

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202491011 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.07.17(51) Int. Cl. C03B 5/04 (2006.01)  
C03B 5/182 (2006.01)  
C03B 5/185 (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
2022.11.18

## (54) ГИБРИДНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА С ТРЕМЯ КОНВЕКЦИОННЫМИ КОНТУРАМИ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ/УСТАНОВКИ ФЛОТАЦИИ

(31) 21306665.7; 22305860.3

(32) 2021.11.30; 2022.06.13

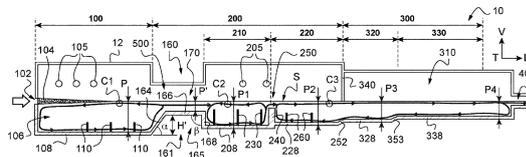
(33) EP

(86) PCT/EP2022/082517

(87) WO 2023/099245 2023.06.08

(71) Заявитель:  
СЭН-ГОБЭН ГЛАСС ФРАНС (FR)(72) Изобретатель:  
Саже Орельен, Де Диану Филипп, Ле  
Верж Арно, Комб Жан-Мари (FR)(74) Представитель:  
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретением обеспечивается гибридная печь (10) для производства стекла и подачи расплавленного стекла во установку флотации, на ванну расплавленного металла, при этом указанная гибридная печь (10) содержит от выше по потоку к ниже по потоку: зону (100) плавления с горячим сводом, оборудованную, по меньшей мере, горелками (105), пригодными для плавления шихты (104) с получением ванны (106) стекла, при этом указанная зона (100) плавления включает первый конвекционный контур (C1) и ограничена разделительным устройством (170), именуемым антивозвратным, предназначенным для предотвращения возврата расплавленного стекла в зону (100) плавления; зону (200) осветления стекла, включающую первую зону (210) осветления, оборудованную, по меньшей мере, горелкой (205) и электродами (230), и вторую зону (220) осветления, при этом указанная первая зона (210) осветления, соответственно, отделена от зоны (100) плавления указанным разделительным устройством (170) и от второй зоны (220) осветления стенкой (240), и стекло циркулирует в первой зоне (210) осветления во втором конвекционном контуре (C2) и во второй зоне (220) осветления - в третьем конвекционном контуре (C3); и зону (300) охлаждения стекла, содержащую бассейн (310) кондиционирования, через который проходит указанный третий конвекционный контур (C3).



A1

202491011

202491011

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-581198EA/019

### **ГИБРИДНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА С ТРЕМЯ КОНВЕКЦИОННЫМИ КОНТУРАМИ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ УСТАНОВКИ ФЛОТАЦИИ ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Изобретение относится к гибридной печи для производства стекла с тремя контурами конвекции для загрузки установки флотации.

Более конкретно, изобретение относится к гибридной печи для производства стекла, включающей, помимо зоны плавления с использованием пламени, оборудованную горелками и, преимущественно, дополнительно снабженную средством электронагрева (именуемым «boosting»), и зону осветления, содержащую первую зону осветления, выполненную с возможностью регулирования температуры стекла независимо от температуры в зоне плавления, расположенной выше по технологическому потоку, и во второй зоне осветления, расположенной ниже по технологическому потоку.

Изобретение также относится к способу производства стекла в гибридной печи для производства стекла.

Способ и гибридная печь для производства стекла, соответствующие изобретению, позволяют не только вырабатывать высококачественное стекло, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, но и подавать его в количестве, по меньшей мере, 400 тонн в день в установку флотации стекла, на ванну расплавленного металла с целью производства листового стекла.

#### **УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

Из предшествующего уровня техники известны различные концепции конструкции печей для производства стекла, которые зависят, в частности от производимого продукта, то есть, от финальной формы стекла.

Так, различают конструкции печей согласно предполагаемому назначению стекла для производства стекловолокна, промышленного формования полых стеклянных изделий или изготовления листового стекла.

Одной из промышленных целей при проектировании стекловаренных печей является возможность получения такого стекла, качественные требования которого зависят от конечного продукта. В этом отношении производство листового стекла представляет относительно одну из наибольших трудностей.

Листовое стекло, производимое в очень больших количествах из-за его универсальности, используют во множестве вариантов применения, в частности, в области электроники (плоские экраны) или строительстве и автомобилестроении, где стекло подвергают обработке самыми разнообразными способами (придание выпуклой формы, закалка и т.д.), а также в качестве основы для производства широкого спектра стеклянных изделий.

В соответствии с задачами, связанными как с качеством, так и с количеством, настоящее изобретение направлено на производство стекла для промышленного выпуска

листового стекла, которое обычно получают на установке флотации из стекла, наливаемого на ванну расплавленного металла, как правило олова, и по этой причине производимое стекло также называют «флоат-стекло».

Для производства листового стекла на установке флотации требуется сочетание качества и количества подаваемого стекла.

С одной стороны, необходима возможность непрерывной подачи во установку флотации большого количества стекла, а именно, как правило, более 400 тонн в день, преимущественно, более 600 тонн в день, даже 1000 тонн в день или более, что намного больше, чем в случае производства стекловолокна или промышленного формования полых стеклянных изделий.

С другой стороны, требуется подавать во установку флотации высококачественно стекло, то есть, стекло, содержащее минимально возможное количество непроваренных включений и пузырьков, скажем, как правило, стекло, содержащее менее 0,5 пузырька на литр.

Действительно, качество стекла определяется, в том числе, количеством присутствующих в нем пузырьков, выражаемым как «пузырьков на литр». Так, качество стекла считается тем выше, чем меньше, или даже незначительнее, количество пузырьков в литре этого стекла.

С другой стороны, напомним, что наличие пузырьков (или газообразных дефектов) в стекле является неотъемлемым следствием процесса производства стекла, в ходе которого, в целом, различают три последовательных этапа или фазы: плавление, осветление и гомогенизацию и термическое кондиционирование стекла.

Пузырьки появляются в стекле на этапе плавления, во время которого происходит плавления шихты, также именуемой «композицией стекла». Шихта состоит из исходных материалов, включающих, например, смесь песка, извести (карбоната кальция), карбоната натрия, доломита - для производства известково-натриевого стекла (наиболее широко используемого для производства листового стекла), к которым, преимущественно, добавляют стеклобой, состоящий из обломков стекла, для облегчения плавления.

Шихту преобразуют в жидкую массу, в которой растворяются даже наименее подверженные растворению частицы, т.е., наиболее обогащенные диоксидом кремния ( $\text{SiO}_2$ ) и обедненные оксидом натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ).

Карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) начинает вступать в реакцию с крупными частицами песка начиная с  $775^\circ\text{C}$ , при этом пузырьки диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) выделяются в жидкость, становящуюся все более и более вязкой по мере превращения карбоната в силикат. Преобразование частиц известняка в известь и разложение доломита также вызывает выделение диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ).

Этап плавления заканчивается, когда в жидком расплавленном стекле уже не остается твердых частиц, и жидкость становится очень вязкой, однако на этом этапе производства она еще наполнена пузырьками воздуха и газа.

Этап осветления и гомогенизации позволяет удалить пузырьки, присутствующие в

расплавленном стекле.

Как известно, для этого в ходе указанного этапа используют осветлители, т.е., вещества, которые, будучи введенными в небольшой концентрации, при температуре плавления ванны стекла растворяются и выделяют газ, способствующий увеличению размера пузырьков, вследствие чего ускоряется их перемещение к поверхности стекла.

Этап термического кондиционирования при производстве стекла позволяет снизить температуру стекла, так как в начале процесса формования вязкость стекла должна, вообще, быть, по меньшей мере, в десять раз больше, чем во время осветления.

Очевидно, что существует связь между всеми этапами производства стекла, описанными выше, и конструкцией печи, предназначенной для их проведения.

Вообще, подобная печь для производства стекла включает соответствующие расположенные последовательно зону плавления, в которой осуществляют плавление шихты с получением ванны стекла, зону осветления и гомогенизации, предназначенную для удаления из стекла пузырьков, и, наконец, зону термического кондиционирования, предназначенную для охлаждения стекла до температуры формования, намного меньшей, чем температура, до которой нагревают стекло во время его выплавки.

Из приведенного выше описания процесса обработки стекла следует, что этап плавления сопровождается выделением диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), то есть одного из основных парниковых газов, влияющих на изменение климата.

Помимо производства высококачественного стекла, а также обусловленных промышленным производством требований высокой производительности печей при минимально возможных капитальных и эксплуатационных затратах, другой серьезной задачей в целом ряду проблем, которым приходится противостоять в стекольной промышленности, является охрана окружающей среды, а именно, необходимость изыскивать возможности сокращения углеродного следа (« $\text{CO}_2$  footprint» в англояз. литературе), связанного с процессом обработки стекла.

Для достижения поставленных целей углеродной нейтральности предпочтительно использовать глобальный подход к процессу, включающий многоплановые меры по сокращению как прямых и косвенных выбросов в ходе производства, так и выбросов до или после цепочки добавленной стоимости по технологическому потоку, например, связанных с транспортировкой исходных материалов или готовых продуктов.

При этом многоплановость подхода охватывает разработку продуктов и состав исходных материалов, повышение энергоэффективности промышленных процессов, использование возобновляемых и безуглеродных источников энергии, согласование действий поставщиков исходных материалов и транспортных предприятий с целью уменьшения выбросов в ходе их деятельности и, наконец, изыскание технологий улавливания и связывания остальных выбросов.

В части прямых выбросов, помимо выбросов, присущих процессу обработки стекла, описанных выше, наиболее значительный вклад в углеродный след процесса обработки стекла вносит способ получения энергии, используемой, в частности, на этапе

плавления при высокой температуре (более 1500°C), так как, как правило, это энергия ископаемого топлива, чаще всего, природного газа или даже нефтепродуктов, таких как жидкое топливо.

Следовательно, поиск новых концепций стекловаренных печей должен быть ориентирован не только на промышленные потребности, связанные с качеством и надлежащим количеством стекла, но и на необходимость сокращения углеродного следа процесса обработки стекла как в части прямых, так и косвенных выбросов диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) при одновременном уменьшении, в частности, использования энергии ископаемого топлива.

Совершенствование печей для производства стекла не прекращается с момента появления первых горшковых печей (или тиглей) и до печей Siemens, которые обычно рассматриваются как предшественники крупнотоннажных печей непрерывной разливки на современных стекольных заводах, например, печей с поперечным пламенем, способных производить до 1200 тонн флоат-стекла в день.

Выбор источника энергии для плавления определяет два основных концептуальных направления проектирования печей для производства стекла: пламенных печей и электрических печей.

Согласно первой концепции, в пламенных печах используют, вообще, ископаемое топливо, в частности, природный газ, сжигаемый в горелках, и стекло нагревается в результате теплообмена между пламенем и поверхностью ванны стекла.

Упомянутые выше печи с поперечным пламенем являются одним из примеров реализации этой концепции и широко применяются для подачи расплавленного стекла в установку флотации, предназначенную для производства листового стекла.

Согласно второй концепции, в электропечах тепловая энергия выделяется в форме джоулевого тепла в массе плавящегося стекла.

Действительно, стекло, при комнатной температуре представляющее собой электроизоляционный материал, при высокой температуре становится электропроводным, поэтому тепловой эффект Джоуля можно использовать в самом расплаве для его нагревания.

Однако электропечи используют для обработки особых видов стекла, например, опалового или фторидного стекла, свинцового хрусталя или для производства стеклянных волокон, применяемых в качестве теплоизоляции.

По общему признанию специалистов в данной области, электропечи непригодны для подачи расплава в установку флотации, на ванну расплавленного металла с целью производства листового стекла как с точки зрения количества расплавленного стекла, так и, самое главное, его качества (напомним, менее 0,5 пузырька на литр).

По этой причине пламенные печи (такие как печи с поперечным пламенем) на сегодняшний день остаются единственным вариантом, пригодным для подачи расплава стекла в установку флотации.

Кроме этого, пламенные печи обладают и другими преимуществами, лежащими в

основе их широкого применения для производства стекла.

Однако принцип работы пламенных печей предусматривает использование энергии ископаемого топлива, главным образом, природного газа, поэтому их углеродный баланс несовместим с целями снижения выбросов диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), а именно, углеродного следа процесса обработки стекла.

