



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.07.22(22) Дата подачи заявки
2022.11.30(51) Int. Cl. C03B 5/03 (2006.01)
C03B 5/225 (2006.01)
C03B 5/235 (2006.01)
C03C 1/00 (2006.01)
F23J 15/02 (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)(54) СПОСОБ ПЛАВЛЕНИЯ СТЕКЛА С УРОВНЕМ ВЫБРОСА CO₂ ОТ ОЧЕНЬ НИЗКОГО ДО НУЛЕВОГО

(31) 21212206.3

(32) 2021.12.03

(33) EP

(86) PCT/EP2022/083948

(87) WO 2023/099618 2023.06.08

(71) Заявитель:

АГК ГЛАСС ЮРОП (BE)

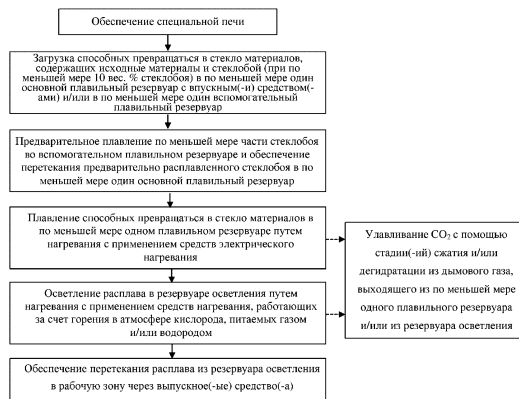
(72) Изобретатель:

Бьюль Франсуа, Симоенс Бруно,
Буржуа Николас, Хабиби Закариа,
Фасило Фабрис (BE)

(74) Представитель:

Квашнин В.П. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к способу плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла, включающему стадии: (i) обеспечения печи, содержащей по меньшей мере один основной плавильный резервуар со средствами электрического нагревания, по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, резервуар осветления со средствами нагревания, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, узкий участок, разделяющий основной плавильный резервуар и резервуар осветления, выпускное(ые) средство(а), расположенное(ые) в основном плавильном резервуаре, и выпускное(ые) средство(а), расположенное(ые) дальше по потоку относительно резервуара осветления; (ii) загрузки способных превращаться в стекло материалов, содержащих исходные материалы и стеклобой, в основной плавильный резервуар и/или во вспомогательный плавильный резервуар, при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов; (iii) предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя во вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительно расплавленного стеклобоя в основной плавильный резервуар; (iv) плавления способных превращаться в стекло материалов в основном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания; (v) осветления расплава в резервуаре осветления путем нагревания с применением средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом; (vi) обеспечения перетекания расплава из резервуара осветления в рабочую зону через выпускное(ые) средство(а); (vii) улавливания CO₂ из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO₂ по меньшей мере 35%; доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50 до 85%, и стадия улавливания CO₂ предусматривает стадию(и) сжатия и/или дегидратации. Данный способ демонстрирует очень низкий уровень выбросов CO₂ и является экономически целесообразным.



СПОСОБ ПЛАВЛЕНИЯ СТЕКЛА С УРОВНЕМ ВЫБРОСА CO₂ ОТ ОЧЕНЬ НИЗКОГО ДО НУЛЕВОГО

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

- 5 [1] Настоящее изобретение относится к способу плавления стекла, предназначенному для непрерывной подачи расплавленного стекла в установки для формования плоского стекла, такие как флоат-установки или прокатные установки. В частности, настоящее изобретение относится к способу плавления стекла, который обеспечивает множество преимуществ, особенно с точки зрения CO₂, особенно его выбросов и улавливания.
- 10 [2] Настоящее изобретение более конкретно относится, но без ограничения, к способу плавления для получения плоского стекла, предполагающему высокие показатели производительности, т. е. до 1000 тонн/день или больше.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

- 15 [3] Глобальное потепление и требования по сокращению выбросов CO₂ повышают давление на производителей стекла, а также цены на энергоносители и налоги на выбросы CO₂, которые вскоре могут стать серьезной проблемой для конкурентоспособности в отрасли стекольного производства.
- [4] В контексте срочных мер по сокращению углеродсодержащих выбросов в 20 стекольной промышленности, на протяжении многих лет инвестировалось много средств в декарбонизацию ее производственных процессов с целью получения стеклянных изделий, которые являются подходящими для устойчивого, ресурсосберегающего общества, ориентированного на обеспечение низких уровней выбросов углерода.
- [5] Для обеспечения такого перехода в отрасли стекольного производства уже 25 определили ряд решений/технологий для достижения этой амбициозной цели, таких как, например, использование электричества в качестве источника энергии, использование альтернативных и более экологичных источников энергии, таких как H₂ или биогаз, использование альтернативных исходных материалов, увеличение использования стеклобоя в качестве исходного материала, рекуперация тепла, улавливание, 30 использование и хранение CO₂ (или технология CCUS)...
- [6] Тем не менее, все эти технологии либо сопровождаются серьезными недостатками или проблемами, связанными с практической реализацией, либо являются нецелесообразными с экономической точки зрения. Поэтому по-прежнему существует острая необходимость в разработке способа плавления стекла, который позволит

существенно снизить количество выбросов CO₂, но при этом останется экономически приемлемым для производителей стекла.

[7] *Что касается использования электричества* в качестве источника энергии: известно, что печи, в которых используют электрическую энергию для плавления исходных материалов для стекла, демонстрируют снижение выбросов CO₂, а также снижение общего потребления энергии. В такой конфигурации плавильная печь содержит электроды, погруженные и обычно расположенные в нижней части резервуара, которые пропускают электрический ток/электрическую энергию через ванну расплавленного стекла и нагревают ее по всему объему. Однако стеклоплавильные печи, в которых тепловая мощность полностью обеспечивается электричеством, не нашли применения в отрасли плоского стекла, когда требуется высококачественное стекло, из-за серьезных проблем с температурой и конвекцией/потоком стекломассы.

