

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047612**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.08.14**

(21) Номер заявки  
**202392030**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.01.20**

(51) Int. Cl. **F27B 1/20** (2006.01)  
**C21B 5/00** (2006.01)  
**F27D 3/10** (2006.01)  
**C21B 7/00** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОМЕННОГО ЦЕХА**

---

(31) **LU102438**

(32) **2021.01.20**

(33) **LU**

(43) **2023.09.20**

(86) **PCT/EP2022/051185**

(87) **WO 2022/157221 2022.07.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПАУЛЬ ВЮРТ С.А. (LU)**

(72) Изобретатель:  
**Токкерт Пауль (LU), Францискус  
Лютвин (DE), Рис Роже, Шон Марк,  
Швайцер Марк (LU)**

(74) Представитель:  
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,  
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов  
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,  
Кузнецова Т.В. (RU)**

(56) **KR-A-20180073991  
JP-A-S57185908  
LU-B1-92316  
WO-A1-2016026869  
US-A-3780890  
KR-A-20040010889  
KR-A-20050051022**

(57) Изобретение относится к способу эксплуатации доменного цеха (1), который включает в себя доменную печь (10), по меньшей мере один сырьевой бункер (20) для загрузки исходных материалов в доменную печь (10), имеющий верхний уплотнительный клапан (21) и нижний уплотнительный клапан (22), и по меньшей мере один каупер (30), который вырабатывает горячее дутье для доменной печи (10), причем способ включает в себя по меньшей мере один цикл загрузки со следующими шагами: открывание верхнего уплотнительного клапана (21), ввод исходных материалов в сырьевой бункер (20), закрывание верхнего уплотнительного клапана (21), выравнивание давления в сырьевом бункере с давлением колошника и открывание нижнего уплотнительного клапана (22) для выгрузки исходных материалов в доменную печь (10). Для обеспечения высокоэффективного решения минимизации пожароопасности и взрывоопасности во время эксплуатации системы верхней загрузки изобретение предлагает, что отходящий газ по меньшей мере из одного каупера (30) транспортируют посредством системы (40) транспортировки по меньшей мере к одному сырьевому бункеру (20), и прежде чем нижний уплотнительный клапан (22) открывают, и отходящий газ вводят в сырьевой бункер (20).

**B1**

**047612**

**047612**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к способу эксплуатации доменного цеха и к доменному цеху.

### Уровень техники

Несмотря на альтернативные способы, такие как плавление лома или прямое восстановление в электродуговой печи, доменная течь в настоящее время все еще представляет собой наиболее широко используемый процесс производства стали. Одной из связанных с доменной печью проблемой является выходящий из доменной печи доменный газ. Поскольку этот газ выходит из доменной печи в ее верхней части, он также обычно называется "колошниковым газом". Одним компонентом в доменном газе является  $\text{CO}_2$ , который является экологически вредным и обычно бесполезным для промышленных применений. Выходящий из доменной печи доменный газ может иметь концентрацию  $\text{CO}_2$  от 20 % до 30 % по объему. Помимо этого, доменный газ обычно содержит значительные количества  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2$ .

В контексте сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  прилагаются усилия для уменьшения использования углеродсодержащих топлив для эксплуатации доменной печи. Как заменитель используются топлива с повышенными концентрациями водорода. Помимо этого, в качестве восстановительного газа для железной руды может быть также использовано топливо, подобное коксовому газу. Однако полностью окислить восстановительный газ невозможно, что приводит к значительным количествам газообразного водорода в продукте реакции. Это также повышает концентрацию  $\text{H}_2$  в области колошника, где расположен(ы) сырьевой(ые) бункер(ы) системы верхней загрузки. На современных доменных печах сырьевой(ые) бункер(ы) обычно имеет(ют) объем между 40 и 120 м<sup>3</sup>. Поскольку исходные материалы загружаются в сырьевой бункер, с колошниковым газом доменной печи также вводится и смешивается окружающий воздух, приводя к газовой смеси, содержащей значительные количества кислорода (из окружающего воздуха) и водорода (из колошникового газа). Получившаяся смесь может быть воспламеняющейся и даже взрывчатой, представляя высокую угрозу безопасности для работы установки верхней загрузки. Для предотвращения такой угрозы было предложено вводить  $\text{N}_2$  (или богатую  $\text{N}_2$  газовую смесь) в сырьевой бункер вместе с шихтовым материалом или непосредственно после этого. Хотя подобная инерттизация азотом является эффективной, она приводит к высокому расходу  $\text{N}_2$ , который не может быть извлеченным или повторно использованным. Поэтому эксплуатационные расходы для доменного цеха возрастают. Также  $\text{N}_2$  или богатый  $\text{N}_2$  газ может быть не всегда доступным.

#### Техническая проблема

Таким образом, целью настоящего изобретения является разработка высокоэффективного решения минимизации пожароопасности и взрывоопасности во время эксплуатации системы верхней загрузки.

Эта цель достигнута посредством способа по п.1 формулы изобретения и посредством доменного цеха по п.15 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления определены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Прежде всего, разработан способ эксплуатации доменного цеха, который включает в себя доменную печь, по меньшей мере один сырьевой бункер для загрузки исходных материалов в доменную печь, имеющий верхний уплотнительный клапан и нижний уплотнительный клапан, и по меньшей мере один каупер (30), который вырабатывает горячее дутье для доменной печи.

Способ включает в себя по меньшей мере один цикл загрузки со следующими шагами:

- открытие верхнего уплотнительного клапана,
- ввод исходных материалов (сырья) в сырьевой бункер,
- закрывание верхнего уплотнительного клапана и

открытие нижнего уплотнительного клапана для выгрузки исходных материалов в доменную печь,

причем отходящий газ по меньшей мере от одного каупера транспортируют системой транспортировки по меньшей мере к одному сырьевому бункеру, и отходящий газ вводят в сырьевой бункер, прежде чем открывают нижний уплотнительный клапан, и исходные материалы выгружают в доменную печь.

