

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040958**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.08.24

(21) Номер заявки
201790798

(22) Дата подачи заявки
2015.09.14

(51) Int. Cl. **B03C 1/10** (2006.01)
B03C 1/30 (2006.01)
B03B 9/00 (2006.01)
B03C 1/247 (2006.01)
B03B 7/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛНОСТЬЮ СУХОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ ПРИ ПОМОЩИ БЛОКА МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ**

(31) **BR102014025420-0**

(32) **2014.10.10**

(33) **BR**

(43) **2017.08.31**

(86) **PCT/BR2015/050150**

(87) **WO 2016/054707 2016.04.14**

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

(72) Изобретатель:
Фумйо Ямамото Мауро (BR)

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

(56) **WO-A1-2013138889**
GB-A-768018
BR-A2-PI0803327

(57) Настоящее изобретение относится к системе и способу для сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, которая включает мелкие и сверхмелкие частицы и находится в отвалах для хвостов и рудных хвостах с низким содержанием этих оксидов, причем система содержит сушилку (9), выполняющую сушку за счет ввода горячего воздуха, со средствами механического перемешивания и валами, снабженными лопатками (9.2), для дезагрегации и перемещения материала в горизонтальном и вертикальном направлениях; группу воздушных классификаторов, нежестко соединенных с выпуском сушилки, которые выполняют классификацию мелких и сверхмелких частиц железной руды по заранее определенным гранулометрическим диапазонам; и магнитные сепараторы (13, 16, 19) с магнитными роликами (32, 42, 47), установленными в виде каскада и изготовленными из редкоземельных магнитов, имеющих низкую и/или высокую магнитную индукцию, причем магнитные ролики установлены под заранее определенным углом наклона.

B1

040958

040958

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу и системе для полностью сухого обогащения железной руды, включающей мелкие и сверхмелкие частицы, менее 150 микрон, в полностью сухом режиме. Железные руды, включающие мелкие и сверхмелкие частицы, имеются в отвалах для отходов и рудных хвостах существующих установок.

В современных установках для холодного обогащения руды, которыми располагают большие горнодобывающие компании, исходно предполагается обработка руд, имеющих высокое содержание железа, например содержание Fe выше 54%, поэтому весь материал, имеющий меньшее процентное содержание, считается хвостами, что во все возрастающей степени ограничивает процесс обогащения из-за нехватки руды с содержанием железа выше 54%.

Однако с позиции настоящего изобретения можно использовать эти хвосты в качестве исходного материала при применении способа и системы для полностью сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, при помощи блока магнитной сепарации.

В этой связи, целью настоящего изобретения является упрощение процесса извлечения железной руды, которая все еще содержится в упомянутых хвостах, что обеспечивает высокие металлургический выход и выход по массе. Таким образом, можно получить продукт, имеющий превосходные рыночные свойства, если говорить точнее - концентрат руды с содержанием Fe выше 63%, при этом можно простым образом обеспечить регулирование для увеличения окончательного содержания Fe в концентрате, которое может достигать 67% (общ.). Такой результат представляет собой значительный прогресс в плане защиты окружающей среды, если учитывать опасность, которую давно создают искусственные водоемы для хвостов в горнодобывающей промышленности в Бразилии и по всему миру.

Новаторские особенности сухого способа по настоящему изобретению выгодным образом одновременно отвечают требованиям, предъявляемым к горнодобывающей промышленности в плане экономичности, защиты окружающей среды и стратегии развития, так как они позволяют улучшить извлечение из хвостов, создающих большой риск неблагоприятного влияния на окружающую среду, и позволяют превратить их в рыночный товар технически и экономически осуществимым образом, а также позволяют использовать руды с низким содержанием железа, которые в настоящее время уходят в хвосты в существующих установках.

В этом сухом способе не используется вода, и окончательный остаточный материал создает насыпь из отходов, что позволяет полностью исключить необходимость использования отвала для отходов. Помимо этого, при использовании сухого способа по настоящему изобретению возникающие отходы становятся полуфабрикатом для предприятий, производящих дорожные и строительные блоки, а также для цементной промышленности.

Упомянутые дорожные и строительные блоки изготавливают из песка и цемента. В ряде штатов в Бразилии песок как исходный материал получают в результате разрушения возвышенностей из видоизмененного гранита. При этом при выполнении данного процесса видоизмененный гранит удаляют путем механического разрушения или с использованием водяной струи и измельчают, с последующими грохочением и гидроциклонированием, в ходе которых песочную фракцию песка отделяют от глиняной фракции. Чтобы осадить эту глину и извлечь воду, необходимо соорудить отвал для отходов. Другим путем получения этого исходного материала является добыча песочной фракции в карьерах с использованием водоотвода и отделение песочной фракции от глиняной фракции при помощи гидроциклонирования, в ходе которого глина возвращается в карьер. В конце этого процесса из-за удаления большей части веществ, входящих в состав грунта, возникают большие озера, обычно без возможности экономического использования таких пассивов. Таким примером являются окрестности города Серопедика, штат Рио-де-Жанейро, Бразилия, с большими пассивами, заключающимися в наличии больших озер, насыщенных минеральными осадками, которые возникают из-за выемки песка, без возможности существования каких-либо форм жизни или возможности экономического использования.

Уровень техники

В начале добычи полезных ископаемых в промышленном масштабе мало было известно о методах утилизации хвостов. Низкий интерес к этой области был еще обусловлен тем, что количество производимых отходов было довольно небольшим, и при осуществлении деятельности в данной области промышленности никого еще не волновали проблемы охраны окружающей среды.

Поэтому хвосты обычно произвольно сбрасывались в реки. Однако из-за роста горнодобывающего сектора, растущей озабоченности в обществе по поводу охраны окружающей среды, а также аварий, связанных с отвалами для хранения хвостов, еще в семидесятые годы в различных частях земного шара, включая Бразилию, горнодобывающие компании столкнулись с необходимостью при работе промышленных установок минимизировать неблагоприятное влияние на окружающую среду и уменьшить опасность аварий за счет использования более осторожных и оптимизированных подходов.

Если говорить в общем, для утилизации хвостов, возникающих после добычи полезных ископаемых, используется три метода, а именно:

мокрый метод с использованием прудов-отвалов; сухой метод с использованием насыпей из хвостов; или технология с использованием пастообразной массы (paste fill).

Разница между утилизацией сухим методом и мокрым методом заключается в том, что при мокром методе с использованием отвалов вместе со сброшенным твердым материалом хранится жидкость. Для обеспечения непрерывного поступления материала, как правило, применяется магнитная сепарация при высокой магнитной индукции, обычно в мокром режиме, это процесс, который в мире известен как "Мокрая магнитная сепарация при высокой магнитной индукции" (WHIMS).

Альтернативой обычной практике является утилизация материала в виде пастообразной массы, преимуществами которой являются, например, большая степень извлечения и циркуляция воды, большие предельные углы откоса и меньшее неблагоприятное влияние на окружающую среду. Однако этот процесс имеет высокую стоимость внедрения и осуществления.

Например, в заявке на патент Бразилии BR PI0803327-7 описан способ повышения концентрации с использованием магнитов, характеризующийся низким потреблением воды и созданием небольшого количества отстоя. При использовании мокрой магнитной сепарации и сливании магнитных отходов можно в значительной степени сократить сброс магнитных отходов в осадительные пруды. Однако этот процесс не может обеспечить извлечение из таких хвостов. Поэтому не обеспечивается эффективное снижение опасности для окружающей среды, связанной с его осуществлением.

В другом документе, BR PI0103652-1, описан способ извлечения из хвостов, содержащих оксиды железа. Эти хвосты можно получать непосредственно в результате извлечения мелких частиц в восстановительных процессах, используемых в металлургии, а также в результате изменения возврата мелких частиц компаниями, которые снабжают железной рудой предприятия черной металлургии. Материал загружается в питающий бункер и подается по желобам и ленточным конвейерам во вращающуюся сушильную печь. Просушенный материал выгружается для хранения без выполнения для него каких-либо сортировки/повышения концентрации, либо затем направляется непосредственно в восстановительные печи при помощи системы ленточных конвейеров.

В документе BR 102012008340-0, также зарегистрированном на имя этого же заявителя, описаны система и способ, предназначенные в равной степени для сепарации как мелких частиц, так и сверхмелких частиц, но которые позволяют обрабатывать руды, считающиеся хвостами. Вместе с тем, блок сепарации, описанный в этом документе, функционально не подходит для обработки минералов с высокой магнитной восприимчивостью (например, магнетита - FeOFe_2O_3). В дополнение к этому, управление подачей в бункерах блоков сепарации этой системы осуществляется за счет изменения интенсивности вибраций установленного там вибрационного двигателя, что не всегда обеспечивает адекватную сыпучесть материала при поступлении в сепаратор. И, наконец, система и способ, описанные в этом документе, не позволяют сразу же выполнять утилизацию отделенной немагнитной фракции.

