

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) **045165**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.31

(21) Номер заявки
202390913

(22) Дата подачи заявки
2021.09.07

(51) Int. Cl. **F27B 19/04** (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)
F27D 99/00 (2010.01)

(54) **СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАВКИ АГЛОМЕРАТОВ**

(31) **2026572**

(32) **2020.09.29**

(33) **NL**

(43) **2023.06.02**

(86) **PCT/IB2021/058118**

(87) **WO 2022/069972 2022.04.07**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

ГРЕЙЛИНГ ФРЕДЕРИК ПЕТРУС
(ZA)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) **WO-A1-2017089651**
EP-A1-2937429
US-A-3186830
EP-A2-0318896
US-B1-6379422
US-B1-6685761

(57) Изобретение относится к способу и установке для плавки агломератов в плавильной печи с использованием в качестве топлива отходящего газа, поступающего из восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (CO). Способ включает следующие стадии: (i) подача агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал, в плавильную печь (20) с образованием в плавильной печи (20) однородного слоя агломератов; (ii) подача отходящего газа восстановительной печи (30), содержащего монооксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива в горелку (22) плавильной печи (20); и (iii) сжигание отходящего газа восстановительной печи (30), содержащего диоксид углерода (CO), в плавильной печи (20) с помощью горелки (22) плавильной печи (20), обеспечивающей нагревание агломератов до температуры, превышающей 1000°C, и, следовательно, плавку агломератов в плавильной печи (22).

B1

045165

045165
B1

Область техники

Изобретение относится к способу и установке для плавки агломератов. Более конкретно, изобретение относится к способу и установке для плавки агломератов в плавильной печи с использованием в качестве газообразного топлива отходящего газа, содержащего оксид углерода (CO).

Уровень техники

Металл обычно извлекают из его руды с использованием процесса плавки. При осуществлении плавки теплота, действуя совместно с восстанавливающим агентом, восстанавливает оксид металла, содержащийся в руде, с выделением кислорода, связанного с металлом. Кислород, который выделяется из оксида металла, соединяется с углеродом с образованием отходящего газа, содержащего оксид углерода (CO).

Отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), во многих случаях сжигается в факельной трубе и отводится в атмосферу в виде диоксида углерода (CO₂). В таком случае вся энергия, связанная с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO), теряется.

Предпринимались усилия для использования энергии, связанной с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO). В качестве примера отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), использовался в традиционных установках для выполнения нагревательных функций и для выработки электрической энергии. Однако оба вышеупомянутых случая использования отходящего газа характеризуются относительно низкой тепловой эффективностью, и большое количество энергии, которое связано с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO), всё ещё теряется.

Известны также методы и технологические процессы в металлургии, посредством которых отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), используется для предварительного нагрева исходных материалов. Однако эти методы и процессы не используют наилучшим образом энергию, связанную с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO).

Первый пример такого процесса описан в опубликованной международной заявке WO 2017/089651 A1. Описанное в этой публикации изобретение относится к способу предварительного нагрева и плавки агломерата марганцевой руды. Известный способ включает стадию сжигания отходящего газа, содержащего оксид углерода (CO), который выходит из электродуговой печи с закрытой дугой, с образованием газа, содержащего диоксид углерода (CO₂). Указанный газ, содержащий диоксид углерода (CO₂), затем направляется в бункер предварительной обработки для нагрева исходной смеси, которая содержит агломерат марганцевой руды, перед подачей указанной исходной смеси в электродуговую печь с закрытой дугой. Способ включает также стадию регулирования температуры газа, содержащего диоксид углерода (CO₂), до температуры ниже температуры плавления агломератов марганцевой руды, содержащей кальцит, указанных в примерах 1-4, приведенных в вышеупомянутой опубликованной заявке. Таким образом, в способе, описанном в указанной публикации, отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), выходящий из дуговой печи с закрытой дугой, сгорает с образованием газа, содержащего диоксид углерода (CO₂), для предварительного нагрева, но не плавки агломератов марганцевой руды, содержащей кальцит.

