

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042651**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.09

(51) Int. Cl. **C22B 1/00** (2006.01)
C22B 1/14 (2006.01)

(21) Номер заявки
202091330

(22) Дата подачи заявки
2019.07.31

(54) СПОСОБ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ ИЛИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

(31) **BR1020190157097**

(32) **2019.07.30**

(33) **BR**

(43) **2021.04.15**

(86) **PCT/BR2019/050307**

(87) **WO 2021/016681 2021.02.04**

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

(72) Изобретатель:
**Маркеш Мишель Ласерда Салес,
Донда Хоаким Доницетти (BR)**

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

(56) **US-A1-2014117125**

**REICHERT, M.; GEROLD, C.;
FREDRIKSSON, A.; ADOLFSSON, G.;
LIEBERWIRTH, H. RESEARCH OF IRON ORE
GRINDING IN A VERTICAL-ROLLER-MILL.
Minerals Engineering 73 (2015) 109-115. Disponivel
em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mening.2014.07.021>,
Last access on 15/10/2019 (The whole document)**

**SOUZA, N. A. F. ANÁLISE CRÍTICA DE
ROTAS DE PROCESSAMENTO DE MINÉRIOS DE
FERRO ITABIRÍTICOS**

Available on: [http://www.monografias.poli.uf
rj.br/monografias/monopoli10003574.pdf](http://www.monografias.poli.uf
rj.br/monografias/monopoli10003574.pdf) Projeto de
Graduação - UFRJ/Escola Politécnica/Curso de
Engenharia Metalúrgica, 2010. Last access on
15/10/2019 (The whole document)

(57) Изобретение относится к способу тонкого измельчения железной руды или железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата и т.д.) при естественной влажности без необходимости добавления воды или включения стадии сушки в процесс, который является технически и экономически эффективным в практическом плане. Способ тонкого измельчения по данному изобретению применяет по меньшей мере одно оборудование, выбранное из группы, состоящей из валкового пресса (HPGR), вертикальной валковой мельницы (VRM), валковой дробилки (RC) и сита с высоким ускорением по меньшей мере 10 g.

B1

042651

042651

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способам тонкого измельчения железной руды или железорудных продуктов при естественной влажности. В частности, это изобретение относится к способам тонкого измельчения железной руды, содержащей количество воды, естественным образом присутствующей в ней при извлечении из рудной залежи, или железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), приводя к улучшенным результатам в отношении как способа, так и в отношении окружающей среды.

Уровень техники

Способ тонкого измельчения относится к измельчению обрабатываемого материала, чтобы уменьшить распределение частиц по размерам.

Устройство для тонкого измельчения может быть описано посредством комбинирования функционирования одного или нескольких узлов. Такие устройства являются обычно крупномасштабным оборудованием, способным к обработке тысяч тонн руды в день.

Тонкое измельчение железной руды в настоящее время выполняют в основном двумя способами: влажной обработкой и сухой обработкой.

Данное изобретение представляет новый и патентоспособный способ тонкого измельчения железной руды или железорудных продуктов: обработка при естественной влажности. Тонкое измельчение при естественной влажности по данному изобретению является подходящим для обработки сырой железной руды или рудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата и т.д.) с влажностью вплоть до 12% от их массы.

Естественная влажность при обработке минерального сырья обычно возникает при горнодобывающих работах, которые включают подвергание руды из шахты просеиванию и дроблению. С этого момента, процесс будет выполняться влажным, с добавленной водой, или сухим, посредством стадии сушки, для руды, направленной к последующим стадиям обработки.

Тонкое измельчение до малых размеров (где продукт имеет размер частиц менее чем 1 мм) требует применения классификационного оборудования, отделять тонкие фракции (желательный продукт) от грубых фракций, где грубые фракции должны быть повторно измельчены в замкнутом цикле.

Концентрация железной руды, после стадий дробления, измельчения и классификации при обработке руды, указана в документе BR 102015003408-3. Устройство, заявленной в этом патенте, несмотря на то, что сделано сухим, направлено на концентрирование железной руды посредством комбинирования магнитных роликовых сепараторов, воздушных классификаторов, циклонов и рукавных фильтров. Также, устройство в BR 102015003408-3 функционирует с материалами, содержащими от 2 до 3% остаточной влажности.

Основная трудность в выполнении стадий дробления, измельчения и классификации при естественной влажности заключается в производстве продукта с размером частиц менее чем 16 мм, поскольку обычные сита не в состоянии выполнить эту процедуру эффективно, и поэтому не гарантируется выполнение технических условий в отношении распределения по размерам для продукта. В дополнение, эксплуатационные результаты, такие как закупорка ситовых сеток вследствие влажности являются обычным явлением.

По этой причине, настоящие способы тонкого измельчения выполняют либо полностью влажным образом или полностью сухим образом.

Сухая и влажная обработка.

Железная руда естественным образом имеет, в среднем, от 5 до 12% от ее массы воды в ее составе. Эта естественная влажность делает руду вязкой или высокосвязанной, что делает ее обогащение затруднительным.

