

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202491435** (13) **A1**(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 CO<sub>2</sub> ОТ ОЧЕНЬ НИЗКОГО ДО НУЛЕВОГО**

(31) 21212215.4

(32) 2021.12.03

(33) EP

(86) PCT/EP2022/083949

(87) WO 2023/099619 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 плавильный резервуар со средствами электрического нагревания, резервуар осветления со средствами нагревания, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, узкий участок, разделяющий плавильный резервуар и резервуар осветления, впускное(ые) средство(а), расположенное(ые) в указанном 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 указанный плавильный резервуар с впускным(и) средством(ами), при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов, а исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений; (iii) плавления способных превращаться в стекло материалов в указанном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания; (iv) осветления расплава в резервуаре осветления путем нагревания с применением средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом; (v) обеспечения перетекания расплава из резервуара осветления в рабочую зону через выпускное(ые) средство(а); (vi) улавливания CO<sub>2</sub> из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией CO<sub>2</sub> по меньшей мере 35%; доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50 до 85%, и стадия улавливания CO<sub>2</sub> предусматривает стадию(и) сжатия и/или дегидратации. Данный способ демонстрирует очень низкий уровень выбросов CO<sub>2</sub> и является экономически целесообразным.



A1

202491435

202491435

A1

## СПОСОБ ПЛАВЛЕНИЯ СТЕКЛА С УРОВНЕМ ВЫБРОСА CO<sub>2</sub> ОТ ОЧЕНЬ НИЗКОГО ДО НУЛЕВОГО

### 5 ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[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  
10 обеспечивает множество преимуществ, особенно с точки зрения CO<sub>2</sub>, особенно его выбросов и улавливания.

[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.

15

### ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[3] Глобальное потепление и требования по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> повышают давление на производителей стекла, а также цены на энергоносители и налоги на выбросы CO<sub>2</sub>, которые вскоре могут стать серьезной проблемой для  
20 конкурентоспособности в отрасли стекольного производства.

[4] В контексте срочных мер по сокращению углеродсодержащих выбросов в 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  
25 общества, ориентированного на обеспечение низких уровней выбросов углерода.

[5] Для обеспечения такого перехода в отрасли стекольного производства уже 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 H<sub>2</sub> или биогаз,  
30 использование альтернативных исходных материалов, увеличение использования стеклобоя в качестве исходного материала, рекуперация тепла, улавливание, использование и хранение CO<sub>2</sub> (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  $\text{CO}_2$ , но при этом останется экономически приемлемым для производителей стекла.

5 [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  $\text{CO}_2$ , а также снижение общего потребления энергии. В такой конфигурации плавильная печь содержит электроды, погруженные и обычно расположенные в нижней части резервуара, которые  
10 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.

15 [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  
20 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  
25 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  $\text{H}_2$  или биогаз:* даже если совершенно очевидно,  
30 что они принесут преимущества с точки зрения окружающей среды/потребления энергии/выбросов  $\text{CO}_2$ , серьезные ограничения препятствуют их широкому использованию в стекольной промышленности (недостаточная доступность биогаза и высокая цена  $\text{H}_2$  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 («Нотох») 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 CO<sub>2</sub>:* Обычно процесс улавливания CO<sub>2</sub> в промышленных процессах/на предприятиях состоит из двух стадий: (i) выделения CO<sub>2</sub> из отходящей смеси газов посредством избирательной реакции с сепарационным материалом («абсорбция» CO<sub>2</sub>) и (ii) регенерации используемого материала путем обратной реакции («десорбция» CO<sub>2</sub>). Сепарационный материал может быть повторно использован для улавливания CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> в промышленности, поскольку технология является развитой и возможным является эффективное разделение амина и CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (обычно ниже 30%, а часто приблизительно 10-20% по объему) и низкую степень чистоты из-за присутствия множества других компонентов (в основном N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> и т. д.), что сильно влияет на эффективность процесса улавливания CO<sub>2</sub>; и
- процесс улавливания CO<sub>2</sub> с помощью аминов требует большого количества энергии для регенерации аминного сорбента (процесс десорбции), что оказывает влияние на общее потребление энергии (и, возможно, на выбросы CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> из данного дымового газа.

### **ЦЕЛЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

[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 CO<sub>2</sub> по сравнению с классической плавильной печью.

[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 CO<sub>2</sub> по сравнению с классической плавильной печью.

[16] Дополнительной целью настоящего изобретения является обеспечение способа плавления стекла для получения плоского стекла, который характеризуется сниженным общим потреблением энергии и сниженным количеством выбросов CO<sub>2</sub> по сравнению с классической плавильной печью, при этом позволяет осуществлять простое и экономически эффективное улавливание CO<sub>2</sub>.

