

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043471**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.26

(21) Номер заявки
202291699

(22) Дата подачи заявки
2020.11.26

(51) Int. Cl. **C21B 9/00** (2006.01)
C21B 5/06 (2006.01)
C21B 5/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ ДОМЕНННОГО ЦЕХА

(31) **LU101514**

(32) **2019.12.03**

(33) **LU**

(43) **2022.09.23**

(86) **PCT/EP2020/083474**

(87) **WO 2021/110528 2021.06.10**

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

(72) Изобретатель:
**Кинцель Клаус Петер, Касс Жиль
(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) **WO-A-2019057930
GB-A-2513185
JP-A-2014005510
JP-A-2004309067**

(57) Изобретение относится к способу переоборудования доменного цеха (1), который первоначально включает в себя по меньшей мере одну доменную печь (10, 50), несколько исходных воздухонагревателей (31-36), адаптированных для выработки горячего дутья, систему (11, 51) обеспечения колошниковым газом для подачи колошникового газа по меньшей мере от одной доменной печи (10, 50) к каждому из исходных воздухонагревателей (31-36), систему (14) обеспечения холодным дутьем для подачи холодного дутья к каждому из исходных воздухонагревателей (31-36), систему (15, 55) обеспечения горячим дутьем для подачи горячего дутья от каждого исходного воздухонагревателя (31-36) к системе (16, 56) ввода горячего дутья, которая адаптирована для ввода газа по меньшей мере в одну доменную печь (10, 50) на уровне (10.1, 50.1) фурм, причем способ включает в себя, по меньшей мере, частично, во время эксплуатации исходных воздухонагревателей (31-36) для выработки горячего дутья, сооружение по меньшей мере одного вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40, 41), адаптированного для выработки синтез-газа посредством реформинга комбинации газов из содержащего CO₂ промышленного газа и содержащего углеводород топливного газа, и сооружение системы (18) обеспечения синтез-газом, адаптированной для соединения по меньшей мере одного вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40, 41) по меньшей мере с одной доменной печью (10, 50); соединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системой (14) обеспечения холодным дутьем и системой (15, 55) обеспечения горячим дутьем и эксплуатацию вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки горячего дутья; отсоединение первого исходного воздухонагревателя (31) от системы (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем; переоборудование первого исходного воздухонагревателя (31) с целью его адаптации для выработки синтез-газа, если необходимо, посредством замены его огнеупорной футеровки и/или поддержки его огнеупорной футеровки и/или его механических компонентов; соединение первого исходного воздухонагревателя (31) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом; отсоединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) от системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем, соединение первого исходного воздухонагревателя (31) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) с системой (19) обеспечения комбинацией газов для подачи комбинации газов и через систему (18) обеспечения синтез-газом по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50); эксплуатацию первого исходного воздухонагревателя (31) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки синтез-газа и подачу синтез-газа по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50) через систему (18) обеспечения синтез-газом.

B1**043471****043471****B1**

Изобретение относится к способу переоборудования доменного цеха.

Уровень техники

Несмотря на альтернативные способы, подобные плавлению скрапа или прямому восстановлению в электродуговой печи, доменная печь в настоящее время все еще представляет собой наиболее широко используемый процесс получения стали. Одной из проблем доменной печи является выходящий из доменной печи колошниковый газ. Поскольку газ выходит из доменной печи в ее верхней части, его обычно называют также "top gas" (дословно - "верхний газ", но в России используется обозначение "колошниковый газ" - прим. переводчика). В то время как в былые времена колошниковому газу могли позволять просто вытекать в атмосферу, это уже давно стало рассматриваться как растрата ресурсов и чрезмерная нагрузка на окружающую среду. Одним компонентом колошниковых газов является CO_2 , который является вредным для окружающей среды и преимущественно бесполезным для промышленного применения. Действительно, вытекающий из доменной печи колошниковый газ типично содержит CO_2 в концентрации от 20 до 30 об.%. Помимо этого колошниковый газ обычно содержит значительные количества N_2 , CO , H_2O и H_2 . Однако содержание N_2 в значительной степени зависит от того, используется ли для доменной печи горячий воздух или (чистый) кислород.

Главным образом для уменьшения используемого кокса высказывались предложения возвращать колошниковый газ из доменной печи, обрабатывать его для улучшения его восстановительного потенциала и вводить его назад в доменную печь для поддержания процесса восстановления. Одним способом выполнения этого является снижение содержания CO_2 в колошниковом газе посредством абсорбции с перепадом давления (PSA) или вакуумной абсорбции с перепадом давления (VPSA). Установки PSA/VPSA вырабатывают первый поток газа, который является богатым CO и H_2 , и второй поток газа, богатый CO_2 и H_2O . Первый поток газа может быть использован как восстановительный газ и подаваться назад в доменную печь. Примером этого подхода является процесс ULCOS (производство стали с ультранизким CO_2), в котором помимо рециркулированного первого потока газа в доменную печь подаются порошкообразный уголь и холодный кислород. Этот тип печи также называется "кислородной доменной печью с рециркуляцией колошниковых газов". Второй поток газа может быть удален из установки и после извлечения теплотворной способности утилизироваться. Эта утилизация спорно заключается в закачивании богатого CO_2 газа в подземные полости для хранения. Кроме того, хотя установки PSA/VPSA делают возможным значительное снижение содержания CO_2 в колошниковом газе от примерно 35 до 5 об.%, они являются очень дорогостоящими при покупке, содержании в исправности и требуют много пространства.

Было также предложено реформировать колошниковый газ для получения синтез-газа (также называемого синтез-газом), который может быть использован для нескольких промышленных целей. Согласно наиболее общепринятому процессу реформинга, колошниковый газ смешивается с топливным газом, который содержит по меньшей мере один углеводород (например CH_4 , и возможно углеводороды с более высоким молекулярным весом). В так называемой реакции сухого реформинга углеводороды топливного газа реагируют с CO_2 в колошниковом газе с образованием H_2 и CO . В так называемой реакции мокрого реформинга углеводороды реагируют с H_2O в колошниковом газе также с образованием H_2 и CO . В любом случае, получается синтез-газ, который имеет значительно повышенную концентрацию H_2 и CO . Также было предложено использовать синтез-газ в качестве восстанавливающего газа, который может быть рециркулирован, то есть повторно введен в доменную печь.

Согласно одному процессу синтез-газ подается в доменную печь на уровне фурм вместе с горячим дутьем (то есть горячим воздухом) и/или холодным кислородом и вспомогательным топливом, таким как, например, порошкообразный уголь, природный газ, кокс, коксовый газ или другим. Этот тип доменной печи может также называться "доменной печью на синтез-газе". Горячее дутье обычно вырабатывается в подогревателе дутья, также известном как каупер. Было также предложено сжигать колошниковый газ для выработки тепла, которое передается к печи горячего дутья, и от печи к горячему дутью. Имеются также другие возможности ввода синтез-газа. Например, он может быть введен на уровне шахты печи над уровнем фурм, в то время как "обычное" горячее дутье вводится на уровне фурм. Обычно использование синтез-газа уменьшает количество горячего дутья, которое необходимо для эффективной работы доменной печи.

Когда доменный цех должен быть адаптирован к использованию синтез-газа, это делает необходимыми множество изменений, таких как обеспечение реакционного сосуда для процесса реформинга, трубопроводов и систем ввода для транспортировки синтез-газа в доменную печь. Такие изменения являются очень дорогостоящими и поэтому их следует, если возможно, избегать. С другой стороны, необходимое количество или емкость доменных печей уменьшаются, по причине чего некоторые из них могут быть остановлены. Все эти изменения могут требовать остановки доменной печи на некоторое значительное время, что является в высшей степени нежелательным.

Техническая проблема

Таким образом, целью настоящего изобретения является обеспечение возможности эффективного переоборудования доменного цеха для использования синтез-газа. Эта цель решена способом согласно п.1 формулы изобретения.

Общее описание изобретения

Изобретение обеспечивает способ переоборудования доменного цеха. Прежде всего, доменный цех переоборудуют из состояния, которое не способствует использованию синтез-газа в доменной печи, в состояние, которое способствует такому использованию. Вообще это делает необходимым переоборудование или адаптацию некоторых элементов цеха, а также создание новых элементов и, возможно, демонтаж старых элементов.

Первоначально, то есть прежде чем переоборудование начинается, доменный цех включает в себя по меньшей мере одну доменную печь, несколько исходных воздухонагревателей, адаптированных для выработки горячего дутья, систему обеспечения колошниковым газом для подачи колошникового газа по меньшей мере из одной доменной печи к каждому исходному воздухонагревателю, систему обеспечения холодным дутьем для подачи холодного дутья к каждому из исходных воздухонагревателей, систему обеспечения горячим дутьем для подачи горячего дутья из каждого исходного воздухонагревателя к системе ввода горячего дутья, которая адаптирована для ввода газа по меньшей мере в одну доменную печь на уровне фурм. Здесь и в дальнейшем термины "один" и "по меньшей мере один" имеют одинаковое значение. Исходные воздухонагреватели могут также называться воздухонагревателями доменной печи, нагревателями доменной печи или кауперами. Термин "исходный воздухонагреватель" просто обозначает, что эти воздухонагреватели присутствуют в начале способа согласно изобретению. Как известно из уровня техники, эти нагреватели являются разновидностью регенеративного теплообменника или регенератора.

Каждый исходный воздухонагреватель соединен с доменной печью посредством системы обеспечения колошниковым газом, через которую колошниковый газ может подаваться к исходному воздухонагревателю. Колошниковый газ, который может также называться газом доменной печи, собирается из доменной печи и является содержащим CO_2 газом. Помимо CO_2 колошниковый газ обычно содержит другие компоненты, такие как CO , H_2O , H_2 или другие. Прежде всего, это может быть содержащий H_2O газ. Он может содержать некоторое количество N_2 . Для обычного колошникового газа концентрация N_2 обычно находится между 35 и 50 об.%. Для обогащенного колошникового газа, то есть при использовании синтез-газа, концентрация N_2 обычно более низкая, например, ниже 20 об.%, ниже 10 об.% или ниже 5 об.%. Обычно колошниковый газ должен очищаться для снижения содержания в нем пыли. Также содержание в нем H_2O , предпочтительно, сильно снижается за счет конденсации. Это может быть сделано, например, в воздухоочистительной установке, где температура газа снижается, и вода может конденсироваться.

