

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047118**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.06.03

(21) Номер заявки
202292223

(22) Дата подачи заявки
2021.01.29

(51) Int. Cl. **C03B 3/00** (2006.01)
C03B 5/027 (2006.01)
C03B 5/167 (2006.01)
C03C 1/00 (2006.01)
C03C 13/06 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СТЕКЛОВИДНЫХ ВОЛОКОН**

(31) **20154746.0**

(32) **2020.01.30**

(33) **EP**

(43) **2022.10.31**

(86) **PCT/EP2021/052195**

(87) **WO 2021/152140 2021.08.05**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
РОКВУЛ А/С (DK)

(72) Изобретатель:
**Хансен Ларс Эльмекилле, Ларсен
Эйвинд Волдбю (DK)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) **WO-A1-9928252
US-A-4697274**

(57) Изобретением обеспечиваются способы изготовления искусственных стекловидных волокон (MMVF), включающие обеспечение электрической печи с молибденовыми электродами; обеспечение исходного минерального материала, при этом исходный минеральный материал содержит (а) материал в форме частиц, включающий металлический алюминий; и (b) другой минеральный компонент, введение исходного минерального материала в печь; плавление исходного минерального материала с образованием минерального расплава и формирование из минерального расплава MMVF, обладающих преимуществом меньшей усадки консолидированных продуктов MMVF.

B1

047118

047118

B1

Область техники

Изобретение относится к способу изготовления искусственных стекловидных волокон (man-made vitreous fibres, MMVF) с использованием электрической печи для плавления минеральной шихты.

Уровень техники

Изобретение относится к способам изготовления MMVF и консолидированных продуктов из MMVF, таких как изоляционные продукты. В общем 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.

По ряду причин было бы предпочтительно использовать электрические печи вместо печей на угле, нефти или газообразном топливе. Электрические печи обладают потенциалом подвода энергии из возобновляемых источников, таким образом, экологические характеристики электрических печей могут быть более предпочтительными, чем у пламенных печей. Также было бы выгодно использовать возобновляемую электроэнергию, так как она дешевле, по меньшей мере отчасти, благодаря меньшему углеродному налогу. При использовании электрической печи и/или печи на газообразном топливе нет необходимости в очистке от диоксида серы, в отличие от печей на угле или нефти.

Однако в контексте электрической печи с молибденовыми электродами получаемые продукты MMVF могут быть склонны к чрезмерной усадке из-за спекания под действием высокой температуры. Усадка вызывает образование термических мостиков, что может быть критически важным в случае использования этих продуктов для противопожарной защиты. Вообще, менее плотные продукты подвержены большей усадке, чем продукты с высокой плотностью.

В стандартных электрических печах для производства MMVF используют молибденовые или угольные электроды. Электроды обеспечивают подвод энергии, необходимой для плавления минерального материала, посредством эффекта Джоуля. Обычно молибденовые электроды, характеризующиеся степенью чистоты >99% Mo, инертны по отношению к расплавленному минеральному материалу и, следовательно, не участвуют в восстановлении оксида Fe_2O_3 до FeO в ванне расплава. В консолидированном продукте из MMVF FeO является важным компонентом, ограничивающим усадку волокон, обеспечивающим огнестойкость, а также термическую стойкость.

Было бы желательно обеспечить способ, при помощи которого можно изготовить расплав, пригодный для переработки в MMVF, с использованием электрической печи с молибденовыми электродами для подготовки расплава, исключающий чрезмерную усадку продукта.

Требуется, чтобы готовые консолидированные продукты MMVF характеризовались усадкой из-за спекания под действием высокой температуры или при пожаре в приемлемом диапазоне. Усадку следует исключать или, по меньшей мере, насколько возможно сокращать, так как при усадке консолидированных продуктов из MMVF под действием высокой температуры могут образовываться термические мостики и зазоры в изоляции.

Было бы желательно дополнительно снизить степень усадки консолидированных продуктов из MMVF.

