

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036993**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.01.25

(21) Номер заявки
201890327

(22) Дата подачи заявки
2016.07.15

(51) Int. Cl. **F27B 14/06** (2006.01)
F27B 14/08 (2006.01)
F27D 1/04 (2006.01)
F27D 11/06 (2006.01)
F27D 27/00 (2010.01)

(54) **ИНДУКЦИОННАЯ ПЕЧЬ КАНАЛЬНОГО ТИПА**

(31) **2015/05066**

(32) **2015.07.15**

(33) **ZA**

(43) **2018.07.31**

(86) **PCT/IB2016/054249**

(87) **WO 2017/009811 2017.01.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ИНВАЭРОСТИЛ ИНК (US)

(72) Изобретатель:
Фури Луи Йоханнес (ZA)

(74) Представитель:
Рыбина Н.А., Рыбин В.Н. (RU)

(56) **WO-A1-2015044878**
US-A1-2003103546
US-A-4170713

(57) Раскрыта индукционная печь канального типа, оборудованная фундаментом печи, который наклонен вниз от функциональной задней части пода печи в направлении, противоположном функциональной передней части пода, при этом стенка в передней части пода содержит нижнюю секцию и верхнюю секцию, причем нижняя секция передней стенки продолжается в под дальше, чем верхняя секция передней стенки, и нижняя секция передней стенки заканчивается в верхнем крае, прилегая к верхней секции передней стенки, при этом проход вниз в индукционный нагреватель, расположенный вблизи передней стенки, имеет вход в фундаменте, расположенный вблизи основания передней стенки, а один или каждый из проходов вверх имеет выход в фундаменте в месте, прилежащем к основанию нижней секции передней стенки, и при этом нижняя секция передней стенки оборудована вертикальным прорезом, идущим вверх над одним или каждым из проходов вверх через нее и выходящим на верхний край нижней секции.

B1

036993

036993

B1

Область техники

Данное изобретение относится к индукционным печам канального типа, применяемым при плавке или выплавке металлов, и, в частности, к индукционным печам, применяемым при выплавке зернистых материалов, плавающих на поверхности металла и шлака.

Уровень техники

Традиционные индукционные печи канального типа, которые загружают зернистым материалом, плавающим на поверхности расплавленного металла, конструируют с относительно глубокими металлическими ваннами. Это связано с тем, что зернистый материал, плавающий в слое шлака в верхней части ванны расплавленного металла, имеет плохое теплопоглощение, что приводит к более высоким температурам металла и рециркуляции нагретого металла обратно в канальный нагреватель. Это приводит к перегреву расплавленного металла и повреждению футеровки из огнеупорного материала в случае конструкции печи с возможностью работы с неглубокой металлической ванной. Неглубокая ванна также приводит к появлению относительно холодных зон, где скорость плавления относительно намного меньше, чем в зоне, расположенной непосредственно над канальным нагревателем.

С другой стороны, недостатком глубокой металлической ванны является то, что в печь приходится загружать большее количество металла, что приводит к большим потерям тепла, чем в случае применения неглубокой металлической ванны, а это приводит к увеличению объемов незавершенного производства по сравнению с использованием печи с неглубокой металлической ванной. Также для применения глубокой металлической ванны характерны большие потери металла, повреждение оборудования и опасность для персонала в случае аварийной утечки металла.

Кроме того, в индукционной печи с глубокой металлической ванной возникают сильные конвекционные потоки в печи во время ее работы. Это приводит к нестабильному быстрому плавлению зернистых материалов в некоторых зонах, тогда как для других зон характерно более медленное плавление или его отсутствие. Было обнаружено, что при работе плавление зернистых материалов с применением глубокой металлической ванны приводит к миграции зон плавления, другими словами, зоны, в которых происходит плавление, перемещаются в печи, что приводит к нестабильному потоку и нестабильным условиям плавления.

Попытка преодоления вышеуказанных проблем включала изобретение, описанное в патентной заявке согласно РСТ № РСТ/IB2012/050938 авторства того же заявителя. В нем была представлена двухконтурная индукционная печь канального типа, которая содержала плато, проходящее над фундаментом печи, в котором был сформирован желоб. Плато оборудовано проходами отверстия, находящимися в сообщении с индукционным нагревателем, и при этом эти проходы находятся в сообщении по текучей среде с каналами индукционного нагревателя для распределения нагретого жидкого металла в желоб для распределения вдоль поверхности плато.

Практической проблемой, связанной с печью из патента РСТ/IB2012/050938, является конструкция плато и желоба, которые необходимо крепить к боковой стенке между противоположными торцевыми стенками печи. Плато должно быть выполнено из жаропрочного, устойчивого к жидкому металлу и устойчивого к шлаку материала, другими словами, из огнеупорного материала. Так как плато в обязательном порядке является погружным и не удерживается непосредственно огнеупорным материалом стенки, проникновение металла неизбежно приводит к деформации кирпичей и в конечном итоге к разрушению плато.

Другой практической трудностью является то, что применение желоба в печи требует контроля глубины жидкого металла в печи над желобом для того, чтобы обеспечить оптимальное распределение нагретого металла в ванне. Запуск в работу печи с плато и желобом является нелегкой задачей, требуя относительно большого объема жидкого металла. Также, хотя распределение нагретого металла в жидкой ванне можно контролировать по глубине металлической ванны над плато, это также означает, что нежелательные флуктуации в металлической ванне могут оказывать отрицательное влияние на распределение нагретого металла в жидкой ванне.

Дополнительная проблема возникает при конструировании печи с длинной ванной. Каждый индукционный нагреватель имеет ограниченную длину, которая определяется расстоянием между выходами проходов, которые подают нагретый металл в под. Если необходима печь большей длины, что означает большую производительность, нужно устанавливать более мощные нагреватели, что приводит к менее контролируемому распределению нагретого металла из индукторов.

Дополнительная проблема в отношении чугуноплавильных печей связана с взаимодействием между шлаком и металлом. Для разделения шлака и металла обычно используется ручной и роботизированный труд в целях слива металла, не загрязненного шлаком.

Дополнительной проблемой является захват капель металла в шлаке, что снижает выход металла из руды. Дополнительная проблема, связанная с взаимодействием шлака и металла, состоит в том, что, если точка плавления шлака намного превышает точку плавления металла, шлак находится близко к своей точке плавления, это означает, что шлак является слишком холодным, чтобы легко течь на большие расстояния без образования шлаковых настывей значительной толщины.

Кроме вышеуказанных проблем, в сталеплавильной промышленности жидкий чугун во время любого из множества процессов производства чугуна традиционно разливают по ковшам (главным образом, в так называемые чугоновозы), транспортируют в сталеплавильный цех и переносят в так называемый загрузочный ковш для загрузки сталеплавильного агрегата.

Партию стали выплавляют путем добавления флюса и продувая газообразный кислород в или через металл. В "конечной точке" продува берут пробы и, в случае необходимости, проводят "повторный продув", а необходимые ферросплавы готовят для отливки стали. Сталь и ферросплавы загружают в литейные ковши, заботясь о том, чтобы вместе с металлом не перенести в литейный ковш сталеплавильный шлак. Любой шлак, который может быть перенесен в литейный ковш, приводит к излишним потерям легирующих элементов и попаданию фосфора обратно из шлака в металл.

Для того чтобы обеспечить непрерывное литье, проводят так называемую серийную разливку, при которой необходимо контролировать температуру металла в ковше и время прибытия ковша к литейной машине. Пропуск серии приводит к необходимости повторной обработки или, по меньшей мере, повторного нагрева стали.

Металл из литейного ковша выливают в промежуточный ковш, из которого он течет в литейную форму. Следует заботиться о том, чтобы минимизировать попадание шлака из ковша в промежуточный ковш. Избыточное количество шлака в промежуточном ковше и кислород, растворенный вследствие контакта с воздухом, приводят к появлению неприемлемых неметаллических включений в литом металле.

Футеровка ковшей является дорогостоящей в обслуживании вследствие чередующихся условий пустоты и наполненности во время традиционного сталеплавильного процесса. Потеря тепла происходит в особенности тогда, когда ковш остается пустым и без крышки, а разлив стали в остывший ковш приводит к потерям тепла в стали, что может послужить причиной проблем с разливкой или даже прерывания процесса последовательного литья. Подъем и опускание полных и пустых ковшей требует применения больших мостовых кранов, которые необходимо обслуживать и обеспечивать значительным количеством электрической энергии. Перенос ковшей с жидким металлом краном является исключительно опасным; в прошлом многие люди потеряли жизнь и были травмированы в результате несчастных случаев, связанных с перемещением жидкого металла кранами. Также многие потеряли жизнь в результате несчастных случаев при выполнении работ по техническому обслуживанию на этих высотных конструкциях.

Во время перегрузочных операций производится большое количество загрязняющих выбросов в атмосферу за короткие периоды времени (менее 10% календарного времени). Это требует установки вентиляторов, электродвигателей, пылеуловительных камер с матерчатými фильтрами, систем воздухопроводов и т. д., которые либо работают вхолостую, либо простаивают большую часть времени.

Существует много видов затрат, связанных с применением ковшей и фактом необходимости остановки и начала процессов, некоторые из которых были отмечены выше.

