

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491173 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.07.04(22) Дата подачи заявки
2022.11.15(51) Int. Cl. C03B 5/03 (2006.01)
C03B 5/04 (2006.01)
C03B 5/20 (2006.01)
C03B 5/235 (2006.01)
C03B 5/23 (2006.01)
C03B 5/185 (2006.01)
C03B 5/193 (2006.01)
C03B 18/02 (2006.01)

(54) ГИБРИДНАЯ ЭЛЕКТРОПЛАВИЛЬНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА, ДЛЯ ЗАГРУЗКИ УСТАНОВКИ ФЛОТАЦИИ

(31) 21306609.5; 22305857.9

(32) 2021.11.18; 2022.06.13

(33) EP

(86) PCT/EP2022/082035

(87) WO 2023/088917 2023.05.25

(71) Заявитель:

СЭН-ГОБЭН ГЛАСС ФРАНС (FR)

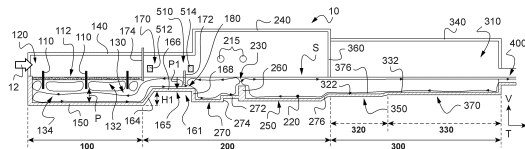
(72) Изобретатель:

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 в установку флотации, на ванну расплавленного металла, при этом указанная гибридная печь (10) включает в порядке технологического потока зону (100) электроплавки с холодным сводом (140), включающую электроды (110) и предназначенную для плавления шихты и получения ванны (130) расплавленного стекла; зону (200) осветления и гомогенизации с горячим сводом, включающую первый конвекционный контур (210) и второй конвекционный контур (220); и зону (300) охлаждения стекла, образованную бассейном (310) кондиционирования, через которую проходит указанный второй конвекционный контур (220) и соединенную с по меньшей мере одним выпускным каналом (400), отличающаяся тем, что в указанной гибридной печи (10) имеется по меньшей мере один пережим (160), именуемый первым пережимом, который включает под (165) и соединяет зону (100) электроплавки с зоной (200) осветления и гомогенизации стекла, и тем, что в указанной гибридной печи (10) имеется разделительное устройство (170), именуемое "антивозвратным", расположенное на уровне указанного первого пережима (160) и предназначенное для предотвращения возвращения расплавленного стекла из зоны (200) осветления и гомогенизации в зону (100) плавления.



A1

202491173

202491173

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-581184ЕА/042

ГИБРИДНАЯ ЭЛЕКТРОПЛАВИЛЬНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА, ДЛЯ ЗАГРУЗКИ УСТАНОВКИ ФЛОТАЦИИ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к гибридной электроплавильной печи для производства стекла для загрузки установки флотации («float» в англояз. литературе).

Более конкретно, изобретение относится к гибридной печи для производства стекла для загрузки установки флотации и кроме того включающей зону электроплавки с холодным сводом, предназначенную для плавления шихты, которая посредством первого пережима соединена с зоной освещения и гомогенизации с горячим сводом, включающей два конвекционных контура и предназначенной для получения высококачественного стекла в надлежащем количестве.

Гибридная печь для производства стекла согласно изобретению, пригодна не только для выработки высококачественного стекла, содержащего менее 0,1 пузырька на литр, но также для выработки такого стекла в количестве, по меньшей мере, 400 тонн в день для подачи в установку флотации стекла, на ванну расплавленного металла с целью производства листового стекла.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Из предшествующего уровня техники известны различные примеры конструкции печей для производства стекла, которые зависят от производимого продукта, то есть, от конечной формы стекла.

Так, различают конструкции печей согласно предполагаемому производству, касающемуся стекловолкна, промышленного формования полых стеклянных изделий или листового стекла.

Одной из целей проектирования промышленных стекловаренных печей является возможность получения такого стекла, чьи качественные требования зависят от конечного продукта. В этом отношении производство листового стекла представляет сравнительно наибольшие трудности.

Листовое стекло, производимое в очень больших количествах из-за его универсальности, используют в множество вариантов применения, в частности, в области электроники (плоские экраны) или строительстве и автомобилестроении, где стекло подвергают обработке широким разнообразием способов (придание выпуклой формы, закалка и т.д.), создавая стеклянную основу для производства широкого спектра стеклянных изделий.

В соответствии с задачами, связанными как с качеством, так и с количеством, настоящее изобретение направлено, в первую очередь, 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 или «float» согласно

английскому термину.

При производстве листового стекла требуется подавать в установку флотации или «float» высококачественное стекло, то есть, стекло, содержащее минимально возможное количество непроваренных включений и пузырьков, скажем, 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». 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 (SiO_2) и обедненные оксидом натрия (Na_2O).

Карбонат натрия (Na_2CO_3) начинает вступать в реакцию с крупными песками начиная с 775°C , при этом пузырьки диоксида углерода (CO_2) выделяются в жидкость, становящуюся все более и более вязкой по мере превращения карбоната в силикат. Также преобразование частиц известняка в известь и разложение доломита также вызывает выделение диоксида углерода (CO_2).

Этап плавления заканчивается, когда в жидком расплавленном стекле уже не остается твердых частиц, и оно становится очень вязким, однако на этом этапе производства оно 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 (CO_2), то есть одного из основных парниковых газов, влияющих на изменение климата.

Именно по этой причине ведутся поиски возможности использовать все большую долю стеклобоя и, тем самым, сократить не только непосредственные выбросы диоксида углерода (CO_2), но и косвенные, связанные с образованием диоксида углерода (CO_2) из исходных материалов шихты.

Действительно, 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 (« CO_2 footprint» в англ. литературе), связанного с процессом обработки стекла.

Для достижения поставленных целей углеродной нейтральности предпочтительно использовать глобальный подход к организации производственного цикла, включающий многоплановые меры по сокращению как прямых и косвенных выбросов в ходе производства, так и выбросов выше и ниже по потоку цепочки добавленной стоимости, 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 стекла, но

и на необходимость сокращения углеродного следа процесса обработки стекла как в части прямых, так и косвенных выбросов диоксида углерода (CO_2) 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.

Действительно, 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).

Электропечи предшествующего уровня техники, известные Заявителю, способны вырабатывать, самое большее, от 200 до 250 тонн в день стекла, содержащего, в лучшем случае, несколько сотен пузырьков на литр, чаще несколько тысяч, что в некоторых случаях может подходить для производства полых стеклянных изделий, например, бутылок, но ни коим образом не покрывает потребности производства листового стекла и, следовательно, обеспечения установки флотации.

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.

Однако принцип работы пламенных печей основан на использовании энергии ископаемого топлива, главным образом, природного газа, поэтому их углеродный баланс несовместим с целями снижения выбросов диоксида углерода (CO_2), а именно, углеродного следа процесса обработки стекла.

Дополним описание концепций печей для производства стекла известного уровня техники упоминанием «третьей концепции» печей, которая в последнее время претерпела ряд изменений именно в связи с решением экологической задачи по сокращению выбросов углекислого газа (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 по-прежнему в основном 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 так, чтобы её влияние было пропорциональным. 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 и способной вырабатывать высококачественное стекло, пригодное для подачи в установку флотации, производящую листовое стекло, и при этом характеризующейся потреблением энергии, при котором значительно снижены выбросы диоксида углерода (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 содержит от выше по потоку к ниже по потоку:

- зону электроплавки с холодным сводом, включающую электроды и предназначенную для плавления шихты и получения ванны расплавленного стекла;
- зону осветления и гомогенизации с горячим сводом, включающую первый

конвекционный контур и второй конвекционный контур; и

- зону охлаждения стекла, образованную бассейном кондиционирования, через которую проходит указанный второй конвекционный контур и соединенную, по меньшей мере, с одним выпускным каналом,

отличающаяся тем, что в указанной гибридной печи имеется, по меньшей мере, один пережим, именуемый первым пережимом, который включает под и соединяет зону электроплавки с зоной осветления и гомогенизации стекла, и тем, что в указанной гибридной печи имеется разделительное устройство, именуемое «антивозвратным», расположенное на уровне указанного первого пережима и предназначенное для предотвращения возвращения расплавленного стекла из зоны осветления и гомогенизации в зону плавления.

Преимущественно, указанный первый пережим гибридной печи в сочетании с разделительным устройством участвует в регулировании температуры стекла с целью охлаждения стекла, перетекающего из зоны электроплавки в зону осветления и гомогенизации 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. Предпочтительно, гибридная печь снабжена устройством охлаждения путем циркуляции воздуха.

