

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202292222 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.10.31

(22) Дата подачи заявки  
2021.01.29

(51) Int. Cl. C03B 1/00 (2006.01)  
C03C 1/02 (2006.01)  
C03C 13/06 (2006.01)  
C03B 5/235 (2006.01)  
C03C 3/097 (2006.01)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКЛОВИДНЫХ ВОЛОКОН

(31) 20154747.8

(32) 2020.01.30

(33) EP

(86) PCT/EP2021/052196

(87) WO 2021/152141 2021.08.05

(71) Заявитель:  
РОКВУЛ А/С (DK)

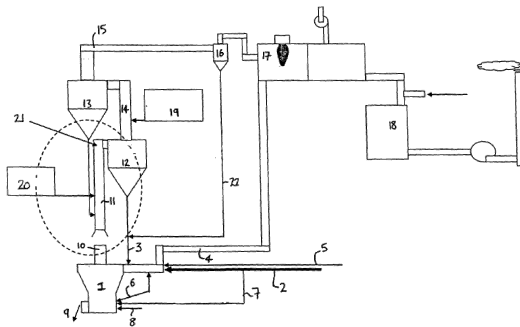
(72) Изобретатель:

Хансен Ларс Эльмекилле, Ларсен  
Эйвинд Волдбю (DK)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретением обеспечиваются способы изготовления искусственных стекловидных волокон (MMVF), включающие введение металлического алюминия в минеральную шихту и обладающие преимуществом меньшей усадки консолидированных продуктов из MMVF.



A1

202292222

202292222

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-575161EA/026

### СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКЛОВИДНЫХ ВОЛОКОН

#### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к способу изготовления искусственных стекловидных волокон (man-made vitreous fibres, ММVF) с использованием печи на газообразном топливе для плавления минеральной шихты.

#### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к способам изготовления ММVF и консолидированных продуктов из ММVF, таких как изоляционные продукты. Вообще, исходный минеральный материал (минеральную шихту) с заданным общим химическим составом плавят в печи, минеральный расплав выводят и направляют в устройство волокнообразования, такое как устройство наружного или внутреннего центрифугирования, волокна собирают, если нужно, подвергают дополнительной обработке, и формируют из них фетр, обычно, с использованием связующего.

В соответствии с уровнем техники, обычно используют либо электрическую, либо угольную печь.

Некоторые электрические печи могут быть дополнены возможностью подачи газообразного топлива и газа горения.

Из экологических соображений было бы желательно перейти с угольных печей на печи на газообразном топливе. Например, в качестве источника газообразного топлива может быть использован биогаз, который может быть углеродно-нейтральным. Кроме этого, газообразное топливо может быть дешевле угля из-за углеродного налога и уменьшенных затрат на промывку отходящих газов и другие системы снижения загрязнения для печей на газообразном топливе по сравнению с угольными печами.

Когда для подготовки минерального расплава для производства волокон используют угольную печь, получаемые консолидированные продукты из ММVF характеризуются усадкой, величина которой лежит в приемлемом диапазоне, в условиях высокой температуры или при пожаре, обычно менее 40% поверхностной усадки. Усадку следует исключать или, по меньшей мере, насколько возможно сокращать, так как при усадке консолидированных продуктов из ММVF под действием высокой температуры могут образовываться термические мостики и зазоры в изоляции.

Авторами изобретения обнаружено, что степень усадки консолидированных продуктов из ММVF при использовании ММVF, полученных в печи на газообразном топливе, превышала предел приемлемого диапазона.

Существенно важно найти решение этой проблемы, одновременно используя экологические преимущества газа по сравнению с углем в качестве топлива и сохраняя качество и безопасность продукта.

#### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Указанная проблема усадки консолидированных продуктов из ММVF, получаемых

с использованием печей на газообразном топливе, решена авторами изобретения посредством способа по пункту 1 формулы изобретения.

Металлический алюминий может иметь форму алюминиевого гранулята. Алюминиевый гранулят содержит, главным образом, металлический алюминий с наружным слоем из оксида алюминия из-за воздействия кислорода. Алюминиевый гранулят может содержать от 45% вес. металлического алюминия до 100% вес. металлического алюминия, например, до 99,5% вес. или до 99% вес. металлического алюминия.

В данном способе является предпочтительным напрямую вводить алюминиевый гранулят либо непосредственно в ванну расплава в печи, либо прямо над ванной расплава. В противном случае, металлический алюминий алюминиевого гранулята слишком окислялся бы до плавления и вступления в контакт с  $Fe_2O_3$ , тем самым, сводя на нет преимущества с точки зрения теплового баланса и окислительно-восстановительного процесса, достигаемые благодаря введению металлического Al в минеральную шихту.

Непосредственное введение алюминиевого гранулята либо в ванну расплава в печи, либо прямо над ванной расплава является особенно предпочтительным в циклонной печи, где другой минеральный компонент плавится в циклоне, в отличие от других типов печи, где весь твердый материал шихты может быть расплавлен в ванне расплава.