Затем колошниковый газ подается к каждому исходному воздухонагревателю через систему обеспечения колошниковым газом. Здесь и в дальнейшем "система обеспечения" ссылается на систему, включающую в себя одну трубу или систему труб, которые могут быть разветвленными или неразветвленными. Кроме того, система обеспечения может включать в себя множество частей, которые не соединены непосредственно друг с другом. Например, система обеспечения колошниковым газом может иметь первую часть для подачи колошникового газа от первой доменной печи к первой группе исходных воздухонагревателей и вторую часть для подачи колошникового газа от второй доменной печи ко второй группе исходных воздухонагревателей. В этом случае каждая из первой и второй частей может также соответственно называться первой и второй системой обеспечения колошниковым газом.

Помимо по меньшей мере одной трубы, система обеспечения может включать в себя по меньшей мере одно устройство или средство, которое не является трубой, например, воздухоочистительную установку, газгольдер, конденсатор или компрессор для повышения давления газа. Подразумевается, что такие устройства могут быть встроены в систему обеспечения. Например, колошниковый газ может подаваться системой обеспечения колошниковым газом не непосредственно из доменной печи, а по меньшей мере посредством по меньшей мере одного промежуточного устройства. Система обеспечения может также называться "системой распределения" или "обеспечением". В некоторых случаях промежуточное устройство отсутствует, так что система обеспечения может также называться "трубопроводом".

Колошниковый газ используется для нагревания соответствующего исходного воздухонагревателя. С одной стороны, может быть использовано остаточное тепло в колошниковом газе, происходящем из доменной печи. Кроме того, колошниковый газ может сжигаться в горелке исходного воздухонагревателя для выработки тепла. В любом случае, тепло передается к исходному воздухонагревателю (обычно к насадочному кирпичу в воздухонагревателе). Затем это тепло может, по меньшей мере, частично передаваться к холодному дутью, полученному через систему обеспечения холодным дутьем, посредством чего вырабатывается горячее дутье. Затем это горячее дутье передается через систему обеспечения горячим дутьем по меньшей мере к одной доменной печи или, более конкретно, к системе впуска горячего дутья, которая адаптирована для впуска газа по меньшей мере в одну доменную печь на уровне фурм. Уровень фурм обычно соответствует зоне плавления доменной печи. В типичном варианте осуществления система впуска горячего дутья включает в себя кольцевой трубопровод, который окружает доменную печь, и несколько фурм, которые начинаются от кольцевой трубы и простираются в доменную печь.

Обычно горячее дутье, которое является по существу горячим воздухом, комбинируется с богатым кислородом воздухом, который может подаваться к системе впуска горячего дутья через систему обеспе-

чения кислородом. Альтернативно, богатый кислородом воздух может подаваться к исходному(ым) воздухонагревателю(ям) в качестве части холодного дутья или вместе с холодным дутьем. То есть система обеспечения кислородом для подачи богатого кислородом газа может быть соединена с системой обеспечения холодным дутьем. Богатый кислородом газ в общем является газом, который имеет концентрацию O_2 значительно большую, чем воздух. Обычно богатый кислородом газ состоит главным образом из O_2 , то есть он имеет концентрацию O_2 более чем 50 об.%. Предпочтительно, он содержит по меньшей мере 60 об.%, предпочтительно по меньшей мере 80 об.%, более предпочтительно по меньшей мере 90 об.%. В некоторых случаях богатый кислородом газ может также называться "кислородом", хотя понятно, что едва ли можно избежать небольших концентраций (например, <5 об.%) других компонентов, таких как N_2 . Факультативно, вместе с горячим дутьем может вводиться вспомогательное топливо, такое как порошкообразный уголь, нефть, минеральный газ, коксовый газ и т.п.

Способ согласно изобретению включает в себя по меньшей мере описанные ниже шаги. В частности, шаги могут выполняться в последовательности, в которой они упоминаются. Однако возможно, что некоторые шаги могут выполняться в другой последовательности или одновременно.

Согласно одному шагу способа, который, по меньшей мере, частично (если не полностью) выполняется при эксплуатации исходных воздухонагревателей для выработки горячего дутья, сооружают по меньшей мере один вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель. Этот вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель адаптирован для выработки синтез-газа посредством реформирования комбинации газов из содержащего CO_2 и/или H_2O промышленного газа и содержащего углеводороды топливного газа, и сооружают систему обеспечения синтез-газом, которая адаптирована для соединения по меньшей мере одного вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя по меньшей мере с одной доменной печью. Другими словами, по меньшей мере один вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель сооружают без прерывания исходной работы доменной печи. Вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель также является регенератором, работающим по тому же принципу, что и исходные воздухонагреватели. Тем не менее, в отличие от исходных воздухонагревателей вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель адаптирован с самого начала для выработки синтез-газа или синтез-газа, который получается из реакции реформинга комбинации газов. Эта реакция реформинга может серьезно повредить обычный воздухонагреватель в зависимости от его исходных деталей. Основное различие между вырабатывающим синтез-газ воздухонагревателем и исходным воздухонагревателем на самом деле имеет отношение к огнеупорной облицовке и возможно механическим деталям.

Комбинация газов включает в себя содержащий CO и/или H_2O промышленный газ и содержащий углеводороды топливный газ. Топливный газ может быть, например, коксовым газом, природным газом, биогазом или комбинацией или смесью любых из этих газов. Он обычно имеет высокую концентрацию низкомолекулярных углеводородов, прежде всего, CH_4 . Промышленный газ и топливный газ могут подаваться отдельно или вместе. В комбинации газов промышленный газ и топливный газ могут быть более или менее хорошо смешаны. Обычно комбинация газов может также называться газовой смесью. В некоторых случаях может быть достаточным, например, вводить в воздухонагреватель два газа, так что смешивание происходит более или менее пассивно за счет конвекции и/или диффузии. Тем не менее понятно, что химическая реакция ускорится за счет более высокой степени смешения.

Внутри вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя газы подвергаются процессу реформинга, образуя посредством этого синтез-газ, который обычно содержит значительное количество CO и H_2 . Химический механизм процесса реформинга не ограничивается объемом изобретения, но он обычно по меньшей мере включает в себя, что содержащийся в промышленном газе CO_2 реагирует с углеводородом в топливном газе, например, согласно следующей реакции: $CO_2 + CH_4 \rightarrow 2H_2O + 2CO$. Это также может называться сухим реформингом. Также содержащаяся в колошниковом газе H_2O может реагировать с углеводородом в топливном газе, например, согласно следующей реакции: $H_2O + CH_4 \rightarrow 3H_2 + CO$. Это также может называться мокрым реформингом. Процесс реформинга обычно требует повышенных температур, например, выше $800^\circ C$. Эти температуры обеспечиваются посредством заблаговременного нагревания вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя. Как в случае с исходными воздухонагревателями, нагревание может достигаться посредством сжигания колошникового газа и/или использования остаточного тепла в колошниковом газе. Процесс реформинга также может выполняться при повышенном давлении. В этом случае может сжиматься газовая смесь или колошниковый газ, или колошниковый газ и топливный газ могут сжиматься по отдельности и объединяться. Факультативно, процесс реформинга может поддерживаться посредством катализатора, который обычно вводится в вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель.

Однако заново сооруженный вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель не используется немедленно для выработки синтез-газа. На другом шаге способа первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель подключают к системе обеспечения колошниковым газом, системе обеспечения холодным дутьем и системе обеспечения горячим дутьем и эксплуатируют для выработки горячего дутья. Другими словами, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель (временно) используют для выработки горячего дутья, то есть его эксплуатируют аналогично исходному воздухонагревателю. Это воз-

можно, поскольку нагревание холодного дутья для выработки горячего дутья менее вредно для внутренней части воздухонагревателя, чем поддержка процесса реформинга. Кроме того, скорость потока подлежащего использованию в доменной печи синтез-газа обычно намного ниже, чем скорость потока горячего дутья. Однако выработка синтез-газа требует намного большего подвода энергии на м^3 синтез-газа, чем на выработку горячего дутья. По этой причине размеры вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя и нагревателя горячего дутья одинаковы, прежде всего, теплоемкость и топочная часть могут быть одинаковы.

На другом шаге, который обычно выполняют после начала эксплуатации первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя для выработки горячего дутья, первый исходный воздухонагреватель отсоединяют от системы обеспечения колошниковым газом, системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем. Понятно, что первый исходный воздухонагреватель выключают прежде, чем его отсоединяют от вышеупомянутых систем обеспечения. Здесь и в дальнейшем "отсоединение" обычно относится к предотвращению любого газообмена, что может быть достигнуто посредством закрывания клапанов. Однако это обычно относится к демонтажу части системы обеспечения, посредством которой соответствующий воздухонагреватель соединяется с системой обеспечения.

После его отсоединения первый исходный воздухонагреватель переоборудуют для его адаптации для выработки синтез-газа. Как уже указано выше, для этой адаптации вся структура первого исходного воздухонагревателя не требует изменения. Скорее это переоборудование может относиться к адаптации качества огнеупорной футеровки/замене огнеупорной футеровки и/или поддержке огнеупорной футеровки и/или его механических деталей, таких как, например, клапаны. Здесь и в дальнейшем "переоборудование" исходного воздухонагревателя всегда относится к его адаптации для выработки синтез-газа.

После переоборудования первого исходного воздухонагревателя его соединяют с системой обеспечения колошниковым газом. Как станет очевидным ниже, первый исходный воздухонагреватель, который теперь адаптирован для выработки синтез-газа, может или быть использован непосредственно для выработки синтез-газа или он может быть временно использован для выработки горячего дутья.

В любом случае, способ также включает в себя отсоединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя от системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем, соединение первого исходного воздухонагревателя и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя с системой обеспечения комбинацией газов для обеспечения комбинацией газов и через систему обеспечения синтез-газом с доменной печью. Другими словами, выработку горячего дутья посредством первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя останавливают, и поэтому он может быть отсоединен от системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем. Если необходимо, то он может быть также временно отсоединен от системы обеспечения колошниковым газом. Первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель и первый исходный воздухонагреватель соединены с системой обеспечения комбинацией газов для обеспечения комбинацией газов. Обычно оба газа подаются вместе, то есть они обычно, по меньшей мере, в некоторой степени смешиваются перед достижением воздухонагревателя. Тем не менее, было бы возможным, что система обеспечения комбинацией газов включает в себя отдельные трубы для двух газов. Для сжатия упомянутой выше комбинации газов система обеспечения комбинацией газов может включать в себя по меньшей мере один компрессор. Кроме того, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель и первый исходный воздухонагреватель соединены с доменной печью через систему обеспечения синтез-газом. С одной стороны, это может относиться к соединению воздухонагревателей с системой обеспечения синтез-газом. С другой стороны, это может относиться к соединению системы обеспечения синтез-газом с доменной печью, так что ввод синтез-газа в доменную печь облегчается.

