

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **027422**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2017.07.31**

**(21)** Номер заявки  
**201491722**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2013.03.13**

**(51)** Int. Cl. **B03C 1/247** (2006.01)  
**B03C 1/10** (2006.01)  
**B03C 1/30** (2006.01)  
**B03B 9/00** (2006.01)

---

**(54) СПОСОБ И СИСТЕМА СУХОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТОНКИХ И СВЕРХТОНКИХ ЧАСТИЦ  
ОКИСЛЕННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ И УСТРОЙСТВО МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ**

---

**(31)** **BR102012008340-0**

**(32)** **2012.03.19**

**(33)** **BR**

**(43)** **2015.07.30**

**(86)** **PCT/BR2013/000075**

**(87)** **WO 2013/138889 2013.09.26**

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**НЬЮ СТИЛ СОЛУСОЙНС  
СУСТЕНТАВЕЙС С.А. (BR)**

**(56)** US-A-3754713  
US-A-4317717  
US-A-3021951  
US-A-4016071  
US-A-5394991  
WO-A1-2005105316  
US-A-5067659  
US-A-3524594  
EP-A1-2128279  
WO-A2-2006041281  
US-A-5139203

**(72)** Изобретатель:  
**Ямамото Мауро Фумио (BR)**

**(74)** Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

**(57)** Изобретение относится к системе и способу для полностью сухой обработки отходов железной руды от предыдущих горнодобывающих операций, которые пригодны для обработки отходов, хранящихся как в отстойниках, так и в отвалах. Изобретение решает проблемы процессов магнитной сепарации, в которых используется мокрый способ с обезвоживанием, устраняется риск попадания твердых отходов в удерживающие отстойники, при этом в этой системе и при этом способе содержание влаги в руде снижают с помощью сушилки с механическим перемешиванием, работающей на природном газе для предотвращения загрязнения, затем отходы сортируют на разные фракции и, наконец, подвергают магнитной сепарации, при том что процесс является полностью сухим.

**B1**

**027422**

**027422**

**B1**

Настоящее изобретение относится к способу и системе для сухого извлечения тонких и сверхтонких частиц окисленной железной руды из бассейнов для отходов железорудных предприятий, также известных как "хвосты". Далее изобретение относится к устройству магнитной сепарации для отделения тонкозернистых частиц окисленной руды (по существу, в форме гематита) сухим способом.

В этом отношении настоящее изобретение направлено на улучшение извлечения железной руды, все еще содержащейся в шахтных отвалах, часто считающихся отходами, но которые обладают высоким потенциалом для извлечения железа. Таким образом, существует возможность получить коммерчески приемлемый продукт, более конкретно - концентрат окисленной железной руды с содержанием Fe более 63%. Такой результат представляет собой существенное достижение с точки зрения охраны окружающей среды, если учитывать риски, которые исторически создают отходы горнодобывающей промышленности в Бразилии и по всему миру.

Инновационные характеристики сухого процесса по настоящему изобретению преимущественно отвечают экономическим, экологическим и стратегическим требованиям горнодобывающей промышленности, позволяя повысить извлечение железа из отходов, которые создают риск пагубного влияния на окружающую среду, преобразуя их в коммерчески приемлемые продукты технически и экономически обоснованным способом. В этом сухом процессе не используется вода, и остатком этого процесса являются отходы, не требующие строительства защитных сооружений.

#### **Описание предшествующего уровня техники**

Когда горнодобывающей деятельностью в промышленных масштабах только начали заниматься, было малоизвестно о способах переработки отходов. Причиной невысокого интереса к этой области было то, что количество генерируемых отходов было достаточно невелико и проблемы защиты окружающей среды еще не стали частью концепции работы горнодобывающей промышленности.

Поэтому отходы обычно произвольно выбрасывались в реки. Однако вместе с ростом этой отрасли, усилением общественного интереса к охране окружающей среды, а также учитывая несколько произошедших в 1970-х несчастных случаев в разных частях мира, включая Бразилию, на горнорудные компании была возложена ответственность за безопасность работы их промышленных подразделений для минимизации вреда окружающей среде и для уменьшения риска несчастных случаев за счет более безопасных и оптимизированных проектов.

По существу, существует три способа хранения пустой породы:

мокрый способ в отстойниках,

сухой способ в хвостах или

с применением технологии пастообразной массы.

Разница между мокрым и сухим способами хранения заключается в том, что в отстойнике наряду с твердыми материалами также находится жидкость.

Хранение в форме пастообразной массы является альтернативой известной практике и дает преимущества, заключающиеся в улучшенном извлечении и рециркуляции воды, увеличенном угле предельного откоса и уменьшенном влиянии на окружающую среду. Однако такой процесс влечет высокие расходы на создание и эксплуатацию.

Например, в заявке на патент Бразилии BR PI 08033277 раскрывается способ магнитного обогащения с низким потреблением воды и низким генерированием пульпы в отходах. Мокрая магнитная сепарация и удаление магнитных отходов может уменьшить накопление больших объемов твердых отходов в отстойниках. Однако такой способ не относится к утилизации отходов, поэтому экологический риск, неизбежно связанный с горнодобывающей деятельностью, эффективно не уменьшается.

В другом документе, заявке на патент Бразилии BR PI 01036521, описан способ извлечения оксида железа из хвостов. Эти хвосты могут быть получены непосредственно путем извлечения мелочи из процессов металлургического восстановления, а также за счет перенаправления возврата мелочи от компаний, которые поставляют железную руду производителям стали и чугуна. Материал загружается в питающий бункер и подается по желобам и ленточным транспортерам во вращающуюся сушильную печь. Высушенный материал выгружается для хранения, не подвергаясь каким-либо процессам сортировки/концентрации, или подается непосредственно в печь восстановления системой ленточных транспортеров.