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

Соответствующая изобретению печь позволяет сочетать, с одной стороны, высокопроизводительную плавку шихты в зоне плавления и, с другой стороны, управлять температурой стекла, находящегося в зоне осветления и гомогенизации, в частности, для организации потока стекла, соответственно, первого конвекционного контура и второго конвекционного контура, благодаря которым вырабатывается высококачественное стекло.

Действительно, 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 обратному потоку 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, выполняющее функцию предотвращения возвращения стекла в зону плавления, включает заслонку и/или, по меньшей мере, одну приподнятость пода первого пережима в некоторых вариантах осуществления изобретения.

Согласно изобретению, общая концепция гибридной печи с зоной электроплавки и зоной осветления, включающей два конвекционных контура, а также первым пережимом, соединяющим эти зоны, и разделительным устройством в совокупности обеспечивает возможность не только производить высококачественное стекло, то есть, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, но и вырабатывать такое стекло в количестве, большем или равном 400 тонн в день, чтобы, в частности, снабжать им установку флотации.

Таким образом, гибридная печь, соответствующая изобретению, пригодна для подачи стекла в зону формования, представляющую собой установку флотации для формования стекла на ванне расплавленного металла с целью производства листового стекла.

Преимущественно, вопреки сложившемуся у специалистов мнению, соответствующая изобретению гибридная печь позволяет сочетать высокое качество стекла и большой объем производства при использовании зоны электроплавки с холодным сводом (а не зоны пламенного нагрева).

В соответствии с изобретением электроэнергия составляет более 60%, даже 80% и более всей энергии, используемой в гибридной печи в процессе обработки стекла.

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, электроэнергии и энергии топлива.

Тем не менее, аналогия с настоящим изобретением не распространяется дальше, поскольку электроэнергия является единственным источником энергии, используемым для плавления стекла, а энергия топлива, ископаемого или эквивалентного ему, используется в печи только для осветления и гомогенизации стекла.

Преимущественно, в гибридной печи, соответствующей изобретению, сочетается, с одной стороны, зона электроплавки с холодным сводом и, с другой стороны, зона осветления и гомогенизации стекла с пламенным нагревом, то есть, за счет сжигания топлива, предпочтительно, с дополнительно применяемым электрообогревом, при этом указанные зона плавления и зона осветления отделены разделительным устройством, препятствующим возвращению стекла в зону плавления.

Благодаря такому сочетанию и, в частности, наличию разделительного устройства и регулированию температуры стекла, поступающего в зону осветления и гомогенизации, в гибридной печи настоящего изобретения можно получать высококачественное стекло, то есть, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, в большом количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить таким стеклом установку флотации, предназначенную для производства листового стекла.

Таким образом, настоящее изобретение опровергает сложившееся у специалистов в данной области мнение, что электроплавильная печь не может обеспечить получение высококачественного стекла в таком количестве.

В соответствии с настоящим изобретением, высококачественное стекло может

быть получено, в частности, благодаря тому, что на этапе осветления и гомогенизации, реализуемом после этапа электроплавки, осуществляется надлежащее регулирование посредством охлаждения стекла, обеспечиваемого первым пережимом, 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 возвращения расплавленного стекла из зоны осветления и гомогенизации в зону плавления.

Благодаря наличию разделительного устройства течение стекла в первом пережиме представляет собой поршневое течение.

Преимущественно, разделительное устройство образовано заслонкой и/или приподнятостью пода первого пережима, которые, соответственно, по отдельности или в сочетании способны предотвращать возвращения расплавленного стекла из зоны осветления и гомогенизации в зону электроплавки гибридной печи, соответствующей изобретению.

В гибридной печи, соответствующей изобретению, благодаря наличию указанного разделительного устройства ни один конвекционный контур или контур рециркуляции стекла не распространяется из зоны осветления и гомогенизации в зону плавления.

Для сравнения, погруженный желоб, соединяющий зону плавления с зоной осветления, не может гарантировать функцию предотвращения возвращения стекла в печи. Действительно, в таком желобе существует обратный поток стекла, в частности, из-за износа материалов.

Кроме этого, протекающее по желобу стекло не контактирует с атмосферой, поэтому оно не поддается контролируемому и регулируемому охлаждению со стороны поверхности, в частности, при помощи устройства охлаждения путем циркуляции воздуха.

По сравнению с желобом, сечение которого конструктивно ограничено, первый пережим также позволяет стеклу течь со скоростью, которая соответствует объему подачи установки флотации.

Согласно изобретению, поступающее на этап осветления и гомогенизации стекло, преимущественно, не содержит непроваренные включения или их количество невелико, благодаря, в частности, наличию разделительного антивозвратного устройства, которое позволяет увеличить время пребывания стекла в зоне электроплавки.

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 электроплавки и зоны осветления и гомогенизации с двумя конвекционными контурами, благодаря наличию первого пережима и связанного с ним разделительного устройства, которые, соответственно, обеспечивают охлаждение стекла и

предотвращение возвращения стекла в зону плавления.

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

Предпочтительно, длина первого пережима выбрана так, чтобы достичь охлаждения - уменьшения температуры стекла, которое затем должно поступить в зону осветления и гомогенизации.

Действительно, расплавленное стекло, полученное путем электроплавки, характеризуется более высокой температурой, чем, в частности, при плавлении с использованием пламени.

Например, температура стекла в зоне плавления составляет около 1450°C , тогда как после первого пережима по технологическому 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 одном из вариантов средства охлаждения погружены в стекло, текущее через первый пережим, от выше по потоку 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.

Преимущественно, в гибридной печи, соответствующей изобретению, для плавления шихты используется 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 осветления и гомогенизации 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 и вытягивание соответственно требующегося для загрузки установки флотации или «float», но и учтена экологическая потребность с целью обеспечения уменьшения углеродного следа процесса переработки стекла.

Согласно другим отличительным особенностям печи, соответствующей изобретению:

- разделительное устройство включает заслонку, предусматривающую частичное погружение в ванну стекла;
- разделительное устройство образовано только заслонкой, способной предотвращать возвращение расплавленного стекла из зоны осветления и гомогенизации в зону плавления, предпочтительно, указанная заслонка расположена на уровне верхнего по потоку конца первого пережима;
- разделительное устройство включает, по меньшей мере, одну приподнятость пода первого пережима;
- разделительное устройство образовано только приподнятостью пода и способно предотвращать возвращение расплавленного стекла из зоны осветления и гомогенизации в зону плавления;
- разделительное устройство, обеспечивающее предотвращение возвращения стекла в зону плавления, включает заслонку и/или, по меньшей мере, одну приподнятость пода;
- разделительное устройство, обеспечивающее предотвращение возвращения стекла в зону плавления, включает заслонку, сочетающуюся с указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью пода;
- указанная, по меньшей мере, одна приподнятость пода содержит, от выше по потоку к ниже по потоку, по меньшей мере, один восходящий участок, вершинный участок и нисходящий участок;
- заслонка расположена в первом пережиме над вершинным участком приподнятости пода;

- по меньше 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;

- указанная, по меньшей мере, одна приподнятость характеризуется максимальной высотой, которая определяет, полностью или частично, участок прохода расплавленного стекла в первом пережиге;

- заслонка установлена с возможностью перемещения по вертикали с целью регулирования глубины ее погружения в ванну стекла;

- заслонка, сама по себе или в сочетании с указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью задает площадь поперечного сечения прохода расплавленного стекла, которая может быть изменена путем регулирования глубины погружения указанной заслонки;

- 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 атмосферного разграничения, например, вертикальной перегородкой, предназначенной для отделения атмосферы зоны электроплавки с холодным сводом от атмосферы зоны осветления и гомогенизации с горячим сводом;

- гибридная печь снабжена средствами блокировки, расположенными на уровне верхнего по потоку конца первого пережиге и предназначенными для удерживания слоя шихты в зоне электроплавки с тем, чтобы указанная шихта, находящаяся на поверхности ванны стекла, не проникала в первый пережиг;

- средства блокировки слоя шихты выполнены в форме заслонки;

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

- средства блокировки отличны от средства разграничения, при этом указанные средства блокировки прикреплены к или расположены на расстоянии от средства разграничения;

- гибридная печь снабжена средствами охлаждения стекла, предназначенными для охлаждения стекла в первом пережиге, в частности, по меньшей мере, одним устройством охлаждения путем циркуляции воздуха;

- в гибридной печи имеется зона подачи, в которой расположено устройство подачи, предназначенное для подачи указанной шихты в зону электроплавки;

- устройство подачи выполнено с возможностью распределения шихты по всей поверхности ванны стекла с образованием изолирующего слоя между ванной стекла и сводом зоны плавления;