[8] Следовательно, традиционные стеклоплавильные печи для листового стекла обычно только «усиливаются» электричеством в так называемой «гибридной» конфигурации, сочетающей средства нагревания, работающие за счет горения, а именно горелки, и средства электрического нагревания, а именно погруженные электроды. В таких известных «пламенных печах с дополнительным электронагревом» доля подводимого электричества, тем не менее, ограничена максимум 10-15% в пересчете на общую подводимую энергию, что препятствует в полной мере воспользоваться преимуществами с точки зрения потребления энергии при плавлении посредством электричества.

[9] Недавно разработанная новая специальная конструкция печи, описанная в заявке на европейский патент EP21200998.9, которая настоящим включена посредством ссылки в данный документ, позволяет добиться значительно более высокой доли подводимого электричества, т. е. выше 50%, в «гибридной» печи.

[10] *Что касается использования альтернативных и более экологических источников энергии, таких как водород H₂ или биогаз:* даже если совершенно очевидно, что они принесут преимущества с точки зрения окружающей среды/потребления энергии/выбросов CO₂, серьезные ограничения препятствуют их широкому использованию в стекольной промышленности (недостаточная доступность биогаза и высокая цена H₂ делают их экономически невыгодным решением, пока они являются единственным источником энергии для плавления исходных материалов для стекла).

[11] *Что касается рекуперации тепла:* Рекуперацию отработанного тепла из дымового газа уже широко применяют в стекольной промышленности для предварительного

нагревания воздуха для горения, поступающего в печь, при температурах выше 1000°C или газа и кислорода («Нотоx») при температурах выше 400°C и 500°C соответственно. Кроме того, отработанное тепло из дымового газа можно использовать для предварительного нагревания способных превращаться в стекло материалов, особенно стеклобоя. Тем не менее, известно, что предварительное нагревание исходных материалов/стеклобоя не может быть совмещено с плавлением посредством электричества, поскольку температура дымового газа, выделяемого исходными материалами, в данном случае является слишком низкой.

[12] *Что касается применения улавливания CO₂:* Обычно процесс улавливания CO₂ в промышленных процессах/на предприятиях состоит из двух стадий: (i) выделения CO₂ из отходящей смеси газов посредством избирательной реакции с сепарационным материалом («абсорбция» CO₂) и (ii) регенерации используемого материала путем обратной реакции («десорбция» CO₂). Сепарационный материал может быть повторно использован для улавливания CO₂ посредством последовательно повторяющихся стадий (i) и (ii). Амины в виде растворителей, или мембран, или пористых сорбентов в настоящее время являются наиболее широко используемым материалом в процессе улавливания CO₂ в промышленности, поскольку технология является развитой и возможным является эффективное разделение амина и CO₂ посредством обратимой реакции. Тем не менее, такой процесс с использованием аминов (например, с использованием водного MEA) до сих пор остается плохим вариантом, особенно в конкретном контексте стекольной промышленности, ввиду по меньшей мере следующих основных причин:

- газообразные продукты горения/дымовой газ в известных процессах изготовления стекла демонстрируют низкую концентрацию CO₂ (обычно ниже 30%, а часто приблизительно 10-20% по объему) и низкую степень чистоты из-за присутствия множества других компонентов (в основном N₂, H₂O, O₂, NO_x, SO_x и т. д.), что сильно влияет на эффективность процесса улавливания CO₂; и
- процесс улавливания CO₂ с помощью аминов требует большого количества энергии для регенерации аминного сорбента (процесс десорбции), что оказывает влияние на общее потребление энергии (и, возможно, на выбросы CO₂ в зависимости от используемого источника энергии, что, безусловно, является контрпродуктивным в данном контексте).

[13] Более того, во время известных процессов изготовления стекла образуются очень большие объемы дымового газа или развиваются высокие скорости потока, что также напрямую влияет, независимо от применяемых способов, на инвестиционные и

эксплуатационные затраты, когда требуется обеспечить улавливание CO₂ из данного дымового газа.

ЦЕЛЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 [14] Целью настоящего изобретения является преодоление недостатков, описанных выше в отношении известного уровня техники, и решение технической проблемы, а именно за счет обеспечения способа плавления стекла для получения плоского стекла, характеризующегося сниженным общим потреблением энергии и сниженным количеством выбросов CO₂ по сравнению с классической плавильной печью.

10 [15] Дополнительной целью настоящего изобретения является обеспечение экономически целесообразного способа плавления стекла для получения плоского стекла, который характеризуется сниженным общим потреблением энергии и сниженным количеством выбросов CO₂ по сравнению с классической плавильной печью.

15 [16] Дополнительной целью настоящего изобретения является обеспечение способа плавления стекла для получения плоского стекла, который характеризуется сниженным общим потреблением энергии и сниженным количеством выбросов CO₂ по сравнению с классической плавильной печью, при этом позволяет осуществлять простое и экономически эффективное улавливание CO₂.

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

20 [17] Настоящее изобретение относится к способу плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла, включающему стадии:

- 25 - обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один основной плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагрева, (ii) по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, (iii) резервуар освещения, снабженный средствами нагрева, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iv) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один основной плавильный резервуар и резервуар освещения, (v) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре, (vi) выпускное(-ые) средство(-а),
30 расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара освещения;
- загрузки способных превращаться в стекло материалов, содержащих исходные материалы и стеклорой, в по меньшей мере один основной плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами) и/или в по меньшей мере один вспомогательный

плавильный резервуар, при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов;

- 5 - предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительного расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар;
- 10 - плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания;
- осветления расплава в резервуаре осветления путем нагревания с применением средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом;
- обеспечения перетекания расплава из резервуара осветления в рабочую зону 15 через выпускное(-ые) средство(-а);
- улавливания CO_2 из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 35%;

при этом относящаяся к нему доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50% до 85%, и стадия улавливания CO_2 из дымового газа включает стадию(-и) сжатия 20 и/или дегидратации.