Другой пригодной формой металлического алюминия является один или несколько блоков. Блоки могут иметь надлежащую форму, например, стержней, брусков, болванок или другую форму. Блоки могут содержать от 45 до 100% вес. металлического алюминия. Стержень металлического алюминия или блок иной формы может быть введен непосредственно в минеральный расплав в печи. Этот способ позволяет исключить чрезмерное или преждевременное окисление металлического алюминия до смешивания с ванной минерального расплава, тем самым, повышая эффективность процесса. Алюминиевые блоки, используемые в соответствии с изобретением, могут содержать, главным образом, металлический алюминий с наружным слоем из оксида алюминия, образовавшимся из-за воздействия кислорода. Без связи с какой-либо теорией полагают, что алюминиевые блоки, введенные непосредственно в расплав или в печь на небольшом расстоянии над поверхностью ванны расплава, плавятся, образуя капли, которые взаимодействуют с минеральным расплавом, создавая восстановительную среду по мере окисления металлического алюминия. Тем не менее, точка, в которой блоки Al вводят в печь, не имеет ограничений, например, блоки Al могут быть введены через верх печи.

Предпочтительно, металлический Al составляет от 0,1 до 0,5% вес. всей минеральной шихты, например, от 0,2 до 0,4% вес. или около 0,2% вес. всей минеральной шихты, при этом, содержание выражено как содержание металлического алюминия.

Другим преимуществом введения металлического Al непосредственно в расплав или прямо над поверхностью ванны минерального расплава в печи является то, что окисление Al более экзотермично, чем горение угля, поэтому в соответствии с изобретением наблюдается дополнительный тепловой эффект благодаря добавлению

металлического Al.

Когда используют циклонную печь, гранулят Al вводят, предпочтительно, непосредственно в ванну расплава или прямо над ванной расплава. Предпочтительно, для этого применяют горелку или фурму. Предпочтительно, используют кислородотопливную горелку с центральным каналом для транспорта гранулята Al.

Гранулят Al может быть введен над поверхностью ванны расплава, в точке на расстоянии до 50 от поверхности ванны расплава, предпочтительно, до 30 см.

Гранулят может быть введен отдельно, как компонент исходного материала, который включает только гранулят Al. В качестве альтернативы, он может быть предварительно смешан с наполнителем, и смесь гранулята Al и наполнителя введена в печь как смешанный компонент исходного материала. Надлежащие наполнители включают различные исходные материалы, которые могут представлять собой используемые дополнительные исходные материалы. Например, гранулят Al может быть до введения в циклонную печь смешан с мелкодисперсной фракцией фильтра (т.е., мелкодисперсными частицами исходного материала, извлекаемыми из выпускного фильтра циклонной печи). Надлежащее процентное содержание гранулята Al в смеси с наполнителем составляет от 1 до 90%, например, от 10 до 70%, например, от 15 до 50%. Благодаря использованию смеси гранулята Al с другими исходными материалами может быть улучшено регулирование дозирования металлического алюминия в данном процессе.

Гранулят Al хорошо смешивается с расплавом, так как величины плотности расплава и металлического алюминия близки.

Размер частиц (средний диаметр частицы, при этом, за диаметр частицы принимается наибольшее измерение частицы несмотря на то, является ли частица сферической) гранулята Al может не превышать 15 мм, например, составлять менее 10 мм, например, менее 5 мм. В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения размер частиц (средний диаметр частицы, при этом, за диаметр частицы принимается наибольшее измерение частицы несмотря на то, является ли частица сферической) гранулята Al может не превышать 3 мм, например, составлять менее 2 мм, например, менее 1 мм.

Время пребывания минерального материала в форме частиц и минерального расплава в циклонной печи меньше, чем в плавильных печах других типов, таким образом, в данном способе важно, что кинетика реакции очень быстрая.

Если используют печь-ванну, возможно использование более крупных блоков металлического алюминия, чем в циклонной печи.

Вся минеральная шихта, минеральный расплав и MMVF должны характеризоваться содержанием оксида железа, по меньшей мере, 3% вес.

В соответствии с изобретением, исходный минеральный материал может содержать от 0,1 до 0,5% вес. металлического алюминия.

В предпочтительных вариантах осуществления изобретения MMVF характеризуются следующим содержанием компонентов в пересчете на оксиды,

выраженным в весовых процентах:

SiO<sub>2</sub>: по меньшей мере, 30, 32, 35 или 37; не более 51, 48, 45 или 43

CaO: по меньшей мере, 8 или 10; не более 30, 25 или 20

MgO: по меньшей мере, 2 или 5; не более 25, 20 или 15

FeO (включая Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): по меньшей мере, 4 или 5; не более 15, 12 или 10

FeO+MgO: по меньшей мере, 10, 12 или 15; не более 30, 25 или 20

Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 10

CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O: по меньшей мере, 10 или 15; не более 30 или 25

TiO<sub>2</sub>: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 6, 4 или 2

TiO<sub>2</sub>+FeO: по меньшей мере, 4 или 6; не более 18 или 12

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 5 или 3

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 8 или 5

Другие: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 8 или 5

Волокна, предпочтительно, характеризуются температурой плавления более 800°C, более предпочтительно, более 1000°C.

