

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036649**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.12.03**

**(21)** Номер заявки  
**201990866**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2017.11.02**

**(51)** Int. Cl. **C21B 13/02** (2006.01)  
**F27B 1/24** (2006.01)  
**F27D 9/00** (2006.01)  
**F27D 15/02** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ШАХТНАЯ ПЕЧЬ, В КОТОРОЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ УДЛИНЕННОЕ КОНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ОТКЛОНЕНИЯ ПОТОКА**

---

**(31)** **62/416,863**

**(32)** **2016.11.03**

**(33)** **US**

**(43)** **2019.08.30**

**(86)** **PCT/US2017/059682**

**(87)** **WO 2018/085514 2018.05.11**

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**МИДРЭКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК.**  
**(US)**

**(72)** Изобретатель:  
**Фолкер Брайан, Митисита Харуясу,**  
**Райт Тревис (US)**

**(74)** Представитель:  
**Носырева Е.Л. (RU)**

**(56)** AT-B-387037  
DE-A1-2908763  
US-B1-8776844  
US-A-5785733  
US-B1-6200363  
US-A1-20020079625  
US-A1-20140091502

---

**(57)** Шахтная печь для получения металлического железа прямого восстановления (DRI) из расположенных в ней железосодержащих окатышей или кусков и восстановительного газа, которая содержит окружающую наружную стенку, образующую верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, при этом железосодержащие окатыши или куски движутся вниз через верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения и железосодержащие окатыши или куски сталкиваются с текущим вверх восстановительным газом и одним или несколькими другими газами; и устройство отклонения потока, расположенное вдоль средней линии окружной наружной стенки и содержащее выпуклую вверх верхнюю коническую секцию, расположенную в средней переходной зоне, ограниченной окружной наружной стенкой, и соединенную с выпуклой вниз нижней конической секцией, расположенной в нижней зоне охлаждения, ограниченной окружной наружной стенкой.

---

**036649**  
**B1**

**036649**  
**B1**

### **Перекрестная ссылка на родственную заявку**

Настоящая заявка на патент/патент заявляет преимущество по приоритету одновременно находящейся на рассмотрении предварительной заявки на патент США № 62/416863, поданной 3 ноября 2016 г. и озаглавленной "Процесс прямого восстановления и шахтная печь, в которой используется удлиненное коническое устройство отклонения потока", содержание которой полностью включено в данный документ посредством ссылки.

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение в целом относится к новому процессу и шахтной печи для прямого восстановления (direct reduction, DR) железа. В частности, настоящее изобретение относится к новому процессу и шахтной печи для прямого восстановления железа с использованием удлиненного конического устройства отклонения потока и/или других внутренних механизмов, способствующих однородности распределения шихты/продукта, особенно в средней и нижней частях шахтной печи, что обеспечивает усовершенствованное получение железа путем холодного прямого восстановления (cold direct reduced iron, CDRI), горячего прямого восстановления (hot direct reduced iron, HDRI) и горячебрикетированного железа (hot briquetted iron, HBI).

### **Предпосылки создания изобретения**

Существует множество традиционных процессов получения железа прямого восстановления (direct reduced iron, DRI) из железной руды, в том числе процесс Midrex® (Midrex), процесс HYL® (HYL) и процесс PERED® (MME). Как и во всех традиционных процессах, в процессе PERED® окатыши или куски оксида железа преобразуются в металлическое железо путем их подвергания действию восстановительного газа при относительно низких температурах в шахтной печи/реакторе. Восстановительный газ состоит из водорода и монооксида углерода и первоначально образуется во внешней установке для риформинга, такой как установка для каталитического риформинга. Восстановительный газ течет в шахтной печи вверх и действует на опускающийся оксид железа, нагревая его до температур восстановления. Этот процесс может быть использован для получения CDRI, HDRI и/или HBI.

Ссылаясь на MME, наиболее значимыми признаками процесса PERED® являются следующие:

Система непрерывного действия, в которой для удаления кислорода из загружаемого материала оксида железа и науглероживания восстановленного железа используется непрерывный поток восстановительных газов.

Минимальное потребление топлива за счет повторного использования в процессе колошникового газа из шахтной печи.