- электроды расположены на поверхности с возможностью погружения в шихту, при этом указанные погружные электроды проходят, предпочтительно, вертикально;

- электроды расположены проходящими через под зоны плавления и погружены в шихту, при этом указанные поднимающиеся электроды походят, предпочтительно,

вертикально;

- гибридная печь оборудована погружными электродами и/или электродами, поднимающимися снизу вверх;

- зона электроплавки включает, преимущественно, зону слабой конвекции, именуемую буферной зоной, расположенную между свободным концом погружных электродов и подом зоны плавления;

- зона плавления имеет глубину, определяемую так, чтобы образовывалась указанная буферная зона слабой конвекции, предпочтительно, глубину более 600 мм, более предпочтительно, более 800 мм;

- первый конвекционный контур и второй конвекционный контур разделены зоной инверсии контуров, задаваемой точкой перегрева или источником, соответствующим точке с самой высокой температурой стекла;

- в зоне осветления и гомогенизации имеется, по меньшей мере, одна горелка, создающая указанную точку перегрева, задающую указанную зону инверсии контуров;

- в гибридной печи имеется стенка, расположенная в указанной зоне инверсии контуров;

- гибридная печь характеризуется переменной глубиной пода относительно поверхности стекла в зоне осветления и гомогенизации, предпочтительно, наличием, по меньшей мере, одной приподнятости пода или же разности высот, при этом указанное изменение глубины имеет место в части с первым конвекционным контуром и/или в части со вторым конвекционным контуром;

- гибридная печь снабжена средствами модуляции, такими как дополнительный электрообогрев («electric boosting» в англояз. литературе) и/или барботёры, расположенными в зоне осветления и гомогенизации и предназначенными для модуляции конвекции в указанных потоках с целью облегчения процесса производства стекла;

- бассейн кондиционирования зоны охлаждения содержит от выше по потоку к ниже по потоку пережим, именуемый вторым пережимом, и выработочную часть;

- после бассейна кондиционирования в канале, предназначенном для подачи высококачественного стекла в зону формования, включающую указанную установку флотации, обратный поток отсутствует, другими словами, течение стекла в канале представляет собой поршневое течение;

- гибридная печь предназначена для подачи стекла в указанную установку флотации по производству листового стекла 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 указанное высококачественное стекло содержит менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр.

Изобретением также обеспечивается система производства листового стекла, включающая гибридную печь для производства стекла и установку флотации для формования стекла на ванне расплавленного металла, расположенную ниже по потоку и снабжаемую стеклом указанной печью посредством, по меньшей мере, одного

выпускного канала.

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 зону электроплавки с холодным сводом, соединенную первым пережимом с зоной освещения и гомогенизации с горячим сводом, в которой имеется первый конвекционный контур и второй конвекционный контур, и, затем, зону охлаждения, через которую проходит указанный второй конвекционный контур, и где также показана заслонка, образующая собой разделительное антивозвратное устройство, расположенное на уровне указанного первого пережима;

- фиг. 2 представляет собой вид сверху, на котором показана гибридная печь фиг. 1 и пояснена конструкция зоны электроплавки, соединенной с зоной освещения и гомогенизации первым пережимом, в котором расположена заслонка, предназначенная для предотвращения возвращения расплавленного стекла из зоны освещения и гомогенизации в зону электроплавки;

- фиг. 3 представляет собой вид сбоку, на котором, как и на фиг. 1, представлена гибридная печь, соответствующая второму варианту осуществления изобретения, в которой разделительное устройство образовано заслонкой и, по меньшей мере, одной приподнятостью пода первого пережима, и где показана заслонка, которая в сочетании с указанной приподнятостью пода предотвращает обратный поток расплавленного стекла из зоны освещения и гомогенизации в зону электроплавки;

- фиг. 4 представляет собой вид сверху, на котором, как и на фиг. 2, представлена гибридная печь фиг. 3 и показана заслонка, предпочтительно, подвижная, сочетающаяся с приподнятостью пода в первом пережиме, соединяющем зону плавления с зоной освещения и гомогенизации;

- фиг. 5 представляет собой вид сбоку, на котором, как и на фиг. 1, представлена гибридная печь, соответствующая третьему варианту осуществления изобретения, в которой разделительное устройство образовано только приподнятостью пода первого пережима, и где показана также приподнятость, высота которой больше, чем во втором варианте осуществления, и которая предназначена для предотвращения возврата расплавленного стекла в отсутствие заслонки;

- фиг. 6 представляет собой вид сбоку, на котором более подробно показана часть гибридной печи фиг. 5, и который поясняет один из вариантов осуществления приподнятости пода первого пережима, включающей восходящий участок в форме наклонной плоскости, обеспечивающий постепенное изменение глубины ванны расплавленного стекла в направлении зоны освещения и гомогенизации.

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. 1-6.

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 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.

Как указано выше, 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, электроэнергия и энергия топлива.

Тем не менее, аналогия с настоящим изобретением не распространяется дальше, поскольку, с одной стороны, электроэнергия (первый источник энергии) является единственным источником энергии, используемым для плавления стекла, и, с другой стороны, энергия топлива (второй источник энергии), ископаемого или эквивалентного ему, используется в печи только для осветления и гомогенизации стекла.

Гибридная печь 10, соответствующая изобретению, предназначена, в частности, для подачи расплавленного стекла в установку флотации, на ванну расплавленного металла, как правило олова, с целью производства листового стекла.

Как показано на фиг. 1 и 2, гибридная печь 10 содержит от выше по потоку к ниже по потоку вдоль центральной продольной оси А-А' печи, по меньшей мере, зону 100 электроплавки, зону 200 осветления и гомогенизации и зону 300 охлаждения стекла.

Согласно первой отличительной особенности гибридной печи 10, соответствующей изобретению, зона 100 плавления гибридной печи 10 является зоной электроплавки.

Преимущественно, зона 100 электроплавки относится к типу печей с холодным сводом (также именуемых «cold-top» в англояз. литературе).

Преимущественно, этап плавления стекла процесса производства стекла осуществляется с использованием только электроэнергии, в отличие от гибридных печей известного уровня техники, в которых этап плавления осуществляется с использованием

топлива и, в дополнение, электроэнергии.

Зона 100 электроплавки оборудована электродами 110 для плавления шихты (или «композиции стекла»), состоящей из исходных материалов и стеклобоя, с получением ванны 130 стекла.

Как известно, стеклобой («cullet» в англоязычной 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.

Гибридная печь 10 включает зону 120 подачи, в которой расположено устройство 12 подачи (также именуемое загрузочной машиной), предназначенное для введения шихты в зону 100 электроплавки, при этом на фиг. 1 указанное устройство 12 подачи схематично показано стрелкой.

Преимущественно, устройство 12 подачи выполнено с возможностью распределения шихты по всей поверхности ванны 130 стекла с образованием изолирующего слоя 112 между ванной 130 стекла и сводом 140 зоны 100 электроплавки, из-за чего его и называют «холодным сводом».

Предпочтительно, ванна 130 стекла равномерно покрыта слоем 112 шихты толщиной, например, от 10 до 40 см, под которым происходят сложные химические реакции, описанные во вводящей части настоящей заявки, приводящие к получению расплавленного стекла.

В зоне 100 электроплавки с холодным сводом под действием энергии, распространяющейся вокруг электродов 110, возникает зона 132 сильной конвекции, включающая, в частности, очень интенсивные восходящие потоки, подводящие тепло к границе раздела между расплавом и шихтой, образующей указанный слой 112.

В соответствии со способом обработки стекла известного уровня техники, разложение исходных материалов и использование энергии сжигаемого ископаемого топлива на этапе плавления являются источником загрязняющих выбросов, помимо диоксида углерода (CO_2) содержащих, главным образом, оксиды азота (NO_x), оксиды серы (SO_x), галогены и пыль.

Преимущественно, в отсутствие горения (пламени) в зоне 100 электроплавки с холодным сводом гибридной печи 10, соответствующей изобретению, степень загрязнения NO_x и SO_x относительно невелика.

Кроме этого, слой 112 шихты, находящийся на поверхности ванны 130, хотя и является проницаемым для диоксида углерода (CO_2), позволяет улавливать посредством

конденсации или химических реакций испускаемые расплавленным стеклом пары, иногда токсичные по своему составу.

Преимущественно, электроды 110 расположены на поверхности, погружены в ванну 130 стекла и проходят сквозь слой 112, покрывающий поверхность ванны 130, как показано на фиг. 1.