MMVF, изготовленные способом настоящего изобретения, предпочтительно имеют следующий состав в весовых процентах:

SiO<sub>2</sub> от 35 до 50

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 12 до 30

TiO<sub>2</sub> до 2

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 3 до 12

CaO от 5 до 30

MgO до 15

Na<sub>2</sub>O от 0 до 15

K<sub>2</sub>O от 0 до 15

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> до 3

MnO до 3

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 3

Другой предпочтительный состав MMVF в весовых процентах следующий:

SiO<sub>2</sub> 39-55%, предпочтительно, 39-52%

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16-27%, предпочтительно, 16-26%

CaO 6-20%, предпочтительно, 8-18%

MgO 1-5%, предпочтительно, 1-4,9%

Na<sub>2</sub>O 0-15%, предпочтительно, 2-12%

K<sub>2</sub>O 0-15%, предпочтительно, 2-12%

R<sub>2</sub>O (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 10-14,7%, предпочтительно, 10-13,5%

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0-3%, предпочтительно, 0-2%

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (всего железа) 3-15%, предпочтительно, 3,2-8%

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-2%, предпочтительно, 0-1%

TiO<sub>2</sub> 0-2% , предпочтительно, 0,4-1%

Другие 0-2,0%

Этот состав может быть надлежащим образом использован в устройстве внутреннего центрифугирования в качестве волокнообразующего устройства.

Предпочтительный диапазон содержания  $\text{SiO}_2$  составляет 39-44%, в частности, 40-43%. Предпочтительный диапазон содержания  $\text{CaO}$  составляет 9,5-20%, в частности, 10-18%.

Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  лежит, предпочтительно, в диапазоне от 16 до 27%, предпочтительно, больше 17% и/или, предпочтительно, меньше 25%, и сумма  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , предпочтительно, составляет от 57 до 75%, предпочтительно, больше 60% и/или, предпочтительно, меньше 72%. Количество оксидов щелочных металлов (натрия и калия) ( $\text{R}_2\text{O}$ ) в данной композиции волокон, предпочтительно, довольно большое, но ограничено диапазоном 10-14,7%, предпочтительно, от 10 до 13,5%, при этом, количество оксида магния равно, по меньшей мере, 1%.

Предпочтительно,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  присутствует в количестве 17-25%, в частности, 20-25%, в частности, 21-24,5%, в частности, около 22-23 или 24% вес. Преимущественно, содержание оксида магния составляет, по меньшей мере, 1,5%, в частности, 2%, предпочтительно, 2-5%, особенно предпочтительно, >2,5% или 3%.

В том случае, когда  $\text{Al}_2\text{O}_3$  присутствует в количестве, по меньшей мере, 22% вес., количество оксида магния составляет, предпочтительно, по меньшей мере, 1%, преимущественно, около 1-4%, предпочтительно, 1-2%, в частности, 1,2-1,6%. Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , предпочтительно, ограничено 25%, чтобы температура ликвидуса оставалась достаточно низкой. Когда  $\text{Al}_2\text{O}_3$  присутствует в меньшем количестве, например около 17-22%, количество оксида магния составляет, предпочтительно, по меньшей мере, 2%, в частности, около 2-5%.

Общее количество оксидов Fe и Mg важно с точки зрения регулирования усадки изолирующих MMVF. Кроме этого, отношение Fe(II):Fe(III) влияет на параметры изолирующих MMVF в при пожаре, когда окисление Fe(II) до Fe(III) является благоприятным процессом.

Преимущественно, волокна характеризуются отношением Fe(II):Fe(III) более 2, например, более 3. Доля Fe(3+) относительно всего Fe в расплаве до стадии волокнообразования и в MMVF, вообще, меньше 5%, предпочтительно, меньше 3%. Это благоприятно для предотвращения усадки.

Количество Fe(2+) и Fe(3+) может быть определено методом Мессбауэра (Mössbauer), описанным в «The ferric/ferrous ratio in basalt melts at different oxygen pressures», Helgason et al, Hyperfine Interact., 45 (1989) pp 287-294.