Описанный выше способ был использован финской компанией Outokumpu Oyj для предварительного нагрева, но не плавки спеченных окатышей руды, содержащей феррохром, в бункере предварительного нагрева до температуры 700°C. Это приводило к уменьшению на 6-8% количества электрической энергии, необходимой для плавления и восстановления окатышей, содержащих феррохром, в электродуговой печи с закрытой дугой. Таким образом, хотя этот способ использует (утилизирует) отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), для реализации технологического процесса с более низким энергопотреблением для плавки руд, этот способ не использует оптимально энергию, присущую отходящему газу, содержащему оксид углерода (CO).

Второй пример способа, в котором отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), используется для повышения энергетической эффективности технологического процесса, описан в опубликованной заявке на Европейский патент EP 2937429 A1. Эта публикация раскрывает изобретение, согласно которому отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), выходящий из плавильной печи, частично сжигается и проходит через печь предварительного нагрева для нагревания, но не плавки стального скрапа, который поступает в печь предварительного нагрева. После прохождения через стальной скрап некоторое количество отходящего газа, содержащего оксид углерода (CO), направляется в восстановительную печь, где сжигается в восстановительной атмосфере для частичного восстановления окалины железа (смеси окислов железа) низкого качества при температуре в интервале от 800 до 1300°C, т.е. при температурах ниже температуры плавления окалины железа низкого качества. Таким образом, в восстановительной печи окалина железа нагревается и частично восстанавливается в твердом состоянии. Частично восстановленная окалина железа низкого качества затем направляется в плавильную печь, где подвергаются плавке и дальнейшему восстановлению с использованием электрической энергии. Хотя изобретение, раскрытое в этой опубликованной заявке, действительно, использует некоторое количество энергии, связанной с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO), оно является неподходящим для плавки и восстановления металлических руд. Изобретение, раскрытое в этой публикации, является подходящим только для плавки стального скрапа и восстановления окалины железа.

Третий пример способа, в котором используется отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), для повышения эффективности использования энергии в способе, описан в патентном документе US 3186830. Изобретение, описанное в этом патентном документе, относится к способу непрерывной плавки литого железа (литейного чугуна). Устройство, используемое для осуществления этого способа, включает печь с вертикальной шахтой, которая соединена с нагревательной камерой. Известный способ включает стадию подачи металла и твердого кускового топлива (кокса) в печь с вертикальной шахтой и плавку указанного металла с использованием тепловой энергии, полученной при сжигании кокса в шахтной печи. Отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), сжигается в нагревательной камере, для обеспечения нагрева жидкого металла, находящегося в этой нагревательной камере до достижения температуры разлива. Хотя в известном способе также в некоторой степени используется энергия, связанная с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO), эта энергия опять же не используется оптимальным образом.

Из изложенного выше понятно, что существует необходимость в более эффективном использовании энергии, связанной с отходящим газом, содержащим (CO).

Задача настоящего изобретения заключается в обеспечении способа и установки для плавки агломератов в плавильной печи с использованием отходящего газа, содержащего диоксид углерода (CO), выходящего из восстановительной печи, в качестве газообразного топлива, при этом предполагается, что в предложенных способе и установке энергия, связанная с отходящим газом, содержащим диоксид углерода (CO), может быть использована более эффективно, чем в известных способах и установках, или же изобретение может обеспечить полезное альтернативное использование энергии, связанной с отходящим газом, содержащим диоксид углерода (CO).

Раскрытие сущности изобретения

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения обеспечивается способ плавки агломератов, включающий следующие стадии:

подача агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал, в плавильную печь с образованием в плавильной печи однородного слоя агломератов;

подача отходящего газа восстановительной печи, содержащего диоксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива в горелку плавильной печи; и

сжигание отходящего газа восстановительной печи, содержащего диоксид углерода (CO), в плавильной печи с помощью горелки плавильной печи для нагрева агломератов до температуры, превышающей 1000°C, и, как следствие, плавки агломератов в плавильной печи.

Агломераты могут быть любыми из брикета, окатыша и продукта экструзии. Агломераты могут содержать флюс. Предпочтительно агломераты могут содержать металлосодержащий исходный материал и флюс, но не восстановитель.