Также разработан доменный цех, который включает в себя доменную печь, по меньшей мере один сырьевой бункер для загрузки исходных материалов в доменную печь, имеющий верхний уплотнительный клапан и нижний уплотнительный клапан, и по меньшей мере один каупер, выполненный для выработки горячего дутья для доменной печи, причем доменный цех выполнен для осуществления по меньшей мере одного цикла загрузки с шагами:

- открытие верхнего уплотнительного клапана,
- ввод исходных материалов в сырьевой бункер,
- закрывание верхнего уплотнительного клапана и

открытие нижнего уплотнительного клапана для выгрузки исходных материалов в доменную печь,

причем доменный цех также включает в себя систему транспортировки, выполненную для транспортировки отходящего газа по меньшей мере от одного каупера по меньшей мере к одному сырьевому бункеру, и доменный цех выполнен для ввода отходящего газа в сырьевой бункер, прежде чем нижний уплотнительный клапан открывается, и исходные материалы выгружаются в доменную печь.

### Общее описание изобретения

Изобретение обеспечивает способ эксплуатации доменного цеха. Доменный цех включает в себя доменную печь. Хотя способ может быть применен к производству других металлов, таких как свинец или медь, доменная печь обычно используется для производства передельного чугуна. Обычно доменная печь имеет вертикальную шахту или печь с внешней стенкой, обычно имеющей огнеупорную футеровку. Она имеет верхнее отверстие, через которое исходные материалы вводятся в шахту, и нижнее отверстие, через которое выгружаются шлак и сырой металл (например, передельный чугун). В нижней части доменной печи шахта обычно окружена кольцевым трубопроводом, из которого выходят множество фурм. Горячее дутье вводится в шахту через фурмы. В данном контексте "горячее дутье" относится к горячему воздуху, но также к содержащим  $O_2$  газам и газовым смесям, например богатому кислородом воздуху или (главным образом) чистому кислороду. Факультативно, другие твердые компоненты (подобные порошкообразному углю) или газы (подобные коксовому газу, природному газу или синтетическому газу) могут вводиться в шахту или на уровне фурм или на уровне шахты (над уровнем фурм). Уровень фурм соответствует зоне плавления доменной печи, в то время как уровень шахты главным образом соответствует зоне восстановления доменной печи, которая обычно имеет значительно более низкие температуры, чем зона плавления.

Доменный цех также включает в себя по меньшей мере один сырьевой бункер для загрузки исходных материалов в доменную печь. Исходные материалы могут также относиться к загружаемому материалу или шихтовому материалу. Это порошкообразный шихтовый материал, который может содержать частицы разных размеров. Исходные материалы могут также содержать частицы с разными химическими составами. Следовательно, строго говоря, такой материал может называться смесью материалов. Для простоты и краткости в данном контексте используется термин "материал". Как будет разъяснено ниже, доменный цех обычно включает в себя множество сырьевых бункеров для разных исходных материалов. Исходные материалы могут быть, например, железной рудой или другим железосодержащим материалом, топливом или восстановительным материалом наподобие угля, кокса, углеродистых материалов, дерева, древесного угля или их смесью.

Сырьевой бункер, который может также называться шлюзовым бункером, включает в себя верхний уплотнительный клапан и нижний уплотнительный клапан. Следует понимать, что верхний (upper) уплотнительный клапан, который может также называться верхним (top) шлюзовым клапаном, расположен на верхнем конце или вблизи верхнего конца сырьевого бункера, в то время как нижний (lower) уплотнительный клапан, который может также называться нижним (bottom) шлюзовым клапаном, расположен на нижнем конце или вблизи нижнего конца сырьевого бункера. Каждый уплотнительный клапан выполнен для закрывания уплотняющим образом отверстия сырьевого бункера. Соответственно, бункер включает в себя верхнее отверстие, через которое он принимает сырой материал, и нижнее отверстие, через которое он выгружает сырой материал в доменную печь. Соответствующий уплотнительный клапан обеспечивает газонепроницаемое уплотнение, хотя небольшая утечка газа через уплотнительный клапан является приемлемой. В дополнение к верхнему и нижнему уплотнительному клапану бункер может включать в себя сырьевую задвижку (задвижку для сырья). Назначением этой сырьевой задвижки является не обеспечение газонепроницаемого уплотнения, а регулировка потока исходных материалов через нижнее отверстие в доменную печь. По меньшей мере один сырьевой бункер обычно является частью бесконусного загрузочного устройства доменного цеха.

Доменный цех также включает в себя по меньшей мере один каупер, который вырабатывает горячее дутье для доменной печи. Как упомянуто выше, "горячее дутье" в данном контексте может быть нагретым содержащим  $O_2$  газом, обычно горячим воздухом. Каупер, который может также называться подогревателем дутья, печью каупера (Cowper stove) или каупером, является регенеративным теплообменником или регенератором, который нагревается во время фазы сжигания или фазы нагревания и накапливает тепло, которое затем передается холодному дутью (то есть, холодному воздуху или другому содержащему  $O_2$  газу) во время фазы продувки. Как будет разъяснено ниже, доменный цех обычно включает в себя множество кауперов, которые могут поочередно проходить через соответствующую фазу продувки для обеспечения более или менее постоянной подачи горячего дутья к доменной печи. Во время фазы нагрева топливный газ сжигается для выработки тепла, которое затем (частично) запасается посредством каупера (обычно посредством насадочных кирпичей в каупере). Сжигание топливного газа производит отходящий газ, который часто имеет незначительную теплотворную способность или калорийность и, прежде всего, очень низкую концентрацию  $O_2$ . Однако его повышенная температура может быть использована для переноса тепла в теплообменнике. Согласно уровню техники отходящий газ обычно выпускается в окружающую среду, например, через дымовую трубу доменного цеха.

