

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202393405** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2024.03.21

(51) Int. Cl. *C21B 13/14* (2006.01)
C21B 3/02 (2006.01)
C21C 5/52 (2006.01)
C21C 5/28 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.07.06

(54) **СПОСОБ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ**

(86) PCT/FI2021/050526

(74) Представитель:

(87) WO 2023/281153 2023.01.12

Бильк А.В., Поликарпов А.В.,

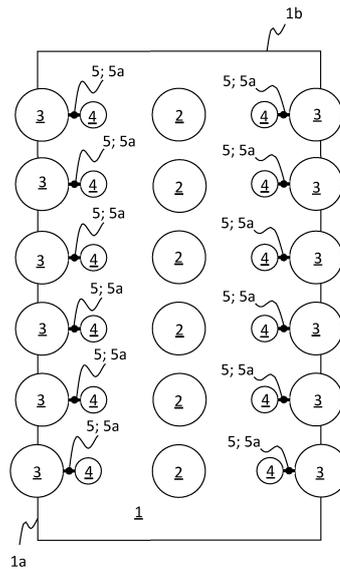
(71) Заявитель:
МЕТСО МЕТАЛЗ ОЙ (FI)

Соколова М.В., Путинцев А.И.,

(72) Изобретатель:
Хайми Тимо, Пеккала Олли (FI)

Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Способ обработки железной руды для получения (501) стали путем подачи ЖПВ в плавильную печь (1) для получения промежуточного железистого продукта, который затем вводят (301) в конверсионную установку для получения (501) стали из промежуточного железистого продукта. Кроме того, в способ вводят (401) углерод. Как следствие, в промежуточном железистом продукте может быть достигнуто подходящее содержание углерода, так что содержание примесей в промежуточном железистом продукте может быть уменьшено вместе с содержанием в нем углерода в процессе конверсии стали без ущерба для содержания железа в промежуточном железистом продукте. Одновременно в плавильную печь (1) вместе с ЖПВ подают (201; 202) подходящие флюсы, так что в печи получают высококачественный шлак, пригодный в качестве исходного материала для дальнейшей переработки. Также раскрыто соответствующее устройство плавильной печи.



A1

202393405

202393405

A1

Способ обработки железной руды для получения стали

Настоящее изобретение относится к производству стали, и более конкретно к способу получения стали из железа прямого восстановления (ЖПВ).

Уровень техники

Ранее известные способы производства стали из ЖПВ требуют использования высококачественной железной руды. Это происходит потому, что железо, содержащееся в руде, не плавится во время процесса восстановления ЖПВ, и, следовательно, железная часть руды не отделяется от ее части, представляющей собой пустую породу, во время восстановления. Следовательно, ЖПВ, полученный из низкосортного ЖПВ, содержит относительно большое количество пустой породы и примесей.

Более того, в способах производства стали из ЖПВ, известных ранее, ЖПВ вводят в плавильную печь, где содержание углерода снижается до подходящего для стали уровня уже в процессе плавки. Это возможно, поскольку в ЖПВ в процессе восстановления вводится относительно небольшое количество угля, если он вообще присутствует. Для сравнения, процессы производства стали на основе чугуна, полученного в доменной печи, где углерод вводят в большом количестве в виде кокса, требуют отдельного процесса конверсии стали для удаления углерода в связи с другими примесями. Поскольку известные способы производства стали из ЖПВ приводят к низкому содержанию углерода в процессе плавки, любое последующее окислительное удаление примесей приводит к дополнительным потерям железа.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является создание способа обработки железной руды для получения стали, позволяющего использовать процесс прямого восстановления в отношении железной руды более низкого качества.

Цели изобретения достигают с помощью способа, который характеризуется тем, что изложено в независимом пункте формулы изобретения. Предпочтительные воплощения изобретения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Настоящее изобретение основано на идее подачи ЖПВ в плавильную печь для получения промежуточного железистого продукта, который затем вводят в конверсионную установку для получения стали из промежуточного железистого продукта.

Кроме того, углерод вводят в процесс либо в связи с прямым восстановлением железа, либо в виде углеродсодержащего твердого вещества в связи с плавкой ЖПВ. Как следствие, в промежуточном железистом продукте может быть достигнуто подходящее содержание углерода, так что содержание примесей в промежуточном железистом продукте может быть уменьшено вместе с содержанием в нем углерода в процессе конверсии стали без ущерба для содержания железа в промежуточном железистом продукте. Одновременно с ЖПВ в плавильные печи подают подходящие флюсы, так что из них получают высококачественный шлак, пригодный в качестве сырья для дальнейшей переработки.

В результате из низкокачественной руды через процесс ЖПВ получают сталь с низким содержанием примесей без чрезмерных потерь содержания железа в процессе конверсии стали, одновременно обеспечивая возможность дальнейшего использования сравнительно большого количества шлака, полученного в этой связи (по сравнению с использованием высококачественной руды).

Краткое описание чертежей

Далее изобретение описано более подробно посредством предпочтительных воплощений со ссылкой на прилагаемые чертежи, где

фиг. 1 схематически иллюстрирует стадии способа согласно одному воплощению настоящего изобретения;

на фиг. 2 схематически показано устройство плавильной печи согласно одному воплощению настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предложен способ обработки железной руды для получения стали. Следует отметить, что в контексте данного изобретения термин «железная руда» охватывает обогащенную железную руду.

Способ включает стадию введения 101 железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу 100 прямого восстановления с получением железа прямого восстановления. Например, в качестве установки восстановления газом можно использовать восстановительную печь.

В частности, используемая железная руда имеет относительно низкое качество, т.е. она имеет содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%, содержание железа не более 65 масс.% и содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%. Предпочтительно железная руда имеет содержание железа от 50 масс.% до

65 масс.%, и более предпочтительно железная руда имеет содержание железа от 55 масс.% до 65 масс.%. Подходящим образом железная руда может иметь содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,030 масс.%.

Железо прямого восстановления, полученное из установки восстановления, затем вводят 201 в плавильную печь 1, чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу 200 плавки с получением промежуточного железистого продукта и шлака. Из-за относительно низкого качества используемой железной руды массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе плавки, составляет 0,1 или выше. Например, массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе плавки, может составлять 0,2 или выше. Например, массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе плавки, может составлять до 2,0.