Дополним описание концепций печей для производства стекла известного уровня техники упоминанием «третьей концепции» или этапа развития печей, которое в последнее время претерпело ряд изменений именно в связи с решением экологической задачи по сокращению выбросов углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ).

Основой третьей концепции является пламенная печь, в которой, однако, также используется электрообогрев, в том числе, для резкого увеличения производительности печи или повышения качества стекла.

Следовательно, такие печи называют «племенные печи с электрической поддержкой».

Таким образом, третья концепция печей предусматривает сочетание множества источников энергии, соответственно, ископаемого топлива и электроэнергии, поэтому печи называются гибридными.

Дополнительно применяемый электрообогрев позволяет повысить плавильную мощность пламенной печи, которая ограничивается теплопередачей между пламенем и поверхностью ванны стекла.

Тем не менее, принципиально работа гибридной печи основана на использовании ископаемого топлива, обычно газа, поэтому эффект с точки зрения сокращения углеродного следа процесса обработки стекла остается ограниченным.

Действительно, электроэнергия в данном случае используется только для поддержки с соответствующим пропорциональным эффектом, также ограниченным, и относительно общего количества тепла, необходимого на этапе плавления, ее вклад, как правило, не превышает 15%.

Кроме того, для действительного сокращения углеродного следа используемая электроэнергия должна быть еще и «зеленой», то есть, выработанной с использованием возобновляемых и безуглеродных источников.

Целью настоящего изобретения является, в частности, обеспечение новой концепции печи, предназначенной для производства стекла, а также способа производства стекла, отвечающих задаче производства высококачественного стекла, пригодного для подачи в установку флотации, производящую листовое стекло, при такой организации потребления энергии, которая позволяет значительно снизить выбросы диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), связанные с процессом обработки стекла.

#### **СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

С этой целью изобретением обеспечивается гибридная стеклоплавильная печь для подачи расплавленного стекла в установку флотации, на ванну расплавленного металла, при этом указанная гибридная печь включает от выше по потоку к ниже по потоку:

- зону плавления с горячим сводом, оборудованную, по меньшей мере, горелками, пригодными для плавления шихты с целью получения ванны расплавленного стекла, при этом указанная зона плавления включает первый конвекционный контур и отграничена разделительным устройством, именуемым антивозвратным, предназначенным для предотвращения возврата расплавленного стекла в зону плавления;

- зону освещения стекла, включающую первую зону освещения, оборудованную, по меньшей мере, горелкой и электродами, и вторую зону освещения, при этом указанная первая зона освещения, соответственно, отделена от зоны плавления указанным разделительным устройством и от второй зоны освещения стенкой, и стекло циркулирует в первой зоне освещения по второму конвекционному контуру и во второй зоне освещения - по третьему конвекционному контуру; и

- зону охлаждения стекла, содержащую бассейн кондиционирования, через которую проходит третий конвекционный контур.

Преимущественно, гибридная печь способна подавать высококачественное стекло в установку флотации по производству листового стекла на ванне расплавленного металла со скоростью вытягивания, большей или равной 400 тонн в день, предпочтительно, лежащей в диапазоне от 600 до 900 тонн в день, или даже 1000 тонн в день или более.

Печь, соответствующая изобретению, именуется «гибридной» по аналогии с третьей концепцией печей, описанной выше, и термин «гибридная» использован для того, чтобы охарактеризовать ее в части использования двух разных источников энергии, а именно, энергии топлива и электроэнергии.

Тем не менее, аналогия с настоящим изобретением не распространяется дальше, поскольку электроэнергия не только выгодным образом используется в качестве дополнения на этапе плавления, но и, самое главное, используется в основном на этапе освещения, проводимом отдельно от этапа плавления, поэтому доля электроэнергии в производственном процессе в целом по сравнению с известным уровнем техники значительно больше.

Действительно, изобретением предлагается значительно большая степень гибридации, чем было известно до сих пор, так как совокупная доля электроэнергии, подводимой электродами, установленными в первой зоне освещения, и в качестве дополнения, в зоне плавления и во второй зоне освещения, увеличена, по меньшей мере, до 40% и более относительно суммарного количества тепла, подводимого к печи.

Преимущественно, одним из источников энергии для гибридной печи, соответствующей изобретению, является электроэнергия, при этом учитывается все большая доступность «зеленой» электроэнергии, например, вырабатываемой с использованием энергии ветра, солнца и т.д., а не энергии ископаемого топлива, например, угля или нефти.

Преимущественно, топливом для горелок зоны плавления является не ископаемое топливо, например, природный газ, а его эквивалентная замена, предпочтительно, водород, как вариант - биометан.

Следовательно, в гибридной печи, соответствующей изобретению, не только решена задача обеспечения высокого качества стекла при большом объеме производства, требующихся для флотационной установки, но и учтена экологическая потребность в уменьшении углеродного следа процесса переработки стекла.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления гибридная печь включает пережим, именуемый первым пережимом, который соединяет зону плавления с зоной осветления.

Преимущественно, первый пережим гибридной печи в сочетании с разделительным устройством участвует в регулировании температуры стекла с целью охлаждения стекла, перетекающего из зоны плавления в зону осветления стекла, благодаря чему обеспечивается регулирование первого конвекционного контура и второго конвекционного контура, что, в конечном счете, благоприятствует производству высококачественного стекла в необходимом количестве.

Преимущественно, гибридная печь снабжена средствами охлаждения стекла, пригодными для селективного охлаждения стекла в первом пережиме.

Преимущественно, средства охлаждения стекла пригодны для регулируемого охлаждения, то есть, определяемого в зависимости от температуры стекла. Предпочтительно, гибридная печь снабжена устройством охлаждения путем циркуляции воздуха, которое отчасти или полностью образует средства охлаждения стекла.

Преимущественно, средства охлаждения стекла пригодны для регулируемого охлаждения, то есть, определяемого, в частности, в зависимости от температуры стекла.

Преимущественно, получение высококачественного стекла достигается, в частности, благодаря наличию этапа осветления, реализуемого после этапа плавления, при этом управление осветлением осуществляется, помимо прочего, посредством охлаждения стекла в первом пережиме, при этом указанное охлаждение способствует формированию двух конвекционных контуров, участвующих в регулировании состояния стекла.

Преимущественно, высококачественное стекло вырабатывается также благодаря наличию разделительного устройства, размещенного в первом пережиме гибридной печи, которое предназначено для предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны осветления в зону плавления. Благодаря этому течение стекла в первом пережиме представляет собой поршневое течение.

Разделительное устройство ограничивает количество расплавленного стекла, вытекающего из зоны плавления, благодаря чему облегчается охлаждение стекла в первом пережиме, и что является синергическим эффектом взаимодействия разделительного устройства и первого пережима.

С другой стороны, разделительное устройство также препятствует возврату стекла в первый пережим, из зоны осветления и гомогенизации в сторону зоны плавления, благодаря чему расплавленное стекло может быть охлаждено в первом пережиме и сразу после этого осветлено в зоне осветления и гомогенизации, включающей первый конвекционный контур и второй конвекционный контур.

Преимущественно, разделительное устройство образовано заслонкой и/или приподнятостью пода первого пережима, которые, соответственно, по отдельности или в сочетании, препятствуют возврату расплавленного стекла из зоны осветления в зону плавления гибридной печи, соответствующей изобретению.

По сравнению с гидридной печью, соответствующей изобретению, в печи, снабженной погруженным желобом, соединяющим зону плавления с зоной осветления, не может быть гарантирована функция предотвращения возврата стекла. Действительно, в таком желобе существует возврат стекла, в частности, из-за износа материалов.

Кроме этого, протекающее по желобу стекло не контактирует с атмосферой, поэтому оно не поддается охлаждению со стороны поверхности, в частности, как в первом пережиме, помимо прочего, оборудованном средствами охлаждения стекла, такими как устройство охлаждения путем циркуляции воздуха.

С другой стороны, сечение желоба конструктивно ограничено, поэтому, в отличие от гибридной печи, соответствующей изобретению, включающей, предпочтительно, первый пережим, не может быть достигнут объем подачи, достаточный для снабжения установки флотации.

Гибридная печь, соответствующая настоящему изобретению, отличается сочетанием характеристик, а не простым их объединением, так как взаимодействие технических характеристик приводит к синергическому эффекту, а именно, совместному функционированию зоны плавления с первым конвекционным контуром и зоны осветления со вторым и третьим конвекционными контурами.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения первый пережим и разделительное устройство в сочетании обеспечивают охлаждение стекла и препятствуют возврату стекла в зону плавления.

Благодаря наличию первого пережима и разделительного устройства температуру стекла можно с высокой точностью регулировать отдельно в зоне плавления, с одной стороны, и в зоне осветления, с другой стороны.

Предпочтительно, длина первого пережима выбрана так, чтобы достичь охлаждения - уменьшения температуры стекла. Действительно, расплавленное стекло, полученное с дополнительным применением электроплавки, характеризуется, в целом, более высокой температурой, чем, в частности, при плавлении с использованием только пламени.

Например, температура стекла в зоне плавления составляет около 1450°C, тогда как после первого пережима от выше по потоку к ниже по потоку стекло должно иметь температуру порядка 1300°C - 1350°C.

Преимущественно, гибридная печь снабжена средствами охлаждения, расположенными в первом пережиме и предназначенными для селективного охлаждения стекла, то есть, для управления охлаждением путем активного регулирования температуры стекла.

Предпочтительно, средства охлаждения образованы, по меньшей мере, одним

устройством охлаждения путем циркуляции воздуха, при этом воздух подают в атмосферу первого пережима таким образом, что он вступает в контакт с поверхностью ванны расплавленного стекла, и отводят вместе с теплом (теплотой), полученным воздухом в результате теплообмена со стеклом.

В другом варианте осуществления средства охлаждения погружены в стекло, текущее через первый пережим от выше потока к ниже по потоку с целью его охлаждения.

Такие погруженные в стекло средства охлаждения могут представлять собой, например, заслонку, которая является разделительным устройством или его частью и снабжена контуром охлаждения с жидким теплоносителем, а именно, контуром типа водяной рубашки («water jacket» в англояз. литературе).

В другом варианте осуществления средства охлаждения образованы вертикальными блоками, расположенными в первом пережиме, погруженными в стекло и снабженными контуром охлаждения с жидким теплоносителем, отводящим тепло, полученное в результате теплообмена со стеклом.

В другом варианте осуществления средства охлаждения способны охлаждать структуру первого пережима, контактирующую со стеклом, при этом охлаждение осуществляется снаружи структуры первого пережима.

Конечно, связанные с первым пережимом средства охлаждения, соответствующие нескольким описанным выше примерам, могут быть применены по отдельности или в сочетании.

Преимущественно, связанные с первым пережимом средства охлаждения стекла позволяют селективно управлять температурой стекла, при этом указанная температура может изменяться, в частности, при изменении объема производства, так как увеличение объема производства влечет за собой увеличение температуры стекла.

По сравнению со средствами охлаждения стекла, связанными с первым пережимом, в случае желоба такое регулируемое охлаждение было бы невозможно.