Сущность изобретения

Указанная проблема сокращения усадки консолидированных продуктов из MMVF решена авторами изобретения посредством способа по п.1 формулы изобретения.

Молибденовые электроды, в отличие от основных альтернативных типов электродов для плавильных печей минерального сырья (т.е. графитовых электродов), не создают восстановительные условия в минеральном расплаве. Из-за этого отношение Fe(II):Fe(III) меньше, чем нужно для огнестойких продуктов из MMVF, так как для увеличения этого отношения требуются восстановительные условия. Было бы желательно увеличить отношение Fe(II):Fe(III) для повышения термической стойкости и огнестойкости продуктов из MMVF. В частности, при большем отношении сводится к минимуму или даже предотвращается усадка продуктов из MMVF при пожаре или в ином случае воздействия высокой температуры.

В способе по п.1 формулы изобретения эта проблема решена путем введения в печь металлического алюминия либо в сочетании с другими минеральными материалами, либо отдельно, посредством чего создаются восстановительные условия, необходимые для достижения заданного отношения Fe(II) к Fe(III). Это обусловлено окислительно-восстановительной реакцией, в ходе которой металлический алюминий окисляется до Al_2O_3 , а Fe_2O_3 восстанавливается до FeO в соответствии с изобретением. Следовательно, соотношением FeO: Fe_2O_3 можно управлять.

Материал, включающий металлический алюминий, может содержать от 0,5 до 10 вес.% металлического алюминия, предпочтительно 1-5 вес.% металлического алюминия.

Материал, включающий металлический алюминий, помимо металлического алюминия, также может дополнительно содержать от 50 до 90 вес.% оксида алюминия. Оксид алюминия является важным компонентом MMVF, поэтому его введение наряду с металлическим алюминием является благоприятным.

Материал, включающий металлический алюминий, может иметь форму частиц, при этом 90 вес.%

частиц меньше 1 мм. Благодаря этому может быть упрощено равномерное перемешивание источника металлического алюминия с другим минеральным компонентом и, следовательно, получен минеральный расплав с единообразным составом. Предпочтительно этим материалом является алюминиевый шлак.

Алюминиевый шлак представляет собой твердые отходы производства алюминиевой промышленности и содержит, главным образом (обычно от 50 до 90% вес), Al_2O_3 и около 0,5-10 вес.% металлического алюминия. Алюминиевый шлак может составлять от 5 до 30% всей минеральной шихты, например приблизительно 10 вес.%

Алюминиевый шлак содержит от 0,5 до 10 вес.% металлического алюминия, от 50 до 90 вес.% оксида алюминия Al_2O_3 и от 0 до 49,5 вес.% других материалов. Предпочтительно алюминиевый шлак содержит от 2 до 6 вес.% металлического алюминия. Другие материалы могут представлять собой один или несколько из SiO_2 , MgO и Fe_2O_3 . Предпочтительно алюминиевый шлак содержит оксиды корунда, шпинели и муллита.

Алюминиевый шлак может характеризоваться регулируемым распределением частиц по размерам. Например, алюминиевый шлак может характеризоваться таким распределением частиц по размерам, в котором 90 вес.% частиц имеет размер менее 1 мм, предпочтительно 90 вес.% менее 200 мкм. Средний размер частиц алюминиевого шлака может составлять от 10 до 100 мкм, например от 20 до 30 мкм.

Содержание металлического алюминия и оксида алюминия (и других компонентов) в пересчете на сухое вещество определяют стандартными методами. Например, содержание металлического алюминия может быть определено путем проведения реакции материала с сильным основанием, таким как $NaOH$. Количество металлического алюминия может быть определено на основании количества выделившегося газообразного водорода.