Последовательность процессов, начиная с чугоноплавильного цеха, сталеплавильного цеха и до установок для разливки, требует тонкого равновесия для предотвращения снижения качества партий стали и прерывания непрерывности проведения этих процессов. В большинстве чугуно-сталелитейных установок этот тонкий баланс ежедневно нарушается вследствие непредвиденных обстоятельств, приводя к затратным прерываниям процесса и снижению качества партий стали.

Цель изобретения

Целью изобретения является обеспечение индукционной печи канального типа и сталеплавильного аппарата, в которых, по меньшей мере, частично преодолены вышеуказанные проблемы.

Краткое описание сущности изобретения

В соответствии с этим изобретением предложена индукционная печь канального типа с оболочкой, футерованной огнеупорным материалом, и имеющая фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента для образования пода, по меньшей мере один индукционный нагреватель, связанный с печью и сообщающийся с подом посредством отверстия в фундаменте, отверстие, содержащее проходы отверстия, включающие проход вниз, служащий входом в индукционный нагреватель, и по меньшей мере один проход вверх, служащий выходом из индукционного нагревателя, при этом проходы отверстия имеют комплементарную форму и выполнены с возможностью соединения с каналами индукционного нагревателя, а каждый проход находится в сообщении по текучей среде с каналом комплементарной формы и размера,

при этом фундамент печи наклонен вниз от функциональной задней части пода в направлении противоположной функциональной передней части пода;

при этом стенка в передней части пода содержит нижнюю секцию и верхнюю секцию, образующие переднюю стенку, причем нижняя секция передней стенки продолжается в под дальше, чем верхняя секция передней стенки, и нижняя секция передней стенки заканчивается в верхнем крае, прилегая к верхней секции передней стенки;

при этом проход вниз имеет вход в фундаменте, расположенный вблизи основания передней стенки;

при этом один или каждый из проходов вверх имеет выход в фундаменте в месте, прилегающем к

основанию нижней секции передней стенки, причем нижняя секция передней стенки оборудована вертикальным прорезом, идущим вверх над одним или каждым из проходов вверх через нее и выходящим на верхний край нижней секции, и при этом индукционный нагреватель расположен вблизи передней стенки.

Дополнительно предложен фундамент, оборудованный ямой вблизи основания нижней секции передней стенки, а вход для прохода вниз расположен в яме.

В соответствии с дополнительным признаком изобретения предложена стенка, состоящая из передней стенки, противоположной задней стенки, образующей заднюю часть пода, и двух противоположных торцевых стенок; при этом торцевая стенка проходит между каждым из противоположных торцов передней стенки и задней стенки.

Дополнительно предложена печь, включающая двухконтурную индукционную печь канального типа, причем ее отверстие содержит центральный проход вниз, служащий входом в индукционный нагреватель, и два прохода вверх по противоположным сторонам от центрального прохода вниз, служащих выходами из индукционного нагревателя, и при этом два выхода из проходов вверх пространственно разделены, предпочтительно находясь на равном расстоянии от прохода вниз.

Также предложена передняя стенка, наклоненная в сторону пода, предпочтительно на угол от около 0 до 10° от вертикали.

Дополнительно предложен фундамент печи, содержащий практически горизонтальное основание фундамента в нижней секции передней стенки, и предпочтительно вход в центральный проход, расположенный в основании фундамента.

В соответствии с дополнительным признаком изобретения предложена печь, содержащая копильник отдельно от пода печи, при этом копильник содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом, и фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента с образованием копильника,

при этом копильник находится в сообщении с проходом вверх индукционного нагревателя посредством проходов, сообщающихся с ним и входящими в его фундамент;

проходы копильника содержат проход вниз, служащий выходом, и проход вверх, служащий входом в копильник из одного или каждого из проходов вверх индукционного нагревателя, для функциональной подачи не содержащего шлак металла из индукционного нагревателя;

при этом проходы копильника имеют комплементарную форму и выполнены с возможностью соединения с каналами индукционного нагревателя;

при этом копильник содержит пробку для защиты от переполнения жидким металлом.

Дополнительно предложен копильник, содержащий ряд проходов копильника, каждый из которых содержит проход вниз, служащий выходом, и проход вверх, служащий входом в копильник, при этом каждый ряд проходов копильника находится в сообщении по текучей среде с проходом вверх индукционного нагревателя.

В соответствии с дополнительным аспектом изобретения предложена печь, содержащая удлиненный копильник, находящийся отдельно от и идущий в направлении, противоположном поду печи, при этом копильник содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом, и фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента с образованием копильника,

при этом копильник находится в сообщении с проходом вверх индукционного нагревателя посредством по меньшей мере одного прохода, выходящего в него со стороны фундамента в месте, удаленном от пода печи;

при этом копильник находится в сообщении с подом печи посредством портала, проходящего через переднюю стенку печи, предпочтительно выше верхнего края нижней секции передней стенки;

при этом копильник содержит выход для шлака, предпочтительно переливной выход, в точке, удаленной от пода печи, чтобы нагретый металл мог функционально втекать в копильник через вход, удаленный от пода печи, и из копильника в печь через портал, и чтобы шлак мог втекать из пода печи в копильник через портал в противотоке с нагретым жидким металлом, чтобы капли металла, содержащиеся в шлаке, могли проходить через шлак в поток нагретого металла ниже шлака, и чтобы шлак мог быть удален из копильника через выход для шлака.

В соответствии с дополнительным аспектом изобретения предложен способ работы печи согласно определению выше для получения жидкого металла, включающий этапы:

подготовка шихты, содержащей металлический оксид и восстановитель;

загрузка шихты в печь на наклонный фундамент печи вблизи задней стенки в рабочей задней части пода;

функциональное создание возможности накопления шихты на фундаменте и превращения в ванну жидкого металла для прохождения карботермического восстановления посредством излучения тепла от сжигания газов и, необязательно, также топлива, предпочтительно в форме газа, вводимого в свободное пространство над ванной жидкого металла и шихтой, для плавления шихты и присоединения к ванне жидкого металла,

при этом источником газов является нагрев шихты и, необязательно, также топливо, вводимое в свободное пространство над ванной жидкого металла и шихтой.

В соответствии с дополнительным аспектом изобретения предложен сталеплавильный аппарат, содержащий чугуноплавильную печь и рафинировочную печь,

при этом чугуноплавильная печь содержит индукционную печь канального типа с включением копильника согласно определению выше и оборудованную транспортным желобом для расплавленного чугуна, идущего от копильника чугуноплавильной печи к рафинировочной печи, для подачи жидкого чугуна из содержащей железо шихты, удержания расплавленного чугуна в состоянии жидкой ванны в поде чугуноплавильной печи и для переноса не содержащего шлак жидкого чугуна из ванны в рафинировочную печь посредством транспортного желоба для расплавленного чугуна; и

при этом рафинировочная печь содержит индукционную печь канального типа без копильника согласно определению выше, находящуюся в сообщении по текучей среде с копильником чугуноплавильной печи посредством транспортного желоба для расплавленного чугуна, для подачи жидкого чугуна из копильника чугуноплавильной печи для преобразования жидкого чугуна в жидкую сталь, удержания расплавленной стали в состоянии жидкой ванны в поде и для подачи не содержащей шлак жидкой стали из ванны жидкой стали в контейнер для легирования посредством транспортного желоба для расплавленной стали, и при этом рафинировочная печь оборудована закрываемым выходом для слива жидкой стали из рафинировочной печи.

Дополнительно предложен сталеплавильный аппарат, который предпочтительно также содержит камеру для легирования и промежуточный ковш литейной машины,

при этом камера для легирования оборудована средствами нагрева жидкой стали для подачи жидкой стали из выхода рафинировочной печи и нагрева и удержания расплавленной стали в состоянии жидкой ванны в камере для легирования;

камера для легирования содержит средства для добавления легирующих элементов и

камера для легирования дополнительно выполнена с возможностью переносить не содержащую шлак жидкую сталь в промежуточный ковш посредством транспортного желоба промежуточного ковша, проходящей ниже рабочего уровня шлака камеры для легирования к промежуточному ковшу; и

при этом промежуточный ковш выполнен с возможностью подачи жидкой стали из контейнера для легирования посредством транспортного желоба промежуточного ковша, для загрузки литейной машины, функционально связанной с промежуточным ковшем посредством выпускного литейного отверстия;

при этом сталеплавильный аппарат содержит средства контроля уровней жидкого чугуна и жидкой стали в печах в форме одного или более из контроля скорости литья для промежуточного ковша и по меньшей мере одного отверстия для слива жидкого чугуна из чугуноплавильной печи.

Дополнительно предложена камера для легирования сталеплавильного аппарата, предпочтительно содержащая индукционную печь канального типа согласно определению выше, и камера для легирования, содержащая средства для перемешивания жидкой стали.

Также предложена рафинировочная печь сталеплавильного аппарата, содержащая отверстие для загрузки стального или чугунного скрапа.

Эти и другие признаки изобретения более подробно описаны ниже.