[18] Следовательно, настоящее изобретение основано на новом и обладающем признаками изобретения подходе. В частности, авторы настоящего изобретения обнаружили, что путем комбинирования в способе плавления стекла с получением листового стекла:

- 25 - применения печи специальной сегментированной конструкции (с разделением электрически нагреваемой основной зоны плавления и нагреваемой за счет горения зоны осветления) и вспомогательной зоны плавления,
- применения кислорода в качестве окислителя,
- применения газа и/или водорода в качестве горючего вещества,
- 30 - применения минимального количества стеклобоя в способных превращаться в стекло материалах,
- применения стадии предварительного плавления стеклобоя, по меньшей мере частично, и
- применения конкретной доли подводимого электричества

возможно добиться одновременно:

- значительного снижения общего потребления энергии; и
- значительного снижения общего количества вырабатываемого CO₂; и
- значительного уменьшения объема дымового газа, а также значительного увеличения концентрации CO₂ в указанном дымовом газе и его чистоты, что позволяет применять простой, отлаженный и экономически эффективный процесс улавливания CO₂.

5

10

[19] Благодаря реализации всех признаков настоящего изобретения способ по настоящему изобретению демонстрирует очень низкий уровень выбросов CO₂ и является экономически целесообразным.

15

20

25

[20] Специалисту в данной области техники хорошо известно, что используемые в описании настоящего изобретения и формуле изобретения термины в единственном или множественном числе означают «по меньшей мере один» и не должны ограничиваться фразой «только один», если четко не указано обратное. Также, если указан диапазон, то включены его крайние значения. Кроме того, все целые и дробные значения в числовом диапазоне включены безоговорочно, как будто бы они четко прописаны. Наконец, термины «раньше по потоку» и «дальше по потоку» относятся к направлению потока стекломассы, и их следует понимать в обычном смысле, а именно как означающие вдоль усредненного направления движения способных превращаться в стекло материалов/расплава стекла от впускного(-ых) средства(средств) к выпускному(-ым) средству(-ам). Под выражением «расположенная раньше по потоку часть» следует понимать расположенную раньше по потоку первую треть длины, причем указанная длина расположена вдоль горизонтальной и продольной оси печи. Под выражением «расположенная дальше по потоку часть» следует понимать расположенную дальше по потоку последнюю треть указанной длины.

30

[21] Другие признаки и преимущества настоящего изобретения станут более понятны при изучении следующего описания предпочтительных вариантов осуществления и фигуры, приведенных в качестве простых иллюстративных и неограничивающих примеров.

[22] На фиг. 1 представлена блок-схема варианта осуществления способа по настоящему изобретению.

[23] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один основной

плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагревания, (ii) по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, (iii) резервуар освещения, снабженный средствами нагревания, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iv) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один основной плавильный резервуар и резервуар освещения, (v) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре, (vi) выпускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара освещения (для перетекания расплавленного стекла в рабочую зону).

[24] Согласно настоящему изобретению и как обычно принято в стекольной отрасли, под термином «плавильный резервуар» подразумевают резервуар, определяющий зону, в которую загружают способные превращаться в стекло материалы (исходные материалы и/или стеклобой) и плавят при нагревании, и содержащий, когда печь находится в работе, расплав и «поверхностный слой» из нерасплавленных способных превращаться в стекло материалов, плавающий на поверхности расплава и постепенно плавящийся.

[25] Согласно настоящему изобретению и как обычно принято в стекольной отрасли, под термином «резервуар освещения» подразумевают резервуар, определяющий зону, в которой больше нет «поверхностного слоя» из нерасплавленных способных превращаться в стекло материалов, плавающего на поверхности расплава, и в которой расплав стекла нагревается при температурах, превышающих температуры плавильного резервуара (обычно выше 1400°C или даже выше 1450°C), для освещения стекла (главным образом за счет удаления большей части пузырьков). В данной области техники этот резервуар освещения также обычно называют «резервуаром очищения».

[26] Согласно настоящему изобретению под термином «узкий участок», разделяющий по меньшей мере один основной плавильный резервуар и резервуар освещения, подразумевают сужение по ширине (или в направлении, перпендикулярном направлению движения стекла) основного плавильного резервуара. Отверстие узкого участка согласно настоящему изобретению может полностью находиться под свободной поверхностью расплава стекла/поверхностного слоя (тогда оно также в данной области техники обычно называется «горлышком») или частично под свободной поверхностью расплава стекла/поверхностного слоя (тогда остается свободное отверстие над стеклом). Предпочтительно, чтобы отверстие узкого участка частично находилось под свободной поверхностью расплава стекла, тем самым обеспечивая существование обратного потока поверхностного стекла, направляющегося от резервуара освещения в сторону основного плавильного резервуара. Это является преимуществом, поскольку, во-первых, это

стабилизирует поверхностный слой из исходных материалов и предотвращает попадание нерасплавленных частиц непосредственно в резервуар освещения, а во-вторых, это также предотвращает попадание потенциальных дефектных объектов, образующихся при контакте стекла, футеровки и атмосферы, непосредственно в резервуар освещения.

5 Данные аспекты могут существенно улучшить качество стекла. Кроме того, это также делает возможными более широкое отверстие и, следовательно, более низкие скорости стекла, что приводит к снижению степени коррозии и износа футеровки. Данный аспект может существенно увеличить срок службы печи.

10 [27] Такая конструкция печи с сегментацией основного(-ых) плавильного(-ых) резервуара(-ов) и резервуара освещения дает множество преимуществ в отношении потребления энергии/выбросов CO_2 , а также в отношении механической стабильности/срока службы печи. В частности, преимущественно в контексте настоящего изобретения, данная печь с ее специальной сегментированной конструкцией позволяет, если требуется, проводить независимую обработку дымового газа из основного(-ых)

15 плавильного(-ых) резервуара(-ов) и дымового газа из резервуара освещения.

[28] Изобретение в виде сегментированной стеклоплавильной печи, описанное в заявке на европейский патент EP21200998.9, и все его варианты осуществления включены в данный документ посредством ссылки в качестве вариантов осуществления настоящего изобретения.

