

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033729**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.11.20

(21) Номер заявки
201791826

(22) Дата подачи заявки
2016.02.05

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

(54) **СИСТЕМА И СПОСОБ СУХОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТОНКИХ ФРАКЦИЙ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПЛОТНЫХ И ПОЛУПЛОТНЫХ ПОРОД**

(31) **BR102015003408-3**

(32) **2015.02.13**

(33) **BR**

(43) **2018.01.31**

(86) **PCT/BR2016/050020**

(87) **WO 2016/127235 2016.08.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НЬЮ СТИЛ ГЛОБАЛ Н.В. (NL)

(72) Изобретатель:
Фумйо Ямамото Мауро (BR)

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

(56) **WO-A1-2014063211**
BR-A2-102012008340

(57) Изобретение относится к системе и способу сухого извлечения тонких фракций оксида железа из железосодержащих плотных и полуплотных пород, которые включают средства первичного (5), вторичного (6) и третичного (7, 7') дробления для предварительного снижения размеров зерен руд, содержащих тонкие фракции оксида железа в плотных и полуплотных рудах; средства тонкого измельчения (10, 10', 21) содержащих оксид железа руд с измельчением путем первичного (5), вторичного (6) и третичного (7, 7') дробления, оснащенные динамическим пневматическим классификатором (3.5, 4.6, 5.4); средства статической пневматической классификации (11, 12, 13), расположенные последовательно для промежуточных гранулометрических погон, и пылеуловители (14) для удерживания тонких фракций и средства магнитного разделения (15, 16, 17) при помощи магнитных валов (71, 72, 73), расположенных каскадом с переменным углом наклона, и образованные магнитами с сильным и/или слабым магнитным полем.

B1

033729

033729

B1

Рассматриваемое изобретение относится к способу сухого извлечения тонких фракций оксида железа (Fe_2O_3 и/или $\text{Fe}_3\text{O}_4=\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$), присутствующих в плотных и полуплотных породах следующего типа: в плотной итабиритной железной руде, джаспилитной железоксидной руде, таконитной железоксидной руде и магнетитной железоксидной руде. Для извлечения указанных оксидов железа (Fe_2O_3 и/или Fe_3O_4) следует осуществлять размалывание вплоть до отделения железоксидных минералов от канги. Степень отделения является специфической для каждого типа руды. Гранулометрический размер после дробления обычно ниже 150 мкм и может достигать 25-45 мкм.

В контексте настоящего изобретения тонкие фракции представляют собой железоксидные минералы размером менее 150 мкм. В известных сегодня способах тонкие фракции извлекают в присутствии воды при сочетании системы магнитной сепарации с системой флотации (обратная флотация, флотация оксида кремния и подавление флотации железной руды или прямая флотация оксида железа). В настоящем изобретении указанный процесс осуществляют путем сухого извлечения.

Таким образом, рассматриваемое изобретение направлено на усовершенствование и упрощение способа извлечения тонких фракций оксида железа (Fe_2O_3 и/или Fe_3O_4), присутствующих в указанных плотных и полуплотных железоксидных рудах, в частности в рудах следующих типов: в плотных итабиритных железоксидных рудах, джаспилитной железоксидной руде, таконитной железоксидной руде и магнетитной железоксидной руде, надлежащим образом раздробленных в процессе гранулометрической подготовки для отделения для обеспечения высокого выхода по металлу и по массе.

При помощи настоящего изобретения можно получить коммерчески более высококачественный концентрат оксида железа с применением полностью сухого способа, точнее, при извлечении из плотной итабиритной железоксидной руды, джаспилитной железоксидной руды, магнетитной железоксидной руды с содержанием железа более 63% Fe; при единственном усовершенствовании окончательное содержание концентрата железа может достигать 67% Fe.

Фактически также можно достичь значительного улучшения защиты окружающей среды, главным образом, поскольку обогащение не требует воды, что приводит к значительной экономии материала, который становится все более редким. Другое важное последствие указанного изобретения заключается в отсутствии хвостового отвала. В этом отношении следует помнить неприятную историю прорывов отвалов для железных руд в Бразилии, а также по всему миру, вызвавших ужасные экологические катастрофы.

Таким образом, в числе инновационных особенностей указанного технологического способа, помимо описанных преимуществ, для переработки плотных железных руд характерно низкое влагосодержание благодаря тому, что плотные и полуплотные породы (такие как плотная итабиритная железоксидная руда, джаспилитная железоксидная руда, таконитная железоксидная руда и магнетитная железоксидная руда) обладают плотноупакованной кристаллической структурой, что приводит к предотвращению поглощения влаги их внутренней частью. Такая особенность позволяет исключить одну из стадий процесса, а именно сушки, по сравнению со способом извлечения тонких и сверхтонких фракций железа, содержащихся в хвостовых отвалах, и/или влажным извлечением тонких и супертонких фракций железоксидных руд, как, например, руды, используемые в работающих шахтах в США, где добывается таконитная железоксидная руда. Таким образом, 2-3% остаточную влажность можно устранить в процессе тонкого дробления, проводимого в соответствии с типом рассматриваемой плотной железоксидной руды.

Описание известного уровня техники

В традиционных способах обогащения плотных железоксидных руд, тонкое измельчение (когда материал дробится на мелкие частицы, обычно менее 150 мкм) и концентрацию осуществляют полностью в присутствии воды. Начальные стадии процесса, как в мокром, так и в сухом способах, осуществляют в присутствии природной влаги. Указанные стадии соответствуют первичному, вторичному и третичному дроблению в соответствии с типом руды и использованным путем обогащения. Исходя из этого, в мокром способе дробление осуществляется при помощи шаровых мельниц и вертикальной мельницы со стальными шарами, всегда в присутствии воды.

В мокром способе в качестве абразивного материала в шаровых мельницах используются железные шары. Как в шаровых мельницах, так и в вертикальных мельницах (например, марки Vertimill), осуществляется гранулометрическая классификация, т.е. гранулометрическое регулирование дробления, осуществляется посредством классификации при помощи гидроциклонов, где показатели завихрения и насадки циклона регулируются в соответствии с гранулометрической фракцией, определяемой при помощи гидроциклона. Таким образом, верхний поток соответствует тонкой фракции, раздробленной в соответствии с гранулометрическим анализом извлеченных фракций, а нижний поток соответствует фракции большего размера, вне заданного гранулометрического диапазона извлечения, которую снова подают на мельницу.

Продукт из шаровой мельницы подается в насос для флотационных концентратов, откуда, в свою очередь, он попадает в ряд гидроциклонов. Иногда, в зависимости от гранулометрической фракции, требуется один или более этапов повторной обработки как верхнего, так и нижнего потоков. После этого для каждого из указанных этапов обработки требуются еще один насос для флотационных концентратов

и еще один набор гидроциклонов, что приводит к добавлению большего количества воды, что может привести к дальнейшему усложнению проекта и применению еще большего количества воды.

Кроме того, "верхний поток" отличается низким содержанием твердых частиц, и его следует уплотнить для повышения содержания твердой фазы. Такой процесс обычно осуществляют с применением загустителя. Кроме того, сгущенный шлам следует подвергать другим этапам обработки, которые могут включать магнитное разделение при слабой напряженности магнитного поля с последующим разделением при сильной напряженности магнитного поля, и затем магнитная фракция (концентрат оксида железа) направляется на обратную или прямую флотацию (этап очистки). Под обратной флотацией подразумевается флотация загрязняющего элемента (например, оксида кремния). Под прямой флотацией подразумевается флотация железистых минералов. При повторной переработке верхнего потока, как правило, выделяется фракция размером 20 или 10 мкм, которую посылают в загуститель, а затем в хвостовой отвал.

В патенте Бразилии BR 102014025420-0 описаны способ и система сухого извлечения тонких и сверхтонких фракций железистых руд из хвостового отвала при добыче железных руд. Однако было отмечено, что решение, описанное в указанном изобретении, не применимо для сухого извлечения тонких железистых фракций в плотных и полуплотных содержащих оксид железа породах, как то в плотных итабиритной железистых руде, джаспелитной железистых руде, таконитной железистых руде и магнетитной железистых руде.

Цели и преимущества изобретения

Ввиду указанной ситуации рассматриваемое изобретение направлено на создание системы и способа сухого извлечения тонких фракций оксида железа в плотных и полуплотных железистых породах, как то в плотной итабиритной железистых руде, джаспелитной железистых руде, таконитной железистых руде и магнетитной железистых руде, надлежащим образом измельченной во время регулирования гранулометрического состава для отделения.

Изобретение также направлено на обеспечение установки магнитного разделения, демонстрирующей удовлетворительную эффективность в случае материалов, которые традиционно не подходят для переработки при помощи магнитных разделителей при сильной напряженности магнитного поля, редкоземельных магнитных валов (типа железа-бора-неодима) и ферритных магнитов со слабой напряженности магнитного поля (типа железа-бора).

Указанные цели достигаются абсолютно эффективным способом путем устранения экологических рисков во время реализации системы, путем улучшения осознанного применения природных ресурсов, путем получения продукта-концентрата оксида железа, повторного применения пустых пород в гражданском строительстве, что позволяет сэкономить большое количество воды, поскольку способ, соответствующий изобретению, не требует применения воды.

Во времена растущих экологических требований настоящее изобретение представляет собой определенный ответ на вызов, связанный с созданием экологически сбалансированных экономических результатов, который характеризуется главным образом, следующими особенностями:

исключение применения воды в процессе извлечения оксида железа, что позволяет сберечь поверхностные воды и водоносные горизонты;

более эффективное разделение для получения более чистой пустой породы;

полная рециркуляция пустой породы в строительстве гражданских объектов;

улучшенный выход по массе и улучшенное извлечение по металлу для оксида железа;

извлечение тонких фракций из железистых руд во фракциях с <100 меш (<0,15 мм) без потерь, вызванных применением грубой мельницы типа аррастры;

отсутствие остаточных продуктов сгорания;

отсутствие выбросов в атмосферу;

логистическая оптимизация с локальной обработкой;

устранение рисков несчастных случаев, связанных с отвалами;

уменьшение физического пространства, в котором должна работать система;

малое энергопотребление;

модульное строение и гибкость дизайна системы;

повышение ресурса шахт;

функциональная независимость уже работающих шахт.

В случае настоящего изобретения отсутствие остаточных продуктов сгорания и отсутствие атмосферных выбросов связаны с тем, что при обогащении плотных железистых руд не требуется сушка и тонкие фракции также не образуются в процессе сжигания.