Система риформинга газа специальной конструкции, в которой диоксид углерода и водяной пар, получаемые при восстановлении оксида железа, используются для каталитической конверсии природного газа без образования сажи. Это позволяет избежать потребности во внешнем источнике кислорода для частичного окисления метана.

Особым признаком является контроль процентной доли водяного пара, получаемого из тепла отработавшего газа.

Максимальная утилизация тепла за счет подогрева первичного воздуха, природного газа и сырьевого газа, а также получение водяного пара из отработавшего газа.

Снова ссылаясь на MME, оборудование, используемое в процессе PERED®, включает "новые" шахтную печь и установку для риформинга:

В печи шахтного типа для металлизации используется непрерывный технологический поток с наибольшей известной эффективностью. В печи окатыши опускаются под действием силы тяжести и подвергаются металлизации путем прямого контакта с противотоком восстановительных газов в зоне восстановления.

В шахтной печи материал оксида железа подается из загрузочной воронки под действием силы тяжести через динамический газовый затвор в распределительные трубы, по которым материал подается в печь восстановления. Трубы для распределения оксида специально рассчитаны на доставку материала к периферии и в центр, за счет чего обеспечивается равномерный профиль распределения материала в печи, и на увеличение объема зоны восстановления. Скорость подачи в загрузочную воронку определяется скоростью выпуска продукта из нижней части печи.

Шахтная печь делится на три зоны с отдельными газовыми системами: верхнюю зону для восстановления, переходную зону для науглероживания и риформинга на месте, и нижнюю зону для охлаждения.

Зона восстановления специально рассчитана на повышение эффективности с целью исключения образования мелких фракций и на обеспечение вспучивания окатышей в ходе процесса восстановления. Отверстия кольцевого трубопровода, расположенные на двух уровнях в нижней части зоны восстановления, имеют специальную форму для улучшенного проникновения газа в шихту и большей эксплуатационной надежности. Положение газоотвода колошникового газа уменьшает перенос мелких фракций и увеличивает отношение высоты к диаметру.

Конвертированный газ, содержащий водород и монооксид углерода с контролируемыми температу-

рой и соотношением, вводится в опускающуюся шихту через ряд отверстий, расположенных на двух уровнях на нижнем периметре зоны восстановления. Состав и температуру газа из кольцевого трубопровода можно по мере необходимости регулировать независимо.

Материал, текущий через зону восстановления, перед поступлением в зону охлаждения проходит через переходную зону. Переходная зона имеет достаточную высоту, для того чтобы изолировать газовые контуры зоны восстановления и зоны охлаждения одну от другой и обеспечить независимое управление ими.

Переходная зона используется для риформинга на месте путем введения природного газа с более высокими и управляемыми скоростями потока.

Риформинг на месте осуществляет несколько полезных функций: он науглероживает и охлаждает металлическое железо, а также использует теплосодержание металлического железа для нагрева и риформинга природного газа с образованием дополнительного восстановительного газа, что, таким образом, повышает производительность и снижает общее энергопотребление.

Исключение шихтопитателя с водяным охлаждением уменьшает образование мелких фракций, перепады температуры шихты и вероятность образования в данной области агрегатов. В этой зоне находится устройство обеспечения высокой текучести специальной конструкции, называемое "китайская шляпа", для регулировки равномерности потока материала через печь.

Охлаждающий газ вводится по периметру через газовые сопла специальной конструкции в нижней части шахтной печи. Данная модифицированная компоновка уменьшает высоту зоны охлаждения и улучшает надлежащее распределение газа по шихте, что, в свою очередь, повышает эффективность зоны охлаждения.

Горячий охлаждающий газ всасывается в верхней части зоны охлаждения через четыре отводящих канала, специально рассчитанных на равномерное использование зоны охлаждения и уменьшение переноса мелких фракций.

Горячий газ из печи затем очищается, сжимается и подвергается повторному использованию после кондиционирования с природным газом. Для оптимизации эффективности зоны охлаждения данный процесс эксплуатируется с чрезвычайно высоким содержанием  $\text{CH}_4$  в охлаждающем газе.

Поток материала в данной зоне упорядочивается при помощи двух рядов шихтопитателей, вращающихся на угол  $360^\circ$ , которые могут управляться независимо в отношении скорости, направления и угла вращения. Эти шихтопитатели являются преимущественными для упорядочивания потока материала и при устранении неисправностей.