Один или более флюсовых материалов также вводят 202 в плавильную печь 1 в связи с процессом 200 плавки, чтобы регулировать состав шлака. Примеры таких флюсовых материалов включают кварц, известь или известняк, доломит, боксит и переработанный шлак. Например, состав шлака можно регулировать одним или более из следующих способов: количество кварца можно изменять для регулирования количества диоксида кремния в получаемом шлаке, количество извести, известняка и/или доломита можно изменять для регулирования количества оксида кальция в получаемом шлаке, и количество боксита можно изменять для регулирования количества оксида алюминия в получаемом шлаке. Естественно, можно вводить и другие флюсы, чтобы корректировать состав шлака, получаемого из плавильной печи.

В частности, плавильная печь 1 является стационарной, ненаклоняемого типа, вместимостью от 1000 до 3000 тонн железа. Такая вместимость плавильной печи обеспечивает достаточное время выдержки для достижения лучшего разделения шлака и расплавленного промежуточного железистого продукта, что приводит к лучшему качеству шлака (т.е. к меньшему количеству остатков от промежуточного железорудного продукта). Более того, совокупное массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO_2) в шлаке, получаемом в процессе плавки, превышает 2/3 от общего его содержания.

Шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность выше 0,8, что определяется отношением оксида кальция (CaO) и оксида магния (MgO) к диоксиду кремния (SiO_2), т.е. $(CaO + MgO) / SiO_2$.

Предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность выше 1. Предпочтительно шлак, получаемый в процессе 200 плавки,

имеет основность ниже 1,7. Более предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки имеет основность от 1 до 1,7. Наиболее предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность от 1 до 1,5.

Предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки, может иметь содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%, содержание оксида алюминия (Al_2O_3) по меньшей мере 10,5 масс.%, содержание диоксида кремния (SiO_2) не более 40 масс.% и содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%. Как отмечено выше, тип и количество флюсов, вводимых в плавильную печь 1, изменяют так, что достигают требуемого состава шлака.

Кроме того, способ включает стадию введения 401 углерода для увеличения содержания углерода в полученном промежуточном железистом продукте до 1-4 масс.%. Например, углерод можно вводить в течение одного или обоих процессов из процесса 100 прямого восстановления и процесса 200 плавки, как более подробно описано ниже.

Способ далее включает стадию введения 301 промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу 300 конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном промежуточном железистом продукте и получения 501 стали с содержанием углерода не более 0,5 масс.%. Увеличение содержания углерода в промежуточном железистом продукте перед процессом конверсии стали позволяет эффективно восстанавливать фосфор без чрезмерных потерь железа. Это связано с тем, что кислород, подаваемый в плавильную ванну во время процесса конверсии стали, способен вступать в реакцию с углеродом вместо железа, тем самым предотвращая чрезмерную потерю железа.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению введение 401 углерода включает введение углеродсодержащего газа в установку восстановления в связи с прямым восстановлением 100 железной руды. Примеры таких углеродсодержащих газов включают природный газ, такой как метан (CH_4), монооксид углерода (CO) и газифицированный кокс. Естественно, такой углеродсодержащий газ может представлять собой смесь одной или более газообразных композиций, включая указанные выше.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению введение 401 углерода включает введение углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1 в связи с плавкой 200. Наиболее предпочтительно, такое углеродсодержащее твердое вещество имеет неископаемое происхождение, такое как биоуголь или древесный уголь, хотя можно использовать и другие типы углеродсодержащих твердых веществ (т.е. ископаемого происхождения). Например, можно использовать углеродсодержащее

твердое вещество вторичного происхождения. Естественно, также можно использовать смесь различных типов углеродсодержащих твердых веществ.

Введение 401 углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1 особенно подходит, когда содержание углерода в восстанавливающем газе, используемом в процессе 100 восстановления, очень низкое, или углерод вообще отсутствует. Например, в процессе 100 восстановления в качестве восстановителя можно использовать водород, частично или полностью.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению введение 401 углерода включает введение углерода в плавильную печь 1 вместе с железом прямого восстановления, так что указанный углерод переносится вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну.

То есть независимо от того, вводят 401 ли углерод в виде углеродсодержащего газа в установку восстановления или в виде углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1, вводимый углерод подходящим образом вводят 401 в плавильную печь 1 вместе с железом прямого восстановления либо совместно, либо по отдельности.

Более конкретно, в последнем случае углеродсодержащее твердое вещество целесообразно вводить 401 в плавильную печь в связи с плавкой 200 путем подачи указанного углеродсодержащего твердого вещества вместе с железом прямого восстановления. То есть углеродсодержащее твердое вещество соответственно подают одновременно с железом прямого восстановления через общую питающую трубу 5.

Предпочтительно, но не обязательно, углеродсодержащее твердое вещество смешивают с железом прямого восстановления перед введением в плавильную печь 1, так что указанное углеродсодержащее твердое вещество увлекается вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну. Например, смешивание железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества можно осуществлять в питающей трубе 5 плавильной печи 1. Предпочтительно, но не обязательно, железо прямого восстановления можно поставлять в предназначенный для ЖПВ контейнер 3, такой как бункер, соединенный с плавильной печью 1, в то время как углеродсодержащее твердое вещество можно поставлять в предназначенный для углерода контейнер 4, такой как бункер, также соединенный с плавильной печью 1. Более того, в таком случае железо прямого восстановления и углеродсодержащее твердое вещество можно вводить 401 в плавильную печь 1 по общей питающей трубе 5, в которой они смешиваются.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению процесс 300 конверсии стали можно осуществлять в конвертере, ковше или электродуговой печи, имеющей 1-3 электрода (т.е. в ЭДП для плавки лома).

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению во время процесса 300 конверсии стали содержание углерода в получаемой в этом процессе стали снижается до не более 25 масс.% от исходного содержания углерода в промежуточном железистом продукте.

Например, если промежуточный железистый продукт, полученный в процессе плавки 200, имеет содержание углерода 1% по массе, содержание углерода снижается во время процесса конверсии стали 300 так, что полученная в результате этого сталь имеет содержание углерода не более 0,25% по массе.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению промежуточный железистый продукт подвергают процессу десульфурации перед введением 301 в установку конверсии стали, предпочтительно путем введения реагента в промежуточный железистый продукт в расплавленном состоянии. Например, в качестве подходящего реагента для десульфурации можно использовать карбид кальция, карбонат магния, карбонат натрия и известь, или любое их сочетание.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению в плавильную печь вводят не более 1% внешнего металлического лома по отношению к металлической загрузке печи.

В контексте данного изобретения термин «внешний металлический лом» охватывает металлический лом, качество которого отличается от качества, получаемого в результате данного способа. То есть внутренний металлический лом (т.е. того же качества, что и полученный в результате данного способа) можно вводить в плавильную печь в большом количестве. В частности, металлический лом, поступающий с объекта, на котором применяют способ, можно использовать в большем количестве, чем внешний металлический лом.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению плавильная печь 1, используемая для процесса плавки, представляет собой электрическую печь.

