способу изготовления формованных литых герметичных вспененных стеклянных компонентов с защитным поверхностным слоем для применения в качестве изоляции и защиты от огня труб и элементов конструкций, строительных панелей и других применений. Согласно одному из аспектов, способ основан на смешивании реакционного ингредиента (вспенивающего агента) с одним или более окислителем, последующем добавлении этого в раздробленное или размолотое стекло, гомогенизации смеси и затем добавлении в закрытую форму/матрицу для литья, изготовленную из титана, графита или другого подходящего материала, и последующем нагревании так, что стекло плавится, а реакционный ингредиент и окислитель реагируют и разлагаются с выделением пузырьков газа в расплавленной смеси. Способ основан на смешивании расчетного количества реакционной смеси (вспенивающий агент + окислители) с раздробленным/размолотым стеклом, загрузки смеси в закрытую форму/матрицу для литья (изготовленную из материала, такого как титан, графит, керамика или металлический сплав) с подходящими теплостойкостью и свойствами расширения, и нагревании формы так, что стекло плавится, а реакционные ингредиенты выделяют пузырьки газа, образуя вспененный материал требуемой плотности и механической прочности.

Согласно одному из аспектов реакционный ингредиент представляет собой  $SiC$ , а окислитель представляет собой  $MnO_2$ , которые реагируют с образованием пузырьков  $CO_2$ .

Согласно другому аспекту реакционный ингредиент представляет собой  $Si_3N_4$  или  $AlN$ , а окислитель представляет собой  $MnO_2$  которые реагируют с образованием пузырьков  $N_2$ . В этом случае применяются следующие уравнения реакции:



Согласно другому аспекту при увеличении молярного соотношения  $\text{MnO}_2$  с  $\text{Si}_3\text{N}_4$  или с  $\text{AlN}$  будет выделяться небольшое количество пузырьков  $\text{O}_2$  в дополнение к пузырькам  $\text{N}_2$ , увеличивая размер пузырьков и снижая плотность продукта.

Согласно одному из аспектов, реакционный ингредиент  $\text{AlN}$  имеет фракционный размер от 0,5 до 12 мкм и может составлять от 0 до 15 мас.% смеси.

Согласно одному из аспектов, реакционный ингредиент  $\text{SiC}$  имеет фракционный размер от 3 до 40 мкм и может составлять от 0 до 15 мас.% смеси.

Согласно одному из аспектов, размолотое стекло имеет фракционный размер от 0,001 до 1,6 мм, предпочтительно от 0,001 до 0,7 мм.

При использовании в данном контексте следует понимать, что диапазоны также выражают промежуточные диапазоны, как если бы они были выражены особым образом. Например, диапазон 0-15 будет также включать в себя такие диапазоны, как 1-14, 1-13, 1-12, 2-14, 2-13 и так далее.

Литейная форма/матрица для литья, согласно одному из аспектов, предназначена для получения полуцилиндрического профиля изоляции труб, приспособленного для конкретного размера или формы трубы. Размер и/или конструкция профиля может, однако, изменяться для получения сборных профилей разных форм для различных областей применения, например для строительных панелей.

Количество тонко размолотого стекла и вспенивающего агента подбирают под внутренний объем литейной формы/матрицы для литья, так чтобы количество вспененного стекла после нагревания и расширения, по меньшей мере, соответствовало такому же объему, как в матрице для литья. Например, в случае литейной формы с внутренним объемом 8 л и требуемой плотности 200 кг/м<sup>3</sup> в литейную форму перед нагреванием загружают 1,6 кг стеклянной смеси. Предпочтительно расширение вспененного стекла внутри закрытой формы будет в результате создавать положительное (избыточное) давление внутри литейной формы/матрицы для литья в диапазоне от чуть выше атмосферного давления до на 3 бар выше атмосферного давления (в данном контексте выражено как от 0 до 3 бар), согласно одному из аспектов, от 1 до 3 бар и согласно еще одному аспекту от 2 до 3 бар. Все избыточное вспененное стекло может отводиться/отдуваться через узкий переливной канал, например, через отверстие или щель, расположенные в верхней части матрицы. Размер канала будет определяться вязкостью вспененного стекла при конкретной рабочей температуре и требуемом внутреннем давлении в литейной форме, например, переливной канал 1 мм высотой × 600 мм шириной и 5 мм глубиной будет в состоянии удерживать стеклянную пену при температуре 880°C при 1 бар.

Матрица для литья является закрытой и вводится в зону нагрева, где ее нагревают до температуры, как правило, в диапазоне от 750 до 1000°C, в зависимости от выбора реакционных ингредиентов и требуемого внутреннего давления, создаваемого вязкостью и размером переливного канала. Источник тепла может состоять из теплового излучения, нагревания воздушным потоком, индукционного нагрева или другого подходящего непрямого источника тепла, например газа.

Во время процесса расплавления можно вращать матрицу для литья, так чтобы вспененное стекло лучше распределялось внутри матрицы для литья.

Принцип действия переливного канала заключается в том, что он имеет конфигурацию площади поперечного сечения (выраженную как длина, умноженная на ширину) и глубины (обычно равной толщине стенки), которые вместе определяют зависящий от давления и вязкости барьер, способный сдерживать пену внутри полости литейной формы в пределах данного перепада давления - для любой данной вязкости (определяемой температурой для каждой конкретной формулы стекла и добавок). Если давление внутри литейной формы превышает этот предел, канал будет работать как предохранительный клапан, выпуская избыточную пену прежде, чем избыточное давление сможет разрушить литейную форму.

Однако канал предпочтительно является достаточно узким, чтобы позволить некоторое нарастание давления (по меньшей мере 3 бар) относительно атмосферного - для того, чтобы обеспечить превышение давления, полезное для предотвращения усадки компонента при охлаждении, и тем самым обеспечить размерную устойчивость.

Нарастание давления начинается, когда расширяющаяся пена вытесняет весь воздух из полости литейной формы, и дальнейшее расширение не допускается до тех пор, пока давление является достаточно высоким для того, чтобы вытеснить пену через переливной канал. Степень расширения и нарастания давления заданы количеством и составом смеси сырьевых материалов стекла и реакционных добавок. Предельное давление (при котором дальнейшее расширение будет происходить за счет вытеснения пены через канал и предотвращения дальнейшего нарастания давления) задается геометрической формой канала (поперечное сечение vs. (versus - против) глубина) и вязкостью формулы стекла в зависимости от температуры (зависящей от добавок). После того, как достаточный объем пены удален через канал, давление падает до величины чуть ниже давления вытеснения - и дальнейшее вытеснение не происходит до тех пор, пока давление снова не достигнет предельного значения.