### **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

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

- обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагрева, (ii) резервуар освещения, снабженный средствами нагрева, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iii) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один плавильный резервуар и резервуар освещения, (iv) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном плавильном резервуаре, и (v) 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 плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами), при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов, а исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений;
- плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания;
- 10 - 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 через выпускное(-ые) средство(-а);
- 15 - улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 35%;

при этом относящаяся к нему доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50% до 85%, и стадия улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа включает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации.

20 **[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:

- применения печи специальной сегментированной конструкции (с разделением электрически нагреваемой зоны плавления и нагреваемой за счет горения зоны осветления),
- 25 - применения кислорода в качестве окислителя,
- применения газа и/или водорода в качестве горючего вещества,
- применения минимального количества стеклобоя в способных превращаться в
- 30 - применения минимального количества декарбонизированных исходных материалов в способных превращаться в стекло материалах и
- применения конкретной доли подводимого электричества

возможно добиться одновременно:

- значительного снижения общего потребления энергии; и
- значительного снижения общего количества вырабатываемого CO<sub>2</sub>; и
- значительного уменьшения объема дымового газа, а также значительного увеличения концентрации CO<sub>2</sub> в указанном дымовом газе и его чистоты, что позволяет применять простой, отлаженный и экономически эффективный процесс улавливания CO<sub>2</sub>.

5 [19] Благодаря реализации всех признаков настоящего изобретения способ по настоящему изобретению демонстрирует очень низкий уровень выбросов CO<sub>2</sub> и является экономически целесообразным.

10 [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  
15 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)  
20 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.

25 [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  
30 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 плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагревания, (ii) резервуар

осветления, снабженный средствами нагревания, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iii) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей мере один плавильный резервуар и резервуар осветления, (iv) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном плавильном резервуаре, и (v) выпускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара осветления (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 осветления» 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 осветления стекла (главным образом за счет удаления большей части пузырьков). В данной области техники этот резервуар осветления также обычно называют «резервуаром очищения».

**[26]** Согласно настоящему изобретению под термином «узкий участок», разделяющий плавильный резервуар и резервуар осветления, подразумевают сужение по ширине (или в направлении, перпендикулярном направлению движения стекла) 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 осветления в сторону плавильного резервуара. Это является преимуществом, поскольку, во-первых, это стабилизирует поверхностный слой из исходных материалов и предотвращает попадание



нерасплавленных частиц непосредственно в резервуар осветления, а во-вторых, это также предотвращает попадание потенциальных дефектных объектов, образующихся при контакте стекла, футеровки и атмосферы, непосредственно в резервуар осветления. Данные аспекты могут существенно улучшить качество стекла. Кроме того, это также  
 5 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.

[27] Такая конструкция печи с сегментацией плавильного резервуара и резервуара осветления дает множество преимуществ в отношении потребления  
 10 энергии/выбросов CO<sub>2</sub>, 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 плавильного(-ых) резервуара(-ов) и дымового газа из резервуара осветления.

[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.

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

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

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

W1i представляет собой ширину по меньшей мере одного плавильного резервуара;

W2 представляет собой ширину резервуара осветления;

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

[30] Такая последняя специальная конструкция является преимущественной для того, чтобы найти правильный компромисс между двумя противоположными требованиями: с одной стороны, узкий(-е) участок(-ки) между зоной(-ами) плавления и зоной осветления в идеале должен(-ны) быть как можно более узким(-и), чтобы (1)  
 30 уменьшить отверстие между плавильными сверхструктурами/куполами и сверхструктурами/куполами осветления и (2) создать препятствие интенсивности общей конвекции расплава стекла в плавильном(-ых) резервуаре(-ах), а с другой стороны, узкий участок в идеале должен быть как можно шире, чтобы ограничить скорость стекла внутри

узкого(-их) участка(-ов) с целью ограничения износа/коррозии стенок футеровки узкого участка.

**[31]** Согласно настоящему изобретению печь может содержать один плавильный резервуар и один узкий участок; или два плавильных резервуара и два узких участка; или даже три 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.

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

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

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

- 25  $0,1*W2 \leq W3i \leq 0,6*W2$ ;
- $0,1*W2 \leq W3ii \leq 0,6*W2$ ;
- $W1i \geq 1,4*W3i$ ;
- $W1ii \geq 1,4*W3ii$ ;
- W1i представляет собой ширину первого плавильного резервуара;
- 30 W1ii представляет собой ширину второго плавильного резервуара;
- W2 представляет собой ширину резервуара освещения;
- W3i представляет собой ширину узкого участка Ni;
- W3ii представляет собой ширину узкого участка Nii.