Предпочтительно, но не обязательно, плавильная печь 1 представляет собой печь с открытой шлаковой ванной или печь с полуоткрытой шлаковой ванной.

Более предпочтительно, но не обязательно, плавильная печь 1 представляет собой шестирядную печь (six-in-line furnace). То есть плавильная печь 1 содержит шесть электродов 2, расположенных вдоль. Альтернативно, плавильная печь 1 может содержать шесть электродов, расположенных в двух группах по три электрода, причем каждая группа образует тройную конфигурацию.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению плавильная печь 1 имеет размер по ширине и размер по длине, при этом размер по длине по меньшей мере в 2,5 раза превышает размер по ширине. Наиболее предпочтительно размер по длине по меньшей мере в 4 раза превышает размер по ширине.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению плавильная печь 1 имеет основание в общем прямоугольной формы.

В одном воплощении первого аспекта согласно настоящему изобретению плавильная печь 1 может быть снабжена предназначенным для ЖПВ контейнером 3 для хранения железа прямого восстановления, предназначенным для углерода контейнером 4 для хранения углеродсодержащего твердого вещества и общей питающей трубой 5 для введения как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1 в виде кучи над слоем шлака. То есть железо прямого восстановления и углеродсодержащее твердое вещество перед вводом в плавильную печь 1 хранят раздельно. Это позволяет хранить железо прямого восстановления при повышенной температуре без риска образования оксида углерода из углеродсодержащего твердого вещества.

Кроме того, железо прямого восстановления и углеродсодержащее твердое вещество можно смешивать внутри общей питающей трубы 5 перед введением в печь 1 с помощью смесителя 5а, обеспеченного в соединении с общей питающей трубой.

Кроме того, смесь железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества можно вводить через общую питающую трубку 5 в положении, находящемся в поперечном направлении между электродом 2 и боковой стенкой 1а, предпочтительно на расстоянии от боковой стенки 1а не более одной трети расстояния между боковой стенкой 1а и электродом 2.

Например, плавильная печь 1 может быть снабжена по меньшей мере десятью, предпочтительно двенадцатью предназначенными для ЖПВ контейнерами 3, каждый из которых имеет соответствующую питающую трубу для подачи железа прямого восстановления в плавильную печь. Наиболее подходящим вариантом является то, что контейнеры 3 для ЖПВ и связанные с ними питающие трубы расположены в виде пар, противоположных в поперечном направлении относительно электродов, причем противоположные пары расположены на равном расстоянии от электродов в продольном направлении.

Например, плавильная печь 1 может быть снабжена по меньшей мере четырьмя, предпочтительно шестью и более предпочтительно двенадцатью контейнерами 4 для углерода, связанными с питающими трубами 5 контейнеров 3 для ЖПВ, чтобы

образовывать общие питающие трубы 5 для подачи как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1 в виде кучи над слоем шлака.

Если количество контейнеров 4 для углерода отличается от количества контейнеров 3 для ЖПВ, контейнеры 4 для углерода предпочтительно расположены таким образом, что общие питающие трубы 5, связанные как с контейнерами 3 для ЖПВ, так и с контейнерами 4 для углерода, расположены в виде противоположных в поперечном направлении пар по отношению к электродам, причем противоположные пары расположены на одинаковом расстоянии от электродов 2 в продольном направлении.

Следует отметить, что первый аспект настоящего изобретения охватывает два или более воплощений или их вариантов, как обсуждалось выше.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения предложен способ обработки железной руды для получения стали.

Способ включает стадию введения 101 железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу 100 прямого восстановления с получением железа прямого восстановления. Например, в качестве установки восстановления газом можно использовать восстановительную печь.

В частности, используемая железная руда имеет относительно низкое качество, т.е. она имеет содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%, содержание железа не более 65 масс.% и содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%. Предпочтительно железная руда имеет содержание железа от 50 масс.% до 65 масс.%, и более предпочтительно железная руда имеет содержание железа от 55 масс.% до 65 масс.%. Соответственно, железная руда может иметь содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,030 масс.%.

Железо прямого восстановления, полученное из установки восстановления, затем вводят 201 в плавильную печь 1, чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу 200 плавки для получения промежуточного железистого продукта и шлака. Из-за относительно низкого качества используемой железной руды массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе плавки, составляет 0,1 или выше. Например, массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе 200 плавки, может составлять 0,2 или выше. Например, массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, полученному в процессе 200 плавки, может составлять вплоть до 2,0.

Один или более флюсовых материалов также вводят 202 в плавильную печь в связи с процессом 200 плавки, чтобы отрегулировать состав шлака. Примеры таких флюсовых материалов включают кварц, известь (известняк), доломит, бокситы и переработанный шлак. Например, состав шлака можно регулировать одним или более из следующих способов: количество кварца можно изменять для регулирования количества диоксида кремния в получаемом шлаке, количество извести (известняка) и/или доломита можно изменять для регулирования количества оксида кальция в получаемом шлаке, и количество боксита можно изменять для регулирования количества оксида алюминия в получаемом шлаке. Естественно, можно вводить и другие флюсы, чтобы корректировать состав шлака, получаемого из плавильной печи.

В частности плавильная печь является стационарной, ненаклоняемого типа.

Более того, совокупное массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO₂) в шлаке, получаемом в процессе плавки, превышает 2/3 от общего его содержания.

Шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность выше 0,8, что определяется отношением оксида кальция (CaO) и оксида магния (MgO) к диоксиду кремния (SiO₂), т.е. (CaO + MgO/ SiO₂).

Предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность выше 1. Предпочтительно шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет основность ниже 1,7. Более предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки имеет основность от 1 до 1,7. Наиболее предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе плавки 200, имеет основность от 1 до 1,5.

Предпочтительно, но не обязательно, шлак, получаемый в процессе 200 плавки, имеет содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%, содержание оксида алюминия (Al₂O₃) по меньшей мере 10,5 масс.%, содержание диоксида кремния (SiO₂) не более 40 масс.% и содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%. Как отмечено выше, тип и количество флюсов, вводимых в плавильную печь 1, изменяют так, что достигают требуемого состава шлака.

Кроме того, способ включает стадию введения 401 углерода для увеличения содержания углерода в получаемом промежуточном железистом продукте до 1-4 масс.% путем введения 401 углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь 1 в связи с плавкой 200. Как обсуждалось выше в связи с первым аспектом настоящего изобретения, углеродсодержащее твердое вещество подходящим образом переносится вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну, например, путем подачи

401 указанного углеродсодержащего твердого вещества вместе с железом прямого восстановления.