Эта особенность обеспечивает преимущество, заключающееся в отсутствии необходимости беспо-

коиться о переполнении литейной формы - поскольку любой избыток материала будет удаляться через переливной канал. При этом внутреннее давление в пене может поддерживаться на высоком и стабильном уровне во время реакционной фазы, обеспечивая размерную устойчивость путем предотвращения усадки и деформаций во время фазы охлаждения. Регулируемое избыточное давление в реакционной фазе также способствует более предсказуемому и однородному распределению размеров пор в пене.

Когда процесс пенообразования будет практически завершен, и когда пузырьки газа образуются и расширятся до их требуемого размера, вспененное стекло полностью заполнит матрицу для литья. Матрицу для литья медленно охлаждают до температуры, при которой вязкость является достаточно высокой для того, чтобы стабилизировать пористую структуру компонента и ограничить дальнейшую усадку или деформации способом, аналогичным металлургическому отжигу.

Затем форму охлаждают еще больше до температуры, при которой стеклянная пена становится достаточно жесткой, чтобы быть извлеченной из формы, не будучи при этом поврежденной, способом, известным специалисту в области производства стекла.

Тот факт, что вспененное стекло расширяется внутри закрытой матрицы, чтобы достичь заданных размера и формы, идентичных конечному изделию, делает ненужными обрезку и доработку вспененного стеклянного полуцилиндра перед его применением.

Когда вспененное стекло расширяется, поры, непосредственно соприкасающиеся со стенками матрицы, сжимаются, делая стенки наружных пор толще, и профиль вспененного стекла приобретает гладкий и, по существу, герметичный поверхностный слой. Эта герметичная наружная поверхность, по существу, образует герметичный поверхностный слой, практически стеклянную поверхность, где поры непосредственно с внутренней стороны поверхностного слоя являются неповрежденными. Это создает гладкую поверхность с низким трением, то есть более щадящую для структуры, подлежащей в дальнейшем изоляции. Поскольку поверхностный слой является герметичным, профиль не абсорбирует влагу в поверхность. В сочетании с низкой электропроводностью продукта это значительно снижает риск СИ.

Преимущество способа согласно изобретению заключается в том, что реакция является, по существу, химически нейтральной, в ходе ее выделяются лишь газообразные  $N_2$  или  $CO_2$  вместе с небольшими количествами  $O_2$ , что существенно снижает риск коррозии труб по сравнению с традиционно полученными изоляционными профилями из вспененного стекла, изготовленными с использованием угля в качестве реакционного ингредиента, где небольшая часть  $SO_2$  выделяется и смешивается с водой в случае повреждения пористой структуры поверхности.

Другое преимущество изобретения заключается в том, что тестовые испытания, проведенные с использованием микроволнового сканера, показывают, что продукт является прозрачным при сканировании микроволнами и, следовательно, подходит для обнаружения влаги в изоляции и коррозии под изоляцией на ранней стадии, используя микроволновое сканирование. Указанное сканирование может осуществляться в продольном направлении трубы и является неразрушающим методом. Вспененное стекло, полученное традиционным способом, содержит значительные количества несгоревшего углерода и, следовательно, является непрозрачным при микроволновом сканировании. Вследствие этого сканирование изоляционных полуцилиндров на предмет влаги, основанное на микроволнах, является невозможным, а также невозможно осуществлять определение СИ на ранней стадии без осмотра, основанного на разрушающем методе.

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

- Далее изобретение будет описано со ссылкой на графические материалы, где
- фиг. 1 представляет собой перспективное изображение полукруглого вспененного стеклянного изделия;
  - фиг. 2 представляет собой поперечное сечение полукруглого вспененного стеклянного изделия со скошенной кромкой;
  - фиг. 3 представляет собой поперечное сечение полукруглого вспененного стеклянного изделия с желобом для уплотнителя;
  - фиг. 4 представляет собой перспективное изображение литейной формы для полукруглого вспененного стеклянного изделия;
  - фиг. 5А и В представляют собой поперечное сечение литейной формы;
  - фиг. 6 представляет собой перспективное изображение нижнего полукруглого профиля;
  - фиг. 7 представляет собой перспективное изображение верхнего полукруглого профиля;
  - фиг. 8 представляет собой поперечное сечение нижней створки формы, заполненной стеклянной смесью;
  - фиг. 9 представляет собой перспективное изображение литейной формы для полукруглого вспененного стеклянного изделия со стеклянной смесью, распределенной вдоль его длины;
  - фиг. 10 представляет собой поперечное сечение полукруглой литейной формы;
  - фиг. 11А, В и С представляют собой подробные виды блокирующего механизма;
  - фиг. 12А и В иллюстрируют Т-образное вспененное стеклянное изделие;
  - фиг. 13А и В иллюстрируют дугообразное вспененное стеклянное изделие;
  - фиг. 14А-Д иллюстрируют вспененное стеклянное изделие в виде криволинейного сегмента;

- фиг. 15А, В и С иллюстрируют вспененное стеклянное изделие в виде панели;
- фиг. 16 представляет собой поперечное сечение полукруглой литейной формы с расширившимся вспененным стеклом;
- фиг. 17А представляет собой вид сверху верхней створки формы и Т-фланцевых армирований;
- на фиг. 17В изображен элемент Т-фланцевого армирования;
- фиг. 18 представляет собой снимок, изображающий наружный герметичный поверхностный слой на предварительно отлитом полуцилиндрическом вспененном стеклянном компоненте на основе  $\text{CO}_2$  4" 600 мм;
- фиг. 19 представляет собой снимок, изображающий внутренний герметичный поверхностный слой на предварительно отлитом полуцилиндрическом вспененном стеклянном компоненте на основе  $\text{CO}_2$  4" 600 мм;
- фиг. 20 представляет собой снимок, изображающий внутреннюю пористую структуру на предварительно отлитом цилиндрическом вспененном стеклянном компоненте на основе  $\text{CO}_2$  4" 600 мм;
- фиг. 21 представляет собой снимок, изображающий предварительно отлитое вспененное стекло на основе  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$  с пористой структурой внешнего поверхностного слоя от 0 до 2 мм;
- фиг. 22 представляет собой снимок, изображающий предварительно отлитое вспененное стекло на основе  $\text{N}_2$  с пористой структурой внешнего поверхностного слоя от 0 до 1 мм;
- фиг. 23 представляет собой снимок, изображающий предварительно отлитое вспененное стекло на основе  $\text{CO}_2$  с внешним поверхностным слоем. Пористая структура от 0 до 4 мм;
- фиг. 24 представляет собой снимок, изображающий предварительно отлитое вспененное стекло на основе  $\text{N}_2$  200 мм × 98 мм × 20 мм с внешним поверхностным слоем. Пористая структура от 0 до 2 мм;
- фиг. 25 представляет собой снимок, изображающий спеченную таблетку из стеклянной смеси при температуре от 650 до 750°C;
- на фиг. 26 изображена спеченная стеклянная смесь серповидной формы при температуре от 650 до 750°C;
- на фиг. 27 изображена спеченная стеклянная смесь, повторно нагретая до температуры 850°C;
- фиг. 28 представляет собой снимок, изображающий предварительно отлитое вспененное стекло с внутренней пористой структурой на основе  $\text{N}_2$  от 0 до 2 мм.