В сухом способе в соответствии с рассматриваемым изобретением дробление осуществляется в вертикальных мельницах или при помощи маятниковой мельницы или в шаровых мельницах; каждое из этих устройств снабжено системой пневматической классификации. Присутствие динамического пневматического классификатора направлено на осуществление гранулометрического разделения на решетке по диаметру в зависимости от степени отделения, где диаметр может меняться в зависимости от типа железистых руд.

Следует отметить, что железоксидную руду с низким влагосодержанием необходимо осушать из-за присутствия этих небольших количеств влаги, так что трение между минералами и дробилками во время дробления приводит к созданию тепла, которое способствует остаточному осушению от влаги, присутствующей в материале.

Подробное описание первого этапа - дробления

До начала описания настоящего изобретения следует отметить, что указанные здесь условия - это всего лишь примеры, и их не следует считать ограничивающими сферу охвата настоящего изобретения. Эксперт в данной области техники, рассматривающий предложенную здесь концепцию, должен знать, как определить соответствующие величины в данном случае для достижения целей настоящего изобретения. Представлены по меньшей мере три конфигурации и вариантов первичного, вторичного и третичного дробления; использованы сочетания вторичного и третичного дробления, и оборудование состоит из следующих устройств:

щековая дробилка вторичного дробления для вторичного дробления и валковая дробилка высокого давления (HPGR) для третичного давления, как показано на фиг. 1;

щековая дробилка вторичного дробления для вторичного дробления и конусная дробилка для третичного дробления, как показано на фиг. 2.

Указанные однократные этапы снижения размера путем дробления руды типичны для всех горных разработок.

Вариант дробления 1 (фиг. 1).

На фиг. 1 представлены в целом этапы первичного процесса дробления для сухого обогащения железоксидной руды с первичным дроблением в щековой дробилке и вторичным дроблением в щековой дробилке вторичного дробления и третичным дроблением в валковых дробилках высокого давления (HPGR и аналогичных устройствах).

При извлечении плотной руды 1, из-за ее высокого сопротивления, поскольку это плотная порода, разрушение осуществляют при помощи огня (например, с применением взрывчатых веществ). Затем плотную руду удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник с люлькой 3 подает руду в буферный бункер или хоппер 4; а затем - в первичную щековую дробилку 5, которая может сочетаться с дробилкой вторичного дробления 6; после этого масса передается на следующий этап снижения размера частиц в оборудовании, известном как валковая дробилка высокого давления 7 (HPGR), где материал измельчается до частиц размером менее 1/4 дюйма (6,4 мм).

Дробилка 5 и дробилка вторичного дробления 6 обеспечивают первоначальное измельчение руд до размера частиц ± 75 мм. После щековой дробилки 5, и если имеется дробилка вторичного дробления, конечный размер частиц равен ± 30 мм. Затем после обработки в валковой дробилке высокого давления 7 размер частиц снижается до $\pm 1/4$ дюйма (6,4 мм), и материал передается в буферный бункер. Потребность в буферном бункере или его отсутствие, а также его емкость - это вопрос, который следует решать при разработке проекта.

Вариант 2 дробления (фиг. 2).

На фиг. 2 в целом этапы первичного дробления для сухого обогащения железоксидной руды представлены первичным дроблением в щековой дробилке и вторичным дроблением в щековой дробилке вторичного дробления и третичным дроблением в конусной дробилке.

При экстракции плотной руды 1, вследствие ее высокого сопротивления, поскольку это плотная порода, разрушение осуществляют при помощи огня (например, с применением взрывчатых веществ). Затем ее удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает руду в буферный бункер или хоппер 4, затем руда передается в первичную щековую дробилку 5, а затем - в дробилку вторичного дробления 6, и переработанный там материал поступает на следующий этап снижения размера, с конусной дробилкой 7', где размер частиц материала снижается до менее чем 1/4" (6,4 мм), после чего материал можно отправить в промежуточный отвал 8.

Таким образом, первый этап настоящего изобретения состоит из однократных процессов снижения размера, при помощи дробилки 5, дробилки вторичного дробления и валковой дробилки высокого давления (HPGR) или конусной дробилки, известных в данной области техники.

Ниже описаны в целом этапы после процесса измельчения, включающие дробление, пневматическую классификацию в различных диапазонах размеров частиц и магнитное разделение при сильной напряженности магнитного поля в каждом диапазоне размеров частиц, что в сочетании с указанными выше этапами обеспечивает результат, ожидаемый согласно настоящему изобретению.

Подробное описание способа согласно настоящему изобретению

Способ по изобретению далее основан на следующих этапах.

Единый этап тонкого дробления при отделении железной руды и канги с размером частиц, определенным при помощи динамического пневматического классификатора.

Единый этап статической пневматической классификации, в которой циклоны расположены последовательно и гранулометрический фракция устанавливается в соответствии со степенью отделения при

размоле, и можно осуществить разделение частиц по размерам на три диапазона. Может быть одна или две фракции, и решение относительно числа гранулометрических фракций будет зависеть от степени отделения, а в рукавных фильтрах (пылесборниках) можно улавливать сверхтонкую фракцию размером менее 10 или 5 мкм.

Последовательность магнитного разделения можно проводить при слабой напряженности магнитного поля и сильной напряженности магнитного поля и/или при сильном магнитном поле и сильной напряженности магнитного поля в каждом диапазоне размеров частиц, классифицированном при помощи циклонного метода на этапе статической пневматической классификацией.

На едином этапе размолта можно использовать несколько типов оборудования в соответствии с настоящим изобретением, таких как

вертикальная мельница;

маятниковая мельница;

шаровая мельница, модифицированная надлежащим образом для сухой переработки.

Единый этап измельчения в вертикальной мельнице (фиг. 3).

В настоящее время этот тип оборудования широко применяется в цементной промышленности для дробления клинкера до размера частиц менее 45 мкм. Это оборудование показало превосходную производительность по сравнению с другими имеющимися мельницами в цементной промышленности, и в настоящее время большинство предприятий в цементной промышленности начинает использовать этот тип мельниц, замещая им предшествующие модели. Одна из инноваций в настоящем изобретении заключается во введении технологического маршрута, соответствующего области цементной промышленности для обогащения при подготовительных горных работах с извлечением оксида железа из плотных и полуплотных пород в сухом процессе.

В сухом способе согласно настоящему изобретению, фиг. 10 и/или 11, из промежуточного отвала 8 материал поступает в вертикальную мельницу 10, где происходит дробление. Вертикальная мельница 10, введенная в систему, и способ согласно настоящему изобретению подробно показаны на фиг. 3.

Описание основных компонентов вертикальной мельницы (фиг. 3).

3.1. Точка подачи руды.

3.2. Размольная дорожка: она управляется электромотором, и мощность рассчитывается в соответствии с производительностью.

3.3. Дробильный валец: вертикальная мельница может быть оснащена двумя или более дробильными вальцами в соответствии с размером и производительностью; вальцы оказывают давление на размольной дорожке, и вся руда, присутствующая в вальцах и на размольной дорожке, крошится при пресовании.

3.4. Отвод грубой фракции: недостаточно измельченный материал падает по сторонам подвижной дорожки и, в свою очередь, направляется к точке сброса. Затем материал собирается и перенаправляется к точке подачи, закрывающей цикл помол.

3.5. Динамический пневматический классификатор включает ротор с многочисленными лопастями. Чем больше число лопастей, тем тоньше гранулометрическая фракция, и это регулируется в соответствии со степенью отделения для каждого типа плотной руды; Пневматический классификатор создает разрежение внутри мельницы, которое обеспечивает удаление тонкоразмолотых частиц и исключение грубых частиц, отброшенных лопастями ротора.

3.6. Возвращение смешанного материала: материал с большим размером частиц, отбракованный динамическим пневматическим классификатором, собирается конусом, направляющим материал обратно в центр размольной дорожки, объединяя этот материал с исходным материалом.

3.7. Выпуск классифицированного материала: весь материал ниже степени отделения, отобранный пневматическим классификатором, направляется в статические классификаторы, известные как циклоны.

Однократный этап помола в шаровой мельнице.

В настоящее время этот тип оборудования широко распространен при обработке сырья для промышленности, такого как известняк, полевой шпат, кремнезем и другие промышленные материалы, которые можно измельчить до размера частиц в диапазоне от 100 до 45 мкм и может достигать 20 мкм. Одна из технологических инноваций настоящего изобретения заключалась в предложении данного технологического маршрута в подготовительных горных работах для обогащения по оксиду железа из плотных и полуплотных пород сухим способом.

В сухом способе согласно настоящему изобретению, как показано на фиг. 14 и 15, из промежуточного отвала 8 материал поступает в шаровую мельницу 10', где происходит дробление. Шаровая мельница 10', введенная в систему, и способ согласно настоящему изобретению подробно показаны на фиг. 4.

Описание основных компонентов шаровой мельницы (фиг. 4).

4.1. Точка подачи руды.

4.2. Корпус мельницы со стальными шарами, правильно подобранными по размеру с учетом размера подаваемых частиц и размера частиц в конце помола.

4.3. Отверстия в корпусе мельницы для обеспечения сброса предварительно раздробленного материала, где размер более крупных частиц составляет от 4 до 0 мм. Более мелкие зерна перемещаются под

действием разрежения, создаваемого динамическим пневматическим классификатором 4.6, а более крупные зерна собираются и выбрасываются при помощи червячной передачи 4.8.

4.4. Разгрузочный конец мельницы состоит из камеры с двумя точками сброса для грубой и тонкой фракций. Для грубой фракции недостаточно измельченный материал выпадает из дна камеры и собирается червячной передачей 4.8. Тонкая фракция направляется через верх камеры под действием разрежения, создаваемого динамическим пневматическим классификатором 4.6.

4.6. Динамический пневматический классификатор содержит ротор с множеством лопастей, чем больше число лопастей, тем более тонкая гранулометрическая фракция получается, и это регулируется в соответствии со степенью отделения для каждого типа плотной руды. Пневматический классификатор создает внутреннее разрежение в мельнице, которое приводит к удалению тонкоразмолотых частиц.

4.7. Возвращение смешанного материала. Материал с большим размером частиц, отбракованный динамическим пневматическим классификатором, собирается червячным двигателем, направляющим материал обратно в точку подачи, объединяя этот материал с исходным материалом.