Способ далее включает стадию введения 301 промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу 300 конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном промежуточном железистом продукте и получения 501 стали с содержанием углерода не более 0,5 масс.%. Увеличение содержания углерода в промежуточном железистом продукте перед процессом конверсии стали позволяет эффективно восстановить фосфор без чрезмерных потерь железа. Это связано с тем, что кислород, подаваемый в плавильную ванну во время процесса конверсии стали, способен вступать в реакцию с углеродом вместо железа, тем самым предотвращая чрезмерную потерю железа.

Следует отметить, что воплощение и его варианты, рассмотренные выше в связи с первым аспектом настоящего изобретения, в равной степени применимы и охватываются вторым аспектом изобретения.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения предложена плавильная печь 1 для плавки железа прямого восстановления с получением промежуточного железистого продукта и шлака. Плавильная печь 1 имеет прямоугольное основание, ограниченное проходящими в продольном направлении боковыми стенками 1a и торцевыми стенками 1b, проходящими в поперечном направлении относительно боковых стенок. Кроме того, плавильная печь 1 содержит шесть электродов 2, расположенных в рядной конфигурации в продольном направлении, причем электроды 2 соответственно расположены по центру в поперечном направлении.

Устройство плавильной печи дополнительно включает по меньшей мере предназначенный для ЖПВ контейнер 3 для хранения железа прямого восстановления, предназначенный для углерода контейнер 4 для хранения углеродсодержащего твердого вещества и общую питающую трубу 5 для подачи в плавильную печь как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в виде кучи над слоем шлака. То есть железо прямого восстановления и углеродсодержащее твердое вещество перед введением в плавильную печь 1 хранят отдельно. Это позволяет хранить железо прямого восстановления при повышенной температуре без риска образования монооксида углерода углеродсодержащим твердым веществом.

Кроме того, обеспечен смеситель 5a в соединении с общей питающей трубой 5 для смешивания железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества перед введением в печь.

При этом общая питающая труба расположена в поперечном направлении между электродом 2 и боковой стенкой 1а, предпочтительно на расстоянии от боковой стенки 1а не более одной трети расстояния между боковой стенкой 1а и электродом 2.

Например, плавильная печь 1 представляет собой печь с открытой шлаковой ванной или печь с полуоткрытой шлаковой ванной.

Например, плавильная печь 1 может иметь продольный размер по длине и поперечный размер по ширине, при этом размер по длине по меньшей мере в 2,5 раза превышает размер по ширине. Наиболее предпочтительно размер по длине по меньшей мере в 4 раза превышает размер по ширине.

В одном воплощении согласно третьему аспекту настоящего изобретения плавильная печь 1 содержит по меньшей мере десять, предпочтительно двенадцать предназначенных для ЖПВ контейнеров 3, каждый из которых имеет соответствующую питающую трубу для подачи 201 железа прямого восстановления в плавильную печь. Наиболее подходящим вариантом является то, что контейнеры 3 для ЖПВ и связанные с ними питающие трубы расположены в виде пар, противоположных в поперечном направлении относительно электродов 2, при этом противоположные пары расположены на одинаковом расстоянии от электродов 2 в продольном направлении.

В одном воплощении согласно третьему аспекту настоящего изобретения устройство плавильной печи 1 содержит по меньшей мере четыре, предпочтительно шесть и более предпочтительно двенадцать контейнеров 4 для углерода, связанных с питающими трубами 5 контейнеров 3 для ЖПВ с образованием общих питающих труб 5, для введения 201 как железа прямого восстановления, так и введения 401 углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в виде кучи над слоем шлака.

Если количество контейнеров 4 для углерода отличается от количества контейнеров 3 для ЖПВ, то контейнеры 4 для углерода предпочтительно расположены так, что общие питающие трубы 5, связанные как с контейнерами 3 для ЖПВ, так и с контейнерами 4 для углерода, расположены в виде противоположных в поперечном направлении пар по отношению к электродам 2, причем противоположные пары расположены на одинаковом расстоянии от электродов 2 в продольном направлении.

Фиг. 1 схематически иллюстрирует стадии способа согласно одному воплощению настоящего изобретения. В процессе 100 прямого восстановления железную руду вводят 101 в установку восстановления газом и получают железо прямого восстановления.

Полученное железо прямого восстановления затем вводят 201 в процесс 200 плавки, в результате чего получают промежуточный железистый продукт и шлак. Кроме того, в процесс плавки вводят 202 один или более флюсовых материалов для получения

шлака подходящего состава. Полученный шлак затем можно использовать в дальнейшем, например, в качестве исходного материала в бетонной промышленности.

Полученный промежуточный продукт вводят 301 в процесс 300 конверсии стали, в результате чего получают 501 сталь.

В частности, углерод вводят в способ или в процессе 100 прямого восстановления в виде углеродсодержащего восстанавливающего газа или в процессе 200 плавки в виде углеродсодержащего твердого вещества, либо в обоих процессах.

Фиг. 2 схематически иллюстрирует стадии способа согласно одному воплощению настоящего изобретения. В частности, плавильная печь 1 имеет прямоугольное основание с противоположными взаимно параллельными боковыми стенками 1, проходящими в продольном направлении, и противоположными взаимно параллельными торцевыми стенками 1b, перпендикулярными боковым стенкам. Плавильная печь снабжена шестью электродами 2, расположенными в рядной конфигурации в продольном направлении и по центру относительно поперечного направления.

На обеих поперечных сторонах каждого электрода 2 расположена общая питающая труба 5 для подачи железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества в печь из контейнера 3 для ЖПВ и контейнера 4 для углерода соответственно.

Общая питающая труба 5 снабжена смесителем 5a для смешивания железа прямого восстановления с углеродсодержащим твердым веществом внутри общей питающей трубы. Более того, общая питающая труба 5 размещена таким образом, чтобы подавать такую смесь в печь между соответствующим электродом 2 и боковой стенкой 1 на расстоянии ближе к боковой стенке 1a, чем к электроду 2. В частности, выпуск общей питающей трубы 5 расположен на расстоянии от боковой стенки, составляющем не более 1/3 расстояния между боковой стенкой и электродом.