#### Подробное описание изобретения

Согласно одному из аспектов изобретения, предложен способ получения вспененных стеклянных компонентов с гладким внешним поверхностным слоем. Этот аспект изобретения будет описан со ссылкой на предпочтительный вариант осуществления, включающий в себя матрицу для отливки полуцилиндрических изоляционных секций для труб и тому подобного, как показано на фиг. 1, 2 и 3. Несмотря на то, что изображен полукруглый профиль, следует понимать, что в пределах объема изобретения возможны также и другие формы.

Как показано на фиг. 4, 5А и В, матрица для литья включает в себя нижнюю створку 1 формы, имеющую нижний полукруглый профиль 2, как подробно показано на фиг. 6, вытянутую в продольном направлении на некоторую длину, как правило, от 200 до 600 мм; однако при необходимости она может быть длиннее. Нижняя створка 1 может иметь продольные выемки 3 для обеспечения лучшего распределения тепла и уменьшения веса литейной формы.

Литейная форма также включает в себя верхнюю створку 4 формы, имеющую соответствующий верхний полукруглый профиль 5 и крышку 6, подробно изображенные на фиг. 7. Когда верхняя створка 4 присоединена к нижней створке 1, образуется полость 7, такая как изображена на фиг. 4, имеющая форму изготавливаемого компонента. Верхняя створка 4 может иметь продольные выемки 8 для обеспечения лучшего распределения тепла и уменьшения веса литейной формы.

Верхняя и нижняя створки формы имеют Т-фланцевые армирования 9 и 10 соответственно.

Литейная форма предпочтительно изготовлена из титана; однако она также может быть изготовлена из другого жаростойкого материала, например графита.

Радиус полукруглых профилей, а также расстояние между полукруглыми поверхностями 2 и 5 определяют в зависимости от диаметра изолируемой трубы и толщины требуемой изоляции; как правило, он составляет от 20 до 50 мм.

Как показано на фиг. 8, взвешенную смесь размолотого стекла и вспенивающего агента добавляют в нижнюю створку 1 формы и равномерно распределяют вдоль ее длины, как показано на фиг. 9. Верхнюю створку 4 формы прикрепляют к нижней створке 1 формы и закрепляют на месте с помощью механизма, изображенного на фиг. 10, 11А, В и С. Блокирующий механизм включает в себя стопорные штифты 11, которые сцепляют отверстия 12 с блокировочным каналом 13. Блокировочный канал 13 может располагаться в желобе 14, как показано на фиг. 17А. Отверстия 12 в блокировочном канале соответствуют отверстиям 15 в профиле 5, как видно на фиг. 5А. Блокирующий механизм активируют введением штифтов в отверстия и сдвижением канала в направлении 17 блокировки или высвобождают сдвижением в направлении 18 отверстия.

Предпочтительно на внутренние поверхности полости литейной формы и более предпочтительно на все поверхности литейной формы наносят разделительную смазку, например каолиновый порошок и

воду. Назначением разделительной смазки является предотвращение адгезии между компонентом заливки и стенкой литейной формы. Каолиновый порошок смешивают с водой с образованием суспензии, затем сушат при температуре 100-300°C в течение двух часов.

Литейная форма, в случае, когда она изготовлена из титана, также может быть предпочтительно обработана по ее поверхностям с помощью контактного слоя 19, как показано на фиг. 4, содержащего  $\text{CoNiCrAlY}$ , для защиты литейной формы от окисления при высокой температуре. Контактный слой предпочтительно имеет такой же коэффициент теплового расширения, как и литейная форма.

Торцевые пластины 20, имеющие выступы 21, как показано на фиг. 9, прикрепляют с помощью пазов 22 для сцепления с выступами, изображенных на фиг. 6, тем самым герметизируя литейную форму.

Матрица для литья может быть установлена на устройство, позволяющее осуществлять вращение матрицы в зоне нагрева во время фазы литья.

Как показано на фиг. 10, каналы 23 расположены между нижней и верхней створками формы. Каналы сделаны для сброса избыточного давления, позволяя выпускать лишнее вспененное стекло или нагнетать давление во время фазы литья путем создания давления во всей печи. Каналы изображены как зазор между верхней и нижней створками, однако каналы также могут располагаться в другом месте литейной формы при условии, что газы могут свободно выделяться, и позволяя избыточному вспененному стеклу просачиваться во время фазы литья.

Хотя на рисунках изображена полукруглая литейная форма для получения полукруглой изоляции труб, можно смонтировать две матрицы в одну круглую матрицу для литья, имеющую две полости. Это может потребоваться в случае, если выбран индукционный нагрев, поскольку приводит к более эффективному теплопереносу.

На фиг. 12А и В, фиг. 13А и В, фиг. 14 А-Д и фиг. 15 А-С показаны примеры матриц для литья, имеющих Т-образный профиль 24, изгиб 25, сегмент кривой 26 и плоскую панель 27 соответственно. Плоская панель может быть отлита горизонтально либо вертикально.