Предпочтительно, погружные электроды 110 проходят вертикально. В качестве одного из вариантов, погружные электроды 110 могут располагаться наклонно, то есть, быть наклоненными под заданным углом к вертикали.

В качестве одного из вариантов, электроды 110 проходят через под 150 зоны 100 электроплавки и погружены в ванну 130, при этом электроды поднимаются снизу вверх (в противоположность погружным электродам), предпочтительно, вертикально, как один из вариантов - наклонно.

По сравнению с электродами, проходящими через под 150, погружные электроды 110, помимо прочего, более доступны для контроля степени их износа, а также обеспечивают подвод электроэнергии ближе к границе раздела со слоем 112 шихты, что благоприятствует его плавлению.

Преимущественно, погружные электроды 110, в отличие от электродов, идущих снизу вверх, позволяют сохранить под 150 зоны 100 электроплавки свободным от каких-либо отверстий.

Предпочтительно, под 150 зоны 100 электроплавки является плоским, как показано на фиг. 1.

В качестве одного из вариантов, под 150 характеризуется, по меньшей мере, одним изменением глубины относительно поверхности ванны 130 стекла, при этом указанное изменение включают, по меньшей мере, одну приподнятость и/или, по меньшей мере, одну разность высот.

Предпочтительно, плавильные электроды 110 распределены в ванне 130 равномерно. Впрочем, девять электродов 110, показанные на фиг. 1 и 2, это лишь иллюстративный пример количества электродов, который не имеет ограничительного характера.

В качестве одного из вариантов, в зоне 100 электроплавки могут быть установлены одновременно и погружные, и восходящие электроды.

Согласно другому варианту осуществления, электроды 110 проходят сквозь, по меньшей мере, одну боковую стенку, ограничивающую зону 100 электроплавки, при этом указанные электроды 110 ориентированы горизонтально или наклонно.

Преимущественно, электроды 110 изготовлены из молибдена, жаростойкого металла, выдерживающего температуру 1700°C и пригодного для осуществления плавки стекла посредством джоулева тепла, при том, что стекло становится электропроводным только при высокой температуре.

Преимущественно, зона 100 электроплавки включает зону слабой конвекции, именуемую буферной зоной 134, расположенную между свободным концом погружных

электродов 110 и подом 150 зоны плавления.

Зона 100 электроплавки выполнена так, чтобы под погружными электродами 110 она имела глубину (P), определяемую ввиду образования указанной буферной зоны 134 слабой конвекции.

Предпочтительно, глубина (P) между свободным концом погружных электродов 110 и подом 150 составляет более 600 мм, предпочтительно, более 800 мм.

Наличие такой буферной зоны 134 слабой конвекции является другой причиной, по которой погружные электроды 110 более предпочтительны, чем восходящие электроды, проходящие сквозь под 150.

Преимущественно, наличие буферной зоны 134 слабой конвекции вносит непосредственный вклад в получение высококачественно стекла, так как способствует увеличению времени пребывания стекла в зоне 100 плавления.

Преимущественно, зона 100 электроплавки и зона 200 осветления и гомогенизации стекла соединены друг с другом первым пережимом 160, то есть, зоной меньшей ширины, как показано на фиг. 2.

Преимущественно, указанный первый пережим 160 гибридной печи позволяет охлаждать стекло, когда оно перетекает из зоны 100 электроплавки в зону 200 осветления и гомогенизации стекла.

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

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 10 плавления с зоной 200 осветления, 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 включают, по меньшей мере, одно устройство 510 охлаждения путем циркуляции воздуха.

Далее описан пример осуществления устройства 510 охлаждения, более подробно схематично показанного на фиг. 3 и 4, поясняющих второй вариант осуществления, и на фиг. 5 и 6, поясняющих, соответственно, третий вариант осуществления и модификацию пода, так что удобнее будет ссылаться на эти фигуры.

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, обеспечивая, таким образом, поступление 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 показаны на фиг. 3, а следующие 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 устройствами впуска и/или выпуска, управление которыми позволяет изменять расход циркулирующего воздуха.

Согласно другому варианту осуществления, средства 500 охлаждения стекла погружены в стекло, текущее от выше по потоку к ниже по потоку через указанный первый пережим 160, с целью его охлаждения.

Указанные средства охлаждения выполнены 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 варианту 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.

На фиг. 2 показан пример осуществления первого пережима 160, соединяющего зону 100 электроплавки с зоной 200 осветления и гомогенизации.

Переход зоны 100 электроплавки в первый пережим 160 представляет собой резкое сужение ширины и площади поперечного сечения прохода для стекла, например, как в данном случае, благодаря стенкам 162 и 163, образующим угол 90° с центральной продольной осью А-А' печи.

Переход первого пережима 160 в зону 200 осветления и гомогенизации стекла представляет собой резкое расширение площади поперечного сечения прохода для стекла, например, как в данном случае, благодаря стенкам 262 и 263, образующим угол 90° с центральной продольной осью А-А' печи.

В качестве одного из вариантов, угол на входе в первый пережим 160 может иметь величину больше 90° , чтобы уменьшение ширины было менее резким и более постепенным, как и величина угла на выходе из первого пережима 160, которая может быть выбрана так, чтобы расширение также 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 из нижней части зоны 100 электроплавки, то есть, со дна, где стекло сравнительно более «холодное», чем в зоне 132 сильной конвекции, расположенной между электродами 110.

В первом варианте осуществления изобретения первый пережим 160 имеет под (без номера), предпочтительно, плоский, то есть, указанный под первого пережима 160 проходит горизонтально в продолжение плоского пода 150 зоны 100 электроплавки.

Согласно изобретению, гибридная печь 10 снабжена разделительным антивозвратным устройством 170, которое расположено на уровне указанного первого пережима 160 и предназначено для предотвращения возвращения расплавленного стекла из зоны 200 осветления и гомогенизации в зону 100 плавления.

Далее разделительное устройство 170, соответствующее первому варианту осуществления гибридной печи 10, показанному на фиг. 1 и 2, описано более подробно.

Согласно второй отличительной особенностью гибридной печи 10, соответствующей изобретению, и в противоположность зоне 100 электроплавки с холодным сводом, зона 200 осветления и гомогенизации гибридной печи 10 относится к типу печей с горячим сводом.

Зона 200 осветления и гомогенизации гибридной печи 10 предназначена для удаления пузырьков (или газообразных дефектов), присутствующих в расплавленном стекле, поступающем из зоны 100 электроплавки, с целью получения высококачественного стекла, в частности, пригодного для подачи во установку флотации по изготовлению листового стекла.

С этой целью в зоне 200 осветления и гомогенизации организован первый конвекционный контур 210, то есть, верхний по потоку контур рециркуляции, и второй конвекционный контур 220, то есть, нижний по потоку контур рециркуляции.

Предпочтительно, первый конвекционный контур 210, верхний по потоку контур рециркуляции, более короткий в продольном направлении, чем второй конвекционный контур 220, как показано на фиг. 1.

Преимущественно, конвекционные потоки в стекле, соответствующие контурам 210 и 220, способствуют перемешиванию, благоприятствующему удалению пузырьков и увеличению времени пребывания стекла в зоне 200 осветления и гомогенизации, что вносит свой вклад в получение высококачественного стекла.

Первый конвекционный контур 210 и второй конвекционный контур 220 разделены зоной 230 инверсии контуров 210 и 220, задаваемой точкой перегрева (также именуемой «точечным источником»), соответствующей точке с самой высокой температурой стекла в зоне 200 осветления и гомогенизации, как правило, превышающей 1500°C.

В зоне 200 осветления и гомогенизации имеется, по меньшей мере, одна горелка 215, предпочтительно, две воздушные горелки 215, расположенные под сводом 240 и предназначенные для создания указанной точки перегрева, задающей зону 230 инверсии указанных контуров 210, 220.

В зоне 200 осветления и гомогенизации часть тепловой энергии, выделяемой при горении, передается стеклу напрямую посредством излучения и конвекции, другая часть нагревает свод 240, от которого тепло передается стеклу посредством излучения, и поэтому свод называют «горячим».

Предпочтительно, горелки 215 зоны 200 осветления и гомогенизации представляют собой горелки с поперечным пламенем, схематично показанные на фиг. 2.

Таким образом, нагревание стекла в зоне 200 осветления и гомогенизации осуществляется при помощи пламенных горелок 215 посредством горения над поверхностью S стекла.

В гибридной печи 10, соответствующей изобретению, после ее ввода в эксплуатацию и начала производства этап плавления стекла в зоне 100 плавления осуществляется только с использованием электроэнергии.