Список обозначений

- 1 - плавильная печь
- 1a - боковая стенка
- 2a - торцевая стенка
- 2 - электрод
- 3 - контейнер для ЖПВ
- 4 - контейнер для углерода
- 5 - общая питающая труба
- 5a - смеситель
- 100 - процесс прямого восстановления

101 - введение железной руды

200 - процесс плавки

201 - введение железа прямого восстановления

202 - введение одного или более флюсовых материалов 300 - процесс конверсии
стали

301 - введение промежуточного железного продукта

401 - введение углерода

501 - получение стали

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки железной руды для получения стали, включающий стадии: введения (101) железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу (100) прямого восстановления с получением железа прямого восстановления,

при этом указанная железная руда имеет:

содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%,

содержание железа не более 65 масс.% и

содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%;

- введения (201) указанного железа прямого восстановления в плавильную печь (1), чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу (200) плавки с получением промежуточного железистого продукта и шлака, при этом массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, получаемому в процессе плавки, составляет 0,1 или выше, и

- введения (202) одного или более флюсовых материалов в плавильную печь в связи с процессом (200) плавки для регулирования состава шлака,

отличающийся тем, что плавильная печь (1) является стационарной, ненаклоняемого типа, вместимостью от 1000 до 3000 тонн железа,

при этом общее массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO_2) в шлаке, полученном в процессе плавки, превышает 2/3 от общего его содержания, и указанный шлак имеет основность выше 0,8, и

при этом указанный способ дополнительно включает стадии:

- введения (401) углерода для увеличения содержания углерода в полученном промежуточном железистом продукте до 1-4 масс.%, и

- введения (301) промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу (300) конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном промежуточном железистом продукте и для получения (501) стали, имеющей содержание углерода не более 0,5 масс.%.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что шлак, получаемый из процесса (200) плавки, имеет:

- содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%,

- содержание оксида алюминия (Al_2O_3) по меньшей мере 10,5 масс.%,

- содержание диоксида кремния (SiO_2) не более 40 масс.% и
- содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%.

3. Способ по п.1 или п.2, отличающийся тем, что введение (401) углерода включает введение углеродсодержащего газа в установку восстановления в связи с прямым восстановлением (100) железной руды.

4. Способ по любому из предшествующих пп.1-3, отличающийся тем, что введение (401) углерода включает введение углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь (1) в связи с плавкой (200).

5. Способ по любому из предшествующих пп.1-4, отличающийся тем, что углерод вводят (401) в плавильную печь (1) вместе с железом прямого восстановления, так что указанный углерод переносится вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну.

6. Способ по п.4 или п.5, отличающийся тем, что углеродсодержащее твердое вещество вводят (401) в плавильную печь (1) в связи с плавкой (200) посредством подачи указанного углеродсодержащего твердого вещества вместе с железом прямого восстановления.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что углеродсодержащее твердое вещество смешивают с железом прямого восстановления перед введением в плавильную печь (1), так что указанное углеродсодержащее твердое вещество увлекается вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну.

8. Способ по любому из пп.4-7, отличающийся тем, что углеродсодержащее твердое вещество имеет неископаемое или вторичное происхождение.

9. Способ по любому из предшествующих пп.1-8, отличающийся тем, что в качестве восстановителя в процессе (100) восстановления используют водород, полностью или частично.

10. Способ по любому из предшествующих пп.1-9, отличающийся тем, что процесс (300) конверсии стали осуществляют в конвертере, ковше или электродуговой печи, имеющей 1-3 электрода.

11. Способ по любому из предшествующих пп.1-10, отличающийся тем, что в процессе (300) конверсии стали содержание углерода в получаемой стали снижается до не более 25 масс.% от исходного содержания углерода в промежуточном железистом продукте.

12. Способ по любому из предшествующих пп.1-11, отличающийся тем, что промежуточный железистый продукт перед введением (301) в установку конверсии стали подвергают процессу десульфурации, предпочтительно путем введения реагента в промежуточный железистый продукт в расплавленном состоянии.

13. Способ по любому из предшествующих пп.1-12, отличающийся тем, что, относительно металлической загрузки печи, в плавильную печь вводят не более 1% внешнего металлического лома.

14. Способ по любому из предшествующих пп.1-13, отличающийся тем, что плавильная печь (1) представляет собой электрическую печь.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что по меньшей мере железо прямого восстановления вводят (201) в печь (1) между электродом (2) и боковой стенкой (1a) печи (1) так, что образуется куча, проходящая над слоем шлака, при этом куча расположена ближе к указанной боковой стенке (1a), чем к указанному электроду (2),

при этом по меньшей мере железо прямого восстановления предпочтительно вводят в плавильную печь (1) в положении, находящемся на расстоянии от указанной боковой стенки (1a), составляющем не более чем одну треть расстояния между указанным электродом (2) и указанной боковой стенкой (1a), причем куча выступает на 0,1-2 м над слоем шлака.

16. Способ по п.14 или п.15, отличающийся тем, что печь (1) представляет собой печь с открытой шлаковой ванной или печь с полукрытой шлаковой ванной.

17. Способ по любому из пп.14-16, отличающийся тем, что печь (1) имеет шесть электродов (2), размещенных в шестирядной конфигурации или в виде двух групп из трех электродов, причем каждая группа образует тройную конфигурацию.

18. Способ по любому из предшествующих пп.1-17, отличающийся тем, что плавильная печь (1) имеет размер по ширине и размер по длине, при этом размер по длине по меньшей мере в 2,5 раза превышает размер по ширине.

19. Способ по любому из предшествующих пп.1-18, отличающийся тем, что плавильная печь (1) имеет основание в общем прямоугольной формы.

20. Способ обработки железной руды для получения стали, включающий стадии:

- введения (101) железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу (100) прямого восстановления с получением железа прямого восстановления,

при этом указанная железная руда имеет:

содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%,

содержание железа не более 65 масс.% и

содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%;

- введения (201) указанного железа прямого восстановления в плавильную печь, чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу (200) плавки с получением промежуточного железистого продукта и шлака, при этом массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, получаемому в процессе плавки, составляет 0,1 или выше, и

- введения (202) одного или более материалов флюса в плавильную печь (1) в связи с процессом (200) плавки для регулирования состава шлака,

отличающийся тем, что плавильная печь (1) является стационарной, ненаклоняемого типа,

при этом общее массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO_2) в шлаке, полученном в процессе плавки, превышает 2/3 от общего его содержания, и указанный шлак имеет основность выше 0,8, и

при этом указанный способ дополнительно включает стадии:

- введения (401) углерода для увеличения содержания углерода в полученном промежуточном железистом продукте до 1-4% по массе посредством введения углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в связи с плавкой, и

- введения (301) промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу (300) конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном промежуточном железистом продукте и для получения (501) стали, имеющей содержание углерода не более 0,5 масс. %.