Что касается этапа сушки хвостов для последующей сепарации, при существующем уровне техники, как правило, применяется сушилка с вращающимся барабаном. При использовании этой методики наличие мелких частиц в сушилке приводит к образованию в ней существенного количества (30-50%) окатышей (что, естественно, противоречит цели извлечения мелких частиц), это обуславливает низкую эффективность оборудования при работе с крупными частицами и еще больше увеличивает неэффективность при работе с мелкими частицами, так как частицы не высвобождаются, что не дает возможность разделить минералы, содержащие оксиды железа, и примеси.

Для крупных частиц рекомендуется использовать сушилки с псевдооживленным слоем, в которых создаются псевдооживленные слои, но невозможно создать псевдооживленный слой для мелких частиц.

В настоящее время в керамической промышленности при приготовлении масс для производства керамической напольной плитки широко используется технология Spray Dry (сухое распыление). Однако для сушки по технологии Spray Dry необходимо создать пульпу с содержанием твердых веществ 50%, чтобы облегчить распыление частиц, выбрасываемых против потока горячего воздуха. Чтобы обеспечить подачу на уровне 500 т/ч, необходимо установить блок магнитной сепарации, имеющий удовлетворительную эффективность при работе с материалами, которые, как правило, невозможно обрабатывать с использованием магнитных сепараторов с роликами из постоянных редкоземельных магнитов, имеющих высокую магнитную индукцию (например, железо-бор-неодим), и ферритовых магнитов, имеющих низкую магнитную индукцию (например, железо-бор).

Такие задачи решаются абсолютно эффективным образом со снижением потенциальной опасности для окружающей среды при разворачивании системы, способствованием рациональному использованию природных ресурсов, извлечением из хвостов, которые могут представлять опасность для окружающей среды в случае аварий на прудах-отвалах или насыпях, и бережным отношением к окружающей местности.

В наше время, когда повышаются требования по охране окружающей среды, настоящее изобретение предоставляет четкое решение для проблемы получения результатов экономической деятельности бережным по отношению к окружающей среде образом, и его главными особенностями являются:

- более высокие выход железа по массе и металлургический выход;
- извлечение мелких частиц железной руды в фракциях < 100 меш (150 микрон) без потерь из-за захвата во время мокрой магнитной сепарации;
- чистое сжигание без остаточных веществ;
- отсутствие выбросов в атмосферу;

более эффективное отделение железа с созданием более чистых хвостов с более низким его содержанием;

оптимизация логистики с использованием локализованной обработки;

защита водных источников и водоносных слоев;

устранение опасности аварий на отвалах для хвостов;

уменьшение физического пространства, отводимого для развертывания;

низкое потребление энергии;

модульность и гибкость системы;

увеличение срока службы выработок за счет возможности работы с рудами со значительно меньшим содержанием оксидов железа.

Как уже сказано, спецификой решения, предлагаемого настоящим изобретением, является применение полностью сухого метода при обработке минералов, что требует введения блока для сушки и деагрегации перед подачей более мелких фракций в магнитный сепаратор.

Метод, на котором основано настоящее изобретение, можно в общем охарактеризовать следующим образом: количество влаги в руде уменьшают при помощи сушилки с механическим перемешиванием (с использованием природного газа для предотвращения создания загрязняющих веществ или со сжиганием биомассы), причем руду сортируют на различные фракции на разных стадиях циклонирования и затем разделяют при помощи магнитов в каждом из созданных при сортировке диапазонов, при этом важным отличием является то, что процесс проводят в полностью сухом режиме.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показано обогащение для мелких частиц из отвала для хвостов и/или из хвостов.

На фиг. 2 приведена технологическая схема способа для мелких частиц из отвала для хвостов.

На фиг. 3 приведена технологическая схема способа переработки хвостов при помощи существующих установок, работающих с использованием мокрого метода.

На фиг. 4 показаны сушилка для быстрой сушки с механическим перемешиванием/система механического перемешивания, используемые в способе и системе по настоящему изобретению.

На фиг. 5 показана компоновка группы циклонов.

На фиг. 6 приведена схема блока магнитной сепарации, соответствующего настоящему изобретению.

На фиг. 7 приведен поперечный разрез блока магнитной сепарации, соответствующего настоящему изобретению.

На фиг. 8-12 приведены графики, иллюстрирующие гранулометрическое распределение для различных образцов, полученных в примере, описанном в тексте, согласно приведенному в качестве примера варианту реализации настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

Перед началом рассмотрения настоящего изобретения стоит отметить, что указанные здесь значения приведены в качестве примера, поэтому они не должны восприниматься как ограничивающие объем защиты этого изобретения. Специалисту в данной области техники при рассмотрении представленной концепции будет понятно, как задать значения, подходящие для конкретного случая, чтобы выполнить задачи настоящего изобретения.

На фиг. 1 ссылочными номерами 1-8 указаны этапы и компоненты, как правило, применяемые при известном уровне техники, поэтому они не входят в инновации, предлагаемые настоящим изобретением.

В этой связи, в случае искусственных водоемов для хвостов удаление мелких и сверхмелких частиц из железной руды начинают с выемки при помощи драги 2 и перекачивания в сухое место, чтобы спустить лишнюю воду и создать насыпь для загрузки материала. На сухом месте создают ряд насыпей с целью в как можно большей степени отделить воду от хвостов. Как только достигнуто содержание влаги приблизительно 6-8%, хвосты собирают при помощи экскаватора 3 и перемещают в самосвал 4 для транспортировки к бункеру, или воронке, 5.

В случае хвостов выполнение процесса начинается с выемки при помощи экскаватора 3, который непосредственно загружает самосвал 4 для транспортировки до самого бункера, или воронки, 5.

Выпуск бункера, или воронки, 5 оборудован ленточным транспортером, который обеспечивает подачу на сито 7, предназначенное для выполнения предварительной сепарации.

Сито 7 может представлять собой, например, вибросито для удаления загрязняющего материала. В результате материал подается в промежуточную насыпь 8.

Объем промежуточной насыпи 8 может быть определен в соответствии с производительностью установки.

В дополнение к этому можно обеспечить водяную завесу вокруг воронки, чтобы предотвратить выход пыли из этой воронки. В этой связи, ленточный транспортер может быть полностью закрытым, что позволяет предотвратить возможную потерю материала и являющийся следствием выброс пыли в атмосферу.

Ниже промежуточной насыпи 8 можно обеспечить канал, содержащий вибрационный питатель (не показан), который обеспечивает перенос руды на ленточный транспортер.

С ленточного транспортера у промежуточной насыпи 8 материал затем направляется на первую из трех отдельных операций, которые формируют настоящее изобретение, относящееся к способу и системе для сухого извлечения мелких и сверхмелких частиц оксидов железа.

Первая отдельная операция представляет собой выполняемую в сухом режиме операцию дезагрегации мелких частиц. Процесс сушки мелких и сверхмелких частиц обычно считается технически сложной операцией, так как наличие других примесных минералов, например глинистых минералов и гидроксида железа, при выполнении процесса сушки с использованием вращающегося барабана, приводит к созданию окатышей, представляющих собой объединение разных минералов, что не позволяет выполнять процесс магнитной сепарации.

Таким образом, чтобы устранить указанную проблему при сушке/деагрегации мелких частиц и получить на 100% обособленные частицы для достижения максимальной эффективности процесса магнитной сепарации, предлагается использовать сушилку 9 с механическим перемешиванием, которая показана на фиг. 4.

Сушилка 9 содержит нагревательную камеру 10, которая создает горячий воздух (температура приблизительно 850°C), вводимый в основной корпус, внутри которого обеспечены два вала 9.1 с множеством лопаток 9.2, перемещающих макрочастицы как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Эти газы проходят через лабиринтную систему 9.5, заставляя нагретый воздух приходить в контакт с материалом. Вертикальное перемещение частиц, помимо обеспечения контакта частиц с горячим воздухом для увеличения эффективности процесса сушки, также облегчает удаление мелких частиц системой улавливания мелких частиц, обеспеченной отрицательным давлением, создаваемым вытяжным вентилятором.

В сушилке 9 выполняется еще один эффективный этап дезагрегации мелких частиц руды, содержащей оксиды железа и немагнитной фракции, за счет перемещения частиц в вертикальном направлении, в результате чего сухой материал перемещается вдоль основного корпуса до места 9.3 выгрузки.