Сухая обработка включает удаление воды из руды посредством стадии сушки, которая может быть выполнена, например, посредством сушильных аппаратов, поддерживающих величину содержания остаточной воды в руде менее чем 1% по массе.

Фиг. 1 представляет процесс обогащения влажной железной руды (ROM - сырой рудной залежи), обычно применяемый при данном уровне техники. При влажной обработке, после стадии дробления и просеивания, большие количества воды добавляют к руде.

Следующую стадию по отношению к дроблению и просеиванию называют измельчением. Эта операция предназначена, чтобы увеличивать измельчение и регулировать размер частиц руды до желательной величины. Обычно, данную операцию выполняют совместно со стадией классификации, разделения частиц по размеру, при применении гидроциклонов или сит.

Стадию влажного измельчения обычно, однако без ограничения, выполняют в шаровых мельницах или вертикальных мельницах при высоком потреблении электроэнергии и воды.

Технологический маршрут влажной обработки железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), при данном уровне техники, можно видеть на фиг. 2. Следует заметить, что требуются две стадии измельчения и промежуточная стадия фильтрации.

При сухой обработке железной руды (ROM (сырой рудной залежи)), перед измельчением, имеет место стадия сушки, которая потребляет большое количество топлива, применяемого, чтобы нагревать

воздух для сушки. Кроме того, стадия сушки требует больших средств для удаления суспендированных ультратонких частиц (пыли), образованных при обработке и перемещении руды.

Сухое измельчение обычно объединяют со статическим и/или динамическим классификаторами. Обычно применяемое оборудование для измельчения является шаровыми мельницами, которые, как уже указано, потребляют большое количество электроэнергии. Фиг. 3 показывает процесс обогащения железной руды, обычно применяемый при данном уровне техники.

Технологический маршрут сухой обработки железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата и т.д.), при данном уровне техники, можно видеть на фиг. 4.

Проблемы, создаваемые в уровне техники в области процессов тонкого измельчения железной руды.

Обычные процессы тонкого измельчения руды и железорудных продуктов применяют большие количества воды при их обработке и/или большие количества энергии и топлива для стадии сушки.

Влияние на окружающую среду и экологическая ответственность, создаваемые посредством обычных заводов для обработки железной руды, являются значительными вследствие количества потребляемой воды, потери ультратонких частиц железной руды, образования остаточных продуктов сгорания и выбросов твердых частиц (когда требуется сушка), и высокого потребления энергии, помимо прочего.

Вертикальная валковая мельница, валковый пресс, валковая дробилка и высокоскоростные сортировочные устройства

В некотором оборудовании для измельчения, обычно применяемом в цементной и угольной промышленности, таком как вертикальная валковая мельница (VRM), валковый пресс (измельчающие валки высокого давления, HPGR) и валковая дробилка (RC), материалы подают при их естественной влажности. Вертикальную валковую мельницу (VRM) обычно применяют для измельчения материалов, таких как уголь, лигнит, известняк, глины, клинкер.

Вертикальная валковая мельница (VRM) состоит из поворотного круга и валков, которые расположены на нем и которые перемещаются вследствие вращения стола. Материал вводят в центр и перемещают к краям и в данной части измельчают посредством валков. Они соединены посредством с гидравлической системой, которое изменяет давление валков в соответствии с необходимостью для более тонкого размера частиц материала. После тонкого измельчения, частицы удаляют посредством восходящего потока воздуха, который может быть нагрет, высушивая руду в то же самое время, в которое ее направляют в динамический классификатор, где частицы с размером ниже желательного уровня выпускают из мельницы, и грубые частицы возвращают на стол для измельчения. Это оборудование, поэтому, является частью полностью сухой обработки, главное применение которой находится в цементной промышленности. Также возможно функционирование посредством переполнения, без необходимости применения воздуха для перемещения материала и без динамической классификации. Чтобы сделать таким образом, однако, это должно выполняться при естественной влажности или иметь стадию сушки перед этим.

Валковый пресс (HPGR) обычно применяют перед или после стадии измельчения руды в качестве вспомогательной стадии измельчения. Это оборудование состоит из пары валков, которые вращаются в противоположных направлениях, поддерживаемых на жесткой раме. Материал, подлежащий измельчению, подают в верхнюю часть оборудования между валками, и сжатие этого слоя частиц выполняют в отверстиях, которые больше, чем максимальный размер частиц в исходном материале. Таким образом уменьшение размера создают посредством межчастичного измельчения. Валковый пресс имеет более высокую эффективность использования энергии по сравнению с обычными измельчителями и мельницами (например, шаровой мельницей), поскольку структурное измельчение частиц материала выполняют при уменьшенной потере энергии в отношении нагревания и грохочения.

Валковую дробилку (RC) обычно применяют на стадии дробления руды вспомогательной стадии тонкого измельчения. Оборудование состоит из валков, которые вращаются в противоположных направлениях и принципом действия является дробление частиц между валками. В оборудование подают тонкий слой руды, и валки одновременно контактируют с частицами. Функционирование валков с отверстием меньше, чем наибольший размер частиц, регулируют посредством желательного максимального размера частиц продукта. Например, если требуется продукт с максимальным размером частиц 1 мм, устройство будет иметь свои отверстия, установленные при этой величине или несколько меньше.