Предлагаемый способ включает в себя по меньшей мере один цикл загрузки. Обычно несколько циклов загрузки выполняют последовательно. Каждый цикл загрузки относится к одному сырьевому бункеру. Если, как обычно, доменный цех включает в себя несколько сырьевых бункеров, циклы загрузки разных сырьевых бункеров выполняют последовательно и/или одновременно. Каждый цикл загрузки включает в себя следующие шаги: открывание верхнего уплотнительного клапана, ввода сырого материала в сырьевой бункер, закрывание верхнего уплотнительного клапана, выравнивание давления в

сырьевом бункере с давлением колошника и, уплотнительного клапана для выгрузки исходных материалов в доменную печь. Понятно, что исходные материалы вводят через упомянутое выше верхнее отверстие, которое связано с верхним уплотнительным клапаном, и выгружают в доменную печь через упомянутое выше нижнее отверстие, которой связано с нижним уплотнительным клапаном. Следует отметить, что эти шаги обычно выполняют в последовательности, в которой они упомянуты, так что в любое время во время цикла загрузки по меньшей мере один из уплотнительных клапанов закрыт. Хотя выше не упоминалось, понятно, что перед открыванием верхнего уплотнительного клапана давление в сырьевом бункере снижают до атмосферного. Помимо этого, верхний уплотнительный клапан открывают, в то время как нижний уплотнительный клапан закрывают в связи с тем, что нижний уплотнительный клапан закрывается в течение следующего цикла загрузки, когда исходные материалы были выгружены в доменную печь. Таким образом, свободный газообмен между доменной печью и окружающей средой через сырьевой бункер предотвращается в любое время. Поскольку доменная печь обычно эксплуатируется при избыточном давлении относительно окружающей среды, то доменный газ в противном случае будет неконтролируемо вытекать наружу.

Следует понимать, что может быть значительный интервал времени между закрыванием верхнего уплотнительного клапана и открыванием нижнего уплотнительного клапана, во время которого исходные материалы хранятся в сырьевом бункере. Также нижний уплотнительный клапан может быть открыт и закрыт несколько раз для неоднократной выгрузки сырого материала, прежде чем верхний уплотнительный клапан снова открыт для ввода новых исходных материалов в сырьевой бункер.

Согласно изобретению отходящий газ по меньшей мере от одного каупера транспортируется системой транспортировки по меньшей мере к одному сырьевому бункеру, и отходящий газ вводят в сырьевой бункер перед открытием нижнего уплотнительного клапана. Система транспортировки выполнена для транспортировки отходящего газа от каупера к сырьевому бункеру. В простейшем случае система транспортировки включает в себя единственный трубопровод, соединяющий каупер с сырьевым бункером, но понятно, что для управляемой, эффективной транспортировки необходимы дополнительные элементы, некоторые из которых будут обсуждены ниже. Отходящий газ является, конечно, газом (или смесью газов), который получается при вышеупомянутом сжигании во время фазы нагрева каупера. В объем изобретения входит, что отходящий газ объединяется или смешивается с другими газами перед или во время его ввода в сырьевой бункер. Поскольку отходящий газ получается при сжигании, он обычно имеет низкую концентрацию  $O_2$ , которая может быть даже незначительной. Таким образом, отходящий газ может рассматриваться как инертный газ. За счет введения отходящего газа в сырьевой бункер концентрация  $O_2$  может быть значительно снижена, в идеале внутреннее пространство сырьевого бункера может стать инертным. Следовательно, когда нижний уплотнительный клапан открыт, и газ из внутреннего пространства сырьевого бункера смешивается с доменным газом, выходящим из доменной печи, риск образования взрывчатой смеси значительно снижается. Это, прежде всего, относится к ситуации, в которой доменный газ содержит значительное количество  $H_2$ , который может образовать взрывчатую смесь с  $O_2$  (обычно называемую кислородводородом или гремучим газом).

В отношении предлагаемого способа является весьма выгодным, что газ, имеющийся в большом количестве в результате эксплуатации доменного цеха, используется в качестве инертного газа. Поскольку отходящий газ имеется в больших количествах и без дополнительных расходов, может быть достигнута эффективная и дешевая инертзация сырьевого бункера.

В зависимости от разных факторов, каких как состав отходящего газа и состав доменного газа, может быть достаточной частичная инертзация. Тем не менее является предпочтительным, что отходящий газ вводят для составления, предпочтительно, более 50 % по объему газа внутри сырьевого бункера, когда нижний уплотнительный клапан открыт. Другими словами, начальная атмосфера в сырьевом бункере замещается, предпочтительно, более чем на 50 % отходящим газом, прежде чем нижний уплотнительный клапан открывается. Если, например, исходная атмосфера в сырьевом бункере состоит из воздуха, имеющего концентрацию  $O_2$  приблизительно 21 % по объему, и была заменена на 70 % по объему отходящим газом, который более или менее свободен от  $O_2$ , то получившаяся газовая смесь имеет концентрацию  $O_2$  приблизительно 6 % по объему, что может быть приемлемым для предотвращения риска взрыва.

Также является предпочтительным, что отходящий газ вводят так, что газ внутри сырьевого бункера имеет концентрацию  $O_2$  менее 4,5 % по объему, когда нижний уплотнительный клапан открыт. Соответствующая концентрация  $O_2$  может быть даже ниже, например менее 3 % по объему.

Пределы воспламеняемости, основанные на объемном проценте водорода в воздухе при 101 кПа (1 атм) равны 4,0 и 75,0. Пределы воспламеняемости, основанные на объемном проценте водорода в кислороде при 101 кПа равны 4,0 и 94,0. Пределы взрываемости водорода в воздухе составляют от 18,3 до 59 процентов по объему. Пламя в и вокруг скопления трубопроводов и конструкций может создать турбулентность, которая вызывает быстрое горение, способное развиваться в детонацию даже в отсутствие общей ограничивающей оболочки.