Согласно другим отличительным особенностям печи, соответствующей изобретению:

- разделительное устройство способно предотвращать возврат стекла из первой зоны осветления в зону плавления, благодаря чему первым конвекционным контуром зоны плавления можно управлять независимо от второго конвекционного контура первой зоны осветления;

- разделительное устройство предназначено для ограничения количества стекла, поступающего из зоны плавления в первую зону осветления с тем, чтобы увеличить время пребывания стекла в зоне плавления;

- разделительное устройство включает стенку, именуемую первой стенкой, предназначенную для предотвращения возврата стекла из первой зоны осветления в зону плавления;

- гибридная печь включает пережим, именуемый первым пережимом, который

соединяет зону плавления с зоной осветления;

- гибридная печь включает средства охлаждения стекла, пригодные для охлаждения стекла в первом пережиме, в частности, устройство охлаждения путем циркуляции воздуха;

- первый пережим имеет под, при этом разделительное устройство включает, по меньшей мере, одну приподнятость пода указанного первого пережима, предназначенную для предотвращения возврата стекла из зоны осветления в зону плавления;

- указанная, по меньшей мере, одна приподнятость пода включает, от выше потоку к ниже по потоку, по меньшей мере, один восходящий участок, вершинный участок и нисходящий участок;

- по меньшей мере, один участок из указанных восходящего и нисходящего участков указанной, по меньшей мере, одной приподнятости пода наклонен относительно горизонтали и/или включает вершинный участок, образующий плато;

- приподнятость характеризуется максимальной высотой, которая задает, полностью или отчасти, участок прохода расплавленного стекла в первом пережиме;

- разделительное устройство включает, по меньшей мере, одну заслонку, которая проходит вертикально и частично погруженную в ванну стекла, протекающего по первому пережиму из зоны плавления в зону осветления стекла, при этом указанная заслонка предназначена для предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны осветления стекла в зону плавления;

- заслонка расположена на уровне верхнего по потоку конца первого пережима;

- разделительное устройство включает заслонку и указанную, по меньшей мере, одну приподнятость пода первого пережима;

- заслонка расположена над вершинным участком приподнятости пода первого пережима;

- заслонка установлена с возможностью перемещения по вертикали с целью регулирования глубины ее погружения в ванну стекла и, тем самым, изменения участка прохода расплавленного стекла;

- заслонка является съемной, то есть, демонтируемой, в частности, с целью ее замены в случае износа и облегчения технического обслуживания печи;

- гибридная печь снабжена, по меньшей мере, одним средством разграничения, например, перегородкой, предназначенной для отделения атмосферы зоны плавления от атмосферы зоны осветления;

- гибридная печь снабжена средствами блокировки, предназначенными для удерживания слоя шихты, находящегося на поверхности ванны стекла в зоне плавления, при этом указанные средства блокировки расположены на уровне нижнего по потоку конца зоны плавления;

- средства блокировки образованы средствами разграничения, свободный конец которых достигает уровня поверхности ванны или даже погружен в ванну стекла;

- средства блокировки отличны от средства разграничения, при этом указанные

средства блокировки расположены рядом или на некотором расстоянии от средства разграничения;

- гибридная печь предназначена для подачи стекла в установку флотации со скоростью вытягивания, большей или равной 400 тонн в день, предпочтительно, лежащей в диапазоне от 600 до 900 тонн в день, или даже 1000 тонн в день или более, при этом стекло является высококачественным и содержит менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр;

- в зоне плавления установлены электроды, погруженные в ванну стекла, которые представляют собой средство дополнительного электронагрева («boosting»);

- электроды расположены в нижней по потоку части зоны плавления;

- электроды зоны плавления селективно управляются с целью регулирования первого конвекционного контура в зоне плавления;

- электроды зоны плавления селективно управляются с целью регулирования температуры стекла, поступающего из зоны плавления в первую зону осветления зоны осветления;

- электроды и указанная, по меньшей мере, одна горелка первой зоны осветления пригодны для нагревания стекла до температуры более 1450°C;

- указанная, по меньшей мере, одна горелка расположена в зоне осветления и предназначена для создания на поверхности точки перегрева, которая задает зону инверсии между вторым конвекционным контуром и третьим конвекционным контуром;

- электроды первой зоны осветления селективно управляются с целью регулирования второго конвекционного контура в первой зоне осветления;

- стенка предназначена для предотвращения возврата стекла из второй зоны осветления в первую зону осветления, благодаря чему второй конвекционный контур первой зоны осветления можно регулировать независимо от третьего конвекционного контура;

- стенка предназначена для ограничения количества стекла, поступающего из первой зоны осветления во вторую зону осветления, с целью увеличения времени пребывания стекла в первой зоне осветления;

- вторая зона осветления оборудована электродами, погруженными в стекло и выполненными с возможностью быть селективно управляемыми с целью регулирования третьего конвекционного контура;

- бассейн кондиционирования зоны охлаждения включает от выше по потоку к ниже по потоку пережим, именуемый вторым пережимом, затем выработочную часть.

Изобретением также обеспечивается система производства листового стекла, включающая гибридную печь для производства стекла, соответствующую изобретению, и установку флотации для формования стекла на ванне расплавленного металла, расположенную по потоку после печи и снабжаемую стеклом из указанной гибридной печи посредством, по меньшей мере, одного выпускного канала.

Изобретением также обеспечивается способ производства стекла в гибридной печи,

описанной выше, при этом указанный способ производства включает следующие стадии, на которых:

(а) плавят шихту в зоне плавления с горячим сводом, включающей первый конвекционный контур стекла;

(b) освещают стекло в первой зоне освещения, включающей второй конвекционный контур, а затем во второй зоне освещения, включающей третий конвекционный контур, при этом указанная первая зона освещения, соответственно, отделена от зоны плавления и от второй зоны освещения таким образом, что условия в каждой из них можно регулировать независимо;

(с) охлаждают стекло в зоне охлаждения, образованной бассейном кондиционирования, через которую проходит третий конвекционный контур.

Преимущественно, способ включает стадию управления электродами, дополнительно установленными в зоне плавления, с целью регулирования указанного первого конвекционного контура стекла, посредством разделительного устройства, именуемого антивозвратным, отделенного от второго конвекционного контура первой зоны освещения.

Преимущественно, способ включает стадию управления электродами, установленными в первой зоне освещения, с целью регулирования указанного второго конвекционного контура стекла, посредством стенки отделенного от третьего конвекционного контура второй зоны освещения.

Преимущественно, способ включает стадию управления электродами, установленными во второй зоне освещения, с целью регулирования указанного третьего конвекционного контура стекла, при этом электроды селективно управляются, позволяющее регулировать температуру стекла в указанной второй зоне освещения зоны освещения.

Преимущественно, способ включает стадию управления охлаждением стекла в первом пережиме, в частности, путем селективного управления средствами охлаждения стекла, например, по меньшей мере, одним устройством охлаждения путем циркуляции воздуха.

Преимущественно, количество воздуха для охлаждения, подаваемое в первый пережим впускными устройствами устройства охлаждения путем циркуляции воздуха, регулируют, в частности, в зависимости от температуры стекла.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Другие отличительные особенности и преимущества изобретения станут понятны по прочтении нижеследующего подробного описания, поясняемого со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

- фиг. 1 представляет собой вид сбоку гибридной печи, предназначенной для производства стекла, согласно первому варианту осуществления изобретения включающей, помимо прочего, зону плавления, соединенную с зоной освещения, состоящей из двух частей и включающей два конвекционных контура, а также зону

охлаждения, на котором показана первая зона осветления, отделенная от зоны плавления с верхней по потоку стороны первой стенкой, образующей разделительное устройство, именуемое антивозвратным, и от второй зоны осветления с нижней по потоку стороны - второй стенкой;

- фиг. 2 представляет собой вид сверху, на котором показана гибридная печь фиг. 1, а также пояснено расположение электродов, соответственно, в зоне плавления, первой зоне осветления и второй зоне осветления и показана зона охлаждения, образованная бассейном кондиционирования, включающим пережим и выработочную часть;

- фиг. 3 представляет собой вид сбоку, на котором, как и на фиг. 1, представлена гибридная печь, соответствующая второму варианту осуществления изобретения, включающая первый пережим, соединяющий зону плавления с зоной осветления, состоящей из двух частей, а также показано находящееся выше по потоку разделительное устройство, образованное, по меньшей мере, одной приподнятостью пода первого пережима, и находящаяся ниже по потоку стенка, благодаря чему обеспечивается отделение первой зоны осветления, соответственно, от зоны плавления и от второй зоны осветления;

- фиг. 4 представляет собой вид сверху, на котором, как и на фиг. 2, представлена гибридная печь фиг. 3, в которой разделительное устройство, предотвращающее возврат стекла в зону плавления, образовано приподнятостью пода первого пережима, и на котором показаны электроды, расположенные, соответственно, в зоне плавления, первой зоне осветления и второй зоне осветления, а также зона охлаждения, образованная бассейном кондиционирования, включающим пережим и выработочную часть;

- фиг. 5 представляет собой вид сбоку, на котором укрупненно показан первый пережим гибридной печи, соответствующей фиг. 3, и один из примеров осуществления указанной, по меньшей мере, одной приподнятости пода первого пережима;

- фиг. 6 представляет собой вид сбоку, аналогичный фиг. 5, на котором укрупненно показан третий вариант осуществления разделительного устройства гибридной печи, соответствующей фиг. 3-5, с подвижной заслонкой, сочетающейся с приподнятостью пода первого пережима с образованием указанного разделительного устройства, а также показана перегородка, представляющая собой средство атмосферного разграничения между зоной плавления и зоной осветления и обеспечивающая блокировку шихты, плавающей на поверхности в указанной зоне плавления;

- фиг. 7 представляет собой вид сбоку, на котором укрупненно показан один из вариантов осуществления разделительного устройства гибридной печи фиг. 5, включающей первый пережим с приподнятостью пода (без заслонки), и где показаны средства блокировки шихты, которые, в отличие представленных на фиг. 6, выполнены отдельно от перегородки, образующей средства разграничения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В последующем описании применены не имеющие ограничительного характера термины, описывающие продольную, вертикальную и поперечную ориентацию в

пространственной системе координат (L, V, T, соответственно), указанной на фиг. 1-7.

Также использованы традиционные термины «выше по потоку» и «ниже по потоку», соотносящиеся с продольной ориентацией, а также «верхний» и «нижний» или «верх» и «низ», соотносящиеся с ориентацией по вертикали, и «левый» и «правый», соотносящиеся с поперечной ориентацией.

В настоящем описании термины «выше по потоку» и «ниже по потоку» соответствуют направлению течения стекла в печи, при этом стекло течет сверху вниз вдоль центральной продольной оси А-А' гибридной печи (А - выше по потоку, А' - ниже по потоку), обозначенной на фиг. 2 и 4).

Кроме того, термины «поток» и «контур» в данном случае являются синонимами и в контексте рециркуляции стекла в печи в направлении по часовой стрелке или против часовой стрелки хорошо известны специалистам в данной области, как и соответствующие понятия «холодный свод» и «горячий свод» в отношении печи, предназначенной для производства стекла.

На фиг. 1 и 2 представлены, соответственно, вид сбоку и вид сверху (выполненные не в масштабе) гибридной печи 10, предназначенной для производства стекла, поясняющие первый вариант осуществления настоящего изобретения.

По аналогии с третьей концепцией печи, описанной ранее, термин «гибридная» использован для указания на то, что в соответствующей изобретению печи в процессе производства стекла используется два разных источника энергии, соответственно, энергия топлива и электроэнергия.

Одной из важнейших отличительных особенностей гибридной печи 10, соответствующей изобретению, является то, что она пригодна для подачи стекла в установку флотации, на ванну расплавленного металла, как правило олова, с целью производства листового стекла.

Действительно, для подачи расплавленного стекла во установку флотации стеклоплавильная гибридная печь 10 должна удовлетворять одновременно требованиям в отношении качества и количества подаваемого стекла.

Преимущественно, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, способна производить высококачественное стекло в объеме, большем или равном 400 тонн в день, предпочтительно, в диапазоне от 600 до 900 тонн в день, или даже 1000 тонн в день или более.

Преимущественно, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, способна не только вырабатывать стекло в количестве, требующемся для установки флотации, но и производить высококачественное стекло, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр.

Гибридная печь 10 включает расположенные последовательно от выше по потоку к ниже по потоку вдоль центральной продольной оси А-А' печи, по меньшей мере, зону 100 плавления, зону 200 осветления и гомогенизации, далее именуемую зоной осветления, и зону 300 охлаждения стекла.

Гибридная печь 10 относится к типу печей «с горячим сводом», далее обозначаемым 12 в зоне 100 плавления.

Согласно первой отличительной особенности изобретения, в зоне 100 плавления гибридной печи 10 имеется первый конвекционный контур (С1), образующий контур рециркуляции стекла в направлении против часовой стрелки.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 имеется, по меньшей мере, одно загрузочное отверстие 102, через которое шихту 104 вводят в верхнюю по потоку часть зоны 100 плавления, в данном случае, по центральной продольной оси А-А' печи, как показано стрелкой на фиг. 1.

