



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42787 (13) C2

(51) 7 C21B13/14, C22B5/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЧАВУНУ ТА/АБО ГУБЧАТОГО ЗАЛІЗА, СПОСІБ ЇЇ РОБОТИ ТА СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЧАВУНУ ТА/АБО ГУБЧАТОГО ЗАЛІЗА

(21) 97041834

(22) 12.10.1995

(24) 15.11.2001

(31) A1958/94

(32) 17.10.1994

(33) AT

(86) PCT/AT95/00199, 12.10.1995

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Кепплінгер Вернер Леопольд, АТ, Міліоніс

Константин, АТ, Сіука Дітер, АТ, Візінгер Хорст, АТ

(73) ФОЕСТ-АЛЬПІНЕ ІНДУСТРИАНЛАГЕНБАУ
ГМБХ, АТ

(56) AT-B-376241

(57) 1. Установка для получения чугуна и/или губчатого железа, включающая шахтную печь прямого восстановления для кусковой железной руды, плавильный газификатор, питающий трубопровод для восстановительного газа, соединяющий плавильный газификатор с шахтной печью, транспортировочный трубопровод для восстановленного продукта, полученного в шахтной печи, соединяющий шахтную печь с плавильным газификатором, отводной трубопровод для доменного газа, выходящий из шахтной печи, питающие трубопроводы для кислородсодержащих газов и носителей углерода, входящие в плавильный газификатор, и отвод для чугуна и шлака, получаемых в плавильной емкости, отличающаяся тем, что она содержит как минимум один реактор с псевдоожиженным слоем, предназначенным для загрузки тонкоизмельченной руды, питающий трубопровод для восстановительного газа, ведущий к указанному реактору с псевдоожиженным слоем, отводной трубопровод для отработанного газа, выходящий из реактора с псевдоожиженным слоем, и средство выгрузки восстановленного продукта, получаемого в реакторе с псевдоожиженным слоем, причем отводной трубопровод для доменного газа шахтной печи и отводной трубопровод для отработанного газа реактора с псевдоожиженным слоем входят в устройство очистки, такое как скруббер, а затем в нагревательное устройство, из которого выходит питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем.

2. Установка по п. 1, отличающаяся тем, что средство выгрузки восстановленного продукта выполнено в виде устройства брикетирования.

3. Установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что питающий трубопровод для восстановительного газа, вырабатываемого в плавильном газификаторе, непосредственно соединен с отводным трубопроводом для доменного газа шахтной печи через байпас, обходящий шахтную печь.

4. Установка по любому из пп. 1-3, отличающаяся тем, что в питающем трубопроводе для восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем размещено устройство удаления CO₂.

5. Установка по п. 4, отличающаяся тем, что отводной трубопровод доменного газа, выходящий из шахтной печи, входит в питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем, минуя устройство удаления CO₂.

6. Установка по любому из пп. 1-5, отличающаяся тем, что в питающем трубопроводе восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем установлено устройство дожигания.

7. Установка по любому из пп. 1-6, отличающаяся тем, что питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем соединен с питающим трубопроводом восстановительного газа шахтной печи через боковой трубопровод.

8. Установка по любому из пп. 1-7, отличающаяся тем, что к плавильному газификатору подведено транспортировочное устройство для ввода восстановленного продукта, полученного в реакторе с псевдоожиженным слоем и затем предпочтительно брикетированного.

9. Способ получения чугуна и/или губчатого железа, включающий восстановление руды в губчатое железо в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем, последующее плавление в газификационной зоне плавления при подаче носителей углерода и кислородсодержащего газа с образованием CO и H₂-содержащего восстановительного газа, который вводят в зону прямого восстановления с фиксированным слоем и выводят после реагирования с рудой в виде доменного газа, отличающийся тем, что тонкоизмельченную руду восстанавливают в губчатое железо в еще одной зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем по способу псевдоожиженного слоя, причем доменный газ из зоны прямого восстановления с фиксированным слоем и/или восстановительный газ, полученный в газификационной зоне плавления, которые подвергают очистке

(19) UA (11) 42787 (13) C2

от CO_2 и нагреву, а также отработанный газ, образующийся в зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, подают в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем и отводят как отработанный газ.