В процессе сжигания отходящего газа, содержащего диоксид углерода (CO), в плавильной печи может существовать окислительная атмосфера.

Металлосодержащим исходным материалом может быть руда. В качестве металлосодержащего исходного материала может быть также использован оксид металла.

Восстановительная печь может быть любой печью из группы, включающей печь постоянного тока на короткой дуге (английский термин: "DC brush-arc furnace"), печь переменного тока на короткой дуге (AC brush-arc furnace) и электродуговую печь постоянного тока.

Печь, работающая на короткой дуге, представляет собой электрическую печь, в которой электроды размещены с возможностью создания поверх содержимого печи дуги с короткой длиной, обычно не превышающей 100 мм.

Способ может включать дополнительную стадию подачи воздуха горения в горелку плавильной печи для сжигания в плавильной печи этого воздуха горения вместе с отходящим газом, содержащим оксид углерода (CO), отведенным из восстановительной печи. Способ может также включать стадию предварительного нагрева воздуха горения перед его подачей в горелку, при этом указанный воздух горения может быть предварительно нагрет до температуры 800°C.

В качестве альтернативы или в комбинации с воздухом горения в горелку плавильной камеры может быть подведен кислород для сжигания в плавильной печи кислорода вместе с отходящим газом восстановительной печи, содержащим оксид углерода (CO).

В качестве плавильной печи может быть использована вагранка, работающая со сжиганием газа (т.е. вагранка, работающая без использования кокса). В качестве альтернативы плавильной печью может быть шахтная печь.

Способ может включать дополнительную стадию удаления твердых частиц из отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), в мокром скруббере перед подачей этого отходящего газа в качестве газообразного топлива в горелку плавильной печи.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения обеспечивается использование отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива горелки плавильной печи, в которой отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), сжигают для нагрева агломератов, включающих металлосодержащий исходный материал, который находится в пла-

плавильной печи до достижения температуры, превышающей 1000°C и обеспечивающей тем самым плавку агломератов в плавильной печи.

В соответствии с третьим аспектом настоящего изобретения обеспечивается установка для плавки агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал, при этом установка содержит:

плавильную печь, оборудованную горелкой для сжигания газообразного топлива для нагрева агломератов в плавильной печи до температуры, превышающей 1000°C и обеспечивающей благодаря этому плавку агломератов с образованием жидкого продукта;

восстановительную печь, предназначенную для восстановления жидкого продукта с получением металлического жидкого продукта, шлака и отходящего газа, содержащего оксид углерода (CO), при этом восстановительная печь сообщается по потоку текучей среды с плавильной печью; и

трубопровод для подачи отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива в горелку плавильной печи.

Краткое описание чертежа

Изобретение далее будет описано с помощью единственного примера со ссылкой на приложенный чертеж, на котором показано схематическое изображение установки для осуществления способа согласно изобретению.

Осуществление изобретения

На фигуре установка для плавки агломератов в соответствии с изобретением показана в целом номером позиции 10. Установка содержит плавильную печь 20, снабженную горелкой 22. Установка 10, кроме того, содержит восстановительную печь 30. Между восстановительной печью 30 и горелкой 22 плавильной печи 20 проходит трубопровод 40 для подачи отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), в горелку 22 плавильной печи 20 в качестве газообразного топлива.

Специалистам должно быть ясно, что указанный отходящий газ представляет собой газ, который образуется в качестве побочного продукта химического процесса.

Агломераты (не показаны), включающие металлосодержащий исходный материал и флюс, поступают в плавильную печь 20 с образованием в плавильной печи 20 однородного слоя агломератов (не показано). Указанные агломераты не содержат восстановителей. Агломераты обычно поступают в плавильную печь 20 через загрузочный шлюз (не показан). Стадия подачи агломератов в плавильную печь 20 показана на фигуре технологическим потоком (I). Флюс способствует плавлению содержащегося в агломерате металлосодержащего исходного материала. Агломерат, который поступает в плавильную печь 20, обычно имеет вид брикета, окатыша и продукта экструзии.