Что касается этапа сушки/дезагрегирования отходов для последующей сепарации, в уровне техники традиционно применяют вращающуюся барабанную сушилку. При такой технологии наличие мелочи в сушилке приводит к образованию чрезмерного количества окатышей (30-50%), что очевидно противоречит цели извлечения мелочи, приводя к снижению КПД оборудования для крупных частиц и даже снижению эффективности оборудования для мелких частиц.

Для грубых частиц рекомендуются сушилки, которые позволяют формировать псевдооживленный слой, но для мелких частиц псевдооживленный слой сформировать невозможно.

В области производства керамики в настоящее время широко используется сухое распыление, особенно при приготовлении масс для производства керамических полов. Однако при сухом распылении необходимо сформировать пульпу, содержащую 50% твердых частиц, чтобы облегчить распыление частиц, которые впрыскиваются в противоток горячего воздуха. Подача 500 т сырья в 1 ч потребует более

300 м<sup>3</sup> воды, что делает эксплуатационные расходы неприемлемыми.

Что касается процесса магнитной сепарации, обычно применяемого в уровне техники, обычно применяют оборудование с магнитным валом или барабан с мощным постоянным магнитом, эффективность которого удовлетворительна для сепарации материалов, размером более 100 мкм.

Для материалов с размерами менее 100 мкм валковый сепаратор с мощным магнитом, как показала практика, оказался неэффективен. Эта неэффективность является результатом того, что в момент, когда частицы падают с ленты транспортера, процесс сепарации частиц делится пропорционально между магнитными и центробежными силами, которые действуют на частицы.

Поэтому для частиц размером менее 100 мкм в большинстве случаев магнитная сила превышает центробежную силу, что также приводит к попаданию немагнитных частиц в зону, предназначенную для приема магнитных частиц.

Ввиду среднего гранулометрического распределения материала в отстойниках с d50, равным 27 мкм, что означает, что 50% проходящего материала имеет размер 27 мкм, и d80, равным 51 мкм, что означает, что 80% проходящего материала имеет размер 51 мкм, можно заметить, что это чрезвычайно мелкий материал, который трудно высушить обычными способами.

В US 3754713, опубликованном 28 августа 2013 г., описан способ сепарации металлического железа, полученного при восстановлении ильменита углеродом, в котором применяется вращающийся магнитный барабан, не имеющий требуемой напряженности магнитного поля для сепарирования тонких и сверхтонких частиц, на что направлено настоящее изобретение.

В US 4317717, опубликованном 02 марта 1982 г., раскрывается оборудование для переработки горючих отходов и перерабатываемых материалов, таких как алюминиевые банки, в котором используемые магниты являются ферритовыми магнитами (железо-бор), и максимальная напряженность в 1500 Гс недостаточна для сепарации материалов из оксида железа, такого как гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Еще один документ, US 3021951, относится к магнитному сепаратору с внутренним барабаном с несколькими магнитными устройствами, в которых чередуются северный и южный полюса, и который на дне барабана собирает магнитный материал с высокой магнитной восприимчивостью, такой как металлическое железо, при переработке промышленных и бытовых отходов, при этом магнитные устройства изготовлены из ферритовых магнитов (железо-бор) с максимальной напряженностью 1750 Гс, и, таким образом магнитное поле такого сепаратора также недостаточно для сепарирования минералов из окисленного железа, таких как гематит.

В US 4016071 описан магнитный барабан, разработанный для сепарации металлического железа из металлического лома, как и в US 4317717, содержащий ферритовые магниты (железо-бор) и который, аналогично, не притягивает минералы на основе железа с низкой магнитной восприимчивостью, которыми являются окисленные железные руды в целом с размерами частиц менее 150 мкм.

Наконец, документ US 5394991 относится к устройству для генерирования вихревых токов, в котором магнитный ротор вращается с высокими оборотами (приблизительно 3500 об/мин) и генерирует вихревой ток. Эта машина предназначена для переработки немагнитных электропроводных материалов и магнитных металлов, при этом к немагнитным проводящим материалам относятся алюминиевые банки, латунь, нержавеющая сталь и медь, и непроводящих и магнитных металлов, к которым относится металлическое железо с высокой магнитной восприимчивостью. Себестоимость такого устройства чрезвычайно высока, что препятствует его внедрению в горнодобывающей отрасли. Кроме того, магниты, которые образуют магнитный ротор, выполнены из сплошных прутков ферритового магнита, поэтому имеют низкую напряженность магнитного поля, которая не создает достаточной силы для притягивания минералов на основе окислов железа (например, гематита), которые отличаются низкой магнитной восприимчивостью.

### **Цели и преимущества изобретения**

Согласно описанному выше сценарию целью настоящего изобретения является создание системы и способа для сухого извлечения тонких и сверхтонких частиц окисленной железной руды, которые имеют высокую эффективность и не имеют экологических недостатков способов и систем, применяемых в настоящее время, и которые имеют стоимость реализации и эксплуатации, которую может себе позволить отрасль.

Также настоящее изобретение направлено на создание устройства магнитной сепарации, которое является эффективным для материалов, которые традиционно нельзя было обрабатывать на известных валковых магнитных сепараторах.

Эти цели достигаются абсолютно эффективным образом, уменьшая потенциальный риск для окружающей среды при создании системы, способствуя рациональному использованию природных ресурсов, перерабатывая отходы, которые могут представлять угрозу для окружающей среды в случае несчастных случаев на отстойниках и в хвостах, и при дружественном взаимодействии с окружающей средой.