Как известно, шихта 104 (также именуемая «композицией стекла») состоит из исходных материалов, включающих стеклобой. Стеклобой («cullet» в англояз. литературе) образован отходами стекла, предназначенными для повторного использования, которые размельчают и очищают, а затем добавляют в исходные материалы с целью производства нового стекла.

Преимущественно, стеклобой благоприятствует плавлению, то есть, преобразованию шихты в стекло путем плавления.

Кроме этого, применение стеклобоя позволяет утилизировать бывшее в употреблении стекло (при этом стекло может использоваться повторно бесконечное число раз), и количество исходных материалов, необходимое для производства стекла, пропорционально уменьшается, что вносит свой вклад в уменьшение углеродного следа процесса производства.

Как известно в данной области, шихту 104 вводят в зону 100 плавления гибридной печи 10 при помощи устройства подачи (не показано), также именуемого загрузочной машиной.

Зона 100 плавления с горячим сводом 12 оборудована, по меньшей мере, горелками 105, предназначенными для плавления шихты 104 с получением ванны 106 стекла.

В зоне 100 плавления тепловая энергия, выделяемая в результате горения топлива в горелках 105, передается непосредственно шихте, в более общем смысле, ванне 106 стекла посредством излучения и конвекции, другая часть нагревает свод 12, от которого тепло передается стеклу посредством излучения, и поэтому свод называют «горячим».

Как показано на фиг. 1 и 2, горелки 105, преимущественно, расположены в верхней по потоку части зоны 100 плавления, число горелок 105, например, в данном случае равно трем, однако этот пример является лишь пояснительным и не имеет ограничительного характера.

Горелки 105 зоны 100 плавления, именуемые воздушными, расположены между горячим сводом 12 и поверхностью ванны 106 плавящегося стекла, частично, а именно, в верхней по потоку части, покрытой шихтой 104, показанной на фиг. 1 точками.

Предпочтительно, горелки 105 зоны 100 плавления представляют собой горелки с поперечным пламенем, обычно называемые так из-за поперечного расположения, перпендикулярно течению стекла в гибридной печи 10 от выше по потоку к ниже по

потоку вдоль центральной оси А-А'.

Пламя, генерируемое горелками 105 с поперечным пламенем, распространяется в поперечном направлении, и продольным распределением температуры можно управлять, регулируя мощность каждой из горелок 105.

Предпочтительно, горелки 105 расположены поперечно по обеим сторонам зоны 100 плавления, как показано на фиг. 2.

Горение в горелках 105 можно поддерживать известным способом, сочетая разные типы топлива и окислителя, однако выбор которых, помимо прочего, может оказывать непосредственное влияние на углеродный след процесса производства стекла, будь то прямые или косвенные выбросы парникового газа, связанные с производством продукта, в частности, выбросы диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ).

Для поддержания горения в горелках 105 зоны 100 плавления в качестве окислителя используют, как правило, кислород, присутствующий в воздухе, при этом воздух может быть обогащен кислородом с целью получения перенасыщенного кислородом воздуха, или же в частном случае кислородного сжигания может быть использован почти чистый кислород.

Вообще, топливом является природный газ. Однако с точки зрения углеродного баланса лучше использовать биотопливо («green fuel» в англояз. литературе), в частности, биогаз, то есть, газ, состоящий, по существу, из метана и диоксида углерода, получаемый путем метанизации или ферментации органических материалов в отсутствие кислорода, илили даже, предпочтительно, «биометан» ( $\text{CH}_4$ ).

Еще более предпочтительно использовать в качестве топлива водород ( $\text{H}_2$ ), который по сравнению с биогазом выгодным образом не содержит углерод.

Преимущественно, гибридная печь 10 для производства стекла, соответствующая изобретению, может включать регенераторы из жаропрочных материалов, функционирующие, например, попарно с переменным переключением, или металлические теплообменники воздух/отходящие газы (также именуемые рекуператорами), в которых тепло отходящих газов процесса производства используется для предварительного подогрева газа и, таким образом, улучшения параметров горения.

Преимущественно, горелки 105 гибридной печи 10 пригодны для плавления шихты 104 на поверхности менее  $0,3 \text{ м}^2$  на тонну стекла.

В электропечи, соответствующей второй концепции, эта поверхность была бы больше, поэтому пламенная гибридная печь 10 более компактна, что является ее преимуществом.

Кроме этого, горелки 105 позволяют проводить этап плавления шихты 104 при меньшей температуре, чем в случае электроплавки, благодаря чему уменьшается износ строения печи, что выгодно сказывается на сроке службы печи.

Обычно в печи для производства стекла совокупность элементов, контактирующих со стеклом, называют нижним строением печи, а совокупность материалов, расположенных над нижним строением - верхним строением печи.

Поскольку материалы верхнего строения расположены над блоками ванны печи, образующими нижнее строение, и контактируют не со стеклом, а с атмосферой снаружи печи, как правило, по своей природе они отличаются от материала блоков ванны.

Даже если материал, используемый для верхнего строения печи, не отличается от материала нижнего строения, например, в случае горячего свода, как в данном варианте осуществления, обычно проводят различие между этими частями строения печи.

Гибридная печь 10 имеет под 108. Предпочтительно, под 108 зоны 100 плавления плоский, поэтому глубина Р ванны 106 стекла, равная расстоянию от поверхности ванны 106 стекла до пода 108, по существу, постоянна.

Предпочтительно, в зоне 100 плавления установлены электроды 110, погруженные в ванну 106 стекла, которые, преимущественно, являются дополнительным средством электронагрева («boosting»).

Действительно, электроды 110 в зоне 100 плавления являются вспомогательным средством нагревания по отношению к горелкам 105, представляющим собой основное средство нагревания, позволяющее расплавлять шихту 104. Таким образом, этап плавления стекла проводят с использованием энергии топлива и дополнительно - электронагрева.

Предпочтительно, вклад тепловой энергии, подводимой электродами 110 в дополнение нагрева горелками 105, составляет от 5 до 25% общей тепловой энергии этапа плавления, проводимого в зоне 100 плавления, предпочтительно, составляет порядка 10-15%.

Предпочтительно, электроды 110 введены сквозь под 108 зоны 100 плавления печи с использованием электрододержателей (не показаны), в частности, обеспечивающих подвод к ним электропитания.

Предпочтительно, электроды 110 расположены вертикально, как показано на фиг. 1. В качестве одного из вариантов, электроды 110 могут располагаться наклонно, то есть, быть наклоненными под заданным углом к вертикали.

В другом варианте расположения электроды 110 проходят сквозь, по меньшей мере, одну боковую стену, ограничивающую зону 100 плавления, при этом указанные электроды 110 ориентированы горизонтально и/или наклонно.

Преимущественно, электроды 110 изготовлены из молибдена, жаростойкого металла, выдерживающего температуру 1700°C и очень хорошо подходящего для нагревания ванны 106 стекла в зоне 100 плавления.

Как и в случае горелок 105, шесть электродов 110, показанных на фиг. 1 и 2, это только пояснительный пример их количества, не имеющий ограничительного характера.

Предпочтительно, плавильные электроды 110 равномерно распределены в поперечном направлении зоны 100 плавления.

Преимущественно, электроды 110 размещены в нижней по потоку части зоны 100 плавления, занимающей вторую половину длины (L) указанной зоны 100 плавления, или даже последнюю треть указанной длины (L).

Гибридная печь 10, преимущественно, может быть оборудована соплами (не показаны), например, размещенными в зоне 100 плавления, то есть, системой инжекции, по меньшей мере, одного газа, такого как воздух или азот, на уровне пода, чтобы пузырьки газа создавали восходящее движение стекла.

Зона 100 плавления гибридной печи 10 отграничена с нижней по потоку стороны разделительным устройством 170, именуемым антивозвратным, предназначенным для предотвращения возврата расплавленного стекла в указанную зону 100 плавления, в которой имеется первый конвекционный контур (С1).

В первом варианте осуществления разделительное устройство 170, именуемое антивозвратным, образовано стенкой 120, именуемой первой стенкой, расположенной по потоку ниже зоны 100 плавления гибридной печи 10.

Как показано на фиг. 1 и 2, первая стенка 120 ограничивает зону 100 плавления с первым конвекционным контуром (С1), при этом указанная стенка 120 занимает, предпочтительно, всю ширину зоны 100 плавления, проходя в поперечном направлении от одной боковой стены до другой.

В то же время, зона 100 плавления соединена с зоной 200 осветления боковыми стенами, прямолинейными в продольном направлении, таким образом, указанные зоны 100 и 200 имеют одинаковую ширину.

Предпочтительно, по меньшей мере, часть указанных электродов 110 расположена вблизи указанной первой стенки 120, ограничивающей с нижней по потоку стороны зону 100 плавления, при этом указанные электроды 110 находятся в нижней по потоку части зоны 100 плавления, начинающейся на половине длины указанной зоны плавления.

В зависимости от количества, например, равного шести на фиг. 1 и 2, электроды 110, предпочтительно, располагаются на последней трети указанной длины.

Согласно второй отличительной особенности изобретения, в зоне 200 осветления имеется второй конвекционный контур (С2), именуемый верхним по потоку контуром рециркуляции, и третий конвекционный контур (С3), именуемый нижним по потоку контуром рециркуляции.

Зона 200 осветления стекла включает первую зону 210 осветления и вторую зону 220 осветления, при этом в указанной первой зоне 210 осветления, преимущественно, установлена, по меньшей мере, одна горелка 205, даже две горелки и электроды 230.

Количество и расположение горелок 205 и электродов 230, соответственно, на фиг. 1 и 2 является пояснительным примером, не имеющим ограничительного характера.

Первая зона 210 осветления, соответственно, отделена от зоны 100 плавления первой стенкой 120, образующей разделительное устройство 170, именуемое антивозвратным, и от второй зоны 220 осветления - второй стенкой 240.

Таким образом, в зоне 200 осветления гибридной печи 10 стекло циркулирует в первой зоне 210 осветления против часовой стрелки во втором конвекционном контуре (С2) и во второй зоне 220 осветления - по часовой стрелке в третьем конвекционном контуре (С3).

Преимущественно, первая стенка 120 предназначена для предотвращения возврата стекла из первой зоны 210 осветления в зону 100 плавления; таким образом, зона 100 плавления и первая зона 210 осветления отделены друг от друга.

Преимущественно, первый конвекционный контур (С1) зоны 100 плавления отделен от второго конвекционного контура (С2) первой зоны 210 осветления, благодаря чему можно управлять каждым из указанных контуров С1, С2 независимо.

Преимущественно, первая стенка 120 предназначена для ограничения количества стекла, поступающего из зоны 100 плавления в первую зону 210 осветления, в частности, с целью увеличения времени пребывания стекла в зоне 100 плавления.

Действительно, первая стенка 120 проходит вертикально от пода 108 печи на высоту, задаваемую ее верхней частью, погруженной под поверхность (S) стекла.

В гибридной печи 10 отведение стекла из зоны 100 плавления в первую зону 210 осветления осуществляется над первой стенкой 120.

Помимо функции предотвращения возврата путем разделения указанных контуров С1 и С2, высота первой стенки 120 также определяет участок прохода стекла из зоны 100 плавления в первую зону 210 осветления.

Благодаря наличию первой стенки 120, условия в зоне 100 плавления можно регулировать независимо от первой зоны 210 осветления, в частности, путем селективного управления электродами 110 с целью регулирования первого конвекционного контура (С1).

Действительно, расположение погруженных электродов 110 в нижней по потоку части зоны 100 плавления позволяет создавать в ванне 106 стекла точку перегрева, выше которой по потоку над поверхностью ванны 106 стекла, покрытой шихтой 104, находятся горелки 105.

Преимущественно, электроды 110 также позволяют регулировать температуру стекла, поступающего из зоны 100 плавления в первую зону 210 осветления.

Как и первая стенка 120, вторая стенка 240 проходит вертикально от пода 208 первой зоны 210 осветления на высоту, задаваемую ее верхней частью, погруженной под поверхность (S) стекла, которая определяет участок прохода стекла из первой зоны 210 осветления во вторую зону 220 осветления зоны 200 осветления.