Однородный слой агломератов обычно находится поверх слоя огнеупорного материала (не показан). Слой огнеупорного материала, в свою очередь, располагается поверх водоохлаждаемой колосниковой решетки 24 плавильной печи 20. Камера сгорания 26 плавильной печи 20 расположена под водоохлаждаемой колосниковой решеткой 24. Горелка 22 установлена для сжигания отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), вместе с воздухом горения в камере 26 сгорания плавильной печи 20. Воздух горения поступает в горелку 22 плавильной печи 20 в соответствии с технологическим потоком (II), показанным на фигуре. Воздух горения перед подачей в горелку 22 плавильной печи 20 обычно предварительно нагревается в подогревателе 70. Воздух горения обычно нагревается в подогревателе 70 до температуры 800°C. В качестве альтернативы к воздуху горения или в комбинации с воздухом горения в горелку 22 плавильной печи 22 подается газообразный кислород.

В плавильной печи 20 существует окислительная атмосфера. В результате компоненты агломератов, содержащие оксид металла, не восстанавливаются в плавильной печи 20.

В рабочей верхней зоне плавильной печи 20 имеется выход (не показан) для отвода из плавильной печи 20 отходящего газа, который образуется в плавильной печи 20. Стадия отвода отходящего газа, который образовался в плавильной печи 20, из плавильной печи 20 показана на фигуре посредством технологического потока (VI). Отходящим газом, который образовался в плавильной печи 20 и удаляется из неё, обычно является диоксид углерода (CO₂). Отходящий газ, содержащий диоксид углерода (CO₂), образовавшийся в плавильной печи 20 и отведенный из неё, проходит через рукавный фильтр 60 для удаления из отходящего газа твердых частиц перед его удалением в атмосферу.

Плавильная печь 20 сообщается по текучей среде с восстановительной печью 30 с помощью трубопровода 50. Трубопровод 50 обычно проходит между рабочей нижней зоной плавильной печи 20 (включающей, в частности, зону летки и летку плавильной печи 20) и восстановительной печью 30. Трубопровод 50 служит для транспортирования жидкого продукта (не показан), который образуется в плавильной печи, в восстановительную печь 30. Жидким продуктом является жидкий металлосодержащий исходный материал. Трубопровод 50 обычно представляет собой трубопровод, выполненный с тепловой изоляцией для предотвращения тепловых потерь при транспортировании жидкого продукта из плавильной печи 20 в восстановительную печь 30.

Восстановительная печь 30 может быть любой из группы, включающей печь постоянного тока на короткой дуге, печь переменного тока на короткой дуге и дуговую печь постоянного тока. Печь, работающая на короткой дуге, представляет собой электрическую печь, в которой электроды образуют поверхность содержимого печи дугу короткой длины, обычно не превышающей 100 мм. Примеры воплощения

печи на короткой дуге описаны в международной патентной заявке РСТ/IB2011/052428, патенте Южной Африке № 2012/04751 и предварительной заявке на патент Южной Африки № 2019/07850. Содержание трех указанных патентных документов включено в настоящее описание посредством ссылки.

На фигуре восстановительная печь 30 имеет вид печи с короткой дугой, содержащей два электрода 32a и 32b, которые проходят от свода 31 или через свод восстановительной печи 30. Электроды 32a и 32b размещены с возможностью создания дуги 33a и 33b поверх содержимого 34 печи. Восстановители (не показаны) для восстановления жидкого металлосодержащего исходного материала направляются в восстановительную печь 30, как это показано на фигуре, посредством технологического потока (III).

Содержимое 34 печи включает шлак 34a и жидкий металлический продукт 34b. Содержимое печи 34 получено благодаря восстановлению жидкого металлосодержащего исходного компонента жидкого продукта, который транспортируется из плавильной печи 20 восстановительной печи 30. Отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), выделяется за счет реакции восстановления.

В восстановительной печи имеется 30 летка (не показана), предназначенная для выгрузки шлака 34a восстановительной печи 30, что показано на фиг. 1 посредством технологического потока (IV). В указанной восстановительной печи 30 выполнена также дополнительная летка (не показана) для отвода из восстановительной печи 40 жидкого металлического продукта 34b, как показано на фигуре посредством технологического потока (V).