С учетом ужесточающихся экологических требований настоящее изобретение является решительным ответом на задачу генерирования экономических результатов экологически приемлемым способом, основными отличительными признаками которого являются

увеличенное массовое и металлургическое извлечение железа;

извлечение мелочи из железной руды, относящейся к фракции размером менее 100 меш (около 150 мкм) без потерь, вызванных перемещением;  
 чистое сжигание без остатков;  
 отсутствие выбросов в атмосферу;  
 более эффективное сепарирование железа с генерированием более чистых отходов с меньшим содержанием железа;  
 оптимизация логистики и локализованная обработка;  
 сохранение рек и водоносных пластов;  
 минимизация риска несчастных случаев на отстойниках;  
 уменьшение физического пространства, необходимого для реализации;  
 низкое потребление энергии;  
 модульность и гибкость системы;  
 продление срока службы шахт.

Как указано выше, специфическая особенность решения по настоящему изобретению заключается в адаптации полностью сухого технологического пути, что требует установки сушильной установки перед подачей самых тонких фракций в магнитный сепаратор.

Этот путь, являющийся основой настоящего изобретения, можно кратко описать следующим образом: степень влажности руды снижают с помощью механической перемешивающей сушилки (с использованием природного газа для предотвращения загрязнения или сгорания биомассы), после чего ее сортируют на разные фракции и, наконец, подвергают магнитной сепарации при том, что важным отличием является то, что этот процесс является полностью сухим.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 - схема процесса.

Фиг. 2 - диаграмма последовательности процесса.

Фиг. 3 - быстрая сушилка с механическим перемешиванием/системой механического перемешивания, используемая в способе и системе по настоящему изобретению.

Фиг. 4 - компоновка набора циклонов.

Фиг. 5 - схема распределения сил, действующих на магнитный валок устройства магнитной сепарации.

Фиг. 6 - схема силовых линий магнитного поля, возникающего вокруг постоянного магнита, применяемого на магнитном валке устройства магнитной сепарации.

Фиг. 7 - иллюстративная схема отношения силовых линий к толщине магнитов и зазору.

Фиг. 8 - схема устройства магнитной сепарации по настоящему изобретению.

#### **Подробное описание изобретения**

Прежде чем приступить к описанию изобретения, следует отметить, что приведенные в описании величины являются лишь примерами, поэтому они не должны считаться ограничениями объема настоящего изобретения. Специалисты в данной области техники из описываемой концепции узнают, как определять величины, подходящие для конкретного случая, чтобы достичь целей настоящего изобретения.

На фиг. 1 позициями 1-7 представлены этапы и компоненты, традиционно применяемые в известном уровне техники, поэтому они не содержат новаций настоящего изобретения.

Таким образом, имеется объем материала (1), подлежащего переработке, который извлекается экскаватором (2) и помещается в самосвал (3). Самосвал (3) выгружает материал в отвал или бункер (4), откуда он транспортируется вибрационным конвейером (5) на грохот (6), предназначенный для предварительной сепарации.

Грохот (6) может состоять из вибрационного сита для удаления загрязняющего материала. Затем материал подается в накопитель (7).

Емкость накопителя (7) может достигать, например, 2000 т материала.

Дополнительно для предотвращения оседания пыли на внешнюю часть бункера можно использовать водяную завесу. Таким образом, ленточный транспортер может быть полностью закрыт, что предотвращает потери материала и, следовательно, выброс пыли в атмосферу.

Под накопителем (7) может иметься канал, содержащий вибрационный конвейер (не показан), который переносит руду на ленточный транспортер.

С ленточного транспортера накопителя (7) материал подается на первую из так называемых трех унитарных операций, которые составляют настоящее изобретение. Первая унитарная операция является процессом сушки/деагрегирования частиц.

Для решения вышеописанной проблемы сушки/деагрегирования и для получения тонких (дисперсных) частиц, индивидуализированных на 100%, для максимальной эффективности процесса магнитной сепарации предлагается использовать установку (9) ускоренной сушилки с механическим перемешиванием/систему механического перемешивания, как показано на фиг. 3.

Сушилка (9) состоит из нагревательной камеры (187), которая генерирует горячий воздух (с максимальной температурой приблизительно 1100°C), подаваемый в основной корпус, внутри которого находятся две оси (9.1) с пропеллерами (9.2), которые приводят частицы в движение как горизонтально, так и

вертикально. Эти газы проходят по лабиринтной системе (9.5), что заставляет нагретый воздух войти в контакт с материалом. Вертикальное движение частиц помимо способствования контакту с горячим воздухом для повышения эффективности процесса сушки дополнительно способствует удалению тонких частиц системой сбора тонких частиц благодаря отрицательному давлению, создаваемому вытяжным вентилятором. Кроме того, имеется эффективный этап дезагрегации так называемых "тонких отходов". Таким образом, частицы движутся горизонтально, чтобы сухой материал перемещался вдоль основного корпуса до точки выгрузки.

Размер сушилки может быть, например, рассчитан на производительность 200 т/ч в соответствии с характеристиками материала, подлежащего сушке. Сушилка может быть рассчитана, например, на сушку, дезагрегацию и одновременно удаление мелочи. Ее производительность может иметь высокие характеристики, когда до 98% общего объема материала, подаваемого в сушилку, составляет менее 100 меш (около 150 мкм).