Общее количество железа в расплаве или композиции волокон относительно всех оксидов в расплаве или волокнах рассчитывается как  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Это является стандартным способом выражения количества железа, присутствующего в подобных MMVF, шихте или расплаве. Реальное весовое процентное содержание FeO и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  будет изменяться в зависимости от соотношения оксидов железа и/или состояние окисления-восстановления

расплава. Например,

Таблица 1

Fe(3+)	Fe(2+)/Fe(3+)=80/20		Fe(2+)/Fe(3+)=97/3	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3	2,2	0,6	2,6	0,09
4	2,9	0,8	3,5	0,12
5	3,6	1,0	4,4	0,15
6	4,3	1,6	5,2	0,18
7	5,0	1,4	6,1	0,21
8	5,8	1,6	7,0	0,24

Таким образом, специалистам понятно, что реальное весовое процентное содержание присутствующих оксидов железа будет зависеть от отношения Fe(2+) к и Fe(3+).

Для формирования MMVF из минерального расплава, полученного данным способом, может быть применен любой способ, такой как внутреннее центрифугирование или наружное центрифугирование. Надлежащие способы прядения волокон и соответствующие устройства известны специалистам в данной области.

Способ настоящего изобретения может дополнительно включать консолидацию MMVF с образованием консолидированного продукта, содержащего MMVF. Консолидированные продукты могут быть использованы во множестве вариантов применения, включая огнестойкие изолирующие продукты. В таких вариантах применения уменьшение усадки особенно благоприятно, так как позволяет сократить риск образования термических мостиков и зазоров в изоляции.

Общее количество оксида железа в волокнах может соответствовать смеси FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, однако, как это принято, выражается как Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Способ настоящего изобретения может быть успешно использован во всех типах печей на газообразном топливе для плавления исходного минерального материала. Предпочтительными типами печей на газообразном топливе являются печь-ванна и циклонная печь. Нагревание в результате горения газообразного топлива может быть дополнено нагреванием при помощи электродов, например, джоулевой теплотой с использованием погруженных молибденовых электродов.

Когда используют гранулят Al, его вводят, предпочтительно, либо непосредственно в ванну расплава, либо прямо над ванной расплава, чтобы исключить преждевременное окисление металлического Al, содержащегося в гранулах. Алюминиевый гранулят может быть введен в печь при помощи горелки или фурмы. Предпочтительно, используют кислородотопливную горелку с центральным каналом для транспорта гранулята Al.

Алюминий в блоках, предпочтительно, вводят в ванну расплава отдельно от другого минерального компонента. В циклонной печи другой минеральный компонент, обычно, имеет форму частиц и плавится в циклоне, тогда как алюминиевые блоки

плавятся, главным образом, в ванне расплава.

Размер частиц (средний диаметр частицы, при этом, за диаметр частицы принимается наибольшее измерение частицы несмотря на то, является ли частица сферической) гранулята Al может не превышать 15 мм, например, составлять менее 10 мм, например, менее 5 мм. В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения размер частиц (средний диаметр частицы, при этом, за диаметр частицы принимается наибольшее измерение частицы несмотря на то, является ли частица сферической) гранулята Al может не превышать 3 мм, например, составлять менее 2 мм, например, менее 1 мм.

Алюминиевый гранулят обычно содержит от 50 до 95% вес. металлического Al, например, около 90% вес. металлического Al. Блоки могут содержать до 100% вес. металлического Al, например, до 99% вес. металлического Al благодаря меньшему отношению площади поверхности к объему в блоках, нежели в гранулах, и, следовательно, меньшему поверхностному окислению Al.

Твердый гранулят Al, введенный непосредственно в ванну расплава, хорошо смешивается с минеральным расплавом, так как величины плотности минерального расплава и металлического алюминия близки.

Газообразное топливо может представлять собой природный газ, метан, пропан, биогаз (метан, полученный из биологических источников) или любое другое надлежащее углеродсодержащее газообразное топливо. Предпочтительно, газообразное топливо представляет собой природный газ или биогаз, наиболее предпочтительно, биогаз.

В соответствии с данным способом, газ горения содержит кислород, участвующий в горении топлива. Газ горения может представлять собой воздух естественного состава, чистый кислород или обогащенный кислородом воздух.

Исходные материалы, используемые в качестве других минеральных компонентов минеральной шихты, могут быть выбраны, как известно, из широкого спектра источников. Они включают базальт, диабаз, нефелин сиенит, стеклобой, боксит, кварцевый песок, известняк, разорит, тетраборат натрия, доломит, соду, оливинный песок, поташ. Также могут быть использованы отходы.

Волокна MMV могут быть изготовлены из минерального расплава обычным образом. Как правило, применяют способ волокнообразования путем центрифугирования.

Например, волокна могут быть изготовлены с использованием технологии вращающегося стакана, из которого расплав выбрасывается наружу через перфорацию. Расплав преобразуют в волокна с использованием технологии вращающегося стакана (также иногда описываемой как технология внутреннего центрифугирования). В конце подводящего канала до подачи во вращающийся стакан расплав, предпочтительно, имеет температуру в диапазоне от 1260°C до 1300°C. Предпочтительно, при переходе из подводящего канала во внутреннюю часть вращающегося стакана расплав охлаждается таким образом, что температура расплава, проходящего через перфорацию вращающегося стакана, лежит в диапазоне от 1150°C до 1220°C.