Согласно способу матрицу заполняют равномерно перемешанной смесью, состоящей из тонко размолотого стекла, содержащего фракцию, размер которой может варьироваться от 0,005 до 1,6 мм, и до 15 мас.% вспенивающего агента, включающего в себя реакционный ингредиент и окислитель. Количество вспенивающих агентов и размер фракций размолотого стекла определяют, исходя из требуемой плотности вспененного стекла. Вес, заполняемый в матрицу, рассчитывают, исходя из предполагаемой плотности готового вспененного стекла и внутреннего объема матрицы для литья.

Таблица 1

Стекланный порошок/листовое стекло	Реакционный ингредиент	Окислитель	Плотность
88 мас. %	SiC 10 мас. %	MnO <sub>2</sub> 2 мас. %	190 кг/м <sup>3</sup>
90 мас. %	AlN 10 мас. %	MnO <sub>2</sub> 0 мас. %	225 кг/м <sup>3</sup>
93 мас. %	AlN 4 мас. %	MnO <sub>2</sub> 3 мас. %	180 кг/м <sup>3</sup>

Матрицу для литья герметизируют и помещают в зону нагрева, например печь с радиационным нагревом или печь с циркуляцией воздуха, и затем нагревают до первого температурного плато, по меньшей мере, равного температуре плавления стекла, с образованием расплава стекла. Первое температурное плато поддерживают в течение достаточного времени, чтобы позволить реакционному ингредиенту и окислителю, по существу, равномерно распределиться в расплавленном стекле.

После этого литейную форму нагревают до второго температурного плато в диапазоне от 750 до 1000°C, в результате чего реакционный ингредиент и окислитель реагируют с образованием пузырьков газа внутри расплавленного стекла, образуя тем самым требуемую стеклянную пену 28, как показано на фиг. 16. Температуру реакции поддерживают, пока вспененное стекло расширяется и заполняет полость литейной формы. Внутреннее давление в литейной форме составляет от 0 до 3 бар.

Затем литейную форму постепенно охлаждают до третьего температурного плато от 730 до 650°C, давая возможность вязкости пены увеличиться и стабилизировать форму и размер компонента, прежде чем большее падение температуры внутри пузырьков газа приведет к уменьшению их объема и деформации компонента. Согласно одному из аспектов литейную форму охлаждают до третьей температуры со скоростью 3°C/мин или медленнее.

При этой температуре пена также образует прочный и долговечный поверхностный слой 29, 30 и 31 на поверхностях, соприкасающихся с литейной формой, как видно на фиг. 1. Этот поверхностный слой придает компоненту высокую прочность и образует газо- и водонепроницаемую мембрану, создавая дополнительную защиту от конденсации, проникновения воды и коррозии под изоляцией (CUI).

Затем литейную форму охлаждают до четвертого температурного плато в диапазоне от 400 до 250°C, снимая внутренние напряжения в компоненте перед извлечением из формы.

После этого литейную форму охлаждают до пятого температурного плато, до температуры извлечения из формы, при которой вспененное стекло отверждено в достаточной степени для того, чтобы не деформироваться или не трескаться при извлечении из формы.

Когда литейная форма достаточно охлаждена, вспененный стекланный компонент может быть из-

влечен из литейной формы.

Таблица 2

Реакционный ингредиент	1. стадия	Выдержка ч.м	2. стадия	Выдержка ч.м	Понижение ч.м	3. стадия	Понижение ч.м	4. стадия	Понижение ч.м	5. стадия
SiC	800°C	1:00	900°C	1:00	3:00	720°C	12:00	300°C	2:00	50°C
AlN	750°C	1:00	870°C	0:30	2:00	680°C	12:00	300°C	2:00	50°C

Согласно другому аспекту изобретения смесь сырьевых материалов можно спекать с получением сборных таблетированных частей в процессе предварительного обжига при температуре от 640 до 750°C, как видно на фиг. 25, чтобы затем либо нарезать их на фрагменты серповидной формы, как показано на фиг. 26, либо измельчить в песок с размером фракций в диапазоне от 0 до 10 мм перед заполнением матрицы - во избежание неравномерного распределения массы в начале стадии плавления за счет индуцированного теплом сжатия порошка. Серповидная форма спеченных частей смеси будет, соответственно, совпадать с искривленным профилем литейной формы. Такой способ облегчает заполнение периферических частей матрицы более сложной геометрической формы и обеспечивает однородные плотность и распределение массы.

Источник тепла может состоять из тепла от циркуляции воздуха, как в данном случае, либо тепла, передаваемого излучением; однако он также может состоять из индукционной печи, в которую матрицу для литья помещают между индукционными катушками, чтобы нагреть ее там до требуемой температуры. В случае необходимости также могут использоваться и другие подходящие источники косвенного нагрева, например газовая горелка.

При повышении температуры матрицы для литья происходит следующее: стеклянный порошок плавится и уменьшается в объеме, поскольку структура частиц с зазорами между ними сжимается. В то же время окислитель будет разлагаться с выделением кислорода; когда температура является достаточно высокой, реакционный ингредиент начнет разлагаться с выделением газа, либо N<sub>2</sub>, либо CO<sub>2</sub>, в зависимости от выбранной комбинации реакционных ингредиентов. Благодаря низкой вязкости расплавленного стекла газ будет равномерно распределяться в жидкости и образовывать мелкие пузырьки. Вследствие равномерного распределения реакционных ингредиентов в стеклянном порошке во время нагревания, а также благодаря давлению от окружающих стенок и давлению, оказываемому вспененным стеклом в попытке пройти через узкие переливные каналы, образование пузырьков будет по существу однородным. Внутреннее давление газа внутри пузырьков будет стремиться расширить размер пузырьков. Чем выше температура и ниже вязкость стеклянной массы, тем быстрее происходит расширение, и тем большего размера становятся пузырьки.

Во избежание слияния пузырьков на ранней стадии процесса в смесь перед гомогенизацией может быть добавлен агент для затравки/зародышеобразования; например, 0,1-2% тонкоизмельченного каолинового порошка.

Согласно еще одному аспекту изобретения описан изоляционный продукт. Продукт изготовлен из вспененного стеклянного материала, обладающего следующими физическими свойствами.

Вспененный стеклянный материал согласно изобретению сформован в виде следующих типов изделий.