Конструкция сушилки может быть выбрана для обеспечения производительности до 600 т/ч. Для большей производительности достаточно добавить сушильные модули. Исходя из характеристик материала, который должен быть просушен, сушилка, например, может быть выполнена с возможностью сушки, дезагрегации и, в то же время, удаления мелких частиц, в массе которых материал, подаваемый в расположенную ниже сушилку и имеющий размер 100 меш (приблизительно 150 микрон) может составлять до приблизительно 98%.

Далее приведены основные характеристики сушилки, примененной при проведенных испытаниях.

Она снабжена двумя валами, приводимыми в действие электродвигателем соответствующей конструкции. Валы снабжены множеством лопаток, имеющих разные положения, а именно, наклоненными к месту выгрузки, что заставляет материал перемещаться вперед, прямыми лопатками для толкания материала вверх и лопатками, наклоненными к месту подачи, что будет снижать скорость или управлять скоростью материала внутри сушилки.

Выгрузка фракции >100 меш сухого продукта.

Задвижки как для подачи, так и для выгрузки фракции >100 меш, эти задвижки будут предотвращать поступление холодного воздуха в систему, а также выход горячего газа, обеспечивая функционирование при температуре горячих газов, т.е. обеспечивая оптимизацию теплового баланса.

Имеется по два предохранительных клапана для каждой сушилки на случай, если произойдет взрыв.

Генератор горячего воздуха с каналами, соединяющими этот генератор с сушилкой, которые покрыты огнеупорными материалами.

Клапаны для поступления холодного воздуха для установления баланса температур, измеряемых с использованием термопары и пирометров, эти температуры могут выводиться на панель управления, и ими можно управлять с этой панели.

Группа циклонов и соединительные каналы для выхода газов и продукта, а также червяки с поворотными клапанами; для циклонов обеспечена опорная конструкция;

Канал, соединяющий циклоны с рукавными фильтрами 22, а также шнеки для выхода продуктов, вытяжной вентилятор и дымовая труба.

Электрический шкаф для системы, выполненный с возможностью установки приборов для автоматизации, измерения и управления.

В ходе процесса сушки сушилка 9 должна работать в условиях разрежения для удаления водяного пара, возникающего при выполнении этого процесса. Поэтому сушилка должна быть связана с вытяжной системой. В ходе удаления водяного пара вытяжной системой также захватываются мелкие частицы с размером меньше 150 микрон. По этой причине вытяжная система включает различные стадии циклонирования и систему окончательного сбора, расположенную поблизости от рукавных фильтров 22, чтобы предотвратить любой выброс макрочастиц в атмосферу. Для создания теплоты, как уже сказано, используется природный газ и/или биомасса, которые вместе с адекватным управлением потоком воздуха, при задании правильного соотношения воздуха/топлива, обеспечивают чистое и полное сжигание с получением на выходе газов, прошедших рукавные фильтры 22.

Удаление газов, водяного пара и мелких частиц выполняют при помощи вытяжного вентилятора, имеющего высокую производительность, который установлен в конце цепочки. С цепочкой вытяжной системы связан компонент, обеспечивающий встраивание сушилки в так называемую "отдельную" операцию процесса по настоящему изобретению. Другими словами, он представляет собой группу последовательно установленных циклонов, в конструкции которых учтены должным образом потери соответствующей нагрузки, чтобы обеспечить разделение на разные гранулометрические диапазоны.

Таким образом, второй отдельный этап этого новаторского способа представляет собой обеспечение группы последовательно установленных циклонов, причем конструкция каждого циклона выбрана для выделения гранулометрического диапазона, где гранулометрические диапазоны определяют в соответствии с выходной гранулометрией руды, содержащей оксиды железа, с соответствующими ей сопутствующими минералами. При этом количество циклонов может быть задано от одного до шести, в соответствии с обрабатываемым гранулометрическим диапазоном. Циклоны обычно представляют собой элементы оборудования, используемые для сбора мелких частиц с размерами больше 10 микрон, именно это и требуется для уменьшения загрузки мелких частиц в рукавные фильтры 22. При этом, чтобы собирать частицы в различных гранулометрических диапазонах, необходимо изменять конструкцию циклона для улавливания в соответствии с требуемой гранулометрией. Поэтому циклоны могут собирать, по сути, 100% частиц превышающих 10 микрон.

Согласно варианту, в качестве примера приведенному на фиг. 5, конструкция перечисленных циклонов, установленных последовательно и в соответствии с предполагаемым гранулометрическим отсечением является следующей: установлено три циклона, которые собирают частицы в следующих гранулометрических диапазонах: в первом циклоне 11 гранулометрический диапазон собираемых частиц составляет от менее 150 микрон до более 45 микрон, во втором циклоне 14 гранулометрический диапазон собираемых частиц составляет от менее 45 микрон до более 22 микрон, и в третьем циклоне 17 гранулометрический диапазон собираемых частиц составляет от менее 22 микрон до более 10 микрон.

И, наконец, что касается сверхмелких частиц с размером менее 10 микрон, они засасываются и отводятся в группу рукавных фильтров 22.

Продукты, собранные в каждом из установленных последовательно циклонов 11, 14, 17, затем посылаются в соответствующие колонны 12, 15, 18 охлаждения, функцией которых является снижение температуры, находящейся в диапазоне от 70 до 100°C, до температуры приблизительно 40°C. Это охлаждение необходимо для сохранения магнитной индукции редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим).

Материал, собранный в первом циклоне 11, который соответствует фракции с размерами меньше 150 микрон и больше 45 микрон, посылается в первую колонну 12 охлаждения и затем подается в первый блок 13 магнитной сепарации. Материал, собранный во втором циклоне 14, который соответствует фракции с размерами меньше 45 микрон и больше 22 микрон, посылается во вторую колонну 15 охлаждения и затем подается во второй блок 16 магнитной сепарации. Материал, собранный в третьем циклоне 17, который соответствует фракции с размерами меньше 22 микрон и больше 10 микрон, посылается в третью колонну 18 охлаждения и затем подается в третий блок 19 магнитной сепарации.

Фактически, магнитная сепарация представляет собой следующий отдельный этап по настоящему изобретению.

На этапе магнитной сепарации продукты каждого из циклонов 11, 14, 17, которые последовательно подаются в колонны 12, 15, 18 охлаждения и классифицированы по разным гранулометрическим диапазонам, посылаются в соответствующие группы 13, 16, 19 магнитных сепараторов, установленных в виде каскада и имеющих от двух до четырех магнитных роликов, либо более, в соответствии с необходимостью. При этом эта конфигурация зависит, главным образом, от характеристик делимости имеющихся минералов, содержащих оксиды железа.

Для каждого из гранулометрических диапазонов, отделяемых в разных установленных последовательно циклонах, при подаче в соответствующие сепараторы с роликами с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим) предусмотрены должное регулирование скорости, а также позиционирование разделителей, что будет рассмотрено позднее.

На фиг. 6 приведена схема магнитной сепарации с тремя роликами, установленными в виде каскада. В первом блоке 13 магнитной сепарации материал из первого циклона 11 и первой колонны 12 охлаждения подается на первый магнитный ролик, который может иметь низкую и/или высокую магнитную индукцию и создает первую немагнитную фракцию, которая сразу должна быть утилизирована, первую магнитную фракцию, которая представляет собой окончательный продукт с содержанием Fe (общ.) выше 64%, и первую смешанную фракцию, которая подается на второй магнитный ролик, имеющий высокую магнитную индукцию. В той же последовательности второй магнитный ролик создает вторую немагнитную фракцию, которая также утилизируется, вторую магнитную фракцию с содержанием Fe (общ.) выше 64%, а также вторую смешанную фракцию, которая подается на третий магнитный ролик. Третий магнитный ролик, в свою очередь, создает третью немагнитную фракцию, которая таким же образом утилизируется, третью магнитную фракцию с содержанием Fe (общ.) выше 64% и третью смешанную фракцию, которая утилизируется вместе с третьей немагнитной фракцией.