Сита с высоким ускорением (более чем 10 g, где g является гравитационным ускорением) имеет систему вибрационного сита с высоким ускорением, способствующую эффекту высвобождения руды на сите, что предотвращает его закупорку, а также предоставляет большую возможность для руды быть отсортированной/разделенной. В этом изобретении, воду не распыляют на руду в применяемых ситах.

Важно заметить, что сита с высоким ускорением и вертикальные валковые мельницы (VRM) никогда не применяли в устройствах для измельчения/просеивания железной руды. Кроме того, валковые дробилки (RC) никогда не применяли для тонкого измельчения (менее чем 1 мм).

Задача и преимущества данного изобретения

Задачей настоящего изобретения является предоставление эффективного способа тонкого измельчения для железной руды или железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего) при естественной влажности, с влажностью вплоть до 12% от ее массы, без необходимости

добавления воды или включения стадии сушки в процесс, технически реализуемым и экономически целесообразным образом. Данное изобретение сосредоточено на тонком измельчении сырой железной руды или железорудных продуктов, при применении и размещении оборудования, улучшенного в отношении обогащения материалов с совершенно различными химическими и физическими свойствами, таких как уголь, лигнит, известняк, глина и клинкер.

Дополнительной целью является предоставление эффективного способа тонкого измельчения сырой железной руды или железорудной продукции (концентрата железной руды, агломерата и т.д.) при естественной влажности, с влажностью вплоть до 12% от ее массы, чтобы производить продукт с размером частиц менее чем 16 мм в случае тонкого измельчения сырой железной руды и менее чем 0,074 мм в случае материалов из железорудных продуктов (агломерата или концентрата железной руды, чтобы измельчать до размера, подходящего для гранулирования).

Технологические маршруты тонкого измельчения по данному изобретению обладают важными преимуществами, заключающимися в том, что они являются выгодными в отношении как промышленного процесса, так и в отношении окружающей среды:

воздержание от применения воды в процессе измельчения, уменьшающее воздействие на окружающую среду либо посредством не потребления этого природного ресурса, либо посредством уменьшения потока, подлежащего размещению в хвостохранилищах;

воздержание от применения энергии и топлив, необходимых для процесса сушки материала;

увеличенная эффективность обработки железной руды и железорудных продуктов, посредством уменьшения в: потреблении энергии, размере оборудования, затратах на введение в действие оборудования, эксплуатационных расходах;

большая простота функционирования;

уменьшенное сохранение и замена изношенных материалов, применяемых в обработке сырой железной руды и железорудных продуктов, по сравнению с полностью увлажненными и полностью сухими технологическими маршрутами;

уменьшение вспомогательных активностей, таких как замена средц для измельчения в шаровых мельницах (влажных и сухих);

уменьшение потери ультратонкой железной руды;

воздержание от системы или контура для удаления переносимых по воздуху ультратонких частиц (пыли), образованных посредством обработки руды и обращения с ней, поскольку естественная влажность руды присутствует в суспензии этих частиц.

Сущность изобретения

Для того чтобы достигнуть вышеуказанных целей, данное изобретение предоставляет технологические маршруты процесса для тонкого измельчения железной руды или железорудных продуктов при естественной Влажности, т.е. без необходимости добавления воды или стадии сушки к процессу.

Данное изобретение состоит из технологических маршрутов обработки, которые объединяют оборудование для измельчения и классификации для более эффективного способа тонкого измельчения, таким оборудованием является: валковый пресс (HPGR), вертикальная валковая мельница (VRM), валковая дробилка (RC) и сито с высоким ускорением по меньшей мере 10 g.

Таким образом, данное изобретение нацелено на способ тонкого измельчения железной руды, выполняемый при естественной влажности, либо из материала, поступающего непосредственно из рудной залежи (ROM (сырой рудной залежи)) или от уже обработанных железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), где обработку применяют при по меньшей мере одном из представленного ниже оборудования: вертикальная валковая мельница (VRM), валковый пресс (HPGR), валковая дробилка (RC) и сито с высоким ускорением по меньшей мере 10 g. Для применения железной руды, вертикальная валковая мельница (VRM) будет функционировать с расходом через водослив, и опция сушки руды во время измельчения не будет применяться.

Краткое описание чертежей

Подробное описание, приведенное ниже, относится к приложенным фигурам, среди которых:

фиг. 1 иллюстрирует процесс обогащения влажной железной руды (ROM (сырой рудной залежи)), в соответствии с состоянием в данной области техники;

фиг. 2 иллюстрирует влажный процесс обогащения железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), в соответствии с состоянием в данной области техники;

фиг. 3 иллюстрирует процесс обогащения сухой железной руды (ROM (сырой рудной залежи)), в соответствии с состоянием в данной области техники;

фиг. 4 иллюстрирует сухой процесс обогащения железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), в соответствии с состоянием в данной области техники;

фиг. 5 иллюстрирует процесс обогащения сырой железной руды или железорудных продуктов при естественной влажности, в соответствии с данным изобретением;

фиг. 6 показывает девять технологических маршрутов обработки по данному изобретению.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Представленное ниже подробное описание не предназначено каким-либо образом ограничивать объем, применимость или конфигурацию данного изобретения. А именно, представленное ниже описание предоставляет понимание, необходимое для осуществления примеров осуществления. При применении идей данного изобретения, специалистам в данной области техники будут понятны различные подходящие альтернативы, которые могут быть применены без отклонения от объема данного изобретения.