4.8 Выпуск классифицированного материала. Весь материал размером менее степени отделения, отобранный пневматическим классификатором, направляется в статические классификаторы, известные как циклоны.

Единый этап помола в маятниковой мельнице (фиг. 5).

Он относится к оборудованию с более низкой производительностью, чем в случае вертикальной мельницы 10', которое также широко распространено при обработке сырья для промышленности, такого как известняк, полевой шпат, кремнезем и другие промышленные материалы, которые можно измельчить до размера частиц в диапазоне от 100 мкм до 45 мкм и может достигать 20 мкм. Одна из инноваций в настоящем изобретении заключается в сочетании этого технологического маршрута при подготовительных горных работах с обогащением по оксиду железа из плотных пород в сухом способе.

В сухом способе согласно настоящему изобретению, как показано на фиг. 14 и 15, из промежуточного отвала 8 материал поступает в маятниковую мельницу 21, где происходит дробление. Маятниковая мельница 21, введенная в систему, и способ согласно настоящему изобретению подробно показаны на фиг. 5 и включают следующие элементы:

Описание основных компонентов маятниковой мельницы (фиг. 5).

5.1. Точка подачи руды.

5.2. Закрепленная дорожка для распределения материала, подаваемого между маятниками.

5.3. Вращающиеся маятники, которые обеспечивают тонкое измельчение подаваемого материала на закрепленной дорожке.

5.4. Пневматический классификатор, отсасывающий тонкоизмельченный материал.

5.5. Возвращение крупного материала, отбракованного пневматическим классификатором, на закрепленную дорожку, вместе с исходным материалом от точки подачи.

5.6. Выпуск классифицированного материала: весь материал ниже степени отделения, отобранный пневматическим классификатором, направляется в статические классификаторы, известные как циклоны.

В соответствии с настоящим изобретением при помощи циклонов промежуточные гранулометрические фракции отвечают размерам от 10 до 5 мкм, а тонкая фракция мельче этой фракции удерживается в пылесборниках.

Динамический воздушный классификатор 4.6 на фиг. 6 может быть совмещен с выпуском шаровой мельницы 10' и может представлять собой динамический пневматический классификатор 3.5 в вертикальной мельнице 10 или динамический пневматический классификатор 5.4 в маятниковой мельнице 21. Он создает разрежение, которое выводит все частицы различных размеров в ротор 6.1 содержащий ряд лопастей и предназначенный для диспергирования частиц по боковой поверхности пневматического классификатора. Частицы подвергаются действию трех сил: центробежной силы (F_c) под действием ротора, воздушного потока, создаваемого разрежением от ротора (F_d) и силы тяжести (F_g). Результирующая (R) относится к ситуации, когда $F_c + F_g$ меньше силы разрежения (F_d) и соответствует тонким частицам, вовлекаемым в ротор, а результирующая (G) относится к ситуации, когда $F_c + F_g$ больше силы разрежения (F_d) и соответствует более крупным частицам, направленным вниз. Например, действие этих сил в динамическом пневматическом классификаторе можно видеть на фиг. 6, как видно из распределения сил разрежения (F_d), центробежной силы (F_c) и силы тяжести (F_g), где R (\emptyset тонких частиц) = $F_d > F_g + F_c$ и G (\emptyset крупных частиц) = $F_d < F_g + F_c$.

Таким образом, после этапа размолта и пневматической классификации только фракция с меньшим размером частиц, чем определяемая заданной степенью отделения, состоящая из тонких частиц, т.е. когда R (\emptyset тонких частиц) = $F_d > F_g + F_c$, отправляется на последующие этапы процесса.

При сравнении с процессом гранулометрического контроля при сухом дроблении, осуществляемого пневматическим классификатором, и при мокром дроблении, осуществляемого набором гидроциклонов, динамический пневматический классификатор гораздо более простое устройство с более низкими значениями сарех и орех по сравнению с процессом гранулометрической классификацией и классификацией при помощи гидроциклона, как указано в разделе, где описан известный уровень техники. Такая пневматическая классификация приводит к удалению материала, измельченного до заданной степени отделе-

ния, с отбрасыванием грубого материала при помощи того же оборудования; этот материал подвергается еще одному этапу дробления, что замыкает контур дробления и классификации частиц по размеру.

Также в отношении потребления энергии операция, выполняемая сухим способом с пневматическими классификаторами, оказывается выгодной с учетом того, что при классификации частиц по размеру при помощи гидроциклона необходимо использовать большие количества воды в соотношении не менее чем две части воды к одной части руды. Кроме того, для хорошей гранулометрической классификации при дроблении требуется по меньшей мере более одного или двух дополнительных этапов обработки в гидроциклоне, что соответствует повторной обработке "нижней" фракции, так что большая часть тонких зерен удаляется, и/или еще одному этапу обработки гидроциклоном "верхней" фракции с целью обеспечения гранулометрической фракции. Таким образом, с учетом этих дополнительных этапов повторной обработки требуются дополнительные количества воды на одну каждую часть руды, тогда как в сухом способе двигается только материал.

Единый этап статической пневматической классификации (фиг. 7).

На этапе после дробления и классификации при помощи динамического пневматического классификатора фракция меньше степени отделения, заданной в исследовании с физической/химической характеристикой, подвергается еще трем этапам классификации по размерам частиц. Первый этап с размерами частиц ± 45 мкм, второй с размерами ± 22 мкм, в диапазоне от 35 до 18 мкм, и третий с размерами частиц ± 10 мкм, в диапазоне от 15 до 5 мкм, осуществляют при помощи набора из трех статических циклонов, соединенных друг с другом последовательно (фиг. 7). Эти значения в мкм приведены всего лишь для справки и могут колебаться в соответствии с параметрами системы выпуска.

На фиг. 6 дробленая фракция из динамического пневматического классификатора направляется в первый статический циклон 11. Указанный циклон удерживает частицы размером менее, чем установленные для данной степени отделения, например 45 мкм, которые выбрасываются снизу первого циклона 11". Фракция на 30 мкм выходит сверху из первого циклона через 11' и поступает во второй статический циклон 12. Второй циклон удерживает частицы размером менее 30 и более 20 мкм, которые выходят снизу через 12" второго циклона. Фракция на 20 мкм выходит сверху из второго циклона через 12' и поступает в третий статический циклон 13. Третий циклон удерживает частицы размером менее 20 мкм и более 10 мкм, которые выходят снизу 13" второго циклона. Фракция размером 10 мкм выходит сверху 13' третьего циклона и поступает на набор пылеуловителей 14, которые должны собирать все фракции размером менее 10 мкм. Граничные размеры частиц относятся к порядкам величины, которые могут увеличиваться или уменьшаться в соответствии с параметрами скорости вытяжного вентилятора 19.

Продукты, собранные в каждом из циклонов 11, 12 и 13, расположенных последовательно, могут быть в некоторых случаях использованы для работы с соответствующими охлаждающими колоннами (не показаны), цель которых заключается в снижении температуры от значения между 70 и 100°C до температуры около 40°C. Указанное охлаждение необходимо для сохранения напряженности магнитного поля редкоземельных магнитов (железо-бор-неодим).

Материал, собранный в каждом циклоне (нижняя часть циклона) и проходящий через охлаждающие колонны, подается на магнитные сепараторы в слабом поле и сильном поле или в сильном поле и сильном поле с наклонными валами, правильно отрегулированными для каждого размера частиц.

Единый этап магнитного разделения, как описано в формуле изобретения патента Бразилии BR102014025420-0 (включенного в настоящий документ посредством ссылки), позволяет пропустить все фракции размером меньше, чем все заданные граничные размеры частиц, определяемые степенью отделения, и больше 10 мкм через установки магнитного разделения.

На основании возможности осуществления третичного дробления двумя способами, через HPGR (валковые дробилки высокого давления) или при помощи конусной дробилки и окончательного дробления тремя различными устройствами можно реализовать шесть различных технологических маршрутов.

Первый тип сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением показан на фиг. 10 и включает первичное дробление с использованием щековой дробилки 5, вторичное дробление с использованием щековой дробилки вторичного дробления 6, третичное дробление с использованием HPGR 7 (валковой дробилки высокого давления) и дробление в вертикальной мельнице 10.

Таким образом, плотная руда 1 вследствие ее высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается с применением огня (взрывчатые вещества), а затем ее удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в бункер или хоппер 4, а оттуда материал поступает в первичную щековую дробилку 5, а затем подается во вторичную щековую дробилку для вторичного дробления 6, и обработанный там материал поступает для дальнейшего измельчения в валковую дробилку 7 HPGR-типа (валковые дробилки высокого давления), что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюйма (6,4 мм). Фракция размером менее 1/4 дюйма попадает в сепаратор с магнитным валом 50 (диаметр 235 мм) при сильной напряженности магнитного поля с высоким выходом, в результате чего формируется магнитный продукт, который можно хранить или не хранить в промежуточном отвале 8; немагнитная фракция, не содержащая в значительной мере оксид железа, предназначена для применения в строительной промыш-

ленности как заполнитель для бетона и/или при производстве цементных объектов, таких как блоки и клинкеры. Материал, отложенный в отвал, поступает в вертикальную мельницу 10, дробление происходит путем движения по размольной дорожке 3.2, с прессованием материала вальцами 3.3. Дробление происходит путем сдвигового деформирования и из-за конической формы валцов можно обеспечить различные уровни дробления. Материал с наибольшим размером частиц удаляется из вертикальной мельницы и снова направляется на точку подачи 3.1, что завершает цикл дробления. Дробленный материал собирается динамическим пневматическим классификатором 3.5, расположенным сверху от вертикальной мельницы 10. Дробленный материал, еще не достигший заданной степени отделения, возвращается в центр размольной дорожки 3.2 для повторного дробления, а дробленный материал, который уже достиг заданной степени отделения, выгружается из вертикальной мельницы 10 и собирается вытяжной системой.

Вытяжная система включает три циклона 11, 12 и 13, расположенных последовательно и показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 собирает весь материал, выходящий из вертикальной мельницы и классифицирует их по размерам частиц около 30 мкм; фракция более 30 мкм, называемая нижней, собирается у основания 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для набора пылеуловителей 14. Пылеуловители 14 предназначены для удерживания всех частиц, не классифицированных и не удерживаемых в наборах циклонов. Размеры частиц не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности магнитного разделения тонких фракций.