Краткое описание графических материалов

Предпочтительные варианты реализации изобретения описаны исключительно в качестве примера и с ссылкой на прилагающиеся графические материалы, где:

фиг. 1 представляет собой вид в перспективе с торца двухконтурной индукционной печи канального типа в соответствии с первым вариантом реализации изобретения;

фиг. 2 представляет собой вид в перспективе спереди части печи по фиг. 1;

фиг. 3 представляет собой вид в перспективе спереди второго варианта реализации печи в соответствии с изобретением, который включает печь, сходную с печью по фиг. 1 с добавлением первого варианта реализации копильника;

фиг. 4 представляет собой вид в перспективе снизу части третьего варианта реализации печи в соответствии с изобретением, который включает одноконтурную индукционную печь канального типа, оборудованную копильником, сходным с копильником печи на фиг. 3;

фиг. 5 представляет собой вид в перспективе сверху части печи по фиг. 4;

фиг. 6 представляет собой вид в перспективе с торца части одноконтурной индукционной печи канального типа в соответствии с четвертым вариантом реализации изобретения, оборудованной вторым вариантом реализации копильника;

фиг. 7 представляет собой вид в перспективе спереди части чугуноплавильной печи и части рафинировочной печи, образующих часть сталеплавильного аппарата в соответствии с пятым вариантом реализации изобретения;

фиг. 8 представляет собой вертикальную проекцию передней части сталеплавильного аппарата по фиг. 7, показывающую детали соединения между чугуноплавильной печью и рафинировочной печью;

фиг. 9 представляет собой вид в перспективе спереди чугуноплавильной печи и рафинировочной печи, образующих часть сталеплавильного аппарата в соответствии с шестым вариантом реализации

изобретения;

фиг. 10 представляет собой вид в перспективе сверху части сталеплавильного аппарата по фиг. 9, показывающий детали соединения между чугуноплавильной печью и рафинировочной печью;

фиг. 11 представляет собой вертикальную проекцию передней части сталеплавильного аппарата по фиг. 9 в разрезе, показывающую детали альтернативного варианта реализации соединения между чугуноплавильной печью и рафинировочной печью; и

фиг. 12 представляет собой вертикальную проекцию концевой части печи по фиг. 1 и также показывает ее крышу при применении в качестве рафинировочной печи, показывая распределение газа в ней и ширину ванны жидкого металла, не покрытого шихтой.

Подробное описание сущности изобретения

Первый вариант реализации изобретения.

Первый вариант реализации печи 1 в соответствии с изобретением показан на фиг. 1 и 2 без огнеупорного материала и вспомогательного оборудования в целях ясности. Печь 1 содержит наклонный фундамент 2 с двумя противоположными торцевыми стенками 3А, 3В, передней стенкой 4А и противоположной задней стенкой 4В. Стенки 3, 4 продолжаются от фундамента 2, образуя под 5. Двухконтурный индукционный нагреватель 6 закреплен на основании печи 1 и сообщается с подом 5 через отверстие 7 в фундаменте печи 2.

Фундамент печи 2 включает наклонный фундамент 8, который проходит между передней и задней стенками 4А, 4В печи 1. Задняя стенка 4В не показана в целях ясности, но продолжается вверх от задней части печи 1 в заднем торце 2В фундамента 2. Наклонный фундамент 2 продолжается от задней части печи 4В вниз к передней стенке 4А и заканчивается в практически горизонтальной секции 8, смежной с передней стенкой 4А.

Передняя стенка 4А продолжается вверх от горизонтальной секции 8 фундамента 2 и наклонена в сторону пода 5 на угол, составляющий около 10° от вертикали.

Передняя стенка 4А состоит из нижней секции 12 и верхней секции 13. Нижняя секция 12 продолжается в под 5 дальше, чем верхняя секция 13, и нижняя секция 12 заканчивается в верхнем крае 14, прилегающая к верхней секции 13.

Отверстие 7 расположено ниже горизонтальной секции 8 фундамента 2 и содержит центральный проход вниз 9, служащий входом в индукционный нагреватель 6. Вход в проход вниз 9 расположен в пределах углубленной части 11 в горизонтальной секции 8 фундамента 2.

Отверстие 7 также содержит два боковых прохода вверх 10А, 10В по противоположным сторонам от центрального прохода 9, служащих выходами из индукционного нагревателя 6. Каждый из проходов вверх 10А, 10В имеет выход в фундаменте в месте, примыкающем к основанию нижней секции передней стенки 12. Нижняя секция передней стенки 12 оборудована вертикальным прорезом 15А, 15В, идущим вверх над каждым из проходов вверх 10А, 10В через нее и выходящим на верхний край 14 нижней секции 12.

Выходы проходов вверх 10А, 10В расположены ниже вертикальных прорезов 15А, 15В в передней стенке 4А, тогда как вход 9 расположен в горизонтальной секции 8 фундамента 2. Выходы 10А, 10В, таким образом, размещены так, чтобы направлять поток нагретого металла вверх вдоль границы с передней стенкой 4А, тогда как вход 9 смещен так, чтобы обеспечивать поступление металла со дна ванны жидкого металла и, в частности, металла, находящегося в углубленной части 11 горизонтальной секции 8 фундамента 2.

Во время работы жидкий металл нагревается в каналах индукционного нагревателя 6 вследствие электросопротивления потоку электромагнитно индуцированного электрического тока в этих каналах. Более холодный металл попадает в центральный канал через центральный проход вниз 9, поступающий со дна ванны жидкого металла, тогда как нагретый металл выходит через два внешних канала через внешние проходы вверх отверстия 10А, 10В. Это является хорошо известной технологией, которая не требует дополнительного объяснения.

Выходы 10А, 10В расположены в центральной стенке 4А для гарантии, что нагретый металл, выходящий из выходов 10А, 10В, будет течь вверх в контакте с передней стенкой 4А. Нагретый металл продолжает течь 15 в вертикальных прорезах 15А, 15В в передней стенке 4А, чтобы выйти к верхнему краю 14 нижней секции 12.

Мениск 17 ванны жидкого металла функционально поддерживают выше верхнего края 14 нижней секции 12, это означает, что нагретый металл направляется вверх в прорезах 15А, 15В вдоль передней стенки 4А к нижней части мениска 17. Когда относительно диффузные струи 16 сталкиваются с мениском 17 с нижней стороны, поток распространяется в противоположную сторону от и вдоль верхней части передней стенки 4А.

При расположении большого количества меньших индукторов вдоль относительно очень длинной печи, причем все выходы их проходов вверх расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, контролируемый и даже плавящийся металл может распространяться на большие расстояния. Внутренний угол передней стенки 4А влияет на степень диффузии распространения и стабильность струй 16 перед достижением мениска 17.

Внутренний угол передней стенки 4А и применение прорезов 15А, 15В снижает отклонение струй 16А, 16В путем закручивания потоков металла в ванне, что в ином случае оказывало бы отрицательное влияние на характеристики плавления в поде. Эффектом такого расположения является стабильность характеристик потоков со сниженной вероятностью возвращения нагретого металла в индукционный нагреватель 6.

Целью является конструирование печи для подвода тепла при низкой интенсивности (кВт/м длины печи) и одинаковая гарантия расплавления даже шихтового материала и, таким образом, максимизация возможности переноса тепла сгорания к верхней поверхности предназначенного для плавления материала. Этого достигают путем применения индукционных нагревателей меньших размеров, каждый из которых имеет лучший коэффициент мощности, в противоположность традиционному более крупному индукционному нагревателю, что обеспечивает более экономически эффективную работу.

Также это делает возможным и экономически осуществимым конструирование печи большего объема, в которой значительно увеличена длина торцевых стенок. Это обеспечивает удлиненную горизонтальную секцию фундамента, в которую встроены ряд индукционных нагревателей, расположенных бок о бок. Затем каждый из этих индукционных нагревателей будет соответствовать предопределенной длине печи, как правило, составляющей около 3 м. Расстояние между двумя выходами каждого индукционного нагревателя составляет около 1,5 м, а каждый выход имеет длину около 1,5 м.

Второй вариант реализации изобретения.

Второй вариант реализации печи 50 в соответствии с изобретением показан на фиг. 3. Эта печь 50 сходна с печью 1 по первому варианту реализации изобретения, показанному на фиг. 1 и 2, с добавлением первого варианта реализации копильника 60. Печь 50 содержит наклонный фундамент 71, две противоположные торцевые стенки 72А, 72В, переднюю стенку 73А и противоположную заднюю стенку 73В. Стенки 72, 73 продолжают от фундамента 71, образуя под 74. Наклонный фундамент 71 продолжается от задней стенки 73В вниз к передней стенке 73А и заканчивается в практически горизонтальной секции 75, смежной с передней стенкой 73А.

Передняя стенка 73А продолжается вверх от горизонтальной секции 75 фундамента 71 и наклонена в сторону пода 74 на угол, составляющий около 10° от вертикали.

Передняя стенка 73А состоит из нижней секции 76 и верхней секции 77. Нижняя секция 76 продолжается в под 74 дальше, чем верхняя секция 77, и нижняя секция 76 заканчивается в верхнем крае 78, прилегая к верхней секции 77.

Печь 50 содержит двухконтурный индукционный нагреватель 79, закрепленный на основании печи 50, который сообщается с подом 74 через отверстие 80 под горизонтальной секцией 75 фундамента печи 71. Отверстие 80 содержит центральный входной проход 9, служащий входом в индукционный нагреватель 79. Вход в проход вниз 53 расположен в пределах углубленной части в горизонтальной секции 75 фундамента печи 71.