Преимущественно, вторая стенка 240 предназначена для предотвращения возврата стекла из второй зоны 220 осветления в первую зону 210 осветления, благодаря чему второй конвекционный контур (С2) в первой зоне 210 осветления и третий конвекционный контур (С3) во второй зоне 220 осветления отделены друг от друга и могут регулироваться независимо.

Как и первая стенка 120, вторая стенка 240, преимущественно, позволяет увеличить время пребывания стекла в первой зоне 210 осветления, что вносит непосредственный вклад в получение высококачественного стекла.

Предпочтительно, под 208 является плоским. Как показано на фиг. 1, в гибридной печи 10 имеется, по меньшей мере, одно изменение глубины пода относительно

поверхности S стекла.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 имеется, например, одно повышение уровня пода 208 первой зоны 210 освещения относительно уровня пода 108 зоны 100 плавления, так что глубина P1 стекла в первой зоне 210 освещения меньше, чем глубина P стекла в зоне 100 плавления.

Преимущественно, электроды 230 и указанная, по меньшей мере, одна горелка 205 первой зоны 210 освещения обеспечивают нагревание стекла до температуры более 1450°C.

Благодаря наличию первой стенки 120 и второй стенки 240, первая зона 210 освещения отделена от зоны 100 плавления и от второй зоны 220 освещения, соответственно, и изолирована от них в части отсутствия возврата, поэтому условия в первой зоне 210 освещения можно регулировать независимо.

Таким образом, в гибридной печи 10 организовано три контура C1, C2 и C3, независимых друг от друга.

В первой зоне 210 освещения электроды 230, погруженные в стекло, позволяют нагревать его до температуры, определяемой только процессом освещения, в частности, независимо от зоны 100 плавления.

Действительно, в отсутствие возврата и благодаря разделению первого конвекционного контура C1 и второго конвекционного контура C2, тепловая энергия, подводимая электродами 230, используется только для освещения, которое, преимущественно, осуществляется в оптимальном режиме.

Точно так же, тепло, подводимое горелками 105 и вспомогательными электродами 110 в зоне 100 плавления, расходуется только на этапе плавления стекла, без какой-либо необходимости принимать в расчет этап освещения.

Преимущественно, возможно независимое регулирование температуры в зоне 100 плавления и в первой зоне 210 освещения.

Предпочтительно, в первой зоне 210 освещения стекла тепловая энергия подводится, главным образом, при помощи электродов 230, при этом указанная, по меньшей мере, одна горелка 205 играет только вспомогательную роль, и количество тепла, подводимого посредством электроэнергии, превалирует над энергией топлива, в отличие от зоны 100 плавления.

В качестве одного из вариантов, первая зона 210 освещения стекла оборудована только горелками, электроды 230 отсутствуют, и нагревание стекла осуществляется в этом случае только на поверхности.

Однако применению электродов 230 свойственно преимущество, заключающееся в эффективности нагрева, так как указанные электроды 230 погружены непосредственно в расплавленное стекло, поступающее из зоны 100 плавления.

Предпочтительно, электроды 230 более длинные, чем электроды 110, например, ввиду дополнительной интенсификации нагревания стекла в первой зоне 210 освещения за счет увеличения поверхности теплообмена со стеклом.

Указанная, по меньшей мере, одна горелка 205 в зоне 200 освещения предназначена для создания точки перегрева (также именуемой точечным источником) на поверхности, которая задает зону 250 инверсии между вторым конвекционным контуром С2 и третьим конвекционным контуром С3.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 предусматривается еще одно изменение глубины пода относительно поверхности (S) стекла между первой зоной 210 освещения и второй зоной 220 освещения, более конкретно, повышение уровня пода 228 второй зоны 220 освещения.

Как показано на фиг. 1, глубина Р2 стекла во второй зоне 220 освещения меньше, чем глубина Р1 стекла в первой зоне 210 освещения.

Согласно третьей отличительной особенности изобретения, зона 300 охлаждения стекла включает бассейн 310 кондиционирования, охватываемый указанным третьим конвекционным контуром (С3).

Преимущественно, бассейн 310 кондиционирования зоны 300 охлаждения включает расположенные от выше по потоку к ниже по потоку пережим 320, то есть, зону с меньшей шириной, как показано на фиг. 2, и выработочную часть 330.

Переход второй зоны 220 освещения в пережим 320 выполнен как резкое уменьшение ширины и участка прохода для стекла, например, в данном случае, благодаря стенкам 322 и 324, образующим угол  $90^\circ$  с центральной продольной осью А-А' печи.

В качестве одного из вариантов, угол на входе в пережим 320 может иметь величину больше  $90^\circ$ , чтобы уменьшение ширины было менее резким и более постепенным.

Переход пережима 320 в выработочную часть 330 представляет собой резкое расширение участка прохода для стекла, например, как в данном случае, благодаря стенкам 323 и 325, образующим угол  $90^\circ$  с центральной продольной осью А-А' печи.

Точно так же, величина угла на выходе из пережима 320 может быть выбрана так, чтобы расширение было менее резким и более постепенным вдоль центральной продольной оси А-А' печи.

Преимущественно, атмосфера зоны 200 освещения и более холодная атмосфера зоны 300 охлаждения отделены друг от друга тепловым экраном 340, например, перегородкой, идущей вертикально от свода зоны 300 освещения почти до поверхности S стекла, предпочтительно, не погружаясь в стекло.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 предусматривается еще одно изменение глубины пода относительно поверхности (S) стекла между второй зоной 220 освещения и зоной 300 охлаждения.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 имеется первая приподнятость пода 328 пережима 320 относительно пода 228 второй зоны 220 освещения. Поэтому глубина Р3 стекла в пережиме 320 меньше, чем глубина Р2 стекла во второй зоне 220 освещения.

Преимущественно, сопряжение пода 228 второй зоны 220 освещения и пода 328 пережима 320 выполнено посредством наклонного участка 252, обеспечивающего

постепенное изменение глубины стекла от глубины Р2 до глубины Р3.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 имеется вторая приподнятость пода 338 выработочной части 330 относительно пода 328 пережима 320. Поэтому глубина Р4 стекла в выработочной части 330 меньше, чем глубина Р3 стекла в пережиме 320.

Преимущественно, сопряжение пода 328 пережима 320 и пода 338 выработочной части 330 выполнено посредством наклонного участка 353, обеспечивающего постепенное изменение глубины стекла от глубины Р3 до глубины Р4.

Предпочтительно, глубина стекла в гибридной печи 10 последовательно уменьшается от выше по потоку к ниже по потоку от зоны 100 плавления до выработочной части 330 зоны 300 охлаждения.

Тем не менее, изменение уровня пода гибридной печи 10, описанное в отношении варианта осуществления печи, поясняемого фиг. 1 и 2, является только примером изменения уровня, которое в альтернативных вариантах может представлять собой разность высот одного или нескольких участков.

Предпочтительно, во второй зоне 220 осветления установлены электроды 260, погруженные в стекло. В качестве одного из вариантов, электроды 260 заменяют, по меньшей мере, одной горелкой.

Количество и вариант размещения электродов 260 на фиг. 1 и 2 является пояснительным примером, не имеющим ограничительного характера.

Преимущественно, электроды 260 второй зоны 220 осветления селективно управляют с целью регулирования третьего конвекционного контура (С3), по которому стекло циркулирует в направлении по часовой стрелке.

Действительно, третий конвекционный контур (С3) в продольном направлении простирается от второй зоны 220 осветления до выработочной части 330, охватывая всю зону 300 охлаждения, поэтому подвода тепла только со стеклом, поступающим из зоны 210 осветления, может быть недостаточно.

Преимущественно, погруженные в стекло электроды 260, расположенные во второй зоне осветления 220, способны создавать в верхней по потоку части точку перегрева с целью управления третьим конвекционным контуром (С3), именуемым нижним по потоку контуром рециркуляции.

Как пояснено выше, благодаря конструкции второй стенки 240, возврат стекла из второй зоны 220 осветления в первую зону осветления отсутствует, и вторым конвекционным контуром (С2) можно управлять независимо от третьего конвекционного контура (С3).

Преимущественно, электроды 260 также вносят вклад в осветление, осуществляемое в первой зоне 210 осветления.

Бассейн 310 кондиционирования соединен с выпускным каналом 400, расположенным по потоку после выработочной части 330.

Преимущественно, после бассейна 310 кондиционирования в выпускном канале 400, предназначенном для подачи стекла в зону формования, возврат отсутствует,

другими словами, течение стекла в канале 400 представляет собой поршневое течение.

Преимущественно, гибридная печь 10 пригодна для снабжения расплавленным стеклом установки флотации, предназначенной для формирования стекла на ванне расплавленного металла, в количестве, большем или равном 400 тонн в день, предпочтительно, от 600 до 900 тонн в день, даже 1000 тонн в день и более, при этом стекло является высококачественным и содержит менее 0,1 пузырька на литр.

Преимущественно, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, способна производить высококачественное стекло, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр.

Преимущественно, такое высококачественное стекло пригодно, в частности, для подачи в установку флотации на ванну расплавленного металла с целью изготовления листового стекла.

Изобретением также обеспечивается способ производства стекла в гибридной печи 10, например, вариант осуществления которой описан выше со ссылкой на фиг. 1 и 2.

Способ производства включает следующие стадии, на которых:

(а) плавят шихту в зоне 100 плавления с горячим сводом, включающей первый конвекционный контур (C1) стекла;

(b) освещают стекло в первой зоне 210 освещения, включающей второй конвекционный контур (C2), а затем во второй зоне 220 освещения, включающей третий конвекционный контур (C3), при этом указанная первая зона 210 освещения, соответственно, отделена от зоны 100 плавления и от второй зоны 220 освещения таким образом, что условия в каждой из них можно регулировать независимо;

(c) охлаждают стекло в зоне 300 охлаждения, образованной бассейном 310 кондиционирования, через которую проходит третий конвекционный контур (C3).

Преимущественно, способ включает стадию (a1) управления электродами 110, дополнительно установленными в зоне 100 плавления, с целью регулирования указанного первого конвекционного контура (C1) стекла.

Электроды 110 селективно управляются, направленное на регулирование температуры стекла, поступающего из указанной зоны 100 плавления в первую зону 210 освещения.

Преимущественно, первым конвекционным контуром (C1) отделенным разделительным устройством 170, которое в первом варианте осуществления образовано первой стенкой 120, можно управлять независимо от второго конвекционного контура (C2) первой зоны 210 освещения.

Преимущественно, способ включает стадию (b1) управления электродами 230, установленными в первой зоне 210 освещения, с целью регулирования указанного второго конвекционного контура (C2) стекла.

Преимущественно, вторым конвекционным контуром (C2), отделенным второй стенкой 240, можно управлять независимо от третьего конвекционного контура (C3) второй зоны 220 освещения.

Преимущественно, способ включает стадию (b2) управления средством нагревания, таким как, по меньшей мере, одна горелка и/или электроды, предпочтительно, в данном случае, электродами 260, установленными во второй зоне 220 осветления, с целью регулирования указанного третьего конвекционного контура (C3) стекла.

Преимущественно, электроды 260 селективно управляются, позволяющее регулировать температуру стекла в указанной второй зоне 220 осветления зоны 200 осветления.

В гибридной печи 10, соответствующей изобретению, доля электроэнергии, совместно подводимой электродами 110, 230 и 260, преимущественно, увеличена до более, чем 40%, суммарного количества тепла, подводимого к печи.

Концепция гибридной печи 10 настоящего изобретения, преимущественно, позволяет точно регулировать условия на каждом из этапов - плавления, осветления и охлаждения - процесса производства стекла, достигая высокой энергоэффективности.

Благодаря наличию первой стенки 120, образующей разделительное устройство 170, и второй стенки 240, соответственно, предназначенных для предотвращения возврата стекла, зоны плавления, осветления и охлаждения отделены друг от друга, и поэтому конвекционными контурами в каждой из них можно управлять независимо от других.

Преимущественно, концепция гибридной печи 10 настоящего изобретения позволяет оптимизировать энергетический КПД печи благодаря более точному регулированию подвода тепла на каждом из этапов процесса производства стекла, в результате чего улучшается его углеродный баланс.