Как будет очевидно любому специалисту в данной области техники, данное изобретение направлено на тонкое измельчение в процессе обогащения железной руды, без адресации на любые другие стадии, такие, как, например, концентрирование. Однако данное изобретение не ограничено такими частными вариантами осуществления.

Фиг. 1 показывает процесс современного уровня обогащения влажной железной руды (ROM - сырой рудной залежи), содержащий стадии дробления 101, просеивания 102, измельчения 103 и концентрирования 104. Стадия дробления 101 может быть выполнена на различных стадиях (например, от первичного дробления до четвертичного дробления), ее выполняют в замкнутом цикле посредством стадии просеивания 102, которая может быть выполнена, например, на виброситах. Стадия измельчения 103 требует добавления значительного объема воды. Стадия концентрирования руды 104 может быть выполнена посредством гравитационного, магнитного, флотационного способов и т.д.

Фиг. 2 показывает процесс современного уровня для обогащения влажных железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата и т.д.), где процесс тонкого измельчения содержит первую стадию измельчения 201, стадию фильтрации 202 вследствие высокой влажности материала, и вторую стадию измельчения 203. После тонкого измельчения, материал подвергают стадии гранулирования 204, чтобы получить желательный конечный продукт, который в этом случае является гранулами железной руды.

Фиг. 3 показывает процесс современного уровня обогащения сухой железной руды (ROM - сырой рудной залежи), содержащий стадии дробления 301, просеивания 302, сушки 303, измельчения 304 и концентрирования 305. Стадия дробления 301 может быть выполнена на различных стадиях (например, от первичного дробления до четвертичного дробления), ее выполняют в замкнутом цикле посредством стадии просеивания 302, которая может быть выполнена, например, на виброситах. Сушка 303 может выполняться сама по себе в оборудовании для измельчения посредством горячего воздуха, протекающего от горелок, и воздуходувки. Концентрирование 305 может быть выполнено посредством гравитационного, магнитного, электростатического способов и т.д.

Фиг. 4 показывает процесс современного уровня для обогащения сухого продукта железной руды (концентрата железной руды, агломерата, помимо прочего), где процесс тонкого измельчения содержат стадию сушки 401, первую стадию измельчения 402 и вторую стадию измельчения 403. После тонкого измельчения, материал подвергают стадии гранулирования 404, чтобы получить желательный конечный продукт, который в этом случае является гранулами железной руды.

Представленное ниже описание будет направлено на (9) девять возможных технологических маршрутов тонкого измельчения данного изобретения. Технологические маршруты применимы для двух возможных источников железной руды: 1) первый источник материала, поступающего непосредственно из рудной залежи (ROM (сырой рудной залежи)), и 2) второй источник железорудных продуктов, уже обработанных при обогатительной обработке, (концентрата железной руды, агломерата и т.д.) перед введением в обработку по данному изобретению.

Это изобретение, проиллюстрированное упрощенным образом посредством фиг. 5, является способом обогащения, где процесс тонкого измельчения 501 полностью выполняют при естественной влажности, либо от материала, поступающего непосредственно из рудной залежи (ROM (сырой рудной залежи)) при вплоть до 12% влажности по массе, либо от уже обработанных железорудных продуктов (концентрата железной руды, агломерата и т.д.), также при вплоть до 12% влажности. После тонкого измельчения 501, конечный продукт может быть измельченной железной рудой самой по себе, или стадии концентрирования 502, гранулирования 503 или агломерации 504 могут быть выполнены в соответствии с желательным конечным продуктом.

9 технологических маршрутов обработки по данному изобретению проиллюстрированы в деталях подробно на фиг. 6 и состоят из:

маршрут 1: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, происходит первоначально в валковом прессе (HPGR) в течение вплоть до трех стадий и затем выполняется в качестве вторичной обработки в вертикальной валковой мельнице (VRM) в течение вплоть до трех последовательных стадий;

маршрут 2: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, происходит первоначально в вертикальной валковой мельнице (VRM) в течение вплоть до трех стадий, и затем выполняется в качестве вторичной обработки в валковом прессе (HPGR) в течение вплоть до трех последовательных стадий;

маршрут 3: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, происходит в валковом прессе (HPGR) и связан в замкнутом цикле с ситом с высоким ускорением (при по меньшей мере 10 g),

где грубый продукт (удержанный материал) будет направлен назад к валковому прессу (HPGR), и тонкий продукт (проходящий материал) является конечным продуктом тонкого измельчения;