После того как вышеупомянутые шаги были выполнены, первый исходный воздухонагреватель и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель эксплуатируют для выработки синтез-газа, и синтез-газ подают к доменной печи через систему обеспечения синтез-газом. Без ограничения объема изобретения синтез-газ обычно вводят в доменную печь в качестве восстановительного газа. Прежде всего, его могут вводить вместе с богатым кислородом воздухом, что включает в себя возможность обеспечения богатым кислородом горячим дутьем. Понятно, что посредством рециркуляции, то есть реформирования и выполнения повторного ввода, колошниковый газ, выбросы CO_2 могут быть существенно уменьшены. Также, поскольку богатый кислородом газ содержит значительно меньше N_2 , чем воздух, концентрация восстановительных газов, таких как CO и H_2 выше, что помогает повышению производительности доменной печи.

Если, как упомянуто выше, вместе с горячим дутьем вводят вспомогательное топливо, то этот ввод топлива обычно может продолжаться во время и после переоборудования. Однако в некоторых случаях ввод вспомогательного топлива может быть (или должен быть) уменьшен или даже остановлен. Например, если увеличенное количество колошникового газа может быть превращено в синтез-газ и большое количество синтез-газа вводится в печь, это может сделать вспомогательное топливо (например, порошкообразный уголь) ненужным.

Понятно, что временное использование первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя в качестве "резерва" для выработки горячего дутья минимизирует время остановки доменной печи (или

любое время сниженной эффективности). Также является полезным, что первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель не выводится из эксплуатации после того, как он послужил в качестве резерва, а может быть использован для выработки синтез-газа.

Для предотвращения любых нежелательных взаимодействий синтез-газа с горячим дутьем за пределами доменной печи, способ может включать в себя создание системы ввода синтез-газа, которая адаптирована для ввода газа в доменную печь, и соединение системы обеспечения синтез-газом с системой ввода синтез-газа. Система ввода синтез-газа может быть создана перед, после или во время создания системы обеспечения синтез-газом. Аналогично системе ввода горячего дутья, она может включать в себя (второй) окружающий доменную печь кольцевой трубопровод, а также несколько фурм, трубок для вдувания газа или инжекторов, которые выходят из кольцевого трубопровода и простираются в доменную печь. Когда синтез-газ поставляется через систему обеспечения синтез-газом, он вводится отдельно от горячего дутья.

В некоторых вариантах осуществления систему ввода горячего дутья исключают, например, если работа доменной печи изменена на ввод чистого кислорода (то есть ввод богатого кислородом газа, прежде всего, чистого кислорода). В таком случае, сооружение системы ввода синтез-газа может включать в себя, по меньшей мере, частично переоборудование системы ввода горячего дутья для его адаптации к вводу синтез-газа. Например, существующий кольцевой трубопровод может быть переоборудован посредством замены огнеупорного материала, и могут быть установлены новые фурмы для синтез-газа. Внутри каждой фурмы для синтез-газа может располагаться трубка для вдувания газа, через которую может вводиться чистый кислород.

Даже хотя система ввода синтез-газа отделена от системы ввода колошниковога газа (если даже присутствует), она может быть адаптирована для ввода газа на уровне фурм. Грубо говоря, система ввода колошниковога газа и система ввода синтез-газа обе могут быть расположены на уровне фурм, делая возможным ввод синтез-газа и горячего дутья раздельно, но в одну и ту же область доменной печи. Система ввода синтез-газа может иметь специальный комплект фурм, которые расположены чередующимися с фурмами системы ввода горячего дутья. Альтернативно или дополнительно, система ввода синтез-газа может быть адаптирована для ввода газа на уровне шахты печи выше уровня фурм. Уровень шахты печи в значительной степени соответствует восстановительной зоне доменной печи, которая обычно имеет температуры значительно более низкие, чем зона плавления. Например, температура на уровне шахты печи может быть между 800°C и 1100°C. Факультативно, синтез-газ может быть охлажден перед его вводом через систему ввода синтез-газа или он может быть смешан с другим газом, который имеет более низкую температуру но, например, одинаковый состав. Подходящие газы для смешения с синтез-газом включают в себя газ кислородно-конвертерного цеха и колошниковый газ. Эти меры могут предотвращать вредное влияние синтез-газа на распределение температуры в доменной печи.

Предпочтительно, систему ввода синтез-газа, по меньшей мере, частично сооружают во время работы по меньшей мере одной доменной печи. Другими словами, доменная печь не должна останавливаться в течение всего времени сооружения системы ввода синтез-газа. Например, кольцевой трубопровод системы ввода синтез-газа может быть сооружен в то время, как доменная печь находится в эксплуатации, поскольку он располагается полностью за пределами доменной печи. Любые компоненты системы ввода, которые входят внутрь доменной печи (наподобие вышеупомянутых фурм, трубок для ввода газа или форсунок) требуют для монтажа или изготовления временной остановки доменной печи. Однако это обычно требует относительно короткого времени.

В то время как способ согласно изобретению нацелен на минимизацию затрат на переоборудование существующей установки в установку с выработкой синтез-газа, он также нацелен на минимизацию времени остановки доменной печи. Однако некоторые шаги способа обычно должны выполняться во время остановки по меньшей мере одной доменной печи. Например, присоединение вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя к системе обеспечения колошниковым газом, системе обеспечения холодным дутьем и системе обеспечения горячим дутьем требует остановки. Эта установка может быть выполнена для присоединения первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя, а также для присоединения другого упомянутого ниже вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя. Другим шагом, который может потребовать остановки, является присоединение воздухонагревателя к системе обеспечения синтез-газом. Это может относиться к (переоборудованному) исходному воздухонагревателю, а также к вырабатывающему синтез-газ воздухонагревателю. Так же, как уже упомянуто выше, присоединение системы ввода синтез-газа к доменной печи требует остановки доменной печи. Это относится к монтажу или изготовлению любых компонентов системы ввода синтез-газа, которые помещаются внутрь доменной печи. Также если система ввода горячего дутья переоборудована для адаптации ее к вводу синтез-газа, то это в большинстве случаев возможно только во время остановки. За исключением случаев, когда любые шаги, которые требуют остановки, выполняются последовательно без любых других промежуточных шагов, является предпочтительным, что работа доменной печи возобновляется после каждого шага.

В одном предпочтительном варианте осуществления способ включает в себя следующие шаги, которые могут выполняться после отключения первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя от системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем. На одном шаге вто-

рой вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель соединяют с системой обеспечения колошниковым газом, системой обеспечения синтез-газом и системой обеспечения комбинацией газов. Понятно, что этот второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель также адаптирован для выработки синтез-газа и может факультативно иметь такой же размер и конфигурацию, как первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель. В то время как важной функцией первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя является поддержание достаточной выработки горячего дутья во время переоборудования первого исходного воздухонагревателя, это не относится ко второму вырабатывающему синтез-газ воздухонагревателю. Скорее он предназначен исключительно для выработки синтез-газа и гарантирования достаточной производительности, поскольку второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель и по меньшей мере один переоборудованный воздухонагреватель эксплуатируют для выработки синтез-газа. Поэтому второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель не соединяют с системой обеспечения холодным дутьем или системой обеспечения горячим дутьем. На другом шаге второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель вместе с первым вырабатывающим синтез-газ воздухонагревателем и первый исходный воздухонагреватель эксплуатируют для выработки синтез-газа, и синтез-газ подают по меньшей мере к одной доменной печи через систему обеспечения синтез-газом. Другими словами, если несколько исходных воздухонагревателей все еще используют для выработки горячего дутья (и, следовательно, не переоборудованы), по меньшей мере один из вышеупомянутых трех воздухонагревателей может быть использован для выработки синтез-газа. Следует отметить, что второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель может быть соединен с системой обеспечения синтез-газом и системой обеспечения комбинацией газов непосредственно перед, после или одновременно с первым вырабатывающим синтез-газ воздухонагревателем и первым исходным воздухонагревателем. В данном варианте осуществления является предпочтительным, что все три начинают выработку синтез-газа одновременно. Следовательно, второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель обычно соединяют с системой обеспечения синтез-газом и системой обеспечения комбинацией газов, прежде чем первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель и первый исходный воздухонагреватель начнут выработку синтез-газа.

Понятно, что второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель сооружается в то же время или даже перед тем, как сооружается первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель. Однако обычно более эффективным для всей процедуры переоборудования доменного цеха является, когда второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель сооружен после того, как началась эксплуатации вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя для выработки горячего дутья. На этой стадии достаточная выработка горячего дутья поддерживается за счет работы первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя. Прежде всего, второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель может сооружаться одновременно с переоборудованием первого исходного воздухонагревателя.

Особенно в тех случаях, когда второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель сооружен и запущен в эксплуатацию, может быть достаточным переоборудовать только первый исходный воздухонагреватель. В других случаях может быть необходимым или желательным переоборудовать второй исходный воздухонагреватель. Согласно такому варианту осуществления способ включает в себя следующие шаги, который выполняются после переоборудования первого исходного воздухонагревателя. На одном шаге первый исходный воздухонагреватель соединяют с системой обеспечения колошниковым газом, системой обеспечения холодным дутьем и системой обеспечения горячим дутьем. Понятно, что эти соединения способствуют выработке горячего дутья первым исходным воздухонагревателем. На другом шаге второй исходный воздухонагреватель соединяют от системы обеспечения колошниковым газом, системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем. Затем второй исходный воздухонагреватель переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа. По меньшей мере в то время, пока второй исходный воздухонагреватель переоборудуют, первый исходный воздухонагреватель и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель эксплуатируют для выработки горячего дутья. Эта эксплуатация может начинаться перед переоборудованием второго исходного воздухонагревателя и/или она может прекращаться после завершения переоборудования. На другом шаге первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель и первый исходный воздухонагреватель отсоединяют от системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем, и первый исходный воздухонагреватель, второй исходный воздухонагреватель и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель соединяют с системой обеспечения комбинацией газов и через систему обеспечения синтез-газом по меньшей мере с одной доменной печью. После этого шага все необходимые соединения установлены. После этого первый исходный воздухонагреватель, второй исходный воздухонагреватель и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель эксплуатируют для выработки синтез-газа, и синтез-газ подается по меньшей мере к одной доменной печи через систему обеспечения синтез-газом.