Далее второй вариант осуществления гибридной печи 10, соответствующей изобретению, показанный на фиг. 3-5, описан в сравнении с первым вариантом осуществления, показанным на фиг. 1 и 2.

Во втором варианте осуществления горелки 105 также в количестве трех штук, предпочтительно, расположены в верхней по потоку части вблизи загрузочного отверстия 102, обеспечивающего подачу шихты 104. Количество электродов 110 в данном случае равно девяти, как показано на фиг. 3 и 4.

Преимущественно, количество тепла, подводимое электродами 110 в дополнение нагрева горелками 105, составляет, по меньшей мере, 40% общего количества тепла, подводимого на этапе плавления в зоне 100 плавления, предпочтительно, составляет от 50 до 70%.

Вообще, напомним, что количество горелок или электродов приведено для примера и не имеет ограничительного характера.

Предпочтительно, электроды 110 равномерно распределены в поперечном направлении зоны 100 плавления.

Преимущественно, электроды 110 расположены, главным образом, в нижней по потоку части зоны 100 плавления, учитывая, в частности, их большее количество в данном случае (девять, а не шесть), на двух последних третях длины (L) указанной зоны 100 плавления.

Согласно одной из отличительных особенностей второго варианта осуществления, гибридная печь 10 включает пережим 160, именуемый первым пережимом, соединяющий зону 100 плавления с зоной 200 освещения, более конкретно, с первой зоной 210 освещения.

Преимущественно, указанный первый пережим 160 гибридной печи позволяет охлаждать стекло, когда оно перетекает из зоны 100 плавления в зону 200 освещения стекла.

Охлаждение стекла будет тем сильнее, чем больше длина первого пережима 160, так как стекло, выходящее из зоны 100 плавления, охлаждается естественным образом во время перемещения по первому пережиму 160 от выше по потоку к ниже по потоку.

Предпочтительно, длина первого пережима 160 выбрана так, чтобы снизить температуру расплавленного стекла, которое затем поступит в первую зону 210 освещения.

Как указано выше, температура расплавленного стекла в зоне 100 плавления тем выше, чем больше тепла подводится при помощи электродов 110.

Преимущественно, гибридная печь 10 снабжена средствами 500 охлаждения стекла, пригодными для селективного охлаждения стекла в первом пережиме 160.

Помимо охлаждения стекла во время его перемещения по первому пережиму 160, соединяющему зону 100 плавления с первой зоной 210 освещения, средства 500 охлаждения позволяют усиливать охлаждение и, особенно, менять степень охлаждения, благодаря чему достигается регулирование температуры стекла, дающее определенные преимущества.

Предпочтительно, средства 500 охлаждения стекла в первом пережиме 160 включают, по меньшей мере, одно устройство 510 охлаждения путем циркуляции воздуха.

Далее описан пример осуществления устройства 510 охлаждения, более подробно схематично показанного на фиг. 6 и 7, поясняющих, соответственно, третий вариант осуществления и модификацию пода, так что удобнее будет ссылаться на эти фигуры.

Поскольку гибридная печь 10 снабжена устройством 510 охлаждения стекла путем циркуляции воздуха, она также включает, по меньшей мере, одно средство 174 разграничения для отделения атмосферы зоны 100 плавления от атмосферы первого пережима 160.

Один из примеров осуществления средства 174 атмосферного разграничения показан на фиг. 6 и 7 и будет более подробно описан ниже.

Устройство 510 охлаждения стекла путем циркуляции воздуха включает, например, по меньшей мере, впускные устройства 512 для подачи охлаждающего воздуха в атмосферу указанного первого пережима 160 гибридной печи 10.

Предпочтительно, устройство 510 охлаждения стекла включает выпускные устройства 514, расположенные в первом пережиме 160 и предназначенные для выпуска горячего воздуха и обеспечения, таким образом, поступления свежего охлаждающего воздуха.

В качестве одного из вариантов, выпускные устройства представляют собой отводящие устройства (не показаны), расположенные по потоку ниже первого пережима 160 и предназначенные для удаления отходящих газов. Преимущественно, в этом случае горячий воздух отводится вместе с отходящими газами указанными отводящими устройствами, и оборудовать гибридную печь 10 дополнительными устройствами не нужно.

Впускные устройства 512 и выпускные устройства 514 устройства 510 охлаждения стекла образованы, например, одним или несколькими отверстиями в вертикальных опорах свода первого пережима 160.

Указанное, по меньшей мере, одно впускное отверстие и указанное, по меньшей мере, одно выпускное отверстие, схематично показанные на фиг. 6 и 7, расположены, например, продольно друг против друга, при этом одно или несколько впускных отверстий находятся в верхней по потоку части первого пережима 160, тогда как одно или несколько выпускных отверстий выполнены в нижней по потоку части первого пережима 160.

Впускные устройства 512 и выпускные устройства 514 для воздуха расположены, например, поперечно по обе стороны первого пережима 160 или, как вариант, только на одной из сторон первого пережима 160.

Преимущественно, температура охлаждающего воздуха, поступающего в первый пережим 160, меньше температуры горячего воздуха, находящегося внутри указанного первого пережима 160, при этом охлаждающий воздух, циркулируя, выполняет роль газообразного теплоносителя.

Предпочтительно, используемый охлаждающий воздух - это атмосферный воздух, отбираемый снаружи гибридной печи 10 или даже внутри ограды сооружения, в котором установлена указанная гибридная печь 10, питающая установку флотации.

Преимущественно, температуру используемого атмосферного воздуха предварительно регулируют, например, он может быть охлажден или подогрет перед подачей в печь с целью регулирования температуры в ней.

Принцип охлаждения стекла основан на конвекции, т.е., подаваемый охлаждающий воздух, вступая в контакт с поверхностью стекла, нагревается и, будучи отведенным, уносит тепло (теплоту), полученную от стекла.

Преимущественно, циркуляция воздуха поддается регулированию при помощи устройств нагнетания воздуха (не показаны), таких как вентиляторы, соединенные с указанными впускными 512 и/или выпускными 514 устройствами, управление которыми позволяет изменять расход циркулирующего воздуха.

Преимущественно, способ производства стекла, соответствующий изобретению, включает стадию регулирования охлаждения стекла в первом пережиме 160, в частности, путем селективного управления средствами 500 охлаждения стекла, такими как, по меньшей мере, одно устройство 510 охлаждения путем циркуляции воздуха в описываемом варианте осуществления.

Преимущественно, количество охлаждающего воздуха, подаваемое в первый пережим 160 впускными 512 устройствами устройства 510 охлаждения путем циркуляции воздуха, регулируют, в частности, в зависимости от температуры стекла.

В качестве одного из вариантов или в сочетании с устройством 510 охлаждения путем циркуляции воздуха, гибридная печь 10 оборудована средствами 500 охлаждения стекла, погруженными в стекло, текущее от выше по потоку к ниже по потоку через указанный первый пережим 160, с целью его охлаждения.

Указанные средства 500 охлаждения выполнены, например, в форме вертикальных блоков, погруженных в стекло и охлаждаемых при помощи контура охлаждения с жидким теплоносителем, отводящим тепло, полученное в результате теплообмена со стеклом.

Согласно другому примеру осуществления, средства 500 охлаждения обеспечивают охлаждение структуры первого пережима 160, контактирующей со стеклом, при этом охлаждение осуществляется снаружи структуры первого пережима 160.

Конечно, связанные с первым пережимом 160 средства 500 охлаждения, соответствующие нескольким описанным выше примерам, могут быть применены по отдельности или в сочетании.

Преимущественно, средства 500 охлаждения стекла, связанные с первым пережимом 160, позволяют селективно регулировать температуру стекла, поскольку она подвержена изменению, в частности, при изменении объема производства, так как увеличение объема производства приводит к увеличению температуры стекла.

По сравнению со средствами охлаждения стекла, связанными с первым пережимом 160, в случае желоба такое регулируемое охлаждение было бы невозможно.

Предпочтительно, переход зоны 100 плавления в первый пережим 160 представляет собой резкое уменьшение ширины и участка прохода для стекла, например, как в данном случае, благодаря стенкам 162 и 163, образующим угол  $90^\circ$  с центральной продольной осью А-А' печи.

Предпочтительно, переход первого пережима 160 в зону 200 осветления представляет собой резкое расширение участка прохода для стекла, например, как в данном случае, благодаря стенкам 262 и 263, образующим угол  $90^\circ$  с центральной продольной осью А-А' печи.

В качестве одного из вариантов, угол на входе в пережим 160 может иметь величину больше  $90^\circ$ , чтобы уменьшение ширины было менее резким и более постепенным; точно так же, величина угла на выходе из пережима 160 может быть выбрана так, чтобы расширение было менее резким и более постепенным вдоль центральной продольной оси А-А' печи.

Преимущественно, расплавленное стекло, которое течет от выше по потоку к ниже по потоку через первый пережим 160, поступает, следуя первому конвекционному контуру(С1), из нижней части зоны 100 плавления, в частности, пройдя ту ее часть, где расположены электроды 110.

Преимущественно, первый пережим 160 менее подвержен износу из-за

непрерывного протекания стекла, чем желоб, в котором все жаропрочные элементы нижнего строения контактируют со стеклом в том объеме, в котором оно протекает от выше по потоку к ниже по потоку.

Действительно, в первом пережиме 160 часть протекающего стекла через поверхность S контактирует с атмосферой.

Согласно одному из вариантов, не показанному на фиг. 3-5, гибридная печь 10 включает средства атмосферного разграничения, предназначенные для отделения атмосферы зоны 100 плавления от атмосферы зоны 200 осветления.

Такие средства атмосферного разграничения аналогичны, например, средствам, обозначенным «174», которые будут описаны ниже со ссылкой на фиг. 6 и 7, и которые образованы перегородкой (или экраном).

Первый пережим 160 имеет под, обозначенный на фиг. 3-5 номером 165. Во втором варианте осуществления разделительное устройство 170 образовано, по меньшей мере, одной приподнятостью 161 под 165 первого пережима 160.

В отличие от первой стенки 120, указанная приподнятость 161 образована непосредственно подом 165, а не надстроена на нем, поэтому приподнятость 161 выполнена из жаропрочного материала нижнего строения печи, включающего указанный под 165 первого пережима 160.

Преимущественно, указанная, по меньшей мере, одна приподнятость 161 менее подвержена износу, чем первая стенка 120, которая имеет небольшую толщину.

Указанная, по меньшей мере, одна приподнятость 161 отличается большим размером, и в продольном направлении занимает большую часть длины первого пережима 160, при этом указанная приподнятость 161, преимущественно, вносит вклад в охлаждение стекла в первом пережиме 160.

Как подробно показано на фиг. 5, указанная приподнятость 161 включает расположенные последовательно от выше по потоку к ниже по потоку, по меньшей мере, первый восходящий участок 164, второй вершинный участок 166 и третий нисходящий участок 168.

Преимущественно, в поперечном направлении приподнятость 161 занимает всю ширину первого пережима 160, от одной продольной боковой стены до другой.

Понятно, что приподнятость 161 может иметь различные геометрические конфигурации общей формы и разные размеры, в частности, в зависимости от конфигурации каждого из образующих ее участков 164, 166 и 168.

На фиг. 5 первый пережим 160 гибридной печи 10, соответствующей второму варианту осуществления, представленному на фиг. 3, показан подробно, чтобы проиллюстрировать один из примеров указанной, по меньшей мере, одной приподнятости 161.

Предпочтительно, восходящий участок 164 наклонен под определенным углом ( $\alpha$ ) так, чтобы образовывался уклон, вызывающий восходящее перемещение расплавленного стекла к вершинному участку 166 приподнятости 161.

Предпочтительно, восходящий участок 164 представляет собой наклонную плоскость с острым углом ( $\alpha$ ) наклона, например, от  $20^\circ$  до  $70^\circ$ , при этом указанный угол ( $\alpha$ ) представляет собой угол между восходящим участком 164 приподнятости 161 и горизонталью, за опорную плоскость которой в данном случае принимается плоскость пода 108 зоны 100 плавления.