10. Способ по п. 9, **отличающийся** тем, что отработанный газ из зоны прямого восстановления псевдоожиженного слоя смешивают с доменным газом из зоны прямого восстановления с фиксированным слоем и/или с восстановительным газом, полученным в газификационной зоне плавления, и подают в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем.

11. Способ по п. 9 или 10, **отличающийся** тем, что отработанный газ из зоны прямого восстановления с псевдоожиженным слоем подвергают очистке от CO_2 .

12. Способ по любому из пп. 9-11, **отличающийся** тем, что восстановительный газ, подаваемый в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, нагревают в теплообменнике.

13. Способ по любому из пп. 9-12, **отличающийся** тем, что восстановительный газ, подаваемый в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, подвергают дожиганию.

14. Способ по любому из пп. 9-13, **отличающийся** тем, что восстановительный газ, получаемый в газификационной зоне плавления, подают в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, минуя устройство очистки от CO_2 .

15. Способ по любому из пп. 9-14, **отличающийся** тем, что прямое восстановление осуществляют по способу псевдоожиженного слоя в два или несколько этапов.

16. Способ по любому из пп. 9-15, **отличающийся** тем, что часть восстановительного газа, подаваемого в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, отводят и подают в зону прямого восстановления с фиксированным слоем.

17. Способ по любому из пп. 9-16, **отличающийся** тем, что как минимум часть губчатого железа, образующегося в зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, плавят в газификационной зоне плавления.

18. Способ работы установки для получения чугуна и/или губчатого железа по любому из пп. 1-8, включающий загрузку кусковой руды, восстановление руды в губчатое железо в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем, последующее плавление в газификационной зоне и разгрузку восстановленного продукта, **отличающийся** тем, что загрузочное количество кусковой руды варьируют до 100% от общего количества загружаемой руды.

19. Способ работы установки по п. 18, **отличающийся** тем, что загрузочное количество кусковой руды варьируют в диапазоне от 30 до 60% от общего количества загружаемой руды, а оставшая загрузка состоит из тонкоизмельченной руды.

Изобретение относится к установке для получения чугуна и/или губчатого железа, включающей шахтную печь прямого восстановления кусковой железной руды, плавильный газификатор, питающий трубопровод для восстановительного газа, соединяющий плавильный газификатор с шахтной печью, транспортировочный трубопровод для восстановленного продукта, полученного в шахтной печи, соединяющий шахтную печь с плавильным газификатором, отводной трубопровод для доменного газа, выходящий из шахтной печи, питающие трубопроводы для кислородсодержащих газов и носителей углерода, входящие в плавильный газификатор, и отвод для чугуна и шлака, получаемых в плавильной емкости. Кроме того, изобретение относится к способу производства чугуна и/или губчатого железа при помощи этой установки.

Переработка тонкоизмельченной руды в губчатое железо в реакторе с псевдоожиженным слоем, в принципе, известна из US-A-5082251. В описанном там способе восстановительный газ вырабатывается путем каталитического преобразования десульфурованного и предварительно нагретого природного газа перегретым водяным паром в печи реформинга.

Этим способом получают высококачественное губчатое железо, причем исключительно из тонкоизмельченной руды.

Из DE-C-4037977 известны также установка и способ, в которых кусковая руда восстанавливается в губчатое железо в шахтной печи в фиксированном слое зоны прямого восстановления. Затем губчатое железо плавится в плавильном га-

зификаторе в газификационной зоне плавления при подаче носителей углерода и кислородсодержащего газа. В плавильном газификаторе образуется CO и H_2 -содержащий восстановительный газ, который подают в зону прямого восстановления шахтной печи через питающий трубопровод, соединяющий плавильный газификатор с шахтной печью, где он вступает в реакцию и отводится в виде доменного газа.