Отверстие 80 также включает два пространственно разделенных выходных прохода 54А, 54В, расположенных на противоположных сторонах входного прохода 53. Каждый выходной проход 54 содержит первую вертикальную 56А, 56В секцию, которая расположена практически вертикально и направлена практически параллельно с входным проходом 53. Каждая первая секция 56А, 56В переходит в наклонную вторую секцию 57А, 57В, которая направлена вверх и в направлении, противоположном печи 50. Каждая из этих вторых секций 57А, 57В выходных проходов 54А, 54В отдельно выходит на фундамент 61 копильника 60. Копильник 60 расположен впритык к передней стенке 58А печи 50. Копильник 60 состоит из фундамента 61 со стенками 62, продолжающимися вверх вокруг него, образующими под 63 копильника 60.

Копильник 60 также оборудован двумя выходными проходами 64А, 64В в фундаменте 61, каждый из которых продолжается вниз от копильника 60 и направлен к печи 50, изгибаясь в месте, ниже передней стенки 58А печи 50 так, чтобы каждый соответствующий поток вливался в прорез 59А, 59В, образованный в нижней секции 76 передней стенки 58А, который выходит на верхний край 78 нижней секции 76.

Каждая из вторых секций 57А, 57В выходного прохода 54А, 54В из индукционного нагревателя 79 разветвляется в другой проход 81А, 81В перед тем, как она достигает копильника 60. Каждый из этих проходов 81А, 81В соединен с соответствующим выходным проходом 59А, 59В из копильника 60 в своем конце печи 50 и входит наряду с таким выходным проходом 59А, 59В копильника 60 в соответствующий прорез 59А, 59В в нижней секции 76 передней стенки 58А печи 50.

При применении под 63 печи 50 заполняется жидким металлом, который циркулирует через индукционный нагреватель 79 для нагрева. Более холодный металл попадает в канал 55 через центральный входной проход 53. Нагретый металл вытекает из канала 55 в под 63 и в копильник 60 через выходные проходы 54А, 54В.

При выключении питания на любой стадии не происходит движения металла в проходах 53, 54А, 54В. При включении питания происходит обмен теплом между каналом 55 и металлом в концах проходов 53, 54А, 54В, где они соединяются с каналом 55. Так как в более крупном входном проходе 53 содержится больший объем металла, требуется больше тепла для нагрева металла во входном проходе 53,

чем требуется для нагрева металла в меньших выходных проходах 54А, 54В. На определенной стадии металл в выходных проходах 54А, 54В достигает более высокой температуры, чем металл во входном проходе 53. Плотность металла в общем случае снижается при повышении его температуры. Большая плотность металла во входном проходе 53 приводит к перемещению металла через контур канала 55 к выходным проходам 54А, 54В. Изначально скорость потока является очень низкой, но после начала движения этот эффект повышается за счет холодного металла, поступающего во входной проход 53, нагреваемого в канале 55 и проходящего в выходные проходы 54А, 54В.

Имея отдельные входные 53 и выходные 54А, 54В проходы, можно направлять поток металла из выходных проходов 54А, 54В. В частности, можно направлять поток нагретого металла в сторону, противоположную входному проходу 53, во избежание короткого замыкания потока металла. В традиционной двухконтурной печи с индукционным нагревом возможно и обычно ожидаемо короткое замыкание при низком уровне ванны в копильнике 63. Это может приводить к локальному перегреву с хорошо известными негативными последствиями.

Направляя поток нагретого металла в сторону, противоположную входу 53, можно избежать короткого замыкания даже при очень низких уровнях ванны.

Как указано выше, нагретый металл, который вытекает из канала 55 индукционного нагревателя, разделяется на два для достижения пода 63, во-первых, через проходы 57А, 57В в копильник 60 и, во-вторых, через прямые проходы 81А, 81В в под 63. Нагретый металл, который втекает в копильник 60, собирается в копильнике 60 до такого же уровня, что и в печи 50. Это происходит потому, что под печи 63 и копильник 60 соединены и находятся при атмосферном давлении, что обеспечивает выравнивание уровней. Копильник 60 оборудован закрываемым сливом от переполнения в одной из боковых стенок 62, который применяется для слива не содержащего шлак нагретого жидкого металла из копильника 60 и, таким образом, в сущности, из печи 50. Металл практически не содержит шлак, так как он попадает во входной проход 53 индукционного нагревателя 79 со дна пода 63, где присутствует наименьшее количество шлака. Включение шлака в металле минимизируется благодаря устойчивым условиям работы в поде 63, что позволяет избегать принудительных действий и реакций в поде и обеспечивает возможность всплывания шлака на поверхность ванны жидкого металла в поде 63.

Преимущество слива практически не содержащего шлак металла из печи 50 является существенным и очевидным специалистам в данной области техники.

Третий вариант реализации изобретения.

Третий вариант реализации индукционной печи 20 в соответствии с изобретением показан на фиг. 4 и 5, снова без огнеупорного материала и вспомогательного оборудования в целях ясности. Этот третий вариант реализации включает одноконтурную печь с индукционным нагревом 20, которая содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом (не показан), и имеет наклонный фундамент 21 с двумя противоположными торцевыми стенками 22А, 22В, передней стенкой 23А и противоположной задней стенкой 23В. Стенки продолжают от фундамента 21, образуя под 29.

Наклонный фундамент 21 продолжается от задней стенки 23В вниз к передней стенке 23А и заканчивается в практически горизонтальной секции 30, смежной с передней стенкой 23А.

Передняя стенка 23А продолжается вверх от горизонтальной секции 30 фундамента 21 и наклонена в сторону пода 29 на угол, составляющий около 10° от вертикали.

Передняя стенка 23А состоит из нижней секции 31 и верхней секции 32. Нижняя секция 31 продолжается в под 29 дальше, чем верхняя секция 32, и нижняя секция 31 заканчивается в верхнем крае 33, прилегая к верхней секции 32.

Печь 20 содержит по меньшей мере один связанный с ней одноконтурный индукционный нагреватель канального типа 24, причем этот индукционный нагреватель 24 находится в сообщении по текучей среде с подом 29 посредством отверстия 25 в фундаменте 21. Отверстие 25 расположено ниже горизонтальной секции 30 фундамента 21.

Отверстие 25 содержит два прохода отверстия 26, 27, каждый из которых сообщается с каналом 28 индукционного нагревателя. Проходы отверстия 26, 27 включают входной проход 26 для протекания металла из пода 23 в канал 28 индукционного нагревателя и выходной проход 27 для протекания металла из канала 28 индукционного нагревателя в под 29, при этом входной проход 26 имеет большую площадь поперечного сечения, чем выходной проход 27.

Специалисту в данной области техники понятно, что канал 28 и части проходов 26, 27, которые проходят под печью, выполнены в объеме огнеупорного материала. В целях ясности этот огнеупорный материал под печью 20 не показан на графических материалах.

Как было указано, отверстие содержит два прохода, а именно входной проход 26 и выходной проход 27. Входной проход 26 начинается на уровне фундамента 21 в поде и продолжается практически вертикально вниз от фундамента к каналу 28, с которым он тангенциально соединен. Выходной проход 27 продолжается от канала 28, также тангенциально, и заканчивается в углубленной части нижней секции передней стенки 31.

Она имеет первую секцию 34, которая расположена практически вертикально и направлена практически параллельно с входным проходом 26. Первая секция 34 переходит в наклонную вторую секцию 35,

которая направлена вверх и в сторону, противоположную печи 20. Эта вторая секция 35 выходного прохода выходит на фундамент 41 копильника 40, который расположен впритык к передней стенке 23А печи 20. Копильник 40 состоит из фундамента 41 со стенками 42, продолжающимися вверх вокруг него и образующими под 43 копильника 40.

Копильник 40 также оборудован выходным проходом 44 в фундаменте 41, который продолжается вниз от копильника 40 и направлен к печи, изгибаясь в месте, ниже передней стенки 23А печи 20 так, чтобы поток вливался в прорез 36, образованный в нижней секции 31 передней стенки 23А, который выходит на верхний край 33 нижней секции 31.

Вторая секция 35 выходного прохода 27 из индукционного нагревателя 28 разветвляется в другой проход 37 перед тем, как она достигает копильника 40. Этот проход 37 соединен с выходным проходом 44 из копильника 40 и входит наряду с выходным проходом 44 копильника 40 в прорез 37 в нижней секции 31 передней стенки 23А печи 20.

Во время работы под 29 печи 20 заполняется жидким металлом, который циркулирует через индукционный нагреватель 24 для нагрева. Более холодный металл попадает в канал 28 через входной проход 26. Нагретый металл вытекает из канала 28 в под 29 и в копильник 40 через выходной проход 27.

При выключении питания на любой стадии не происходит движения металла в проходах 26, 27. При включении питания происходит обмен теплом между каналом 28 и металлом в концах проходов 26, 27, где они соединяются с каналом 28. Так как в более крупном входном проходе 26 содержится больший объем металла, требуется больше тепла для нагрева металла во входном проходе 26, чем требуется для нагрева металла в меньшем выходном проходе 27. На определенной стадии металл в выходном проходе 27 достигает более высокой температуры, чем металл во входном проходе 26. Плотность металла в общем случае снижается при повышении его температуры. Большая плотность металла во входном проходе 26 приводит к перемещению металла через контур канала 28 к выходному проходу 27. Изначально скорость потока является очень низкой, но после начала движения этот эффект повышается за счет холодного металла, поступающего во входной проход 26, нагреваемого в канале 28 и проходящего в выходной проход 27.