Печь восстановления действует под умеренным давлением, при этом восстановительный газ остается в системе печи посредством динамических затворов как в колошнике, так и в нижней части печи восстановления. Поступление сырья и выпуск продукта через шлюзовые затворы обеспечивает сопротивление вытеканию газа. Во время запуска установки для риформинга в шлюзовые затворы вводится инертный уплотнительный газ под повышенным давлением.

Из выпуска и/или загрузочной воронки печи восстановления выпускаются небольшие объемы инертных газов.

Получаемое DRI выпускается из нижней части печи по конвейерной системе в промежуточный бункер для пассивации перед потреблением в электродуговой печи (electric arc furnace, EAF) или отправкой на дальнейшее хранение перед отгрузкой.

Горячий, насыщенный пылью колошниковый газ из печи направляется в очиститель колошникового газа, где он охлаждается, очищается, и содержание водяного пара уменьшается. После выхода из очистителя колошникового газа поток газа разделяется. Приблизительно  $2/3$  этого газа используется в качестве технологического газа, тогда как остальная  $1/3$  газа используется в качестве топлива для сгорания с целью нагрева установки для риформинга.

Влагосодержание колошникового газа доводится до минимума в очистителе колошникового газа. Это, в свою очередь, снижает нагрузку на компрессоры технологического газа, поскольку им приходится переносить меньший поток технологического газа.

Установка для риформинга образует восстановительные газы путем риформинга природного газа в присутствии специального катализатора.

Влагосодержание, необходимое для риформинга, достигается путем добавления водяного пара, получаемого из тепла отработавшего газа из установки для риформинга с управляемой скоростью потока.

Для получения смеси сырьевого газа для риформинга, технологический газ обогащается подогретым природным газом и водой в форме водяного пара. После обогащения этот газ называется сырьевым газом. Сырьевой газ затем нагревается теплом отходящих из процесса газов до приблизительно  $550^\circ\text{C}$ .

Подогретый сырьевой газ затем течет через установку для риформинга и подвергается риформингу во множестве труб из жаропрочного сплава, содержащих катализаторы типа микрочернистого порошка, специально разработанные для конверсии метана совместно с  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  при содержании серы, присутствующей в сырьевом газе, до 10 ppm (об.).

Анализ конвертированного газа и контроль температуры установки для риформинга осуществляются автоматически. Данная установка для риформинга [как утверждается] образует восстановительные

газы с более высоким отношением  $H_2/CO$ , чем в установках для риформинга MIDREX®, что обеспечивает безопасную эксплуатацию установки для риформинга и печи. Перед поступлением в печь восстановления температура конвертированного газа регулируется в соответствии с долей оксидов в смеси и наличием кислорода.

Установка для риформинга запускается при помощи множества горелок с использованием подогретого воздуха при горении смеси топлива из колошникового газа, возвращаемого в оборот из колошникового газа/отходящего газа печи, и природного газа. Отходящий газ из установки для риформинга используется для подогрева воздуха для горения, сырьевого газа и природного газа, и образования водяного пара в системе утилизации тепла, за счет чего сводится к минимуму энергопотребление завода по прямому восстановлению железа. Отработавший газ сбрасывается в атмосферу при помощи вентилятора для искусственной тяги. Небольшая часть отработавшего газа установки для риформинга охлаждается, а затем сжимается и используется в качестве инертного газа в различных местах установки по прямому восстановлению железа.

Кроме того, по данным Министерства горной промышленности и энергетики, предполагаемыми преимуществами процесса PERED® являются следующие.

Умеренное рабочее давление в реакторе по сравнению с процессами MIDREX и HYL, что повышает скорость реакции и сохраняет простоту процесса.

Более высокое отношение  $H_2/CO$ , снижающее риск образования агрегатов в печи реактора и обеспечивающее более безопасную эксплуатацию установки для риформинга.

Очиститель колошникового газа с единым составом на выходе и меньшим содержанием влаги, что снижает нагрузку на компрессор технологического газа.

Образование пара в результате рекуперации тепла отработавших газов, что снижает энергопотребление и воздействие на окружающую среду.

Отдельное добавление пара с целью точного контроля отношения  $H_2/CO$  и, таким образом, стабилизации качества восстановительного газа и, в свою очередь, качества продукта.

Безопасная эксплуатация установки для риформинга с высоким отношением  $H_2/CO$ .