Наиболее близкое решение, известно из AT-B-376241, где описаны способ и установка для получения чугуна и/или губчатого железа, включающая шахтную печь прямого восстановления для кусковой железной руды, плавильный газификатор, питающий трубопровод для восстановительного газа, соединяющий плавильный газификатор с шахтной печью, транспортировочный трубопровод для восстановленного продукта, полученного в шахтной печи, соединяющий шахтную печь с плавильным газификатором, отводной трубопровод для доменного газа, выходящий из шахтной печи, питающие трубопроводы для кислородсодержащих газов и носителей углерода, входящие в плавильный газификатор, и отвод для чугуна и шлака, получаемых в плавильной емкости. Этот способ получения чугуна и/или губчатого железа, включает восстановление руды в губчатое железо в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем, последующее плавление в газификационной зоне плавления при подаче носителей углерода и кислородсодержащего газа с образованием CO и H_2 -содержащего восстановительного газа, который вводят в зону прямого восстановления с фиксиро-

ванным слоем и выводят после реагирования с рудой в виде доменного газа.

Из АТ-В-376241 известен также способ работы установки для получения чугуна, включающий загрузку кусковой руды, восстановление руды в губчатое железо в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем, последующее плавление в газификационной зоне и разгрузку восстановленного продукта.

Однако на практике эта установка и способ хорошо зарекомендовали себя для переработки кусковой железной руды при размере зерна руды более 3 мм, предпочтительно более 6 мм.

В основу изобретения поставлена задача создать установку, способ работы установки и способ получения чугуна и/или губчатого железа, для эффективной переработки не только кусковой, но и тонкоизмельченной руды, в частности, руды с размером зерна от 0 до 8 мм, предпочтительно от 0 до 4 мм. В частности, должна быть обеспечена возможность широкого варьирования загрузочного количества кусковой руды и тонкоизмельченной руды по отношению к общему загрузочному количеству руды, чтобы оптимизировать работу установки в смысле потребления энергии и выхода продукта в широком диапазоне соотношений кусковой и тонкоизмельченной руды. Это означает, что производимый продукт, т.е., чугун и/или губчатое железо, соответствует высокому стандарту качества при минимальном потреблении энергии, в частности, показывает высокую степень металлизации и чистоты и гарантирует дальнейшую переработку без каких-либо проблем.

Поставленная задача решается тем, что установка для получения чугуна и/или губчатого железа, включающая шахтную печь прямого восстановления для кусковой железной руды, плавильный газификатор, питающий трубопровод для восстановительного газа, соединяющий плавильный газификатор с шахтной печью, транспортировочный трубопровод для восстановленного продукта, полученного в шахтной печи, соединяющий шахтную печь с плавильным газификатором, отводной трубопровод для доменного газа, выходящий из шахтной печи, питающие трубопроводы для кислородсодержащих газов и носителей углерода, входящие в плавильный газификатор, и отвод для чугуна и шлака, получаемых в плавильной емкости, дополнительно содержит как минимум один реактор с псевдоожиженным слоем, предназначенным для загрузки тонкоизмельченной руды, питающий трубопровод для восстановительного газа, ведущей к указанному реактору с псевдоожиженным слоем, отводной трубопровод для отработанного газа, выходящий из реактора с псевдоожиженным слоем, и средство выгрузки восстановленного продукта, получаемого в реакторе с псевдоожиженным слоем, предпочтительно устройство брикетирования, причем отводной трубопровод для доменного газа шахтной печи и отводной трубопровод для отработанного газа реактора с псевдоожиженным слоем входят в устройство очистки, такое как скруббер, а затем в нагревательное устройство, из которого выходит питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем.

При помощи комбинации по изобретению первоначально описанной установки шахтной печи с реактором с псевдоожиженным слоем, в реактор с псевдоожиженным слоем подают часть восстановительного газа, вырабатываемого в плавильном газификаторе и превращающегося в результате реакции в шахтной печи в доменный газ, и таким образом становится возможной работа установки при оптимальном использовании энергии от подаваемых энергоносителей, причем содержание тонкоизмельченной руды или кусковой руды в общем загрузочном количестве может варьироваться в широком диапазоне, вплоть до использования исключительно тонкоизмельченной руды. Таким образом, согласно изобретению, в каждом конкретном случае количество имеющейся руды, т.е. тонкоизмельченной или кусковой руды, может быть принято в расчет оптимальным образом. Брак при переработке кусковой руды, из-за высокого содержания мелких частиц, который мог бы возникнуть при использовании известного способа, устраняется несложным путем – тонкоизмельченную руду нужно просто отделить и подать в псевдоожиженный слой реактора с псевдоожиженным слоем. Это также позволяет значительно упростить проблемы, возникающие при хранении руды. Кроме того, устраняется неизбежная в известном способе и требующая высоких капиталовложений необходимость в переработке кусковой руды и тонкоизмельченной руды в различных установках (отпадает необходимость в установках гранулирования).