Способ может быть, прежде всего, использован, если доменная печь эксплуатируется с топливом, таким как коксовый газ, который используется в качестве восстановительного газа для железной руды. Как разъяснено выше, это приводит к значительной концентрации  $H_2$  в доменном газе. В таком варианте

осуществления после открывания нижнего уплотнительного клапана газ в сырьевом бункере, по меньшей мере, частично смешивается с доменным газом из доменной печи, имеющим концентрацию  $H_2$  по меньшей мере 5 % по объему. В данном контексте "газ внутри сырьевого бункера" может также называться "атмосферой внутри сырьевого бункера". Концентрация  $H_2$  в доменном газе может быть даже выше, например по меньшей мере 7 % по объему. Понятно, что при открывании нижнего уплотнительного клапана барьер между газом внутри сырьевого бункера и коксовым газом удаляется, и два газа будут, по меньшей мере, частично смешиваться друг с другом. Если концентрация  $H_2$  по меньшей мере 5 % по объему объединится к атмосферой, содержащей по меньшей мере 4,5 % по объему кислорода, это может привести к воспламеняющейся смеси или даже взрывчатой смеси. Если, однако, газ внутри сырьевого бункера инертизирован способом согласно изобретению, образование воспламеняющейся смеси или даже взрывчатой смеси может быть подавлено.

Как разъяснено выше, отходящий газ является результатом сжигания внутри каупера, которое обычно расходует главную часть кислорода, которая присутствовала перед сжиганием. Предпочтительно, отходящий газ имеет концентрацию  $O_2$  менее 2 % по объему, более предпочтительно менее 1 % по объему. При данных обстоятельствах отходящий газ может рассматриваться как практически свободный от кислорода, вследствие чего сырьевой бункер может быть эффективно инертизирован, если достаточная часть газа внутри заменена отходящим газом.

Является предпочтительным, что после закрывания верхнего уплотнительного клапана и перед открыванием нижнего уплотнительного клапана внутри сырьевого бункера создают избыточное давление. В данном контексте "избыточное давление" относится к давлению, которое выше атмосферного давления вокруг доменного цеха. Обычно избыточное давление имеется также внутри доменной печи, вследствие чего значительное количество доменного газа будет входить в сырьевой бункер, если он находится под окружающим давлением. Избыточное давление может быть установлено до значения, которое немного выше давления в доменной печи, например примерно от 0 мбар до 100 мбар или выше. Прежде всего, это избыточное давление может создаваться посредством ввода отходящего газа с повышенным давлением или посредством использования другого сжатого газа.

Имеется несколько разных возможностей в отношении того, когда отходящий газ точно вводят в сырьевой бункер. Согласно одной возможности часть отходящего газа вводят прежде, чем исходные материалы загружены в сырьевой бункер. На этой стадии газ внутри сырьевого бункера может содержать воздух, а также отходящий газ и доменный газ из предшествующего цикла загрузки. Особенно желательно удалять по меньшей мере большую часть доменного газа, прежде чем загружают свежие исходные материалы, поскольку это также приводит к вводу воздуха в сырьевой бункер. В данном варианте осуществления сырьевой бункер может быть "промыт" отходящим газом перед загрузкой свежих исходных материалов. "Часть" означает, что по меньшей мере порцию или часть всего отходящего газа, который введен во время цикла загрузки, вводят перед тем как исходные материалы загружают в сырьевой бункер.

Обычно, концентрация доменного газа в сырьевом бункере самая высокая вблизи нижнего уплотнительного клапана, поскольку это область, которая является самой близкой к доменной печи. Для удачного удаления или, по меньшей мере, разбавления доменного газа в сырьевом бункере, в эту область, предпочтительно, может быть введен отходящий газ. Прежде всего, отходящий газ вводят между нижним уплотнительным клапаном и нижней сырьевой задвижкой. Нижняя сырьевая задвижка обычно используется для регулирования потока материала из сырьевого бункера в доменную печь. Она также может называться регулирующей поток материала задвижкой или чем-то в этом роде.

Она обычно располагается в сырьевом бункере относительно нижнего уплотнительного клапана, то есть выше по потоку от нижнего уплотнительного клапана.

Альтернативно или дополнительно к вводу перед загрузкой исходных материалов в сырьевой бункер, часть отходящего газа может быть введена во время загрузки исходных материалов в сырьевой бункер. Посредством этой меры количество окружающего воздуха, которое вводится вместе с исходными материалами, может быть уменьшено. В настоящем варианте осуществления отходящий газ может вводиться в верхней части сырьевого бункера, например у или вблизи верхнего уплотнительного клапана.

Как уже описано выше, каждый каупер поочередно проходит фазу нагрева, в которой он нагревается посредством сжигания, в котором он вырабатывает отходящий газ, и фазу продувки, в которой он вырабатывает горячее дутье. Согласно одному предпочтительному варианту осуществления отходящий газ собирают от каупера после начала фазы нагрева и перед началом следующей фазы продувки. Другими словами, сбор отходящего газа синхронизирован с фазой нагрева и продувки соответствующего каупера. Сбор отходящего газа останавливают перед началом фазы продувки, предотвращая посредством этого риск сбора холодного дутья или горячего дутья из каупера вместо отходящего газа. Понятно, что даже транспортировка небольших количеств холодного или горячего дутья к сырьевому бункеру может значительно ухудшить инертизацию.

Система транспортировки, то есть система для транспортировки отходящего газа от каупера(ов) к сырьевому(ным) бункеру(ам) может включать в себя сборный трубопровод для каждого каупера, выпускной трубопровод для каждого сырьевого бункера, и промежуточную часть, соединяющую каждый

сборный трубопровод с каждым выпускным трубопроводом. Каждый сборный трубопровод соединен с каупером и с промежуточной частью. Можно также сказать, что отходящий газ от всех кауперов собирают в промежуточной части. В промежуточной части отходящий газ может временно храниться и, если необходимо, подготавливаться для дальнейшей транспортировки по меньшей мере к одному сырьевому бункеру. Выпускной трубопровод ведет от промежуточной части к каждому сырьевому бункеру, то есть имеется один выпускной трубопровод для каждого сырьевого бункера. Соответственно, отходящий газ транспортируют от каупера через сборный трубопровод, промежуточную часть и выпускной трубопровод к сырьевому бункеру.