Основные характеристики сушилки, использованной для проведения испытаний, перечислены ниже:

две скоростные сушилки, каждая из которых оборудована двигателем мощностью 150 л.с.; установка имеет две маятниковые двойные задвижки с редукторным двигателем, каждый из которых имеет мощность  $7,5 \text{ л.с.} \times 2 = 15 \text{ л.с.}$ , один из которых предназначен для подачи продукта в сушилку, а другой - для выгрузки фракции >100 меш высушенного продукта. Эти задвижки предотвращают попадание воздуха в систему и выход горячего газа, тем самым поддерживая процесс на температуре горячего газа, т.е. тепловой баланс является превосходным;

два генератора горячего газа с каналами, соединяющими генератор с сушилкой, которые покрыты огнеупорным материалом. Имеются два впускных клапана для холодного воздуха для поддержания баланса температуры с помощью термопар. Эти температуры могут показываться на панели управления и регулироваться с нее;

канал для соединения циклонов с рукавными фильтрами 22, плюс шнек для выгрузки продуктов, вытяжной вентилятор и дымовая труба;

электрическая панель системы, плюс средства автоматизации и измерения и приборы управления.

Сушилка далее имеет полную систему отсоса пыли, в которой пыль собирается на разных этапах циклонного сепарирования, что позволяет предотвратить выпуск твердых частиц в окружающую среду. Как уже было указано, для генерирования теплоты используют природный газ, что наряду с адекватным управлением потоком воздуха и правильным соотношением топлива и воздуха позволяет получить чистое и полное сгорание, и газы выводятся после прохождения через напорные фильтры.

Процесс удаления газов, содержащих водяной пар и тонкие частицы, осуществляется высокопроизводительным вытяжным вентилятором, расположенным на конце контура. С контуром системы выпуска соединен компонент, который интегрирует так называемую вторую унитарную операцию способа по настоящему изобретению, которая состоит из воздушной сортировки 89% поданных тонких частиц. Подобный компонент состоит по меньшей мере из одного набора циклонов 10, 12, 14, 16, 18 и 20, соединенных последовательно, как показано на фиг. 4.

Циклоны собирают мелочь с разным размером зерен. Эти циклоны выполняют выборочное и уменьшающееся удержание в зависимости от размера зерен подаваемого материала. Следовательно, первый циклон можно сконфигурировать, например, для сепарирования более крупных частиц, например 44 мкм, во втором и третьем циклонах размер зерен удерживаемого материала будет составлять приблизительно 37 мкм, и постепенно на каждом циклоне, расположенном дальше от первого, размер зерен будет уменьшаться до 10 мкм. В циклонах происходит воздушная сортировка как функция потери скорости на каждом циклоне.

Полученное в описанной конструкции распределение показано в табл. 1.

Таблица 1

Распределение размера зерен - выпускная система - циклоны

Распределение зерен - Выпускная система - Циклоны	% по весу	т/ч
1-й циклон (фракция -100 и +325 меш)	15,26	76,30
2-й циклон (фракция -325 и +400 меш)	11,05	55,25
3-й циклон (фракция -325 и +400 меш)	11,05	55,25
4-й циклон (фракция -400 и +500 меш)	15,24	76,20
5-й циклон (фракция -500 и +600 меш)	12,73	63,65
6-й циклон (фракция -600 и +10 мкм)	16,26	81,28
7-е рукавные фильтры (фракция -10 мкм)	16,26	81,30
Всего	97,85	489,23

Наконец, что касается сверхтонких частиц менее 10 мкм, они всасываются и удаляются в набор ру-

кавных фильтров (22). Продукты, собранные на разных циклонах, предназначены для магнитной сепарации для извлечения магнитного продукта с высоким содержанием железа путем сортировки окатышей (фракция -100 меш или 0,15 мм до 0 мм).

Более грубая фракция менее 2 и более 0,15 мм выводится из выпуска сушилки. Для предотвращения потерь теплоты выпуском управляют две двухступенчатые задвижки, а высушенный материал собирается и транспортируется ленточным транспортером на магнитный сепаратор.

Что касается этапа сепарации, более конкретно - магнитной сепарации, он состоит из третьей унитарной операции способа по настоящему изобретению.

Установленная пропускная способность устройства магнитной сепарации составляет до 15 т/ч для каждой сушильной установки (эта величина не является ограничивающей), содержащей валковый магнитный сепаратор. На этом этапе каждую фракцию обрабатывают по-разному, как будет показано ниже:

более грубые фракции (менее 40 и более 6,35 мм и фракции менее 6,35 и более 2 мм) сепарируют на первом и втором сепараторах с магнитами с высокой напряженностью магнитного поля и валком диаметром 230 мм, и напряженность магнитного поля в таких сепараторах достаточна для удержания частиц размером до 40 мм на поверхности магнитного вала;

промежуточные фракции менее 2 и более 0,15 мм сепарируются на третьем барабанном магнитном сепараторе средней напряженности магнитного поля (6500 Гс);

наконец, мелкая фракция менее 0,15 мм (150 мкм) подвергается сухой магнитной сепарации, которая, как считается, представляет большую оперативную трудность из-за захвата немагнитных частиц в магнитную фракцию, обусловленного силовыми линиями магнитного поля. Эти силовые линии при движении с высокой скоростью генерируют ток (вихревые токи).

Этот процесс используется для сепарирования проводящих металлов, например при переработке алюминиевых банок, и представляет невидимую и приводящую силу для тонкозернистых частиц.