Предпочтительно, питающий трубопровод для восстановительного газа, вырабатываемого в плавильном газификаторе, непосредственно соединен с отводным трубопроводом доменного газа шахтной печи через байпас, обходящий шахтную печь. Таким образом, восстановительный газ, который не требуется для восстановления в шахтной печи, может быть использован как избыточный газ для регулирования состава восстановительного газа, вводимого в реактор с псевдоожиженным слоем, и для увеличения производительности переработки тонкоизмельченной руды.

Преимущественно, питающий трубопровод для восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем снабжен устройством для удаления CO_2 , предназначенным для снижения в отработанном газе содержания CO_2 , образующемся в реакторе с псевдоожиженным слоем. Кроме того, дополнительное преимущество обеспечивается за счет того, что отводной трубопровод для доменного газа, выходящий из шахтной печи, входит в питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем минуя устройство удаления CO_2 .

Для обеспечения требуемой для прямого восстановления температуры восстановительного газа, необходимого для способа псевдоожиженного слоя, в питающем трубопроводе восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем установлено устройство дожигания, в котором часть восстановительного газа сгорает при подаче кислорода. Таким образом, становится возможным регулирование температуры восстановительного газа в соответствии с желаемыми требованиями без значительных потерь газа.

Если в производстве чугуна в плавильном газификаторе наблюдается увеличение производительности, избыточный восстановительный газ для подачи в реактор с псевдоожиженным слоем можно подавать в шахтную печь для кусковой железной руды, для чего питающий трубопровод восстановительного газа реактора с псевдоожиженным слоем соединен с питающим трубопроводом восстановительного газа шахтной печи через боковой трубопровод.

Если требуется плавление губчатого железа, получаемого в реакторе с псевдоожиженным слоем, например, для использования избыточной энергии плавильного газификатора, губчатое железо может вводиться в плавильный газификатор, как минимум частично, для чего к плавильному газификатору подведено транспортировочное устройство для ввода восстановленного продукта, полученного в реакторе с псевдоожиженным слоем и затем предпочтительно брикетированного.

Поставленная задача решается также тем, что в способе получения чугуна и/или губчатого железа, включающем восстановление руды в губчатое железо в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем, последующее плавление в газификационной зоне плавления при подаче носителей углерода и кислородсодержащего газа с образованием CO и H_2 -содержащего восстановительного газа, который вводят в зону прямого восстановления с фиксированным слоем и выводят после реагирования с рудой в виде доменного газа, тонкоизмельченную руду восстанавливают в губчатое железо в еще одной зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем по способу псевдоожиженного слоя, причем доменный газ из зоны прямого восстановления с фиксированным слоем и/или восстановительный газ, полученный в газификационной зоне плавления, которые подвергают очистке от CO_2 и нагреву, а также отработанный газ, образующийся в зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, подают в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем и отводят как отработанный газ.

При этом отработанный газ из зоны прямого восстановления псевдоожиженным слоем смешивают с доменным газом из зоны прямого восстановления с фиксированным слоем и/или с восстановительным газом, полученным в газификационной зоне плавления, и подают в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем.

Чтобы снизить содержание CO_2 в восстановительном газе, подаваемом в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, до желаемого уровня, отработанный газ из зоны прямого восстановления с псевдоожиженным слоем предпочтительно подвергают очистке от CO_2 .

Чтобы поддерживать оптимальную температуру восстановительного газа, используемого в зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, его нагревают в теплообменнике. Для этого также может применяться дожигание восстановительного газа, который предпочтительно вводится в избыточном количестве.

Преимущественно, восстановительный газ, получаемый в газификационной зоне плавления, подают в зону прямого восстановления с псевдо-

ожиженным слоем, минуя устройство очистки от CO_2 .

Прямое восстановление в способе с псевдоожиженным слоем может осуществляться в два или несколько этапов, как известно, например, из US-A-5082251. Кроме того, возможно осуществление прямого восстановления при помощи циркулирующего псевдоожиженного слоя, как это известно, например, из EP-B-0364865.