Специальный катализатор с повышенной эффективностью для получения высококачественных восстановительных газов.

Высокоэффективная система рекуперации тепла с обратными пучками труб.

Максимальная рекуперация тепла за счет подогрева первичного воздуха, природного газа и сырьевого газа, а также получение водяного пара из отработавшего газа и, таким образом, снижения температуры газа, отходящего в атмосферу.

Двойные отверстия для введения газа из кольцевого трубопровода с обеспечением возможности введения восстановительных газов с двумя разными составами и температурами.

Упрощенная конструкция отверстия кольцевого трубопровода для обеспечения улучшенной структуры потока и простоты технического обслуживания.

Питающие трубы распределителя оксида, специально рассчитанные на равномерное распределение частиц оксида по размерам и увеличение объема зоны восстановления.

Сверхтонкая коническая огнеупорная конструкция в реакторе для обеспечения вспучивания DRI.

Отвод колошникового газа специальной конструкции, повышающий эффективность печи и сводящий к минимуму перенос мелких фракций.

Отсутствие шихтопитателей с водяным охлаждением на некоторых заводах.

Вращающиеся шихтопитатели специальной конструкции, которые могут управляться независимо в отношении скорости, направления и угла вращения, для улучшения структуры потока и, в случае образования в печи агрегатов лучшего функционирования в качестве разбивателя агрегатов.

"Китайская шляпа" специальной конструкции для обеспечения равномерного потока материала внутри печи.

Введение охлаждающего газа по периметру для оптимизации эффективности зоны охлаждения.

Крестообразный отвод охлаждающего газа специальной конструкции для оптимизации эффективности охлаждения и сведения к минимуму переноса мелких фракций.

Уменьшенная высота печи.

Снижение капиталовложений, эксплуатационных расходов и расходов по техническому обслуживанию.

Однако в известном уровне техники по-прежнему существует потребность в процессе DR, усовершенствованном в отношении "китайской шляпы", используемой в переходной зоне шахтной печи для обеспечения однородности распределения шихты/продукта. Данная конструкция обычно содержит простой, неподвижно закрепленный, направленный вверх выпуклый прерыватель потока или т. п., по которому и вокруг которого в переходной зоне текут окатыши/куски, теоретически, для разбивания любых образующихся агрегатов и обеспечения достаточного и равномерного перемешивания и распределения газов.

### Краткое описание сущности изобретения

В различных примерных вариантах осуществления настоящего изобретения "китайская шляпа" переходной зоны традиционных процессов DR заменена на усовершенствованное удлиненное коническое устройство отклонения потока. Указанное удлиненное коническое устройство отклонения потока расположено на валу, пересекающем по ширине переходную зону/зону охлаждения шахтной печи. Необязательно, вал обеспечивает возможность поворота удлиненного конического устройства отклонения потока внутри шахтной печи на некоторый угол. Удлиненное коническое устройство отклонения потока содержит первую, относительно более короткую, направленную вверх коническую часть в переходной зоне внутри шахтной печи, которая соединена со второй, относительно более длинной, направленной вниз конической частью в зоне охлаждения внутри шахтной печи. В каждой из этих конических частей может использоваться один или несколько окружных скаты. Вал и/или части конического устройства могут, необязательно, содержать одно или несколько отверстий для введения газов, позволяющих вводить восстановительный газ, газ переходной зоны и/или охлаждающий газ вблизи центра переходной зоны/зоны охлаждения, что обеспечивает возможность лучшего насыщения, за которыми могут следовать аналогичные дополнительные отверстия для введения газов. Традиционные шихтопитатели, в том числе верхние шихтопитатели, средние шихтопитатели и нижние шихтопитатели, могут быть расположены над и/или под удлиненным коническим устройством отклонения потока, и они способствуют поддержанию равномерного движения шихты через шахтную печь. В целом двойное коническое устройство отклонения потока согласно настоящему изобретению улучшает все показатели шахтной печи, в особенности в "горячих" применениях.