20 [29] Согласно конкретному варианту осуществления печь по настоящему изобретению определяется следующим:

$$0,1*W2 \leq W3i \leq 0,6*W2;$$

$$W1i \geq 1,4*W3i;$$

25 $W1i$ представляет собой ширину по меньшей мере одного основного плавильного резервуара;

$W2$ представляет собой ширину резервуара освещения;

$W3i$ представляет собой ширину по меньшей мере одного узкого участка.

30 [30] Данная последняя специальная конструкция является преимущественной для того, чтобы найти хороший компромисс между двумя противоположными требованиями: с одной стороны, узкий участок(участки) между зоной(зонами) плавления и зоной освещения в идеале должен(должны) быть как можно более узким(узкими), чтобы (1) уменьшить отверстие между плавильными сверхструктурами/куполами и сверхструктурами/куполами освещения и (2) создать препятствие интенсивности общей конвекции расплава стекла в основном плавильном резервуаре(резервуарах), и, с другой

стороны, узкий участок в идеале должен быть как можно шире, чтобы ограничить скорость стекла внутри узкого участка(участков) для ограничения износа/коррозии стенок футеровки узкого участка.

5 [31] Согласно настоящему изобретению печь может содержать один основной плавильный резервуар и один узкий участок; или два основных плавильных резервуара и два узких участка; или даже три основных плавильных резервуара и три узких участка. Варианты осуществления данных специальных конструкций подробно описаны в заявке на европейский патент EP21200998.9, которая включена в данный документ посредством ссылки.

10 [32] Например, в конфигурации «два плавильных резервуара» печь может содержать:

- (i) первый основной плавильный резервуар;
- (ii) второй основной плавильный резервуар;
- (iii) резервуар осветления;
- (iv) узкий участок Ni, разделяющий первый основной плавильный резервуар и резервуар осветления;
- 15 (v) узкий участок Nii, разделяющий второй основной плавильный резервуар и резервуар осветления;
- (vi) по меньшей мере одно впускное средство, расположенное в первом основном плавильном резервуаре;
- 20 (vii) по меньшей мере одно впускное средство, расположенное во втором основном плавильном резервуаре;
- (viii) по меньшей мере одно выпускное средство, расположенное в резервуаре осветления.

25 [33] Согласно данному конкретному варианту осуществления печь может быть преимущественно определена следующим:

$$0,1*W2 \leq W3i \leq 0,6*W2;$$

$$0,1*W2 \leq W3ii \leq 0,6*W2;$$

$$W1i \geq 1,4*W3i;$$

$$W1ii \geq 1,4*W3ii;$$

30 W1i представляет собой ширину первого основного плавильного резервуара;

W1ii представляет собой ширину второго основного плавильного резервуара;

W2 представляет собой ширину резервуара осветления;

W3i представляет собой ширину узкого участка Ni;

W3ii представляет собой ширину узкого участка Nii.

[34] Предпочтительно общая площадь поверхности основного(-ых) плавильного(-ых) резервуара(-ов) находится в диапазоне от 25 до 400 м². Согласно настоящему изобретению также предпочтительно площадь поверхности резервуара осветления находится в диапазоне от 25 до 400 м².

5 [35] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию загрузки способных превращаться в стекло материалов, содержащих исходные материалы и стеклобой, в по меньшей мере один основной плавильный резервуар с впускным(и) средством(-ами) и/или в по меньшей мере один вспомогательный
10 плавильный резервуар.

[36] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания
15 предварительного расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар.

[37] Согласно настоящему изобретению часть стеклобоя, подлежащего предварительному плавлению, загружают в по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, а оставшуюся часть стеклобоя (не подвергаемую
20 предварительному плавлению), если таковая имеется, загружают в по меньшей мере один основной плавильный резервуар. Преимущество данного заключается в том, что отсутствие качественного стеклобоя не является препятствием, поскольку в способе по настоящему изобретению обеспечивается возможность применения стеклобоя более низкого качества или загрязненного стеклобоя. Действительно, по меньшей мере часть
25 стеклобоя предварительно «переваривается» в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре. Например, металлические соединения, присутствующие в стеклобое, могут быть удалены в данном вспомогательном плавильном резервуаре путем использования восстановителей (таких как кокс или антрацит) с получением расплавленного металла, который будет отделяться от расплава стекла путем декантации
30 в нижней части вспомогательного плавильного резервуара, а полученный «очищенный» расплав стекла может стекать с верхней части в по меньшей мере один основной плавильный резервуар.

[38] Согласно варианту осуществления оставшуюся часть стеклобоя (не подвергаемую предварительному плавлению), если таковая имеется, загружают в по меньшей мере один

основной плавильный резервуар вместе с исходными материалами, т. е. через одно и то же впускное средство или, в качестве альтернативы, независимо от исходных материалов через другое(-ие) впускное(-ые) средство(-а).

5 [39] Предпочтительно по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар согласно настоящему изобретению подсоединен в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного основного плавильного резервуара, и еще более предпочтительно как можно раньше по потоку от по меньшей мере одного основного плавильного резервуара.

10 [40] Согласно настоящему изобретению только часть стеклобоя может быть подвергнута предварительному плавлению в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре, оставшуюся часть стеклобоя подвергают плавлению в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре. Например, часть стеклобоя, которую считают «загрязненной» или недостаточно чистой, подвергают предварительному плавлению в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре, а оставшуюся «чистую» часть стеклобоя загружают и подвергают плавлению в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре.

15 [41] Согласно варианту осуществления настоящего изобретения по меньшей мере часть стеклобоя, предварительно расплавленного в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре, составляет по меньшей мере 2% по весу от общего количества стеклобоя и предпочтительно по меньшей мере 5% по весу или даже по меньшей мере 10% по весу и более предпочтительно по меньшей мере 20% по весу. Согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения по меньшей мере часть стеклобоя, предварительно расплавленного по меньшей мере в одном вспомогательном плавильном резервуаре, составляет не более 60% по весу от общего количества стеклобоя и предпочтительно, не более 50% по весу или даже не более 40% по весу.