Чтобы учесть различные загрузочные количества кусковой руды и/или тонкоизмельченной руды, часть восстановительного газа, подаваемого в зону прямого восстановления с псевдоожиженным слоем преимущественно отводят и подают в зону прямого восстановления с фиксированным слоем.

Для оптимального использования энергии предпочтительно, чтобы как минимум часть губчатого железа, образующегося в зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем, плавилась в газификационной зоне плавления.

Поставленная задача решается также тем, что при помощи установки и способа согласно изобретению загрузочные количества кусковой руды варьируют до 100%, предпочтительно от 30 до 60%, от общего количества загружаемой руды, а остальная нагрузка состоит из тонкоизмельченной руды.

Далее изобретение будет описано более подробно на примере конструкции, изображенной на рисунке (фиг.), где схематически показана работа установки согласно изобретению.

Кусковую железную руду загружают сверху в шахтную печь 1 транспортировочным устройством 2 через шлюзовую систему (не показана), возможно, вместе с флюсом. Шахтная печь 1 сообщается с плавильным газификатором 3, в котором из угля и кислородсодержащего газа вырабатывается восстановительный газ; этот восстановительный газ подают в шахтную печь 1 через питающий трубопровод 4, в которой могут быть установлены (необязательно) устройства очистки и охлаждения газа.

Плавильный газификатор 3 состоит из питающего трубопровода 5 для твердых носителей углерода, подающего трубопровода 6 для кислородсодержащих газов, а также, если требуется, подающих трубопроводов 7 для носителей углерода, которые являются жидкими или газообразными при комнатной температуре, такие как углеводороды, а также для сгоревших флюсов. Расплавленный чугун 9 и жидкий шлак 10 собираются в плавильном газификаторе 3 ниже газификационной зоны плавления 8 и выпускаются через отводы 11.

Кусковую руду, восстановленную в губчатое железо в шахтной печи 1 в зоне прямого восстановления с фиксированным слоем 12, подают вместе с флюсами, сгоревшими в зоне прямого восстановления 12, по транспортировочному трубопроводу 13, соединяющему шахтную печь 1 с плавильным газификатором 3, например, посредством шнекового питателя или подобных устройств, не показанных подробно. Отводная труба 14 для доменного газа, образующегося из восстановительного газа в зоне прямого восстановления 12, соединена с верхней частью шахтной печи.

Кроме того, установка включает два реактора с псевдоожиженным слоем 15, 16, расположенных последовательно в ряд; тонкоизмельченную руду подают по подающему трубопроводу 17 в первый реактор с псевдоожиженным слоем 15, а оттуда через транспортировочный трубопровод 18 в следующий реактор с псевдоожиженным слоем 16. Материал, полностью восстановленный в одной зоне прямого восстановления с псевдоожиженным слоем 19 каждого из реакторов с псевдоожиженным слоем 15, 16 (губчатое железо), после выхода из второго реактора с псевдоожиженным слоем 16, подают на брикетирующую установку 20, где его подвергают горячему или холодному брикетированию. Перед введением тонкоизмельченной руды в первый реактор с псевдоожиженным слоем 15 ее подвергают подготовке, такой как сушка, которая, однако, подробно не показана.

Восстановительный газ подают по газовому трубопроводу 21 в направлении, противоположном потоку руды, из реактора с псевдоожиженным слоем 16 в реактор с псевдоожиженным слоем 15, т.е., в зоны прямого восстановления с псевдоожиженным слоем 19, имеющиеся в реакторах с псевдоожиженным слоем, и выводят из первого реактора с псевдоожиженным слоем 15 (рассматривая в направлении потока руды) как отработанный газ через отводной трубопровод отработанного газа 22.