Второй тип сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением показан на фиг. 11 и включает первичное дробление с использованием щековой дробилки 5, вторичное дробление с использованием щековой дробилки вторичного дробления 6, третичное дробление с использованием HPGR 7' (валковые дробилки высокого давления) и дробление в шаровой мельнице 10.

Таким образом, плотная руда 1 вследствие ее высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается с применением огня (взрывчатые вещества), а затем ее удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в буферный бункер или хоппер 4, а оттуда материал поступает в первичную щековую дробилку 5, а затем подается во вторичную щековую дробилку для вторичного дробления 6, и обработанный там материал поступает для дальнейшего измельчения в конусную дробилку 7', что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюйма (6,4 мм). Материал, помещенный в отвал, поступает в вертикальную мельницу 10, дробление происходит путем движения по размольной дорожке 3.2, с прессованием материала вальцами 3.3. Дробление происходит путем сдвигового деформирования и из-за конической формы валцов можно обеспечить различные уровни дробления. Материал немагнитной фракции, практически не содержащий оксида железа, предназначен для применения в строительной промышленности как наполнитель для цемента и/или для изготовления цементных объектов, таких как блоки и клинкеры. Магнитная фракция снова направляется к точке подачи 3.1, что завершает цикл дробления. Дробленный материал собирается динамическим пневматическим классификатором 3.5, расположенным сверху от вертикальной мельницы 10. Дробленный материал, еще не достигший заданной степени отделения, возвращается в центр размольной дорожки 3.2 для повторного дробления, а дробленный материал, который уже достиг заданной степени отделения, выгружается из вертикальной мельницы 10 и собирается вытяжной системой. Дробленный материал, уже достигший степени отделения, выбрасывается из вертикальной мельницы 10 и отбирается вытяжной системой.

Вытяжная система включает три циклона 11, 12 и 13, расположенных последовательно и показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 собирает весь материал, выходящий из вертикальной мельницы, и классифицирует их по размерам частиц около 30 мкм; фракция более 30 мкм, называемая нижней, собирается у основания 11" циклона. Фракция размером более 30 мкм, называемая нижней, собирается в основании 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для набора пылеуловителей 14. Пылеуловители 14 предназначены для удерживания всех частиц, не классифицированных и не удерживаемых в наборах циклонов. Размеры частиц не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности магнитного разделения тонких фракций.

Третий тип сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением показан на фиг. 12 и включает первичное дробление с использованием щековой дробилки 5, вторичное дробление с использованием щековой дробилки вторичного дробления 6, третичное дробление с использованием HPGR 7' (валковые дробилки высокого давления) и дробление в шаровой мельнице 10'.

Таким образом, плотная руда 1 вследствие ее высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается с применением огня (взрывчатые вещества), а затем ее извлекают/удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в буферный бункер или хоппер 4, а оттуда материал поступает в первичную щековую дробилку 5, а затем подается во вторичную щековую дробилку для вторичного дробления 6, и обработанный там материал поступает для дальнейшего измельчения в валковую дробилку 7 HPGR-типа (валковые дробилки высокого давления), что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюйма (6,4 мм). Фракция размером менее 1/4 дюйма попадает в сепаратор с магнитным валом 50 (диаметр 235 мм) при сильной напряженности магнитного поля с высоким выходом, в результате чего формируется магнитный продукт, который можно хранить или не хранить в промежуточном отвале 8. Материал, помещенный в отвал, подается в шаровую мельницу 10'. Дробление происходит путем движения корпуса мельницы 4.2, загруженной стальными шарами, которые могут занимать от 35 до 40% внутреннего объема. Стальные шары вызывают усиление действия дробления. Частицы подвергаются действию шаров, и трение шаров способствует измельчению частиц. В верхней части мельницы, соединенной с вытяжным колпаком, пневматический классификатор 4.6 создает разрежение внутри шаровой мельницы, которое способствует извлечению больших и мелких частиц из мельницы. Большие частицы падают под действием силы тяжести в нижнюю часть 4.4 колпака. Их, в свою очередь, собирает червячная передача 4.8, подает в сепаратор с магнитным валом 60 (диаметр 235 мм) при сильной напряженности магнитного поля с высокой производительностью, что позволяет получить магнитный продукт, который можно хранить или не хранить в отвале и перенаправлять на вход шаровой мельницы 4.1. Немагнитная фракция, практически не содержащая оксида железа, предназначена для применения в строительной промышленности как наполнитель для цемента и/или для изготовления цементных объектов, таких как блоки и клинкеры. В верхней части выпускного колпака тонкие фракции вытягиваются на ротор динамического пневматического классификатора 4.6, который, в свою очередь, классифицирует материалы, раздробленные до заданной степени отделения. Материал размером более заданной степени отделения направляется наружу из динамического пневматического классификатора 4.6, собирается при помощи червячной передачи 4.7 и перенаправляется на точку подачи 4.1. Материал, дробленный до размера менее заданной степени отделения, выбрасывается из пневматического классификатора 4.6 и собирается вытяжной системой.

Вытяжная система состоит из трех последовательно расположенных циклонов 11, 12 и 13, показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 улавливает весь материал из шаровой мельницы 10' и классифицирует его до размера частиц около 30 мкм. Фракция размером более 30 мкм, называемая нижней, собирается в основании 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для набора пылеуловителей 14. Пылеуловители 14 предназначены для удерживания всех частиц, не классифицированных и не удерживаемых в наборах циклонов. Размеры частиц не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности магнитного разделения тонких фракций.

Четвертый тип сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением, показанный на фиг. 13, включает первичное дробление с использованием щековой дробилки 5, вторичное дробление с использованием щековой дробилки вторичного дробления 6 и третичное дробление с использованием конусной дробилки 7' и дробление в шаровой мельнице 10'.

Плотная руда 1 из-за своего высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается при помощи огня (взрывчатые вещества). Затем ее извлекают/удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в люльку автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в буферный бункер или хоппер 4, а оттуда материал поступает в первичную щековую дробилку 5, а затем подается во вторичную щековую дробилку для вторичного дробления 6, и обработанный там материал поступает для дальнейшего измельчения в конусную дробилку 7', что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюйма (6,4 мм). Материал, помещенный в промежуточный отвал 8, подается в шаровую мельницу 10'. Дробление происходит путем движения корпуса мельницы 4.2, загруженной стальными шарами, которые могут занимать от 35 до 40% внутреннего объема. Стальные шары вызывают усиление действия дробления: на частицы влияют падающие шары, а трение шаров друг о друга способствует измельчению частиц. В верхней части мельницы, соединенной с выпускным колпаком мельницы, пневматический классификатор 4.6 обеспечивает разрежение внутри шаровой мельницы, которое обеспечивает выведение больших и мелких частиц из мельницы; при этом большие частицы падают под действием силы тяжести в нижнюю часть 4.4 колпака, и соответственно сбор при помощи червячной передачи 4.8 с подачей материала на сепаратор с магнитным валом 60 (диаметр 235 мм) при сильной напряженности магнитного поля и с высокой производительностью и перенаправлением на подачу 4.1 шаровой мельницы 10'. Немагнитная фракция, практически не содержащая оксида железа, предназначена для применения в строительной промышленности как наполнитель для цемента и/или для изготовления цементных объектов, таких как блоки и клинкеры. В верхней части выпускного колпака тонкие фракции вытягива-

ются на ротор динамического пневматического классификатора 4.6, который, в свою очередь, классифицирует материалы, раздробленные до заданной степени отделения. Материал размером более заданной степени отделения направляется наружу из динамического пневматического классификатора, собирается при помощи червячной передачи 4.7 и перенаправляется на точку подачи 4.1. Материал, дробленный до размера менее заданной степени отделения, выбрасывается из пневматического классификатора 4.6 и собирается вытяжной системой.

Вытяжная система состоит из трех последовательно расположенных циклонов 11, 12 и 13, показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 улавливает весь материал из шаровой мельницы 10' и классифицирует его до размера частиц около 30 мкм. Фракция размером более 30 мкм, называемая нижней, собирается в основании 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для всех рукавных фильтров 14. Рукавные фильтры 14 предназначены для удерживания всех частиц, которые не были классифицированы или удержаны циклонными сборками. Размеры гранулометрических погоннов не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности магнитного разделения тонких фракций.

Пятый вариант осуществления сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением, показанный на фиг. 14, представлен первичным дроблением, осуществляемым при помощи щековой дробилки 5, вторичным дроблением при помощи щековой дробилки вторичного дробления 6 и третичным дроблением при помощи HPGR 7 (валкового пресса высокого давления) и дроблением при помощи маятниковой мельницы 21.

Плотная руда 1 из-за своего высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается при помощи огня (взрыв). Затем ее извлекают/удаляют из шахты, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в заднюю часть автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в буферный бункер или хоппер 4, а затем в первичную щековую дробилку 5, а полученный материал затем поступает во вторичную дробилку для вторичного дробления 6, и переработанный там материал перемещается далее на этап измельчения в валковой дробилке 7 HPGR-типа (валковые дробилки высокого давления), что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюймов (6,4 мм). Фракция размером менее 1/4 дюйма попадает в сепаратор с магнитным валом 50 (диаметр 235 мм) при высокой напряженности магнитного поля с высоким выходом, в результате чего формируется магнитный продукт, который можно хранить или не хранить в промежуточном отвале 8. Немагнитная фракция, практически не содержащая оксида железа, предназначена для применения в строительной промышленности как наполнитель для цемента и/или для изготовления цементных объектов, таких как блоки и клинкеры. Материал, помещенный в вытяжную шахту, подается на маятниковую мельницу 21. Дробление осуществляется путем перемещения маятников 5.3 с закрепленной дорожкой 5.2; таким образом, дробление осуществляется путем сдвигового деформирования. Дробленный материал улавливается динамическим пневматическим классификатором 5.4, расположенным в верхней части маятниковой мельницы 21. Дробленный материал, не достигший степени отделения, опять возвращается в зону дробления для повторного дробления. Дробленный материал, уже достигший степени отделения, выбрасывается из маятниковой мельницы и отбирается вытяжной системой.

Вытяжная система состоит из трех последовательно расположенных циклонов 11, 12 и 13, показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 улавливает весь материал из вертикальной мельницы и классифицирует его до размера частиц около 30 мкм. Фракция размером более 30 мкм, называемая нижней, собирается в основании 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для всех рукавных фильтров 14. Рукавные фильтры 14 предназначены для удерживания всех частиц, которые не были классифицированы или удержаны циклонными сборками. Размеры гранулометрических погоннов не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности магнитного разделения тонких фракций.