Имея отдельные входной 26 и выходной 27 проходы, можно направлять поток металла из выходного прохода 27. В частности, можно направлять поток нагретого металла в сторону, противоположную входному проходу 26, во избежание короткого замыкания потока металла. В традиционной одноконтурной печи с индукционным нагревом возможно и обычно ожидаемо короткое замыкание при низком уровне ванны в копильнике 29. Это может приводить к локальному перегреву с хорошо известными негативными последствиями.

Направляя поток нагретого металла в сторону, противоположную входу 26, можно избежать короткого замыкания даже при очень низких уровнях ванны.

Как указано выше, нагретый металл, который вытекает из канала 28 индукционного нагревателя, разделяется на два для достижения пода 29, во-первых, через проход 35 в копильник 40 и, во-вторых, через прямой проход 37 в под 29. Нагретый металл, который втекает в копильник 40, собирается в копильнике 40 до такого же уровня, что и в печи 20. Это происходит потому, что под печи 29 и копильник 40 соединены и находятся при атмосферном давлении, что обеспечивает выравнивание уровней.

Копильник 40 оборудован закрываемым сливом от переполнения в одной из боковых стенок 42, который применяется для слива не содержащего шлак нагретого жидкого металла из копильника 40 и, таким образом, по сути, из печи 20. Металл практически не содержит шлак, так как он попадает во входной проход 26 индукционного нагревателя со дна пода 29, где присутствует наименьшее количество шлака. Включение шлака в металл минимизируется благодаря устойчивым условиям работы в поде 29, что позволяет избегать принудительных действий и реакций в поде и обеспечивает возможность всплывания шлака на поверхность ванны жидкого металла в поде 29.

Преимущество слива практически не содержащего шлак металла из печи 20 является существенным и очевидным специалистам в данной области техники.

Четвертый вариант реализации изобретения.

Четвертый вариант реализации печи с индукционным нагревом 90 в соответствии с изобретением показан на фиг. 6. Эта печь 90 снова показана без огнеупорного материала и вспомогательного оборудования в целях ясности. Этот четвертый вариант реализации включает одноконтурную печь с индукционным нагревом 90, которая содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом (не показан), и имеет наклонный фундамент 91 с двумя противоположными концевыми стенками 92А, 92В, передней стенкой 93А и противоположной задней стенкой 93В. Стенки продолжаются от фундамента 91, образуя под 99.

Наклонный фундамент 91 продолжается от задней стенки 93В вниз к передней стенке 93А и заканчивается в практически горизонтальной секции 100, смежной с передней стенкой 93А.

Передняя стенка 93А продолжается вверх от горизонтальной секции 100 фундамента 91 и наклонена в сторону пода 99 на угол, составляющий около 10° от вертикали.

Передняя стенка 93А оборудована порталом 101, который ведет к каналу 102, ограниченному боковой 103 и торцевой стенками 104. Канал 102 продолжается в сторону, противоположную передней стенке

93А печи 90. Канал 102 имеет глубину, при которой его дно расположено ниже рабочего уровня шлака ванны жидкого металла в печи 90. Это означает, что шлак может затекать в канал 102 до его дальней торцевой стенки 104. Канал 102 также оборудован сливом от переполнения в боковой 103 или торцевой стенке 104, с высотой, которая позволяет вытекать из него только шлаку. Это обеспечивает печь выходом для шлака.

Печь 90 содержит по меньшей мере один связанный с ней одноконтурный индукционный нагреватель канального типа 94, причем этот индукционный нагреватель 94 находится в сообщении по текучей среде с подом 99 посредством отверстия 95 в фундаменте 91. Отверстие 95 расположено ниже горизонтальной секции 100 фундамента 91. Отверстие 95 содержит один проход отверстия 96, который находится в сообщении по текучей среде с каналом индукционного нагревателя 98, который содержит входной проход для протекания металла из пода 93 в канал 98 индукционного нагревателя.

Центральная ось индукционного нагревателя 94 в этом варианте реализации изобретения ориентирована параллельно передней стенке 93А печи 90, что выравнивает кольцевой канал 98 с наклонным фундаментом 91, если смотреть со стороны задней стенки 93В в направлении передней стенки 93А. В этом и состоит различие с вариантом реализации одноконтурного индукционного нагревателя 25 печи 20, показанным на фиг. 4 и 5. В этом варианте реализации изобретения канал 98 также расположен ниже пода 99, но не расположен под печью 90. Входной проход 96 проходит непосредственно под печью 90 в области ее передней стенки 93А и тангенциально соединяет канал 98 со стороны, наиболее близкой к печи 90.

Канал 98 оборудован выходным проходом 97, который продолжается вертикально от верхней части канала 98. Этот выходной проход 97 продолжается вертикально вверх под каналом 102, а затем сворачивает в сторону, противоположную печи 90, и проходит под каналом 102, чтобы свернуть вверх вблизи дальнего конца 104 канала 102, где он проходит вверх в нижнюю часть канала 102. Следовательно, выходной проход 97 подает нагретый жидкий металл в нижнюю часть канала 102 в его дальнем конце 104, откуда он вытекает в под через портал 101 в передней стенке 93В печи 90.

Следовательно, шлак, который вытекает из пода 99 в канал 102, течет в противотоке с нагретым жидким металлом, который вытекает из индукционного нагревателя 94, через канал 102 в под 99. Это позволяет каплям металла, содержащимся в шлаке, проходить через шлак в поток нагретого жидкого металла под ним, чтобы вернуться в печь 90. Печь 90 оборудована отдельной системой слива, которая производит слив жидкого металла ниже линии шлака, что позволяет сливать практически не содержащий шлак металл из печи.

Специалисту в данной области техники понятно, что канал 98 и части прохода 96, которые проходят под печью 90, выполнены в объеме огнеупорного материала. В целях ясности этот огнеупорный материал под печью 90 не показан на графических материалах.

Пятый вариант реализации изобретения.

Пятый вариант реализации изобретения показан на фиг. 7, а его детали - на фиг. 8. Этот вариант реализации изобретения включает сталеплавильный аппарат 110, который содержит чугуноплавильную печь 111 и рафинировочную печь 112.

Чугуноплавильная печь 111 включает печь 113, сходную с печью по первому варианту реализации изобретения 1, показанной на фиг. 1 и 2, при этом печь 113 оборудована рядом из 6 пространственно разделенных двухконтурных индукционных нагревателей 114А-Ф, каждый из которых сообщается с подом 115 через отверстие 116 в фундаменте печи 117.

Во время работы и после образования ванны жидкого чугуна в поде печи 113 получают жидкий чугун из сырой шихты железной руды 113, используя, например, процесс, описанный в любой из патентных заявок РСТ/В2012/050938, РСТ/В2014/064801 и ЗА2013/07212, или плавят чушковый чугун и/или скрап в надлежащим образом сконструированной печи.

Чугуноплавильная печь 111 содержит в одном конце 118 копильник 119, продолжающийся от индукционного нагревателя 114Ф, расположенного в этом конце 118. Эта конструкция сходна по устройству со вторым вариантом реализации печи 50 и копильника 60, показанным на фиг. 3.

Копильник 119 в этом пятом варианте реализации изобретения состоит из фундамента 124 со стенками 125, продолжающимися вверх вокруг него и образующими под 126 копильника 119.

Копильник 119 находится в сообщении по текучей среде с двухконтурным индукционным нагревателем 114Ф посредством удлинения 120 выходных проходов 121 из канала индукционного нагревателя 122. Каждый из них отдельно выходит на фундамент 124 копильника 119. Копильник 119 расположен впритык к передней стенке 123 печи 111.

Копильник 119 также оборудован выходными проходами 127 в фундаменте 124, которые идут вниз от копильника 119 и каждый направлен к чугуноплавильной печи 111, изгибаясь в месте, ниже передней стенки 123 печи 111 так, чтобы каждый соответствующий поток вливался в прорез не показан, образованный в нижней секции не показана передней стенки 123, который выходит на верхний край не показан нижней секции не показана.

Копильник 119 со стороны, удаленной от чугуноплавильной печи 111, переходит в желоб 128, который содержит наклоненный вверх фундамент 129, который поднимается к переливному проходу 130,

который соединяет копильник 119 со сталеплавильной печью 112. Копильник с переливным проходом 130 действует как так называемая система типа заварочного чайника для переноса жидкого чугуна в рафинировочную печь 112, которая представляет собой емкость для обезуглероживания или рафинирования. Переливной проход 130 закрывается посредством глиняной пробки 135.

В рафинировочной печи 112 жидкий чугун проходит рафинирование посредством обезуглероживания для получения жидкой стали 14. Сталеплавильная или рафинировочная печь 112 содержит ряд из четырех или любого подходящего числа электрических двухконтурных индукционных нагревателей 131A-D, каждый из которых сообщается с подом 133 посредством отверстия 132 в фундаменте печи 134 для циркуляции и нагрева жидкой стали.

Тепло необходимо для компенсации эндотермических химических реакций и охлаждающего действия холодных потоков и оксидов железа и для нагрева жидкого чугуна от температур между около 1300 до 1400°C до температур стали между около 1480 и 1550°C, в зависимости от необходимого сорта стали и требований литья.