Как доменный газ, отводимый из шахтной печи 1, так и отработанный газ, отводимый из реактора с псевдоожиженным слоем 15, охлаждают и промывают каждый отдельно в устройстве очистки 23, предпочтительно представляющего собой мокрый скруббер, и затем смешивают путем соединения отводного трубопровода доменного газа 14 и отводного трубопровода отработанного газа 22 вместе. Затем смешанный таким образом газ пропускают через устройство очистки от CO_2 24, предпочтительно представляющего собой скруббер CO_2 , и освобождают от CO_2 . После этого смешанный газ нагревают до температуры около 400°C в теплообменнике 25. За ним следует устройство дожигания 26, в котором часть смешанного газа сгорает при подаче кислорода, и таким образом смешанный газ приобретает температуру, необходимую для прямого восстановления в реакторах с псевдоожиженным слоем 15, 16 - около 850°C . Этот нагретый смешанный газ теперь готов для использования в реакторах с псевдоожиженным слоем 15, 16 в качестве восстановительного газа.

Кусковую руду и тонкоизмельченную руду подают в установку из отдельных рудных дворов, или, если переработке подлежит смешанная руда, ее подвергают просеиванию, после чего грубозернистую фракцию подают в шахтную печь 1, а мелкозернистую фракцию подают в реактор с псевдоожиженным слоем 15.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения очистке от CO_2 подвергают только отработанный газ из реакторов с псевдоожиженным слоем 15, 16, а доменный газ из шахтной печи 1, через байпасный трубопровод 27, соединенный со скруббером CO_2 , смешивается с отработанным газом только после его очистки от CO_2 . Если в восстановлении участвуют

лишь незначительные количества кусковой руды - по отношению к количествам загруженной тонкоизмельченной руды - или кусковая руда вообще не восстанавливается, то восстановительный газ, образующийся в плавильном газификаторе 3, который в этом случае функционирует просто как угольный газификационный реактор, может непосредственно отводиться из питающего трубопровода 4, ведущего в шахтную печь 1, через байпасный трубопровод 28, обходящий шахтную печь 1. Этот байпасный трубопровод 28 также включается в работу, если в плавильном газификаторе 3 образуется избыточный газ, т.е. образуется больше восстановительного газа, чем требуется для шахтной печи 1. При помощи этого избыточного газа может регулироваться состав восстановительного газа, вводимого в реакторы с псевдоожиженным слоем 15, 16. Таким образом, может быть достигнуто увеличение количества тонкоизмельченной руды, восстанавливаемой в реакторах с псевдоожиженным слоем 15, 16.

В случае, если требуется повышение производительности восстановления кусковой руды в шахтной печи 1, избыточный восстановительный газ, подаваемый в реакторы с псевдоожиженным слоем 15, 16, может вводиться в шахтную печь 1 через боковой трубопровод 29.

Как чугун, так и брикетированное губчатое железо перерабатываются на компактном металлургическом заводе, например, оборудованном электрическими печами и конверторами. Если необходимо, брикетированное губчатое железо может быть также загружено в плавильный газификатор 3 с помощью транспортировочного устройства 30 и там переплавляться. Это дает преимущество, в частности, в том случае, если в плавильном газификаторе 3 имеется избыточная энергия.

Преимущественно теплообменник работает за счет части отработанного газа от восстановления в псевдоожиженном слое, который подают через трубопровод 31. Отработанный газ, который не требуется для процесса восстановления или для теплообменника 25, подают другим потребителям через трубопровод отвода газа 32. Это применяется также для избыточного доменного газа, который может подаваться потребителям через отводной трубопровод 33. Отводные трубопроводы 32 и 33 преимущественно введены в сборник газа, такой как газометр, для промежуточного хранения отводимого газа и доменного газа. Таким образом, различия в количестве вырабатываемого газа и отклонения давления внутри системы могут контролироваться и выравниваться.

Брикетирующую установку 20 можно заменить разгрузочным устройством 34, например, устройством холодной разгрузки.

Мокрый скруббер 23 и CO_2 -скруббер 24 могут соединяться байпасным трубопроводом 35, выходящим из питающего трубопровода 4. Преимущество заключается в том, что газ, выходящий из плавильного газификатора 3, содержит незначительное количество CO_2 и поэтому нет необходимости пропускать газ через эти устройства до тех пор, пока повышающееся содержание серы в газе не станет чрезмерным. Кроме того, система предоставляет возможность регулирования содержания CO_2 более согласованным способом. В бай-

пасный трубопровод 35 встроен пылеотделитель 36.

Все транспортировочные средства и газовые трубопроводы оснащены обычными органами управления и компрессорами.