В соответствии с изложенным выше между восстановительной печью 30 и горелкой 22 плавильной печи 20 проходит трубопровод 40 для подачи в горелку 22 плавильной печи 20 отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива. Более конкретно, трубопровод 40 проходит между рабочей верхней зоной восстановительной печи 30 и горелкой 22 плавильной печи 20, т.е. в восстановительной печи 30 имеется отверстие для трубопровода 40, расположенное выше уровня содержимого 34 восстановительной печи 30.

Как показано на фигуре, для удаления загрязнений из отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), в состав установки включен мокрый скруббер 80. Указанный мокрый скруббер 80 служит, в частности, для удаления твердых частиц из отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), перед его подачей в качестве газообразного топлива в горелку 22 плавильной печи 20.

При использовании установки агломераты (не показаны), которые содержат металлосодержащий исходный материал и флюс, направляются в плавильную печь 20 посредством загрузочного шлюза (не показан). Эта стадия показана на фигуре посредством технологического потока (I). Агломераты загружаются в плавильную печь 20 с образованием однородного слоя агломератов поверх плотного слоя огнеупорных материалов (не показаны). Плотный слой огнеупорных материалов опирается на водоохлаждаемую колосниковую решетку 24 плавильной печи 20.

Очищенный в скруббере отходящий газ восстановительной печи, содержащий оксид углерода (CO), направляется в качестве газообразного топлива в горелку 22 плавильной печи 20 через трубопровод 40. В горелку 22 плавильной печи 20 также поступает предварительно нагретый воздух горения, как это показано на фигуре посредством технологического потока (II). Горелка 22 плавильной печи 20 обеспечивает сжигание отходящего газа восстановительной печи 30, содержащего оксид углерода (CO), и воздуха горения для нагревания плотного слоя огнеупорных материалов в плавильной печи 20. Огнеупорные материалы, в свою очередь, нагревают агломераты до температуры, превышающей 1000°C, т.е. до плавления агломератов в плавильной печи 20, и в результате образуется жидкий продукт (не показан), который включает жидкий металлосодержащий исходный материал. При осуществлении реакции горения образуется отходящий газ, содержащий диоксид углерода (CO₂). Образовавшийся отходящий газ, содержащий диоксид углерода (CO₂), отводится из плавильной печи 20, как это показано посредством технологического потока (VI). Отведенный отходящий газ, содержащий диоксид углерода (CO₂), проходит через рукавный фильтр 60 для удаления из него твердых частиц перед выбросом в атмосферу.

Жидкий продукт, который включает жидкий металлосодержащий исходный материал, проходит через слои огнеупорных материалов и водоохлаждаемую колосниковую решетку 24 и затем транспортируется в восстановительную печь 30 посредством трубопровода 50.

Жидкий продукт находится в восстановительной печи 30, и электрическая энергия непрерывно подводится в восстановительную печь 30 и её содержимое 34 с помощью электродов 32a и 32b. Электроды 32a и 32b размещены с возможностью создания дугового разряда 33a и 33b поверх содержимого 34 печи. В восстановительную камеру 30, кроме того, непрерывно поступают восстановители (не показаны), как это показано на фиг. 1 посредством технологического потока (III).

В восстановительную печь 30 и её содержимое 34 непрерывно подводится электрическая энергия и добавляются восстановители, при этом компонент жидкого металлосодержащего исходного материала, содержащийся в жидком продукте, восстанавливается с образованием жидкого металлического продукта 34b и шлака 34a. Жидкий металлический продукт 34b непрерывно или периодически выпускают из восстановительной печи 30 через летку (не показана), что иллюстрируется на фигуре посредством технологического потока (V). Шлак 34a выгружается из восстановительной печи непрерывно или перио-

дически через выпускное отверстие (не показано), что представлено на фигуре посредством технологического потока (IV).