Шестой вариант осуществления сухого технологического маршрута в соответствии с настоящим изобретением, показанный на фиг. 15, представлен первичным дроблением, осуществляемым при помощи щековой дробилки 5, вторичным дроблением при помощи щековой дробилки вторичного дробления 6 и третичным дроблением при помощи конусной дробилки 7' и дроблением при помощи маятниковой мельницы 21.

Плотная руда 1 из-за своего высокого сопротивления, поскольку это порода, разрушается при помощи огня (взрывание). Затем ее извлекают/удаляют из рабочей зоны, например, при помощи экскаватора 2 и помещают в заднюю часть автоподъемника 3. Автоподъемник 3 подает материал в буферный бун-

кер или хоппер 4, а затем в первичную щековую дробилку 5, а полученный материал затем поступает во вторичную дробилку для вторичного дробления 6, и переработанный там материал перемещается далее на этап измельчения в конусной дробилке 7', что позволяет снизить размер частиц материала до менее чем 1/4 дюйма (6,4 мм). Материал, помещенный в вытяжную шахту, подается на маятниковую мельницу 21. Дробление осуществляется путем перемещения маятников 5.3 с закрепленной дорожкой 5.2; таким образом, дробление осуществляется путем сдвигового деформирования. Благодаря закругленной форме маятников 5.3 можно получать различные уровни дробления. Дробленый материал улавливается динамическим пневматическим классификатором 5.4, расположенным в верхней части маятниковой мельницы 21. Дробленый материал, не достигший степени отделения, опять возвращается в зону дробления для повторного дробления. Дробленый материал, уже достигший степени отделения, выбрасывается из маятниковой мельницы и отбирается вытяжной системой.

Вытяжная система состоит из трех последовательно расположенных циклонов 11, 12 и 13, показанных на фиг. 7, где первый циклон 11 улавливает весь материал из вертикальной мельницы и классифицирует его до размера частиц около 30 мкм. Фракция размером более 30 мкм, называемая нижней, собирается в основании 11" циклона. Верхняя фракция 11' первого циклона 11 подается во второй циклон 12 с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне 12 подается в третий циклон 13 с размером, пригодным для улавливания всех фракций более 10 мкм с отсеиванием фракции менее 10 мкм для всех рукавных фильтров 14. Рукавные фильтры 14 предназначены для удерживания всех частиц, которые не были классифицированы или удержаны циклонными сборками. Размеры гранулометрических погон не являются конкретными и могут колебаться в соответствии с заданным проектом. Важно подчеркнуть, что эта классификация на три различных диаметра частиц важна для оптимальной производительности разделения.

Установка для магнитного разделения, показанная на фиг. 8, включает средства магнитного разделения с двумя-четырьмя магнитными валами, расположенными каскадом и изготовленными из слабых магнитов (железо-бор) и сильных магнитов (редкоземельные элементы); магнитные валы расположены под переменным углом наклона между 5 и 55°.

На фиг. 9 показана схема магнитного разделения с тремя валами, расположенными каскадом. В первой установке магнитного разделения 15 материал из первого циклона 11 подается на первый магнитный вал 71, который может формировать слабое или сильное магнитное поле; в результате формируется первая немагнитная фракция, которую можно сразу извлечь; первая магнитная фракция, состоящая из конечного продукта с содержанием более 64% Fe(T), и первая смешанная фракция, подаваемая на магнитный вал с высокой напряженностью магнитного поля. В той же последовательности второй магнитный вал 72 позволяет получить вторую немагнитную фракцию, которая также извлекается, вторую магнитную фракцию с содержанием более 64% Fe(T) и, кроме того, вторую смешанную фракцию, которая подается на третий магнитный вал. В свою очередь, третий магнитный вал 73 позволяет получить третью немагнитную фракцию, которая также извлекается, третью магнитную фракцию с содержанием более 64% Fe(T) и третью смешанную фракцию, которая извлекается вместе с третьей немагнитной фракцией.

Таким образом, продукт из второго циклона 12 последовательно поступает в охлаждающую колонну, а затем во второе устройство магнитного разделения 16 в той же последовательности, что и в первом устройстве магнитного разделения; затем продукт поступает на первый магнитный вал, который может образовывать слабое или сильное магнитное поле, в результате чего образуется первая немагнитная фракция, которая может быть сразу же извлечена, первая магнитная фракция, состоящая из конечного продукта с содержанием более 64% Fe(T), и первая смешанная фракция, которая поступает на второй магнитный вал в сильном магнитном поле. В той же последовательности второй магнитный вал позволяет получить вторую немагнитную фракцию, которая также извлекается, вторую магнитную фракцию с содержанием более 64% Fe(T) и, кроме того, вторую смешанную фракцию, которая подается на третий магнитный вал. В свою очередь, третий магнитный вал позволяет получить третью немагнитную фракцию, которая также извлекается, третью магнитную фракцию с содержанием более 64% Fe(T) и третью смешанную фракцию, которая извлекается вместе с третьей немагнитной фракцией. То же происходит в третьем устройстве магнитного разделения 17.

На фиг. 9 также показана схема магнитного разделения с тремя валами, расположенными каскадом, где первый магнитный вал 71 может образовывать слабое или сильное магнитное поле. В зависимости от характеристик разделяемого материала применение магнитного вала со слабым магнитным полем может быть предпочтительно благодаря тому факту, что постоянные магниты изготовлены из железа-бора с переменной напряженностью магнитного поля между 500 и 3000 Гс и, таким образом, предназначены для разделения минералов с высокой магнитной восприимчивостью (например, магнетита $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). В свою очередь, в случае магнитных валов с сильным магнитным полем постоянные магниты изготовлены из железа-бора-неодима с напряженностью магнитного поля в диапазоне между 7500 и 13000 Гс и предназначены для разделения минералов с низкой магнитной восприимчивостью (таких, как гематит и гидроксиды железа-лимонита).

На фиг. 9, показывающей боковое сечение устройства для магнитного разделения, подробно показаны все расположенные каскадом элементы устройства для магнитного разделения, которые в описываемом случае представляют собой три вала, расположенных один поверх другого. Как уже было отмечено, каждый из циклонов с правильно классифицированными размерами частиц подает материал в соответствующий набор магнитных сепараторов. В соответствии с фиг. 9 набор состоит из приемного бункера 74, где мощность данного набора может контролироваться интенсивностью вибрации при помощи пневматического вибратора 75. Однако предпочтительно бункер 74 спроектирован с углами наклона, обеспечивающими лучшую сыпучесть материала в наборе магнитных сепараторов.

Затем материал выгружается на покрытый ПУ полиэфирный конвейер 76; конвейер натянут при помощи первого ферритного магнитного вальца 71 (железо-бор) со слабой напряженностью магнитного поля и опорного ролика 77.

Магнитное разделение контролируется при помощи изменения скорости магнитного вала и положения щелей. Для удерживания пыли от рассыпания и направления материала на магнитный вал 71 рядом с конвейером 76 расположена акриловая пластина 78. Щель 79 отделяет немагнитную фракцию от смешанной фракции, а щель 80 отделяет смешанную фракцию от магнитной фракции. Первая немагнитная фракция собирается в желоб 81, первая смешанная фракция собирается в желоб 82, а первая магнитная фракция собирается в желоб 83. Желоб 82 для первой смешанной фракции подает материал в бункер 84 для второго магнитного вала 72 из сильного редкоземельного магнита (неодим-железо-бор). С применением второго магнитного вала 72 из сильного редкоземельного магнита (железо-бор-неодим) после магнитного разделения получается вторая немагнитная фракция, которая извлекается через желоб 85, вторая магнитная фракция сбрасывается в желоб 86, а вторая смешанная фракция направляется в желоб 87, который подает материал на третий магнитный вал 72 из сильного редкоземельного магнита (неодим-железо-бор) через бункер 88. При помощи третьего магнитного вала 72 из сильного редкоземельного магнита (неодим-железо-бор) после магнитного разделения получают третью немагнитную фракцию, которую сбрасывают через желоб 89, третью магнитную фракцию, которую сбрасывают в желоб 90, и третью смешанную фракцию, которая через желоб 91 выгружается вместе с другими немагнитными фракциями. Объект 77 в трех установках для магнитного разделения включает опорные ролики для открытого ПУ полиэфирного конвейера 76.

Магнитные валы, образующие магнитное поле со слабой или сильной напряженностью, наклонены; при этом угол наклона может колебаться от 5 до 55°, с идеальным рабочим диапазоном от 15 до 25°, где наклон определяется получаемым размером частиц оксида железа. Этот наклон в соответствии с уже выполненными тестами повышает интенсивность отделения магнитной фракции от немагнитной фракции.

Хотя настоящее изобретение описано в отношении конкретных характеристик, для экспертов в данной области техники очевидны многочисленные другие формы и модификации настоящего изобретения.