После завершающего шага вышеупомянутого варианта осуществления три воздухонагревателя эксплуатируют для выработки синтез-газа, которого обычно достаточно для эффективной эксплуатации (по меньшей мере одной) доменной печи. Согласно обычной конфигурации доменного цеха первоначально включает в себя три исходных воздухонагревателя. После переоборудования первого и второго исходного воздухонагревателей оставшийся не переоборудованный исходный воздухонагреватель обычно имеет

недостаточную производительность для поддержания обеспечения горячим дутьем доменной печи. Большой частью второй исходный воздуходогреватель переоборудуют, только если выработка горячего дутья не планируется для будущей эксплуатации доменной печи. С одной стороны, оставшийся исходный воздуходогреватель может быть демонтирован. Альтернативно он может быть также использован для выработки синтез-газа. Согласно одному варианту осуществления способ включает в себя следующие шаги. На одном шаге третий исходный воздуходогреватель отсоединяют от системы обеспечения колошниковым газом, системы обеспечения холодным дутьем и системы обеспечения горячим дутьем. На другом шаге третий исходный воздуходогреватель переоборудуют для его адаптации для выработки синтез-газа. После этого третий исходный воздуходогреватель соединяют с системой обеспечения комбинацией газов и через систему обеспечения синтез-газом по меньшей мере с одной доменной печью. После того как эти соединения были выполнены, третий исходный воздуходогреватель эксплуатируют для выработки синтез-газа, и синтез-газ подают по меньшей мере к одной доменной печи через систему обеспечения синтез-газом. Шаги могут быть выполнены после того, как первый исходный воздуходогреватель, второй исходный воздуходогреватель и первый вырабатывающий синтез-газ воздуходогреватель начали вырабатывать синтез-газ. По возможности они могут быть выполнены во время эксплуатации первого исходного воздуходогревателя, второго исходного воздуходогревателя и первого вырабатывающего синтез-газ воздуходогревателя для выработки синтез-газа. Впрочем понятно, что некоторые шаги требуют временной остановки доменного цеха. Однако помимо третьего исходного воздуходогревателя никакие воздуходогреватели не нуждаются в присоединении или отсоединении, то есть соединения других воздуходогревателей во время вышеупомянутых шагов могут сохраняться.

Хотя является возможным, что промышленный газ и топливный газ могут подаваться к соответствующему воздуходогревателю отдельно, или что этим газам можно позволить смешиваться в некоторой степени в системе обеспечения комбинацией газов, часто является выгодным использовать специальную смесительную камеру, где комбинация газов смешивается для образования газовой смеси, прежде все она вводится в воздуходогреватель. Соответственно, способ, предпочтительно, включает в себя сооружение смесительной камеры, и соединение смесительной камеры с системой обеспечения топливным газом для обеспечения топливным газом и с системой обеспечения комбинацией газов. Термин "смесительная камера" не следует понимать так, что внутри камеры осуществляется активное смешивание двух газов. Скорее газам позволяется смешиваться пассивно за счет конвекции, диффузии или других процессов. Понятно, что смесительная камера требует дополнительных соединений для приема промышленного газа, что будет обсуждено ниже.

Обычно в качестве промышленного газа используется колошниковый газ. Он является содержащим CO_2 газом, который имеется в доменном цехе в большом количестве. Соответственно, способ, предпочтительно, включает в себя соединение системы обеспечения колошниковым газом со смесительной камерой и подачу колошникового газа из доменной печи в качестве промышленного газа в смесительную камеру. Когда делается ссылка на "колошниковый газ", следует понимать, что собранный из верхней части доменной печи колошниковый газ требует очистки, прежде чем он может быть использован для дальнейших целей.

В этом контексте колошниковый газ можно сжимать перед тем, как он может быть введен в смесительную камеру. В таком случае соединение системы обеспечения колошниковым газом со смесительной камерой включает в себя установку по меньшей мере одного компрессора, и обеспечение колошниковым газом включает в себя сжатие колошникового газа. Альтернативно, система обеспечения комбинацией газов может включать в себя по меньшей мере один компрессор.

Как уже упомянуто в контексте с (обычной) конфигурацией из трех исходных воздуходогревателей, все исходные воздуходогреватели могут быть переоборудованы для адаптации их для выработки синтез-газа. Конечно, это может быть применимо к случаям, когда имеются более или менее чем три исходных воздуходогревателя. Альтернативно некоторые исходные воздуходогреватели могут быть переоборудованы, в то время как другие остаются адаптированными для выработки горячего дутья.

Доменный цех может включать в себя единственную доменную печь, так что все вырабатывающие синтез-газ воздуходогреватели и все исходные воздуходогреватели - перед и после переоборудования - соединены с одной и той же доменной печью. Однако способ также применим к доменным цехам с несколькими доменными печами. Согласно одному варианту осуществления доменный цех включает в себя первую доменную печь, соединенную с первой группой исходных воздуходогревателей через первую систему обеспечения горячим дутьем и первую систему обеспечения колошниковым газом, и вторую доменную печь, соединенную со второй системой обеспечения колошниковым газом. Понятно, что каждая из первой и второй групп исходных воздуходогревателей может быть соединена с (соответственно первой или второй) системой обеспечения холодным дутьем. Исходные воздуходогреватели в одной группе могут быть расположены относительно близко друг к другу, однако термин "группа" не следует понимать как ограничивающий пространственное размещение исходных воздуходогревателей.

В этом варианте осуществления способ включает в себя по меньшей мере следующие шаги. На одном шаге первый вырабатывающий синтез-газ воздуходогреватель соединяют по меньшей мере с одной из первой и второй системой обеспечения колошниковым газом. Прежде всего, он может быть соединен

с первой системой обеспечения колошниковым газом. Как описано выше, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель также соединен по меньшей мере с одной первой системой обеспечения колошниковым газом и по меньшей мере одной системой обеспечения холодным дутьем. Прежде всего, это может быть первая система обеспечения горячим дутьем и первая система обеспечения холодным дутьем. После этого все исходные воздухонагреватели первой группы переоборудуют и соединяют с системой обеспечения комбинацией газов и системой обеспечения синтез-газом. Другими словами, первый исходный воздухонагреватель и, где применимо, второй и третий исходные воздухонагреватели выбирают из первой группы. Эти исходные воздухонагреватели переоборудуют один за другим, как описано выше. Это обычно не делает необходимым сооружение второго вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя. После того как все исходные воздухонагреватели в первой группе были переоборудованы, их адаптируют для выработки синтез-газа. Как упомянуто выше, их все еще могут эксплуатировать для выработки горячего дутья, однако это не является их основной функцией. Поэтому первая система обеспечения горячим дутьем теряет свое назначение подачи горячего дутья к первой доменной печи. Соответственно, вторую систему обеспечения дутьем соединяют с первой доменной печью. Вторую систему обеспечения горячим дутьем обычно разветвляют, так что горячее дутье может подаваться к первой доменной печи и второй доменной печи. На этой стадии первая система обеспечения горячим дутьем, а также первая система обеспечения холодным дутьем могут быть демонтированы. На дальнейшем шаге способа систему обеспечения синтез-газом соединяют с первой доменной печью и второй доменной печью. Систему обеспечения синтез-газом могут соединять или с доменной печью посредством (соответственно первой или второй) системы ввода горячего дутья или посредством специальной (соответственно первой или второй) системы ввода синтез-газа.

Является предпочтительным, что после завершения переоборудования все исходные воздухонагреватели первой группы эксплуатируют для выработки синтез-газа, в то время как исходные воздухонагреватели второй группы эксплуатируют для выработки горячего дутья. Другими словами, все исходные воздухонагреватели первой группы были переоборудованы и сейчас используются для обеспечения обеих доменных печей синтез-газом, в то время как все исходные воздухонагреватели второй группы остаются адаптированными для выработки горячего дутья и обеспечению обеих доменных печей горячим дутьем.

Краткое описание фигур

Теперь будут описаны варианты осуществления посредством примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых

фиг. 1 является схематическим видом первого доменного цеха перед применением способа согласно изобретению,

фиг. 2-4 показывают разные стадии первого варианта осуществления способа согласно изобретению,

фиг. 5-9 показывают разные стадии второго варианта осуществления способа согласно изобретению,

фиг. 10 является схематическим видом второго доменного цеха перед применением способа согласно изобретению, и

фиг. 11-15 показывают разные стадии третьего варианта осуществления способа согласно изобретению.

Описание предпочтительных вариантов осуществления

На фиг. 1 показано схематическое изображение цеха 1 доменных печей. Он включает в себя доменную печь 10, общая работа которой известна согласно уровню техники и поэтому здесь разьяснять не будет. Система 16 ввода горячего дутья расположена на уровне 10.1 фурм доменной печи 10. Система 16 ввода горячего дутья соединена с системой 15 обеспечения горячим дутьем и с системой 17 обеспечения кислородом. Система 17 обеспечения кислородом обеспечивает богатый кислородом газ, который, например, может иметь концентрацию O_2 95 об.% и концентрацию N_2 5 об.%. В качестве альтернативы показанному здесь варианту осуществления, система 17 обеспечения кислородом может быть соединена с системой 14 обеспечения холодным дутьем, так что богатое кислородом холодное дутье подается к исходным воздухонагревателям 31-33 и богатое кислородом горячее дутье подается к системе 16 ввода горячего дутья. В самом деле, обще говоря, если горячее дутье используется в работе доменной печи, система обеспечения кислородом вводит кислород в холодное дутье, то есть выше по потоку от воздухонагревателей. Если, с другой стороны, доменная печь эксплуатируется как полностью кислородная печь, система обеспечения подает кислород непосредственно к доменной печи на уровне фурм, как показано на фиг. 1.

Кроме того, с горячим дутьем может вводиться вспомогательное топливо, такое как порошкообразный уголь или нефть, что также применимо ко второму и третьему описанным ниже вариантам осуществления. Система 15 обеспечения горячим дутьем соединена с тремя исходными воздухонагревателями 31-33, которые выполнены в виде нагревателей горячего дутья, которые получают холодное дутье от системы 14 обеспечения холодным дутьем и нагревают его для выработки горячего дутья. Каждый из исходных воздухонагревателей 31-33 соединен с системой 11 обеспечения колошниковым газом, которая получает колошниковый газ (или доменный газ) из верхней части доменной печи 10. Полученный колошниковый газ при обычной эксплуатации доменной печи с использованием горячего дутья может

иметь концентрацию N_2 ниже 50 об.%, концентрацию CO и CO_2 примерно по 23 об.% и примерно 6 об.% N_2 . Для эксплуатируемой с использованием синтез-газа доменной печи полученный колошниковый газ может иметь концентрацию N_2 ниже 5 об.%, концентрацию CO и CO_2 примерно по 40 об.% и примерно 15 об.% N_2 . Полученный колошниковый газ подается к системе 11 обеспечения колошниковым газом и очищается в воздухоочистительной установке 13, главным образом для удаления из газа твердых частиц и возможно конденсации части содержащихся в колошниковом газе паров. Колошниковый газ используется для нагревания исходных воздухонагревателей 31-33.