Источником алюминиевого шлака могут быть предпочтительно отходы промышленного производства алюминия. В частности, в процессе литья алюминия образуется определенное количество обогащенных оксидом алюминия отходов, которые обычно называют "алюминиевый шлак". В нем может содержаться значительная доля металлического алюминия, поэтому его подвергают обработке, направленной на извлечение металлического алюминия. Как правило, алюминиевый шлак размельчают, размалывают и просеивают. Таким образом, получают некоторое количество алюминия для перепродажи и обогащенную алюминием фракцию, которую направляют в печь для повторного использования. Побочным продуктом также является обогащенный оксидом алюминия порошок. Этот порошок может быть эффективным образом использован в качестве источника металлического алюминия в способе настоящего изобретения. Обогащенный оксидом алюминия порошок, полученный при обработке алюминиевого шлака (измельченный алюминиевый шлак), может содержать некоторое количество галогенсодержащих материалов (по весу), например, от 1 до 10%, предпочтительно от 1 до 8%. В частности, галогенсодержащие материалы включают фторид и хлорид.

Обогащенную алюминием фракцию, необязательно, вместе с другими содержащими алюминий отходами подвергают переплавке в печи. Это может быть вращающаяся печь или печь для обжига. Содержащая алюминий отходы могут быть подвергнуты плазменному нагреву. Может быть использована обычная печь. В печь обычно вводят соль с целью снижения поверхностного натяжения алюминия и уменьшения окисления. Этот процесс позволяет получить фракцию алюминия для перепродажи, дополнительное количество алюминиевого шлака и солевой шлак. Солевой шлак может быть подвергнут влажной химической обработке (включающей промывку водой и высокотемпературную обработку) с получением солевой фракции, которую рециркулируют в печь, и дополнительного количества обогащенного оксидом алюминия порошка, который также может быть использован в качестве источника металлического алюминия в соответствии с изобретением. Этот продукт характеризуется меньшим содержанием галогенсодержащих материалов (например, фторида), чем обогащенный оксидом алюминия порошок, получаемый при обработке алюминиевого шлака (размолотый алюминиевый шлак). Содержание галогена (по весу) может составлять от 0 до 5%, часто по меньшей мере 0,5 или 1% и предпочтительно, не превышает 3%.

Алюминиевый шлак представляет собой отходы производства алюминиевой промышленности в форме частиц и содержит, главным образом (обычно, от 50 до 90 вес.%), Al_2O_3 и около 0,5-10 вес.% металлического алюминия. Алюминиевый шлак может составлять от 5 до 30% всей минеральной шихты, например, приблизительно 10 вес.% Его использование в количестве, лежащем в указанном диапазоне, позволяет уменьшить потребность в использовании первичного сырья для компонента композиции MMVF, являющегося источником оксида алюминия, одновременно обеспечивая желательный эффект сведения к минимуму усадки консолидированных продуктов MMVF.

В некоторых вариантах осуществления изобретения материал, включающий металлический алюминий, содержит от 45 до 100 вес.% металлического алюминия, предпочтительно по меньшей мере 85 вес.% металлического алюминия. Более высокое процентное содержание металлического алюминия означает, что этот материал может присутствовать с меньшим процентным содержанием относительно всего исходного минерального материала. Например, исходный минеральный материал может содержать от 0,05 до 10 вес.% в пересчете на металлический алюминий материал, который содержит от 45 до 100% металлического алюминия. Материал, который содержит от 45 до 99% металлического алюминия, может

иметь любую надлежащую физическую форму. Пригодные материалы включают алюминиевый гранулят и один или несколько блоков металлического алюминия.

Требуемое количество гранулята Al относительно всей минеральной шихты составляет меньшую долю, чем количество алюминиевого шлака, требуемое для обеспечения того же количества металлического алюминия, приблизительно 0,2 вес.% всей минеральной шихты, например от 0,1 до 0,5 вес.% всей минеральной шихты, например от 0,2 до 0,4 вес.% всей минеральной шихты, в пересчете на металлический алюминий.