**[34]** Предпочтительно общая площадь поверхности плавильного(-ых) резервуара(-ов) находится в диапазоне от 25 до 400 м<sup>2</sup>. Согласно настоящему изобретению также предпочтительно площадь поверхности резервуара освещения находится в диапазоне от 25 до 400 м<sup>2</sup>.

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 плавильный резервуар с впускным(и) средством(-ами).

10 **[36]** Поскольку способные превращаться в стекло материалы предусматривают исходные материалы и стеклобой, согласно настоящему изобретению они оба предпочтительно загружаются вместе в по меньшей мере один плавильный резервуар, т. е. через одно и то же (одни и те же) впускное(-ые) средство(-а). В качестве альтернативы оба независимо загружаются в по меньшей мере один плавильный резервуар через разные  
15 впускные средства (например, одно впускное средство предназначено для исходных материалов, и одно впускное средство предназначено для стеклобоя, или два впускных средства предназначены для исходных материалов, и два впускных средства предназначены для стеклобоя).

**[37]** Согласно настоящему изобретению количество стеклобоя составляет по  
20 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  
25 материалов или даже, что является особенно предпочтительным, по меньшей мере 40% по весу. Это является преимущественным, поскольку обеспечивается уменьшение выработки/выбросов CO<sub>2</sub> по способу согласно настоящему изобретению (благодаря уменьшению выбросов, возникающих в результате декарбонизации карбонатных исходных материалов). Также предпочтительно количество стеклобоя составляет  
30 максимум 90% по весу в пересчете на 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.

**[38]** Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений. 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. Эти уменьшенные количества карбонатных соединений являются преимущественными, поскольку позволяют уменьшить часть выбросов  $\text{CO}_2$ , возникающих в результате декарбонизации исходных материалов, по сравнению с классическим способом плавления стекла, где карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , известняк  $\text{CaCO}_3$  и доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  обычно по сути используют в качестве источников натрия и кальция. Согласно варианту осуществления источники щелочных и щелочно-земельных металлов преимущественно присутствуют, по меньшей мере частично, в форме оксидов или гидроксидов, таких как  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$  (доломитовая известь),  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ .

**[39]** Предпочтительно и, как известно в данной области техники, впускное(-ые) 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»).

**[40]** В преимущественном варианте осуществления настоящего изобретения печь 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. 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 плавильном резервуаре путем нагревания с помощью средств электрического нагревания.

**[41]** Средства электрического нагревания согласно настоящему изобретению предпочтительно расположены в нижней части по меньшей мере одного 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 А/см<sup>2</sup> на поверхности электрода. Также, например, высота погруженных электродов в 5 0,3-0,8 раза больше высоты расплава стекла.

[42] 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 10 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...).

[43] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, 15 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 20 используемым является натуральное стекло из соображений практичности, экономичности и доступности.

[44] Под термином «средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода» согласно настоящему изобретению подразумевают средств, работающих за счет горения, снабженные газообразным кислородом (O<sub>2</sub>) в качестве 25 окислителя. Обычно газ-окислитель O<sub>2</sub>, 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 30 горения. Даже если они все еще могут присутствовать в дымовом газе (в зависимости от чистоты O<sub>2</sub> и количества паразитного воздуха), их количество будет очень низким.

[45] 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.

5           **[46]** 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 CO<sub>2</sub> 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.

10           Это является преимущественным, поскольку позволяет добиться более высокой концентрации CO<sub>2</sub> в дымовом газе, тем самым облегчая и улучшая стадию улавливания CO<sub>2</sub>, 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,

15           питают с помощью 50% газа и 50% водорода.

**[47]** 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).

25           **[48]** 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

30

выпускное отверстие в зону формования. Такая зона формования может содержать, например, флот-установку и/или прокатную установку.

5 [49] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением плоского стекла включает стадию улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа.

10 [50] Согласно настоящему изобретению указанный дымовой газ (а именно дымовой газ, который подвергается стадии улавливания  $\text{CO}_2$ ) характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 35%. Концентрация  $\text{CO}_2$  согласно настоящему изобретению представляет собой концентрацию, заданную для сухого дымового газа, а именно дымового газа со всеми его компонентами, за исключением воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ).  
Предпочтительно дымовой газ по настоящему изобретению характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 40%, более предпочтительно по меньшей мере 50% или даже больше по меньшей мере 60%. Это является преимущественным, поскольку, чем выше концентрация  $\text{CO}_2$  дымового газа, тем проще и эффективнее улавливание  $\text{CO}_2$ ,  
15 применяемое к данному дымовому газу.

[51] Согласно настоящему изобретению и как проиллюстрировано на фиг. 1, стадия улавливания  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ ,  
20 обычно путем использования компрессора. Стадия дегидратации может предшествовать стадии сжатия, и/или стадия дегидратации может проходить одновременно со стадией сжатия.