В процессе восстановления жидкого металлосодержащего компонента исходного материала, присутствующего в составе жидкого продукта, выделяется отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO). Полученный отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), отводится из восстановительной печи 30 через трубопровод 40 и направляется в мокрый скруббер 80. В указанном мокром скруббере 80 из отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), удаляются загрязнения и твердые частицы. Очищенный отходящий газ восстановительной печи, содержащий оксид углерода (CO), затем направляется в качестве газообразного топлива в горелку 22 плавильной печи 20.

Специалистам в данной области техники понятно, что отходящий газ восстановительной печи 30, содержащий оксид углерода (CO), может образовать составляющую газообразного топлива, которое направляется в горелку 22 плавильной печи 30.

Способ и установка в соответствии с настоящим изобретением обеспечивают энергоэффективное использование энергии, связанной с отходящим газом восстановительной печи, содержащим оксид углерода (CO). При использовании отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива для горелки плавильной печи было обнаружено, что производительность восстановительной печи может быть увеличена вдвое. В то же время за счет использования отходящего газа восстановительной печи, содержащего оксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива для горелки плавильной печи потребность в электрической энергии восстановительной печи может быть в значительной степени уменьшена.

Балансы массы (массовое соотношение) и энергии, подтверждающие преимущества настоящего изобретения.

Ниже приведено сравнение двух способов плавки:

(i) первый традиционный способ плавки, в котором используется электродуговая печь с короткой дугой;

(ii) второй способ плавки, в котором используются способ и установка 10 в соответствии с настоящим изобретением.

Первый традиционный способ плавки, в котором используется электродуговая печь с короткой дугой.

Первый традиционный способ является способом плавки, в котором для плавки агломератов используется электродуговая печь с короткой дугой. Агломераты имеют форму офлюсованных окатышей и содержат, в массовых процентах, приблизительно:

32.5% CrO₃;
22.6% FeO;
13.4% Al₂O₃;
12.7% CaO;
8.1% MgO и
5.5% SiO₂.

Указанные агломераты подают в электродуговую печь с короткой дугой с расходом 21,3 метрических тонн/ч. В электродуговую печь с короткой дугой подают также восстановители с расходом, составляющим 3,6 метрических тонн/ч. В печь с короткой дугой подводят электрическую мощность 30 МВт для того, чтобы обеспечить энергию, необходимую для плавки оксидов металлов, которые присутствуют в агломератах. Электродуговая печь с короткой дугой обеспечивает плавку агломератов с образованием жидкого продукта, включающего сплав, и жидкого продукта, включающего шлак.

Жидкий продукт, включающий сплав, выгружается из печи с короткой дугой при температуре 1550°C с расходом 7,7 т/ч. Жидкий продукт, включающий сплав, содержит, в массовых процентах, приблизительно:

50.3% Cr;
38.9% Fe;
6.5% C; и
4.0% Si.

Жидкий продукт, включающий шлак, выгружается из печи с короткой дугой при температуре 1650°C с расходом 10,7 т/ч. Жидкий продукт, включающий шлак, содержит, в массовых процентах, приблизительно:

11.6% CrO₃;
9.0% FeO;
28.4% Al₂O₃;
25.3% CaO;
16.2 MgO и
7.4% SiO₂.

Отходящий газ отводится из печи с короткой дугой с расходом 8173 н·м³/ч и 10 метрических тонн/ч. Отходящий газ имеет температуру 1200°C и содержит, в массовых процентах, приблизительно:

51.4% CO;
7.9% CO₂;
26.5% N₂;
2.7% H₂;
0.1% SO₂ и
11.4% H₂O.

Коэффициент использования для электродуговой печи с короткой дугой составляет 0,92. Тепловые потери при работе указанной печи с короткой дугой составляют 4 МВт. Первый обычный традиционный способ процесс плавки в этой печи с короткой дугой характеризуется величиной удельного потребления электрической энергии 3,81 МВт·ч на метрическую тонну горячего металла.

Второй способ плавки, в котором используются способ и установка в соответствии с настоящим изобретением.

Во втором способе плавки для плавки агломератов используются способ и установка 10 в соответствии с настоящим изобретением. Агломераты имеют форму офлюсованных окатышей и содержат, в массовых процентах, приблизительно:

32.5% Cr₂O₃;
22.6% FeO;
13.4% Al₂O₃;
12.7% CaO;
8.1% MgO и
5.5% SiO₂.