Предпочтительно, собранный от каупера отходящий газ охлаждают посредством охлаждающего устройства перед его вводом в сырьевой бункер. Такое охлаждающее устройство обычно является теплообменником. Таким образом, температура отходящего газа может быть снижена от начальной температуры примерно 300-400°C до температуры примерно 30-80°C. Также содержащееся в отходящем газе тепло может быть перенесено к другой среде и, таким образом, быть использованной или для облегчения процессов в доменной печи или за ее пределами. Охлаждения отходящего газа может, например, предотвратить тепловое разрушение сырьевого бункера. Также даже если в сырьевом бункере образовалась воспламеняющаяся смесь, например локально или временно, риск воспламенения такой смеси снижается, если общие температуры в сырьевом бункере снижены. Обычно отходящий газ охлаждают во время его транспортировки в системе транспортировка от каупера до сырьевого бункера. Например, вышеупомянутая промежуточная часть может включать в себя охлаждающее устройство, так что одно охлаждающее устройство может быть использовано для охлаждения отходящего газа от каждого каупера.

В одном варианте осуществления отходящий газ может транспортироваться от каупера(ов) к сырьевому(м) бункеру(ам) пассивно, то есть следуя разности давления. Однако такая пассивная транспортировка может быть неэффективной и приводить к непредсказуемому обеспечению отходящим газом. Поэтому является предпочтительным, что отходящий газ приводится в движение через систему транспортировки посредством воздуходувного устройства. Воздуходувное устройство может быть интегрировано в вышеупомянутую промежуточную часть системы транспортировки. Оно может включать в себя одну или несколько воздуходувок. Предпочтительно, скорость потока отходящего газа адаптируют посредством регулирования производительности по меньшей мере одной воздуховулки. Каждая воздуховулка может иметь регулируемый привод. Воздуховулки могут быть расположены параллельно, то есть промежуточная часть может включать в себя несколько воздуховульных трубопроводов, которые являются параллельными относительно потока отходящего газа, причем каждый воздуховульный трубопровод включает в себя одну воздуховулку. Параллельное расположение воздуходувок повышает безопасность в эксплуатации вследствие дублирования и позволяет достичь более высоких скоростей потока газа. К каждой воздуховулке добавлен обходной трубопровод рециркуляции для улучшения отклика на изменение точек подключения нагрузки. Таким образом, воздуховулки находятся в эксплуатации постоянно и приспособление к разным точкам приложения нагрузки выполняют посредством обходного трубопровода рециркуляции.

Если доменный цех включает в себя несколько сырьевых бункеров, циклы загрузки разных сырьевых бункеров обычно не выполняются одновременно. Поэтому отходящий газ в данный момент времени обычно требуется только у одного сырьевого бункера. Поэтому является предпочтительным, что отходящий газ избирательно направляют по меньшей мере к одному сырьевому бункеру посредством блока распределительных клапанов. Блок распределительных клапанов может включать в себя один или несколько клапанов, которые могут быть расположены на разных нагнетательных трубопроводах. Например, если имеются два нагнетательных трубопровода, отходящий газ может быть направлен к одному сырьевому бункеру посредством закрывания клапана(ов) в выпускном трубопроводе другого сырьевого бункера. Помимо этого, каждый нагнетательный трубопровод может включать в себя обратный клапан, посредством которого предотвращается нежелательный обратный поток отходящего газа.

Изобретение также обеспечивает доменный цех, который включает в себя доменную печь, по меньшей мере один сырьевой бункер для загрузки исходных материалов в доменную печь, имеющий верхний уплотнительный клапан и нижний уплотнительный клапан, и по меньшей мере один каупер, выполненный для выработки горячего дутья для доменной печи. Доменный цех выполнен для осуществления по меньшей мере одного цикла загрузки со следующими шагами: открывание верхнего уплотнительного клапана, ввод исходных материалов в сырьевой бункер, закрывание верхнего уплотнительного клапана, выравнивание давления в сырьевом бункере с давлением колошника, и открывание нижнего уплотнительного клапана для выгрузки исходных материалов в доменную печь. Доменный цех также включает в себя систему транспортировки, которая выполнена для транспортировки отходящего газа по меньшей мере от одного каупера до по меньшей мере одного сырьевого бункера, и доменный цех выполнен для ввода отходящего газа в сырьевой бункер перед открытием нижнего уплотнительного клапана. Другими словами, изобретение относится к доменному цеху, включающему в себя доменную печь и по меньшей мере один сырьевой бункер для загрузки, соответственно ввода, исходных материалов в доменную печь. (Сырьевой) бункер включает в себя верхний уплотнительный клапан и нижний уплотнительный клапан. По меньшей мере один каупер (выполнен для) выработки горячего дутья (при вводе в печь)

для доменной печи. Доменный цех выполнен для осуществления, соответственно осуществляет, по меньшей мере одного цикла загрузки, причем цикл загрузки включает в себя (следующие друг за другом) шаги: открывание верхнего уплотнительного клапана, ввод исходных материалов в сырьевой бункер через верхний уплотнительный клапан, закрывание верхнего уплотнительного клапана, выполнения выравнивания давления в сырьевом бункере с давлением колошника, и открывание нижнего уплотнительного клапана для выгрузки исходных материалов в доменную печь. Доменный цех также включает в себя систему транспортировки (выполненную для) транспортировки отходящего газа по меньшей мере от одного каупера по меньшей мере к одному сырьевому бункеру, причем доменный цех сконфигурирован для ввода отходящего газа в сырьевой бункер. В сырьевом бункере создается давление, соответственно выполнен с возможностью создания давления, до давления колошника, прежде чем нижний уплотнительный клапан открывается, и исходные материалы выгружаются в доменную печь. Следует отметить, что варианты осуществления и разъясненные в связи со способом согласно изобретению также применимы к доменному цеху согласно изобретению. В одном варианте осуществления верхний уплотнительный клапан бункера выполнен для закрывания уплотняющим образом верхнего отверстия бункера, и нижний уплотнительный клапан выполнен для закрывания уплотняющим образом нижнего отверстия бункера, причем бункер также включает в себя сырьевую задвижку, расположенную над нижним уплотнительным клапаном. "Уплотнительный клапан" обычно относится к уплотняющему механизму, выполненному для уплотнения находящегося под давлением (газового) объема относительно находящейся рядом окружающей среды. "Сырьевая задвижка" относится к выполненному с возможностью открывания или закрывания устройству для регулирования/управления проходом (а также количеством) вводимого в (доменную) печь материала. Это расположение делает возможным, что отходящий газ может, по меньшей мере, частично вводиться между нижним уплотнительным клапаном и нижней сырьевой задвижкой.