#### Сборная изоляция труб

Литое изоляционное изделие для труб, включающее в себя полукруглый профиль, изготовленный из вспененного стекла, с гладким поверхностным слоем на внешней и внутренней поверхностях, который является, по существу, герметичным и водонепроницаемым, имеет размер внутренних пор в диапазоне от 0,2 до 4 мм, размер наружных пор 14,15,17 от 0 до 1 мм, плотность ниже 240 кг/м<sup>3</sup>, сопротивление сжатию (ASTM D695) выше 2 МПа, предел прочности на разрыв (ISO 527) выше 0,22 МПа, предел прочности на изгиб (ISO 178) выше 0,72 МПа, теплопроводность при 20°C менее 0,060 Вт/мК и точку затвердевания выше 850°C.

Как видно на фиг. 2 и 3, профили изоляции труб могут быть отлиты со скошенной кромкой 32 или желобом 33, предназначенными для размещения герметизирующего уплотнителя.

#### Сборные панели для защиты от огня и изоляции стен и труб

Литой продукт для защиты от огня и изоляции для ящиков, стен и кровли, включающий плоский профиль/панель толщиной от 15 до 40 мм, изготовленный из вспененного стекла, с гладким поверхностным слоем со всех сторон 25, 26, который является, по существу, герметичным и водонепроницаемым, имеет размер внутренних пор в диапазоне от 0,2 мм до 4 мм, размер наружных пор от 0 до 1 мм, плотность ниже 240 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие (ASTM D695) выше 2 МПа, предел прочности на разрыв (ISO 527) выше 0,22 МПа, предел прочности на изгиб ((ISO 178) выше 0,72 МПа, теплопроводность при 20°C менее 0,060 Вт/мК и точку затвердевания выше 850°C.

## Описание примеров осуществления изобретения

Таблица 3

Изделия	Плотность	Размер пор	Прочность на сжатие	Теплопроводность Вт/мК	Точка затвердевания
Изоляция труб	180 кг/м <sup>3</sup>	0,5 мм - 2 мм	2 МПа	0,038	850°C
Панели	225 кг/м <sup>3</sup>	0,5 мм - 4 мм	2 МПа	0,040	900°C

Таблица 4

Анализ теплопроводности при температуре 20°C:

Материал: 7 мас.% AlN+MnO<sub>2</sub> и 93 мас.% листового стекла

№	Повторения	Датчик ID	Начальное время	Тепловая активность $\frac{W \cdot s}{(m^2)K}$	Проводимость (Вт/мК)	Т окружающей среды	$\Delta T$ (°C)	V0
103	1	H191	10:37:50	60	0,040	20,75	2,11	3464,77
104	1	H191	10:39:34	58	0,040	20,52	2,11	3463,09
105	1	H191	10:41:17	58	0,040	20,32	2,11	3461,67
106	1	H191	10:43:00	57	0,040	20,14	2,11	3460,10
107	1	H191	10:45:01	52	0,040	19,98	2,13	3457,78
108	1	H191	10:46:44	57	0,040	19,83	2,11	3457,58
109	1	H191	10:48:27	57	0,040	19,73	2,12	3456,91
110	1	H191	10:50:11	57	0,040	19,64	2,12	3456,03
111	1	H191	10:51:54	58	0,040	19,54	2,12	3455,37
112	1	H191	10:53:37	56	0,040	19,48	2,12	3454,54

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления вспененного стеклянного компонента путем нагревания смеси, содержащей дробленое или измельченное стекло, реакционный ингредиент и окислитель, отличающийся тем, что способ также включает в себя следующие стадии:

а) обеспечение герметизируемой литейной формы, имеющей внутреннюю полость, причем полость соответствует форме получаемого вспененного стеклянного компонента, заполнение литейной формы смесью и последующая герметизация литейной формы,

б) размещение литейной формы внутри источника тепла,

с) нагревание литейной формы до первого температурного уровня, по меньшей мере, равного температуре плавления стекла, с образованием расплава стекла,

д) поддержание первого температурного уровня в течение времени, достаточного для обеспечения равномерного распределения ингредиентов в расплаве стекла,

е) нагревание литейной формы до второго температурного уровня, соответствующего температуре реакции, в диапазоне от 750 до 1000°C, при котором реакционный ингредиент и окислитель реагируют с образованием пузырьков газа внутри расплавленного стекла, в результате чего расплавленное стекло вздувается с образованием стеклянной пены,

ф) поддержание литейной формы, по меньшей мере, при температуре реакции до расширения вспененного стекла и заполнения полости,

г) постепенное охлаждение литейной формы до третьего температурного уровня в диапазоне от 730 до 650°C, при котором вязкость стеклянной пены внутри литейной формы постепенно повышается и на поверхности пены, соприкасающейся с литейной формой, образуется герметичный поверхностный слой,

h) постепенное охлаждение литейной формы до четвертого температурного уровня в диапазоне от 400 до 250°C,

i) охлаждение литейной формы до пятого температурного уровня, соответствующего извлечению из формы, при котором вспененное стекло затвердевает в достаточной степени, чтобы не деформироваться или не растрескиваться при выемке из литейной формы, и

ж) извлечение вспененного стеклянного компонента из литейной формы.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дробленое или измельченное стекло имеет фракционный размер от 0 до 1800 мкм, реакционный ингредиент представляет собой AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> или SiC, а окислитель представляет собой MnO<sub>2</sub>.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что вспененное стекло имеет размер внутренних пор в диапазоне от 0,2 до 4 мм, размер наружных пор от 0 до 1 мм, плотность ниже 240 кг/м<sup>3</sup>, сопротивление сжатию (ASTM D695) выше 2 МПа, предел прочности на разрыв (ISO 527) выше 0,22 МПа, предел прочности на изгиб (ISO 178) выше 0,72 МПа, теплопроводность при 20°C менее 0,060 Вт/мК и точку затвердевания выше 850°C.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что внутреннее давление в литейной форме, когда стеклянная

пена расширяется, заполняя литейную форму, является положительным давлением, превышающим атмосферное давление на величину от 0 до 3 бар.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что литейную форму охлаждают до третьей температуры со скоростью 3°C/мин или медленнее.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что литейная форма изготовлена из титана.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что внутренняя поверхность полости литейной формы покрыта разделительной смазкой.

8. Способ по п.6, отличающийся тем, что стеклянная смесь дополнительно содержит агент для затравки.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что компонент представляет собой полукруглый профиль, подходящий для использования в качестве изоляционного материала для труб.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что компонент представляет собой профиль, подходящий для использования в качестве огнезащитного материала.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что компонент представляет собой плоский профиль, подходящий для использования в качестве огнезащитной панели для кровли и стен в зданиях.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что стеклянную смесь предварительно спекают и формуют из нее сборные части серповидной формы.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что литейная форма включает в себя канал или проток, приспособленные для того, чтобы выпускать избыточное вспененное стекло при заданном давлении.