На фиг. 2-4 показан первый вариант осуществления способа переоборудования доменного цеха 1 согласно изобретению с целью его адаптации для использования синтез-газа. Как показано на фиг. 2, сооружают первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40, который в принципе имеет такую же конструкцию, как и исходные воздухонагреватели 31-33, которые адаптированы для поддержки процесса реформинга, в котором комбинация газов содержащего CO_2 промышленного газа (в данном случае колошникового газа) и содержащий углеводороды топливный газ (в данном случае коксовый газ, факультативно смешанный или объединенный с природным воздухом) реагируют с выработкой синтез-газа (или синтез-газа). Химический механизм процесса реформинга в объеме изобретения не ограничивается, но обычно включает в себя, по меньшей мере, что доля CO_2 промышленного газа реагирует с углеводородом в топливном газе, например, согласно следующей реакции: $CO_2 + CH_4 \rightarrow 2H_2 + 2CO$. Это может также называться сухим реформингом. Также доля H_2O в промышленном газе может реагировать с углеводородом в топливном газе, например, согласно следующей реакции: $H_2O + CH_4 \rightarrow 3H_2 + CO$. Это может также называться мокрым реформингом. Процесс реформинга обычно требует повышенных температур, например, выше $800^\circ C$. Повышенные температуры и химические свойства участвующих в процессе реформинга веществ могут серьезно повреждать любой из исходных воздухонагревателей 31-33 в зависимости от их исходной конфигурации/качества. С другой стороны, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 адаптирован с самого начала для противостояния условиям процесса реформинга, что обычно обусловлено разным типом огнеупорной футеровки и возможно разным типом поддержки для насадочного кирпича.

Как также можно увидеть на фиг. 2, сооружают систему 18 обеспечения синтез-газом, которая адаптирована для соединения первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя 40 с доменной печью 10. Также сооружают верхнюю систему 22 ввода синтез-газа на уровне 10.2 шахты печи выше уровня 10.1 фурм, и нижнюю систему 23 ввода синтез-газа сооружают на уровне 10.1 фурм. Каждая система 22, 23 ввода синтез-газа включает в себя кольцевой трубопровод и форсунки, которые входят в доменную печь 10, по этой причине доменная печь 10 должна быть временно остановлена во время установки форсунок. За исключением этой временной остановки эксплуатацию доменной печи 10 не прерывают. В показанной на фиг. 2 стадии система 18 обеспечения синтез-газом не соединена ни с системами 22, 23 ввода синтез-газа, ни с любыми из воздухонагревателей 31-33, 40.

На фиг. 3 показана другая стадия способа, где первый исходный воздухонагреватель 31 отсоединяют от системы 11 обеспечения колошниковым газом, системы 14 обеспечения холодным дутьем и системы 15 обеспечения горячим дутьем, в то время как первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 соединяют с этими системами 11, 14, 15 обеспечения.

Снова может потребоваться временная остановка доменной печи 10, хотя и только на ограниченный период времени. Первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 теперь эксплуатируют для генерирования горячего дутья, что возможно, поскольку условия для выработки горячего дутья менее жесткие, чем для процесса реформинга. Тем времени исходный воздухонагреватель 31 переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа. Это переоборудование может иметь отношение, если необходимо среди прочего, к замене огнеупорной футеровки и/или возможной адаптации поддержки огнеупорной футеровки и/или замене/адаптации механических компонентов. Также сооружают второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 41, который тоже адаптирован для выработки синтез-газа и может быть идентичным первому вырабатывающему синтез-газ воздухонагревателю 40.

На фиг. 4 показана финальная стадия способа переоборудования доменного цеха 1. Первый исходный воздухонагреватель 31 и второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 41 соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом, первый исходный воздухонагреватель 31, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 и второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 41 соединяют с системой 18 обеспечения синтез-газом, которую также соединяют с системами 22, 23 ввода синтез-газа. Кроме того, их соединяют с системой 19 обеспечения комбинацией газов, которая обеспечивает смесь колошникового газа и коксового газа (и, факультативно, природного газа). Сооружают смесительную камеру 21, с которой соединяют систему 19 обеспечения комбинацией газов. Кроме того, смесительную камеру соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом, через которую она получает колошниковый газ, и с системой 20 обеспечения топливным газом, через которую она получает коксовый газ (и, факультативно, природный газ, как показано штриховой стрелкой). Поскольку реакция реформирования обычно требует повышенного давления, система 19 обеспечения комбинацией газов может включать в себя компрессор. Альтернативно каждая из системы 11 обеспечения колошнико-

вым газом и системы 20 обеспечение топливным газом может включать в себя компрессор, так что колошниковый газ и топливный газ вводят в смесительную камеру 21 под повышенным давлением. Для простоты компрессоры здесь и последующем не показаны.

Доменный цех 1 может возобновить свою работу в измененном виде, где второй и третий исходные воздухонагреватели 32, 33 эксплуатируют для выработки горячего дутья, которое подают доменной печи 10 на уровне 10.1 фурм, в то время как первый исходный воздухонагреватель 31 и вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватели 40, 41 эксплуатируют для выработки синтез-газа, который подают через систему 18 обеспечения синтез-газом и вводят через верхнюю систему 22 ввода синтез-газа на уровне 10.2 шахты печи и через нижнюю систему 23 ввода синтез-газа на уровне 10.1 фурм.

В то время как в показанном на фиг. 2-4 варианте осуществления верхняя система 22 ввода синтез-газа сооружена на уровне 10.2 шахты печи и дополнительно нижняя система 23 ввода синтез-газа сооружена на уровне 10.1 фурм, было бы возможным изменить этот вариант осуществления так, что только одна система 22, 23 ввода сооружена или на уровне 10.1 фурм или на уровне 10.2 шахты доменной печи 10.

Если, как упомянуто выше, вспомогательное топливо вводится на уровне 10.1 фурм, то этот ввод топлива обычно может продолжаться во время и после переоборудования. Однако в некоторых случаях в зависимости от количества вырабатываемого синтез-газа ввод вспомогательного топлива требуется уменьшить или даже остановить. Например, если коксовый газ дополнен природным газом, то большее количество колошникового газа может быть превращено в синтез-газ, что может сделать вспомогательное топливо (например, порошкообразный уголь) ненужным. Это также относится к обсужденным ниже второму и третьему вариантам осуществления.

Фиг. 5-9 показывают второй вариант осуществления способа переоборудования показанного на фиг. 1 доменного цеха 1. На фиг. 5 показана первая стадия переоборудования, которая аналогична показанной на фиг. 2 стадии и поэтому снова не будет описана. Хотя в этом случае сооружают только верхнюю систему 22 ввода синтез-газа на уровне 10.2 шахты печи. На второй стадии, которая показана на фиг. 6, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом, системой 14 обеспечения холодным дутьем и системой 15 обеспечения горячим дутьем и эксплуатируют для выработки горячего дутья. Тем временем первый исходный воздухонагреватель 31 отсоединяют от системы 11 обеспечения колошниковым газом, системы 14 обеспечения холодным дутьем и системы 15 обеспечения горячим дутьем, после чего его переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа.

На третьей стадии, которая показана на фиг. 7, первый исходный воздухонагреватель 31, который был переоборудован, снова соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом, системой 14 обеспечения холодным дутьем и системой 15 обеспечения горячим дутьем и эксплуатируют для выработки горячего дутья. Тем временем второй исходный воздухонагреватель 32 отсоединяют от системы 11 обеспечения колошниковым газом, системы 14 обеспечения холодным дутьем и системы 15 обеспечения горячим дутьем, после чего его переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа.

На четвертой стадии (показанной на фиг. 8) второй исходный воздухонагреватель 32, который был переоборудован, снова соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом. Сооружают смесительную камеру 21 и соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом и системой 20 обеспечения топливным газом. Систему 16 ввода горячего дутья переоборудуют в нижнюю систему 23 ввода синтез-газа, что включает в себя адаптацию кольцевого трубопровода фурменных рукавов и установку отдельных трубок для ввода газа, через которые вводится богатый кислородом газ из системы 17 обеспечения кислородом. Также первый исходный воздухонагреватель 31, второй исходный воздухонагреватель 32 и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 соединяют с системой 18 обеспечения синтез-газом и через систему 19 обеспечения комбинацией газов со смесительной камерой 21. Систему 18 обеспечения синтез-газом соединяют с верхней системой 22 ввода синтез-газа и с нижней системой 23 ввода синтез-газа. Первый и второй исходные воздухонагреватели 31, 32 и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 эксплуатируют для производства синтез-газа, который подается к доменной печи на уровне 10.2 шахты через систему 18 обеспечения синтез-газом и системы 22, 23 ввода синтез-газа. Тем временем третий исходный воздухонагреватель 33 отсоединяют от системы 11 обеспечения колошниковым газом. Систему 14 обеспечения холодным дутьем и систему 15 обеспечения горячим дутьем демонтируют. Третий исходный воздухонагреватель 33 переоборудуют для его адаптации для выработки синтез-газа.

На фиг. 9 показана конечная стадия процесса переоборудования. Третий исходный воздухонагреватель 33 соединяют с системой 11 обеспечения колошниковым газом, системой 18 обеспечения синтез-газом и системой 19 обеспечения комбинацией газов. После этого его эксплуатируют для выработки синтез-газа. Как можно увидеть при сравнении фиг. 4 и фиг. 9, второй вариант осуществления полностью исключает выработку горячего дутья, так что только богатый кислородом газ вводится на уровне 10.1 фурм через систему 17 обеспечения кислородом и нижнюю систему 23 ввода синтез-газа. Все исходные воздухонагреватели 31-33 были переоборудованы и эксплуатируются для выработки синтез-газа, который вводится через систему 18 обеспечения синтез-газом и верхнюю систему 22 ввода синтез-газа на уровне 10.2 шахты и нижнюю систему 23 ввода синтез-газа на уровне 10.1 фурм.