Рафинировочная печь 112 оборудована средствами (не показаны) для удаления шлака, содержащего фосфор, примеси серы, кремний, известь и оксид железа.

Из рафинировочной печи 112 металл снова переносится посредством другой системы типа заварочного чайника (не показана) в систему для литья, которая может включать камеру для легирования (не показана), для дополнительного химического рафинирования и температурного контроля жидкой стали перед разливом ее в литейную форму.

Значительная разница в высоте между чугуноплавильной печью 111 и рафинировочной печью 112 отсутствует.

Общая площадь поверхности жидкого металла в печах 111, 112 большая по сравнению с традиционной технологией, что приводит к очень медленным изменениям в высоте во время работы в случае наличия несовпадения между скоростью плавления и литья. Если скорость литья ниже скорости плавления, уровень можно контролировать, сливая чугун из чугуноплавильной печи 111 посредством дополнительных выпускных желобов (не показаны) для получения чушкового чугуна. Если скорость литья нельзя снизить, чтобы компенсировать недостаточное производство чугуна, в рафинировочную печь 112 можно добавлять стальной или чугунный скрап.

Перемешивание в чугуноплавильной печи 111 и в рафинировочной печи 112 обеспечивается канальным индуктором 114, 131 и системами отверстия 116, 132. Небольшие количества шлака образуются в камере для легирования (не показана), которые удаляют вручную или путем механического сбора (не показано).

Легирование и температурный контроль осуществляют, используя традиционные методики.

Рафинирование проводят, подавая кислород в форме железной руды или вторичной окалины. Энергию, необходимую для снижения содержания оксида железа, обеспечивают с помощью канальных индукционных нагревателей 131. Удаление фосфора лучше проводить при более низких температурах, высоким кислородном потенциале, образовании основного шлака и эффективном контакте шлака с металлом. Все эти условия идеально достигаются в рафинировочной печи 112 без риска захвата азота.

Традиционное преобразование чугуна в сталь путем продувки газообразным кислородом приводит к удалению углерода и кремния из чугуна. Дополнительный кислород необходим для повышения содержания железа в шлаке, что отрицательно влияет на выход стали из заданного доступного количества чугуна. Для получения правильного уровня оксида железа в шлаке в традиционных процессах проводят окисление дорогостоящего Fe в жидкой чугуновой шихте. Суммарный эффект состоит в том, что традиционно можно ожидать выход (жидкой стали из жидкого чугуна), составляющий около 94%.

При обработке в соответствии с изобретением углерод в расплаве эффективно замещается Fe из руды. Фактически не проводят никакого окисления железа, содержащегося в жидкой шихте, а применяя представленный процесс, можно достичь выход в 106%. Дорогостоящее Fe, содержащееся в жидком чугуне, замещают недорогостоящим Fe, содержащимся в железной руде, и минимизируют потери. В представленном процессе недорогостоящий оксид железа получают из руды, а дополнительный углерод, присутствующий в жидком чугуне, снижает содержание Fe из руды или шлака, тем самым повышая массу жидкого металла.

Обезуглероживание газообразным кислородом, применяемое в традиционных процессах, приводит к испарению Fe в точке контакта струи кислорода с металлом. Это имеет вид красного дыма. Отходящий газ необходимо промывать водой для удаления оксида железа, что приводит к высокому потреблению воды и необходимости утилизации осадка. В таком случае газ может быть очищен и пригоден для восстановления в виде топлива. Максимальный объем отходящего газа образуется за короткие периоды времени (менее 25% календарного времени), что требует больших вытяжных вентиляторов, водных насосов, труб, трубопроводов и электродвигателей, которые все время потребляют энергию.

Так как уровни металла и шлака не изменяются со временем более чем на около 50 мм, применяют водоохлаждаемые медные элементы для охлаждения небольшой секции футеровки вдоль линии шлака. Это гарантирует исключительно долгий срок эксплуатации футеровки во всех емкостях. Таким образом формируют так называемую замороженную футеровку.

Таким образом, и применяя эту конфигурацию чугуноплавильной печи 111 и рафинировочной печи 112, можно получать жидкую сталь очень эффективным и контролируемым способом.

Печи 111, 112, показанные на фиг. 7 и 8, не расположены в линии - две печи 111, 112 находятся фундамент углом около 90° по отношению друг к другу на стыке, образуемом системой переноса типа заварочного чайника 128. Угол 90° образуется, если взять систему переноса 128 в правом углу последнего индукционного нагревателя 114F и снова поместить ее в правый угол в боковой стороне рафинировочной печи 112.

Шестой вариант реализации изобретения.

Как показано в рамках шестого варианта реализации сталеплавильного аппарата 140 на фиг. 9-11, можно расположить чугуноплавильную печь 141 и рафинировочную печь 142 в конфигурации такого типа на прямой линии, причем жидкий чугун переносится через систему переноса типа заварочного чайника 143 от чугуноплавильной печи 141 к рафинировочной печи 142.

В этом варианте реализации изобретения 140 чугуноплавильная печь оборудована пятью двухконтурными индукционными нагревателями 144A-E и одним одноконтурным индукционным нагревателем 145. Одноконтурный индукционный нагреватель 145 содержит копильник 148, сходный с описанным в третьем варианте реализации изобретения, показанном на фиг. 5, с разницей в том, что индукционный нагреватель расположен в торце 146 чугуноплавильной печи, что помещает канал индукционного нагревателя 147 за торцом 146 печи 141.

В копильник 148 поступает нагретый жидкий металл (в данном случае - жидкий чугун) из канала индукционного нагревателя 147 через жёлоб 149, который входит в основание 150 копильника 148. Копильник 148 также оборудован выходом 151, который выходит из его основания 150 до уровня ниже торца стенки печи 146, для подачи в под печи 152. Таким образом, практически не содержащий шлак нагретый жидкий чугун проходит от индукционного нагревателя 145 через копильник 148 к поду чугуноплавильной печи 152.

Копильник 148 также содержит вблизи своей верхней части переливной проход 153, который соединяет копильник 148 с рафинировочной печью 142. В этом варианте реализации изобретения копильник 148 присоединен в правом углу боковой стороны 146 чугуноплавильной печи 141 и соединен посредством переливного прохода 153 в правом углу рафинировочной печи 142. Это ставит чугуноплавильную печь 141 и рафинировочную печь 142 в прямую линию. Конечно, можно изменить это прямолинейное соединение на соединение под углом путем изменения угла, под которым копильник присоединен к чугуноплавильной печи 141 или рафинировочной печи 142.

Что более важно, эта конфигурация означает, что копильник 148 получает и содержит практически не содержащий шлак и недавно нагретый жидкий чугун из одноконтурного индукционного нагревателя 145. Это означает, что жидкий чугун является чистым, а его температура очень стабильной, что обеспечивает стабильную высококачественную подачу в рафинировочную печь 142.

Общие сведения

Финальный аспект изобретения показан на фиг. 12, на которой приведен вид в разрезе торца печи 160 в соответствии с первым вариантом реализации изобретения, показанным на фиг. 1 и 2, при применении в качестве рафинировочной печи.

Шихта загружается со стороны задней стенки 162 на наклонный фундамент 163 и частично находится на нем, а частично плавает на поверхности ванны жидкого металла 164. В случае рафинировочной печи существует широкая часть ванны жидкого металла, которая не покрыта шихтой. Фундамент 163 функционально прикрыт защитным шлаком 177, образующимся на нем.

Верхняя поверхность загруженного материала оказывается в "камере сгорания" 165, образуемой под крышей 166 печи 160, тем самым снижая электроэнергию, необходимую для нагрева, химических реакций и плавки.

Ряд пространственно разделенных индукционных нагревателей 167 вдоль передней стенки 168 делает переднюю стенку 168 фактически "теплой стенкой", а это предотвращает образование материалом, загруженным в печь 160 со стороны задней стенки 162, мостика между задней стенкой 162 и передней стенкой 168, чего следует избегать для предотвращения развития нестабильных рабочих условий.

Твердая шихта состоит из рудной сыпи, флюса и небольшого количества угля для восстановления Fe_2O_3 и Fe_3O_4 до, главным образом, FeO . Тепло, генерируемое при сгорании монооксида углерода (CO), образуемого на поверхности раздела металл-шлак 169, барботируется 174 через шлак 170, и это используют для того, чтобы помочь запустить эндотермическую реакцию обезуглероживания и расплавить богатый FeO шлак на поверхности 171 отвала материала. Расплавленный богатый FeO стекает по поверхности 171 отвала, чтобы влиться в слой шлака 170 на поверхности металла 169.

Горячий воздух и кислород 172 накачивают в печь 160 вдоль поверхности уровня шлака 170, чтобы поднять его над поверхностью 171 материала, находящегося на наклонном фундаменте 163. Отработанный газ 173 циркулирует внутри камеры сгорания 165 и соединяется с горячим воздухом и кислородом 172 и CO 174, чтобы умерить температуру пламени и предотвратить образование NO_x . Отработанный газ, также известный как отходящий газ, в конечном итоге находит свой путь, циркулируя по спирали

вдоль печи 160, к отверстиям для отработанных продуктов 176 в торцевых стенках 175. Отходящий газ проходит через теплообменник (не показан), чтобы нагреть воздух, используемый в печи 160.