Необязательно, нижний конус охватывает 30-40% длины зоны охлаждения, хотя могут быть использованы и другие процентные соотношения при условии, что нижний конус охватывает существенную часть длины (и объема) зоны охлаждения. Конфигурация с двумя конусами служит для обеспечения равномерности и предотвращения агрегации как в переходной зоне, так и в зоне охлаждения внутри шахтной печи. Кроме того, один или оба конуса могут содержать одну или несколько секций или углов. Удлиненное коническое устройство отклонения потока обычно является подвешенным в шахтной печи при помощи вала, расположенного поблизости от границы между переходной зоной и зоной охлаждения, при этом вал входит в контакт с удлиненным коническим устройством отклонения потока вблизи перехода от его первого конуса ко второму конусу.

Необязательно, нижняя часть нижнего конуса содержит отверстие, которое избирательно закрывается крышкой. Оно служит для предотвращения непреднамеренного опасного перемещения и выпадения выломков, накапливающихся в двойном коническом устройстве. При необходимости конус (конусы) может являться футерованным огнеупором и/или иметь водяное охлаждение.

В одном примерном варианте осуществления в настоящем изобретении предусмотрена шахтная печь для получения металлического железа прямого восстановления (DRI) из расположенных в ней железосодержащих окатышей или кусков и восстановительного газа, которая содержит окружную наружную стенку, образующую верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, при этом железосодержащие окатыши или куски движутся вниз через верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, и железосодержащие окатыши или куски сталкиваются с текущим вверх восстановительным газом и одним или несколькими другими газами; и устройство отклонения потока, расположенное вдоль средней линии окружной наружной стенки и содержащее выпуклую вверх верхнюю коническую секцию, расположенную в средней переходной зоне, ограниченной окружной наружной стенкой, и соединенную с выпуклой вниз нижней конической секцией, расположенной в нижней зоне охлаждения, ограниченной окружной наружной стенкой. Устройство отклонения потока соединено с валом, проходящим вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки. Необязательно, вал позволяет устройству отклонения потока поворачиваться внутри окружной наружной стенки. Необязательно, вал проходит вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки, совпадающего с границей между средней внутренней переходной зоной, образованной окружной наружной стенкой, и нижней внутренней зоной охлаждения, образованной окружной наружной стенкой. Необязательно, каждая из конических секций устройства отклонения потока содержит множество сегментов, каждый из которых имеет отличающийся угол конусности. Необязательно, шахтная печь дополнительно содержит одно или несколько газовых отверстий, расположенных на валу и/или устройстве отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки. Необязательно, шахтная печь дополнительно содержит одно или несколько газовых отверстий, проходящих сквозь окружную наружную стенку ниже устройства отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки. Необязательно, шахтная печь дополнительно содержит один или несколько шихтопитателей, расположенных в окружной наружной стенке выше и/или ниже устройства отклонения потока. Необязательно, шахтная печь дополнительно содержит линию охлаждения, проходящую внутри вала и/или устройства отклонения потока. Предпочтительно нижняя коническая секция устройства отклонения потока, расположенная в нижней зоне охлаждения, образованной

окружной наружной стенкой, охватывает 30% или более вертикальной длины нижней зоны охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.

В другом примерном варианте осуществления в настоящем изобретении предусмотрен способ получения металлического железа прямого восстановления (DRI) из железосодержащих окатышей или кусков и восстановительного газа, содержащихся в шахтной печи, который включает обеспечение окружной наружной стенки, образующей верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, при этом железосодержащие окатыши или куски движутся вниз через верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, и железосодержащие окатыши или куски сталкиваются с текущим вверх восстановительным газом и одним или несколькими другими газами; и обеспечение устройства отклонения потока, расположенного вдоль средней линии окружной наружной стенки и содержащего выпуклую вверх верхнюю коническую секцию, расположенную в средней переходной зоне, образованной окружной наружной стенкой, и соединенную с выпуклой вниз нижней конической секцией, расположенной в нижней зоне охлаждения, образованной окружной наружной стенкой. Устройство отклонения потока соединено с валом, проходящим вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки.