маршрут 4: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, происходит в вертикальной валковой мельнице (VRM) и связан в замкнутом цикле с ситом с высоким ускорением (при по меньшей мере 10 g), где грубый продукт (удержанный материал) будет перенаправлен к вертикальной валковой мельнице (VRM), и тонкий продукт (проходящий материал) является конечным продуктом тонкого измельчения;

маршрут 5: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, начинается в валковом прессе (HPGR), материал продолжает обрабатываться в вертикальной валковой мельнице (VRM), и затем его классифицируют в сите с высоким ускорением (по меньшей мере 10 g), где грубый продукт (удержанный материал) возвращается к валковому прессу (HPGR), завершая цикл, и тонкий продукт (проходящий материал) является конечным продуктом тонкого измельчения;

маршрут 6: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, начинается в вертикальной валковой мельнице (VRM), материал продолжает обрабатываться в валковом прессе (HPGR), и затем его классифицируют в сите с высоким ускорением (по меньшей мере 10 g), где грубый продукт (удержанный материал) возвращается к вертикальной валковой мельнице (VRM), завершая цикл, и тонкий продукт (проходящий материал) является конечным продуктом тонкого измельчения;

технологический маршрут 7: в процессе тонкого измельчения 501, при естественной влажности, материал классифицируют посредством сита с высоким ускорением (по меньшей мере 10 g), и его тонкий продукт (проходящий материал) обрабатывают посредством валкового пресса (HPGR) или вертикальной мельницы (VRM) в течение вплоть до трех стадий. Продукт на выходе состоит из тонкого продукта, который является конечным продуктом тонкого измельчения; и грубый материал (удержанный материал) также рассматривают как продукт, поскольку он является торговым таким образом (агломератом);

технологический маршрут 8: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, происходит в валковой дробилке (RC) и может быть выполнен в несколько стадий в последовательности применяемого оборудования для тонкого измельчения с двухрядными валками или более; и

технологический маршрут 9: процесс тонкого измельчения 501, при естественной влажности, начинается на валковой дробилке (RC), и может происходить в виде нескольких стадий при применении в последовательности применяемого оборудования для тонкого измельчения с двойными валками или более, и затем материал классифицируют в сите с высоким ускорением (по меньшей мере 10 g), где грубый продукт (удержанный материал) возвращают к валковой дробилке (RC), завершая цикл, и тонкий продукт (проходящий материал) состоит из конечного продукта.

Испытания показали, что данное изобретение производит продукты с разным размером частиц, менее чем 16 мм, размером частиц менее чем 8 мм, размером частиц вплоть до 99,8% проходящего материала в сите с размером отверстий 1 мм, и между 60 до 85% проходящего материала в сите с размером отверстий 0,074 мм.

Пример 1.

Испытания полупромышленного масштаба сита с высоким ускорением выполняли при применении железной руды с примерно 50% проходящего материала при 1 мм, 11% влажности и очень высокими потерями в содержании от прокаливания (LOI) (примерно 10%), что является типичным для связанного материала, который является трудно просеиваемым при естественной влажности. Извлечение ниже номинального размера при размере отверстий сита 1,0 мм находится в интервале от 35 до 41%, в соответствии с количеством тонких частиц имевшегося примера, что показывает эффективность просеивания при естественной влажности даже для такого когезионного материала. Табл. 1a, 1b и 1c показывают химический анализ, распределение частиц по размерам опытного образца и распределение частиц ниже по размеру и выше по размеру, полученных в контрольных испытаниях, а также баланс масс испытания.

Таблица 1a

Химический анализ								
Химический анализ (%)								
Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Mn	TiO ₂	CaO	MgO	LOI
57,0	6,23	0,196	1,610	0,263	0,104	0,023	0,112	9,99

Таблица 1b

Распределение частиц по размеру в испытаниях посредством сита с высоким ускорением

Размер отверстий (мм)	Испытание 1			Испытание 2		
	Распределение частиц по размеру			Распределение частиц по размеру		
	(%)			(%)		
	Исходны й материал	Материал, прошедши й через сито	Материал, не прошедши й через сито	Исходны й материал	Материал, прошедши й через сито	Материал, не прошедши й через сито
40000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
31500	98,04	100,00	96,69	98,38	100,00	97,50
25000	96,38	100,00	93,89	97,79	100,00	96,59
19000	92,17	100,00	86,79	95,07	100,00	92,40
16000	90,09	100,00	83,27	92,63	100,00	88,64
12500	86,11	100,00	76,57	88,87	100,00	82,84
10000	82,59	100,00	70,62	85,43	100,00	77,54
8000	79,09	100,00	64,72	82,21	100,00	72,57
6300	75,60	100,00	58,83	78,23	100,00	66,44
2400	57,07	99,27	28,05	57,64	99,50	34,97
1000	48,37	88,05	21,09	47,01	86,52	25,62
840	47,30	85,75	20,86	45,75	83,34	25,40
710	45,93	82,71	20,64	44,22	79,48	25,12
500	43,42	77,12	20,25	41,58	72,67	24,74
210	37,50	64,55	18,90	35,58	58,24	23,31
150	34,83	59,25	18,04	33,11	53,11	22,28
106	32,20	54,09	17,14	31,06	49,34	21,17
74	31,54	52,92	16,84	29,16	44,80	20,69
45	26,16	43,86	14,00	24,90	38,04	17,78
37	23,77	39,36	13,05	23,32	35,60	16,66
25	18,69	30,06	10,87	19,70	30,13	14,05
15	12,93	19,95	8,10	15,00	23,15	10,59
10	9,40	14,00	6,24	11,72	18,26	8,17