Вязкость расплава во вращающемся стакане лежит в диапазоне от 50 до 400 Па·с, предпочтительно, от 100 до 320 Па·с, более предпочтительно, от 150 до 270 Па·с. Если вязкость слишком мала, волокна заданной толщины не образуются. Если вязкость слишком велика, расплав не проходит через отверстия во вращающемся стакане с надлежащей скоростью вытягивания, что может приводить к блокированию отверстий вращающегося стакана.

Предпочтительно, расплав преобразуют в волокна способом вращающегося стакана при температуре от 1160 до 1210°C. Вязкость расплава, предпочтительно, лежит в диапазоне 100-320 Па·с при температуре прядения.

В одном из альтернативных способов волокнообразования расплав может отбрасываться вращающимся диском, волокнообразование может быть активировано дутьевым газом, пропускаемым струями через расплав.

В одном из предпочтительных способов, волокнообразование осуществляют путем наливания расплава на первый ротор каскадной прядильной машины. Предпочтительно, в этом случае расплав наливают на первый из набора, состоящего из двух, трех или четырех роторов, каждый из которых вращается вокруг, по существу, горизонтальной оси, при этом, расплав отбрасывается первым ротором, главным образом, на второй (ниже расположенный) ротор, хотя некоторое количество может сбрасываться в первого ротора в форме волокон, со второго ротора расплав сбрасывается в форме волокон, хотя некоторое количество может отбрасываться на третий (ниже расположенный) ротор, и т.д.

MMVF могут быть собраны и консолидированы с образованием консолидированного продукта, содержащего MMVF. Обычно, такой продукт может содержать дополнительные компоненты, такие как связующее, при этом, MMVF является основным компонентом. Волокна, получаемые в процессе прядения, предпочтительно собирают на ленточный конвейер. Связующее может быть нанесено на MMVF либо в процессе волокнообразования, либо после волокнообразования. Связующее может быть нанесено на MMVF путем распыления. Может быть использовано связующее традиционных для волокон каменной ваты типов. Затем связующее отверждают, получая готовый продукт. MMVF со связующим, как правило, отверждают в вулканизационной печи, обычно, потоком горячего воздуха. Поток горячего воздуха может быть направлен на MMVF со связующим снизу или сверху или с переменных направлений в разных зонах в направлении длины вулканизационной печи. После отверждения затвердевшая композиция связующего скрепляет волокна, образуя среди волокон структурно когерентную матрицу.

MMVF после сбора могут быть консолидированы, например, путем перекрестной укладки и/или продольного сжатия и/или вертикального сжатия, как известно в данной области. Обычно, консолидацию проводят до отверждения связующего.

MMVF, изготовленные способом настоящего изобретения, и MMVF настоящего изобретения характеризуются превосходной стойкостью при 1000°C. MMVF могут быть преобразованы в продукт, предназначенный для использования в любом из традиционных

вариантов применения MMVF, например, для звуко- или теплоизоляции и противопожарной защиты. К таким продуктам относятся изоляционные продукты, такие как фетр, гранулят, плиты, рулоны, участки трубы и другие продукты, такие как потолочные плитки, стеновые плитки, фасадные элементы, акустические элементы и волокно в массе. Продукт может быть использован в среде с высокой температурой, например, от, по меньшей мере, 400°C до 1000°C.

Продукт может иметь любую плотность, соответствующую варианту применения и известную в данной области. Например, плотность может лежать в диапазоне от 20 до 1200 кг/м<sup>3</sup>, предпочтительно, от 20 до 300 кг/м<sup>3</sup>, более предпочтительно, от 20 до 150 кг/м<sup>3</sup>. Преимущества с точки зрения усадки наблюдаются для всех типов продуктов, однако, обнаружено, что особенно существенное сокращение усадки происходит, когда плотность продукта относительно низкая, например, не более от 50 кг/м<sup>3</sup>.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг. 1 представляет собой схему циклонной печи, используемой в одном из вариантов осуществления изобретения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фиг. 1 показана циклонная печь 1, которая включает верхнюю цилиндрическую часть, нижнюю часть в форме усеченного конуса и цилиндрическую базовую часть. Предварительно нагретый минеральный материал (содержащий или не содержащий металлический алюминий) вводят в циклонную печь по каналу 3 смешанного минерального материала. Топливо подают по каналу 2. Минеральный материал вводят одновременно с воздухом горения, подаваемым по каналу 4, и вторичным воздухом, который подают по линии подачи 5 сжатого воздуха и вводят в циклонную печь через фурму (не показана), чтобы обеспечить тщательное перемешивание топлива с воздухом горения и поддерживать циркуляционное течение газов горения и суспендированного материала в циклонной печи 1. Небольшое количество газа горения и топлива отводят из основной линии подачи, ведущей в верхнюю часть циклонной печи, и направляют в нижнюю часть циклонной печи по линиям, обозначенным на фиг. 1 как 6 и 7, соответственно. Вторичное топливо, такое как природный газ, вводят по линии 8 в базовую часть циклонной печи.