Блоки могут иметь надлежащую форму, например стержней, брусков, болванок или другую форму. Блоки могут содержать от 45 до 100 вес.% металлического алюминия, предпочтительно, по существу, полностью состоят из металлического алюминия. Когда в качестве источника алюминия используют один или несколько блоков, блоки предпочтительно имеют форму стержней.

Стержень металлического алюминия или блок иной формы может быть введен непосредственно в минеральный расплав в печи. Этот способ позволяет исключить преждевременное окисление металлического алюминия, тем самым повышая эффективность процесса.

Чтобы исключить преждевременное окисление компонента гранулята, представляющего собой металлический Al, гранулят Al может быть введен непосредственно в ванну расплава. Например, для этого может быть применена горелка или фурма, например кислородотопливная горелка с центральным каналом для транспорта гранулята Al.

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.

Кроме этого, гранулят Al является намного более чистым материалом, чем алюминиевый шлак.

Размер частиц (средний диаметр частицы, при этом за диаметр частицы принимается наибольшее измерение частицы вне зависимости от того, 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.

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:

SiO₂: 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 Fe₂O₃): 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;

Na₂O+K₂O: ноль или по меньшей мере 1; не более 10;

CaO+Na₂O+K₂O: по меньшей мере 10 или 15; не более 30 или 25;

TiO₂: ноль или по меньшей мере 1; не более 6, 4 или 2;

TiO₂+FeO: по меньшей мере 4 или 6; не более 18 или 12;

V₂O₃: ноль или по меньшей мере 1; не более 5 или 3;

P₂O₅: 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:

SiO₂: от 35 до 50;

Al₂O₃: от 12 до 30;

TiO₂: до 2;

Fe₂O₃: от 3 до 12;

CaO: от 5 до 30;

MgO: до 15;

Na₂O: от 0 до 15;

K₂O: от 0 до 15;

P₂O₅: до 3;

MnO: до 3;

B₂O₃: до 3.

Другой предпочтительный состав ММVF в весовых процентах следующий:

SiO₂: 39-55%, предпочтительно 39-52%;

Al₂O₃: 16-27%, предпочтительно 16-26%;

CaO: 6-20%, предпочтительно 8-18%;

MgO: 1-5%, предпочтительно 1-4,9%;

Na₂O: 0-15%, предпочтительно 2-12%;

K₂O: 0-15%, предпочтительно 2-12%;

R₂O (Na₂O+K₂O): 10-14,7%, предпочтительно 10-13,5%;

P₂O₅: 0-3%, предпочтительно 0-2%;

Fe₂O₃: (всего железа) 3-15%, предпочтительно 3,2-8%;

B₂O₃: 0-2%, предпочтительно 0-1%;

TiO₂: 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 SiO₂ составляет 39-44%, в частности 40-43%. Предпочтительный диапазон содержания CaO составляет 9,5-20%, в частности 10-18%.

Содержание Al₂O₃ лежит предпочтительно в диапазоне от 16 до 27%, предпочтительно больше 17% и/или предпочтительно меньше 25%, и сумма SiO₂ и Al₂O₃ предпочтительно составляет от 57 до 75%, предпочтительно больше 60% и/или предпочтительно меньше 72%. Количество оксидов щелочных металлов (натрия и калия) (R₂O) 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 Al₂O₃ 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 Al₂O₃ 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 Al₂O₃ предпочтительно ограничено 25%, чтобы температура ликвидуса оставалась достаточно низкой. Когда Al₂O₃ 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 ММVF. Кроме этого, отношение Fe(II):Fe(III) влияет на параметры изолирующих ММVF 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 ММVF, 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), p. 287-294.

Общее количество железа в расплаве или композиции волокон относительно всех оксидов в расплаве или волокнах рассчитывается как Fe₂O₃. Это является стандартным способом выражения количества железа, присутствующего в подобных ММVF, шихте или расплаве. Реальное весовое процентное содержание FeO и Fe₂O₃ будет изменяться в зависимости от соотношения оксидов железа и/или состояние окисления-восстановления расплава. Например,

Fe(3+)	Fe(2+)/Fe(3+)=80/20		Fe(2+)/Fe(3+)=97/3	
Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃
% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.	% вес./вес.
Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃
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 присутст-

вующих оксидов железа будет зависеть от отношения Fe(2+) и Fe(3+).