25 [42] В качестве альтернативы общее количество стеклобоя подвергают предварительному плавлению в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре (это означает, что в по меньшей мере один основной плавильный резервуар загружают только исходные материалы из способных превращаться в стекло материалов по настоящему изобретению).

30 [43] Согласно настоящему изобретению стадия предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя может быть осуществлена в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре с помощью средств электрического нагрева, таких как, например, погружные электроды, и/или с помощью средств, работающих за

счет горения, таких как, например, воздушные горелки или погружные средства, работающие за счет горения.

[44] Один из примеров вспомогательного плавильного резервуара, подходящего для настоящего изобретения, описан в заявке на патент EP2137115A1.

5 [45] Согласно варианту осуществления стадию предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя можно осуществлять в по меньшей мере двух вспомогательных плавильных резервуарах (например, в двух вспомогательных плавильных резервуарах).

10 [46] Согласно настоящему изобретению количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов. Предпочтительно количество стеклобоя составляет по меньшей мере 20% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов. Более предпочтительно количество стеклобоя составляет по меньшей мере 30% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов или даже,
15 что является особенно предпочтительным, по меньшей мере 40% по весу. Это является преимущественным, поскольку обеспечивается уменьшение выработки/выбросов CO₂ по способу согласно настоящему изобретению (благодаря уменьшению выбросов, возникающих в результате декарбонизации карбонатных исходных материалов). Также предпочтительно количество стеклобоя составляет максимум 90% по весу в пересчете на
20 общее количество способных превращаться в стекло материалов или даже максимум 80% по весу. Более предпочтительно количество стеклобоя составляет максимум 70% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов или даже максимум 60% по весу.

[47] Предпочтительно и, как известно в данной области техники, впускное(-ые)
25 средство(-а) либо расположено/расположены раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара (либо по ширине указанного резервуара, либо по бокам по его длине), либо расположено(-ы) в верхней части по меньшей мере одного плавильного резервуара («устройство для загрузки шихты сверху»).

[48] В преимущественном варианте осуществления настоящего изобретения печь
30 содержит по меньшей мере один плавильный резервуар, увеличенный в боковом направлении и оснащенный по меньшей мере двумя впускными средствами, расположенными с обеих сторон плавильного резервуара в зависимости от расположения узкого участка, либо по боковым сторонам, либо в качестве устройств для загрузки шихты сверху.

[49] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре путем нагревания с помощью средств электрического нагревания.

[50] Средства электрического нагревания согласно настоящему изобретению предпочтительно расположены в нижней части по меньшей мере одного основного плавильного резервуара и предпочтительно также состоят из погруженных электродов. Электроды преимущественно расположены в виде решетки (шахматной доски), кратной 3 или 2, для облегчения подключения к трансформаторам и балансировки электрического тока. Например, количество электродов проектируется для ограничения максимальной мощности каждого электрода 200 кВт при соблюдении максимальной плотности тока в $1,5 \text{ A/cm}^2$ на поверхности электрода. Также, например, высота погруженных электродов в 0,3-0,8 раза больше высоты расплава стекла.

[51] Согласно настоящему изобретению доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50% до 85%. Под «долей подводимого электричества» согласно настоящему изобретению подразумевают часть электричества в общей подводимой энергии способа/печи для плавления/осветления, а именно электричество/(топливо+электричество), при этом общая подводимая энергия является энергией способа/печи в стандартном/нормальном режиме производства, т. е. в его/ее стандартном диапазоне тяги (исключая периоды запуска, технического обслуживания, ремонта без остановки оборудования, измельчения стеклобоя...).

[52] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию осветления расплава в резервуаре осветления путем нагревания с применением средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом. Термин «газ» в данном документе включает без ограничения природный газ, синтез-газ и биогаз. В настоящее время наиболее широко используемым является натуральное стекло из соображений практичности, экономичности и доступности.

[53] Под термином «средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода» согласно настоящему изобретению подразумевают средств, работающих за счет горения, снабженные газообразным кислородом (O_2) в качестве окислителя. Обычно газ-окислитель O_2 , подаваемый к стеклоплавильным печам, характеризуется по меньшей

мере 90% чистотой или даже по меньшей мере 95% чистотой. Преимуществом использования газообразного кислорода в качестве окислителя по сравнению с использованием воздуха является существенное снижение количества так называемых коррозионных загрязняющих веществ в виде «NOx», возникающих в ходе горения. Даже если они все еще могут присутствовать в дымовом газе (в зависимости от чистоты O₂ и количества паразитного воздуха), их количество будет очень низким.

[54] Средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, согласно настоящему изобретению могут состоять из горелок, преимущественно расположенных вдоль боковых стенок указанного резервуара с каждой его стороны для рассредоточения пламени по практически всей ширине резервуара. Горелки могут быть расположены на расстоянии друг от друга, чтобы распределять подачу энергии к части (т. е. ~50% длины) резервуара освещения. Они также обычно расположены рядами по обе стороны резервуара.

[55] Согласно настоящему изобретению средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают газом и/или водородом. В одном варианте осуществления средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают с помощью по меньшей мере 50% водорода и предпочтительно по меньшей мере 80% водорода. Более предпочтительно средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают с помощью 100% водорода. Это является преимущественным, поскольку позволяет существенно снизить общее количество выбросов CO₂ согласно способу. В качестве альтернативы средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают с помощью более чем 50% газа, предпочтительно по меньшей мере 80% газа или даже по меньшей мере 100% газа. Это является преимущественным, поскольку позволяет добиться более высокой концентрации CO₂ в дымовом газе, тем самым облегчая и улучшая стадию улавливания CO₂, а также ограничивает воздействие на химический состав стекла и на материалы футеровки печи. В конкретном и преимущественном варианте осуществления настоящего изобретения средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают с помощью 50% газа и 50% водорода.