Преимущественно, нагревание стекла на поверхности в указанной зоне 200

осуществляется за счет сжигания ископаемого топлива или его эквивалента и предназначено только для проведения этапа осветления и гомогенизации стекла, отведенного из указанной зоны 100 плавления.

По сравнению, в частности, с гибридной печью, соответствующей третьей концепции, описанной выше, энергия ископаемого топлива или его эквивалента, используемого в горелках 215, не участвует в проведении этапа плавления и, таким образом, в соответствии с изобретением используется в дополнение электроэнергии, которая используется для плавления.

Следовательно, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, позволяет существенно снизить долю энергии ископаемого топлива относительно количества электроэнергии в процессе обработки стекла, при этом электроэнергия становится основным источником энергии, а энергия топлива - вторичным или вспомогательным.

Преимущественно, электроэнергия составляет 60%, даже 80% или более общего количества энергии, используемой в гибридной печи в процессе обработки стекла.

Следовательно, становится понятно, что концепция гибридной печи 10, соответствующая изобретению, особенно выгодна с точки зрения уменьшения углеродного следа, так как, с одной стороны, энергия топлива - это энергия ископаемого топлива, такого как газ, и, с другой стороны, электроэнергия полностью и отчасти является «зеленой», полученной из возобновляемых или безуглеродных источников.

Зона 200 осветления и гомогенизации может быть оборудована более, чем двумя горелками 215, в частности, горелками, установленными по потоку выше и/или ниже указанной зоны 230 инверсии, которые также находятся над поверхностью S стекла и предназначены для нагревания указанной поверхности S стекла с целью завершения осветления и гомогенизации стекла в части удаления пузырьков (или газообразных дефектов), присутствующих в расплавленном стекле.

Действительно, путем регулирования мощности горелок 215 можно управлять продольным распределением температуры и, следовательно, положением точки перегрева, являющейся важным параметром работы печи.

При горении топлива в горелках 215 образуется пламя, которое 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 (CO₂).

Для поддержания горения в горелках 215 зоны 200 осветления и гомогенизации 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, или даже, предпочтительно, «биометан» (CH_4).

Еще более предпочтительно использовать в качестве топлива водород (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, в которых тепло отходящих газов процесса производства используется для предварительного подогрева газа и, таким образом, улучшения параметров горения.

Как указано выше, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, оборудована разделительным устройством 170, предназначенным для предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны 200 осветления и гомогенизации в зону 100 плавления.

Разделительное устройство 170, расположенное на уровне первого пережима 160, то есть, между зоной 200 осветления и гомогенизации и зоной 100 плавления, блокирует возврат расплавленного стекла из первого конвекционного контура 210.

В первом варианте своего осуществления разделительное устройство 170 включает заслонку 172, частично погружаемую в ванну 130 расплавленного стекла, как показано на фиг. 1 и 2.

Более конкретно, разделительное устройство 170 первого варианта осуществления образовано только заслонкой 172, которая, преимущественно, препятствует возврату расплавленного стекла из зоны 200 осветления и гомогенизации в зону 100 плавления.

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

Преимущественно, заслонка 172, образующая указанное разделительное устройство 170, позволяет увеличить время пребывания стекла в зоне 100 электроплавки, что способствует получению высококачественного стекла.

Предпочтительно, заслонка 172 распространяется на всю ширину первого пережима 160, как показано на фиг. 2.

Преимущественно, заслонка 172 установлена с возможностью вертикального перемещения для регулирования глубины ее погружения в ванну 130 стекла с тем, чтобы, изменяя глубину погружения, изменять площадь поперечного сечения 180 прохода расплавленного стекла под ней.

В качестве одного из вариантов, заслонка 172 закреплена так, что площадь поперечного сечения 180 прохода расплавленного стекла остается постоянной, то есть, определяется глубиной погружения указанной заслонки 172 в ванну 130 стекла.

Преимущественно, заслонка 172, расположенная по потоку выше первого пережима 160, блокирует слой 112 шихты, покрывающий ванну 130 стекла в зоне 100 электроплавки

с холодным сводом, защищая от него зону 200 освещения и гомогенизации с горячим сводом.

Предпочтительно, поскольку заслонка 172 расположена вертикально над поверхностью ванны 130 стекла, как показано на фиг. 1, обеспечивается ограничение слоя 112 шихты.

Предпочтительно, заслонка 172 является съемной, то есть, демонтируемой, таким образом, указанная заслонка 172 может быть заменена или отремонтирована, в частности, в случае износа вследствие контакта со стеклом, а также может быть упрощено техническое обслуживание гибридной печи 10.

Заслонка 172 изготовлена, например, из жаропрочного металла или сплава, и в этом случае заслонку 172 нужно охлаждать при помощи контура охлаждения (не показан) с жидким теплоносителем, а именно, контура типа водяной рубашки.

Преимущественно, заслонка 172 участвует в охлаждении стекла в первом пережиме 160, так как ограничивает истечение в первый пережим 160 и так как охлаждается водяной рубашкой с жидким теплоносителем, отводящим часть тепла (теплоты), передающегося к заслонке 172 от стекла.

В качестве одного из вариантов, заслонка 172 выполнена из жаропрочного материала, обычно керамического, например, выплавленного в электрической печи AZS (аббревиатура от Alumine-Zircon-Silice, оксид алюминия/циркон/диоксид кремния, алюмоциркониево-силикатный огнеупор) или такого жаропрочного металла, как молибден.

Гибридная печь 10 также оборудована, по меньшей мере, одним средством 174 атмосферного разграничения, предназначенным для отделения атмосферы зоны 100 электроплавки с холодным сводом от атмосферы зоны 200 освещения и гомогенизации с горячим сводом, содержащей, в частности, отходящие газы.

Преимущественно, средство 174 разграничения позволяет изолировать атмосферу 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.

Предпочтительно, средство 174 разграничения выполнено в форме перегородки (или экрана), представляющей собой элемент, прикрепленный к верхнему строению гибридной печи 10.

Обычно 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 отличаются от материала блоков ванны.

Даже если материал, используемый для верхнего строения печи, не отличается от материала нижнего строения, например, в случае горячего свода, обычно проводят

различие между этими частями строения печи.

В качестве одного из вариантов, средство 174 разграничения образовано как часть верхнего строения печи, например, в форме двойной U-образной перегородки, открытой наружу.

Преимущественно, заслонка 172 в этом случае установлена между двумя частями U-образной перегородки или в соединяющем их углублении.

Предпочтительно, заслонка 172 и перегородка 174 атмосферного разграничения в первом варианте осуществления представляют собой структурно самостоятельные, независимые элементы.

Предпочтительно, перегородка 174 не контактирует с поверхностью стекла, но для обеспечения указанного разграничения контактирует с заслонкой 172.

Преимущественно, перегородка 174 расположена, например, сзади, как показано на фиг. 1, или по потоку ниже заслонки.

В качестве одного из вариантов, перегородка 174 расположена перед заслонкой 172, то есть, выше по потоку, или же в той же вертикальной плоскости.

В качестве одного из вариантов, заслонка 172 и перегородка 174 выполнены как одна деталь, выполняющая двойную функцию, с одной стороны, отделение стекла, находящегося в зоне 100 плавления, от зоны 200 осветления и гомогенизации и, с другой стороны - разграничение атмосферы зоны 100 плавления с холодным сводом 140 и атмосферы зоны 200 осветления и гомогенизации с горячим сводом 240.

В качестве одного из вариантов (не показанного на чертежах), если по потоку выше первого пережима 160 отсутствует заслонка 172, показанная на фиг. 1, гибридная печь 10, преимущественно, оборудована средствами блокировки, также именуемыми «средствами сбора материала с поверхности», предназначенными для удерживания слоя 112 шихты в зоне 100 электроплавки.

Предпочтительно, подобно заслонке 172, средства блокировки расположены на уровне верхнего по потоку конца первого пережима 160 с тем, чтобы указанная шихта, находящаяся на поверхности ванны 130 стекла, не проникала в первый пережим 160.

В первом варианте осуществления изобретения, помимо функции предотвращения возврата стекла, заслонка 172 также выполняет функцию таких средств блокировки, удерживая слой 112 шихты в зоне 100 электроплавки.

Один из примеров осуществления средств блокировки будет описан более подробно со ссылкой на позицию 176 при описании второго варианта осуществления изобретения, поясняемого фиг. 3 и 4, и третьего варианта осуществления, поясняемого фиг. 5.