[52] В частности, стадию улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа согласно настоящему изобретению можно осуществлять известным способом с использованием  
25 установки для сжатия и очистки  $\text{CO}_2$  (или CPU).

[53] Дымовой газ согласно настоящему изобретению, как проиллюстрировано на фиг. 1, может быть извлечен для улавливания  $\text{CO}_2$  либо из по меньшей мере одного плавильного резервуара, либо из резервуара освещения, либо из обоих. В частности, если средства нагревания, работающие за счет горения в атмосфере кислорода, согласно  
30 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  $\text{CO}_2$ ).

[54] После стадии улавливания  $\text{CO}_2$  согласно настоящему изобретению, продукт  $\text{CO}_2$  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  
5 считается приемлемым.

[55] Данный простой и эффективный процесс улавливания CO<sub>2</sub> является очень преимущественным, поскольку позволяет избежать использования каких-либо сорбентов/химических реагентов, которые обуславливают увеличение эксплуатационных/энергетических затрат и экологических проблем, а также позволяет  
10 добиться экономически эффективного улавливания CO<sub>2</sub>, что делает весь способ по настоящему изобретению экономически целесообразным.

[56] Согласно предпочтительному варианту осуществления стадия улавливания CO<sub>2</sub> из дымового газа состоит по сути из стадии(-ий) сжатия и/или дегидратации.

[57] Согласно преимущественному варианту осуществления способ по  
15 настоящему изобретению дополнительно включает стадию удаления кислотных компонентов из дымового газа. Данный способ удаления кислотных компонентов осуществляют перед стадией улавливания CO<sub>2</sub> или одновременно с ней (например, перед стадией(-ями) сжатия и/или дегидратации или одновременно с ней(ними)).

[58] Стадия удаления кислотных компонентов может предусматривать стадию  
20 десульфуризации (или удаления так называемых соединений «SO<sub>x</sub>») дымового газа. Она также может предусматривать стадию удаления так называемых соединений «NO<sub>x</sub>», 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<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) перед  
25 транспортировкой, хранением и/или утилизацией.

[59] После стадии улавливания CO<sub>2</sub> согласно настоящему изобретению, известным способом, продукт CO<sub>2</sub> (например, в жидкой форме) может быть  
30 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, или для применений в противопожарной защите). Преимущественно продукт CO<sub>2</sub>, полученный после стадии улавливания CO<sub>2</sub>, может быть использован на месте во избежание транспортировки. Это может рассматриваться, если



количество улавливаемого CO<sub>2</sub> не слишком большое, чтобы оно могло быть поглощено местным(-и) рынком(-ами).

5 [60] Согласно преимущественному варианту осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает стадию предварительного нагрева  
стеклобоя, по меньшей мере частично за счет рекуперации тепла от печи, перед загрузкой  
указанного стеклобоя в по меньшей мере один плавильный резервуар. Согласно данному  
варианту осуществления рекуперацию тепла от печи можно осуществлять из дымового  
газа, 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  
10 и резервуара освещения).

[61] Согласно данному варианту осуществления и преимущественно стадию улавливания CO<sub>2</sub> можно осуществлять за счет дымового газа, который используют на стадии предварительного нагрева стеклобоя.

15 [62] Также согласно данному варианту осуществления исходные материалы загружают в по меньшей мере один плавильный резервуар вместе с предварительно нагретым стеклобоям через одно и то же впускное средство (это подразумевает, что оба типа способных превращаться в стекло материалов смешивают перед загрузкой). В качестве альтернативы исходные материалы загружают в по меньшей мере один плавильный резервуар, независимо от предварительно нагретого стеклобоя, через  
20 различные впускные средства.

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

25 [64] Согласно настоящему изобретению 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.

30 [65] Преимущественно по меньшей мере одно устройство для предварительного нагрева стеклобоя может быть размещено в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара, при этом либо по ширине указанного резервуара, либо по бокам по его длине. Преимущественно стадия предварительного нагрева стеклобоя может быть осуществлена в по меньшей мере двух устройствах предварительного нагрева стеклобоя, размещенных, например, в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара, по

его ширине или по бокам по его длине, причем с обеих сторон. Например, стадия предварительного нагревания стеклобоя может быть осуществлена в четырех устройствах предварительного нагревания стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара, распределенных по его ширине или по бокам по его длине (например, по два с каждой стороны). Также, например, стадия предварительного нагревания стеклобоя может быть осуществлена в шести устройствах предварительного нагревания стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара, причем по его ширине или по бокам по его длине (например, по три с каждой стороны), или также в восьми устройствах предварительного нагревания стеклобоя, размещенных в части, расположенной раньше по потоку от по меньшей мере одного плавильного резервуара, причем по его ширине или по бокам по его длине (например, по четыре с каждой стороны).