Все эти термины были разъяснены со ссылкой на способ согласно изобретению и поэтому снова разъясняться не будут. Предпочтительные варианты осуществления доменной печи согласно изобретению соответствуют предпочтительным вариантам осуществления способа согласно изобретению.

#### **Краткое описание чертежей**

Предпочтительные варианты осуществления изобретения теперь будут описаны для примера со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых:

фиг. 1 - является схематическим видом доменного цеха согласно изобретению, и

фиг. 2 - является схематическим видом в разрезе части доменного цеха согласно фиг. 1.

#### **Описание предпочтительных вариантов осуществления**

На фиг. 1 показан схематическое изображение доменного цеха 1 согласно изобретению, который выполнен для способа согласно изобретению. Он включает в себя доменную печь 10, общая эксплуатация которого известна из уровня техники и поэтому здесь разъясняться не будет. Два сырьевых бункера 20, один из которых схематически показан на фиг. 2, расположены над верхней частью доменной печи 10. Каждый сырьевой бункер 20 включает в себя верхний уплотнительный клапан 21 для закрывания уплотняющим образом верхнего отверстия, нижний уплотнительный клапан 22 для закрывания уплотняющим образом нижнего отверстия, и сырьевую задвижку 23, расположенную над нижним уплотнительным клапаном 22. Во время эксплуатации каждый из сырьевых бункеров 20 принимает исходные материалы для доменной печи 10. Например, один сырьевой бункер 20 может принимать железную руду, в то время как другой сырьевой бункер 20 принимает кокс. Соответствующие исходные материалы временно хранятся в сырьевом бункере 20, прежде чем они будут выгружены в доменную печь 10.

Каждый сырьевой бункер 20 последовательно проходит несколько циклом загрузки. В начале каждого цикла загрузки нижний уплотнительный клапан 22 и сырьевую задвижку 23 закрывают, и верхний уплотнительный клапан 21 открывают. Затем исходные материалы могут быть загружены в сырьевой бункер 20 через верхний уплотнительный клапан 21. Когда predetermined количество исходных материалов было загружено, верхний уплотнительный клапан 21 закрывают для обеспечения воздухонепроницаемого уплотнения относительно внешней среды сырьевого бункера 20. Затем давление внутри сырьевого бункера 20 повышают до тех пор, пока не будет достигнуто избыточное давление, которое выше давления внутри доменной печи 10. После этого нижний уплотнительный клапан 22 открывают, посредством чего становится возможным газообмен между сырьевым бункером 20 и доменной печью 10, поскольку даже в ее закрытом положении сырьевая задвижка 23 не обеспечивает воздухонепроницаемое уплотнение. Для выгрузки исходных материалов в доменную печь 10 сырьевую задвижку 23 открывают в некоторой степени, посредством чего регулируется поток материала. В заключение, когда все исходные материалы были выгружены в доменную печь, сырьевую задвижку 23 и нижний уплотнительный клапан 22 закрывают. Затем после установления давления внутри сырьевого бункера 20 до давления внешней среды верхний уплотнительный клапан 21 снова может быть открыт, и могут быть загружены новые исходные материалы.

При промышленной наладке часто в первом шаге в сырьевой бункер вводится SF газ, что приводит к давлению SF газа 0,15 бар. Это называется первичным выравниванием и после этого вводится отходящий газ каупера для приведения бункера к максимальному давлению SF газа (аналогично вторичному выравниванию, обычно выполняемому азотом).

Вообще говоря, некоторые компоненты доменного газа могут образовывать воспламеняющиеся или взрывчатые смеси с кислородом в окружающем воздухе. Прежде всего, доменный газ может содержать значительную концентрацию  $H_2$ , например по меньшей мере 7 % по объему, который смешивается с  $O_2$ , образуя воспламеняющиеся смеси. Для минимизации или устранения этой проблемы на некоторых стадиях цикла загрузки в сырьевой бункер 20 вводят отходящий газ, как будет рассмотрено ниже. Отходящий газ имеет концентрацию  $O_2$  менее 2 % по объему и поэтому может главным образом рассматриваться как инертный газ. Отходящий газ собирают от нескольких кауперов 30, которые обычно используют для подачи горячего дутья к доменной печи 10. Каждый каупер 30 последовательно проходит фазу нагрева, в которой он нагревается посредством сжигания, которое образует отходящий газ, и фазу продувки, в которой он вырабатывает горячее дутье. Каупер 30 футерован насадочными кирпичами, которые временно сохраняют тепло от сжигания. Когда отходящий газ в каупере заменяется холодным дутьем (то есть, воздухом или другим кислородсодержащим газом с окружающей температурой), тепло переносится к холодному дутью, посредством чего вырабатывается горячее дутье. Подходящий топливный газ для сжигания может быть введен в каупер 30 посредством питающего трубопровода, который для упрощения не показан. Это же относится к трубопроводу холодного дутья для подачи холодного дутья и трубопроводу горячего дутья для транспортировки горячего дутья от каупера 30 к доменной печи 10.