Таблица 1c

Баланс масс при испытаниях с ситом с высоким ускорением

	Расход	% по массе		Расход	% по массе
	Исходный материал	100,00		Исходный материал	100,00
Испытание 1	Материал, прошедший через сито	40,70	Испытание 2	Материал, прошедший через сито	35,10
	Материал, не прошедший через сито	59,30		Материал, не прошедший через сито	64,90

Пример 2.

Испытания были выполнены на измельчающих валках высокого давления (HPGR), и результаты испытаний представлены в табл. 2. После двух обработок, выполняемых в одном и том же оборудовании, являлось возможным получение 56% материала, остающегося в сите 0,074 мм. Это указывает на высокую степень измельчения тонких частиц.

Таблица 2

Распределение частиц по размерам в испытаниях на измельчающих валках высокого давления (HPGR)

Размер р (мм)	Подача в пресс		1-й прогон			2-й прогон			Прохо ждени я
	%	%	%	%	%	%	%	%	
	Индиви дуально го удержа ния	Аккумуля тивного удержани я	Прохо ждени я	Индив дуаль ного удержа ния	Удерж ания	Прохо ждени я	Индиви дуально го удержа ния	Аккумуля тивно го удержан ия	
3,360	0,39	0,39	99,61	0,02	0,02	99,98	0,01	0,01	99,99
1,000	38,53	38,92	61,08	21,16	21,18	78,82	13,72	13,72	86,28
0,710	4,68	43,60	56,40	5,75	26,93	73,07	4,57	18,29	81,71
0,500	5,13	48,73	51,27	5,55	32,47	67,53	4,59	22,88	77,12
0,420	1,89	50,62	49,38	2,65	35,12	64,88	2,40	25,28	74,72
0,300	5,71	56,33	43,67	6,32	41,45	58,55	6,96	32,24	67,76
0,210	4,18	60,51	39,49	5,00	46,45	53,55	5,37	37,61	62,39
0,150	6,02	66,53	33,47	7,42	53,86	46,14	7,48	45,09	54,91
0,074	7,06	73,59	26,41	9,77	63,63	36,37	11,42	56,50	43,50
0,045 байпас	4,33	77,93	22,07	6,18	69,81	30,19	7,30	63,81	36,19
с	22,07	100,00	0,00	30,19	100,00	0,00	36,19	100,00	0,00

Пример 3.

Испытания выполняли в вертикальной валковой мельнице (VRM), и результаты представлены в табл. 3. Испытания выполняли при условиях высокого и низкого давления, 500 фунтов на квадратный дюйм (3,45 МПа) и 300 фунтов на квадратный дюйм (2,07 МПа) соответственно, и при обоих условиях было возможно уменьшение материала выше 1 мм, что показывает хорошую степень измельчения частиц в утолщенных фракциях.

Таблица 3

Распределение частиц по размерам в испытаниях посредством вертикальной валковой мельницы

Размер (мм)	Высокое давление - 1 прогон		Низкое давление - 2 прогона	
	Исходный материал	Продукт	Исходный материал	Продукт
9,525	100,00	100,00	100,00	100,00
6,350	98,72	100,00	100,00	100,00
4,750	96,82	100,00	100,00	100,00
3,350	95,92	100,00	99,90	100,00
2,360	94,80	99,89	99,90	100,00
1,700	94,08	99,78	99,40	99,90
1,180	93,35	99,44	98,70	99,70
0,850	92,79	98,65	94,60	98,80
0,600	92,29	97,75	96,60	97,90
0,425	91,34	96,86	95,80	97,00
0,300	90,89	96,07	95,00	96,10
0,212	89,83	95,12	94,10	95,30
0,150	86,26	93,04	92,10	94,10
0,106	78,99	88,43	89,20	91,90
0,090	71,90	80,97	85,40	89,40
0,075	63,91	76,59	80,70	85,00
0,045	33,41	55,81	56,20	63,90

Пример 4.

Контрольные испытания выполняли при применении валковой дробилки (RC) с железной рудой с примерно 43%, остающихся при 1 мм, и результаты, представленные в табл. 4, показывают, что возможно уменьшение содержания материала размером выше 1 мм и предоставление высокой генерации тонких частиц (менее чем 0,075 мм). Испытания показали, что валковая дробилка является эффективной в уменьшении размера для различных первоначальных размеров частиц.