И так далее: продукты из второго циклона будут подаваться в колонну охлаждения, и затем во втором блоке 16 магнитной сепарации в такой же последовательности, что и в случае первого блока магнитной сепарации, обеспечивается подача продуктов на первый магнитный ролик, который может иметь низкую и/или высокую магнитную индукцию и создает первую немагнитную фракцию, которая сразу должна быть утилизирована, первую магнитную фракцию, которая представляет собой окончательный продукт с содержанием Fe (общ.) выше 64%, и первую смешанную фракцию, которая подается на второй магнитный ролик, имеющий высокую магнитную индукцию. В той же последовательности второй магнитный ролик создает вторую немагнитную фракцию, которая также будет утилизироваться, вторую магнитную фракцию с содержанием Fe (общ.) выше 64%, а также вторую смешанную фракцию, которая будет подаваться на третий магнитный ролик. Третий магнитный ролик, в свою очередь, создает третью немагнитную фракцию, которая таким же образом утилизируется, третью магнитную фракцию с содержанием Fe (общ.) выше 64% и третью смешанную фракцию, которая утилизируется вместе с немагнитной фракцией. То же самое будет происходить в третьем блоке 19 магнитной сепарации.

Кроме того, на фиг. 6 приведена схема магнитной сепарации с тремя роликами, установленными в виде каскада, где первый ролик может иметь низкую или высокую магнитную индукцию. В зависимости от характеристик разделяемого материала, использование магнитного ролика с низкой магнитной индукцией может оказаться предпочтительным, учитывая то, что постоянные магниты состоят из железа-бора, имеют магнитную индукцию в диапазоне 500-3000 Гс (0,05-0,3 Тл) и предназначены для отделения минералов с высокой магнитной восприимчивостью (например, магнетита FeOFe_2O_3). С другой стороны, в случае роликов с высокой магнитной индукцией, постоянные магниты состоят из железа-бора-неодима, имеют магнитную индукцию в диапазоне 7500-13000 Гс (0,75-1,3 Тл) и предназначены для отделения минералов, имеющих низкую магнитную восприимчивость (например, гематита и гидроксидов железа-лимонита).

На фиг. 7, где приведен поперечный разрез блока магнитной сепарации, подробно показаны все элементы блока магнитной сепарации в виде каскада, который в приведенном в качестве примера случае имеет три ролика, находящихся один над другим. Как можно легко видеть, каждый из циклонов, с выбранной должным образом гранулометрией, обеспечивает подачу в соответствующую группу 13, 16, 19 магнитных сепараторов. Согласно фиг. 7 группа содержит приемный бункер 30, при этом подачу в одну группу можно изменять путем управления интенсивностью вибрации двигателя с редуктором (не показан, будет рассмотрено позднее). При этом в предпочтительном случае в бункере 30 углы наклона выбраны такими, чтобы улучшить сыпучесть материала при поступлении в узел магнитного сепаратора.

Затем материал выгружается на ленту 34 из полиэстера, покрытую полиуретаном (PU, PolyUrethane), натяжение ленты обеспечивается при помощи первого магнитного ролика 32 с низкой магнитной индукцией из ферритных магнитов (железо-бор) и опорного ролика 33.

Управление магнитной сепарацией осуществляют за счет изменения скорости магнитного ролика и за счет позиционирования разделителей. Чтобы обеспечить распределение порошка и направление к магнитному ролику, установлена акриловая пластина. Разделитель 36 обеспечивает отделение немагнитной фракции от смешанной фракции, а разделитель 37 обеспечивает отделение смешанной фракции от магнитной фракции. Первая немагнитная фракция собирается при помощи желоба 38, первая смешанная фракция собирается при помощи желоба 39, и первая магнитная фракция собирается при помощи желоба 40. Желоб для первой смешанной фракции обеспечивает подачу в бункер 41 для второго ролика 42 с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим). Второй ролик 42 с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим) в результате магнитной сепарации создает вторую немагнитную фракцию, которая будет выгружаться по желобу 43, вторую магнитную фракцию, которая выгружается в желоб 45, и вторую смешанную фракцию, которая выгружается в желоб 44, эта фракция подается по желобу 44 и через бункер 46 на третий магнитный ролик 47 с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим). Третий магнитный ролик 47 с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим) в результате магнитной сепарации создает третью немагнитную фракцию, которая будет выгружаться по желобу 48, третью магнитную фракцию, которая будет выгружаться в желоб 50, и третью смешанную фракцию, которая по желобу 49 выгружается вместе с другими, немагнитными фракциями. Элемент 51 в трех блоках магнитной сепарации содержит опорные ролики для ленты 34 из полиэстера, покрытой полиуретаном.

Магнитные ролики с низкой и высокой магнитной индукцией установлены под наклоном, и угол наклона может находиться в диапазоне от 5 до 55°, для идеальной работы - в диапазоне 15-25°, при этом угол наклона задают как функцию получаемой на выходе гранулометрии оксида железа. Этот наклон, на основе уже проведенных испытаний, повышает эффективность отделения магнитной фракции от немагнитной фракции.

Другие характеристики этого оборудования представлены далее.

Магнитный ролик с высокой магнитной индукцией, состоящий из постоянных магнитов, создающих магнитное поле с большим градиентом, предпочтительно изготавливают с использованием сверхмощных неодимовых магнитов, которые устойчивы к температуре до 60°C, и стального диска с высокой магнитной проницаемостью.

Магнитный ролик может приводиться в действие при помощи двигателя переменного тока мощностью 2,0 л.с. (1,471 кВт) (, имеющего переменную скорость и инвертер частоты (не показан).

Обеспечена система натяжения и выравнивания ленты 50, чтобы предотвратить возникновение проблем из-за небольшого расстояния между роликами небольшого диаметра для тонкой ленты.

Таким образом, можно заменять ленту за несколько минут, без необходимости в специальных инструментах. Направляющие системы, используемые на каждом из магнитных роликов, позволяют натягивать и выравнивать соответствующие ленты, что позволяет увеличить их срок службы.

Лента 34 для сепарации, по типу относящаяся к ленте из полиэстерного волокна, покрытой слоем полиуретана, с толщиной в диапазоне от 0,6 до 1,00 мм.

Системы 30, 41, 46 позиционирования, по типу относящиеся к бункерам, работают с выгрузкой за счет силы тяжести, причем угол наклона должным образом выбирают так, чтобы обеспечить равномерную выгрузку через бункер, по этой причине можно даже обойтись без использования вибросистемы.

В качестве альтернативы, если применяется система подачи при помощи бункера с вибрационным приводным двигателем, последний может иметь следующие характеристики: мощность 2,0 л.с. (1,471 кВт), трехфазное питание 220 В переменного тока и инвертер частоты для регулирования скорости подачи. Система включает бункер хранения, этот тип питателя делает возможной управляемую и равномерную подачу.

Опорная конструкция, изготовленная из профилей из углеродистой стали с соответствующей отделочной окраской, чтобы получить узел, отличающийся компактностью и легкостью монтажа. Можно также обеспечить полностью пылезащищенную панель управления (не показана), включающую измерительные приборы, контроллеры скорости, инвертеры частоты, напряжение питания: 220 В переменного тока, 60 Гц, трехфазное.

Так устроены магнитные сепараторы, схематично показанные на фиг. 1 под ссылочными номерами 13, 16, 19.

Пример 1.

Анализ образца хвостов.

Для проверки эффективности способа и системы полностью сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, при помощи блока магнитной сепарации, был изучен состав образца, взятого из искусственного водоема с хвостами, и образец был обработан в опытном блоке с моделированием того же технологического маршрута, который применяется в установке, используемой при выполнении способа по настоящему изобретению.

Образец руды из насыпи, созданной из хвостов, имел чрезвычайно простую минералогию и состоял, по существу, из минералов, содержащих железо, и немагнитной фракции. Минералы из взятого образца, содержащие железо, состояли из гематита, а также оксидов и гидроксидов железа, как показано ниже. Немагнитная фракция состоит, по существу, из кремнезема и небольшого количества глины в виде каолинита. Процентный состав этих минералов указан в приведенной ниже в табл. 1.

Таблица 1. Минералогия образца хвостов

Минералы	Химическая формула	% по весу
Гематит	Fe_2O_3	46
Кремнезем	SiO_2	52
Оксиды и гидроксиды железа	$Fe(OH)_2$	2

При проведении анализа состава образца хвостов было установлено, что он имеет содержание Fe (общ.) 33,62%, результаты анализа можно увидеть в приведенной ниже табл. 2.

Таблица 2. Химический анализ на основные составляющие

Химический анализ	
Основные составляющие	Fe (общ.) = 33,62%

Был проведен гранулометрический анализ образца хвостов, образец имел следующую гранулометрию, которая показана в приведенной ниже табл. 3.