Очевидно, что изобретение не ограничено вариантами осуществления, показанными на чертежах и описанными выше, так что их можно модифицировать в рамках прилагаемой формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система сухого извлечения тонких фракций оксида железа из железосодержащих плотных и полуплотных пород, которая включает средство первичного (5), вторичного (6) и третичного (7, 7') дробления для предварительного измельчения гранулометрического состава руд, содержащих тонкие фракции оксида железа, в плотных и полуплотных породах, отличающаяся тем, что содержит средства подачи материала, имеющего размер частиц материала 1/4 дюйма (6,4 мм), в сепаратор с сильной напряженностью магнитного поля, содержащий магнитный вал (50) диаметром 235 мм, при этом формируется магнитный продукт, пригодный для хранения в промежуточном отвале (8) и последующей подачи в шаровую мельницу (10'),

при этом верхняя часть мельницы соединена с вытяжным колпаком, в котором пневматический классификатор (4.6) создает разрежение внутри шаровой мельницы, обеспечивает падение больших частиц под действием силы тяжести в нижнюю часть (4.4) колпака и сбор упавших частиц посредством червячной передачи (4.8);

причем червячная передача (4.8) подает собранные частицы в сепаратор с сильной напряженностью магнитного поля, содержащий магнитный вал (60) диаметром 235 мм, для получения магнитного продукта и немагнитной фракции;

при этом в верхней части выпускного колпака тонкие фракции вытягиваются на ротор динамического пневматического классификатора (4.6), который, в свою очередь, классифицирует материалы, раздробленные до заданной степени отделения, причем материал размером более заданной степени отделения направляется наружу из динамического пневматического классификатора (4.6), собирается при помощи червячной передачи (4.7) и перенаправляется на точку подачи (4.1) на вход шаровой мельницы, а материал, дробленный до размера менее заданной степени отделения, выбрасывается из пневматического классификатора (4.6) и собирается вытяжной системой;

причем вытяжная система содержит три последовательно расположенных циклона (11, 12, 13), причем первый циклон (11) улавливает весь материал из шаровой мельницы (10') и классифицирует его до размера частиц около 30 мкм, при этом фракция размером более 30 мкм, называемая нижней фракцией, собирается в основании (11'') первого циклона (11), верхняя фракция (11') первого циклона (11) подается во второй циклон (12) с правильным размером для улавливания любой фракции размером более 20 мкм, а фракция размером менее 20 мкм во втором циклоне (12) подается в третий циклон (13) с размером, пригодным для улавливания всех фракций, более 10 мкм и с отсеиванием фракции менее 10 мкм для набора пылеуловителей (14);

при этом пылеуловители (14) выполнены для удерживания всех частиц, не классифицированных и не удерживаемых в циклонах;

продукты в виде нижних фракций (11'', 12'', 13'') от циклонов (11, 12, 13) подаются на установки (15, 16, 17) магнитного разделения, содержащие магнитные валы, расположенные каскадом с переменным углом наклона в диапазоне от 5 до 55°;

причем в первой установке (15) магнитного разделения продукт из первого циклона (11) подается на первый магнитный вал (71), который может формировать слабое или сильное магнитное поле, для образования первой немагнитной фракции, которую можно сразу извлечь, и первой магнитной фракции (81), состоящей из конечного продукта с содержанием общего железа Fe(T) более 64%, и первой смешанной фракции, предназначенной для подачи на второй магнитный вал (72) с высокой напряженностью магнитного поля, причем второй магнитный вал (72) позволяет получить вторую немагнитную фракцию (85), которая извлекается, вторую магнитную фракцию (86) с содержанием общего железа Fe(T) более 64% и, кроме того, вторую смешанную фракцию (87), которая подается на третий магнитный вал (73), причем третий магнитный вал (73) позволяет получить третью немагнитную фракцию (89), которая извлекается, третью магнитную фракцию (91) с содержанием общего железа Fe(T) более 64% и третью смешанную фракцию (90);

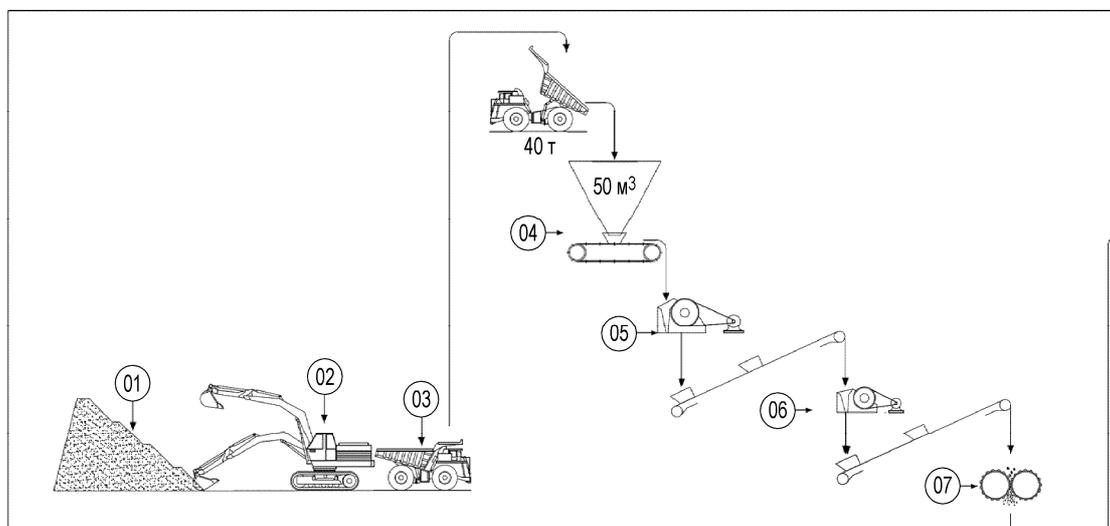
причем соответственно в той же последовательности, что и в первом устройстве (15) магнитного разделения, продукт из второго циклона (12) поступает во второе устройство (16) магнитного разделения, а продукт из третьего циклона (13) поступает в третье устройство (17) магнитного разделения, причем во втором (16) и третьем (17) устройствах магнитного разделения осуществляется разделение в той же последовательности, что и в первом устройстве (15) магнитного разделения.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что средства первичного дробления представляют собой щековую дробилку (5); средства вторичного дробления представляют собой щековую дробилку (6) вторичного дробления; а средства третичного дробления выбирают из валков (7) для валковых дробилок высокого давления (HPGR) и конусной дробилки (7').

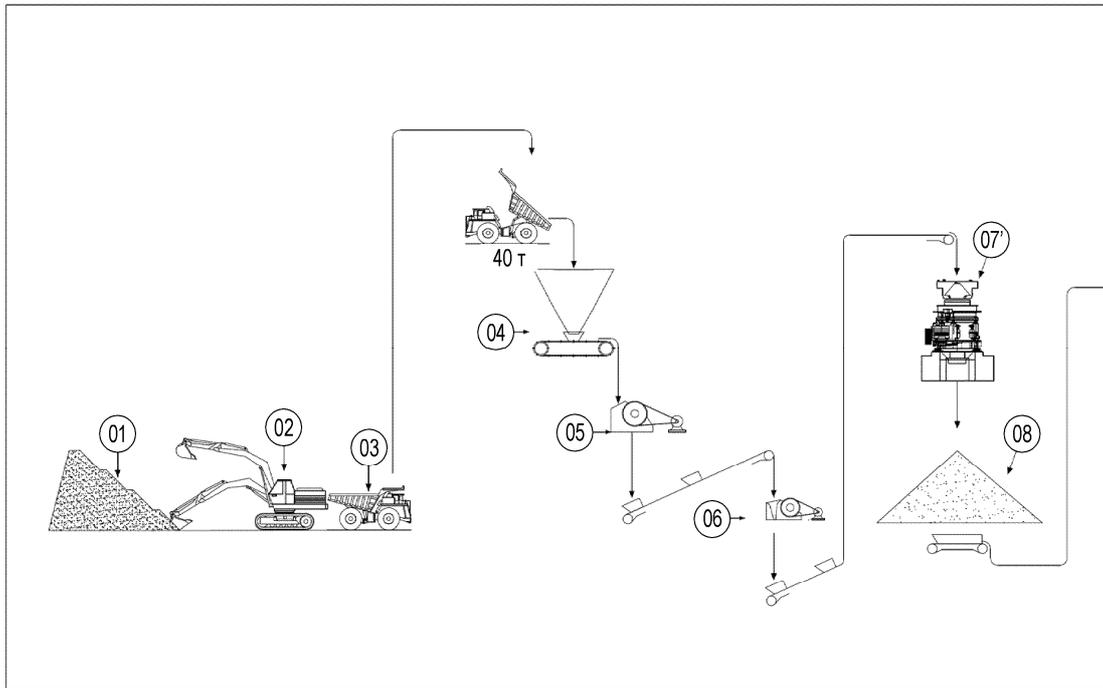
3. Система по пп.1, 2, отличающаяся тем, что средства тонкого дробления выбирают из вертикальной мельницы (10), шаровой мельницы (10') и мятниковой мельницы (21).

4. Система по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что динамические пневматические классификаторы (3.5, 4.6, 5.4) расположены в верхней части средств (10, 10', 21) дробления и оснащены средствами создания внутреннего разрежения в указанных средствах дробления для удаления тонкоразмолотых частиц.

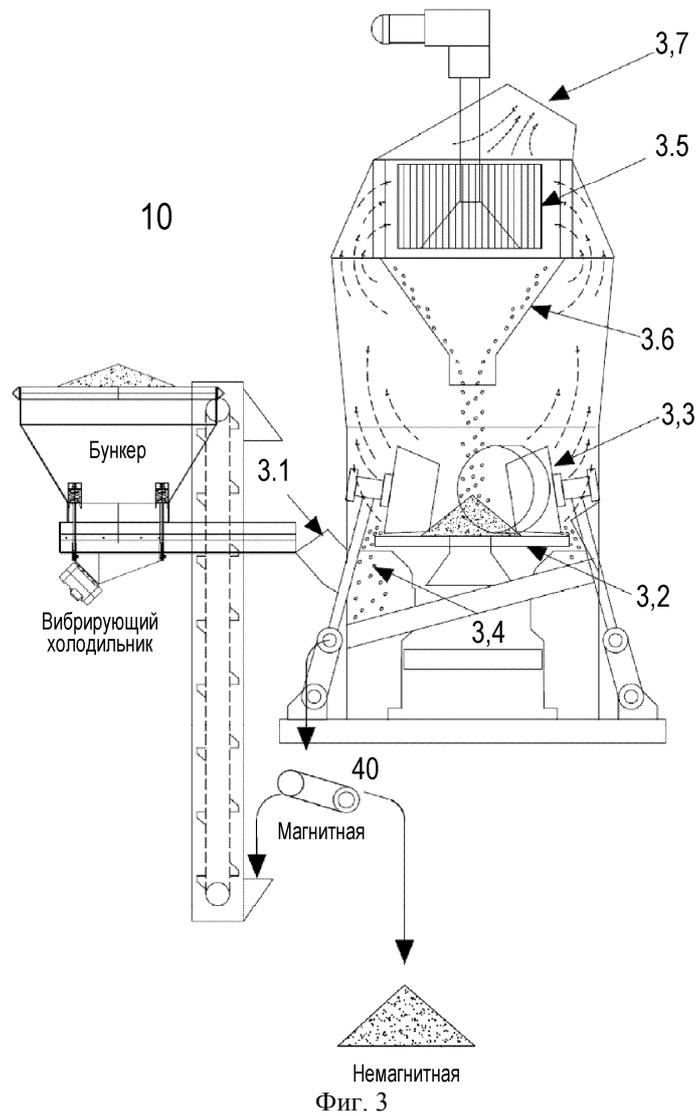
5. Система по пп.1-4, отличающаяся тем, что средства статической пневматической классификации включают статические циклоны (11, 12, 13).