Поэтому, согласно настоящему изобретению, далее предлагается валковая установка магнитной сепарации, имеющая высокую напряженность магнитного поля, предназначенная исключительно для сепарирования мелочи оксида железа с размером зерен от 0,15 мм до 0. При такой магнитной сепарации можно получить продукт с высоким содержанием Fe(общ). Например, при испытании образца руды содержание извлеченного железа составило 68,72. Каждый из продуктов собирается в отдельную бадью для улучшения утилизации и смешивания с полученными продуктами.

Что касается работы такого магнитного сепаратора, эта работа состоит из процесса, в котором два или более материала с разной магнитной восприимчивостью сепарируются друг от друга. Основной приводной силой является магнитная сила ( $F_m/M_f$ ). В дополнение к этой силе на частицы также действуют и другие силы, например центробежная сила ( $F_c/C_f$ ) и сила тяжести ( $F_g$ ), как показано на фиг. 5.

Таким образом, частица считается магнитной, когда  $F_m > F_c + F_g$ , и немагнитной, когда  $F_m < F_c + F_g$ . Для более грубых частиц более 15 мкм при той же скорости центробежная сила будет больше, чем для частиц 40 мкм.

Учитывая это научное положение, магнитная сепарация частиц обычно считается очень трудной, если вообще возможной. На мелкие частицы действует слабая центробежная сила, как демонстрирует нижеприведенная формула:

$$F_c = m \cdot v^2 / r,$$

где  $F_c$  - центробежная сила;

$m$  - масса;

$v$  - скорость;

$r$  - радиус.

Как понятно специалистам, на мелкие частицы не только действует слабая центробежная сила, но они подвержены влиянию магнитного поля, так что, чем меньше их диаметр, тем сильнее такое влияние. Когда такое магнитное поле вращается, генерируется проводящее поле, известное как вихревые токи, которое стремится притянуть мелкие частицы к магнитной фракции. Линии магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом, показаны на фиг. 6.

Магнитный валок, используемый в настоящем изобретении, изготовлен из соединенных магнитов, имеющих одинаковую полярность (север) с зазором, таким образом создавая линии магнитного поля, которые чередуются на магнитном валке. Отношение между магнитной толщиной и толщиной зазора определяет глубину магнитного поля, известную как градиент, как показано на фиг. 7.

Таким образом, учитывая тот факт, что мелкие частицы в меньшей степени подвержены действию центробежной силы и существует притягивание немагнитной фракции к магнитной фракции, вызванное силовыми линиями магнитного поля, согласно настоящему изобретению предлагается схема сепарирования тонких частиц, целью которой является устранение описанных выше ограничений. Схема заключается в наклоне магнитного вала, как показано на фиг. 8, для увеличения скорости частиц, уменьшения площади контакта магнитного поля и, в результате, для усиления действия центробежной силы и силы тяжести.

Кроме того, для увеличения скорости частиц для преодоления притягивания немагнитной фракции было необходимо увеличить глубину магнитного поля в соотношении 3:1 (магнитная толщина: толщина

зазора).

Угол такого наклона может меняться в зависимости от размера частиц так, чтобы для более мелких частиц угол наклона мог быть увеличен. Специалист легко может определить изменение такого угла, ознакомившись с концепцией настоящего изобретения.

Постоянный магнит, используемый в магнитных сепараторах, обладает следующими характеристиками, которые влияют на селективность процесса магнитной сепарации:

низкий градиент;

высокая напряженность магнитного поля, макс. до 13000 Гс, при этом напряженность магнитного поля может быть выше или ниже в зависимости от конструкции, толщины магнита и толщины зазора;

отношение магнита с увеличенной толщиной к зазору уменьшенной толщины дает более высокую напряженность магнитного поля;

редкоземельный постоянный магнит, имеющий в своем составе, помимо железа и бора, 52% неодима. Уровень магнитного насыщения прямо пропорционален количеству неодима.

Другие характеристики такой установки описаны ниже:

магнитный валок является магнитным валком постоянного типа с высокой напряженностью магнитного поля, высоким градиентом, достигнутым за счет сильнодействующего неодима, стоек к температурам до 80°C и имеет стальной диск с высокой магнитной проницаемостью;

привод магнитного валка осуществляется полноценным электродвигателем переменного тока с переменной частотой вращения мощностью 2 л.с., с трехфазным инвертором частоты на 220 В переменного тока 60 Гц (он может работать на 220/380/440 В переменного тока);

система натяжения ленты и выравнивания может решить проблему, связанную с коротким расстоянием между валками малого диаметра тонкой ленты. Ленту можно заменить за несколько минут без необходимости применять специальные инструменты. Три направляющие системы позволяют натягивать и выравнивать ленту, продлевая тем самым срок ее службы;

лента сепаратора выполнена из полиэфирной ткани с полиуретановым покрытием, толщиной 0,6-1,0 мм;

роликовая подающая система с электродвигателем 2 л.с., 220 В переменного тока с инвертором частоты для регулировки скорости подачи. Она содержит бункер для хранения; питатель такого типа позволяет лучше управлять подачей, обеспечивать ее равномерность, особенно для частиц, имеющих разную плотность и форматы, и не чувствителен к изменениям уровня материала в бункере. Это является основным техническим преимуществом перед вибрационными питателями;

поддерживающая структура из профилей из углеродистой стали с соответствующей окраской, делающая установку компактной и легкой в монтаже. Полностью пыленепроницаемая панель управления, содержащая измерительные приборы, регуляторы скорости, инверторы частоты, напряжение 220 В переменного тока, 60 Гц, три фазы.