В качестве одного из вариантов (не показан), восходящий участок 164 является ступенчатым и включает, например, по меньшей мере, одну ступеньку, даже две или более ступенек, размер которых в высоту и/или длину может быть одинаковым или разным.

Предпочтительно, вершинный участок 166 является плоским и образует горизонтальное плато. Преимущественно, вершинный участок 166 простирается в продольном направлении на заданную длину, предпочтительно, большую или равную половине общей длины первого пережима 160.

Вершинный участок 166 задает максимальную высоту  $H'$  приподнятости 161 и, таким образом, также задает глубину  $P'$  относительно поверхности  $S$  стекла, то есть, участок 180 прохода для расплавленного стекла в первом пережиме 160.

Предпочтительно, нисходящий участок 168 приподнятости 161 расположен вертикально и под прямым углом ( $\beta$ ) соединен с нижним по потоку концом плоского горизонтального вершинного участка 166.

Согласно другому примеру осуществления, например, показанному на фиг. 7, более подробно описываемой ниже, нисходящий участок 168 понижается постепенно, сопутствуя течению расплавленного стекла из первого пережима 160 в зону 200 освещения.

Такой участок 168 выполнен, например, в виде наклонной плоскости, которая может быть или не быть ступенчатой, в частности, в виде ступенек, подобных описанным выше в отношении вариантов осуществления восходящего участка 164.

Таким образом, разделительное устройство 170 во втором варианте осуществления образовано, по меньшей мере, одной приподнятостью пода 165, при этом приподнятость 161 выполняют ту же функцию, что и стенка 120 первого варианта осуществления, или даже две стенки в одном из не представленных вариантов осуществления.

В одном из не представленных вариантов осуществления разделительное устройство 170 образовано заслонкой, расположенной вертикально и частично погруженной в ванну 106 стекла, протекающего по первому пережиму 160 из зоны 100 плавления в зону 200 освещения стекла, при этом указанная заслонка препятствует возврату расплавленного стекла из зоны 200 освещения и гомогенизации в зону 100 плавления.

Предпочтительно, заслонка 172 находится на уровне верхнего по потоку конца первого пережима 160.

Применение такой заслонки описано в заявке на патент EP-21306609.5, поданной 18 ноября 2021 г. на имя Заявителя и относящейся к гибридной печи с другой концепцией

производства, включающей зону электроплавки с холодным сводом.

Согласно положениям этой заявки, заслонка индивидуально может образовывать разделительное устройство 170 в контексте настоящего изобретения.

Преимущественно, заслонка также может быть применена в сочетании с приподнятостью 161 пода 165 второго варианта осуществления.

Так, разделительное устройство (антивозвратное) может быть образовано заслонкой и/или приподнятостью 161 пода 165 первого пережима 160.

Такой вариант осуществления показан на фиг. 6, которая далее описана в сравнении с фиг. 5.

Согласно этому варианту, гибридная печь 10 включает разделительное устройство, образованное заслонкой 172, сочетающейся с указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью 161 пода 165 первого пережима 160.

Преимущественно, заслонка 172 вносит вклад в охлаждение стекла в первом пережиме 160 тем, что ограничивает течение в первом пережиме 160, а также благодаря контуру охлаждения с жидким теплоносителем типа водяной рубашки, обеспечивающему отвод части тепла (теплоты), полученного вследствие теплообмена между стеклом и заслонкой 172.

Как показано на фиг. 6, заслонка 172 расположена вертикально и частично погружена в ванну 106 стекла, протекающего по первому пережиму 160 из зоны 100 плавления в зону 200 осветления стекла.

Предпочтительно, заслонка 172 установлена над вершинным участком 166 приподнятости 161 пода 165 первого пережима.

Преимущественно, заслонка 172 установлена с возможностью вертикального перемещения для регулирования глубины ее погружения в ванну 106 стекла с тем, чтобы изменять участок 180 прохода расплавленного стекла посредством изменения глубины погружения заслонки 172, при этом в отсутствие заслонки 172 участок прохода соответствует глубине  $P''$  стекла, задаваемой указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью 161, имеющей определенную высоту  $H''$ .

Предпочтительно, высота  $H''$  меньше высоты  $H'$ , вследствие чего глубина  $P''$  больше глубины  $P'$ .

Преимущественно, заслонка является съемной, то есть, демонтируемой, в частности, с целью ее замены в случае износа и для облегчения технического обслуживания печи.

Как указано выше, гибридная печь 10, преимущественно, оборудована средством 174 атмосферного разграничения, предназначенным для отделения атмосферы первого пережима 160 от атмосферы зоны 100 плавления, в частности, когда в качестве средства охлаждения стекла в первом пережиме 160 применено устройство охлаждения путем циркуляции воздуха.

Преимущественно, гибридная печь 10 оборудована средствами 176 блокировки (также именуемыми «средствами сбора материала с поверхности»), расположенными на

уровне нижнего по потоку конца зоны 100 плавления и предназначенными для удерживания, если нужно, части слоя 104 шихты в зоне 100 плавления, чтобы указанная шихта, плавающая на поверхности ванны 106 стекла, не проникала в зону 200 осветления.

Как показано на фиг. 6, средства 176 блокировки образованы средствами 174 разграничения, свободный конец которых доходит до уровня поверхности ванны 106 или даже погружен в ванну 106 стекла.

На фиг. 7 показан другой вариант осуществления, который далее описан в сравнении с фиг. 6.

В этом варианте средства 176 блокировки конструктивно отличны от средства 174 разграничения, при этом указанные средства 176 блокировки могут находиться рядом с указанным средством 174 разграничения или на некотором расстоянии от него.

В отличие от варианта, показанного на фиг. 6, антивозвратное разделительное устройство 170 в данном случае образовано только приподнятостью 161, при этом указанная приподнятость 161 пода 165 первого пережима 160 имеет высоту  $H'$ , задающую глубину  $P'$ , как и в варианте осуществления, показанном на фиг. 3-5, без использования заслонки 172.

В варианте осуществления, соответствующем фиг. 7, также поясняется другая форма приподнятости 161, отличная от варианта осуществления фиг. 3-5.

В этом случае нисходящий участок 168 постепенно сопровождает течение расплавленного стекла в зону 200 осветления.

Следовательно, участок 168 выполнен в форме наклонной плоскости, которая может быть или не быть ступенчатой, в частности, состоять из ступенек.

Предпочтительно, участок 168 наклонен под некоторым углом ( $\beta$ ), выбранным так, чтобы образовывался уклон, способствующий постепенному стеканию расплавленного стекла к поду 208 зоны 200 осветления.

Для нисходящего участка 168 угол ( $\beta$ ) является тупым и может иметь величину, например, от  $90^\circ$  до  $145^\circ$ , при этом указанный угол ( $\beta$ ) соответствует внутреннему углу, обозначенному на фиг. 7 у соединения верхушечного участка 166 и нисходящего участка 168.

В качестве одного из вариантов (не показан), участок 168 является не плоским, а ступенчатым, и выполнен, например, в форме, по меньшей мере, одной ступеньки, даже двух или более ступенек, размер которых в высоту и/или длину может быть одинаковым или разным.

Как показано на фигурах, глубина стекла по обе стороны от указанной, по меньшей мере, одной приподнятости 161 не одинакова; это, соответственно, глубина  $P$  в зоне 100 плавления и глубина в зоне 200 осветления, которая может включать, по меньшей мере, одно изменение глубины.

Как указано выше, приподнятость 161 может иметь различные геометрические конфигурации общей формы и разные размеры, в частности, в зависимости от конфигурации каждого из образующих ее участков 164, 166 и 168.

В вариантах осуществления, показанных на фиг. 3-7, гибридная печь 10, преимущественно, включает первый пережим 160, в котором расположено указанной разделительное устройство 170.

Согласно этим вариантам осуществления, изобретением предлагается, более конкретно, гибридная печь 10 для производства стекла, предназначенного для подачи в установку флотации на ванну расплавленного металла, при этом указанная гибридная печь 10 включает от выше по потоку к ниже по потоку:

- зону 100 плавления с горячим сводом, оборудованную, по меньшей мере, горелками 105, пригодными для плавления шихты 104 с целью получения ванны 106 расплавленного стекла, при этом указанная зона 100 плавления включает первый конвекционный контур С1,

- пережим 160, именуемый первым пережимом, который соединяет указанную зону 100 плавления с зоной 200 осветления стекла и включает разделительное устройство 170, именуемое антивозвратным, предназначенное для предотвращения возврата расплавленного стекла в зону 100 плавления;

- указанную зону 200 осветления стекла, включающую первую зону 210 осветления, оборудованную, по меньшей мере, одной горелкой 205 и электродами 230, и вторую зону 220 осветления, при этом указанная первая зона 210 осветления, соответственно, отделена от зоны 100 плавления указанным разделительным устройством 170 и от второй зоны 220 осветления стенкой 240, и стекло циркулирует в первой зоне 210 осветления во втором конвекционном контуре С2 и во второй зоне 220 осветления - в третьем конвекционном контуре С3; и

- зону 300 охлаждения стекла, образованную бассейном 310 кондиционирования и через который проходит указанный третий конвекционный контур С3.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гибридная печь (10) производства стекла и подачи стекла в установки флотации, на ванну расплавленного металла, при этом указанная гибридная печь (10) содержит от выше по потоку к низу по потоку:

- зону (100) плавления с горячим сводом, содержащую, по меньшей мере, горелки (105), выполненными с возможностью плавления шихты (104) для получения ванны (106) стекла, при этом указанная зона (100) плавления содержит первый конвекционный контур (С1) и ограничена разделительным устройством (170), именуемым антивозвратным, выполненным с возможностью предотвращения возврата расплавленного стекла в зону (100) плавления;

- зону (200) осветления стекла, содержащую первую зону (210) осветления, которая содержит, по меньшей мере, горелку (205) и электроды (230), и вторую зону (220) осветления, при этом указанная первая зона (210) осветления, соответственно, отделена от зоны (100) плавления указанным разделительным устройством (170) и от второй зоны (220) осветления стенкой (240), причем стекло циркулирует в первой зоне (210) осветления по второму конвекционному контуру (С2) и во второй зоне (220) осветления по третьему конвекционному контуру (С3); и

- зону (300) охлаждения стекла, содержащую бассейн (310) кондиционирования, через который проходит указанный третий конвекционный контур (С3).

2. Печь по п. 1, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) выполнено с возможностью предотвращения возврата стекла из первой зоны (210) осветления в зону (100) плавления, благодаря чему первым конвекционным контур (С1) зоны (100) плавления можно управлять независимо от второго конвекционного контура (С2) первой зоны (210) осветления.

3. Печь по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) предназначено для ограничения количества стекла, проходящего из зоны (100) плавления в первую зону (210) осветления, с тем, чтобы увеличить время пребывания стекла в зоне (100) плавления.

4. Печь по любому из пп. 1-3, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит стенку (120), именуемую первой стенкой, выполненную с возможностью предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны (200) осветления в зону (100) плавления.

5. Печь по любому из пп. 1-3, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит пережим (160), именуемый первым пережимом, который соединяет зону (100) плавления с зоной (200) осветления.

6. Печь по п. 5, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит средства (500) охлаждения стекла, выполненные с возможностью охлаждения стекла в первом пережиме (160), в частности, по меньшей мере, одно устройство (510) охлаждения путем циркуляции воздуха.

7. Печь по п. 5 или 6, в которой первый пережим (160) имеет под (165),

отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит, по меньшей мере, одну приподнятость (161) пода (165) указанного первого пережима (160), выполненную с возможностью предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны (200) освещения в зону (100) плавления.

8. Печь по п. 7, отличающаяся тем, что указанная, по меньшей мере, одна приподнятость (161) пода (165) содержит расположенные от выше по потоку к ниже по потоку, по меньшей мере, один восходящий участок (164), вершинный участок (166) и нисходящий участок (168).

9. Печь по п. 8, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, один участок из указанных восходящего (164) участка и нисходящего (168) участка указанной, по меньшей мере, одной приподнятости (161) пода (165) наклонен относительно горизонтали и/или содержит вершинный участок (166), образующий плато.