Как указано выше, фиг. 12 относится к рафинировочной печи 160. Если печь по варианту реализации изобретения, показанному на фиг. 1 и 2, применяют для плавления чугуна, характеристики потока газа являются сходными, но распределение шихты в поде отличается. Как показано на фиг. 7 и 9, шихта 178, 179 в чугуноплавильных печах 111, 141 покрывает практически всю ванну жидкого металла, оставляя непокрытой только небольшую часть ванны 180, 181. Это по сравнению с намного большей площадью ванны жидкого металла 182, 183, которая остается непокрытой в рафинировочных печах 112, 142 шихтой 184, 185.

Причиной этого является то, что практически не происходит выделение газа с поверхности жидкого металла в чугуноплавильных печах 111, 141, тогда как в рафинировочных печах 112, 142 происходит значительное выделение газа с поверхности жидкого металла.

Следует понимать, что вышеописанные варианты реализации не ограничивают объем изобретения, и в варианты реализации можно вносить изменения, не отступая от объема изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Индукционная печь канального типа, содержащая оболочку, футерованную огнеупорным материалом, и имеющая фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента для образования пода, по меньшей мере один индукционный нагреватель, связанный с печью и сообщающийся с подом посредством отверстия в фундаменте, причем отверстие содержит проходы отверстия, включающие проход вниз, служащий входом в индукционный нагреватель, и по меньшей мере один проход вверх, служащий выходом из индукционного нагревателя, при этом проходы отверстия имеют комплементарную форму и выполнены с возможностью соединения с каналами индукционного нагревателя, и каждый проход находится в сообщении по текучей среде с комплементарным каналом соответствующей формы и размера,

при этом фундамент печи наклонен вниз от функциональной задней части пода в направлении, противоположном функциональной передней части пода;

при этом стенка в передней части пода содержит нижнюю секцию и верхнюю секцию, образующие переднюю стенку, причем нижняя секция передней стенки продолжается в под дальше, чем верхняя секция передней стенки, и нижняя секция передней стенки заканчивается в верхнем крае, прилегая к верхней секции передней стенки;

при этом проход вниз имеет вход в фундаменте, расположенный вблизи основания передней стенки;

при этом один или каждый из проходов вверх имеет выход в фундаменте в месте, прилегающем к основанию нижней секции передней стенки, причем нижняя секция передней стенки оборудована вертикальным прорезом, идущим вверх над одним или каждым из проходов вверх через нее и выходящим на верхний край нижней секции; и

при этом индукционный нагреватель расположен вблизи передней стенки.

2. Печь по п.1, в которой фундамент оборудован ямой вблизи основания нижней секции передней стенки, а вход для прохода вниз расположен в яме.

3. Печь по п.2, в которой стенка состоит из передней стенки, противоположной задней стенки, образующей заднюю часть пода, и двух противоположных торцевых стенок; при этом торцевая стенка проходит между каждым из противоположных торцов передней стенки и задней стенки.

4. Печь по любому из пп.1-3, которая содержит двухконтурную индукционную печь канального типа, причем ее отверстие содержит центральный проход вниз, служащий входом в индукционный нагреватель, и два прохода вверх по противоположным сторонам от центрального прохода вниз, служащих выходами из индукционного нагревателя, и при этом два выхода из проходов вверх отстоят друг от друга предпочтительно на равном расстоянии от прохода вниз.

5. Печь по любому из пп.1-4, в которой передняя стенка выполнена наклонной в сторону пода.

6. Печь по п.5, в которой передняя стенка выполнена наклонной в сторону пода под углом от около 0 до 10° от вертикали.

7. Печь по любому из пп.1-6, в которой фундамент печи содержит практически горизонтальное основание фундамента вблизи нижней секции передней стенки, предпочтительно с входом в центральный проход, расположенным в основании фундамента.

8. Печь по любому из пп.1-7, которая содержит копильник отдельно от пода печи, при этом копильник содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом, и имеет фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента для образования копильника;

при этом копильник находится в сообщении с проходом вверх индукционного нагревателя посредством проходов, сообщающихся с ним и входящих в его фундамент;

проходы копильника содержат проход вниз, служащий выходом, и проход вверх, служащий входом в копильник из одного или каждого из проходов вверх индукционного нагревателя, для функциональной подачи не содержащего шлак металла из индукционного нагревателя;

при этом проходы копильника имеют комплементарную форму и выполнены с возможностью соединения с каналами индукционного нагревателя; и

при этом копильник содержит пробку для защиты от переполнения жидким металлом.

9. Печь по п.8 в сочетании с п.4, в которой копильник содержит ряд проходов копильника, причем каждый ряд содержит проход вниз, служащий выходом, и проход вверх, служащий входом в копильник, при этом каждый ряд проходов копильника находится в сообщении по текучей среде с проходом вверх индукционного нагревателя.

10. Печь по любому из пп.1-7, которая содержит удлиненный копильник, находящийся отдельно от и продолжающийся в направлении, противоположном поду печи, при этом копильник содержит оболочку, футерованную огнеупорным материалом, и имеет фундамент со стенкой, продолжающейся от фундамента для образования копильника,

при этом копильник находится в сообщении с проходом индукционного нагревателя посредством по меньшей мере одного прохода, сообщающегося с ним и входящего в его фундамент в месте, удаленном от пода печи;

при этом копильник находится в сообщении с подом печи посредством портала, проходящего через переднюю стенку печи, предпочтительно выше верхнего края нижней секции передней стенки;

при этом копильник содержит выход для шлака, предпочтительно переливной выход, в точке, удаленной от пода печи, чтобы нагретый металл мог функционально втекать в копильник через вход, удаленный от пода печи, и из копильника в печь через портал, и чтобы шлак мог втекать из пода печи в копильник через портал в противотоке с нагретым жидким металлом, чтобы капли металла, содержащиеся в шлаке, могли проходить через шлак в поток нагретого металла ниже шлака, и чтобы шлак мог быть удален из копильника через выход для шлака.

11. Способ работы печи по п.1 для получения жидкого металла, включающий этапы подготовки шихты, содержащей металлический оксид и восстановитель, загрузки шихты в печь на наклонный фундамент печи вблизи задней стенки в рабочей задней части пода, функционального создания возможности накопления шихты на фундаменте и превращения в ванну жидкого металла для прохождения карботермического восстановления посредством излучения тепла от сжигания газов, для плавления шихты и присоединения к ванне жидкого металла, при этом источником газов является нагрев шихты и, необязательно, также топливо, предпочтительно газ, вводимое в свободное пространство над ванной жидкого металла и шихтой.

12. Способ по п.11, который включает этап введения топлива в свободное пространство над ванной жидкого металла и шихтой для сгорания и генерации тепла для восстановления шихты.

13. Сталеплавильный аппарат, содержащий чугуноплавильную печь и рафинировочную печь,

при этом чугуноплавильная печь содержит индукционную печь по п.8, оборудованную транспортным желобом для расплавленного чугуна, идущего от копильника чугуноплавильной печи к рафинировочной печи, для получения жидкого чугуна из содержащей железо шихты, удержания расплавленного чугуна в состоянии жидкой ванны в поде чугуноплавильной печи и для подачи не содержащего шлак жидкого чугуна из ванны в рафинировочную печь посредством транспортного желоба для расплавленного чугуна; и

при этом рафинировочная печь содержит индукционную печь канального типа по любому из пп.1-7, находящуюся в сообщении по текучей среде с копильником чугуноплавильной печи посредством транспортного желоба для расплавленного чугуна, для подачи жидкого чугуна из копильника чугуноплавильной печи для преобразования жидкого чугуна в жидкую сталь, для удержания расплавленной стали в состоянии жидкой ванны в поде рафинировочной печи и для подачи не содержащей шлак жидкой стали из ванны жидкой стали в контейнер для легирования посредством транспортного желоба для расплавленной стали, и при этом рафинировочная печь оборудована закрываемым выходом для слива жидкой стали из рафинировочной печи.

14. Сталеплавильный аппарат по п.13, который содержит камеру для легирования и промежуточный ковш литейной машины,

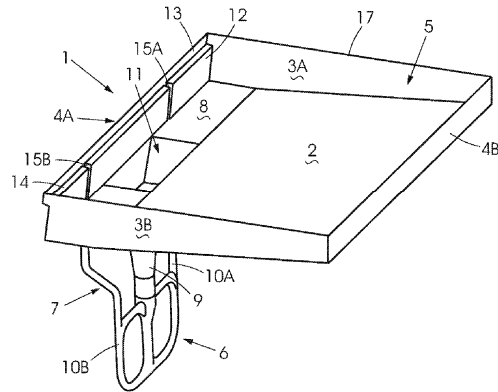
при этом камера для легирования оборудована средствами нагрева жидкой стали для подачи жидкой стали из выхода рафинировочной печи и нагрева и удерживания расплавленной стали в состоянии жидкой ванны в камере для легирования, и камера для легирования содержит средства для добавления легирующих элементов, и камера для легирования дополнительно выполнена с возможностью подачи не содержащей шлак жидкой стали в промежуточный ковш посредством транспортного желоба промежуточного ковша, проходящего ниже рабочего уровня шлака камеры для легирования к промежуточному ковшу; и

при этом промежуточный ковш выполнен с возможностью подачи жидкой стали из контейнера для легирования посредством транспортного желоба промежуточного ковша, для загрузки литейной машины, функционально связанной с промежуточным ковшем посредством выпускного литейного отверстия;

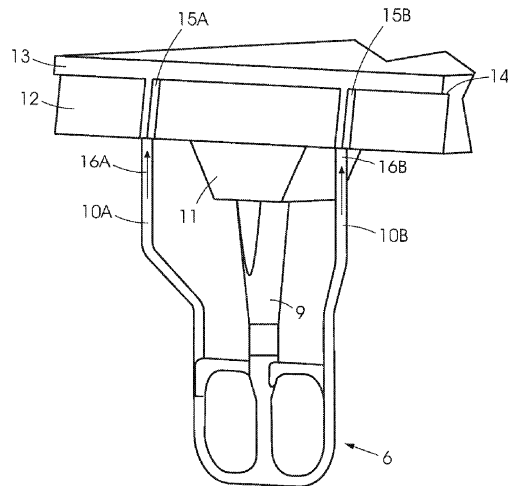
при этом сталеплавильный аппарат содержит средства контроля уровней жидкого чугуна и жидкой стали в печах в форме одного или более средств контроля скорости разлива для промежуточного ковша и по меньшей мере одного отверстия для слива жидкого чугуна из чугуноплавильной печи.