**[66]** Согласно другому преимущественному варианту осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает стадию предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя во вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительного расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один плавильный резервуар (в данном случае называемый «основным плавильным резервуаром»). Согласно данному варианту осуществления часть стеклобоя, подлежащего предварительному плавлению, загружают во вспомогательный плавильный резервуар, а оставшуюся часть стеклобоя, если таковая имеется, загружают в по меньшей мере один плавильный резервуар. Преимущество данного варианта осуществления 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, в данном варианте осуществления по меньшей мере часть стеклобоя предварительно «переваривается» во 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 в нижней части вспомогательного плавильного резервуара, а полученный «очищенный» расплав стекла может стекать с верхней части в основной(-ые) плавильный(-е) резервуар(-ы).

[67] Согласно данному варианту осуществления вспомогательный плавильный резервуар подсоединен предпочтительно 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.

[68] Также согласно данному варианту осуществления настоящего изобретения только часть стеклобоя подвергают предварительному плавлению во вспомогательном плавильном резервуаре. Например, часть стеклобоя, которую считают «загрязненной» или недостаточно чистой, подвергают предварительному плавлению во вспомогательном плавильном резервуаре, а оставшуюся «чистую» часть стеклобоя загружают в по меньшей мере один основной плавильный резервуар. В качестве альтернативы общее количество стеклобоя подвергают предварительному плавлению во вспомогательном плавильном резервуаре.

[69] Согласно данному варианту осуществления настоящего изобретения предпочтительно способ включает стадию предварительного нагревания по меньшей мере части стеклобоя, по меньшей мере частично за счет рекуперации тепла от печи, перед загрузкой его во вспомогательный плавильный резервуар.

[70] Один из примеров вспомогательного плавильного резервуара, подходящего в настоящем варианте осуществления, описан в заявке на патент EP2137115A1.

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

- предоставления печи, содержащей (i) по меньшей мере один основной плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагревания, (ii) 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;
- загрузки способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере один основной плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами) и/или во 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,

- 5
- 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 вспомогательный плавильный резервуар;
  - предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя во

10

  - вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительного расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один основной плавильный резервуар;
  - плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере одном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств

15

  - 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;

20

  - обеспечения перетекания расплава из резервуара осветления в рабочую зону через выпускное(-ые) средство(-а);
  - улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа, характеризующегося концентрацией  $\text{CO}_2$  выше чем 35%, при этом данная стадия предусматривает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации.

25 [72] Все ранее описанные конкретные варианты осуществления, относящиеся к каждой стадии способа по настоящему изобретению, относятся и к данному последнему особенно предпочтительному варианту осуществления.

[73] 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

30

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.

[74] Следующие примеры представлены в целях иллюстрации и не предназначены для ограничения объема настоящего изобретения.

## ПРИМЕРЫ

5 [75] Были выполнены расчеты по следующим примерам способа с учетом одинакового объема стекла (750 т/сутки) и одинакового количества стеклобоя (40% по массе), а также с учетом следующих конструкций печей.

10 - **Пример 1** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми воздухом/природным газом (NG) (полностью энергия сгорания).

15 - **Пример 2** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми  $O_2$ /природным газом (NG) (полностью энергия сгорания).

- **Пример 3** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми  $O_2/H_2$  (полностью энергия сгорания).

20 - **Пример 4** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми воздухом/природным газом (NG), и электродами для дополнительного элетронагрева. Электрическую мощность дополнительного элетронагрева устанавливали на 5 МВт.

25 - **Пример 5** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми  $O_2$ /природным газом (NG), и электродами для дополнительного элетронагрева. Электрическую мощность дополнительного элетронагрева устанавливали на 5 МВт.

30 - **Пример 6** (сравнительный): традиционная пламенная стеклоплавильная печь с одним резервуаром, предусматривающим зоны плавления и осветления, оснащенным горелками, питаемыми  $O_2/H_2$ , и электродами для дополнительного элетронагрева. Электрическую мощность дополнительного элетронагрева устанавливали на 5 МВт.

- 5 - **Пример 7** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2$ /природным газом (NG), и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 16 МВт.
- 10 - **Пример 8** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2/H_2$ , и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 16 МВт.
- 15 - **Пример 9** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2$ /смесью природный газ (NG): $H_2$  в соотношении 50:50, и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 16 МВт.
- 20 - **Пример 10** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2$ /природным газом (NG), и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 21 МВт.
- 25 - **Пример 11** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2/H_2$ , и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 21 МВт.
- 30 - **Пример 12** (по настоящему изобретению): сегментированная печь, оснащенная плавильным резервуаром, содержащим электроды, резервуаром освещения с горелками, питаемыми  $O_2$ /смесью природный газ (NG): $H_2$  в соотношении 50:50, и узким участком, разделяющим плавильный резервуар и резервуар освещения. Электрическую мощность в плавильном резервуаре устанавливали на 21 МВт.