14. Способ по п.1, отличающийся тем, что литейная форма обработана контактном слоем, состоящим из  $\text{CoNiCrAlY}$ , в качестве защиты от коррозии.

15. Способ по любому из пп.1-14, отличающийся тем, что вспененный стеклянный компонент представляет собой изоляцию для труб.

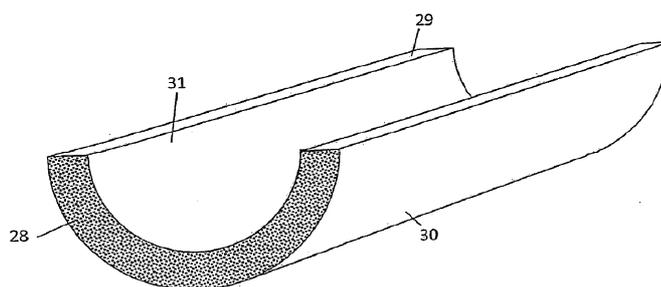
16. Способ по любому из пп.1-14, отличающийся тем, что вспененный стеклянный компонент представляет собой строительную панель.

17. Огнеупорная изоляция, включающая вспененное стекло, отличающаяся тем, что изоляция включает в себя вспененное стекло, полученное формовым литьем в заданную форму согласно способу по п.1, при этом указанное вспененное стекло имеет гладкий, по существу герметичный и водонепроницаемый поверхностный слой на своей внешней поверхности, вспененное стекло изоляции имеет размер внутренних пор в диапазоне от 0,2 до 4 мм, размер наружных пор от 0 до 1 мм, плотность ниже  $240 \text{ кг/м}^3$ , сопротивление сжатию (ASTM D695) выше 2 МПа, предел прочности на разрыв (ISO 527) выше 0,22 МПа, предел прочности на изгиб (ISO 178) выше 0,72 МПа, теплопроводность при 20°C менее  $0,060 \text{ Вт/мК}$  и точку затвердевания выше 850°C.

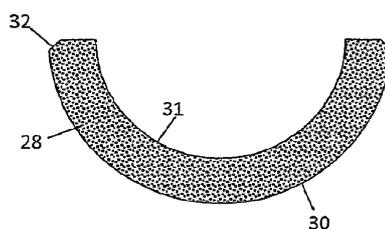
18. Изоляция по п.17, отличающаяся тем, что заданная форма включает в себя продолговатый полукруглый профиль, приспособленный для применения в качестве изоляции труб.

19. Изоляция по п.17, отличающаяся тем, что заданная форма включает в себя плоскую панель, приспособленную для применения в качестве строительного материала.

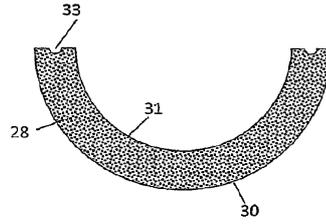
20. Изоляция по п.17, отличающаяся тем, что изоляция является, по существу, прозрачной для сканирования с помощью микроволнового излучения.