На фиг. 10 показан второй вариант осуществления доменного цеха 1, который по существу включает в себя два доменных цеха, показанные на фиг. 1. Он включает в себя первую доменную печь 10 и вторую доменную печь 50. Первую систему 16 ввода горячего дутья располагают на уровне 10.1 фурм первой доменной печи 10. Первую систему 16 ввода горячего дутья соединяют с первой системой 15 обеспечения горячим дутьем и первой системой 17 обеспечения кислородом. Первую систему 15 обеспечения горячим дутьем соединяют с первой группой 30 исходных воздухонагревателей 31-33, которые получают холодное дутье от первой системы обеспечения холодным дутьем (которая для упрощения не показана) и нагревают его для выработки горячего дутья. Предпочтительно, горячее дутье обогащено кислородом. Каждый из исходных воздухонагревателей 31-33 первой группы 30 соединяют с первой системой 11 обеспечения колошниковым газом, которая получает колошниковый газ из первой доменной печи 10. Кроме того, вторую систему 56 ввода горячего дутья располагают на уровне 50.1 фурм второй доменной печи 50. Вторую систему 56 ввода горячего дутья соединяют со второй системой 55 обеспечения горячим дутьем и со второй системой 57 обеспечения кислородом. Вторую систему 55 обеспечения горячим дутьем соединяют со второй группой 37 исходных воздухонагревателей 34-36, которые получают холодное дутье из второй системы обеспечения холодным дутьем (не показана) и нагревают его для выработки горячего дутья. Каждый из исходных воздухонагревателей 34-36 соединяют со второй системой 51 обеспечения колошниковым газом, которая получает колошниковый газ из второй доменной печи 50.

На фиг. 11-15 показан третий вариант осуществления способа согласно изобретению, посредством которого может быть переоборудован показанный на фиг. 10 доменный цех 1. Как можно также увидеть на фиг. 11, сооружают систему 18 обеспечения синтез-газом, которая адаптирована для соединения первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя 40 с первой доменной печью 10 и второй доменной печью 50. Также первую верхнюю систему 22 ввода синтез-газа сооружают на уровне 10.2 шахты первой доменной печи 10, первую нижнюю систему 23 ввода синтез-газа сооружают на уровне 10.1 фурм первой доменной печи 10, вторую верхнюю систему 62 сооружают на уровне 50.2 шахты второй доменной печи 50 и вторую нижнюю систему 53 ввода синтез-газа сооружают на уровне 50.1 фурм второй доменной печи. На показанной на фиг. 11 стадии систему 18 обеспечения синтез-газом не соединяют ни с любой системой 22, 23, 62, 63 ввода синтез-газа, ни с любым из воздухонагревателей 31-36, 40.

На второй стадии, которая показана на фиг. 12, первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 соединяют с первой системой 11 обеспечения колошниковым газом, первой системой обеспечения холодным дутьем и первой системой 15 обеспечения горячим дутьем и эксплуатируют для выработки горячего дутья. Тем временем первый исходный воздухонагреватель 31, который является частью первой группы 30, отсоединяют от первой системы 11 обеспечения колошниковым газом, первой системы обеспечения холодным дутьем и первой системы 15 обеспечения горячим дутьем, после чего его переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа.

На третьей стадии, которая показана на фиг. 13, первый исходный воздухонагреватель 31, который был переоборудован, снова соединяют с первой системой 11 обеспечения колошниковым газом, первой системой обеспечения холодным дутьем и первой системой 15 обеспечения горячим дутьем и эксплуатируют для выработки горячего дутья. Тем временем второй исходный воздухонагреватель 32, который также является частью первой группы 30, отсоединяют от первой системы 11 обеспечения колошниковым газом, первой системы обеспечения холодным дутьем и первой системы 15 обеспечения горячим дутьем, после чего его переоборудуют с целью для выработки синтез-газа.

На четвертой стадии (показанной на фиг. 14) первый исходный воздухонагреватель 31, который был переоборудован, снова соединяют с первой системой 11 обеспечения колошниковым газом, первой системой обеспечения холодным дутьем и первой системой 15 обеспечения горячим дутьем. Тем временем третий исходный воздухонагреватель 33 отсоединяют от системы 11 обеспечения колошниковым газом, первой системы обеспечения холодным дутьем и первой системы 15 обеспечения горячим дутьем, и его переоборудуют для адаптации для выработки синтез-газа.

На фиг. 15 показана конечная стадия процесса переоборудования. Сооружают смесительную камеру 21 и соединяют с первой и второй системами 11, 51 обеспечения колошниковым газом и системой 20 обеспечения топливным газом. Также первый исходный воздухонагреватель 31, второй исходный воздухонагреватель 32, третий исходный воздухонагреватель 33 и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 соединяют с системой 18 обеспечения синтез-газом и через систему 19 обеспечения комбинацией газов со смесительной камерой 21. Систему 18 обеспечения синтез-газом соединяют с первой верхней и нижней системой 22, 23 ввода синтез-газа и второй верхней и нижней системой 62, 63 ввода синтез-газа. Первый, второй и третий исходные воздухонагреватели 31-33 и первый вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель 40 эксплуатируют для выработки синтез-газа, который подается к обоим доменным печам 10, 50 на уровне 10.1, 50.1 фурм через систему 18 обеспечения синтез-газом и соответствующую систему 22, 23, 62, 63 ввода синтез-газа. Первую систему 14 обеспечения холодным дутьем и первую систему 15 обеспечения горячим дутьем демонтируют. Вместо первой системы 15 обеспечения горячим дутьем, с системой 16 ввода горячего дутья соединяют вторую систему 55 обеспечения горячим дутьем. Все исходные воздухонагреватели 31-33 первой группы 30 были переоборудованы и эксплуатируются для выработки синтез-газа, в то время как все исходные воздухонагреватели 34-36 второй группы

37 остаются неизменными и эксплуатируются для выработки горячего дутья.

В то время как в показанном на фиг. 11-15 варианте осуществления имеется соответствующая верхняя система 22, 62 ввода синтез-газа, расположенная на уровне 10.2, 50.2 шахты, и дополнительно соответствующая нижняя система 23, 63 ввода синтез-газа, расположенная на уровне 10.1, 50.1 фурм, будет возможным изменение этого варианта осуществления так, что по меньшей мере только одна доменная печь 10, 50 имеет единственную систему 22, 23, 62, 63 ввода, которая будет размещена или на уровне 10.1, 50.1 фурм или на уровне 10.2, 50.2 шахты соответствующей доменной печи 10, 50.

Перечень ссылочных обозначений:

- 1 - доменный цех;
- 10, 50 - доменная печь;
- 10.1, 50.1 - уровень фурм;
- 10.2, 50.2 - уровень шахты;
- 11, 51 - система обеспечения колошниковым газом;
- 13, 53 - газоочистительная установка;
- 14 - система обеспечения холодным дутьем;
- 15, 55 - система обеспечения горячим дутьем;
- 16, 56 - система ввода горячего дутья;
- 17, 57 - система обеспечения кислородом;
- 18 - система обеспечения синтез-газом;
- 19 - система обеспечения комбинацией газов;
- 20 - система обеспечения топливным газом;
- 21 - смесительная камера;
- 22, 23, 62, 63 - система ввода синтез-газа;
- 30 - первая группа;
- 31-36 - исходный воздухонагреватель;
- 37 - вторая группа;
- 40, 41 - вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ переоборудования доменного цеха (1), который первоначально включает в себя по меньшей мере одну доменную печь (10, 50), несколько исходных воздухонагревателей (31-36), адаптированных для выработки горячего дутья, систему (11, 51) обеспечения колошниковым газом для подачи колошниковых газов по меньшей мере от одной доменной печи (10, 50) к каждому из исходных воздухонагревателей (31-36), систему (14) обеспечения холодным дутьем для подачи холодного дутья к каждому из исходных воздухонагревателей (31-36), систему (15, 55) обеспечения горячим дутьем для подачи горячего дутья от каждого исходного воздухонагревателя (31-36) к системе (16, 56) ввода горячего дутья, которая адаптирована для ввода газа по меньшей мере в одну доменную печь (10, 50) на уровне (10.1, 50.1) фурм, причем способ включает в себя,

по меньшей мере, частично, во время эксплуатации исходных воздухонагревателей (31-36) для выработки горячего дутья, сооружение по меньшей мере одного вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40, 41), адаптированного для выработки синтез-газа посредством реформинга комбинации газов из содержащего CO_2 промышленного газа и содержащего углеводород топливного газа, и сооружение системы (18) обеспечения синтез-газом, адаптированной для соединения по меньшей мере одного вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40, 41) по меньшей мере с одной доменной печью (10, 50),

соединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системой (14) обеспечения холодным дутьем и системой (15, 55) обеспечения горячим дутьем и эксплуатацию вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки горячего дутья,

отсоединение первого исходного воздухонагревателя (31) от системы (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

переоборудование первого исходного воздухонагревателя (31) с целью его адаптации для выработки синтез-газа, если необходимо, посредством замены его огнеупорной футеровки и/или поддержки его огнеупорной футеровки и/или его механических компонентов,

соединение первого исходного воздухонагревателя (31) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом,

отсоединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) от системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем, соединение первого исходного воздухонагревателя (31) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) с системой (19) обеспечения комбинацией газов для подачи комбинации газов и через систему (18) обеспечения синтез-газом по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50),

эксплуатацию первого исходного воздухонагревателя (31) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки синтез-газа и подачу синтез-газа по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50) через систему (18) обеспечения синтез-газом.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что он включает в себя сооружение системы (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа, которая адаптирована для ввода газа по меньшей мере в одну доменную печь (10, 50), и соединение системы (18) обеспечения синтез-газом с системой (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что сооружение системы (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа включает в себя, по меньшей мере, частичное переоборудование системы (16, 56) ввода горячего дутья с целью ее адаптации для ввода синтез-газа.

4. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что систему (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа адаптируют для ввода газа на уровне (10.1, 50.1) фурм и/или на уровне (10.2, 50.2) шахты над уровнем (10.1, 50.1) фурм.

5. Способ по одному из пп.2-4, отличающийся тем, что систему (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа, по меньшей мере, частично сооружают во время эксплуатации по меньшей мере одной доменной печи (10, 50).

6. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что во время остановки по меньшей мере одной доменной печи (10, 50) выполняют по меньшей мере один из следующих шагов:

соединение вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40, 41) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системой (14) обеспечения холодным дутьем и системой (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

соединение воздухонагревателя (31-36, 40, 41) с системой (18) обеспечения синтез-газом,

соединение системы (22, 23, 62, 63) ввода синтез-газа по меньшей мере с одной доменной печью (10, 50).

7. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он включает в себя следующие шаги:

соединение второго вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (41) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системой (14) обеспечения холодным дутьем и системой (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

эксплуатация второго вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (41) вместе с первым вырабатывающим синтез-газ воздухонагревателем (40) и первым исходным воздухонагревателем (31) для выработки синтез-газа и подача синтез-газа по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50) через систему (18) обеспечения синтез-газом.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что второй вырабатывающий синтез-газ воздухонагреватель (41) сооружают после начала эксплуатации первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки горячего дутья.

9. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он включает в себя после переоборудования первого исходного воздухонагревателя (31)

соединение первого исходного воздухонагревателя (31) с системой (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системой (14) обеспечения холодным дутьем и системой (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

отсоединение второго исходного воздухонагревателя (32) от системы (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

переоборудование второго исходного воздухонагревателя (32) с целью его адаптации для выработки синтез-газа,

по меньшей мере, пока переоборудуют второй исходный воздухонагреватель (32), эксплуатацию первого исходного воздухонагревателя (31) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки горячего дутья,

отсоединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) и первого исходного воздухонагревателя (31) от системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем, соединение первого исходного воздухонагревателя (31), второго исходного воздухонагревателя (32) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) с системой (19) обеспечения комбинацией газов и через систему (18) обеспечения синтез-газом по меньшей мере с одной доменной печью (10, 50),

эксплуатацию первого исходного воздухонагревателя (31), второго исходного воздухонагревателя (32) и первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) для выработки синтез-газа и подачу синтез-газа по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50) через систему (18) обеспечения синтез-газом.

10. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он включает в себя следующие шаги:

отсоединение третьего исходного воздухонагревателя (33) от системы (11, 51) обеспечения колошниковым газом, системы (14) обеспечения холодным дутьем и системы (15, 55) обеспечения горячим дутьем,

переоборудование третьего исходного воздухонагревателя (33) с целью его адаптации для выработ-

ки синтез-газа,

соединение третьего исходного воздухонагревателя (33) с системой (19) обеспечения комбинацией газов и через систему (18) обеспечения синтез-газом по меньшей мере с одной доменной печью (10, 50),

эксплуатация третьего исходного воздухонагревателя (33) для выработки синтез-газа и подача синтез-газа по меньшей мере к одной доменной печи (10, 50) через систему (18) обеспечения синтез-газом.

11. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он включает в себя сооружение смесительной камеры (21) и соединение смесительной камеры (21) с системой (20) обеспечения топливным газом для подачи топливного газа к системе (19) обеспечения комбинацией газов.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что он включает в себя соединение системы (11, 51) обеспечения колошниковым газом со смесительной камерой (21) и подачу колошникового газа из доменной печи (10, 50) в качестве промышленного газа к смесительной камере (21).

13. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что все исходные воздухонагреватели (31-36) переоборудуют с целью их адаптации для выработки синтез-газа.

14. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что доменный цех (1) включает в себя первую доменную печь (10), соединенную с первой группой (30) исходных воздухонагревателей (31-36) через первую систему (15) обеспечения горячим дутьем и первую систему (11) обеспечения колошниковым газом, и вторую доменную печь (50), соединенную со второй группой (37) исходных воздухонагревателей (31-36) через вторую систему (55) обеспечения горячим дутьем и вторую систему (51) обеспечения колошниковым газом, и способ включает в себя

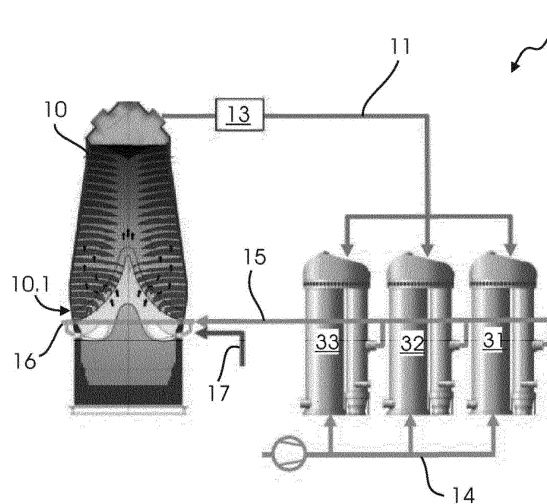
соединение первого вырабатывающего синтез-газ воздухонагревателя (40) по меньшей мере с одной из первой системы (11) обеспечения колошниковым газом и второй системы (51) обеспечения колошниковым газом,

переоборудование всех исходных воздухонагревателей (31-33) первой группы (30) и соединение их с системой (19) обеспечения комбинацией газов и системой (18) обеспечения синтез-газом,

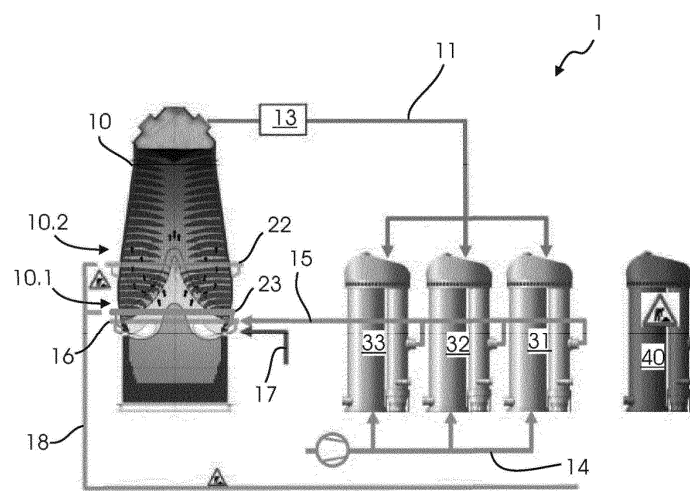
соединение второй системы (55) обеспечения горячим дутьем с первой доменной печью (10),

соединение системы (18) обеспечения синтез-газом с первой доменной печью (10) и второй доменной печью (50).

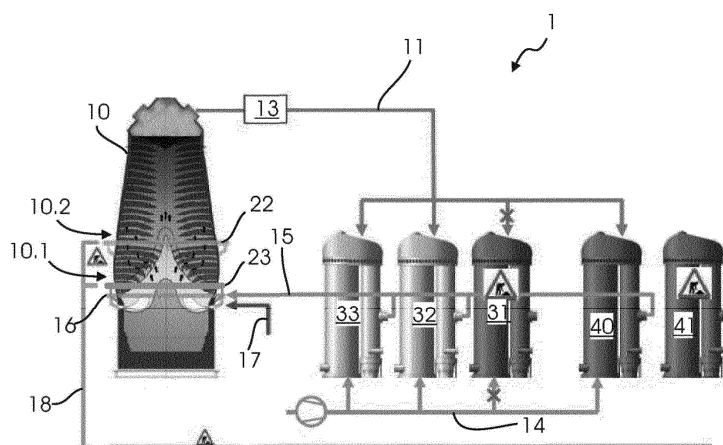
15. Способ по одному из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что после завершения переоборудования все исходные воздухонагреватели (31-33) первой группы (30) эксплуатируют для выработки синтез-газа, в то время как все исходные воздухонагреватели (34-36) второй группы (37) эксплуатируют для выработки горячего дутья.