Необязательно, вал позволяет устройству отклонения потока поворачиваться внутри окружной наружной стенки. Необязательно, вал проходит вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки, совпадающего с границей между средней внутренней переходной зоной, образованной окружной наружной стенкой, и нижней внутренней зоной охлаждения, образованной окружной наружной стенкой. Необязательно, каждая из конических секций устройства отклонения потока содержит множество сегментов, каждый из которых имеет отличающийся угол конусности. Необязательно, способ дополнительно включает обеспечение одной или нескольких газовых отверстий, расположенных на валу и/или устройстве отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки. Необязательно, способ дополнительно включает обеспечение одного или нескольких газовых отверстий, проходящих сквозь окружную стенку ниже устройства отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки. Необязательно, способ дополнительно включает обеспечение одного или нескольких шихтопитателей, расположенных в окружной наружной стенке выше и/или ниже устройства отклонения потока. Необязательно, способ дополнительно включает обеспечение линии охлаждения, проходящей внутри вала и/или устройства отклонения потока. Предпочтительно, нижняя коническая секция устройства отклонения потока, расположенная в нижней зоне охлаждения, образованной окружной наружной стенкой, охватывает 30% или более вертикальной длины нижней зоны охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.

#### **Краткое описание графических материалов**

Настоящее изобретение представлено и описано в данном документе со ссылкой на различные графические материалы, на которых подобные номера ссылок используют для обозначения подобных компонентов узла/этапов способа соответственно и на которых

на фиг. 1 представлена принципиальная схема, на которой показан один примерный вариант осуществления шахтной печи DR согласно настоящему изобретению, при этом в шахтной печи используется новое удлиненное коническое устройство отклонения потока в переходной зоне и зоне охлаждения; и

на фиг. 2 представлена принципиальная схема, на которой показан один примерный вариант осуществления удлиненного конического устройства отклонения потока согласно настоящему изобретению.

#### **Подробное описание изобретения**

Ссылаясь теперь конкретно на фиг. 1 и 2, в одном примерном варианте осуществления настоящего изобретения "китайская шляпа" переходной зоны традиционного процесса DR заменена на усовершенствованное удлиненное коническое устройство 10 отклонения потока, расположенное в шахтной печи 12. Указанное удлиненное коническое устройство 10 отклонения потока расположено на валу 14, пересекающем по ширине переходную зону 16 и зону 18 охлаждения шахтной печи 12 ниже зоны 20 восстановления. Как понятно специалистам в данной области техники, зона 20 восстановления в шахтной печи 12 представляет собой твердофазный реактор, в котором губчатое железо получается из окатышей железной руды путем ее подвергания действию восстановительного газа, и переходная зона 16, расположенная непосредственно под зоной 20 восстановления, имеет высоту, достаточную для теплоизоляции зоны 20 восстановления от нижней зоны 18 охлаждения, где температура твердого продукта понижается, например, до приблизительно 50°C. Как представлено на фигуре, обычно зона 18 охлаждения соответствует конической, сужающейся нижней части шахтной печи 12.

Необязательно, вал 14 обеспечивает возможность поворота удлиненного конического устройства 10 отклонения потока внутри шахтной печи 12 на некоторый угол. Удлиненное коническое устройство 10 отклонения потока содержит первую (верхнюю), относительно более короткую, направленную вверх коническую часть 22, расположенную в переходной зоне 16 внутри шахтной печи 12 и соединенную со второй (нижней), относительно более длинной, направленной вниз конической частью 24, расположенной в зоне 18 охлаждения внутри шахтной печи. В каждой из этих конических частей 22 и 24 может ис-

пользоваться один или несколько окружающих скатов.

Вал 14 и/или конические части 22 и 24 могут, необязательно, содержать одно или несколько отверстий 26 для введения газов, позволяющих вводить восстановительный газ, газ переходной зоны и/или охлаждающий газ вблизи средней линии шахтной печи 12, что обеспечивает возможность улучшенного насыщения газом, за которыми могут следовать аналогичные дополнительные отверстия 28 для введения газов. Газ (газы), которые могут быть доставлены к шихте через отверстия 26 и/или 28 для введения газов включают, например, восстановительный газ, природный газ, газ коксовых печей, кислород и/или охлаждающий газ.

Традиционные шихтопитатели 30, 32 и 34 могут быть расположены над и/или под удлиненным коническим устройством 10 отклонения потока, они включают верхние шихтопитатели 30 над удлиненным коническим устройством 10 отклонения потока, средние шихтопитатели 32 под удлиненным коническим устройством 10 отклонения потока и нижние шихтопитатели 34 под средними шихтопитателями 32, и способствуют поддержанию равномерного движения шихты через шахтную печь 12 и вокруг удлиненного конического устройства 10 отклонения потока. В целом, двойное коническое устройство 10 отклонения потока согласно настоящему изобретению улучшает все показатели шахтной печи, в особенности в "горячих" применениях.