Однако все вышеперечисленные условия и характеристики позволяют определять наклон установки, в которой смонтирован валковый магнитный сепаратор с постоянным магнитом, относительно горизонтали, чтобы создать дополнительную силу, которая складывается с центробежной силой и, тем самым, способствует удовлетворительному удержанию немагнитных материалов.

Такая конструкция показана на магнитных сепараторах на фиг. 1 и обозначена позициями 11, 13, 15, 17 и 21.

Ранее упомянутый низкий градиент является результатом магнитной глубины, определяемой расположением магнитов и зазоров.

Пример 1. Анализ образца отходов.

Для проведения физико-химического анализа известного отвала отходов, для подтверждения эффективности технологии, применяемой на установке по настоящему изобретению, осуществляющей сухую обработку с наиболее полным извлечением оксида железа, были отобраны образцы из этого отвала для анализа в специализированной лаборатории, используя оборудование, установленное в самой лаборатории, моделируя технологическую цепочку, применяемую в установке.

Образец руды из отвала показал чрезвычайно простую минералогию, состоящую, по существу, из железосодержащих материалов и немагнитной фракции, при этом содержащими железоматериалами были магнетит, мартит, гематит и оксиды и гидроксиды железа, как показано ниже (табл. 2). Немагнитные фракции состояли в основном из кремнезема. Процентное содержание таких минералов показано в табл. 2.

Таблица 2

Минералы	Химическая формула	% по весу
Магнетит	$Fe^{2+}Fe_2^{3+}O_4$ или $Fe_2O_3$	18
Мартит	$Fe_3O_4 \Rightarrow Fe_2O_3$	15
Гематит	$Fe_2O_3$	47
Кремнезем	$SiO_2$	15
Оксид и гидроксид железа	$Fe(OH)_2$	5

В первом тесте было получено металлургическое извлечение 70,17% всего железа, что является весьма высоким показателем для отрасли. Результат приведен в табл. 3.

Таблица 3

## Первый тест образца отходов

Химический анализ	
Содержание	Fe (общ) = 42,09%

Гранулометрия					
Фракция	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
>5 мм	180,0	4,85	44,52	2,16	5,08
>3 мм	120,0	3,23	55,25	1,79	4,19
>1 мм	220,02	5,93	59,77	3,54	8,30
>325 меш	2170,0	58,59	37,14	21,72	50,50
>325 меш	1020,0	27,49	48,98	13,47	31,55
Всего	3710,0	100,00		42,68	100,00

Магнитная сепарация – Магнитный сепаратор с высокой напряженностью магнитного поля

Фракция -1 мм и +325 меш

Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная	986,05	26,88	66,60	17,90	41,94
Смешанная	32,44	0,88	50,24	0,44	1,04
Немагнитная	1127,31	30,73	10,99	3,38	7,91
Всего	2145,80	56,49		21,72	50,89

Фракция -1 мм и +325 меш содержит 21,72% железа, было достигнуто извлечение 41,92% относительно образца

Фракция -325 меш					
Напряженность, Гаусс	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe
1000	10,06	0,27	67,26	0,18	0,43
2000	28,42	0,77	68,09	0,52	1,22
4000	82,55	2,22	68,38	1,52	3,56
8000	331,10	8,92	68,40	6,10	14,30
16000	206,73	5,57	66,76	3,72	8,71
Немагнитная	361,14	9,73	14,56	1,42	3,32
Всего	1020,00	27,49		13,47	31,55
Фракция -325 меш содержит 31,55% железа, для этой фракции процент извлечения составил 28,23%					
% ИЗВЛЕЧЕНИЯ (фракция -1 мм и +325 и -325 меш) 70,17					
Еще не обработанная фракция +1 мм дополнительно содержит 17,55% железа, которое можно извлечь в магнитном сепараторе с высокой напряженностью магнитного поля и другим градиентом					

Максимальный процент извлечения может достигать  $70,17+15,55=87,72\%$ .

Для подтверждения эффективности процесса был отобран и обработан образец большего объема.

После обработки были получены следующие результаты:

фракция крупнее 6,35 мм показала процент извлечения 19,86 вес.% с содержанием Fe(общ.) 63,75%, что соответствует металлургическому извлечению 26,33% содержащегося железа;

фракция меньше 6,35 и более 2 мм показала процент извлечения 11,85 вес.% с содержанием Fe(общ.) 62,63%, что соответствует извлечению 15,44 содержащегося железа;

фракция менее 2 мм и более 100 меш с извлечением 14,87 вес.% и с содержанием Fe(общ.) 62,03%, что соответствует металлургическому извлечению 19,18% содержащегося железа;

фракция менее 100 меш с извлечением 13,86% по массе и средним содержанием Fe(общ.) 68,72%, что соответствует металлургическому извлечению 19,8 9% содержащегося железа.

Таким образом, во втором тесте, проведенном в соответствии с установленной последовательностью операций по настоящему изобретению, было достигнуто извлечение 60,56 вес.% со средним содержанием Fe(общ.) 64,23% и металлургическое извлечение 80,75% содержащегося железа, что превышает результаты первого теста.

Результаты тестов, проведенных в лаборатории, подтверждают эффективность технологической последовательности сухого магнитного извлечения по настоящему изобретению при обработке материала из отвала с отходами. Результаты второго теста показаны в табл. 4 (химический анализ зерен) и табл. 5 (таблица извлечения).