[76] В сравнительных примерах 1-6 используемые исходные материалы содержали следующие карбонатные соединения:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , доломит и известняк, на которые приходилось 37,3% по весу карбонатных соединений в исходных материалах.

5 [77] В примерах 7-12 согласно настоящему изобретению доломит и известняк заменяли декарбонизированными соединениями, а именно доломитовой известью и «негашеной известью», так что исходные материалы в данных примерах содержали 19,3% по весу карбонатных соединений (по сути  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

[78] В таблице 1a показана информация, касающаяся «энергии». В таблице 1b показана информация, касающаяся «дымового газа» и «стадии улавливания  $\text{CO}_2$ ».

10

Таблица 1a

15

20

25

30

Пример		Энергия				
		Горючее вещество	Топливо	Электрическая мощность (МВт)	Общая мощность (МВт)	Доля подводимого электричества (%)
1	сравн.	воздух	NG	0	47	0
2	сравн.	$\text{O}_2$	NG	0	44	0
3	сравн.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2$	0	44	0
4	сравн.	воздух	NG	5	43	0
5	сравн.	$\text{O}_2$	NG	5	39	12,8
6	сравн.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2$	5	39	12,8
7	наст. изобр.	$\text{O}_2$	NG	13,4	27,4	48,9
8	наст. изобр.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2$	13,4	27,4	48,9
9	наст. изобр.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2/\text{NG}$ 50:50	13,4	27,4	48,9
10	наст. изобр.	$\text{O}_2$	NG	18,4	23,4	78,6
11	наст. изобр.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2$	18,4	23,4	78,6
12	наст. изобр.	$\text{O}_2$	$\text{H}_2/\text{NG}$ 50:50	18,4	23,4	78,6

[79] Что касается «энергии», в таблице 1а приведены горючее вещество, топливо, электрическая и общая мощность, используемые в расчетах, а также доля подводимого электричества (электричество/общая энергия).

[80] Что касается «дымового газа», в таблице 1b указаны:

- 5 - дымовой газ, который извлекают, чтобы подвергнуть стадии улавливания  $\text{CO}_2$ : либо дымовой газ из всей печи («весь», извлеченный из плавильного резервуара и резервуара освещения), либо только из плавильного резервуара (в случае использования 100%  $\text{H}_2$  в качестве топлива в сегментированных печах, где  $\text{CO}_2$  отсутствует в дымовом газе из резервуара освещения);
- 10 - скорость потока дымового газа (влажного), который подвергается стадии улавливания  $\text{CO}_2$ ;
- концентрация  $\text{CO}_2$  (определенная для сухого дымового газа, за исключением  $\text{H}_2\text{O}$ );
- концентрация  $\text{H}_2\text{O}$ .

15 **Таблица 1b**



Пример		Дымовой газ				Улавливание CO <sub>2</sub>		
		Дымовой газ для улавливания CO <sub>2</sub>	Скорость потока дымового газа (Нм <sup>3</sup> /ч, влажный)	Конц. CO <sub>2</sub> (сухой, искл. H <sub>2</sub> O)	Конц. H <sub>2</sub> O	Тонны CO <sub>2</sub> /год	Амин абс.- дес.	Дегидр./сжатие
1	сравн.	весь	69742	12,9%	21,0%	119673	х	х
2	сравн.	весь	22634	63,1%	53,7%	113650		х
3	сравн.	весь	24005	33,7%	75,8%	33642	х	х
4	сравн.	весь	57550	13,4%	20,9%	102397	х	х
5	сравн.	весь	19308	59,6%	51,3%	96375		х
6	сравн.	весь	20384	34,1%	71,8%	33642	х	х
7	наст. изобр.	весь	10840	39,50%	44,40%	40913		х
8	наст. изобр.	плавильн. резерв.	2920	47,30%	35,00%	15455		х
9	наст. изобр.	весь	11255	31,10%	53,10%	28184		х
10	наст. изобр.	весь	7855	28,50%	36,20%	24547	х	х
11	наст. изобр.	плавильн. резерв.	2920	47,30%	35,00%	15455		х
12	наст. изобр.	весь	7936	24,50%	40,20%	20001	х	х

**[81]** Что касается «улавливания CO<sub>2</sub>», в таблице 1b показаны варианты способа, в которых необходимы стадии абсорбции-десорбции амина и/или стадия(-и) дегидратации/сжатия (отмечены с помощью «х»).