Таблица 4

Распределение частиц по размерам в испытаниях с валковой дробилкой

Размер (мм)	Исходный материал	1 Прогон	2 Прогона	4 Прогона	5 Прогонов	6 Прогонов
1,00	43,68	13,34	3,88	0,36	0,2	0,12
0,500	56,86	25,92	15,39	6,09	3,99	2,00
0,150	79,93	45,12	33,00	28,70	25,43	21,71
0,106	84,40	50,21	37,41	35,75	32,36	28,81
0,075	88,47	53,73	40,31	41,29	37,78	33,25
0,045		56,79	42,70	46,40	42,32	35,99

Многочисленные вариации допускаются в объеме правовой охраны данного изобретения. Соответственно, следует подчеркнуть, что данное изобретение не ограничено конкретными конфигурациями/вариантами осуществления, описанными выше.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ тонкого измельчения железной руды или железорудных продуктов при естественной влажности, отличающийся тем, что включает по меньшей мере два цикла тонкого измельчения, один, выполняемый с применением по меньшей мере одного оборудования, выбранного из группы, состоящей из валкового пресса (HPGR), валковой дробилки (RC) и сита с высоким ускорением по меньшей мере 10 g, а другой - с применением вертикальной валковой мельницы (VRM), при этом по меньшей мере два цикла тонкого измельчения выполняют при естественной влажности и осуществляют без стадии увлажнения или сушки.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют валковый пресс (HPGR), а во втором цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM) последовательно.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM), а во втором цикле тонкого измельчения применяют валковый пресс (HPGR) последовательно.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM), а во втором цикле тонкого измельчения применяют просеивание, выполняемое в сите с высоким ускорением по меньшей мере 10 g, в замкнутом цикле.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют валковый пресс (HPGR), во втором цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM), а в третьем цикле тонкого измельчения применяют просеивание в сите с высоким ускорением по меньшей мере 10 g, в замкнутом цикле.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM), а во втором цикле тонкого измельчения применяют валковый пресс (HPGR), а в третьем цикле тонкого измельчения применяют просеивание в сите с высоким ускорением по меньшей мере 10 g, в замкнутом цикле.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом цикле тонкого измельчения применяют просеивание на сите с высоким ускорением по меньшей мере 10 g, а во втором цикле тонкого измельчения применяют вертикальную валковую мельницу (VRM).

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что в по меньшей мере двух циклах тонкого измельчения применяют валковую дробилку (RC) на нескольких стадиях последовательно.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что в первом и втором циклах тонкого измельчения применяют валковую дробилку (RC) последовательно, а в третьем цикле тонкого измельчения применяют сито с высоким ускорением по меньшей мере 10 g в замкнутом цикле.

10. Способ по пп.8 и 9, отличающийся тем, что валковая дробилка (RC) имеет 2, 4, 6, 8 или 10 валков.

11. Способ по любому одному из пп.1-10, отличающийся тем, что материал, подаваемый в обработку, состоит из железной руды от рудной залежи или железорудных продуктов.

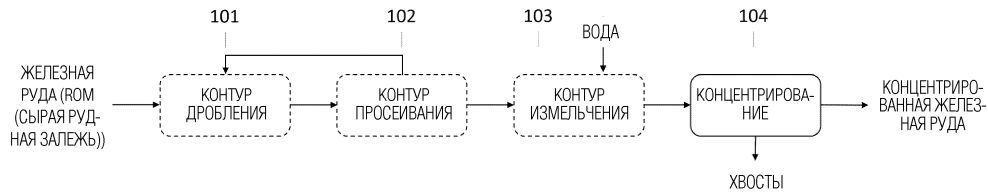
12. Способ по любому одному из пп.1-11, отличающийся тем, что материал, подаваемый в обработку, имеет влажность вплоть до 12% по массе.

13. Способ по любому одному из пп.1-12, отличающийся тем, что конечный продукт тонкого измельчения имеет размер частиц менее чем 16 мм.

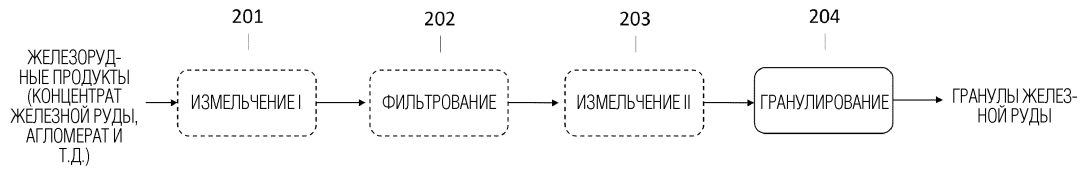
14. Способ по любому одному из пп.1-12, отличающийся тем, что конечный продукт тонкого измельчения имеет размер частиц менее чем 8 мм.

15. Способ по любому одному из пп.1-12, отличающийся тем, что конечный продукт тонкого измельчения имеет размер частиц менее чем 0,074 мм.