Таблица 4

## Второй тест образца отходов

Единица		3,20%			
Химический анализ					
Содержание		Fe (общ) = 48,08%			
Гранулометрия					
Фракция	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
+1/4"	7700,0	26,75	60,42	16,16	33,60
-1/4" и +2 мм	3700,0	12,85	59,73	7,68	15,96
-2 мм и +100 меш	5230,0	18,17	53,16	9,66	20,08
-100 меш	12160,0	42,24	34,57	14,60	30,36
Всего	28790,0	100,00		48,09	100,00
Магнитная сепарация - Магнитный сепаратор с высокой напряженностью магнитного поля					
Фракция +1/4''					
Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная	5719,80	19,87	63,75	12,97	26,33
Смешанная	1461,30	5,08	59,47	3,02	6,28
Немагнитн.	518,90	1,80	26,43	0,48	0,99
Всего	7700,00	26,75		16,16	33,60
Металлургическое извлечение Fe (общ.) из фракции -100 меш магнитной фракции = 16,33%					
Фракция -1/4" и +2 мм					
Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная	3413,50	11,85	62,36	7,42	15,44
Смешанная	114,60	0,40	40,35	0,16	0,33
Немагнитн.	171,90	0,60	15,11	0,09	0,19

Всего	3700,00	12,85		7,68	15,96
Металлургическое извлечение Fe(общ.) из фракции -100 меш магнитной фракции = 15,44%					
Фракция -2 мм и +100 меш					
Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная	4279,60	14,87	62,03	9,22	19,18
Смешанная	132,10	0,46	25,22	0,12	0,24
Немагнитн.	818,30	2,84	11,27	0,032	0,67
Всего	5230,00	18,17		9,66	20,08
Магнитное извлечение Fe(общ) из фракции -2 мм и +100 меш магнитной фракции = 19,18%					
Магнитная сепарация - Магнитный сепаратор с высокой напряженностью магнитного поля					
Фракция -100 меш					
Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная	3990,00	13,86	68,72	9,52	19,80
Смешанная	1090,00	3,79	43,57	1,65	3,43
Немагнитн.	7080,00	24,59	13,94	3,43	7,13
Всего	12160,00	42,24		14,60	30,36
Металлургическое извлечение Fe(общ) из магнитной фракции + смешанная фракция = 19,80% при содержании железа 68,72%					
Металлургическое извлечение Fe(общ) из магнитной фракции + смешанная фракция = 22,23% при содержании Fe 63,32%					
		% по весу	Дист. Fe(T) %		
Общее извлечение железа из образца		60,45	80,75		

Таблица 5

Сводная таблица извлечения					
Продукт	Вес	% по весу	% Fe	Расчетн. Fe	Распред. Fe%
Магнитная - 1/4"	5719,80	19,87	63,75	12,67	26,33
Магнитная - 1/4" и +2 мм	3413,50	11,85	62,63	7,42	15,44
Магнитная -2 мм и +100 меш	4279,60	14,87	62,03	9,22	19,18
Магнитная - 100 меш	3990,00	13,86	68,72	9,52	19,80
Всего	17402,90	60,45	64,23	38,83	80,75

Более того, во время проведенных тестов был дополнительно определен гранулометрический профиль собранного материала, как показано в табл. 6.

Таблица 6

Сырье			250
	Вес	% по весу	Тонн/твердой фазы
Фракция +40 мм	6,38	2,93	7
Фракция +1/4"	42,87	19,72	49
Фракция +2 мм	46,71	21,48	54
Фракция +100 меш	46,23	21,26	53
Фракция +200 меш	15,45	7,10	18
Фракция +325 меш	35,21	16,19	40
Фракция +400 меш	23,48	10,80	27
Фракция +500 меш	1,11	0,51	1
Фракция -500 меш	32,58	14,99	37
Всего	217,41	100,00	250

Хотя настоящее изобретение было описано в отношении его конкретных характеристик, следует отметить, что специалистам понятны многие другие формы и модификации изобретения.

Приложенная формула сформулирована так, чтобы охватывать такие очевидные формы и модификации, которые входят в объем настоящего изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для сухого извлечения тонких и сверхтонких частиц окисленной железной руды (1), в которой извлечение осуществляется по полностью сухому металлургическому маршруту, содержащая сушильное средство (9) с механическим перемешиванием, отличающаяся тем, что содержит по меньшей мере один набор циклонов (10, 12, 14, 16, 18, 20), установленных последовательно, для воздушной сортировки подаваемого материала в разных гранулометрических диапазонах; и блок (11, 13, 15, 17, 21) магнитной сепарации, в котором используются валковые сепараторы с редкоземельными постоянными магнитами, создающими магнитное поле высокой напряженности, расположенные с наклоном для увеличения результирующей силы, возникающей при сложении центробежной силы и силы тяжести, которые действуют на немагнитные тонкозернистые частицы окисленной железной руды, для предотвращения их притягивания магнитной фракцией и загрязнения концентрата окисленной железной руды.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что металлургический маршрут далее содержит дополнительные системы для подачи материала, предварительного восстановления руды, транспортировки, хранения, сортировки с помощью сит, а также рукавные фильтры.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что для предотвращения попадания пыли на внешнюю поверхность бункера имеется защита водяным туманом.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что предназначена для обработки отходов окисленной железной руды, причем ленточный транспортер закрыт так, чтобы предотвратить потерю материала на выбросы пыли в атмосферу.

5. Система по п.1, отличающаяся тем, что предназначена для обработки отходов окисленной железной руды, причем отходы железной руды находятся в отстойниках.

6. Система по п.1, отличающаяся тем, что предназначена для обработки отходов окисленной железной руды, причем отходы железной руды собраны в отвалы.