Отходящий газ частично транспортируется через трубопровод 31 отходящего газа к дымовой трубе, из которой он выпускается в окружающую среду. Некоторое количество внутреннего тепла отходящего газа, который сначала может иметь температуру между 300°C и 400°C, рекуперировать посредством первого теплообменника 32 в трубе 31 отходящего газа. Другую часть отходящего газа транспортируют к сырьевому бункеру 20 посредством системы 40 транспортировки, которая подробно описана ниже. От каждого из кауперов 30 отходит сборный трубопровод 41. Поток газа через соответствующий сборный трубопровод 41 может регулироваться посредством регулирующего клапана 42. Регулирующий клапан 42 эксплуатируют так, что отходящий газ собирается только из каупера 30, когда он находится в фазе нагрева, тогда как газ не собирается из каупера 30, когда он находится в фазе продувки, посредством этого предотвращая ввод богатого кислородом газа в систему 40 транспортировки. Каждый сборный трубопровод 41 соединен с промежуточной частью 50 системы 40 транспортировки, или более конкретно, соединен с промежуточным трубопроводом 51. Во втором теплообменнике 52 внутреннее тепло отходящего газа рекуперировать, и он охлаждается до температуры, например, 45°C. Ниже по потоку от второго теплообменника 52 отходящий газ достигает резервуара 53, который используют для сглаживания потока газа и конденсации части остаточной влаги в газе, где он может временно храниться. Затем промежуточный трубопровод 51 достигает участка воздухоудвки 54, где он разветвляется на три воздухоудвнх трубопровода 55. Каждый воздухоудвнх трубопровод включает в себя воздухоудвку 56, посредством которой отходящий газ перемещается через систему 40 транспортировки. Пропускная способность каждой воздухоудвки 56 может быть установлена для адаптации скорости потока отходящего газа.

Промежуточная часть 50 соединена с двумя выпускными трубопроводами 60, каждый из которых соединен с одним из сырьевых бункеров 20. Каждый выпускной трубопровод 60 включает в себя расходомер 61, посредством которого может контролироваться поток газа. Прежде всего, информация от расходомера 61 может быть использована для управления надлежащим образом воздухоудвкой 56. Блок 62 включает в себя 2 распределительных клапана 63, а именно, по одному на каждый выпускной клапан 60. Блок 62 распределительных клапанов регулирует поток газа и может, прежде всего, блокировать поток газа через один выпускной трубопровод 60 в ситуации, где не требуется ввод отходящего газа в соответствующий сырьевой бункер 20. Кроме того, каждая распределительная линия 60 включает в себя обратный клапан 64, выпускной трубопровод 67 и два отсечных клапана 65, 66, расположенных выше по потоку и ниже по потоку от выпускного трубопровода 67. Например, для целей технического обслуживания газ может быть выпущен из выпускного трубопровода 60 через выпускной трубопровод 67. Отсечные клапаны могут быть использованы для отделения части системы 40 транспортировки, прежде чем выпускной трубопровод откроют.

Как показано на виде в разрезе на фиг. 2, выпускной трубопровод 60 входит в сырьевой бункер 20 между нижним уплотнительным клапаном 22 и сырьевой задвижкой 23. Когда все исходные материалы были загружены в доменную печь 10, нижний уплотнительный клапан 22 и сырьевую задвижку 23 закрывают, как описано выше. Однако сырьевая задвижка не обеспечивает воздухонепроницаемое уплотнение относительно остальной части сырьевого бункера 20. Теперь, прежде чем верхний уплотнительный клапан 21 откроют, отходящий газ вводят через выпускной трубопровод 60, так что возможно оставшийся  $H_2$  из доменного газа удаляют из нижней части сырьевого бункера. Ввод можно продолжать до тех пор, пока по меньшей мере 90 % по объему газа внутри сырьевого бункера 20 не будет замещено отходящим газом. Газ, прежде содержащийся в сырьевом бункере 20, может быть выпущен через выпускной клапан (не показан). Затем исходные материалы могут быть загружены через верхний уплотнительный клапан 21, как описано выше. В этот момент концентрация  $H_2$  внутри сырьевого бункера 20 является незначительной, из-за чего не может образовываться взрывчатая смесь. Однако окружающий воздух вводится вместе с исходными материалами, вводя в сырьевой бункер 20 значительные количества  $O_2$ . Это



может потенциально представлять опасность взрыва, когда нижний уплотнительный клапан 22 снова открыт. Этому риску можно избежать разными путями. Например, после того как исходные материалы были загружены, ввод отходящего газа через выпускной трубопровод 60 могут продолжать для вытеснения  $O_2$  по меньшей мере из нижней части сырьевого бункера. Альтернативно или дополнительно, может быть предусмотрен дополнительный выпускной трубопровод 70, который расположен для ввода отходящего газа в верхнюю часть сырьевого бункера 20 вблизи верхнего уплотнительного клапана 21. Через этот выпускной трубопровод 70 отходящий газ может быть введен во время ввода исходных материалов. Таким образом, окружающий воздух вокруг исходных материалов будет значительно разбавлен. Таким образом, концентрация  $O_2$  в сырьевом бункере может быть снижена, например, менее до 5 % по объему.