[56] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию обеспечения перетекания расплава из резервуара освещения в рабочую зону через выпускное(-ые) средство(-а).

[57] Согласно настоящему изобретению выпускное(-ые) средство(-а) расположено/расположены дальше по потоку относительно резервуара освещения для достижения расплавленным стеклом рабочей зоны. Согласно настоящему изобретению выпускное(-ые) средство(-а) обычно состоит/состоят из узкого участка, чтобы направлять расплав к рабочей зоне, обычно называемой «рабочим концом». В качестве альтернативы выпускное(-ые) средство(-а) состоит/состоят из горлышка, предназначенного направлять расплав к рабочей зоне, содержащей, например, переднюю(-ие) сердцевину(-ы). Рабочая зона согласно настоящему изобретению может содержать, например, зону кондиционирования, в которой осуществляют тепловое кондиционирование посредством регулируемого охлаждения перед тем, как расплав стекла покинет указанную зону через выпускное отверстие в зону формования. Такая зона формования может содержать, например, флот-установку и/или прокатную установку.

[58] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию улавливания CO_2 из дымового газа.

[59] Согласно настоящему изобретению указанный дымовой газ (а именно дымовой газ, который подвергается стадии улавливания CO_2) характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 35%. Концентрация CO_2 согласно настоящему изобретению представляет собой концентрацию, заданную для сухого дымового газа, а именно дымового газа со всеми его компонентами, за исключением воды (H_2O). Предпочтительно дымовой газ по настоящему изобретению характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 40%, более предпочтительно по меньшей мере 50% или даже больше по меньшей мере 60%. Это является преимущественным, поскольку, чем выше концентрация CO_2 дымового газа, тем проще и эффективнее улавливание CO_2 , применяемое к данному дымовому газу.

[60] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, стадия улавливания CO_2 из дымового газа включает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации. Стадия дегидратации соответствует стадии конденсации воды и/или высушивания дымового газа. Стадия сжатия соответствует повышению давления CO_2 , обычно путем использования компрессора. Стадия дегидратации может предшествовать стадии сжатия, и/или стадия дегидратации может проходить одновременно со стадией сжатия.

[61] В частности, стадию улавливания CO_2 из дымового газа согласно настоящему изобретению можно осуществлять известным способом с использованием установки для сжатия и очистки CO_2 (или CPU).

[62] Дымовой газ согласно настоящему изобретению, как проиллюстрировано на фиг. 1, может быть извлечен для улавливания CO_2 из (i) по меньшей мере одного основного плавильного резервуара, (ii) по меньшей мере одного основного плавильного резервуара и по меньшей мере вспомогательного плавильного резервуара, (iii) из резервуара освещения или (iv) из печи в целом. В частности, если средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, согласно настоящему изобретению питают только водородом, дымовой газ преимущественно извлекают только из по меньшей мере одного плавильного резервуара (дымовой газ, выходящий из резервуара освещения, не содержит CO_2) или из по меньшей мере одного основного плавильного резервуара и по меньшей мере вспомогательного плавильного резервуара.

[63] После стадии улавливания CO_2 согласно настоящему изобретению, продукт CO_2 характеризуется, например, давлением приблизительно 35 бар при температуре 5-40°C в газообразной форме, подходящей для транспортировки по трубопроводам, или приблизительно 100 бар в жидкой форме, подходящей для транспортировки по трубопроводам, а также грузовым или железнодорожным транспортом. Для транспортировки грузовым транспортом значение 15 бар изб. давления при -35°C также считается приемлемым.

[64] Данный простой и эффективный процесс улавливания CO_2 является очень преимущественным, поскольку позволяет избежать использования каких-либо сорбентов/химических реагентов, которые обуславливают увеличение эксплуатационных/энергетических затрат и экологических проблем, а также позволяет добиться экономически эффективного улавливания CO_2 , что делает весь способ по настоящему изобретению экономически целесообразным.

[65] Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия улавливания CO_2 из дымового газа состоит по сути из стадии(-ий) сжатия и/или дегидратации.

[66] Согласно преимущественному варианту осуществления способ по настоящему изобретению дополнительно включает стадию удаления кислотных компонентов из дымового газа. Данный способ удаления кислотных компонентов осуществляют перед стадией улавливания CO_2 или одновременно с ней (например, перед стадией(-ями) сжатия и/или дегидратации или одновременно с ней(ними)).

[67] Стадия удаления кислотных компонентов может предусматривать стадию десульфурзации (или удаления так называемых соединений « SO_x ») дымового газа. Она также может предусматривать стадию удаления так называемых соединений « NO_x », которые все еще могут присутствовать, даже если в очень малых количествах, из-за

использования кислорода в качестве окислителя. Это является преимущественным, поскольку обеспечивает удаление коррозионных соединений (SO_x, NO_x) перед транспортировкой, хранением и/или утилизацией.

5 [68] После стадии улавливания CO₂ согласно настоящему изобретению, известным способом, продукт CO₂ (например, в жидкой форме) может быть транспортирован в его конечный пункт назначения по трубопроводам, затем он либо хранится/подвергается секвестрации (например, глубоко под водой или в геологической формации, такой как соляной водоносный горизонт), либо, в качестве альтернативы, применяется (например, для повышения нефтедобычи, или для применений в пищевой промышленности/напитках, 10 или для применений в противопожарной защите). Преимущественно продукт CO₂, полученный после стадии улавливания CO₂, может быть использован на месте во избежание транспортировки. Это может рассматриваться, если количество улавливаемого CO₂ не слишком большое, чтобы оно могло быть поглощено местным(-и) рынком(-ами).

15 [69] Согласно преимущественному варианту осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает стадию предварительного нагревания стеклобоя, по меньшей мере частично за счет рекуперации тепла от печи, перед загрузкой указанного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар и/или в по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар. Согласно данному варианту осуществления рекуперацию тепла от печи можно осуществлять из дымового газа, 20 выходящего из (i) плавильного(-ых) резервуара(-ов), или (ii) резервуара освещения, или (iii) из печи в целом (таким образом, включая дымовой газ из плавильного резервуара и резервуара освещения).