Агломераты подают в плавильную печь 20 с расходом 31,4 метрических тонн/ч. Агломераты образуют в плавильной печи 20 однородный слой агломератов. Никакие восстановители в плавильную печь 20 не подводятся.

Отходящий газ из восстановительной печи 30, в качестве которой используется электродуговая печь с короткой дугой, проходит через мокрый скруббер 80 и поступает в горелку 22 плавильной печи 20 при температуре 500°C с расходом 9,45 метрических тонн/ч. Отходящий газ электродуговой печи с короткой дугой содержит, в массовых процентах, приблизительно:

59.9% CO;
26.1% N₂;
13.2% H₂;
0.1% SO₂ и
0.7% H₂O.

Воздух горения предварительно нагревается до температуры 800°C и направляется в горелку 22 плавильной печи 20 с расходом 57,4 метрических тонн/ч.

Отходящий газ, содержащий оксид углерода (CO), поступающий в горелку 22, сжигается, и слой агломератов нагревается в плавильной печи 20 до температуры 1500°C с образованием жидкого продукта и отходящего газа плавильной печи. Указанный жидкий продукт имеет температуру 1500°C и транспортируется из плавильной печи 20 в электродуговую печь 30 с короткой дугой с расходом 30,1 метрических тонн/ч. Жидкий продукт содержит 50% твердой фазы и содержит, в массовых процентах, приблизительно:

34% Cr₂O₃;
23.5% FeO;
14% Al₂O₃;
13.2% CaO;
8.5% MgO и
5.7% SiO₂.

Отходящий газ плавильной печи отводится из плавильной печи 20 с расходом 28104 н·м³/ч и 38,7 метрических тонн/ч. Отходящий газ плавильной печи отводится из плавильной печи 20 при температуре 500°C и содержит, в массовых процентах, приблизительно:

20.5% CO₂;
68.2% N₂ и
6.5% H₂O.

Как отмечено выше, жидкий продукт направляется из плавильной печи 20 в электродуговую печь 30 с короткой дугой с расходом 30,1 метрических тонн/ч. В указанную электродуговую печь 30 с короткой дугой поступают также восстановители с расходом 6,7 метрических тонн/ч. Для обеспечения электрической энергией, необходимой для плавления оксидов металла, которые присутствуют в жидком продукте, к электродуговой печи 30 с короткой дугой подводится электрическая мощность равная 30 МВт.

Электродуговая печь 30 с короткой дугой обеспечивает плавление жидкого продукта с получением жидкого продукта в виде сплава и жидкого продукта в виде шлака. Жидкий продукт, представляющий собой сплав, выгружается из электродуговой печи 30 с короткой дугой с температурой 1550°C и расходом 12,2 метрических тонн/ч. Жидкий продукт, представляющий собой сплав, содержит, в весовых про-

центах, приблизительно:

50.6% Cr;
40.1% Fe;
8% С и
1% Si.

Жидкий продукт, представляющий собой шлак, выгружается из электродуговой печи 30 с короткой дугой с температурой 1650°C и расходом 15,5 метрических тонн/ч. Жидкий продукт, представляющий собой шлак, содержит, в весовых процентах, приблизительно:

7.9% Cr₂O₃;
5.5% FeO;
29.4% Al₂O₃;
25.8% CaO;
16.5% MgO и
12.9% SiO₂.

Отходящий газ отводится из электродуговой печи 30 с короткой дугой с расходом 13646 н·м³/ч и 15 метрических тонн/ч. Отходящий газ имеет температуру 1400°C и содержит, в весовых процентах, приблизительно

59.9% CO;
26.1% N₂;
13.2% H₂;
0.1% SO₂ и
0.7% H₂O.

63 мас.% отходящего газа из электродуговой печи 30 с короткой дугой направляется в качестве газообразного топлива в горелку 22 плавильной печи 20, где он сжигается так, как это описано выше.

Коэффициент использования для электрической печи 30 с короткой дугой составляет 0,92. Тепловые потери при работе указанной печи с короткой дугой составляют 4 МВт.