Топливо сгорает в газе горения, предпочтительно, представляющем собой чистый кислород или обогащенный кислородом воздух, в циклонной печи, тем самым, расплавляя минеральную шихту.

Металлический алюминий вводят, предпочтительно, непосредственно в циклонную печь 1. Металлический алюминий может быть обеспечен в форме алюминиевого гранулята и введен в точке 8 через кислородотопливную горелку с центральной фурмой для металлического алюминия. Другую минеральную шихту подают из бункера 19 и подогревают, как описано выше. В качестве альтернативы, металлический алюминий может быть обеспечен в виде блока, имеющего форму стержня, бруска или болванки. Алюминиевый блок, предпочтительно, вводят в циклонную печь отдельно от

исходного материала в форме частиц, он может быть введен непосредственно в ванну расплава. Алюминиевые блоки меньшего размера могут быть введены в печь через выходные отверстия горелок. Более крупные алюминиевые блоки могут быть поданы в печь через впуск в верхней части печи. Кусковой алюминий может быть введен путем дутья или иным способом непосредственно в ванну расплава у основания печи; это может быть предпочтительным с точки зрения сведения к минимуму окисления алюминия циркулирующими в печи газами, и, тем самым, достижения максимального эффекта от взаимодействия металлического алюминия с другими минеральными компонентами.

Минеральная шихта плавится в циклонной печи 1, образующийся минеральный расплав собирается в базовой части циклонной печи 1 и выходит из печи через выпуск 9. Отходящие газы, образующиеся при горении топлива, подают по дымоходу 10 вверху циркуляционной камеры сгорания в первый канал 11, где их используют для нагревания минеральных материалов. Затем отходящие газы поступают в первый циклон 12 предварительного нагрева, где их отделяют от минеральной шихты. Из первого циклона 12 предварительного нагрева отходящие газы по каналу 14 поступают во второй циклон 13 предварительного нагрева. После второго циклона 13 предварительного нагрева отходящие газы по каналу 15 проходят через циклонный пылеуловитель 16 в камеру 17, где осуществляют косвенный теплообмен с газом горения с целью подогревания газа горения. Затем отходящие газы подвергают обработке, делающей их безопасными для выброса в атмосферу, например, в фильтре 18 и, если нужно, на установке обессеривания. Мелкодисперсная фракция с фильтра 18 может быть рециркулирована в печь 1.

Некоторое количество минеральной шихты может уноситься отходящими газами из второго циклона 13 предварительного нагрева по каналу 15. Его отделяют от отходящих газов в циклонном пылеуловителе 16 и рециркулируют по каналу 22, соединяя с подогретыми минеральными материалами.

Отходящие газы выходят из циркуляционной камеры сгорания по дымоходу 10. Они поступают в первый канал 11, где их быстро охлаждают закалочным воздухом от температуры в диапазоне от 1500 до 1900°C, обычно, около 1650°C, до температуры в диапазоне от 900 до 1200°C, обычно, около 1100°C. Наличие горячих отходящих газов с температурой более 800°C является выгодным, в частности, когда нужно удалять аммиак из алюминиевого шлака до его плавления.

Исходные материалы, используемые в качестве других минеральных компонентов минеральной шихты, могут быть выбраны, как известно, из широкого спектра источников. Они включают базальт, диабаз, нефелин сиенит, стеклобой, боксит, кварцевый песок, известняк, разорит, тетраборат натрия, доломит, соду, оливинный песок, поташ. Также могут быть использованы отходы.

Волокна MMV могут быть изготовлены из минерального расплава обычным образом. Как правило, применяют способ волокнообразования путем центрифугирования.

Например, волокна могут быть изготовлены с использованием технологии вращающегося стакана, из которого расплав выбрасывается наружу через перфорацию.

Расплав преобразуют в волокна с использованием технологии вращающегося стакана (также иногда описываемой как технология внутреннего центрифугирования). В конце подводящего канала до подачи во вращающийся стакан расплав, предпочтительно, имеет температуру в диапазоне от 1260°C до 1300°C. Предпочтительно, при переходе из подводящего канала во внутреннюю часть вращающегося стакана расплав охлаждается таким образом, что температура расплава, проходящего через перфорацию вращающегося стакана, лежит в диапазоне от 1150°C до 1220°C.