В первом варианте осуществления изобретения, поясняемом фиг. 1 и 2, гибридная печь 10, преимущественно, включает стенку 260, расположенную в указанной зоне 230 инверсии контуров.

Предпочтительно, стенка 260 отходит вертикально от пода 250 зоны 200 осветления и гомогенизации.

Как показано на фиг. 1, верхняя часть стенки 260 погружена под поверхность S стекла и задает переход между первым конвекционным контуром 210, именуемым верхним контуром рециркуляции, и вторым конвекционным контуром 220, именуемым нижним контуром рециркуляции.

Предпочтительно, гибридная печь 10 снабжена средствами модуляции (не показаны), такими как дополнительный электрообогрев («electric boosting») и/или барботёры, расположенными в зоне 200 осветления и гомогенизации и предназначенными для модуляции конвекции в указанных потоках 210, 220 с целью облегчения процесса производства стекла.

Преимущественно, средства модуляции, как следует из англоязычного термина electric boosting, представляют собой средства дополнительного электрообогрева, включающие электроды и/или барботеры, то есть, систему инъекции, по меньшей мере, одного газа, такого как воздух или азот, на уровне пода, чтобы пузырьки газа создавали восходящее движение стекла.

Предпочтительно, в гибридной печи 10 имеется, по меньшей мере, одно изменение 270 глубины пода 250 относительно поверхности S стекла, расположенное в зоне 200 осветления и гомогенизации.

Изменение 270 глубины имеет место в той части этой зоны, где проходит первый конвекционный контур 210, и/или в той части, где проходит второй конвекционный контур 220.

Преимущественно, изменение 270 глубины пода образовано, по меньшей мере, одной приподнятостью пода 250, в данном случае даже несколькими приподнятостями, как показано на фиг. 1. В качестве одного из вариантов, изменение 270 глубины образовано, по меньшей мере, одной разностью высот пода 250.

Приподнятость пода 250, образующая изменение 270 глубины, в данном случае - уменьшения глубины, образована, например, по меньшей мере, одной ступенькой 272 или даже двумя ступеньками.

Изменение 270 глубины может быть более или менее постепенным, например, в форме прямого участка 274 между двумя ступеньками 272 выше по потоку от стенки 260 или, в качестве одного из вариантов, в форме наклонного участка 276, как показано, например, для случая ступеньки 322, расположенной по потоку после стенки 260 на стыке зоны 200 осветления и гомогенизации и зоны 300 охлаждения стекла.

Предпочтительно, в зоне 300 охлаждения также имеется изменение 370 глубины, выполненное как приподнятость пода.

Как показано на фиг. 1, изменение 370 глубины в зоне 300 охлаждения включает, например, ступеньку 322, расположенную во втором пережиме 320, к которой от пода 250 ведет наклонный участок 276, и другую ступеньку 332, расположенную в выработочной части 330 по потоку ниже ступеньки 322.

Ступенька 322 также поступательно соединяется с другой ступенькой 332 посредством наклонного участка 376, расположенного на стыке между вторым

пережимом 320 и выработочной частью 330.

В качестве одного из вариантов, прямые и наклонные участки, соответственно, описанные со ссылкой на фиг. 1, могут быть расположены в другом порядке между ступеньками 272, с одной стороны, и ступеньками 322, 332, с другой стороны, или же относиться только к одному типу, то есть, быть либо прямыми, либо наклонными.

Как показано на фиг. 1, и как было описано в отношении последовательных ступенек 322 и 332, зона 300 охлаждения стекла включает под 350, выполненный так, что глубина относительно поверхности S стекла постепенно уменьшается от выше по потоку к ниже по потоку, от стенки 260.

Согласно третьей отличительной особенности изобретения, гибридная печь 10 включает расположенную по потоку ниже зоны 200 осветления и гомогенизации зону 300 охлаждения стекла, через которую проходит второй конвекционный контур 220, именуемым нижним контуром рециркуляции.

Зона 300 охлаждения образована бассейном 310 кондиционирования, который сообщается, по меньшей мере, с одним выпускным каналом 400, предназначенным для подачи высококачественного стекла в установку флотации, на ванну расплавленного металла (не показано), расположенную ниже по потоку и образующую зону формования.

Преимущественно, бассейн 310 кондиционирования зоны 300 охлаждения содержит от выше по потоку к ниже по потоку второй пережим 320 и выработочную часть 330.

Преимущественно, атмосфера зоны 200 осветления и гомогенизации и более холодная атмосфера зоны 300 охлаждения отделены друг от друга тепловым экраном 360, идущим вертикально от свода 340 почти до поверхности S стекла, предпочтительно, не погружаясь в стекло.

Преимущественно, во всей вертикальной плоскости, поперечной центральной продольной оси А-А' печи, в стекле, находящемся в бассейне 310 кондиционирования, имеются точки, характеризующиеся продольной составляющей скорости в направлении, обратном направлению технологического потока.

После бассейна 310 кондиционирования в выпускном канале 400, предназначенном для подачи стекла в зону формования, обратный поток отсутствует, другими словами, течение стекла в канале 400 представляет собой поршневое течение.

Преимущественно, гибридная печь 100, соответствующая изобретению, способна производить высококачественное стекло, содержащее менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр, при этом такое высококачественное стекло пригодно, в частности, для подачи в установку флотации на ванну расплавленного металла.

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

высококачественное стекло содержит менее 0,1 пузырька на литр.

Преимущественно, гибридная печь 10, соответствующая изобретению, может достигать производительности, сравнимой с производительностью пламенных печей, включающих дополнительное средство электронагрева или нет, благодаря чему возможна подача высококачественного стекла в установку флотации.

Стекловаренная гибридная печь 10, соответствующая изобретению, посредством выпускного канала 400 обеспечивает подачу расплавленного стекла в установку флотации, на ванну расплавленного металла, как правило олова, с целью производства листового стекла.

Преимущественно, способ производства стекла в гибридной печи 10 варианта осуществления, описанного выше со ссылкой на фиг. 1 и 2, включает следующие последовательные стадии, на которых:

(a) плавят шихту в зоне электроплавки с холодным сводом с целью получения расплавленного стекла;

(b) отводят расплавленное стекло, вытекающее через первый пережим, оборудованный разделительным устройством, из зоны плавления в зону осветления и гомогенизации;

(c) освещают и гомогенизируют указанное расплавленное стекло в зоне осветления и гомогенизации с горячим сводом, в которой имеется первый конвекционный контур (именуемый верхним по потоку контуром рециркуляции) и второй конвекционный контур (именуемый нижним по потоку контуром рециркуляции);

(d) охлаждают стекло в зоне охлаждения, образованной бассейном кондиционирования, через который проходит второй конвекционный контур.

Преимущественно, температура расплавленного стекла, отведенного из зоны 100 плавления, уменьшается по мере прохождения через первый пережим 160, оборудованный разделительным устройством 170 в форме заслонки 172 и/или приподнятости 161 пода 165.

Преимущественно, согласно вариантам осуществления изобретения, способ включает стадию (e) регулирования, заключающуюся в регулировании глубины погружения в стекло подвижной заслонки 172, установленной в первом пережиме 160, соединяющем зону 100 электроплавки с зоной 200 осветления и гомогенизации, с целью регулирования расхода стекла, отводимого из зоны 100 плавления.

Преимущественно, на стадии (e) регулирования изменяют количество расплавленного стекла, поступающего из зоны 100 электроплавки в зону 200 осветления и гомогенизации, например, в зависимости от производительности.

После стадии (d) охлаждения в бассейне 310 кондиционирования стекло поступает в выпускной канал 400, предназначенный для подачи высококачественного стекла в установку флотации.

Преимущественно, способ включает стадию управления охлаждением стекла в первом пережиме 160, а именно, путем селективного приведения в действие средств 500

охлаждения стекла, таких как, по меньшей мере, одно устройство 510 охлаждения путем циркуляции воздуха.

Преимущественно, количество охлаждающего воздуха, подаваемого в первый пережим 160 через впускные устройства 512 устройства 510 охлаждения путем циркуляции воздуха, регулируют, в частности, в зависимости от температуры стекла.

Далее второй вариант осуществления гибридной печи 10, соответствующей изобретению, показанный на фиг. 3 и 4, описан в сравнении с первым вариантом осуществления.

Гибридная печь 10 второго варианта осуществления подобна варианту, описанному выше со ссылкой на фиг. 1 и 2, поэтому предшествующее описание также справедливо для второго варианта осуществления за исключением нижеследующего.

Одним из отличий от первого варианта осуществления изобретения является то, что первый пережим 160 имеет под 165, который не является плоским, то есть, указанный под 165 не является продолжением плоского пода 150 зоны 100 электроплавки.