Электродуговая печь 30 с короткой дугой установки 10 характеризуется величиной удельного потребления электрической энергии 2,42 мегаватт-час на метрическую тонну горячего металла.

Специалистам в данной области техники должно быть ясно, что снижение величины удельного потребления электрической энергии в электродуговой печи с короткой дугой от 3,81 МВт-ч на метрическую тонну горячего металла до 2,42 МВт-ч на метрическую тонну горячего металла является значительным снижением. Такое значительное снижение является прямым следствием проявления новых свойств настоящего изобретения и изобретательского использования энергии, связанной с отходящим газом восстановительной печи, содержащим монооксид углерода (СО).

Специалистам в данной области техники должно быть ясно, что настоящее изобретение не ограничено описанными выше конкретными особенностями, и возможно множество изменений без выхода за пределы объема изобретения. Настоящее изобретение как таковое распространяется на все функционально эквивалентные способы, методы и случаи применения, которые находятся в пределах его объема.

Приведенный в описании пример воплощения настоящего изобретения служит только для лучшего понимания принципов и концептуальных аспектов изобретения, и в описании изобретение не раскрыто более подробно, чем это необходимо для понимания его принципов. Используемая терминология служит лишь для описания и иллюстрации изобретения, а не его ограничения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ плавки агломератов, включающий следующие стадии:
подача агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал, в плавильную печь с образованием в плавильной печи однородного слоя агломератов;
подача отходящего газа восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (СО), в качестве газообразного топлива в горелку плавильной печи; и
сжигание отходящего газа восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (СО), в плавильной печи с помощью горелки плавильной печи для нагревания агломератов до температуры, превышающей 1000°C, и плавления агломератов в плавильной печи.
2. Способ по п.1, в котором агломераты представляют собой любые агломераты, выбранные из группы, состоящей из брикетов, окатышей и продукта экструзии.
3. Способ по п.1 или 2, в котором агломераты содержат флюс.
4. Способ по любому из пп.1-3, в котором металлосодержащим исходным материалом является руда.
5. Способ по любому из пп.1-4, в котором в качестве восстановительной печи используют любую из электродуговой печи постоянного тока с короткой дугой, электродуговой печи переменного тока с короткой дугой и электродуговой печи постоянного тока.
6. Способ по любому из пп.1-5, включающий дополнительную стадию подачи воздуха для горения

в горелку плавильной печи для сжигания воздуха для горения в плавильной печи вместе с отходящим газом восстановительной печи, содержащим монооксид углерода (CO).

7. Способ по п.6, в котором воздух для горения перед подачей в горелку предварительно нагревают.

8. Способ по п.7, в котором воздух для горения предварительно нагревают до температуры 800°C.

9. Способ по любому из пп.1-8, в котором плавильной печью является любая плавильная печь из вагранки, работающей на газообразном топливе, и шахтной печи.

10. Способ по любому из пп.1-9, включающий дополнительную стадию удаления твердых частиц из отходящего газа восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (CO), перед его подачей в горелку плавильной печи в качестве газообразного топлива.

11. Применение отходящего газа восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (CO), в качестве газообразного топлива для горелки плавильной печи, при этом отходящий газ восстановительной печи, содержащий монооксид углерода (CO), сжигают для нагрева агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал и находящихся в плавильной печи, до температуры, превышающей 1000°C, и плавки агломератов в плавильной печи.

12. Установка для плавки агломератов, содержащих металлосодержащий исходный материал, в состав которой входят:

плавильная печь, оборудованная горелкой для сжигания газообразного топлива для нагрева агломератов в плавильной печи до температуры, превышающей 1000°C, и плавки агломератов с получением жидкого продукта;

восстановительная печь для восстановления жидкого продукта с получением металлического жидкого продукта, шлака и отходящего газа, содержащего монооксид углерода (CO), при этом восстановительная печь сообщается по потоку текучей среды с плавильной печью; и

трубопровод для подачи отходящего газа восстановительной печи, содержащего монооксид углерода (CO), в горелку плавильной печи.