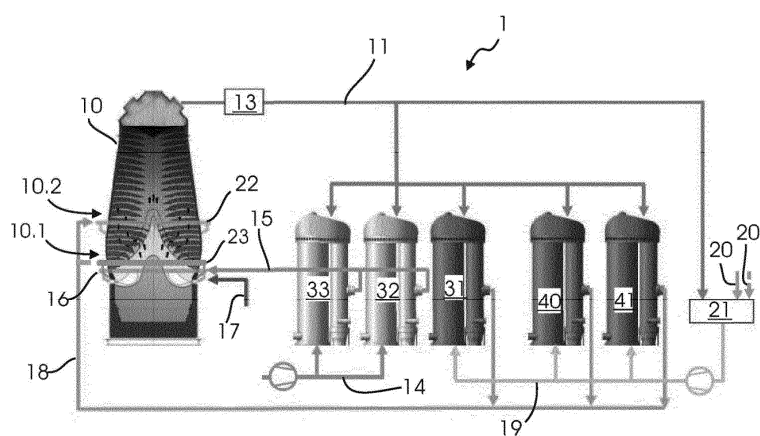
Фиг. 1



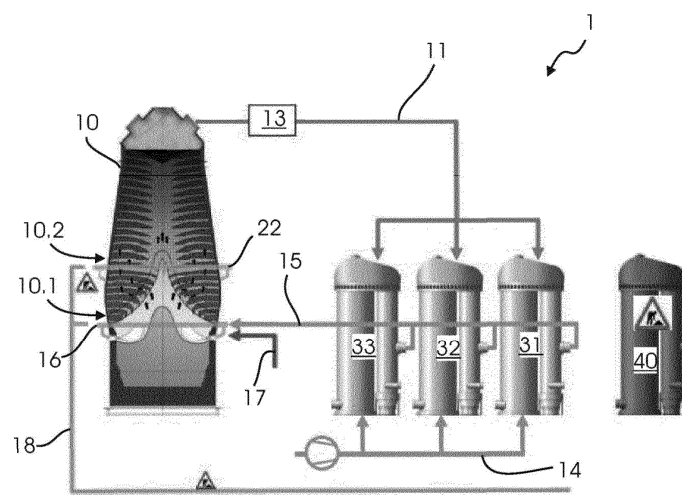
Фиг. 2



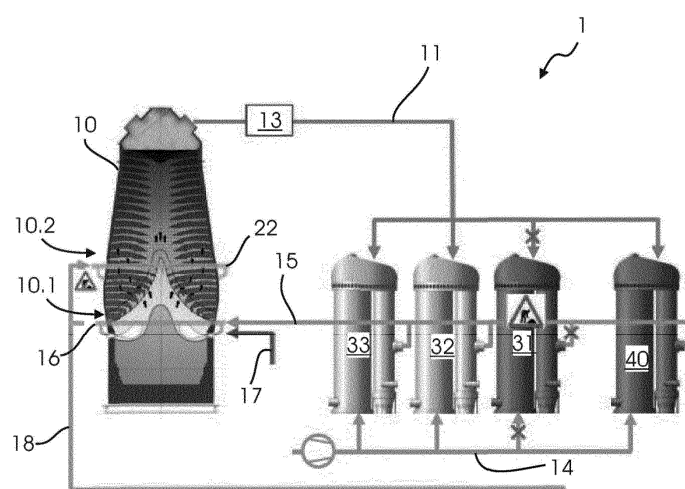
Фиг. 3



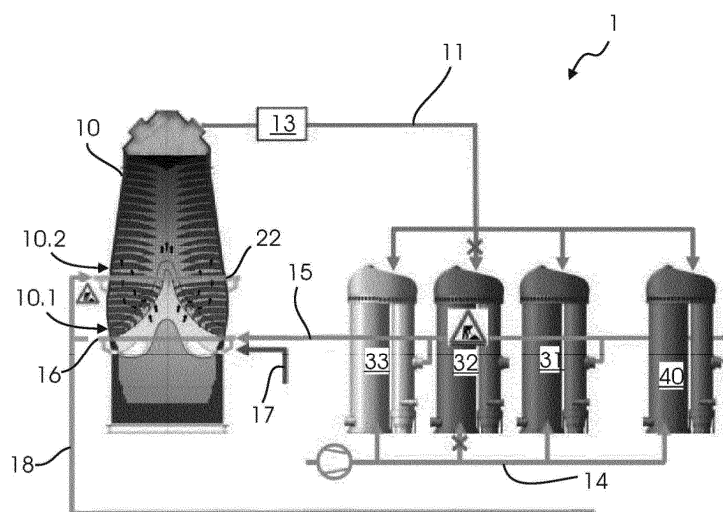
Фиг. 4



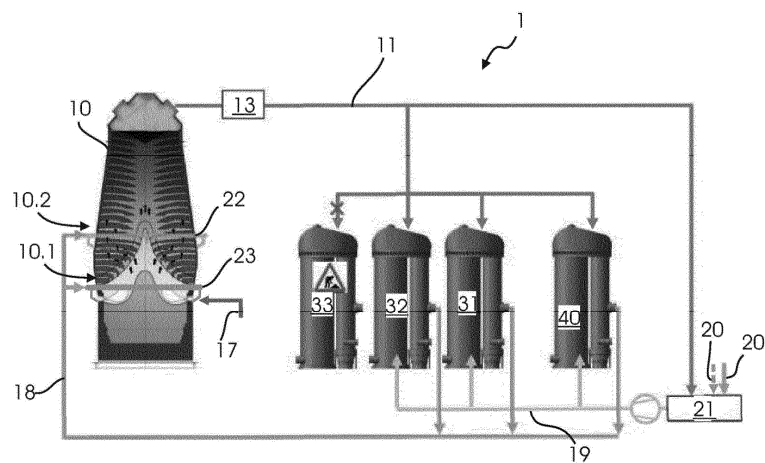
Фиг. 5



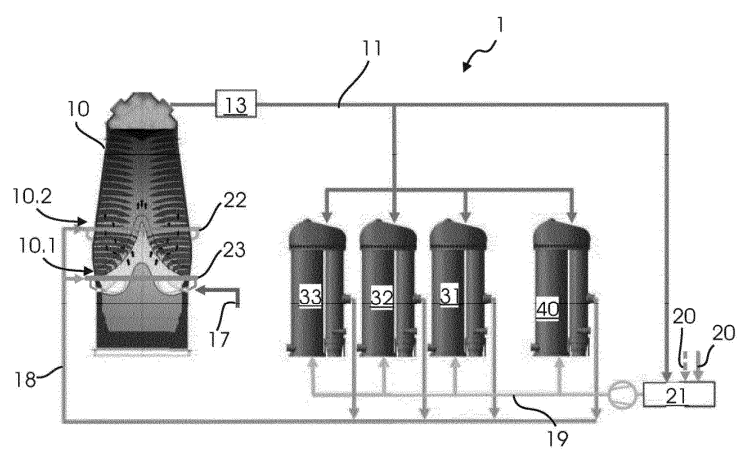
Фиг. 6



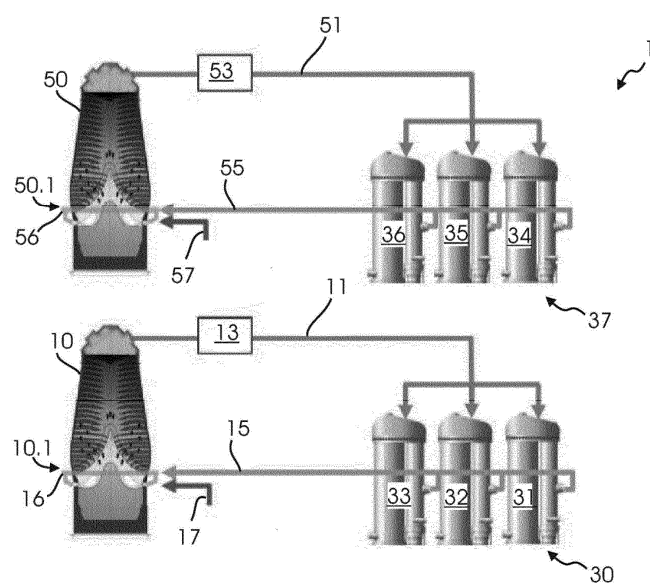
Фиг. 7



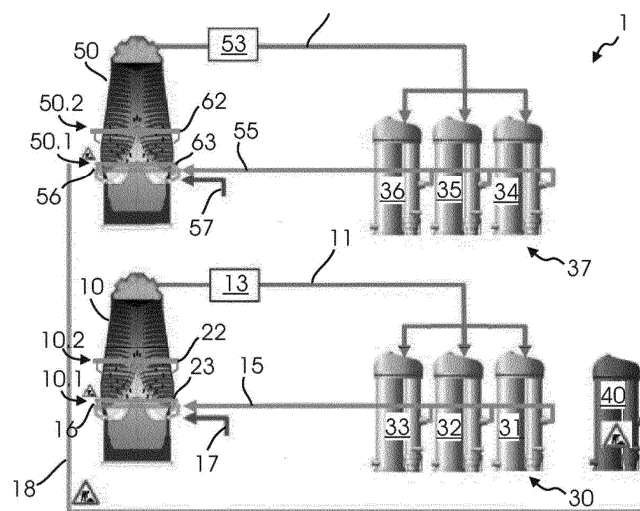
Фиг. 8



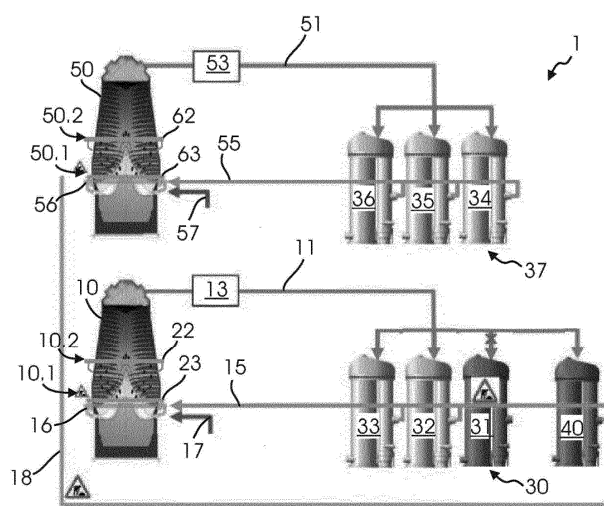
Фиг. 9



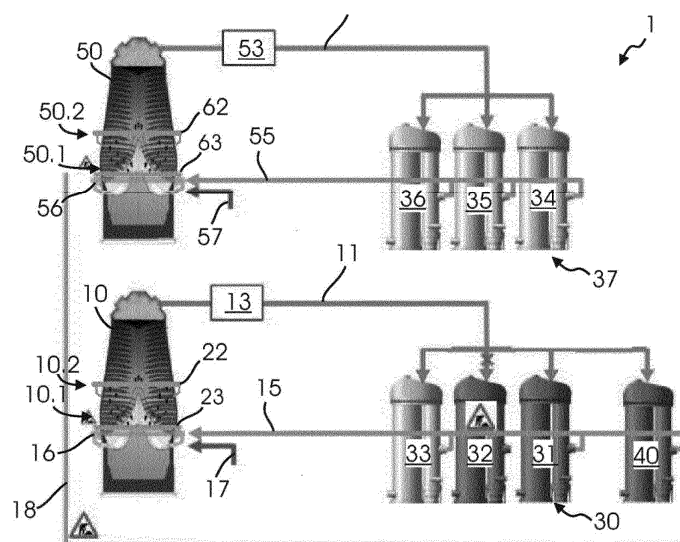
Фиг. 10



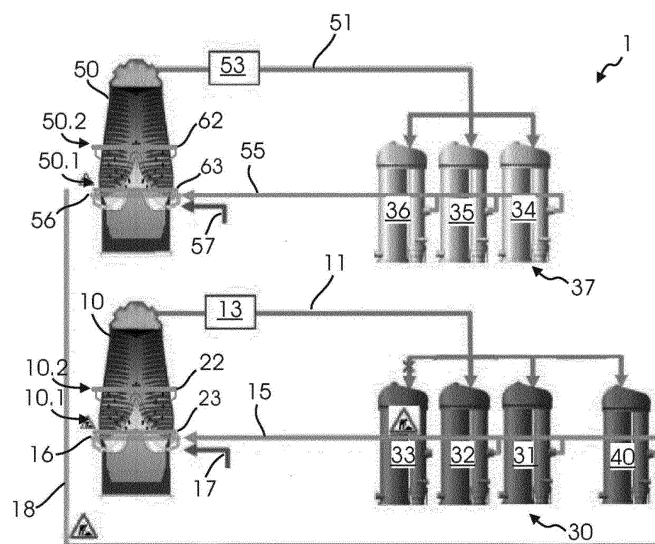
Фиг. 11



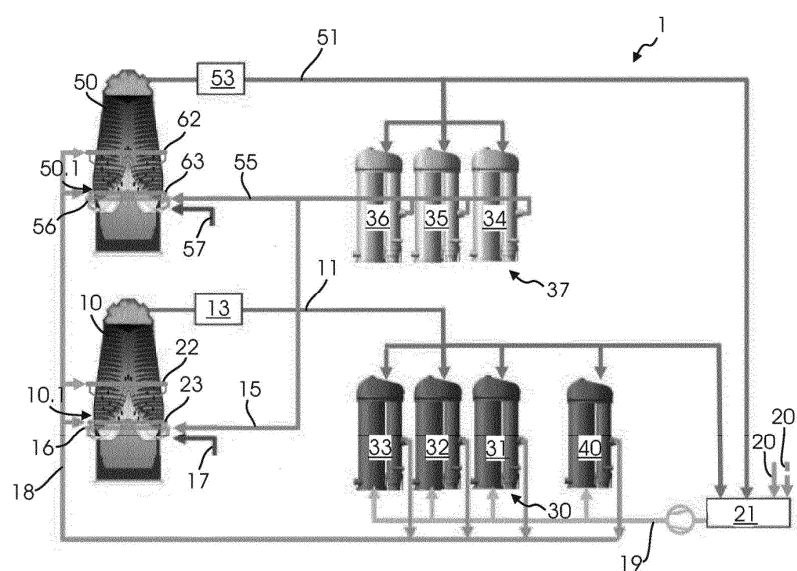
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