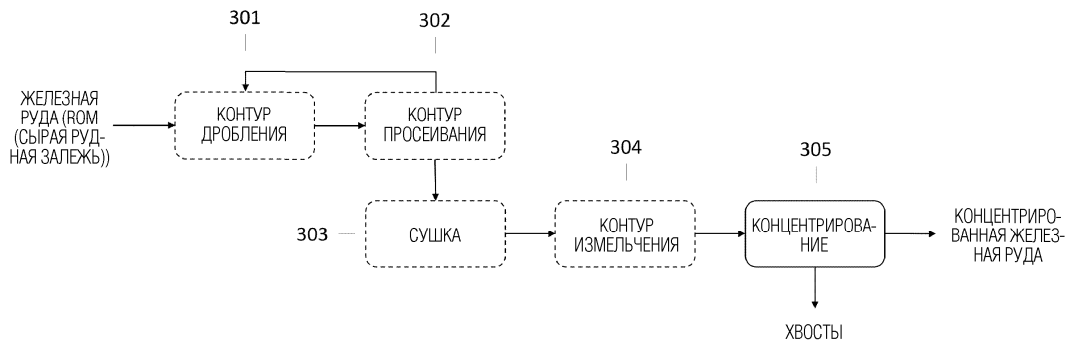
16. Способ по любому одному из пп.1-7, отличающийся тем, что измельчение на валковом прессе (HPGR) или вертикальной валковой мельнице (VRM) выполняют в течение вплоть до трех стадий.



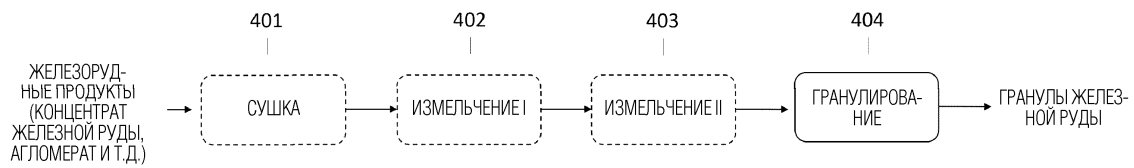
Фиг. 1



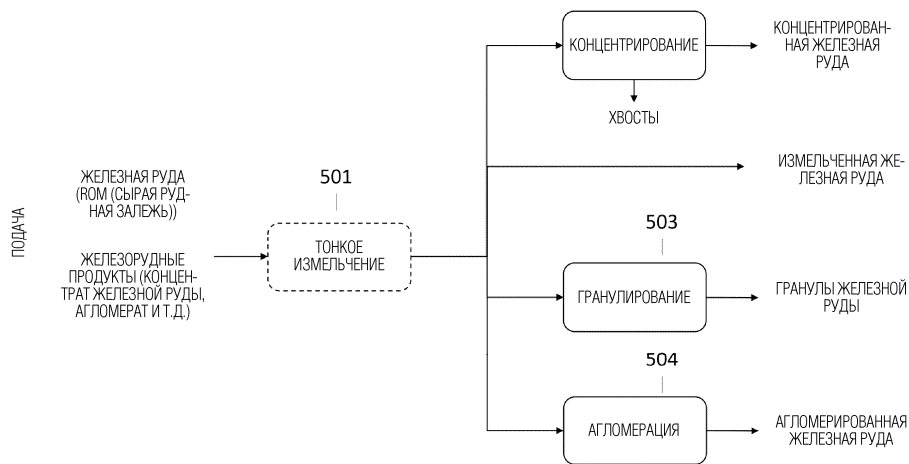
Фиг. 2



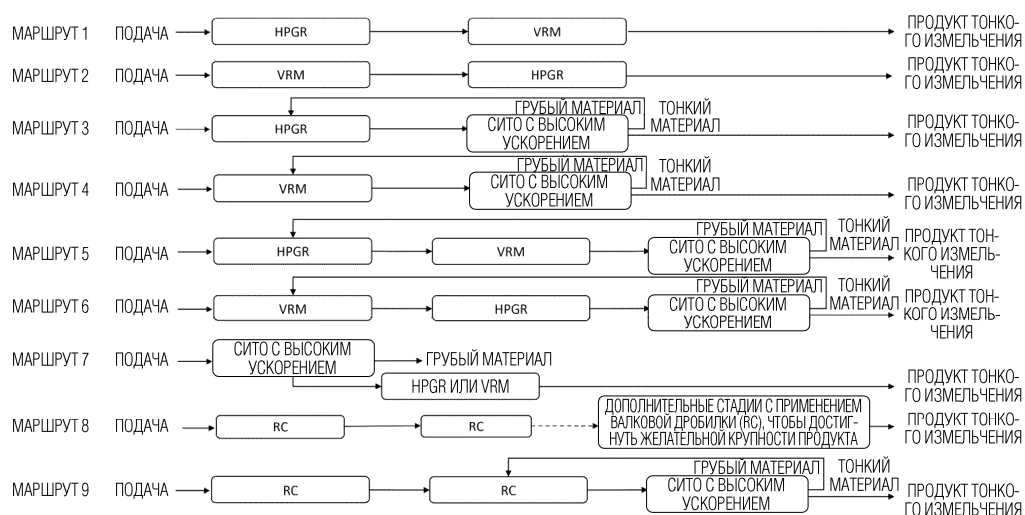
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