Таблица 3. Гранулометрическое распределение в образце хвостов

Меш (ASTM)	Размер отверстия, мкм	log(размер отверстия)	Масса, г	Задержано, %	В сумме задержано, %	В сумме прошло, %	В сумме прошло, вычислено, %	Log(В сумме прошло)
> 100#	149	2,17	0,12	0,12	0,12	99,88	99,58	0,829
> 200#	74	1,87	11,26	10,98	11,09	88,91	79,01	0,342
> 325#	44	1,64	18,69	18,22	29,31	70,69	45,93	0,089
> 400#	37	1,57	9,36	9,12	38,44	61,56	36,29	-0,019
> 500#	25	1,40	17,20	16,77	55,21	44,79	20,01	-0,226
> 600#	22	1,34	10,24	9,98	65,19	34,81	16,27	-0,369
	10	1,00	16,79	16,37	81,56	18,44	4,23	-0,691
	5	0,70	9,61	9,37	90,92	9,08	1,24	-1,022
	1	0,00	6,74	6,57	97,49	2,51	0,07	
			100,01	97,49				
			0,10001	Угловой коэффициент =	1,24	d ₈₀ (мм) =	54	
				Линейный коэффициент =	-1,95	d ₅₀ (мм) =	28	
				Корректировочный коэффициент =	1,00	d ₂₀ (мм) =	11	

Образец из второго циклона имел следующее распределение: 80% (d80) по массе меньше 55 микрон, с медианным диаметром (d50) 29 микрон, и 20% (d20) по весу меньше 12 микрон. Эти значения можно видеть на графике, приведенном на фиг. 8.

Для образца хвостов был выполнен этап воздушной классификации на опытной установке, причем система состояла из трех циклонов, установленных последовательно, рукавных фильтров и центробежного вытяжного вентилятора. Во время работы отбирались образцы из каждого из трех циклонов и из рукавных фильтров, и проводили гранулометрический анализ этих образцов, который дал следующие результаты.

Гранулометрическое распределение для первого циклона показано в табл. 4.

Таблица 4. Гранулометрическое распределение для первого циклона

Меш (ASTM)	Размер отверстия, мкм	log(размер отверстия)	Масса, г	Задержано, %	В сумме задержано, %	В сумме прошло, %	В сумме прошло, вычислено, %	log(в сумме прошло)
> 100#	149	2,17	0,23	0,22	0,22	99,78	99,58	0,785
> 200#	74	1,87	21,82	21,27	21,50	78,50	79,01	0,187
> 325#	44	1,64	34,35	33,49	54,98	45,02	45,93	-0,223
> 400#	37	1,57	9,91	9,66	64,64	35,36	36,29	-0,360
> 500#	25	1,40	16,07	15,67	80,31	19,69	20,01	-0,659
> 600#	22	1,34	3,47	3,38	83,69	16,31	16,27	-0,749
	10	1,00	13,35	13,01	96,71	3,29	4,23	-1,475
	5	0,70	1,77	1,73	98,43	1,57	1,24	-1,801
	1	0,00	1,61	1,57	100,00	0,00	0,07	
			102,58	100,00				
			0,10258	Угловой коэффициент =	1,79	d ₈₀ (мм) =	75	
				Линейный коэффициент =	-3,16	d ₅₀ (мм) =	47	
				Корректировочный коэффициент =	1,00	d ₂₀ (мм) =	25	

Образец из первого циклона имел следующее распределение: 80% (d80) по массе меньше 75 микрон, с медианным диаметром (d50) 47 микрон, и 20% (d20) по весу меньше 25 микрон. Эти значения можно видеть на графике, приведенном на фиг. 9.

Гранулометрическое распределение для второго циклона представлено в приведенной ниже табл. 5.

Таблица 5. Гранулометрическое распределение для второго циклона

Меш (ASTM)	Размер отверстия, мкм	log(размер отверстия)	Масса, г	Задержано, %	В сумме задержано, %	В сумме прошло, %	В сумме прошло, вычислено, %	log(В сумме прошло)
>100#	149	2,17	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,207
> 200#	74	1,87	0,03	0,03	0,03	99,97	99,54	0,916
> 325#	44	1,64	4,63	4,07	4,09	95,91	87,05	0,505
> 400#	37	1,57	20,05	17,61	21,71	78,29	77,27	0,184
> 500#	25	1,40	35,48	31,17	52,88	47,12	51,08	-0,196
> 600#	22	1,34	29,16	25,62	78,49	21,51	43,10	-0,616
	10	1,00	11,72	10,30	88,79	11,21	12,21	-0,925
	5	0,70	7,11	6,25	95,04	4,96	3,53	-1,293
	1	0,00	5,65	4,96	100,00	0,00	0,18	
			113,83	100,00				
			0,11383	Угловой коэффициент =	1,86	d80 (мм) =	39	
				Линейный коэффициент =	-2,74	d50 (мм) =	25	
				Корректировочный коэффициент =	0,98	d20 (мм) =	13	

Образец из второго циклона имел следующее распределение: 80% (d80) по массе меньше 39 микрон, с медианным диаметром (d50) 25 микрон, и 20% (d20) по весу меньше 13 микрон. Эти значения можно видеть на графике, приведенном на фиг. 10.

Гранулометрическое распределение для третьего циклона представлено в приведенной ниже табл.

6.

Таблица 6. Гранулометрическое распределение для третьего циклона

Меш (ASTM)	Размер отверстия, мкм	log(размер отверстия)	Масса, г	Задержано, %	В сумме задержано, %	В сумме прошло, %	В сумме прошло, вычислено, %	log(в сумме прошло)
>100#	149	2,17	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,207
> 200#	74	1,87	0,45	0,43	0,43	99,57	99,95	0,736
> 325#	44	1,64	0,83	0,80	1,24	98,76	96,53	0,643
> 400#	37	1,57	1,81	1,75	2,98	97,02	92,30	0,546
> 500#	25	1,40	11,50	11,10	14,08	85,92	75,13	0,292
> 600#	22	1,34	16,42	15,84	29,92	70,08	68,02	0,082
	10	1,00	36,64	35,36	65,28	34,72	28,35	-0,370
	5	0,70	29,53	28,50	93,78	6,22	10,70	-1,192
	1	0,00	6,45	6,22	100,00	0,00	0,92	
			103,63	100,00				
			0,10363	Угловой коэффициент =	1,56	d80 (мм) =	27	
				Линейный коэффициент =	-2,04	d50 (мм) =	16	
				Корректировочный коэффициент =	0,98	d20 (мм) =	8	

Образец из третьего циклона имел следующее распределение: 80% (d80) по массе меньше 27 микрон, с медианным диаметром (d50) 26 микрон, и 20% (d20) по весу меньше 8 микрон. Эти значения можно видеть на графике, приведенном на фиг. 11.

Гранулометрическое распределение для мелких частиц, собранных рукавными фильтрами, представлено в приведенной ниже табл. 7.

Таблица 7. Гранулометрическое распределение для рукавных фильтров

Меш (ASTM)	Размер отверстия, мкм	log(Размер отверстия)	Масса, г	Задержано, %	В сумме задержано, %	В сумме прошло, %	В сумме прошло, вычислено, %	log(в сумме прошло)
>100#	149	2,17	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1,207
> 200#	74	1,87	0,55	0,62	0,62	99,38	99,90	0,707
> 325#	44	1,64	1,32	1,48	2,10	97,90	98,86	0,587
> 400#	37	1,57	0,41	0,46	2,56	97,44	97,92	0,564
> 500#	25	1,40	1,68	1,88	4,44	95,56	93,83	0,493
> 600#	22	1,34	1,13	1,27	5,70	94,30	91,81	0,457
	10	1,00	19,30	21,63	27,33	72,67	72,51	0,113
	5	0,70	26,89	30,14	57,47	42,53	51,41	
	1	0,00	37,95	42,53	100,00	0,00	17,06	
			89,23	100,00				
			0,08923	Угловой коэффициент =	0,84	d80 (мм) =	13	
				Линейный коэффициент =	-0,73	d50 (мм) =	5	
				Корректировочный коэффициент =	0,97	d20 (мм) =	1	

Образец из рукавных фильтров имел следующее распределение: 80% (d80) по массе меньше 13 микрон, с медианным диаметром (d50) 5 микрон, и 20% (d20) по весу меньше 1 микрона. Эти значения можно видеть на графике, приведенном на фиг. 12.

Химический анализ продуктов, полученных в трех расположенных последовательно циклонах, а также продукта из рукавных фильтров дал следующие результаты, показанные в приведенной ниже табл. 8.