15. Сталеплавильный аппарат по п.14, в котором камера для легирования предпочтительно содержит индукционную печь по любому из пп.1-7 и камера для легирования содержит средства для перемешивания жидкой стали.

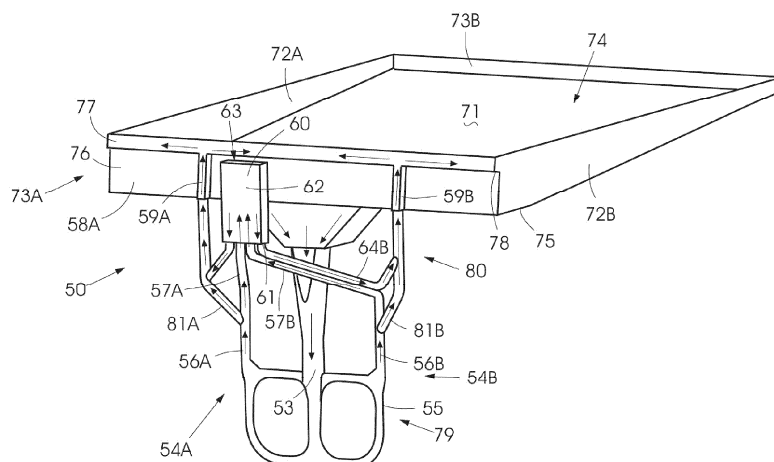
16. Сталеплавильный аппарат по любому из пп.13-15, в котором рафинировочная печь содержит грузочное отверстие для загрузки стального или чугунного скрапа.



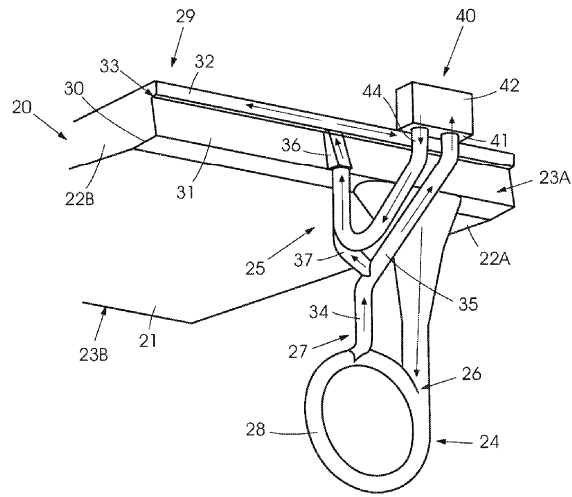
Фиг. 1



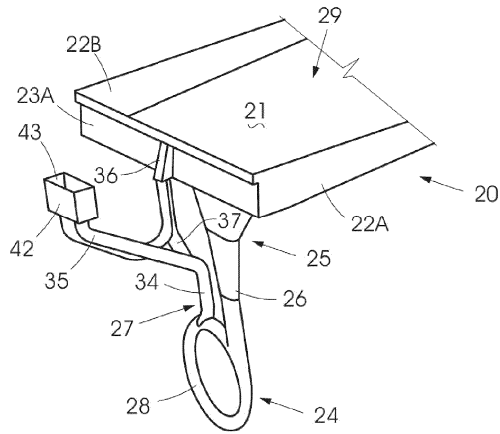
Фиг. 2



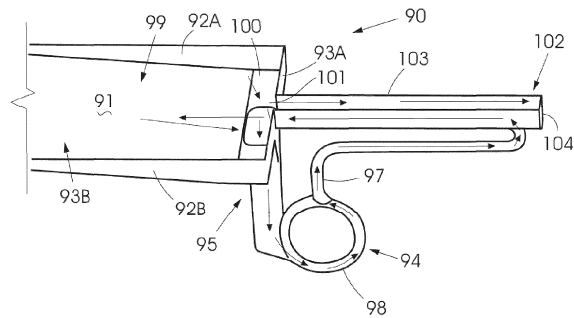
Фиг. 3



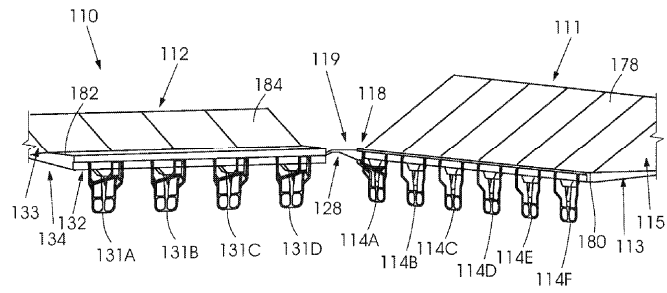
Фиг. 4



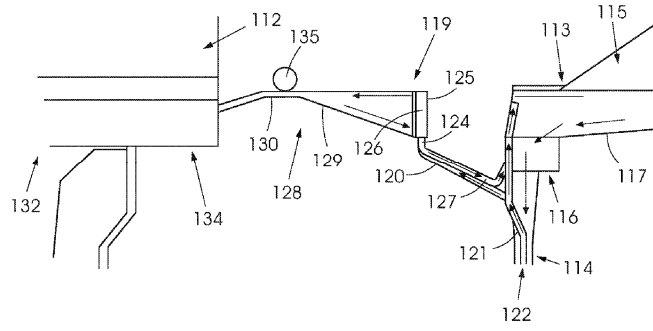
Фиг. 5



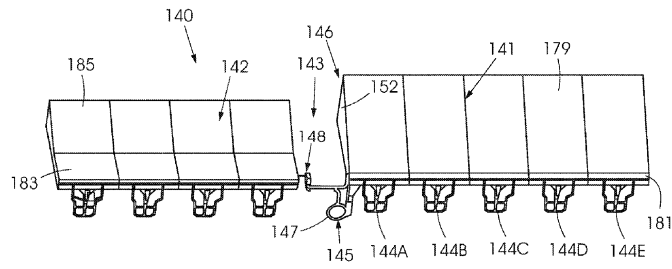
Фиг. 6



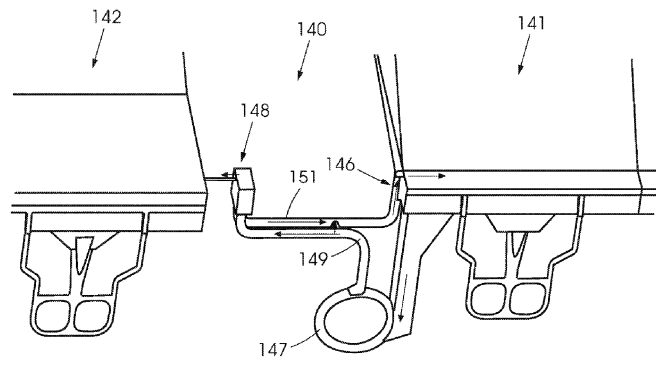
Фиг. 7



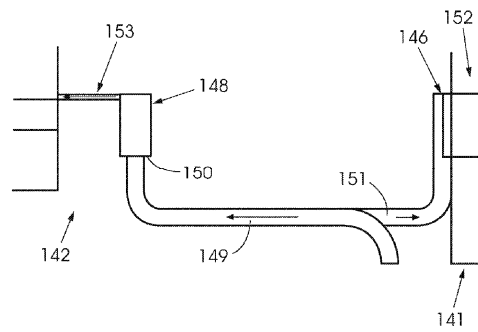
Фиг. 8



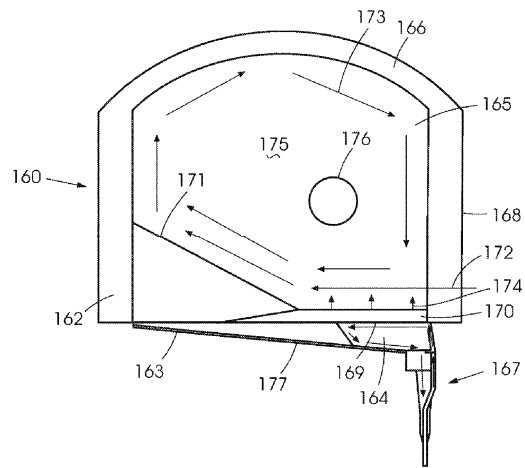
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