[70] Согласно данному варианту осуществления и преимущественно стадию улавливания CO₂ можно осуществлять за счет дымового газа, который используют на 25 стадии предварительного нагревания стеклобоя.

[71] Согласно данному варианту осуществления также, если на стадии предварительного плавления предварительно расплавляют только часть стеклобоя и если оставшуюся часть стеклобоя (не подвергаемую предварительному плавлению) предварительно нагревают, исходные материалы загружают в по меньшей мере один 30 основной плавильный резервуар либо вместе с предварительно нагретым стеклобоем через одно и то же впускное средство (это подразумевает, что оба типа способных превращаться в стекло материалов смешивают перед загрузкой) или независимо от предварительно нагретого стеклобоя через другое(-ие) впускное(-ые) средство(-а).

[72] Предпочтительно согласно данному варианту осуществления максимальная температура стеклобоя на стадии предварительного нагрева стеклобоя составляет 450°C. Это позволяет избежать проблем с засорением.

5 [73] Согласно варианту осуществления стадию предварительного нагрева стеклобоя можно осуществлять в по меньшей мере одном устройстве для предварительного нагрева стеклобоя, например, по типу одного из описанных в US5526580 или DE3716687.

10 [74] Преимущественно по меньшей мере одно устройство для предварительного нагрева стеклобоя может быть размещено в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного основного плавильного резервуара или по меньшей мере одного вспомогательного плавильного резервуара, при этом либо по ширине указанного резервуара, либо по бокам по его длине. Преимущественно, в частности, по меньшей мере в случае одного основного плавильного резервуара стадия предварительного нагрева стеклобоя может быть осуществлена в по меньшей мере двух устройствах

15 предварительного нагрева стеклобоя, размещенных, например, в части, расположенной раньше по потоку от плавильного резервуара, по его ширине или по бокам по его длине, причем с обеих сторон. Например, стадия предварительного нагрева стеклобоя может быть осуществлена в четырех устройствах предварительного нагрева стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от плавильного

20 резервуара, распределенных по его ширине или по бокам по его длине (например, по два с каждой стороны). Также, например, стадия предварительного нагрева стеклобоя может быть осуществлена в шести устройствах предварительного нагрева стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от плавильного резервуара, причем по его ширине или по бокам по его длине (например, по три с каждой стороны),

25 или также в восьми устройствах предварительного нагрева стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от плавильного резервуара, причем по его ширине или по бокам по его длине (например, по четыре с каждой стороны).

[75] Согласно еще одному преимущественному варианту осуществления настоящего изобретения исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений.

30 Под «карбонатными соединениями» понимают, например, карбонаты щелочных металлов и карбонаты щелочно-земельных металлов. Предпочтительно исходные материалы содержат менее 20% по весу карбонатных соединений, еще более предпочтительно менее 10% и даже менее 5%. Исходные материалы преимущественно могут не содержать каких-либо карбонатных соединений.

[76] Данный вариант осуществления является преимущественным, поскольку он позволяет уменьшить часть выбросов CO₂, возникающих в результате декарбонизации исходных материалов, по сравнению с классическим способом плавления стекла, где карбонат натрия Na₂CO₃, известняк CaCO₃ и доломит CaMg(CO₃)₂ обычно по сути
5 используют в качестве источников натрия и кальция. Согласно данному варианту осуществления источники щелочных и щелочно-земельных металлов могут преимущественно присутствовать, по меньшей мере частично, в форме оксидов или гидроксидов, таких как CaO, CaO.MgO (доломитовая известь), Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, NaOH, КОН.

10 [77] Согласно особенно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадии:

- обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один основной плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагрева, (ii) по меньшей
15 мере один вспомогательный плавильный резервуар, (iii) резервуар освещения, снабженный средствами нагрева, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iv) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один основной плавильный резервуар и резервуар освещения, (v) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном
20 основном плавильном резервуаре, (vi) выпускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара освещения;
- загрузки способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере один основной плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами) и/или в по
25 меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, при этом указанные способные превращаться в стекло материалы предусматривают (i) исходные материалы с менее 25% по весу карбонатных соединений и (ii) стеклобой в количестве по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов,
- предварительного нагрева стеклобоя, по меньшей мере частично за счет
30 рекуперации тепла от печи, перед загрузкой указанного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар и/или по меньшей мере вспомогательный плавильный резервуар;
- предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя в по меньшей мере одном вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания

предварительного расплавленного стеклосбоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар;

- 5 - плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания, при этом доля подводимого электричества согласно способу находится в диапазоне от 50% до 85%;
- осветления расплава в резервуаре осветления путем нагревания с применением средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом;
- 10 - обеспечения перетекания расплава из резервуара осветления в рабочую зону через выпускное(-ые) средство(-а);
- улавливания CO_2 из дымового газа, характеризующегося концентрацией CO_2 выше чем 35%, при этом данная стадия предусматривает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации.

15 [78] Все ранее описанные конкретные варианты осуществления, относящиеся к каждой стадии способа по настоящему изобретению, относятся и к данному последнему особенно предпочтительному варианту осуществления.

20 [79] Специалисту в данной области техники понятно, что настоящее изобретение никоим образом не ограничивается предпочтительными вариантами осуществления, описанными выше. Напротив, многие модификации и вариации возможны в пределах объема прилагаемой формулы изобретения. Следует дополнительно отметить, что настоящее изобретение относится ко всем возможным сочетаниям признаков и предпочтительных признаков, описанных в настоящем документе и перечисленных в формуле изобретения.