21. Способ по п.20, отличающийся тем, что шлак, получаемый из процесса (200) плавки, имеет:

- содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%,
- содержание оксида алюминия (Al_2O_3) по меньшей мере 10,5 масс.%,
- содержание диоксида кремния (SiO_2) не более 40 масс.% и
- содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%.

22. Устройство плавильной печи для плавки железа прямого восстановления для получения промежуточного железистого продукта и шлака, включающее плавильную печь (1), имеющую прямоугольное основание, ограниченное проходящими в продольном направлении боковыми стенками (1a) и торцевыми стенками (1b), проходящими перпендикулярно боковым стенкам (1a),

при этом плавильная печь содержит шесть электродов (2), расположенных в рядной конфигурации в продольном направлении, при этом электроды (2) расположены по центру в поперечном направлении, причем устройство плавильной печи содержит

по меньшей мере предназначенный для ЖПВ контейнер (3) для хранения железа прямого восстановления,

предназначенный для углерода контейнер (4) для хранения углеродсодержащего твердого вещества,

общую питающую трубу (5) для подачи как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в виде кучи над слоем шлака, при этом в соединении с общей питающей трубой (5) обеспечен смеситель (5a) для смешивания железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества перед введением в печь (1), и

при этом общая питающая труба (5) расположена в поперечном направлении между электродом (2) и боковой стенкой (1a), предпочтительно на расстоянии от боковой стенки (1a), составляющем не более одной трети расстояния между боковой стенкой и электродом.

23. Устройство плавильной печи по п.22, отличающееся тем, что плавильная печь содержит по меньшей мере десять, предпочтительно двенадцать, предназначенных для ЖПВ контейнеров (3), каждый из которых имеет соответствующую питающую трубу для подачи железа прямого восстановления в плавильную печь, при этом контейнеры (3) для ЖПВ и связанные с ними питающие трубы расположены в виде противоположных в поперечном направлении пар относительно электродов, при этом противоположные пары расположены на равном расстоянии от электродов в продольном направлении.

24. Устройство плавильной печи по п.23, отличающееся тем, что плавильная печь содержит по меньшей мере четыре, предпочтительно шесть, более предпочтительно двенадцать контейнеров (4) для углерода, связанных с питающими трубами контейнеров для ЖПВ с образованием общих питающих труб (5), для введения как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в виде кучи над слоем шлака.

ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки железной руды для получения стали, включающий стадии:

- введения (101) железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу (100) прямого восстановления с получением железа прямого восстановления,

при этом указанная железная руда имеет:

содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%,

содержание железа не более 65 масс.% и

содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%;

- введения (201) указанного железа прямого восстановления в плавильную печь (1), чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу (200) плавки с получением промежуточного железистого продукта и шлака, при этом массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, получаемому в процессе плавки, составляет 0,1 или выше, и

- введения (202) одного или более флюсовых материалов в плавильную печь в связи с процессом (200) плавки для регулирования состава шлака,

отличающийся тем, что плавильная печь (1) является электрической печью стационарного, ненаклоняемого типа, вместимостью от 1000 до 3000 тонн железа,

при этом общее массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO_2) в шлаке, полученном в процессе плавки, превышает 2/3 от общего его содержания, и указанный шлак имеет основность выше 0,8, и

при этом указанный способ дополнительно включает стадии:

- введения (401) углерода для увеличения содержания углерода в полученном промежуточном железистом продукте до 1-4 масс.%, и

- введения (301) промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу (300) конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном промежуточном железистом продукте и для получения (501) стали, имеющей содержание углерода не более 0,5 масс.%,

где введение (401) углерода включает введение углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь (1) в связи с плавкой (200) посредством подачи указанного углеродсодержащего твердого вещества вместе с железом прямого восстановления, так

что указанный углерод переносится вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну, и

где железо прямого восстановления и углеродсодержащий материал хранят отдельно перед введением (201, 401) в плавильную печь, и затем вводят в плавильную печь через питающую трубу (5) в виде кучи над слоем шлака.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что шлак, получаемый из процесса (200) плавки, имеет:

- содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%,
- содержание оксида алюминия (Al_2O_3) по меньшей мере 10,5 масс.%,
- содержание диоксида кремния (SiO_2) не более 40 масс.% и
- содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%.

3. Способ по п.1 или п.2, отличающийся тем, что введение (401) углерода включает введение углеродсодержащего газа в установку восстановления в связи с прямым восстановлением (100) железной руды.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что углеродсодержащее твердое вещество смешивают с железом прямого восстановления перед введением в плавильную печь (1), так что указанное углеродсодержащее твердое вещество увлекается вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что углеродсодержащее твердое вещество имеет неископаемое или вторичное происхождение.

6. Способ по любому из предшествующих пп.1-5, отличающийся тем, что в качестве восстановителя в процессе (100) восстановления используют водород, полностью или частично.

7. Способ по любому из предшествующих пп.1-6, отличающийся тем, что процесс (300) конверсии стали осуществляют в конвертере, ковше или электродуговой печи, имеющей 1-3 электрода.

8. Способ по любому из предшествующих пп.1-7, отличающийся тем, что в процессе (300) конверсии стали содержание углерода в получаемой стали снижается до не более 25 масс.% от исходного содержания углерода в промежуточном железистом продукте.

9. Способ по любому из предшествующих пп.1-8, отличающийся тем, что промежуточный железистый продукт перед введением (301) в установку конверсии стали подвергают процессу десульфурации, предпочтительно путем введения реагента в промежуточный железистый продукт в расплавленном состоянии.

10. Способ по любому из предшествующих пп.1-9, отличающийся тем, что, относительно металлической загрузки печи, в плавильную печь вводят не более 1% внешнего металлического лома.

11. Способ по любому из предшествующих пп.1-10, отличающийся тем, что по меньшей мере железо прямого восстановления вводят (201) в печь (1) между электродом (2) и боковой стенкой (1a) печи (1) так, что образуется куча, проходящая над слоем шлака, при этом куча расположена ближе к указанной боковой стенке (1a), чем к указанному электроду (2),

при этом по меньшей мере железо прямого восстановления предпочтительно вводят в плавильную печь (1) в положении, находящемся на расстоянии от указанной боковой стенки (1a), составляющем не более чем одну треть расстояния между указанным электродом (2) и указанной боковой стенкой (1a), причем куча выступает на 0,1-2 м над слоем шлака.

12. Способ по любому из предшествующих пп.1-11, отличающийся тем, что печь (1) представляет собой печь с открытой шлаковой ванной или печь с полуоткрытой шлаковой ванной.

13. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что печь (1) имеет шесть электродов (2), размещенных в шестирядной конфигурации или в виде двух групп из трех электродов, причем каждая группа образует тройную конфигурацию.

14. Способ по любому из предшествующих пп.1-13, отличающийся тем, что плавильная печь (1) имеет размер по ширине и размер по длине, при этом размер по длине по меньшей мере в 2,5 раза превышает размер по ширине.

15. Способ по любому из предшествующих пп.1-14, отличающийся тем, что плавильная печь (1) имеет основание в общем прямоугольной формы.

16. Способ обработки железной руды для получения стали, включающий стадии:

- введения (101) железной руды в установку восстановления газом, чтобы подвергнуть указанную железную руду процессу (100) прямого восстановления с получением железа прямого восстановления,

при этом указанная железная руда имеет:

содержание диоксида кремния (SiO_2) по меньшей мере 3 масс.%,

содержание железа не более 65 масс.% и

содержание оксида фосфора (P_2O_5) по меньшей мере 0,015 масс.%;

- введения (201) указанного железа прямого восстановления в плавильную печь, чтобы подвергнуть указанное железо прямого восстановления процессу (200) плавки с получением промежуточного железистого продукта и шлака, при этом массовое отношение шлака к промежуточному железистому продукту, получаемому в процессе плавки, составляет 0,1 или выше, и

- введения (202) одного или более флюсовых материалов в плавильную печь (1) в связи с процессом (200) плавки для регулирования состава шлака,

отличающийся тем, что плавильная печь (1) является электрической печью стационарного, ненаклоняемого типа,

при этом общее массовое содержание оксида кальция (CaO), оксида магния (MgO) и диоксида кремния (SiO_2) в шлаке, полученном в процессе плавки, превышает $2/3$ от общего его содержания, и указанный шлак имеет основность выше 0,8, и

при этом указанный способ дополнительно включает стадии:

- введения (401) углерода для увеличения содержания углерода в полученном промежуточном железистом продукте до 1-4% по массе посредством введения углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в связи с плавкой, и

- введения (301) промежуточного железистого продукта в установку конверсии стали, чтобы подвергнуть указанный промежуточный железистый продукт процессу (300) конверсии стали для снижения содержания фосфора и содержания углерода в указанном

промежуточном железистом продукте и для получения (501) стали, имеющей содержание углерода не более 0,5 масс.%,

где введение (401) углерода включает введение углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь (1) в связи с плавкой (200) посредством подачи указанного углеродсодержащего твердого вещества вместе с железом прямого восстановления, так что указанный углерод переносится вместе с железом прямого восстановления в плавильную ванну, и

при этом железо прямого восстановления и углеродсодержащий материал хранят отдельно перед введением (201, 401) в плавильную печь, и затем вводят в плавильную печь через питающую трубу (5) в виде кучи над слоем шлака.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что шлак, получаемый из процесса (200) плавки, имеет:

- содержание оксида кальция (CaO) по меньшей мере 30 масс.%,
- содержание оксида алюминия (Al₂O₃) по меньшей мере 10,5 масс.%,
- содержание диоксида кремния (SiO₂) не более 40 масс.% и
- содержание оксида магния (MgO) не более 15 масс.%.

18. Устройство плавильной печи для плавки железа прямого восстановления для получения промежуточного железистого продукта и шлака, включающее плавильную печь (1), имеющую прямоугольное основание, ограниченное проходящими в продольном направлении боковыми стенками (1a) и торцевыми стенками (1b), проходящими перпендикулярно боковым стенкам (1a),

при этом плавильная печь содержит шесть электродов (2), расположенных в рядной конфигурации в продольном направлении, при этом электроды (2) расположены по центру в поперечном направлении, причем устройство плавильной печи содержит

по меньшей мере предназначенный для ЖПВ контейнер (3) для хранения железа прямого восстановления,

предназначенный для углерода контейнер (4) для хранения углеродсодержащего твердого вещества,

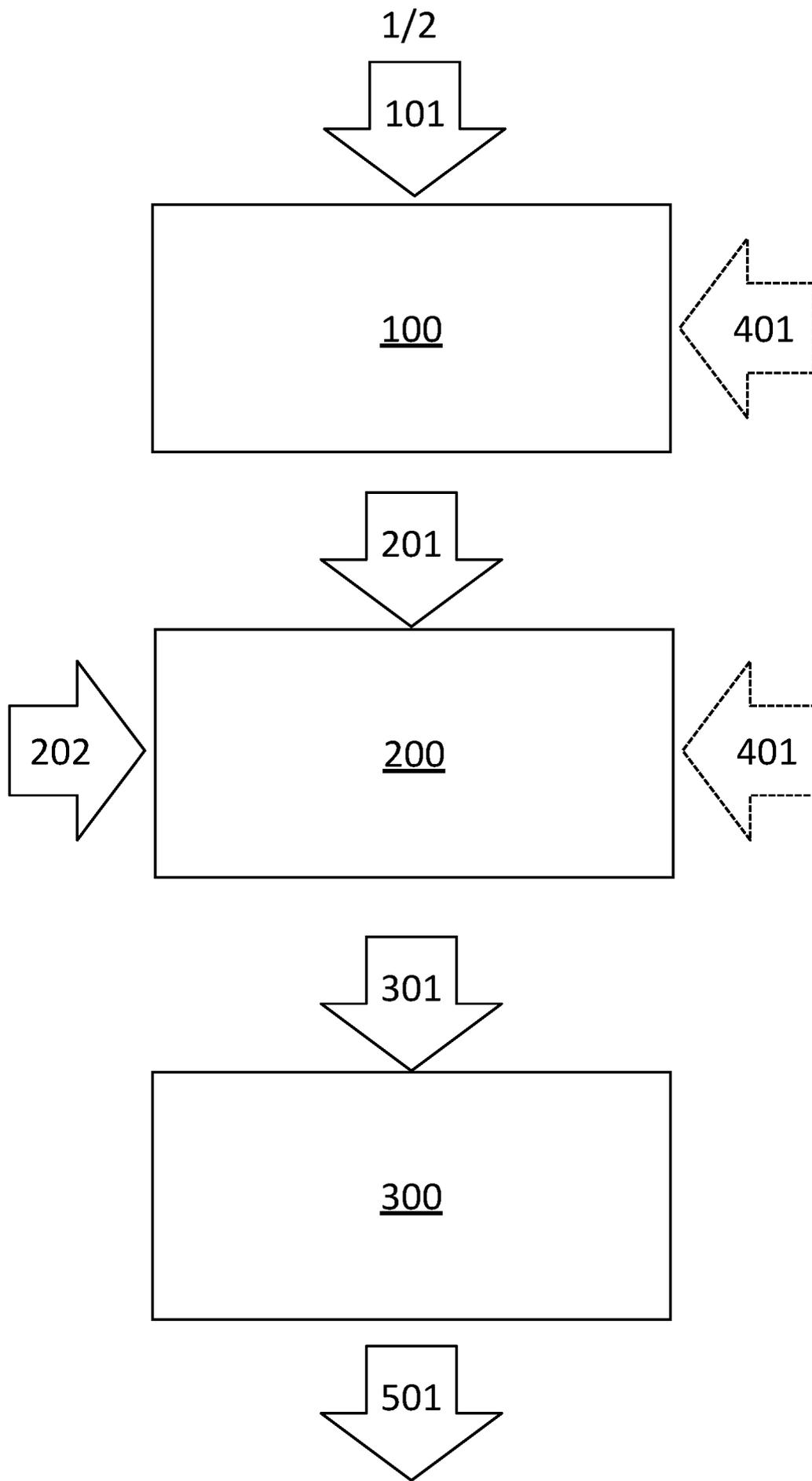
общую питающую трубу (5) для подачи как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в виде кучи над слоем шлака, при этом в соединении с общей питающей трубой (5) обеспечен смеситель (5a) для