Необязательно, нижний конус 24 охватывает 30-40% длины зоны 18 охлаждения шахтной печи 12, хотя могут быть использованы и другие процентные соотношения при условии, что нижний конус 24 охватывает существенную часть длины (и объема) зоны 18 охлаждения. Конфигурация с двумя конусами служит для обеспечения равномерности и предотвращения агрегации как в переходной зоне 16, так и в зоне 18 охлаждения внутри шахтной печи 12. Кроме того, один или оба конуса 22 и/или 24 содержат одну или несколько секций или углов, в том числе, например, первичные части и оконечные части. Удлиненное коническое устройство 10 отклонения потока предпочтительно является подвешенным в шахтной печи 12 при помощи вала 14, расположенного поблизости от границы между переходной зоной 16 и зоной 18 охлаждения, при этом вал 14 входит в контакт с удлиненным коническим устройством 10 отклонения потока вблизи его перехода от первого конуса 22 ко второму конусу 24. В данном примерном варианте осуществления вал 14 посажен на и/или в один или несколько подшипников/соединительных элементов 36, расположенных вне шахтной печи 12, и выступает через противоположные отверстия 38, выполненные в боковых сторонах шахтной печи 12.

Необязательно, нижняя часть нижнего конуса 24 содержит отверстие 40, которое избирательно закрывается крышкой 42. Оно служит для предотвращения непреднамеренного опасного перемещения и выпадения выломок, накапливающихся в двойном коническом устройстве 10. При необходимости вал 14 и/или конус/конусы 22 и 24 могут являться футерованным огнеупором и/или иметь водяное охлаждение посредством одной или нескольких линий 44 охлаждения.

Хотя настоящее изобретение проиллюстрировано и описано в данном документе со ссылкой на предпочтительные варианты осуществления и его конкретные примеры, специалистам в данной области будет очевидно, что другие варианты осуществления и примеры могут выполнять подобные функции и/или с их помощью можно достичь подобных результатов. Все такие эквивалентные варианты осуществления и примеры находятся в пределах сущности и объема настоящего изобретения, и тем самым предполагаются, и при этом могут быть во всех отношениях охвачены следующими не имеющими ограничительного характера пунктами формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

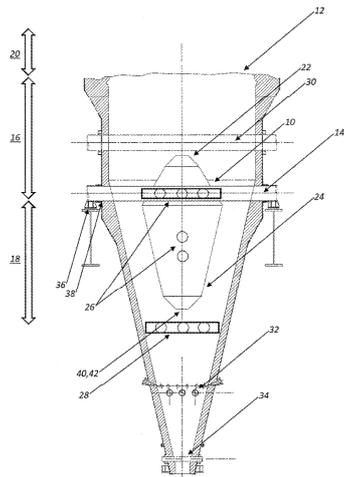
1. Шахтная печь для получения металлического железа прямого восстановления (DRI) из расположенных в ней железосодержащих окатышей или кусков и восстановительного газа, которая содержит

окружную наружную стенку, образующую верхнюю внутреннюю зону восстановления, представляющую собой твердофазный реактор, среднюю внутреннюю переходную зону, представляющую собой область, расположенную под указанной верхней зоной восстановления, и нижнюю внутреннюю зону охлаждения, представляющую собой область, расположенную под указанной средней переходной зоной и соответствующую конической, сужающейся нижней части шахтной печи; при этом указанная средняя переходная зона выполнена с возможностью теплоизоляции указанной верхней зоны восстановления от указанной нижней зоны охлаждения, и при этом шахтная печь выполнена с возможностью пропускания железосодержащих окатышей или кусков вниз через указанные верхнюю внутреннюю зону восстановления, среднюю внутреннюю переходную зону и нижнюю внутреннюю зону охлаждения и осуществления контакта железосодержащих окатышей или кусков с текущим вверх восстановительным газом и одним или несколькими другими газами; и

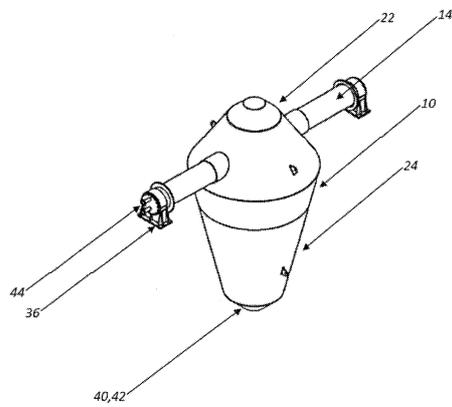
устройство отклонения потока, расположенное вдоль средней линии окружной наружной стенки и содержащее выпуклую вверх верхнюю коническую секцию, расположенную в средней переходной зоне под верхней зоной восстановления, образованной окружной наружной стенкой, и соединенную с выпуклой вниз нижней конической секцией, расположенной в нижней зоне охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.

2. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что устройство отклонения потока соединено с валом, проходящим вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки.
3. Шахтная печь по п.2, отличающаяся тем, что вал позволяет устройству отклонения потока поворачиваться внутри окружной наружной стенки.
4. Шахтная печь по п.2, отличающаяся тем, что вал проходит вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки, совпадающего с границей между средней внутренней переходной зоной, образованной окружной наружной стенкой, и нижней внутренней зоной охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.
5. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что каждая из конических секций устройства отклонения потока содержит множество сегментов, каждый из которых имеет отличающийся угол конусности.
6. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит одно или несколько газовых отверстий, расположенных на валу и/или устройстве отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки.
7. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит одно или несколько газовых отверстий, проходящих сквозь окружную наружную стенку ниже устройства отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки.
8. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит один или несколько шихтопитателей, расположенных в окружной наружной стенке выше и/или ниже устройства отклонения потока.
9. Шахтная печь по п.2, отличающаяся тем, что дополнительно содержит линию охлаждения, проходящую внутри вала и/или устройства отклонения потока.
10. Шахтная печь по п.1, отличающаяся тем, что нижняя коническая секция устройства отклонения потока, расположенная в нижней зоне охлаждения, образованной окружной наружной стенкой, охватывает 30% или более вертикальной длины нижней зоны охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.
11. Способ получения металлического железа прямого восстановления (DRI) из расположенных в шахтной печи железосодержащих окатышей или кусков и восстановительного газа, согласно которому обеспечивают шахтную печь по любому из пп.1-10; обеспечивают подачу окатышей или кусков сверху вниз и подачу восстановительного газа снизу вверх; осуществляют контакт окатышей или кусков с восстановительным газом с образованием верхней внутренней зоны восстановления, средней внутренней переходной зоны и нижней внутренней зоны охлаждения.
12. Способ по п.11, отличающийся тем, что устройство отклонения потока соединено с валом, проходящим вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки.
13. Способ по п.12, отличающийся тем, что вал позволяет устройству отклонения потока поворачиваться внутри окружной наружной стенки.
14. Способ по п.12, отличающийся тем, что вал проходит вдоль внутреннего диаметра окружной наружной стенки, совпадающего с границей между средней внутренней переходной зоной, образованной окружной наружной стенкой, и нижней внутренней зоной охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.
15. Способ по п.11, отличающийся тем, что каждая из конических секций устройства отклонения потока содержит множество сегментов, каждый из которых имеет отличающийся угол конусности.
16. Способ по п.11, отличающийся тем, что дополнительно включает обеспечение одного или нескольких газовых отверстий, расположенных на валу и/или устройстве отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки.
17. Способ по п.11, отличающийся тем, что дополнительно включает обеспечение одного или нескольких газовых отверстий, проходящих сквозь окружную наружную стенку ниже устройства отклонения потока и выполненных с возможностью передачи газа в железосодержащие окатыши или куски, расположенные внутри окружной наружной стенки.
18. Способ по п.11, отличающийся тем, что дополнительно включает обеспечение одного или нескольких шихтопитателей, расположенных в окружной наружной стенке выше и/или ниже устройства отклонения потока.
19. Способ по п.12, отличающийся тем, что дополнительно включает обеспечение линии охлаждения, проходящей внутри вала и/или устройства отклонения потока.
20. Способ по п.11, отличающийся тем, что нижняя коническая секция устройства отклонения потока, расположенная в нижней зоне охлаждения, образованной окружной наружной стенкой, охватывает 30% или более вертикальной длины нижней зоны охлаждения, образованной окружной наружной стенкой.

036649



Фиг. 1



Фиг. 2