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.

Печи, пригодные для использования в способе настоящего изобретения, включают электрические стеклоплавильные печи, известные специалистам в данной области, в которых для плавления исходного минерального материала применяют нагревание джоулевой теплотой с использованием молибденовых электродов. Если нужно, нагревание джоулевой теплотой может быть дополнено сжиганием газообразного топлива.

Изобретение также может быть реализовано в печи-ванне, где для плавления исходного минерального материала используют тепло от сжигания газообразного топлива, дополняя его джоулевой теплотой с использованием молибденовых электродов. Печи этих типов известны специалистам в данной области.

Исходные материалы, используемые в качестве других 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, оливковый 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 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 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 с 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 ха-

рактируются 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 по меньшей мере от 400 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/м³, предпочтительно от 20 до 300 кг/м³, более предпочтительно от 20 до 150 кг/м³. Усадка вызывает образование термических мостиков, что может быть критически важным в случае использования этих продуктов для противопожарной защиты. 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/м³.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой схему типичной электрической печи, которая может быть использована в способе настоящего изобретения.

На фиг. 2 показано расположение электродов на поперечном сечении фиг. 1.

Подробное описание изобретения

Далее со ссылкой на фиг. 1 и 2 описаны примерные способы, соответствующие изобретению.

На фиг. 1 и 2 схематично показана электрическая печь 1. Исходный минеральный материал, подаваемый в печь 1 через один или несколько впусков 2, 3, образует слой 4 поверх ванны 5 расплава. Исходный минеральный материал плавят путем нагревания джоулевой теплотой с использованием молибденовых электродов 6. На фиг. 1 и 2 электроды 6 показаны как выступающие из боковых стенок 7 печи 1. В других конфигурациях электроды могут погружаться в расплав сверху при условии, что электроды защищены от воздуха. В качестве альтернативы электроды могут выступать из дна печи. Различные варианты базовой конфигурации электрической стеклоплавильной печи-ванны широко известны в данной области.

Материал, содержащий металлический алюминий, может быть предварительно смешан с другим минеральным компонентом и введен в печь 1 в форме однородной минеральной шихты через один или несколько впусков 2, 3. Этот вариант может быть предпочтительным, когда в качестве материала, содержащего металлический алюминий, используют алюминиевый шлак.

В качестве альтернативы материал, содержащий металлический алюминий, может быть введен в печь 1 отдельно от другого минерального материала. Например, материал, содержащий металлический алюминий, может быть введен в печь 1 через выпуск 2, а другой минеральный материал может быть введен в печь 1 через отдельный выпуск 3. Этот вариант может быть предпочтительным, когда в качестве материала, содержащего металлический алюминий, используют алюминиевый гранулят или блоки.

Необязательный выпуск 8 в основании 9 печи 1 может быть использован для выпуска металлического железа, если оно образуется. Предпочтительно металлическое железо в данном процессе не образуется, поэтому выпуск 8 может быть не нужен.

Минеральный расплав из ванны 5 расплава выводят из печи через выпуск 10 расплава. Выпуск 10 расплава показан как расположенный в боковой стенке 7 печи 1, однако он равным образом может находиться в основании 9.

По выходе из печи 1 минеральный расплав, если нужно, может быть подвергнут осветлению. В качестве альтернативы минеральный расплав может быть направлен непосредственно в устройство 11 волокнообразования для преобразования в MMVF. Может быть применено как внутреннее, так и наружное центрифугирование, поэтому детали устройства 11 волокнообразования не показаны. Надлежащие устройства волокнообразования известны специалистам в данной области.