Перечень ссылочных обозначений

- 1 доменный цех,
- 10 доменная печь,
- 20 сырьевой бункер,
- 21 верхний уплотнительный клапан,
- 22 нижний уплотнительный клапан,
- 23 сырьевая задвижка,
- 30 каупер,
- 31 трубопровод отходящего газа,
- 32, 52 теплообменник,
- 33 дымовая труба,
- 40 система транспортировки,
- 41 сборный трубопровод,
- 42 регулирующий клапан,
- 50 промежуточная часть,
- 51 промежуточный трубопровод,
- 53 резервуар,
- 54 блок воздуходувок,
- 55 воздуходувный трубопровод,
- 56 воздуходувка,
- 60, 70 выпускной трубопровод,
- 61 расходомер,
- 62 блок распределительных клапанов,
- 63 распределительный клапан,
- 64 обратный клапан,
- 65, 66 отсечный клапан,
- 67 выпускной трубопровод.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ эксплуатации доменного цеха (1), который включает в себя доменную печь (10), по меньшей мере один сырьевой бункер (20) для загрузки исходных материалов в доменную печь (10), имеющий верхний уплотнительный клапан (21) и нижний уплотнительный клапан (22), и по меньшей мере один каупер (30), который вырабатывает горячее дутье для доменной печи (10), причем способ включает в себя по меньшей мере один цикл загрузки со следующими шагами:

- открывание верхнего уплотнительного клапана (21),
- ввод исходных материалов в сырьевой бункер (20),
- закрывание верхнего уплотнительного клапана (21),
- выравнивание давления в сырьевом бункере с давлением колошника, и

открывание нижнего уплотнительного клапана (22) для выгрузки исходных материалов в доменную печь (10),

причем отходящий газ по меньшей мере из одного каупера (30) транспортируют посредством системы (40) транспортировки по меньшей мере к одному сырьевому бункеру (20), и отходящий газ вводят в сырьевой бункер (20), и давление в сырьевом бункере повышают до давления колошника, прежде чем нижний уплотнительный клапан (22) открывают, и исходные материалы выгружают в доменную печь, и при этом отходящий газ вводят для замещения по меньшей мере 70 % по объему газа внутри сырьевого бункера (20), когда нижний уплотнительный клапан (22) открыт.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что отходящий газ вводят так, что газ внутри сырьевого бункера (20) имеет концентрацию  $O_2$  менее 4,5 % по объему, когда нижний уплотнительный клапан (22) открыт.

3. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что после открывания нижнего уплотнительного клапана (22) газ внутри сырьевого бункера (20), по меньшей мере, частично смешивается с доменным газом из доменной печи (10), имеющим концентрацию  $H_2$  по меньшей мере 5 % по объему.

4. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ имеет концентрацию  $O_2$  менее 2 % по объему.

5. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что после закрывания верхнего уплотнительного клапана (21) и перед открыванием нижнего уплотнительного клапана (22) внутри сырьевого бункера (20) создают избыточное давление.

6. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ, по меньшей мере, частично вводят перед загрузкой исходных материалов в сырьевой бункер (20).

7. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ, по меньшей мере, частично вводят между нижним уплотнительным клапаном (22) и сырьевой задвижкой (23).

8. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ, по меньшей мере, частично вводят во время загрузки исходных материалов в сырьевой бункер (20).

9. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что каждый каупер (30) периодически проходит фазу нагрева, в которой его нагревают посредством сжигания, которое вырабатывает отходящий газ, и фазу продувки, в которой он вырабатывает горячее дутье, и отходящий газ собирают из каупера (30) после начала фазы нагрева и перед началом следующей фазы продувки.

10. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что система (40) транспортировки включает в себя сборный трубопровод (41) для каждого каупера (30), выпускной трубопровод (60) для каждого сырьевого бункера (20), и промежуточную часть (50), соединяющую каждый сборный трубопровод (41) с каждым выпускным трубопроводом (60).

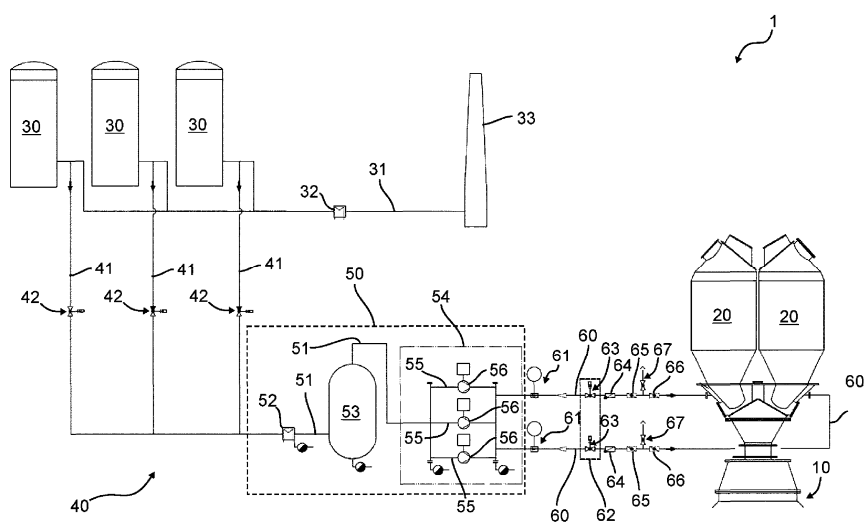
11. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что собранный из каупера (30) отходящий газ охлаждают посредством охлаждающего устройства (52) перед его вводом в сырьевой бункер (20).

12. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ перемещают через систему (40) транспортировки посредством блока (54) воздуходувок.

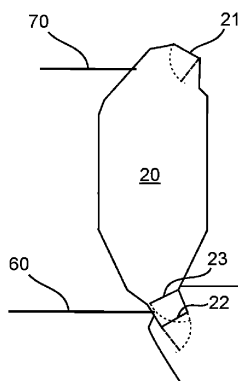
13. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что отходящий газ избирательно направляют по меньшей мере к одному из сырьевых бункеров (20) посредством блока (62) распределительных клапанов.

14. Доменный цех (1), который включает в себя доменную печь (10), по меньшей мере один сырьевой бункер (20) для загрузки исходных материалов в доменную печь (10), имеющий верхний уплотнительный клапан (21) и нижний уплотнительный клапан (22), и по меньшей мере один каупер (30), выполненный для выработки горячего дутья для доменной печи (10), отличающийся тем, что доменный цех (1) также включает в себя систему (40) транспортировки, выполненную для транспортировки отходящего газа по меньшей мере от одного каупера (30) по меньшей мере к одному сырьевому бункеру (20), и тем, что доменный цех (1) выполнен для ввода отходящего газа в сырьевой бункер (20) и осуществления по

меньшей мере одного цикла загрузки, как определено по п.1.



Фиг. 1



Фиг. 2