7. Способ сухого извлечения тонких и сверхтонких частиц окисленной железной руды, содержащий этапы, на которых:

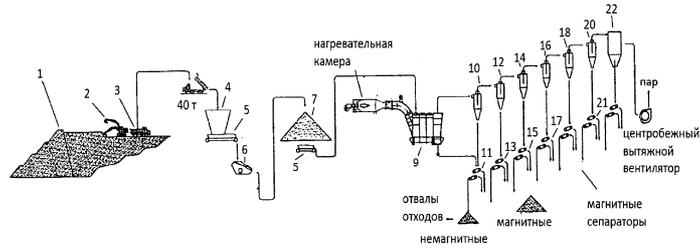
(а) высушивают и дезагрегируют руду механическим перемешиванием; отличающийся тем, что содержит этапы:

(b) выборочной воздушной сортировки на основе гранулометрического состава материала посредством последовательно циклонной обработки;

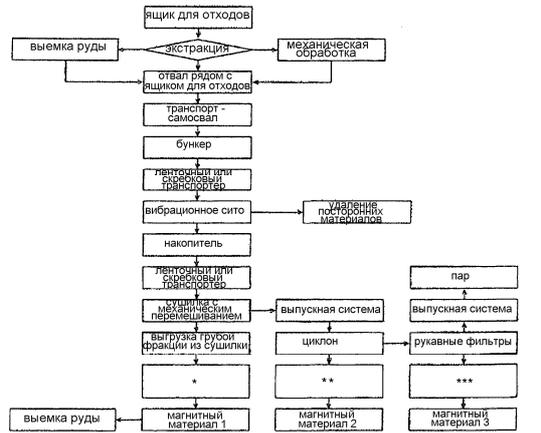
(c) магнитной сепарации с помощью валковых сепараторов с постоянными редкоземельными магнитами, создающими высокую напряженность магнитного поля, установленных с наклоном для увеличения результирующей силы, являющейся результатом сложения центробежной силы и силы тяжести, которая действует на немагнитные частицы руды, для предотвращения их притягивания магнитной фракцией и загрязнения концентрата окисленной железной руды.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что далее содержит этап, на котором транспортируют руду в зону хранения для сушки или дезагрегирования посредством ленточного транспортера по каналу, снабженному вибрационным питателем.

9. Способ по п.7 или 8, отличающийся тем, что сепаратор работает при напряженности магнитного поля, которая может достигать 13000 Гс.

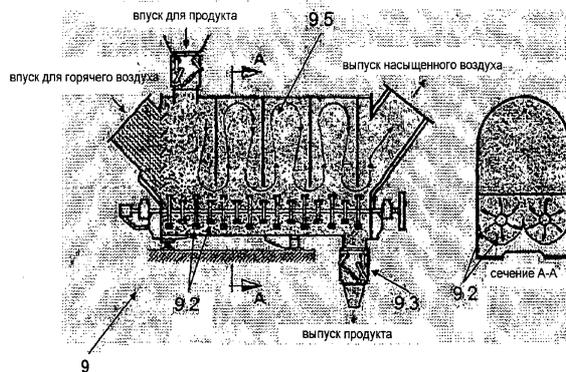


Фиг. 1

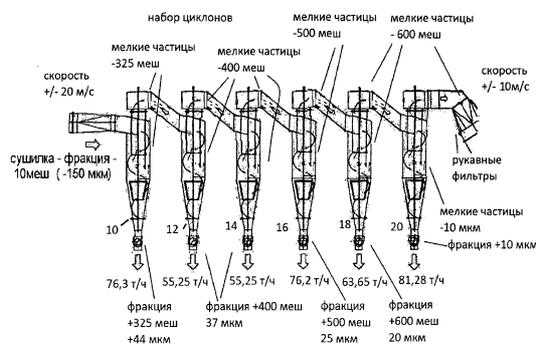


- \*валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля -  
1. Одинарный, двойной или тройной валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля
- \*\*валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля -  
2. Одинарный, двойной или тройной валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля
- \*\*\*валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля -  
3. Одинарный, двойной или тройной валковый магнитный сепаратор с высокой напряженностью поля

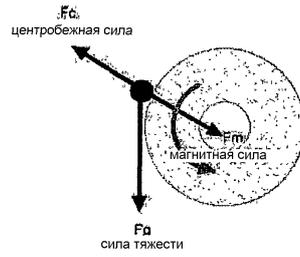
Фиг. 2



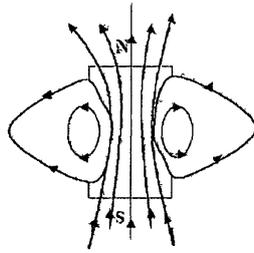
Фиг. 3



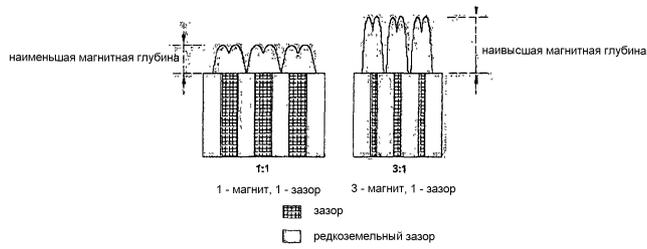
Фиг. 4



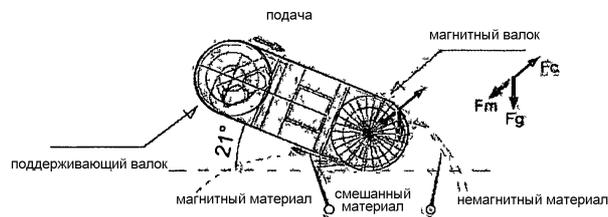
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8