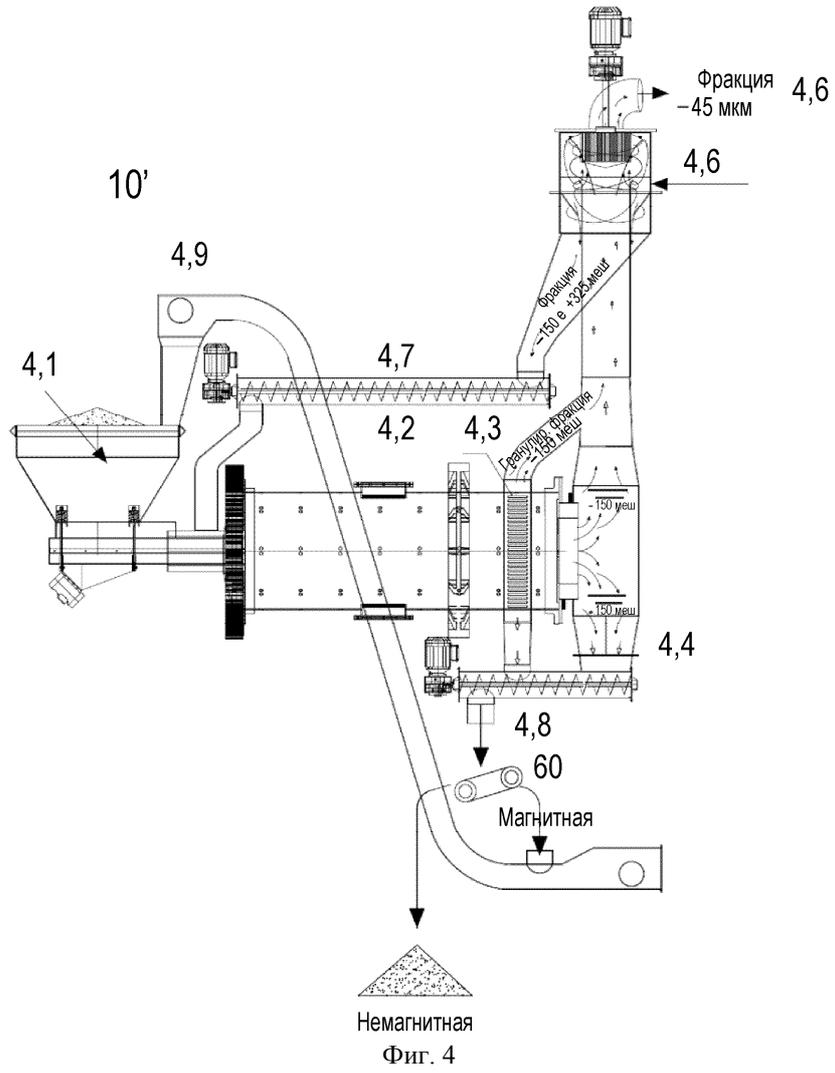
Фиг. 1

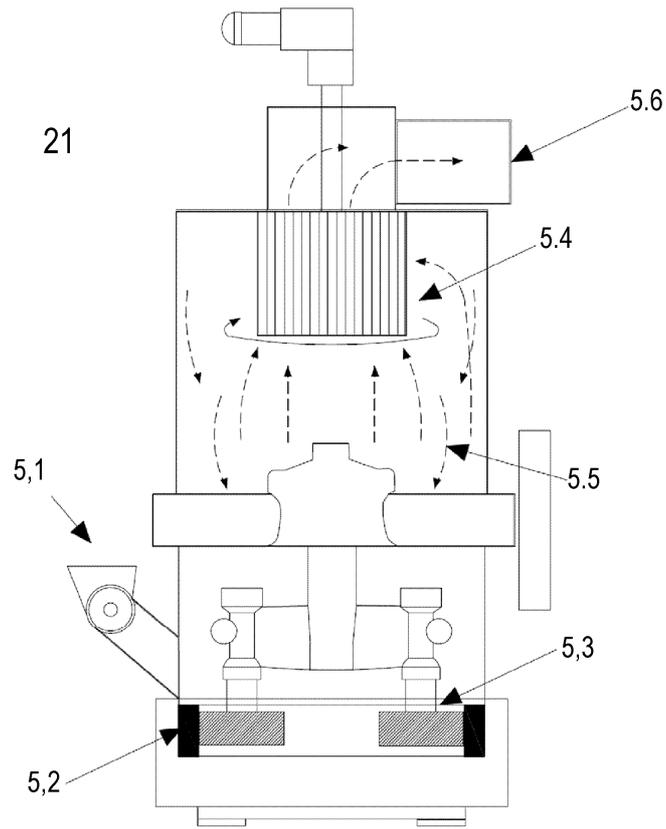


Фиг. 2

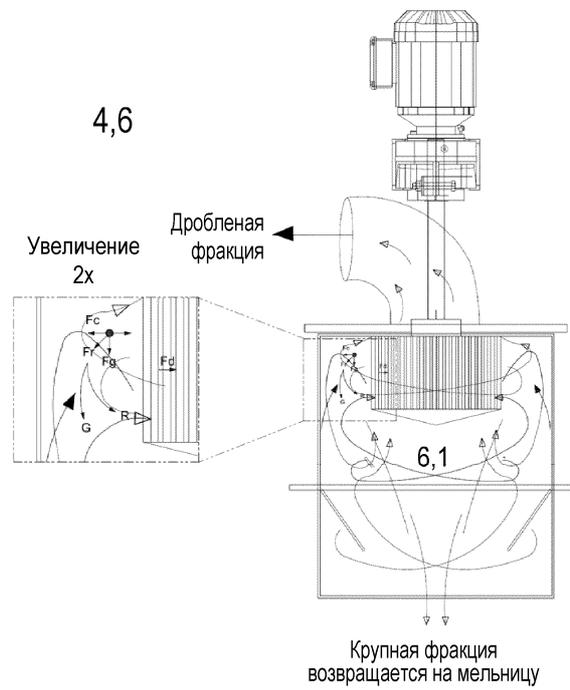


Фиг. 3

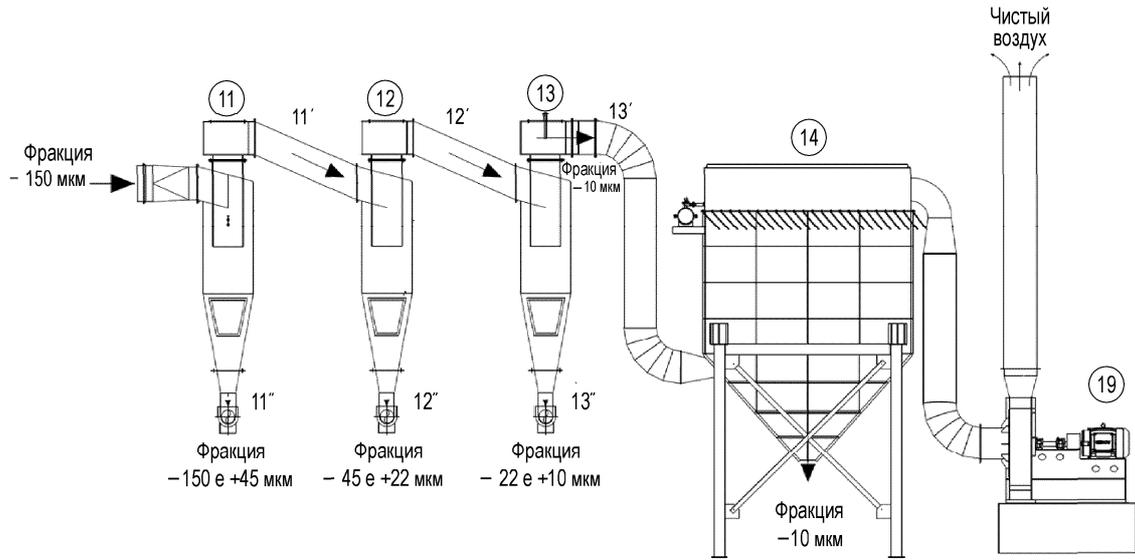




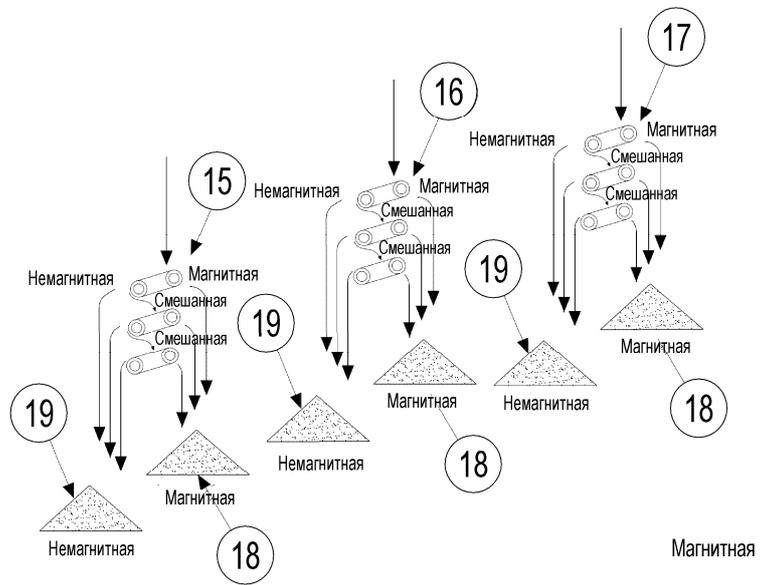
Фиг. 5



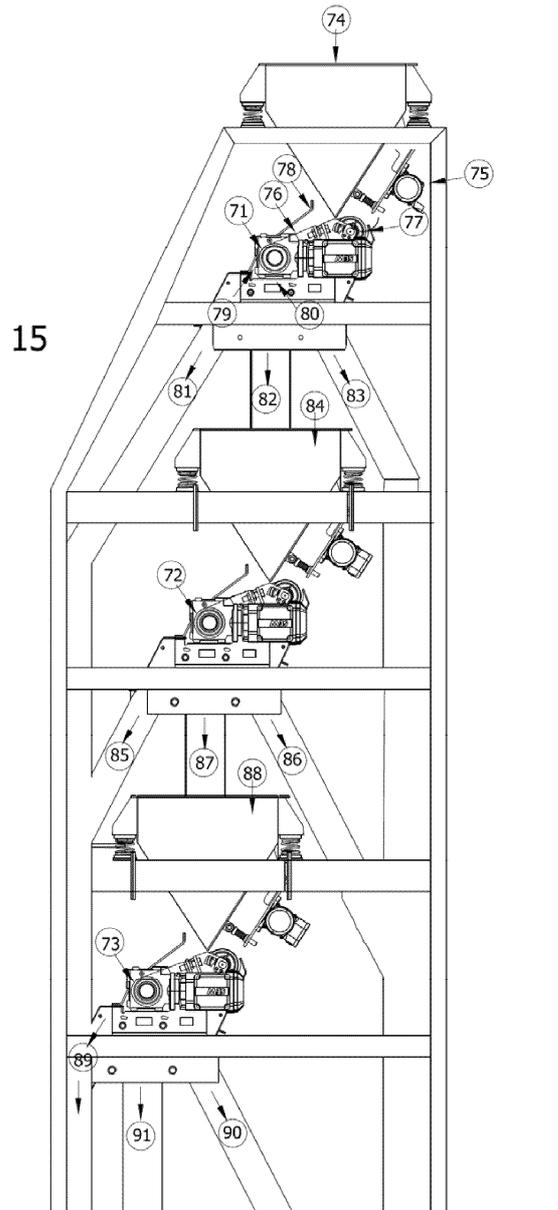
Фиг. 6



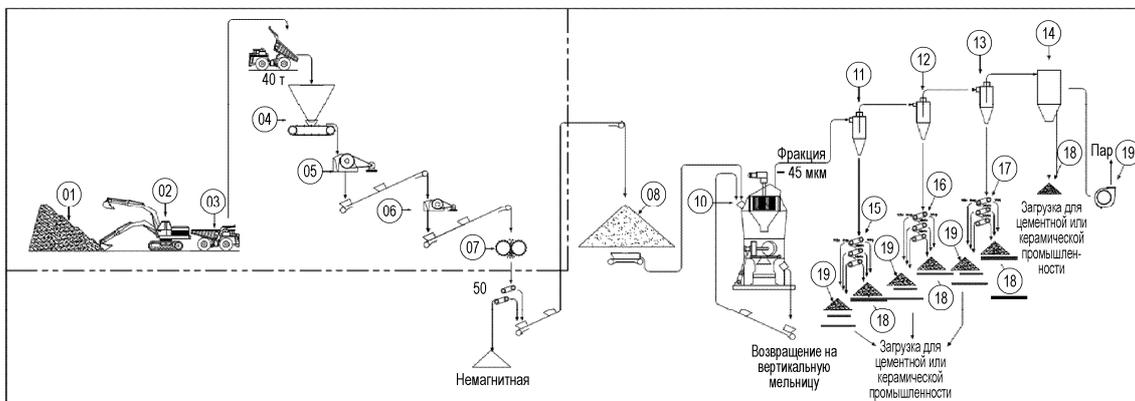