Пример

В установке, соответствующей рисунку и имеющую производительность 100 т/ч брикетированного губчатого железа из тонкоизмельченной руды и около 100 т/ч губчатого железа из кусковой руды, 148 т/ч тонкоизмельченной руды вводили в реакторы с псевдоожиженным слоем 15, 16 и 149 т/ч кусковой руды вводили в шахтную печь 1.

Известняк, доломит и кварц загружали в реактор с псевдоожиженным слоем 15 и/или в шахтную печь 1 в качестве флюсов в количестве 27 т/ч.

Уголь в количестве 800 кг/т чугуна и кислород в количестве 540 Нм³/т чугуна вводили в плавильный газификатор 3.

109 т/ч губчатого железа выгружали из шахтной печи 1 и загружали в плавильный газификатор 3, где он плавился. Чугун получали в количестве 100 т/ч при следующем химическом составе:

Таблица I

Fe	94,9%
C	4,3%
Si	0,4%
S	0,04%
P	0,08%

В плавильном газификаторе 3 образуется 30 т/ч шлака.

Восстановительный газ, образующийся в плавильном газификаторе 3 путем газификации угля, после очистки в скруббере и охлаждения вводили в зону прямого восстановления 12 шахтной печи 1 при температуре около 850°C. Газ образуется в количестве 190000 Нм³/ч при следующем химическом составе:

Таблица II

CO [%]	69,60
CO ₂ [%]	2,83
H ₂ [%]	22,57
H ₂ O [%]	1,54
H ₂ S млн ⁻¹	500,00
CH ₄ [%]	0,51
N ₂ , Ar [%]	2,90

Его теплотворная способность составляет 11300 кДж/Нм³.

Доменный газ выходит из шахтной печи 1 в количестве 160000 Нм³/ч. Его химический состав приведен в табл. III

Таблица III

CO [%]	42,30
CO ₂ [%]	35,87
H ₂ [%]	15,80
H ₂ O [%]	2,26
H ₂ S млн ⁻¹	125,00
CH ₄ [%]	1,06
N ₂ , Ar [%]	2,70

Его теплотворная способность составляет 7435 кДж/Нм³.

Тонкоизмельченная руда, загружаемая в реактор с псевдоожиженным слоем 15, имеет максимальный размер зерна 8 мм. Ее восстанавливали в губчатое железо в два этапа и затем подвергали горячему брикетированию. Брикетированное губчатое железо имело степень металлизации ($Fe_{мет}/Fe_{общ}$) 92%.

Восстановительный газ, вводимый в реакторы с псевдоожиженным слоем 15, 16 образуется при смешивании доменного газа, выходящего из шахтной печи 1, с частью отработанного газа, выходящего из реактора с псевдоожиженным слоем 15, который расположен первым в направлении потока тонкоизмельченной руды. Этот отработанный газ вырабатывался в количестве 189766 Нм³/ч и имел следующий химический состав:

Таблица IV

CO [%]	41,41
CO ₂ [%]	25,28
H ₂ [%]	17,10
H ₂ O [%]	1,50
H ₂ S млн ⁻¹	22,31
CH ₄ [%]	3,50
N ₂ , Ar [%]	11,21

Его теплотворная способность составляет 8337 кДж/Нм³. 20905 Нм³ этого отработанного газа отводили в качестве отводимого газа для других целей через отводной трубопровод для отвода газа 32. 151000 Нм³ отработанного газа смешивали с доменным газом, выходящим из шахтной печи 1, после того как доменный газ и отработанный газ прошли очистку во влажном скруббере.

Полученный таким образом смешанный газ (311000 Нм³/ч) имел теплотворную способность 7873 кДж/Нм³. Его химический состав:

Таблица V

CO [%]	41,87
CO ₂ [%]	30,73
H ₂ [%]	16,43
H ₂ O [%]	1,89
H ₂ S млн ⁻¹	75,14
CH ₄ [%]	2,24
N ₂ , Ar [%]	6,83

После очистки от CO₂ этого смешанного газа в CO₂-скруббере его химический состав становился следующим:

Таблица VI

CO [%]	61,34
CO ₂ [%]	0,45
H ₂ [%]	24,07
H ₂ O [%]	0,70
H ₂ S млн ⁻¹	1,11
CH ₄ [%]	3,32
N ₂ , Ar [%]	10,11

Его количество составляло $210140 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ при теплотворной способности 11547 кДж/Нм^3 . Газ, отводимый из скруббера 24 и состоящий в основном из CO_2 , образуется в количестве $100860 \text{ Нм}^3/\text{ч}$. Его химический состав приведен в табл. VII.