Вязкость расплава во вращающемся стакане лежит в диапазоне от 50 до 400 Па·с, предпочтительно, от 100 до 320 Па·с, более предпочтительно, от 150 до 270 Па·с. Если вязкость слишком мала, волокна заданной толщины не образуются. Если вязкость слишком велика, расплав не проходит через отверстия во вращающемся стакане с надлежащей скоростью вытягивания, что может приводить к блокированию отверстий вращающегося стакана.

Предпочтительно, расплав преобразуют в волокна способом вращающегося стакана при температуре от 1160 до 1210°C. Вязкость расплава, предпочтительно, лежит в диапазоне 100-320 Па·с при температуре прядения.

В одном из альтернативных способов волокнообразования расплав может отбрасываться вращающимся диском, волокнообразование может быть активировано дутьевым газом, пропускаемым струями через расплав.

В одном из предпочтительных способов, волокнообразование осуществляют путем наливания расплава на первый ротор каскадной прядильной машины. Предпочтительно, в этом случае расплав наливают на первый из набора, состоящего из двух, трех или четырех роторов, каждый из которых вращается вокруг, по существу, горизонтальной оси, при этом, расплав отбрасывается первым ротором, главным образом, на второй (ниже расположенный) ротор, хотя некоторое количество может сбрасываться в первого ротора в форме волокон, со второго ротора расплав сбрасывается в форме волокон, хотя некоторое количество может отбрасываться на третий (ниже расположенный) ротор, и т.д.

MMVF могут быть собраны и консолидированы с образованием консолидированного продукта, содержащего MMVF. Обычно, такой продукт может содержать дополнительные компоненты, такие как связующее, при этом, MMVF является основным компонентом. Волокна, получаемые в процессе прядения, предпочтительно собирают на ленточный конвейер. Связующее может быть нанесено на MMVF либо в процессе волокнообразования, либо после волокнообразования. Связующее может быть нанесено на MMVF путем распыления. Может быть использовано связующее традиционных для волокон каменной ваты типов. Затем связующее отверждают, получая готовый продукт. MMVF со связующим, как правило, отверждают в вулканизационной печи, обычно, потоком горячего воздуха. Поток горячего воздуха может быть направлен на MMVF со связующим снизу или сверху или с переменных направлений в разных зонах в направлении длины вулканизационной печи. После отверждения затвердевшая композиция связующего скрепляет волокна, образуя среди волокон структурно

когерентную матрицу.

MMVF после сбора могут быть консолидированы, например, путем перекрестной укладки и/или продольного сжатия и/или вертикального сжатия, как известно в данной области. Обычно, консолидацию проводят до отверждения связующего.

MMVF, изготовленные способом настоящего изобретения, и MMVF настоящего изобретения характеризуются превосходной стойкостью при 1000°C. MMVF могут быть преобразованы в продукт, предназначенный для использования в любом из традиционных вариантов применения MMVF, например, для звуко- или теплоизоляции и противопожарной защиты. К таким продуктам относятся изоляционные продукты, такие как фетр, гранулят, плиты, рулоны, участки трубы и другие продукты, такие как потолочные плитки, стеновые плитки, фасадные элементы, акустические элементы и волокно в массе. Продукт может быть использован в среде с высокой температурой, например, от, по меньшей мере, 400°C до 1000°C.

Продукт может иметь любую плотность, соответствующую варианту применения и известную в данной области. Например, плотность может лежать в диапазоне от 20 до 1200 кг/м<sup>3</sup>, предпочтительно, от 20 до 300 кг/м<sup>3</sup>, более предпочтительно, от 20 до 150 кг/м<sup>3</sup>. Преимущества с точки зрения усадки наблюдаются для всех типов продуктов, однако, обнаружено, что особенно существенное сокращение усадки происходит, когда плотность продукта относительно низкая, например, не более от 50 кг/м<sup>3</sup>.

Любой из предпочтительных признаков, раскрытых в настоящей заявке, считается раскрытым в сочетании с любым другим предпочтительным признаком.

#### ПРИМЕР

Контрольные образцы консолидированных продуктов из MMVF приготовили из минерального расплава (контрольной шихты) следующего состава:

Таблица 2

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
42,6	18,5	0,5	6,9	0,0	18,9	9,2	1,9	0,8	0,2	0,5

Изготовили контрольные отвержденные продукты с плотностью 30 кг/м<sup>3</sup>. Минеральный расплав готовили в циклонной печи, соответствующей показанной на фиг. 1.

Соответствующие изобретению образцы консолидированных продуктов из MMVF приготовили с использованием MMVF, выпряжденных из минеральной шихты, состав которой представлен в таблице 2, с добавлением 0,4% вес. гранулята Al (эквивалентного 0,2% вес. Al). Добавленный гранулят Al был введен помимо всех компонентов, перечисленных в таблице 2. Плотность примерных продуктов также составляла 30 кг/м<sup>3</sup>.