Фиг. 7



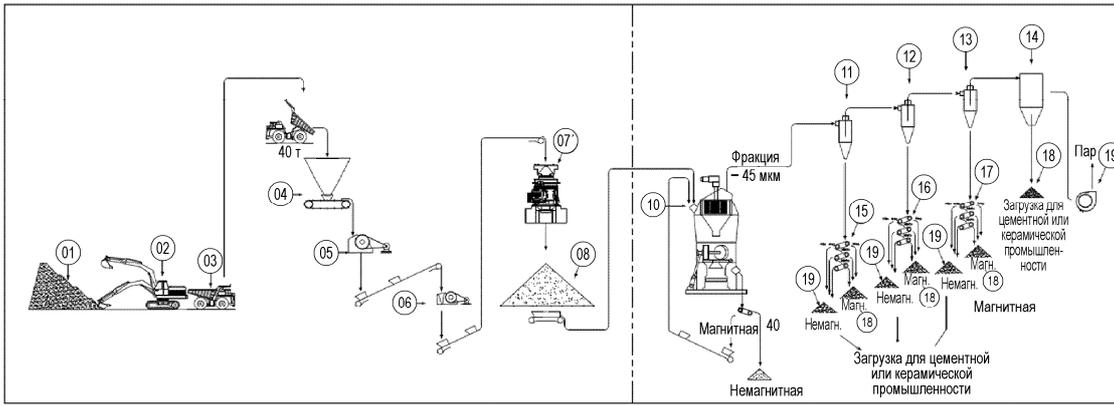
Фиг. 8



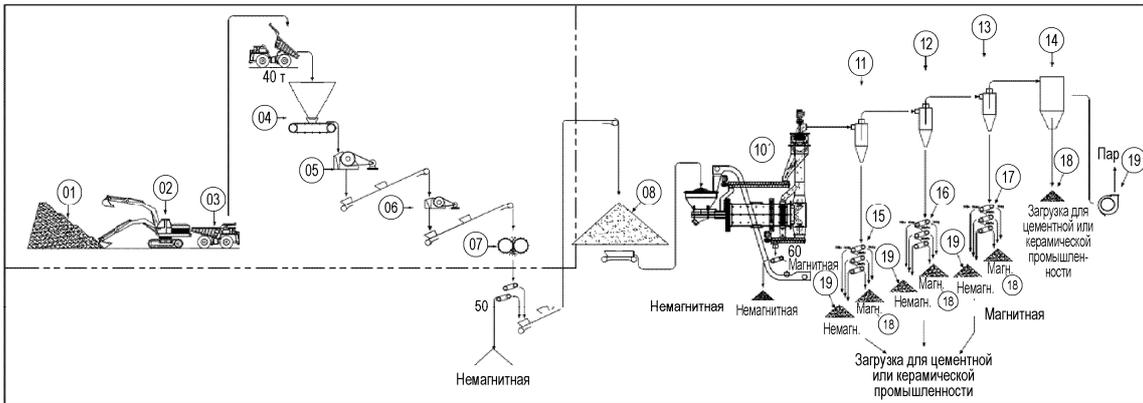
Фиг. 9



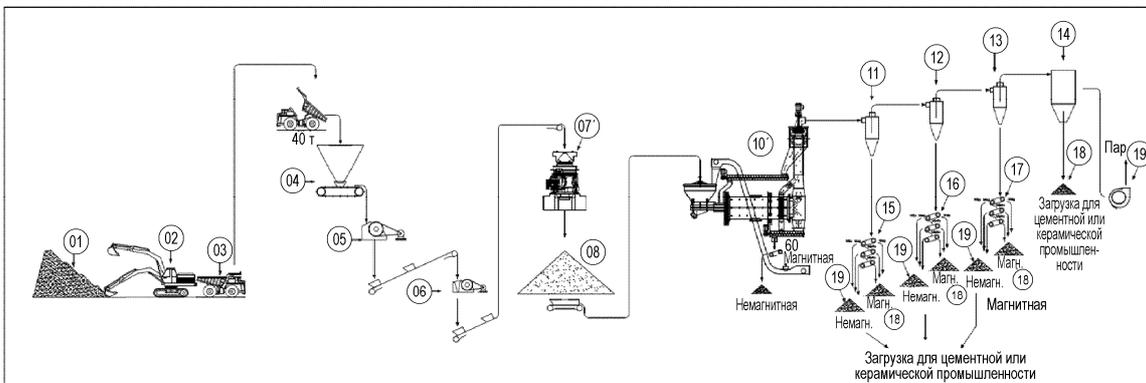
Фиг. 10



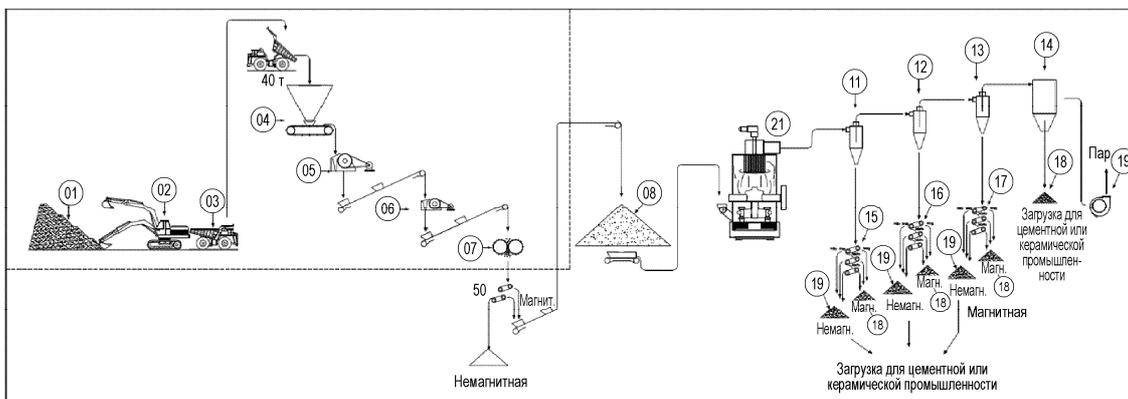
Фиг. 11



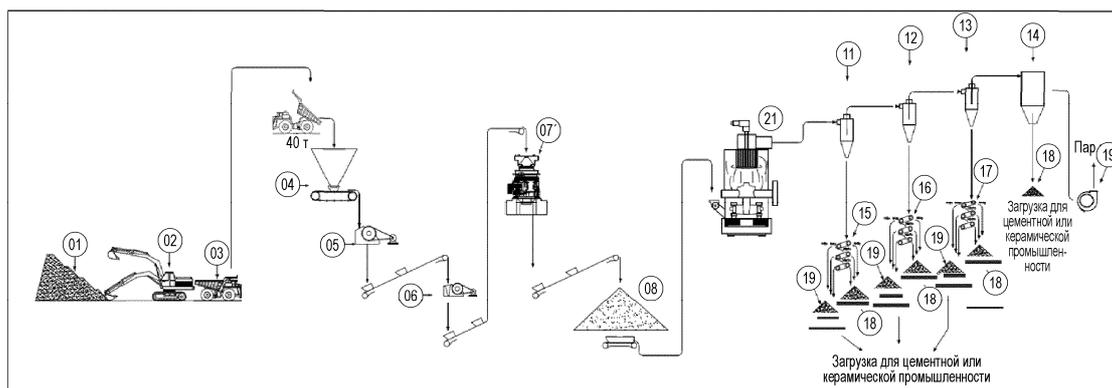
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15