Таблица 8. Химический анализ

Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
1-й циклон	52,3	34,67	18,13	53,93
2-й циклон	22,6	33,23	7,51	22,34
3-й циклон	16,2	31,64	5,13	15,25
Рукавные фильтры	8,9	32,05	2,85	8,48
Итого	100		33,62	100,00

Как можно видеть, первый циклон задержал 52,3% частиц по весу с содержанием Fe (общ.) 34,67%, это 53,93% от общего содержания железа. Второй циклон задержал 22,6% частиц по весу с содержанием Fe (общ.) 33,23%, что соответствует 22,35% от общего содержания железа. Третий циклон задержал 16,2% частиц по массе с содержанием Fe (общ.) 31,64%, что представляет 15,25% от общего содержания железа. Рукавные фильтры задержали 8,9% частиц по весу с содержанием Fe (общ.) 32,05%, что представляет 8,53% от общего содержания железа.

Все продукты, собранные в каждом из циклонов 11, 14, 17, были классифицированы по разным гранулометрическим диапазонам в соответствии с указанными выше гранулометрическими распределениями. Каждая из фракций была обработана в блоке магнитной сепарации, который в этом случае соответствует блокам 13, 16, 19 магнитной сепарации опытной установки, содержащим два магнитных ролика, находящихся один над другим. Все магнитные ролики представляют собой ролики с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим).

Каждый из продуктов, полученных в циклонах 11, 14, 17, соответственно для каждого из блоков 13, 16, 19 магнитной сепарации, как показано на фиг. 7, вводился в первый бункер 30 для первого магнитного ролика 32, имеющего высокую магнитную индукцию, с получением первой немагнитной фракции, которая выбрасывалась из блока магнитной сепарации по желобу 37. При этом разделении обеспечивается то, что первая магнитная фракция будет удаляться по желобу 38 и будет дополнительно создавать смешанную фракцию, которая будет подаваться на второй магнитный ролик, материал будет собираться и направляться во второй бункер 39 по накопительному желобу 43. Бункер 39 для второго магнитного ролика обеспечивает подачу на второй магнитный ролик 40 с высокой магнитной индукцией из редкоземельных магнитов, в свою очередь, создающий вторую немагнитную фракцию, которая будет собираться и удаляться из блока магнитной сепарации по накопительному желобу 41, и вторую магнитную фракцию, которая будет собираться при помощи желоба 42, а также вторую смешанную фракцию, которая собирается при помощи желоба 44, эта фракция объединяется со второй немагнитной фракцией.

Все немагнитные продукты с первого ролика и второго ролика, имеющих высокую магнитную ин-

дукцию, т.е. поступившие из желобов 37, 41, а также смешанная фракция, поступившая из желоба 44, собираются на конвейерной ленте, являющейся немагнитной.

Все магнитные продукты с первого ролика и второго ролика, имеющих высокую магнитную индукцию, т.е. поступившие из желобов 38, 42, собираются на конвейерной ленте, являющейся немагнитной.

Для каждого из блоков магнитной сепарации, после обработки на первом магнитном ролике все первые магнитные продукты, первые немагнитные продукты и первые смешанные продукты с первого ролика собирались и для них вычислялось соотношение по массе и проводился химический анализ.

Для каждого из блоков магнитной сепарации, смешанная фракция с первого магнитного ролика подавалась на второй магнитный ролик с высокой магнитной индукцией, создаваемые продукты собирались как вторые магнитные продукты, вторые немагнитные продукты и вторые смешанные продукты, и для них также вычислялось соотношение по массе и проводился химический анализ.

Результаты вычисления соотношения по массе и химического анализа для первых магнитных роликов с высокой магнитной индукцией показаны в табл. 9.

Таблица 9. Результаты извлечения для первых магнитных роликов с высокой магнитной индукцией

1-ый магнитный ролик трех блоков магнитной сепарации				
Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
Фракция - 150 и +10 микрон, 1-я магнитная	28,28	65,41	18,50	55,02
Фракция -150 и +10 микрон, 1-я смешанная	32,90	35,10	11,55	34,35
Фракция - 150 и +10 микрон, 1-я немагнитная	29,92	2,42	0,72	2,15
	91,10			91,52

В трех установленных последовательно циклонах 11, 14, 17, которые соответствуют магнитной фракции -150 и +10 микрон, было обеспечено извлечение 28,28% по массе, с содержанием Fe (общ.) 65,41% и металлургическим выходом 55,02%. Было обеспечено получение немагнитной фракции -150 и +10 микрон, 29,92% по весу, с содержанием Fe (общ.) 2,42%, что соответствует металлургическим потерям 2,15%. Помимо этого, была получена первая смешанная фракция -150 и +10 микрон, 32,90% по массе, с содержанием Fe (общ.) 35,10%, в которой, кроме того, имелось 34,35% от общего содержания железа, которое должно было отделяться на втором магнитном ролике с высокой магнитной индукцией.

Результаты вычисления соотношения по массе и химического анализа при повторной обработке смешанных фракций на вторых магнитных роликах показаны в табл. 10.

Таблица 10. Результаты извлечения для вторых магнитных роликов с высокой магнитной индукцией

2-ый магнитный ролик				
Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
Фракция - 150 и +10 микрон, 2-я магнитная	14,90	64,20	9,57	28,46
Фракция - 150 и +10 микрон, 2-я немагнитная	18,00	11,79	1,98	5,90
	32,90			34,36

Для магнитной фракции -150 и +10 микрон с трех роликов блоков магнитной сепарации наблюдается извлечение 14,90% по массе с содержанием Fe (общ.) 64,20% и металлургическим выходом 28,46%. Кроме того, происходит объединение немагнитной и смешанной фракций -150 и +10 микрон, 18,00% по весу с содержанием Fe (общ.) 11,03%, что соответствует металлургическим потерям 5,90%.

Соотношение для окончательного металлургического баланса (сюда входят магнитные фракции с первых роликов и магнитные фракции со вторых роликов) показано в приведенной ниже табл. 11.

Таблица 11. Извлечение (1-я магнитная и 2-я магнитная)

Извлечение (1-я магнитная и 2-я магнитная)				
Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
Фракция - 150 и +10 микрон, 1-я магнитная	28,28	65,41	18,50	55,02
Фракция - 150 и +10 микрон, 2-я магнитная	14,90	64,20	9,57	28,46
Итого	43,18			83,48

Если объединить магнитные продукты с первых магнитных роликов с продуктами со вторых магнитных роликов, видно, что извлечение составляет 43,18% по весу, с содержанием Fe (общ.) 64,99%, что соответствует металлургическому выходу 83,48% содержащегося железа.

Соотношение для окончательного металлургического баланса (сюда входят немагнитные фракции с первых роликов, а также немагнитные и смешанные фракции со вторых роликов) показано в приведенной ниже табл. 12.

Таблица 12. Утилизация (1-я немагнитная, 2-я немагнитная и 2-я смешанная)

Утилизация (1-я немагнитная, 2-я немагнитная и 2-я смешанная)				
Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
Фракция - 150 и +10 микрон, 1-я немагнитная	29,92	2,42	0,72	2,15
Фракция - 150 и +10 микрон, 2-я немагнитная	18,00	11,03	1,98	5,90
Итого	47,92	5,65	2,71	8,06

Таким образом, выбрасывается 47,92% по массе, с содержанием Fe (общ.) 5,65%, что соответствует 8,92% неизвлеченного железа.

В рукавных фильтрах гранулометрическая фракция менее 10 микрон, которую при выполнении способа по настоящему изобретению невозможно извлечь при помощи магнитов, составляет 8,9% по весу, с содержанием Fe (общ.) 32,05%, и содержит 8,48% неизвлеченного железа, как показано в приведенной ниже табл. 13.