Таблица VII

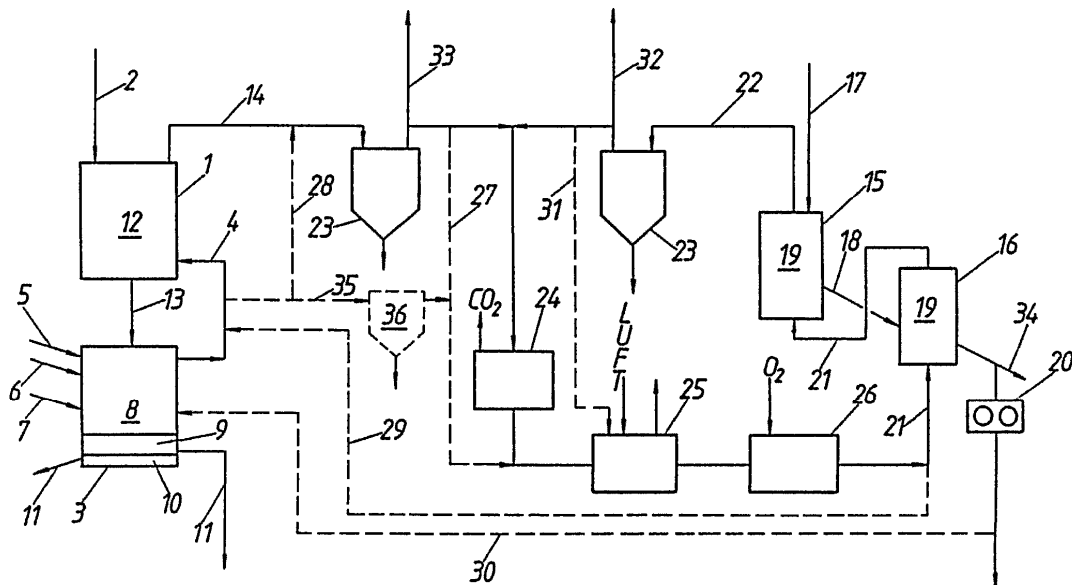
$\text{CO} [\%]$	1,29
$\text{CO}_2 [\%]$	93,81
$\text{H}_2 [\%]$	0,51
$\text{H}_2\text{O} [\%]$	4,37
$\text{H}_2\text{S} \text{ млн}^{-1}$	229,38
$\text{CH}_4 [\%]$	0,00
$\text{N}_2, \text{Ar} [\%]$	0,00

После этого происходит нагрев смешанного газа в теплообменнике 25 за счет сжигания отработанного газа, выходящего из реактора с псевдоожиженным слоем 15 через газовую трубопровод 31 в количестве $17861 \text{ Нм}^3/\text{ч}$. Для такого сжигания необходима подача воздуха в количестве $32184 \text{ Нм}^3/\text{ч}$.

Кислород в количестве $5083 \text{ Нм}^3/\text{ч}$ подавали в смешанный газ, нагретый в теплообменнике 25, таким образом, чтобы происходило частичное сгорание смешанного газа. Этот смешанный газ, нагретый до температуры 820°C , теперь готов для использования в качестве восстановительного газа для прямого восстановления тонкоизмельченной руды в реакторах с псевдоожиженным слоем 15 и 16 в количестве $210846 \text{ Нм}^3/\text{ч}$, с теплотворной способностью 10947 кДж/Нм^3 . Его химический состав приведен в табл. VIII.

Таблица VIII

$\text{CO} [\%]$	58,16
$\text{CO}_2 [\%]$	3,60
$\text{H}_2 [\%]$	22,82
$\text{H}_2\text{O} [\%]$	2,19
$\text{H}_2\text{S} \text{ млн}^{-1}$	1,11
$\text{CH}_4 [\%]$	3,15
$\text{N}_2, \text{Ar} [\%]$	10,09



Фиг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22