MMVF, изготовленные в устройстве 11, могут быть собраны и направлены на хранение или непосредственно преобразованы в консолидированный продукт на технологической линии 12 (подробности не показаны).

Выпуск 13 отходящего газа показан расположенным в верхней части боковой стенки 7 печи 1. Однако в компоновках, известных специалистам, он может находиться вверху печи.

Алюминиевый шлак.

Метод испытания.

Поверхностная усадка консолидированных продуктов из MMVF может быть измерена следующим методом испытания:

- 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±20°C в течение 30 мин;
- 5) измерение площади спеченных образцов.

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

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления искусственных стекловидных волокон (man-made vitreous fibres, сокращенно ММVF), содержащих по меньшей мере 3 вес.% оксидов железа, выраженных как Fe_2O_3 , включающий стадии, на которых:

вводят исходный минеральный материал, который содержит (а) материал, включающий металлический алюминий, и (b) другой минеральный компонент, в электрическую печь с молибденовыми электродами;

плавят исходный минеральный материал с образованием минерального расплава и формируют из минерального расплава ММVF.

2. Способ по предшествующему пункту, в котором материал, включающий металлический алюминий, содержит от 0,5 до 10 вес.% металлического алюминия.

3. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором материал, включающий металлический алюминий, дополнительно содержит от 50 до 90 вес.% оксида алюминия.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором материал, включающий металлический алюминий, имеет форму частиц, и в котором размер 90 вес.% частиц составляет менее 1 мм.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором материал, включающий металлический алюминий, представляет собой алюминиевый шлак.

6. Способ по п.4 или 5, в котором от 5 до 30% исходного минерального материала составляет алюминиевый шлак.

7. Способ по п.1, в котором материал, включающий металлический алюминий, содержит от 45 до 100 вес.% металлического алюминия.

8. Способ по п.7, в котором исходный минеральный материал содержит от 0,05 до 10 вес.% материала, включающего от 45 до 100 вес.% металлического алюминия.

9. Способ по п.7, в котором материал, включающий металлический алюминий, представляет собой алюминиевый гранулят.

10. Способ по п.9, в котором алюминиевый гранулят характеризуется средним диаметром гранулы не более 3 мм.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором исходный минеральный материал содержит от 0,1 до 0,5 вес.% металлического алюминия.

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

SiO_2 : от 35 до 50;

Al_2O_3 : от 12 до 30;

TiO_2 : до 2;

Fe_2O_3 : от 3 до 12;

CaO : от 5 до 30;

MgO : до 15;

Na_2O : от 0 до 15;

K_2O : от 0 до 15;

P_2O_5 : до 3;

MnO : до 3;

B_2O_3 : до 3.

13. Способ по любому из п.1-11, в котором ММVF характеризуются следующим содержанием оксидов в весовых процентах:

SiO_2 : 39-55%;

Al_2O_3 : 16-27%;

CaO : 6-20%;

MgO : 1-5%;

Na_2O : 0-15%;

K_2O : 0-15%;

R_2O (Na_2O+K_2O): 10-14,7%;

P_2O_5 : 0-3%;

Fe_2O_3 (всего железа): 3-15%;

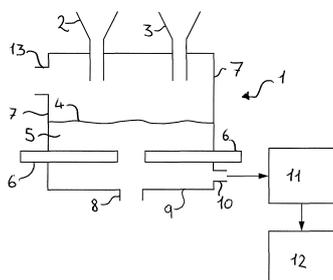
B_2O_3 : 0-2%;

TiO_2 : 0-2%.

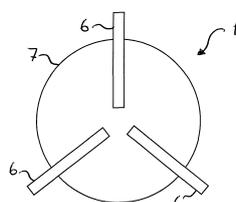
14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором ММVF характеризуются отноше-

ем Fe(II):Fe(III) более 2, например, более 3.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий консолидацию MMVF с получением консолидированного продукта, содержащего волокна.



Фиг. 1



Фиг. 2