смешивания железа прямого восстановления и углеродсодержащего твердого вещества перед введением в печь (1), и

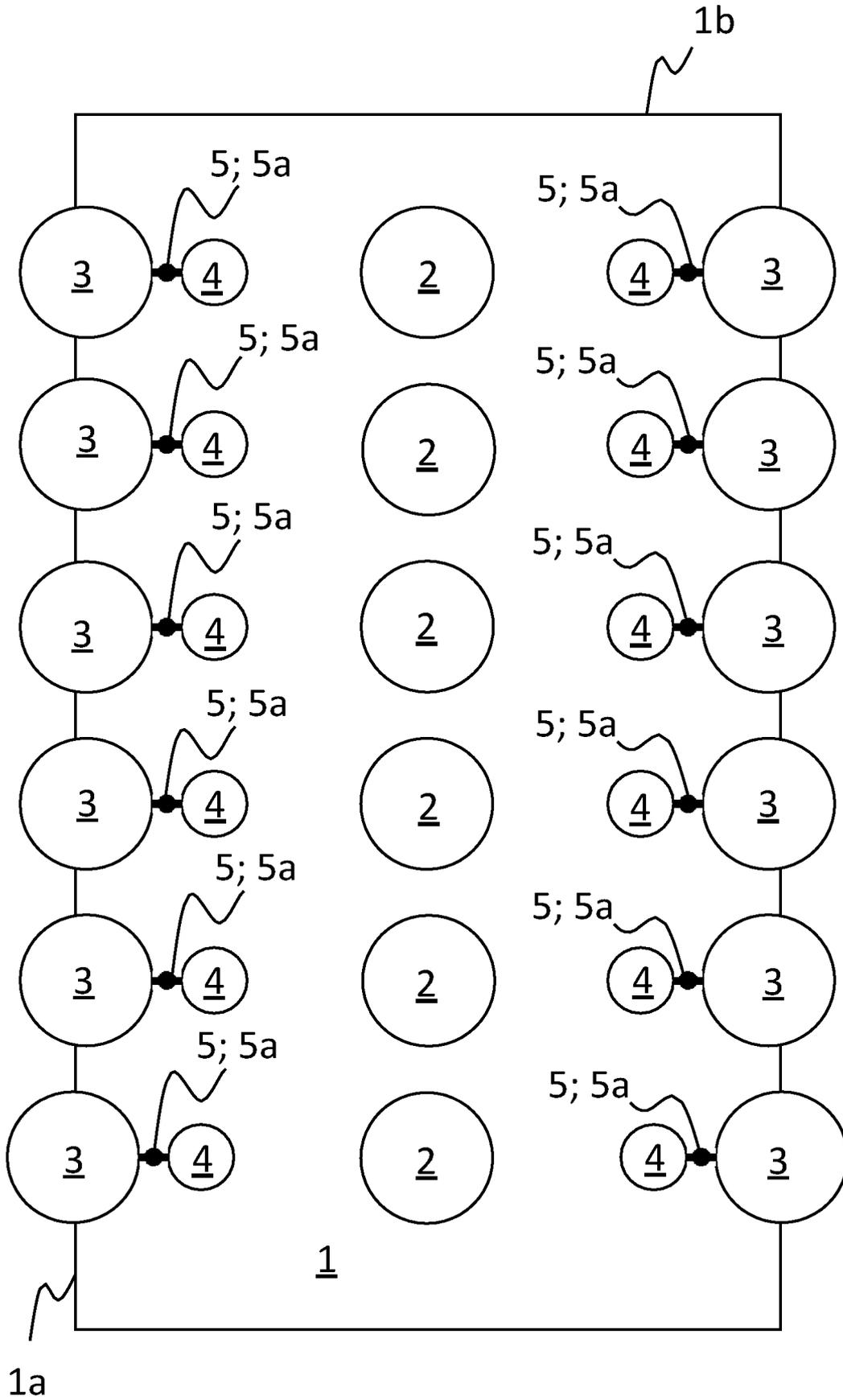
при этом общая питающая труба (5) расположена в поперечном направлении между электродом (2) и боковой стенкой (1a), предпочтительно на расстоянии от боковой стенки (1a), составляющем не более одной трети расстояния между боковой стенкой и электродом.

19. Устройство плавильной печи по п.18, отличающееся тем, что плавильная печь содержит по меньшей мере десять, предпочтительно двенадцать, предназначенных для ЖПВ контейнеров (3), каждый из которых имеет соответствующую питающую трубу для подачи железа прямого восстановления в плавильную печь, причем контейнеры (3) для ЖПВ и связанные с ними питающие трубы расположены в виде противоположных в поперечном направлении пар относительно электродов, при этом противоположные пары расположены на равном расстоянии от электродов в продольном направлении.

20. Устройство плавильной печи по п.19, отличающееся тем, что плавильная печь содержит по меньшей мере четыре, предпочтительно шесть, более предпочтительно двенадцать контейнеров (4) для углерода, связанных с питающими трубами контейнеров для ЖПВ с образованием общих питающих труб (5), для введения как железа прямого восстановления, так и углеродсодержащего твердого вещества в плавильную печь в виде кучи над слоем шлака.



Фиг. 1



ФИГ. 2