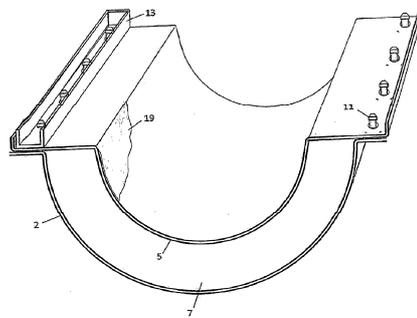
Фиг. 1



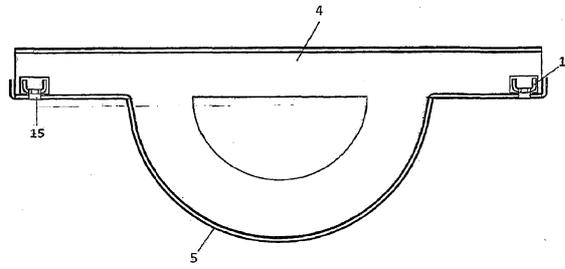
Фиг. 2



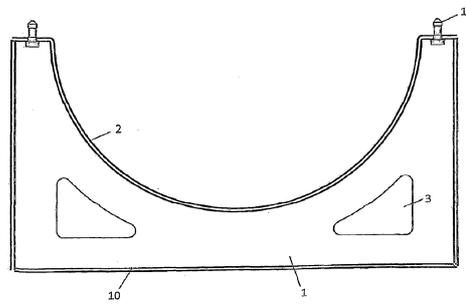
Фиг. 3



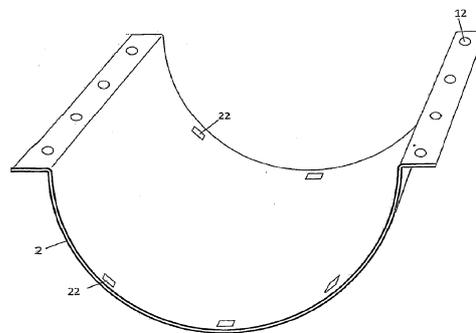
Фиг. 4



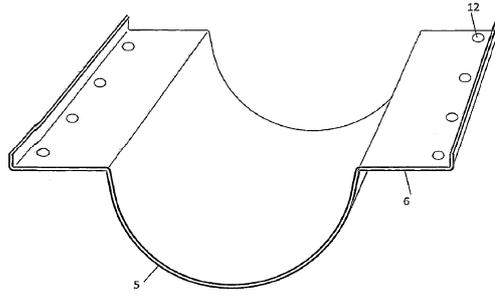
Фиг. 5А



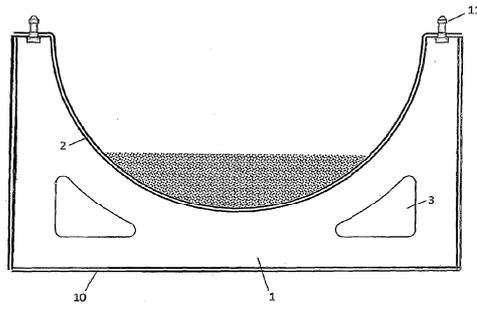
Фиг. 5В



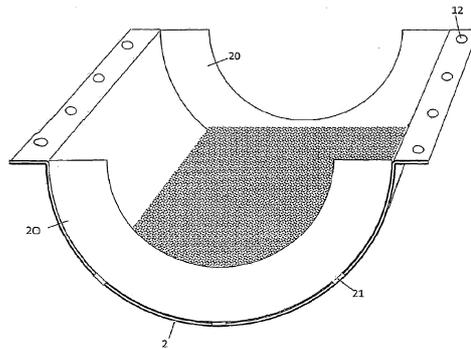
Фиг. 6



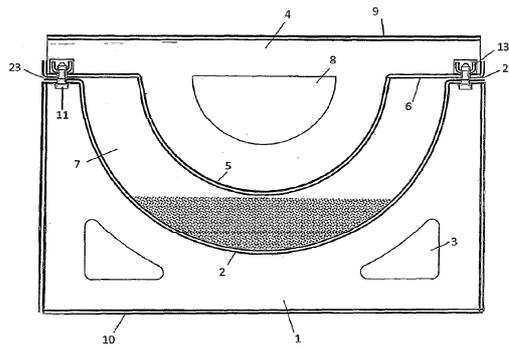
Фиг. 7



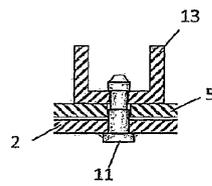
Фиг. 8



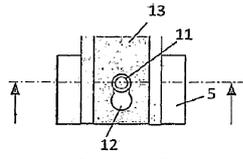
Фиг. 9



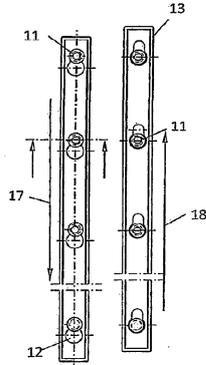
Фиг. 10



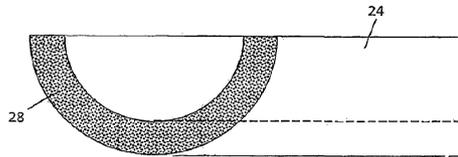
Фиг. 11А



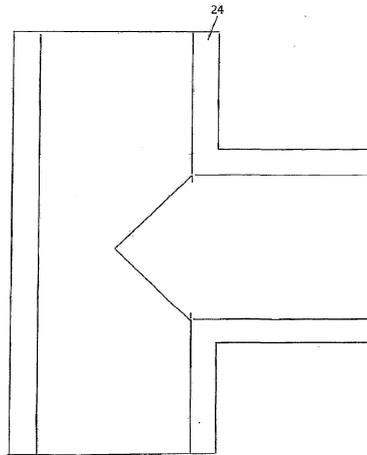
Фиг. 11В



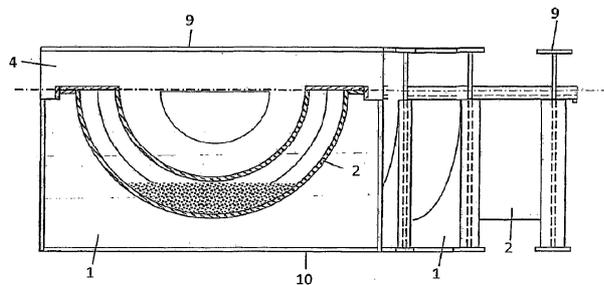
Фиг. 11С



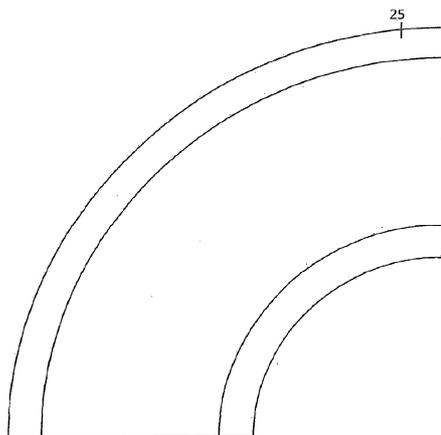
Фиг. 12А



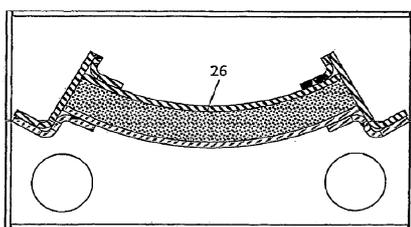
Фиг. 12В



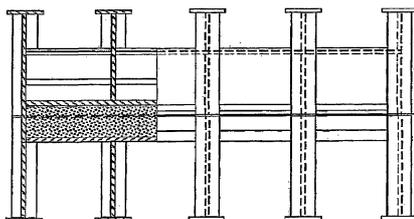
Фиг. 13А



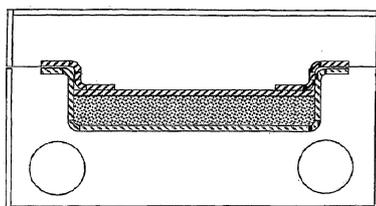