**[82]** В таблице 1b также показано общее количество CO<sub>2</sub> (в тоннах), производимое за год (с учетом заданного объема стекла).

**[83]** В таблицах 1a и 1b очень хорошо проиллюстрировано, что варианты способа по настоящему изобретению (примеры 7-12) демонстрируют множество преимуществ по сравнению с классическими печами (примеры 1-6) без специальной конструкции по настоящему изобретению и без использования некоторых декарбонизированных соединений в исходных материалах:

- гораздо более низкое общее потребление энергии ( $\leq 30$  МВт);
- более низкое количество CO<sub>2</sub>, получаемое за год;

- более низкие объемы (или скорости потока) дымового газа, подлежащего обработке с улавливанием  $\text{CO}_2$ , что сокращает эксплуатационные затраты и/или финансовые вложения;
  - 5 - более высокая концентрация  $\text{CO}_2$  в обрабатываемом дымовом газе (в частности, от  $\geq 25\%$  до  $47\%$ ), что позволяет избежать дорогостоящей и энергоемкой стадии абсорбции-десорбции (например, с аминами) и применять по существу простую(-ые) стадию(-и) дегидратации/сжатия;
  - более низкая концентрация  $\text{H}_2\text{O}$  в дымовом газе, подлежащем обработке с улавливанием  $\text{CO}_2$ , что также сокращает эксплуатационные затраты на стадию дегидратации.
- 10

**[84]** Что касается количества получаемого за год  $\text{CO}_2$  для примеров согласно настоящему изобретению (примеры 7-12), достигаются низкие значения ( $< \sim 40000$  тонн/год), что обеспечивает более простое проведение на месте повышения ценности улавливаемого  $\text{CO}_2$ , что тем самым позволяет избежать его транспортировки (для использования или секвестрации на расстоянии), которая приводит к значительным дополнительным затратам (на саму транспортировку, например грузовым транспортом, или на инвестиции в оборудование трубопровода).

15

**[85]** Напротив, сравнительные примеры 1-6 характеризуются очень низкой концентрацией  $\text{CO}_2$  в дымовом газе (что обуславливает необходимость улавливания аминами), и/или высоким общим потреблением энергии (в частности, приблизительно 40 МВт или выше), и/или большими объемами дымового газа, подлежащего обработке с улавливанием  $\text{CO}_2$ , и/или высокой концентрацией  $\text{H}_2\text{O}$  (в частности, выше  $50\%$ ) в дымовом газе, подлежащем обработке с улавливанием  $\text{CO}_2$ , и/или высоким количеством  $\text{CO}_2$ , получаемого за год (в частности, приблизительно 100000 тонн или больше).