10. Печь по любому из пп. 7-9, отличающаяся тем, что приподнятость (161) характеризуется максимальной высотой ( $H'$ ,  $H''$ ), которая определяет, полностью или частично, участок (180) прохода расплавленного стекла в первом пережиме (160).

11. Печь по п. 5, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит, по меньшей мере, одну заслонку (172), которая проходит вертикально и частично погруженную в ванну (106) стекла, протекающего по первому пережиму (160) из зоны (100) плавления в зону (200) освещения стекла, при этом указанная заслонка (172) выполнена с возможностью предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны (200) освещения стекла в зону (100) плавления.

12. Печь по п. 11, отличающаяся тем, что заслонка (172) расположена на уровне верхнего по потоку конца первого пережима (160).

13. Печь по п. 11 в сочетании с одним из пп. 7-10, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит заслонку (172) и указанную, по меньшей мере, одну приподнятость (161) пода (165) первого пережима (160).

14. Печь по п. 13 в сочетании с п. 8, отличающаяся тем, что заслонка (172) расположена над вершинным участком (166) приподнятости (161) пода (165) первого пережима (160).

15. Печь по любому из пп. 11-14, отличающаяся тем, что заслонка (172) установлена с возможностью перемещения по вертикали с целью регулирования глубины ее погружения в ванну (106) стекла и, тем самым, изменения участка (180) прохода стекла в зависимости от регулирования погружения указанной заслонки (172).

16. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит средствами (174) разграничения, такое как перегородка, для отделения атмосферы зоны (100) плавления от атмосферы зоны (200) освещения.

17. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит средства (176) блокировки, выполненные с возможностью удерживания слоя (104) шихты, находящегося на поверхности ванны (106) стекла в зоне (100) плавления, при этом указанные средства (176) блокировки расположены на уровне

нижнего по потоку конца зоны (100) плавления.

18. Печь по п. 17 в сочетании с п. 16, отличающаяся тем, что средства (176) блокировки образованы средствами (174) разграничения, свободный конец которых проходит на уровне поверхности ванны (106) или даже погружен в ванну (106) стекла.

19. Печь по п. 17 в сочетании с п. 16, отличающаяся тем, что средства (176) блокировки отличны от указанных средств (174) разграничения, при этом указанные средства (176) блокировки расположены рядом или на расстоянии от средств (174) разграничения.

20. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) выполнена с возможностью подачи стекла во установку флотации со скоростью вытягивания, большей или равной 400 тонн в день, предпочтительно, лежащей в диапазоне от 600 до 900 тонн в день или даже 1000 тонн в день или более, при этом стекло является высококачественным и содержит менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр.

21. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что в зона (100) плавления содержит электроды (110), погруженные в ванну (106) стекла, которые представляют собой средство дополнительного электронагрева.

22. Печь по п. 21, отличающаяся тем, что электроды (110) расположены в нижней по потоку части зоны (100) плавления.

23. Печь по п. 21 или 22, отличающаяся тем, что электроды (110) зоны (100) плавления селективно управляются с целью регулирования первого конвекционного контура (C1) в зоне (100) плавления.

24. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что электроды (230) и указанная, по меньшей мере, одна горелка (205) первой зоны (210) освещения выполнены с возможностью нагревания стекла до температуры более 1450°C.

25. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что указанная, по меньшей мере, одна горелка (205) расположена в зоне (200) освещения для получения на поверхности точки перегрева, которая определяет зону (250) инверсии между вторым конвекционным контуром (C2) и третьим конвекционным контуром (C3).

26. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что электроды (230) первой зоны (210) освещения селективно управляются для регулирования второго конвекционного контура (C2) в первой зоне (210) освещения.

27. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что стенка (240) выполнена с возможностью предотвращения возврата стекла из второй зоны (220) освещения в первую зону (210) освещения, благодаря чему второй конвекционный контур (C2) первой зоны (210) освещения регулируется независимо от третьего конвекционного контура (C3).

28. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что стенка (240) выполнена с возможностью ограничения количества стекла, проходящего из первой зоны (210) освещения во вторую зону (220) освещения, для увеличения времени

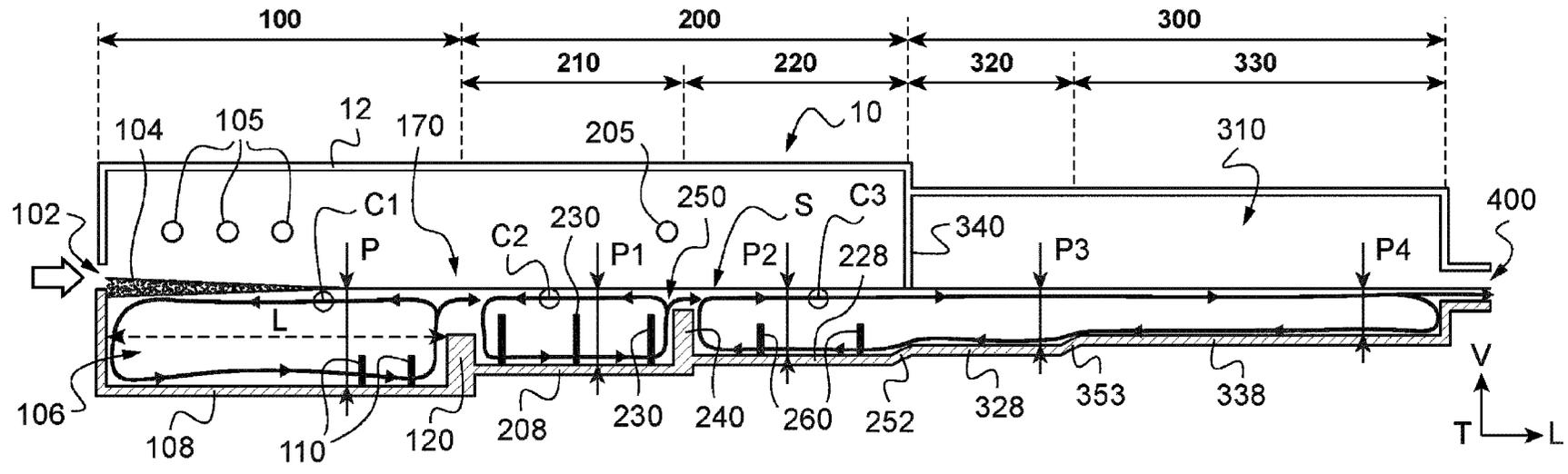
пребывания стекла в первой зоне (210) освещения.

29. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что вторая зона (220) освещения содержит электроды (260), погруженные в стекло и выполненные с возможностью быть селективно управляемыми для регулирования третьего конвекционного контура (С3).

30. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что бассейн (310) кондиционирования зоны (300) охлаждения содержит, от выше по потоку к ниже по потоку, пережим (320), именуемый вторым пережимом, затем выработочную часть (330).

По доверенности

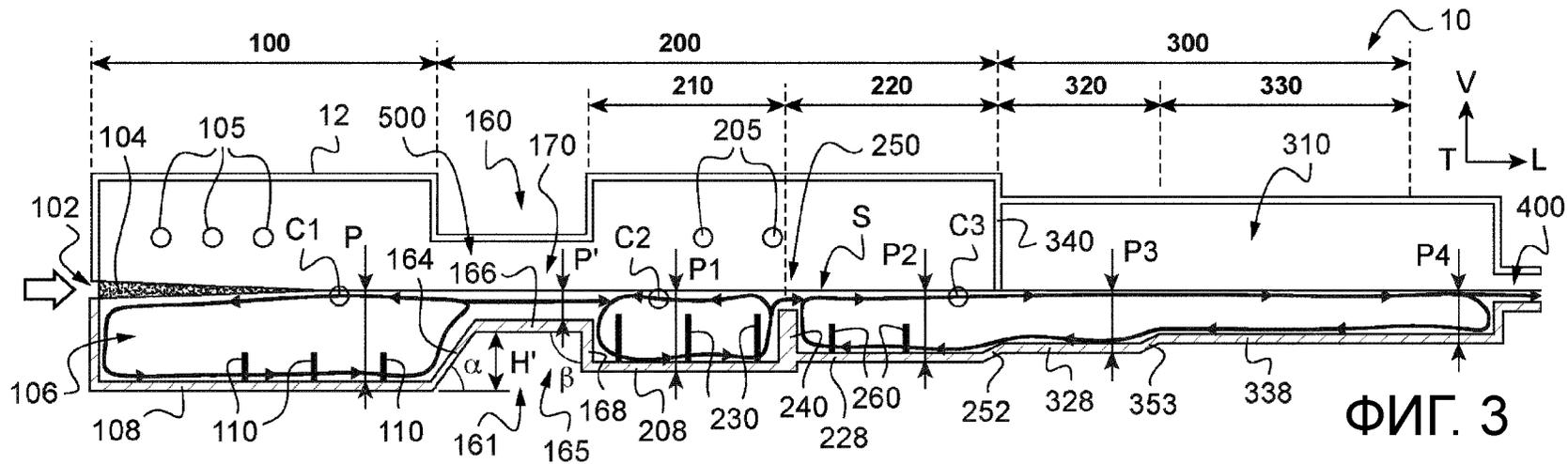
ФИГ. 1



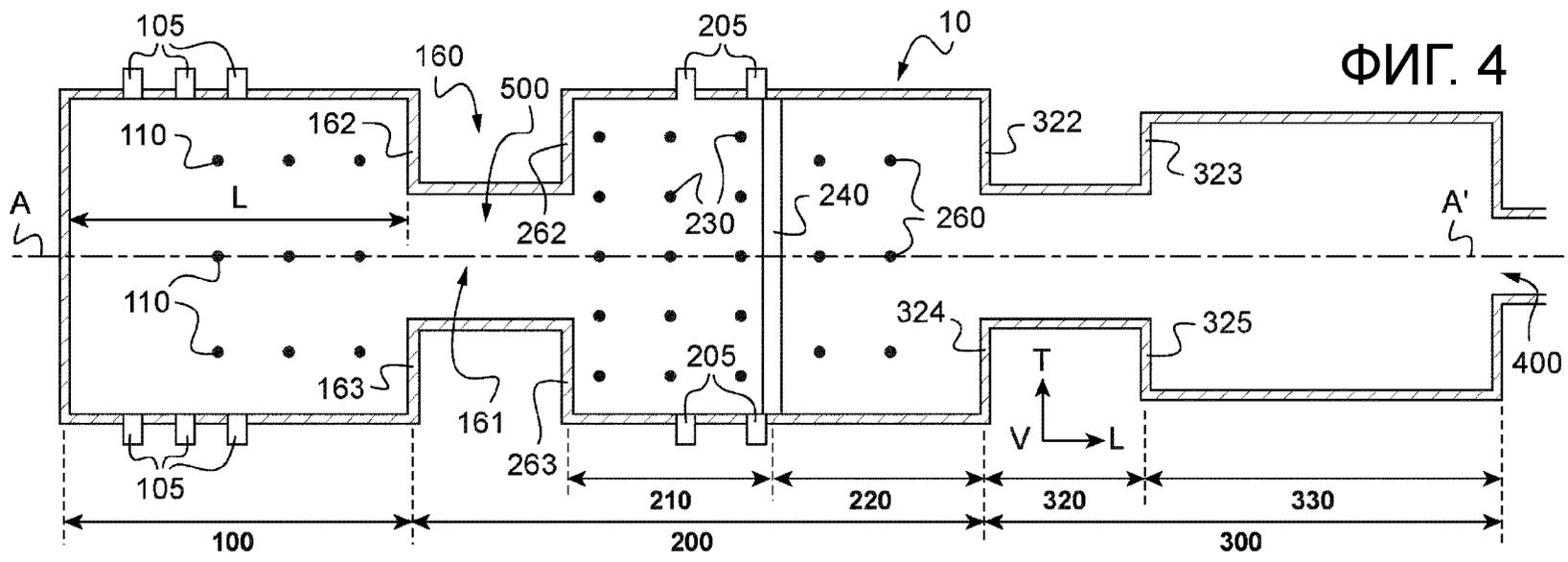
1/4

581198





ФИГ. 3



ФИГ. 4