Действительно, как показано на фиг. 3, под 165 первого пережима 160 включает, по меньшей мере, одну приподнятость 161.

Преимущественно, приподнятость 161 занимает в продольном направлении более половины длины первого пережима 160, даже более трех четвертей указанной длины.

Во втором варианте осуществления первый пережим 160 гибридной печи 10 имеет, преимущественно, большую длину, чем длина пережима в первом варианте осуществления, что можно заметить, сравнив фиг. 2 и 4.

Преимущественно, длина первого пережима 160 позволяет обеспечить охлаждение стекла, которое должно быть подано в зону 200 осветления и гомогенизации, так как температура расплавленного путем электроплавки стекла, как правило выше, чем, например, в случае плавления пламенем.

Например, температура стекла в зоне плавления составляет около 1450°C, тогда как температура, которую должно иметь стекло по потоку ниже первого пережима, лежит в диапазоне от 1300 до 1350°C.

Согласно одной из отличительных особенностей второго варианта осуществления изобретения, по меньшей мере, одна приподнятость 161 пода 165 первого пережима 160 образует часть указанного разделительного устройства 170, препятствующего возврату стекла в зону 100 плавления.

Преимущественно, разделительное устройство 170 второго варианта осуществления включает, соответственно, заслонку 172, которая, как и в первом варианте осуществления, сочетается с указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью 161 пода 165 первого пережима 160.

Однако заслонка 172 находится не перед первым пережимом 160, а внутри первого пережима 160, включающего, по меньшей мере, одну приподнятость 161 пода 165, в продольном направлении между его верхним и нижним концами.

Предпочтительно, разделительное устройство 170 включает только приподнятость

161 пода 165.

В отличие от стенки, указанная приподнятость 161 образована непосредственно подом 165, а не надстроена на нем, поэтому приподнятость 161 выполнена из жаропрочного материала нижнего строения печи, включающей указанный под 165 первого пережима 160. Кроме этого, стенка имеет небольшую толщину и подвержена значительному износу, что не позволяет наверняка гарантировать отсутствие возврата стекла в зону плавления.

Как указано выше, 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.

Далее более подробно описан пример осуществления приподнятости 161 пода 165, показанной на фиг. 3.

Как показано на фиг. 3, приподнятость 161 содержит 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.

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.

Предпочтительно, восходящий участок 164 наклонен под определенным углом (α) так, чтобы образовывался уклон, вызывающий восходящее перемещение расплавленного стекла к вершинному участку 166 приподнятости 161, как показано на фиг. 3.

Предпочтительно, восходящий участок 164 представляет собой наклонную плоскость с острым углом (α) наклона, например, от 20° до 70° , при этом указанный угол (α) (см. фиг. 6) представляет собой угол между восходящим участком 164 приподнятости 161 и горизонталью, за опорную плоскость которой в данном случае принимается плоскость пода 150 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_1 приподнятости 161 и, таким образом, также задает (в данном случае только отчасти, в сочетании с заслонкой 172) площадь поперечного сечения 180 прохода для расплавленного стекла в первом

пережиме 160.

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

Согласно другому примеру осуществления, например, показанному на фиг. 6, более подробно описываемой ниже, нисходящий участок 168 понижается постепенно, сопутствуя течению расплавленного стекла из первого пережима 160 в зону 200 осветления и гомогенизации.

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.

Помимо описанной выше, по меньшей мере, одной приподнятости 161, разделительное устройство 170 во втором варианте осуществления, также, как и в первом, включает, по меньшей мере, одну заслонку 172, частично погруженную в расплавленное стекло.

Заслонка 172 и приподнятость 161, в сочетании образующие разделительное устройство 170, предназначены для предотвращения возврата расплавленного стекла из зоны 200 осветления и гомогенизации, то есть, из первого конвекционного контура 210 стекла, в зону 100 электроплавки.

Преимущественно, заслонка 172 в сочетании с указанной, по меньшей мере, одной приподнятостью 161 позволяют увеличить время пребывания стекла в зоне 100 электроплавки, что благоприятствует получению высококачественного стекла.

Преимущественно, заслонка 172 характеризуется теми же отличительными особенностями, что и описанные выше в отношении первого варианта осуществления изобретения.

Предпочтительно, заслонка 172 является съемной, то есть, демонтируемой, таким образом, указанная заслонка 172 может быть заменена или отремонтирована, в частности, в случае износа вследствие контакта со стеклом, а также благодаря этому может быть упрощено техническое обслуживание гибридной печи 10.

Точно так же, заслонка 172 изготовлена из нежаропрочного металла или сплава, при этом заслонку 172 охлаждают при помощи контура охлаждения (не показан) с жидким теплоносителем, а именно, типа водяной рубашки.

В качестве одного из вариантов, заслонка 172 выполнена из жаропрочного материала, обычно керамического, например, выплавленного в электрической печи AZS или такого жаропрочного металла, как молибден.

Как показано на фиг. 3, указанная, по меньшей мере, одна заслонка 172 в продольном направлении находится между верхним и нижним по потоку концами первого пережима 160.

Предпочтительно, заслонка 172 расположена вертикально над вершинным участком 166 приподнятости 161.

В поперечном направлении заслонка 172 занимает всю ширину первого пережима 160, как показано на фиг. 4.

Преимущественно, заслонка 172 установлена с возможностью вертикального перемещения для регулирования глубины ее погружения в ванну 130 стекла с тем, чтобы изменять площадь поперечного сечения 180 прохода расплавленного стекла над вершинным участком 166 приподнятости 161 посредством изменения глубины погружения заслонки 172 относительно глубины Р1 стекла, задаваемой высотой Н1.

Преимущественно, гибридная печь 10 также оборудована, по меньшей мере, одним средством 174 атмосферного разграничения, таким как перегородка, предназначенным для отделения атмосферы зоны 100 электроплавки от атмосферы зоны 200 осветления и гомогенизации, включающей, в частности, отходящие газы.

Как показано на фиг. 3 и 4, средство 174 разграничения расположено на верхнем по потоку конце первого пережима 160 у зоны 100 электроплавки.

Во втором варианте осуществления средство 174 разграничения, выполненное как перегородка, контактирует с поверхностью стекла или даже погружено в него свободным концом, чтобы выполнять не только функцию атмосферного разграничения, но и удерживать слой 112 шихты в зоне 100 электроплавки.

Преимущественно, средство 174 разграничения в этом случае также выполняет функцию средств 176 блокировки, препятствуя проникновению слоя 112 шихты, находящегося на поверхности ванны 130 стекла, в первый пережим 160.

Таким образом, во втором варианте осуществления средствами 176 блокировки является свободный конец средства 174 разграничения, представляющего собой перегородку, которая достигает уровня поверхности ванны 130 или даже, предпочтительно, погружена в ванну 130 стекла.

В качестве одного из вариантов, средства 176 блокировки слоя 112 шихты 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.

Такой вариант также показан на фиг. 5 или 6, поясняющих третий вариант осуществления изобретения, более подробно описываемый ниже.

Например, средство 174 разграничения расположено по потоку ниже средств 176 блокировки, то есть, на некотором расстоянии от них. В качестве одного из вариантов, средство 174 разграничения расположено рядом со средствами 176 блокировки.

По сравнению с первым вариантом осуществления изобретения, ограничение слоя 112 шихты обеспечивает не заслонка 172, а либо свободный конец средства 174 разграничения во втором варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 3 и 4, либо отдельные средства 176 блокировки в третьем варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 5 или 6.

Далее третий вариант осуществления изобретения, поясняемый фиг. 5 (и фиг. 6, где показан вариант осуществления приподнятости), описан в сравнении, в частности, со

вторым вариантом осуществления.

В третьем варианте осуществления антивозвратное разделительное устройство 170 образовано только, по меньшей мере, одной приподнятостью 161 пода 165 первого пережима 160, в отличие от второго варианта осуществления, показанного на фиг. 3 и 4, или даже от первого варианта осуществления, поскольку в нем отсутствует подвижная заслонка 172.

Предпочтительно, гибридная печь 10 включает приподнятость 161 пода 165, имеющую высоту H_2 , обозначенную на фиг. 5 относительно горизонтали на уровне плоскости пода 150 зоны 100 плавки, принимаемой за опорную плоскость, при этом указанная высота H_2 больше высоты H_1 , показанной на фиг. 3.