Поверхностную усадку контрольных продуктов и примерных продуктов измеряли способом внутреннего испытания, состоящим из 5 стадий:

- 1) нарезка, измерение и взвешивание образцов испытываемой единицы продукции;
- 2) выбор репрезентативных образцов испытываемой единицы продукции;
- 3) удаление связующего при 590°C;

- 4) спекание образцов при  $1000^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$  в течении 30 минут; и
- 5) измерение площади спеченных образцов.

Усадку оценивали как % сокращения площади поверхности каждого продукта. Главная поверхность каждого продукта, усадку которой измеряли, эквивалентна главной поверхности, которая была бы наблюдаемый в готовом продукте. Например, измеряли сокращение длины и ширины пластины, но не ее толщины.

Относительная поверхностная усадка исходной шихты с добавлением и без добавления гранулята алюминия

Таблица 3. Испытания с использованием гранулята алюминия

Номер образца	Усадка контрольных образцов	Усадка образцов, соответствующих изобретению
1	87,7	72,7
2	103,6	79,0
3	83,7	75,0
4	117,6	
5	107,6	
Нормализованная средняя усадка	100,0	75,6

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ изготовления искусственных стекловидных волокон (man-made vitreous fibres, сокращенно ММVF), содержащих, по меньшей мере, 3% вес. оксидов железа, выраженных как  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , включающий стадии, на которых

обеспечивают печь на газообразном топливе, исходный минеральный материал, газообразное топливо и газ горения, при этом исходный минеральный материал содержит (а) металлический алюминий и (b) другой минеральный компонент,

вводят исходный минеральный материал, газообразное топливо и газ горения в печь,

сжигают газообразное топливо, тем самым, расплавляя исходный минеральный материал с образованием ванны минерального расплава у основания печи,

тем самым, получают минеральный расплав, и

формируют из минерального расплава ММVF.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий консолидацию ММVF с получением консолидированного продукта, содержащего ММVF.

3. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором печь на газообразном топливе представляет собой печь-ванну или циклонную печь.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий введение металлического алюминия в ванну расплава или непосредственно над ванной расплава.

5. Способ по п. 4, в котором металлический алюминий вводят непосредственно в минеральный расплав.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором металлический алюминий имеет форму алюминиевого гранулята, при этом, алюминиевый гранулят содержит от 45 до 100% вес. металлического алюминия.

7. Способ по п. 6, в котором алюминиевый гранулят характеризуется средним диаметром частиц менее 3 мм.

8. Способ по любому из пп. 1-5, в котором металлический алюминий имеет форму одного или нескольких блоков.

9. Способ по п. 8, в котором один или несколько блоков имеют форму стержней.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором ММVF характеризуются отношением  $\text{FeO}:\text{Fe}_2\text{O}_3$  более 2, например, более 3.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором ММVF характеризуются следующим содержанием оксидов в весовых процентах:

$\text{SiO}_2$  от 35 до 50

$\text{Al}_2\text{O}_3$  от 12 до 30

$\text{TiO}_2$  до 2

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 3 до 12

$\text{CaO}$  от 5 до 30

$\text{MgO}$  до 15

$\text{Na}_2\text{O}$  от 0 до 15

$K_2O$  от 0 до 15

$P_2O_5$  до 3

$MnO$  до 3

$V_2O_3$  до 3.

12. Способ по любому из п. 1-10, в котором MMVF характеризуются следующим содержанием оксидов в весовых процентах:

$SiO_2$  от 30 до 51

$CaO$  от 8 до 30

$MgO$  от 2 до 25

$FeO$  (включая  $Fe_2O_3$ ) от 4 до 15

$FeO+MgO$  от 10 до 30

$Na_2O+K_2O$  не более 10

$CaO+Na_2O+K_2O$  от 10 до 30

$TiO_2$  не более 6

$TiO_2+FeO$  от 4 до 18

$V_2O_3$  не более 5

$P_2O_5$  не более 8

Другие более 8

13. Способ по любому из пп. 1-10, в котором MMVF характеризуются следующим содержанием оксидов в весовых процентах:

$SiO_2$  39-55%, предпочтительно, 39-52%

$Al_2O_3$  16-27%, предпочтительно, 16-26%

$CaO$  6-20%, предпочтительно, 8-18%

$MgO$  1-5%, предпочтительно, 1-4,9%

$Na_2O$  0-15%, предпочтительно, 2-12%

$K_2O$  0-15%, предпочтительно, 2-12%

$R_2O$  ( $Na_2O+K_2O$ ) 10-14,7%, предпочтительно, 10-13,5%

$P_2O_5$  0-3%, предпочтительно, 0-2%

$Fe_2O_3$  (всего железа) 3-15%, предпочтительно, 3,2-8%

$V_2O_3$  0-2%, предпочтительно, 0-1%

$TiO_2$  0-2% , предпочтительно, 0,4-1%

Другие 0-2,0%

По доверенности



ΦΝΤ. 1