25

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

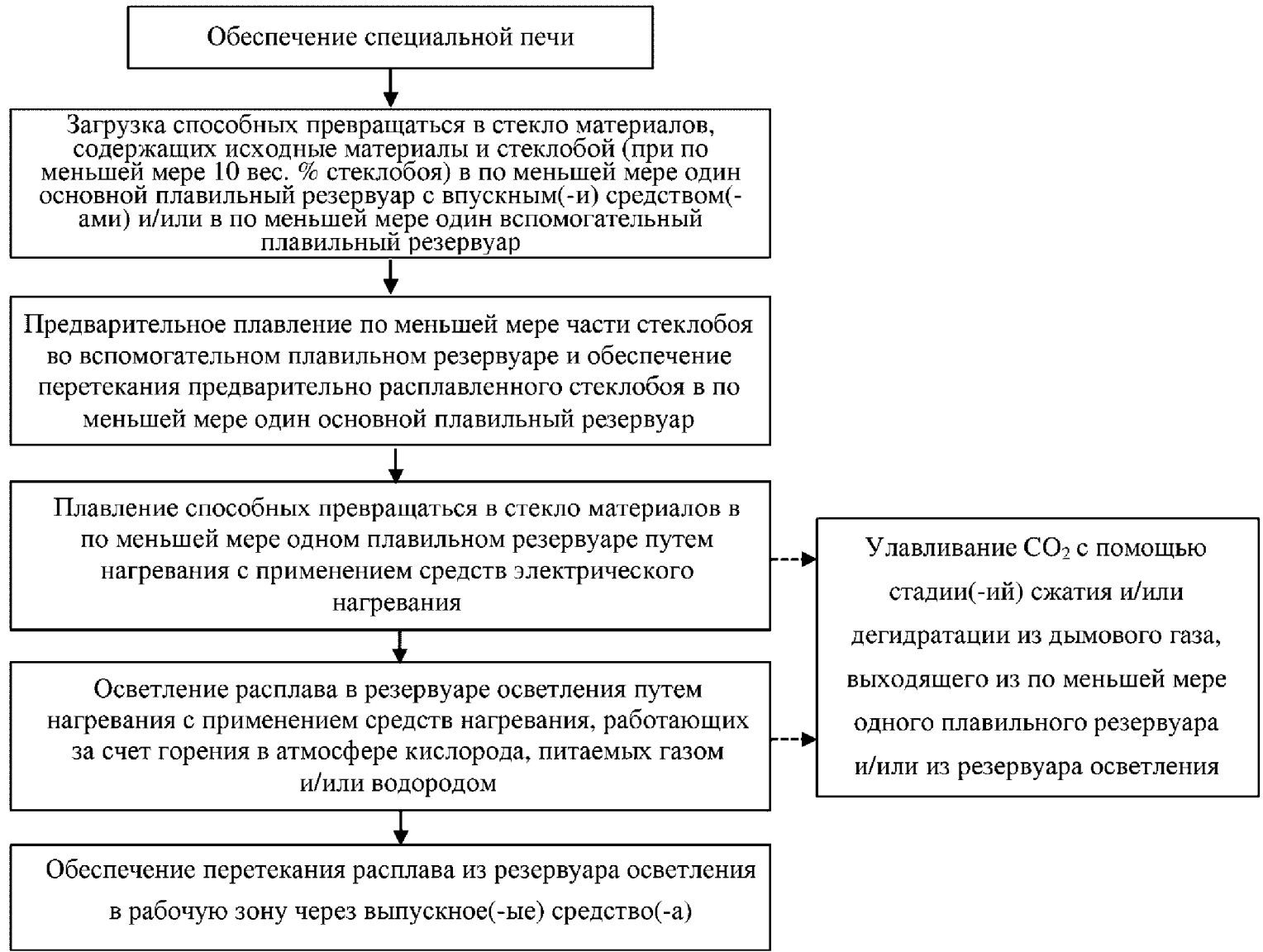
1. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла, включающий стадии:

- 5
- обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один основной плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагрева, (ii) по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, (iii) резервуар освещения, снабженный средствами нагрева, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iv) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один основной плавильный резервуар и резервуар освещения, (v) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре, (vi) выпускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара освещения;
 - загрузки способных превращаться в стекло материалов, содержащих исходные материалы и стеклобой, в по меньшей мере один основной плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами) и/или в по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар, при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов;
 - 20 - предварительного плавения по меньшей мере части стеклобоя во вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительного расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар;
 - плавения способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном основном плавильном резервуаре путем нагрева с применением средств электрического нагрева;
 - 25 - освещения расплава в резервуаре освещения путем нагрева с применением средств нагрева, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом;
 - 30 - обеспечения перетекания расплава из резервуара освещения в рабочую зону через выпускное(-ые) средство(-а);
 - улавливания CO_2 из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 35%;

отличающийся тем, что:

- относящаяся к нему доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50% до 85%;
 - стадия улавливания CO_2 из дымового газа предусматривает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации.
- 5 2. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущему пункту, отличающийся тем, что количество стеклобоя составляет по меньшей мере 30% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов.
3. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, питают с помощью по меньшей мере 50% водорода и предпочтительно по меньшей мере 80% водорода.
- 10 4. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 40%.
- 15 5. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущему пункту, отличающийся тем, что указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO_2 по меньшей мере 50%.
6. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что стадия улавливания CO_2 из дымового газа состоит по сути из стадии(-ий) сжатия и/или дегидратации.
- 20 7. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что он дополнительно включает стадию удаления кислотных компонентов из указанного дымового газа.
8. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущему пункту, отличающийся тем, что стадию удаления кислотных компонентов из указанного дымового газа проводят перед стадией улавливания CO_2 или одновременно с ней.
- 25 9. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что он дополнительно включает стадию предварительного нагревания стеклобоя, по меньшей мере частично за счет рекуперации тепла от печи, перед загрузкой указанного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар и/или в по меньшей мере один вспомогательный плавильный резервуар.
- 30 10. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по п. 9, отличающийся тем, что максимальная температура стеклобоя на стадии предварительного нагревания стеклобоя составляет 450°C .

11. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений.
12. Печь для осуществления способа по пп. 1-11.



ФИГ. 1