Преимущественно, приподнятость 161 пода 165 первого пережима 160 выполнена так же, как описано выше со ссылкой на фиг. 3, а именно, образована последовательными участками: восходящим участком 164, вершинным участком 166 в форме плато и нисходящим участком 168.

Как показано на фиг. 5, глубина P_2 между поверхностью S расплавленного стекла и вершинным участком 166 приподнятости 161 пода 165 меньше, чем глубина P_1 .

В третьем варианте осуществления изобретения площадь поперечного сечения 180 прохода расплавленного стекла определяется не подвижной заслонкой 172, а только указанной приподнятостью 161 пода 165, поэтому регулирование сечения 180 невозможно.

В отсутствие заслонки 172 гибридная печь 10, тем не менее, как и в первом и втором вариантах осуществления, включает средство 174 разграничения, предназначенное для разделения атмосферы зоны 100 электроплавки и зоны 200 освещения и гомогенизации.

В то же время, как описано выше в качестве возможной модификации второго варианта осуществления изобретения, средства 176 блокировки, предпочтительно, выполнены отдельно и отстоят от средства 174 разграничения.

В качестве одного из вариантов, подобно второму варианту осуществления изобретения, средства блокировки 176 образованы средством 174 разграничения, свободный, то есть нижний, конец которого, предпочтительно, погружен в ванну 130 стекла.

Согласно одному из вариантов осуществления приподнятости 161 пода 165 первого пережима 160, показанному на фиг. 6, нисходящий участок 168 понижается постепенно, сопутствуя течению расплавленного стекла в зону 200 освещения и гомогенизации.

Такой участок 168 выполнен, например, в виде наклонной плоскости, которая может быть или не быть ступенчатой.

Предпочтительно, участок 168 наклонен под углом (β), величина которого выбрана так, чтобы обеспечить постепенное стекание расплавленного стекла к поду 250 зоны 200 освещения и гомогенизации.

Образуемый участком 168 угол (β) является тупым и может составлять, например, от 90° до 145° , при этом указанный угол (β) соответствует внутреннему углу, показанному на фиг. 6 у соединения вершинного 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 в продольном направлении по обе стороны от указанной, по меньшей мере, одной приподнятости 161, соответственно, над плоским подом 150 зоны 100 электроплавки и над началом пода 250 зоны 200 осветления и гомогенизации по потоку после первого пережима 160 не одинакова, при этом в зоне 200 осветления и гомогенизации имеется, 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.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

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

- зону (100) электроплавки с холодным сводом (140), содержащую электроды (110) для плавления шихты для получения ванны (130) стекла;

- зону (200) освещения и гомогенизации с горячим сводом, содержащую первый конвекционный контур (210) и второй конвекционный контур (220); и

- зону (300) охлаждения стекла, образованную бассейном (310) кондиционирования, через которую проходит указанный второй конвекционный контур (220) и соединенную с, по меньшей мере, одним выпускным каналом (400),

отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит, по меньшей мере, один пережим (160), именуемый первым пережимом, который содержит под (165) и соединяет зону (100) электроплавки с зоной (200) освещения и гомогенизации стекла, и тем, что указанная гибридная печь (10) содержит разделительное устройство (170), именуемое «антивозвратным», расположенное на уровне указанного первого пережима (160) и выполненное с возможностью предотвращения возвращения расплавленного стекла из зоны (200) освещения и гомогенизации в зону (100) плавления.

2. Печь по п. 1, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит заслонку (172), предназначенную для частичного погружения в ванну (130) стекла.

3. Печь по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что разделительное устройство (170) содержит, по меньшей мере, одну приподнятость (161) пода (165) первого пережима (160).

4. Печь по п. 3, отличающаяся тем, что указанная, по меньшей мере, одна приподнятость (161) пода (165) содержит от выше потоку к ниже по потоку, по меньшей мере, один восходящий участок (164), вершинный участок (166) и нисходящий участок (168).

5. Печь по п. 4 в комбинации с п. 2, отличающаяся тем, что заслонка (172) расположена в первом пережиме (160) над вершинным участком (166) приподнятости (161) пода (165).

6. Печь по п. 4 или 5, отличающаяся тем, что по меньшей мере, один участок из указанных восходящего участка (164) и нисходящего (168) участка указанной, по меньшей мере, одной приподнятости (161) пода (165) наклонен относительно горизонтали и/или содержит вершинный участок (166), образующий плато.

7. Печь по любому из пп. 3-6, отличающаяся тем, что указанная, по меньшей мере, одна приподнятость (161) имеет максимальную высоту (H1, H2), которая определяет, полностью или частично участок (180) прохода расплавленного стекла в первом пережиме (160).

8. Печь по одному из пп. 2-7, отличающаяся тем, что заслонка (172) установлена с возможностью перемещения по вертикали с целью регулирования глубины ее погружения в ванну (130) стекла.

9. Печь по одному из пп. 2-8, отличающаяся тем, что заслонка (172) является съемной, то есть, демонтируемой, в частности, с целью обеспечения ее замены в случае износа и облегчения технического обслуживания печи.

10. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит, по меньшей мере, одно средство (174) атмосферного разграничения, такое как вертикальная перегородка, выполненной с возможностью отделения атмосферы зоны (100) электроплавки с холодным сводом от атмосферы зоны (200) осветления и гомогенизации с горячим сводом.

11. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит средства (176) блокировки, расположенными на уровне верхнего по потоку конца первого пережима (160) и выполненные с возможностью удерживания слоя (112) шихты в зоне (100) электроплавки с тем, чтобы указанная шихта, находящаяся на поверхности ванны (130) стекла, не проникала в первый пережим (160).

12. Печь по п. 11 в комбинации с п. 2, отличающаяся тем, что средства (176) блокировки слоя (112) шихты выполнены в форме заслонки (172).

13. Печь по п. 11 в комбинации с п. 10, отличающаяся тем, что средства (176) блокировки образованы средством (174) разграничения, свободный конец которого проходит до уровня поверхности ванны (130) или даже погружен в ванну стекла.

14. Печь по п. 11 в комбинации с п. 10, отличающаяся тем, что средства (176) блокировки отличны от средства (174) разграничения, при этом указанные средства (176) блокировки прикреплены к средства (174) разграничения или находятся на расстоянии от средства (174) разграничения.

15. Печь по любому из предшествующих пунктов, 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, одним устройством (510) охлаждения путем циркуляции воздуха.

16. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что электроды (110) расположены на поверхности с возможностью погружения в шихту, при этом указанные погружные электроды (110) проходят, предпочтительно, вертикально.

17. Печь по любому из пп. 1-15, отличающаяся тем, что электроды (110) расположены проходящими через под (150) зоны (100) плавления для того, чтобы погруженными в шихту, при этом указанные поднимающиеся электроды (110) проходят, предпочтительно, вертикально.

18. Печь по п. 16, отличающаяся тем, что зона (100) электроплавки содержит зону слабой конвекции, именуемую буферной зоной (134), расположенную между свободным концом погружных электродов (110) и подом (150) зоны (100) плавления.

19. Печь по п. 18, отличающаяся тем, что зона (100) плавления выполнена так, что имеет глубину (P), определяемую так, чтобы образовывалась указанная буферная зона (134) слабой конвекции, предпочтительно, глубина (P) составляет более 600 мм или более предпочтительно, более 800 мм.

20. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что первый конвекционный контур(210) и второй конвекционный контур (220) разделены зоной (230) инверсии контуров (210, 220), задаваемой точкой перегрева или источником, соответствующим точке с самой высокой температурой стекла, и тем, что зона (200) освещения и гомогенизации содержит, по меньшей мере, одну горелку (215), расположенную для создания указанной точки перегрева, определяющую указанную зону (230) инверсии контуров.

21. Печь по п. 20, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит стенку (260), расположенную в указанной зоне (230) инверсии контуров.

22. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) содержит средства модуляции, такие как дополнительный электрообогрев и/или барботёры, расположенные в зоне (200) освещения и гомогенизации и выполненные с возможностью модуляции конвекции указанных контуров (210, 220) с целью облегчения процесса производства стекла.

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

24. Печь по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что гибридная печь (10) выполнена с возможностью подачи стекла в указанную установку флотации стекла 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 указанное высококачественное стекло содержит менее 0,1 пузырька на литр, предпочтительно, менее 0,05 пузырька на литр.

25. Система производства листового стекла, содержащая гибридную печь (10) для производства стекла по любому из предыдущих пунктов и установку флотации стекла на ванне расплавленного металла, расположенную ниже по потоку и снабжаемую стеклом указанной печью (10) посредством указанного, по меньшей мере, одного выпускного канала (400).

По доверенности