Фиг. 13В



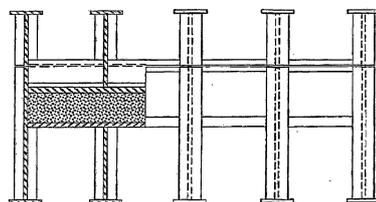
Фиг. 14А



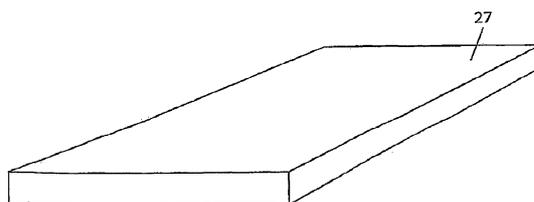
Фиг. 14В



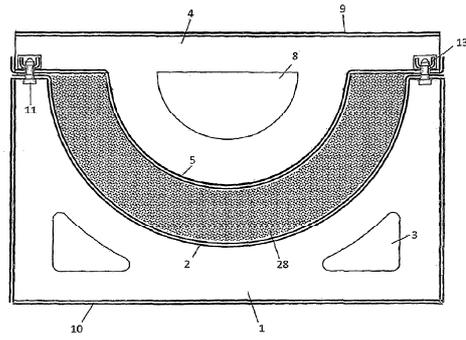
Фиг. 15А



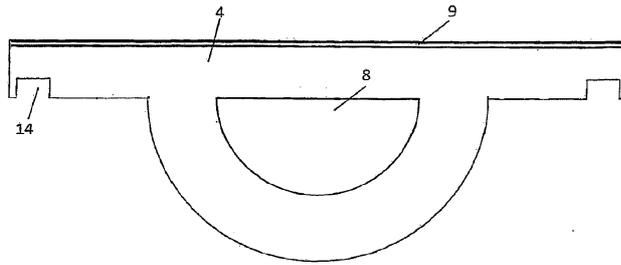
Фиг. 15В



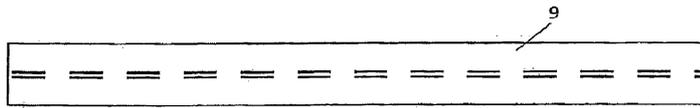
Фиг. 15С



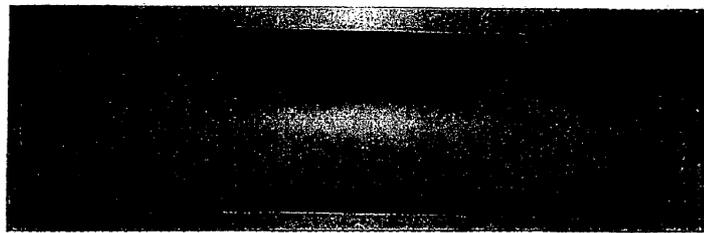
Фиг. 16



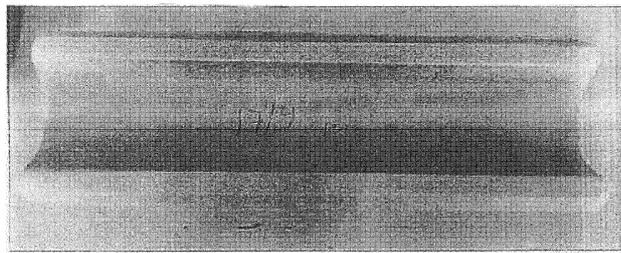
Фиг. 17А



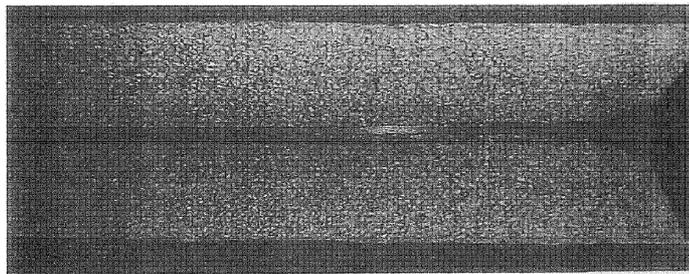
Фиг. 17В



Фиг. 18

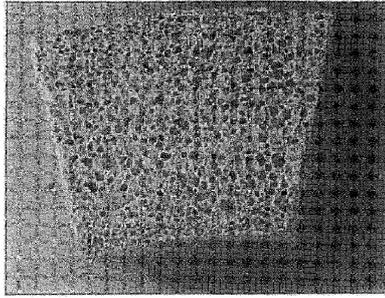


Фиг. 19

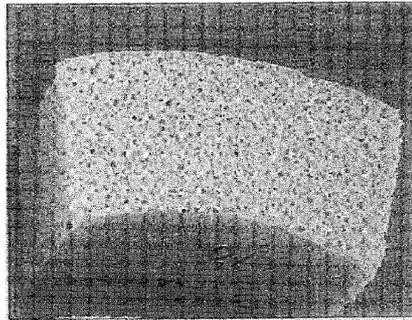


Фиг. 20

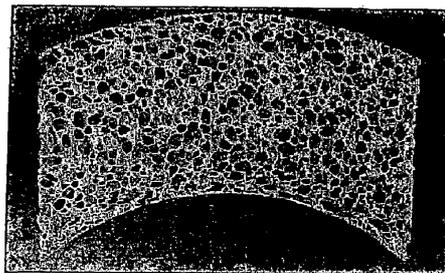
033664



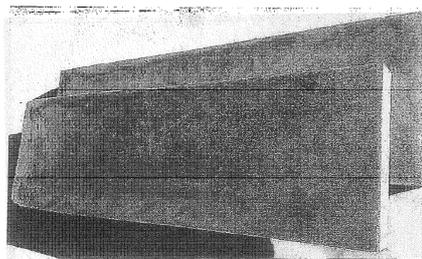
Фиг. 21



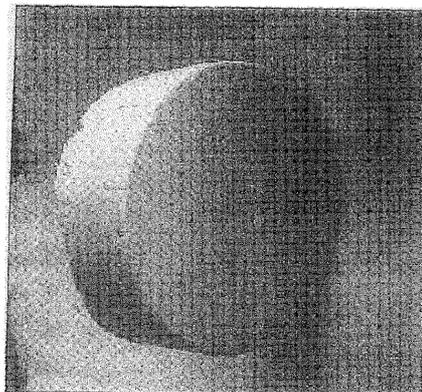
Фиг. 22



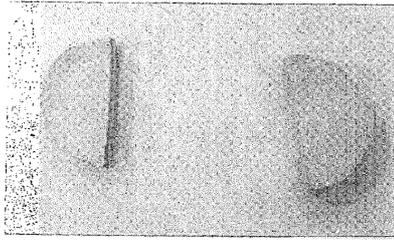
Фиг. 23



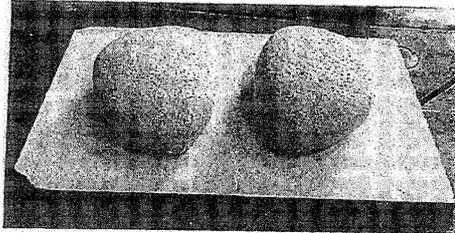
Фиг. 24



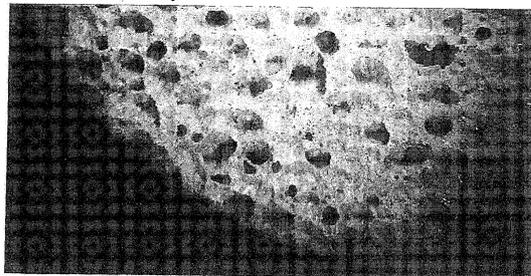
Фиг. 25



Фиг. 26



Фиг. 27



Фиг. 28