Таблица 13. Сбор из рукавных фильтров

Сбор, рукавные фильтры				
Продукт	% по весу	% Fe	Содержание Fe	% от общего содержания Fe
Фракция -10 микрон, рукавный фильтр	8,90	32,05	2,85	8,48

Модификации в пределах сущности и принципов этого изобретения, которые станут очевидными для специалиста в данной области техники после ознакомления с этой спецификацией, также будут считаться не выходящими за пределы объема этого изобретения, который определен в пунктах приложенной Формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, которая включает мелкие и сверхмелкие частицы и находится в отвалах для хвостов и рудных хвостах с низким содержанием этих оксидов, и эта система содержит:

средство сушки;

группу воздушных классификаторов, выполняющих циклонирование с разделением частиц по гранулометрическим диапазонам, причем группа воздушных классификаторов функционально соединена с

выпуском средства сушки и содержит от по меньшей мере одного до пяти установленных последовательно циклонов (11, 14, 17), которые выполняют классификацию мелких и сверхмелких частиц железной руды по заранее определенным гранулометрическим диапазонам в соответствии со степенью сложности магнитной сепарации материала; и

группу магнитных сепараторов для частиц в гранулометрических диапазонах, полученных от воздушных классификаторов, причем каждый из магнитных сепараторов (13, 16, 19), входящих в группу магнитных сепараторов, содержит от двух до четырех магнитных роликов (32, 42, 47), установленных в виде каскада и изготовленных из редкоземельных магнитов, имеющих низкую и/или высокую магнитную индукцию, причем магнитные ролики установлены с наклоном, причем:

средство сушки содержит сушилку (9), выполняющую сушку за счет ввода горячего воздуха, с механическими средствами перемешивания и валами, снабженными лопатками (9.2), для дезагрегации и перемещения материала в горизонтальном и вертикальном направлениях;

каждый из циклонов (11, 14, 17) соединен с блоком (12, 15, 18) охлаждения в виде колонны для снижения температуры руды, содержащей оксиды железа, причем частицы железной руды поступают от каждого из циклонов к соответствующей группе магнитных сепараторов через соответствующий блок (12, 15, 18) охлаждения в виде колонны; и

каждый из магнитных роликов снабжен средством утилизации немагнитной фракции, средством сбора магнитной фракции и средством переноса смешанной фракции на следующий магнитный ролик, при этом у последнего магнитного ролика средство утилизации немагнитной фракции предназначено также для сбора смешанной фракции.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что средство сушки соединено с нагревательной камерой (10), предназначенной для нагрева при температуре приблизительно 850°C.

3. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что выпуск средства сушки представляет собой средство удаления газов, возникших в результате сушки, водяного пара, имеющегося внутри сушилки, и мелких и сверхмелких частиц руды, содержащей оксид железа.

4. Система по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что блок охлаждения представляет собой колонну водяного охлаждения, которая снижает температуру материала до приблизительно 40°C.

5. Система по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что редкоземельные магниты, имеющие низкую магнитную индукцию, которые применяют в магнитных роликах, изготовлены из железа-бора, а магниты, имеющие высокую магнитную индукцию, изготовлены из железа-бора-неодима.

6. Система по любому из пп.1-5, отличающаяся тем, что первый магнитный ролик (32) изготовлен из редкоземельных магнитов, имеющих низкую магнитную индукцию, а другие ролики изготовлены из редкоземельных магнитов, имеющих высокую магнитную индукцию.

7. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что угол наклона находится в диапазоне от 15 до 25°.

8. Система по любому из пп.1-7, отличающаяся тем, что предусмотрена группа рукавных фильтров (22), соединенных с последним циклоном в группе воздушных классификаторов, для засасывания и задерживания сверхмелких частиц, которые меньше, чем гранулометрический состав для упомянутого циклона.

9. Способ сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, которая включает мелкие и сверхмелкие частицы и находится в отвалах для хвостов и рудных хвостах с низким содержанием этих оксидов, осуществляемый в системе для сухого обогащения руды по п.1 и содержащий следующие этапы:

выполняют сушку;

выполняют воздушную классификацию железной руды, включающей мелкие и сверхмелкие частицы, по заранее определенным гранулометрическим диапазонам в соответствии со степенью сложности магнитной сепарации материала; и

выполняют магнитную сепарацию при помощи магнитных роликов из редкоземельных магнитов, имеющих низкую и/или высокую магнитную индукцию, которые установлены в виде каскада, причем магнитные ролики установлены с наклоном, причем:

этап сушки выполняют за счет ввода горячего воздуха и с механическим перемешиванием, дезагрегацией и перемещением материала в горизонтальном и вертикальном направлениях;

после этапа воздушной классификации выполняют этап охлаждения руды, содержащей оксиды железа, в колонне охлаждения; и

этап магнитной сепарации дополнительно включает, для каждого магнитного ролика, утилизацию немагнитной фракции, сбор магнитной фракции и перенос смешанной фракции на следующий ролик, а также утилизацию смешанной фракции вместе с немагнитной фракцией для последнего магнитного ролика,

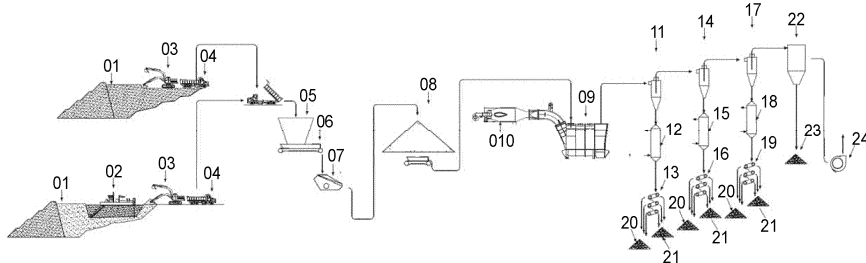
частицы железной руды подают от каждого из циклонов к соответствующей группе магнитных сепараторов через соответствующий блок (12, 15, 18) охлаждения в виде колонны.

10. Способ сухого обогащения руды, содержащей оксиды железа, которая включает мелкие и сверхмелкие частицы, по п.9, отличающийся тем, что этап сушки выполняют за счет нагрева до температуры приблизительно 850°C.

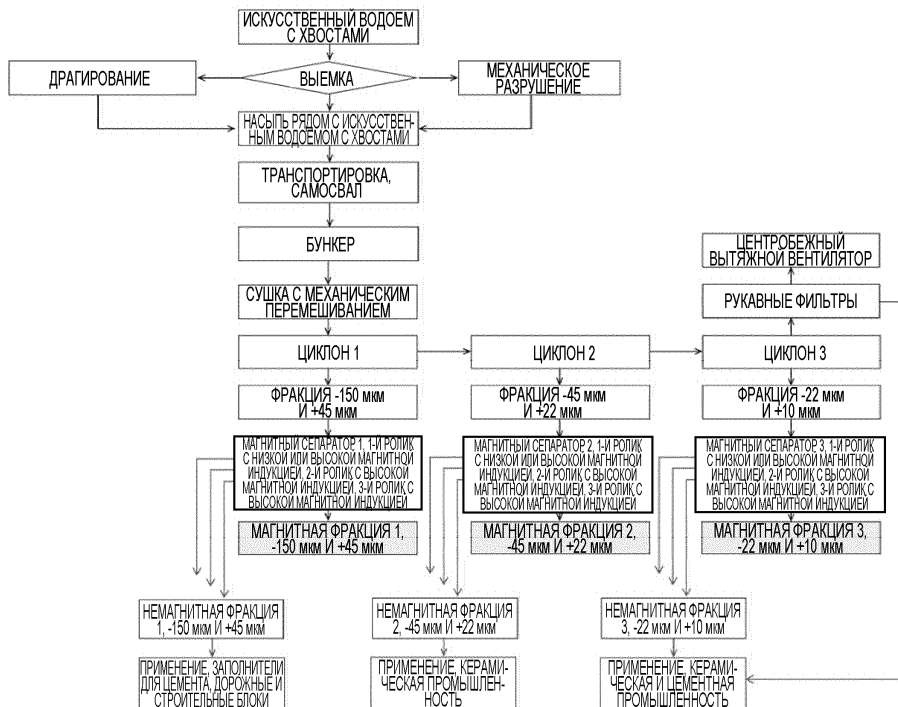
11. Способ по п.9 или 10, отличающийся тем, что после этапа сушки удаляют газы, возникшие в результате сушки, водяной пар, имеющийся внутри сушилки, и мелкие и сверхмелкие частицы руды, содержащей оксиды железа.

12. Способ по любому из пп.9-11, отличающийся тем, что этап охлаждения выполняют при помощи колонны водяного охлаждения, которая снижает температуру материала до приблизительно 40°C.