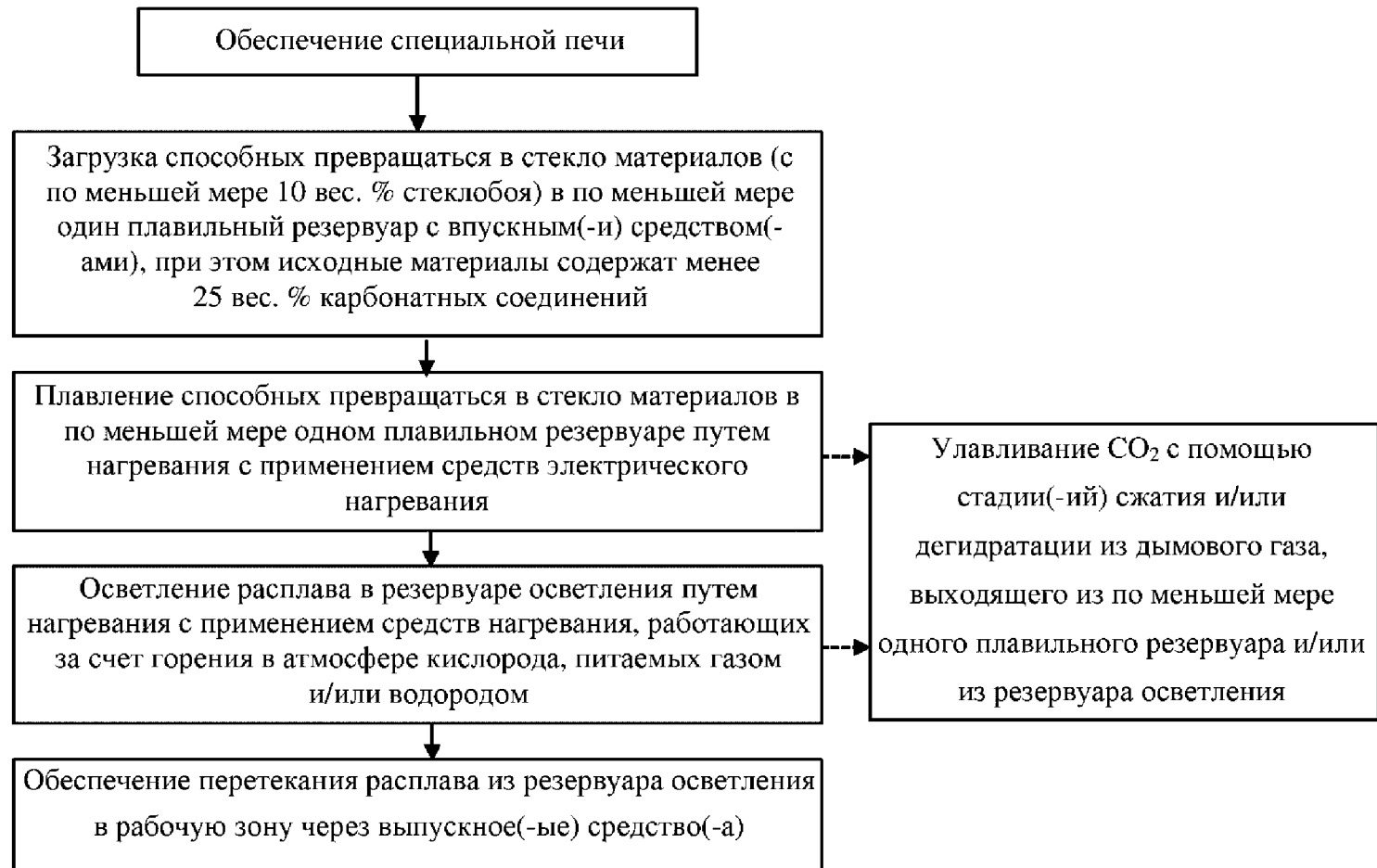
20

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов с получением  
5 плоского стекла, включающий стадии:
- обеспечения печи, содержащей (i) по меньшей мере один плавильный резервуар, содержащий средства электрического нагревания, (ii) резервуар освещения, снабженный средствами нагревания, работающими за счет горения в атмосфере кислорода, (iii) по меньшей мере один узкий участок, разделяющий по меньшей  
10 мере один плавильный резервуар и резервуар освещения, (iv) впускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) в по меньшей мере одном плавильном резервуаре, и (v) выпускное(-ые) средство(-а), расположенное(-ые) дальше по потоку относительно резервуара освещения;
  - загрузки способных превращаться в стекло материалов, содержащих исходные  
15 материалы и стеклобой, в по меньшей мере один плавильный резервуар с впускным(-и) средством(-ами), при этом количество стеклобоя составляет по меньшей мере 10% по весу в пересчете на общее количество способных превращаться в стекло материалов, а исходные материалы содержат менее 25% по весу карбонатных соединений;
  - плавления способных превращаться в стекло материалов в по меньшей мере  
20 одном плавильном резервуаре путем нагревания с применением средств электрического нагревания;
  - освещения расплава в резервуаре освещения путем нагревания с применением  
25 средств нагревания, работающих за счет горения в атмосфере кислорода, питаемых газом и/или водородом;
  - обеспечения перетекания расплава из резервуара освещения в рабочую зону через выпускное(-ые) средство(-а);
  - улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа, при этом указанный дымовой газ характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 35%;
  - 30 отличающийся тем, что:
    - относящаяся к нему доля подводимого электричества находится в диапазоне от 50% до 85%;
    - стадия улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа предусматривает стадию(-и) сжатия и/или дегидратации.

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  
5 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.
4. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим  
10 пунктам, отличающийся тем, что указанный дымовой газ характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 40%.
5. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущему пункту, отличающийся тем, что указанный дымовой газ характеризуется концентрацией  $\text{CO}_2$  по меньшей мере 50%.
6. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим  
15 пунктам, отличающийся тем, что стадия улавливания  $\text{CO}_2$  из дымового газа состоит по сути из стадии(-ий) сжатия и/или дегидратации.
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.
- 20 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  $\text{CO}_2$  или одновременно с ней.
9. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим  
25 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 плавильный резервуар.
10. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по п. 9, отличающийся тем, что максимальная температура стеклобоя на стадии предварительного нагревания стеклобоя составляет  $450^\circ\text{C}$ .
- 30 11. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что он дополнительно включает стадию предварительного плавления по меньшей мере части стеклобоя во вспомогательном плавильном резервуаре и обеспечения перетекания предварительно расплавленного стеклобоя в по меньшей мере один плавильный резервуар.

12. Способ плавления способных превращаться в стекло материалов по предыдущим пунктам, отличающийся тем, что исходные материалы содержат менее 10% по весу карбонатных соединений.
13. Печь для осуществления способа по пп. 1-12.



ФИГ. 1