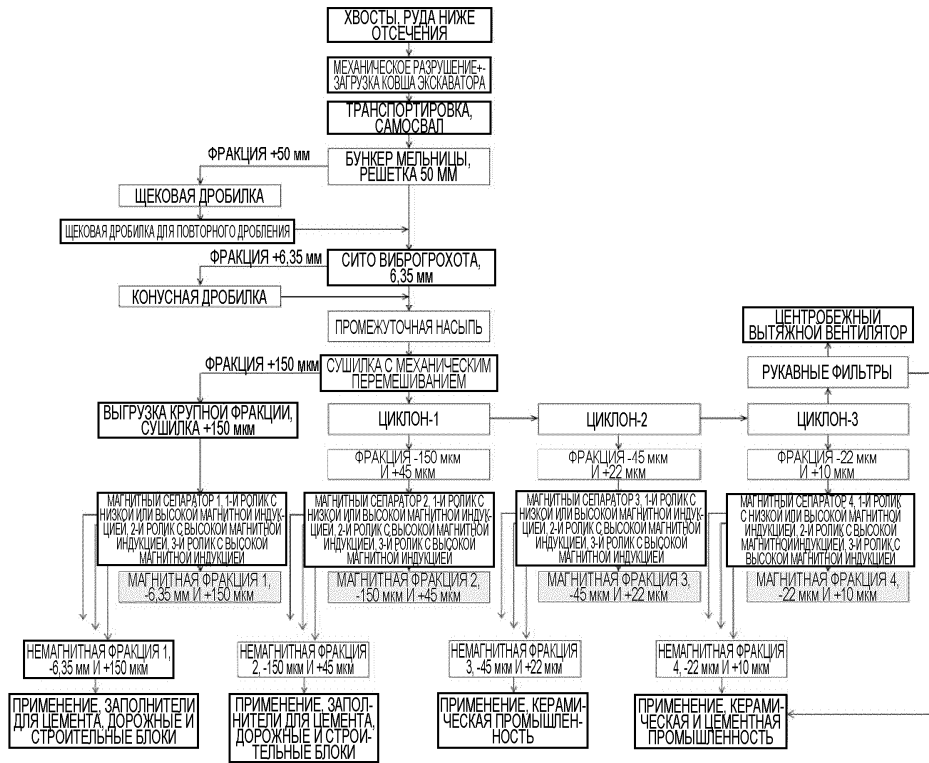
13. Способ по любому из пп.9-12, отличающийся тем, что угол наклона находится в диапазоне от 15 до 25°.



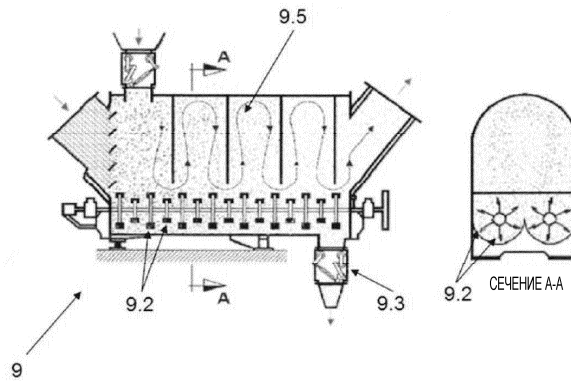
Фиг. 1



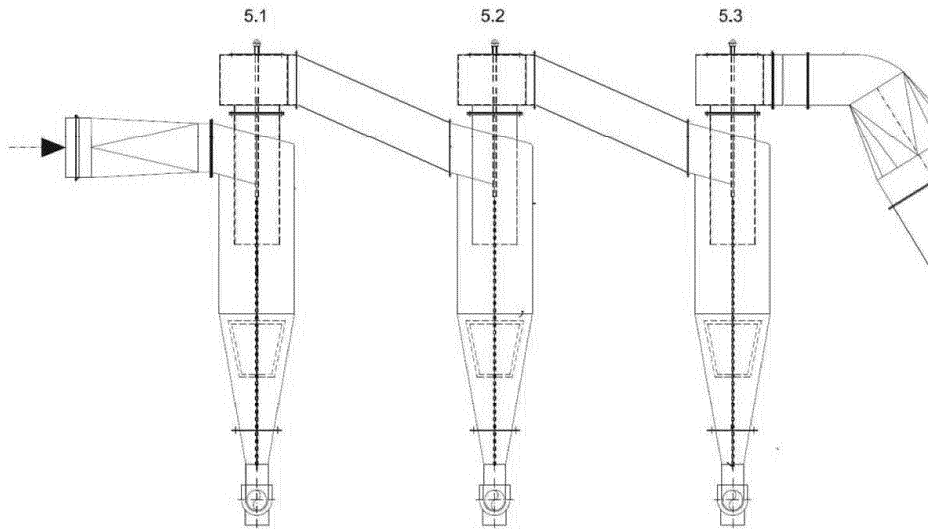
Фиг. 2



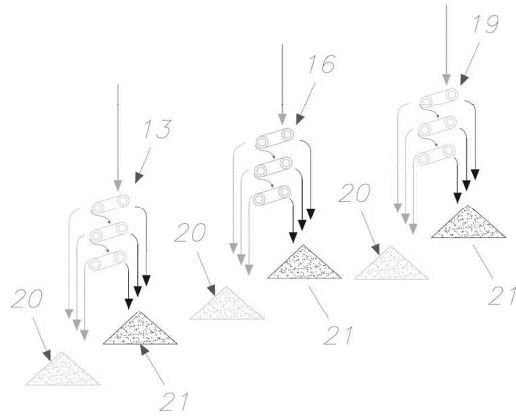
Фиг. 3



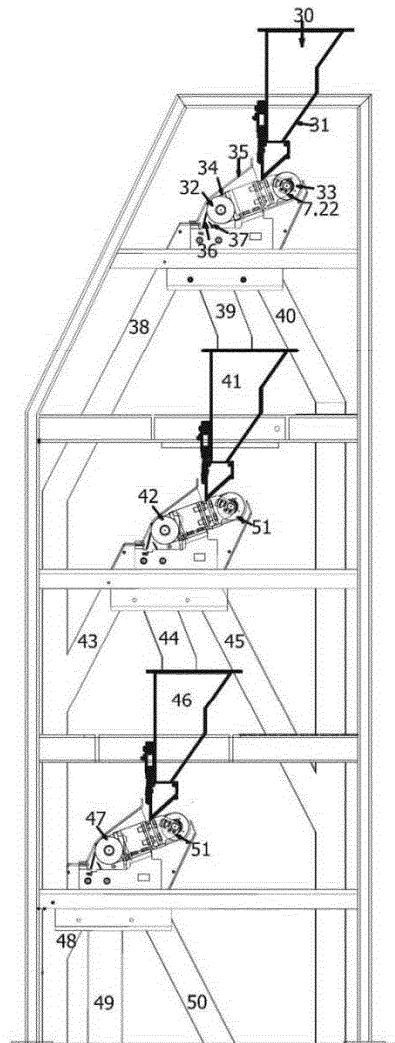
Фиг. 4



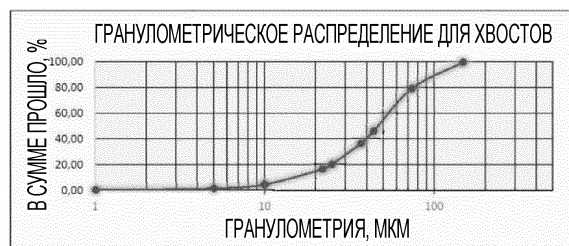
Фиг. 5



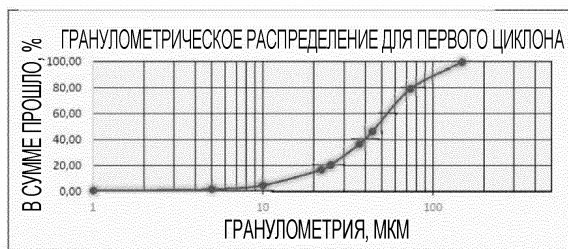
Фиг. 6



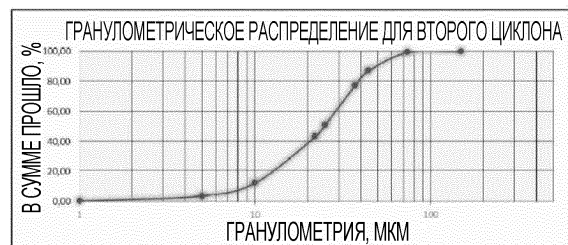
Фиг. 7



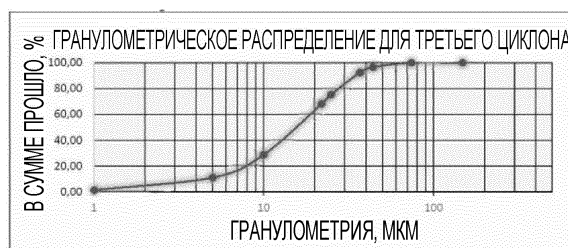
Фиг. 8



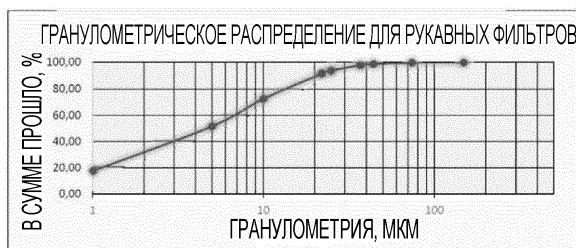
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

