

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042912**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.03

(21) Номер заявки
202190493

(22) Дата подачи заявки
2019.08.06

(51) Int. Cl. **B03C 1/00** (2006.01)
B03C 1/01 (2006.01)
B03C 1/30 (2006.01)
B03C 3/00 (2006.01)

(54) **КОМБИНАЦИЯ СПОСОБА СЕПАРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО НОСИТЕЛЯ И СПОСОБА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

(31) **18188665.6**

(32) **2018.08.13**

(33) **EP**

(43) **2021.06.21**

(86) **PCT/EP2019/071106**

(87) **WO 2020/035352 2020.02.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БАСФ СЕ (DE)

(56) **US-A-5161694**
US-A1-2017274389

(72) Изобретатель:
**Роде Вольфганг (DE), Гильберт Давид
Йохан (AT), Шюлер Бернхард, Кун
Оливер, Ментгес Михаель (DE)**

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(57) Настоящее изобретение относится к способу концентрации целевых частиц, включающему сепарацию с помощью магнитного носителя и включающему этапы: а) предоставление сырья, содержащего целевые частицы и нежелательный материал; б) добавление гидрофобных магнитных частиц к сырью, в результате чего получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц и целевых частиц или магнитных частиц и нежелательного материала; с) отделение агломератов от загруженного сырья способом сепарации, в результате чего получают отделенные агломераты, при этом способ сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации; d) разрушение отделенных агломератов с получением суспензии, содержащей магнитные частицы в неагломерированной форме; и е) отделение магнитных частиц от суспензии, полученной на этапе d), способом сепарации, выбранным из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

042912
B1

042912
B1

Настоящее изобретение относится к способу концентрации целевых частиц, включающему сепарацию с помощью магнитного носителя и включающему следующие этапы: а) предоставление сырья, содержащего целевые частицы и нежелательный материал; б) добавление гидрофобных магнитных частиц к сырью, в результате чего получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц и целевых частиц или магнитных частиц и нежелательного материала; в) отделение агломератов от загруженного сырья способом сепарации, в результате чего получают отделенные агломераты, при этом способ сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации; г) разрушение отделенных агломератов с получением суспензии, содержащей магнитные частицы в неагломерированной форме; и е) отделение магнитных частиц от суспензии, полученной на этапе г), способом сепарации, выбранным из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации; и ф) при необходимости, повторную подачу магнитных частиц, полученных на этапе е), на этап б); при условии, что, по меньшей мере, одним способом сепарации, используемым на этапе в) или е), является магнитная сепарация, и при этом способ включает, по меньшей мере, один дополнительный этап сепарации до или после этапов а), б), в), г) или е), и при этом один дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

При переработке и добыче полезных ископаемых, как правило, используют много этапов сепарации от первоначальной переработки руды до получения конечного продукта минерального происхождения. Обогащение путем сепарации обычно осуществляют на нескольких этапах, называемых предварительным обогащением, удалением примесей и очисткой.

Способ сепарации с помощью магнитного носителя известен из уровня техники.

В документе WO 2009/030669 описан базовый принцип такой сепарации с помощью магнитного носителя, где частицы носителя представляют собой магнитные частицы с гидрофобным покрытием. Эти частицы носителя образуют агломераты с минеральными частицами, которые селективно модифицируются поверхностно-активным реагентом. Осуществляют сепарацию агломератов с помощью магнитного поля. Отделенные агломераты разделяют на минеральные частицы и частицы носителя, при этом может осуществляться сепарация частиц носителя с помощью магнитного поля, после чего частицы носителя могут быть возвращены в способ сепарации с помощью магнитного носителя.

В документе WO 2011/023426 описан схожий способ сепарации с помощью магнитного носителя с последующим разрушением отделенных агломератов с помощью несмешивающейся с водой жидкости, от которой могут быть отделены частицы носителя.

В документе WO 2011/154540 описан способ сепарации с помощью магнитного носителя после сепарации магнитных частиц, содержащихся в сырье способа сепарации с помощью магнитного носителя, путем применения магнитного поля.

В документе WO 2017/102512 описан способ флотации магнитных частиц носителя, при котором осуществляют сепарацию магнитного агломерата путем флотации, после чего происходит разрушение агломератов и отделение частиц магнитного носителя с помощью магнитного поля.

В документе WO 2010/066770 описан способ сепарации хвостов с помощью магнитного носителя, причем содержание полезного компонента в хвостах составляет 0,001-1,0 мас.%, при этом хвосты получают в результате способа флотации, или хвосты представляют собой шламы.

В документе WO 2012/0772615 описан способ сепарации шлака с помощью магнитного носителя, при этом шлак был измельчен и, при необходимости, просеян.

В документе WO 2016/083491 описан способ сепарации с помощью магнитного носителя, при этом отделенную магнитную фракцию повторно диспергируют, и получают вторую магнитную фракцию, отделенную путем магнитного поля, флотации, обогащения в тяжелой среде, гравитационной сепарации или с использованием спирального концентратора.

В документе WO 2015/104324 описана агломерация частиц магнитного носителя с гидрофобной первой частицей с последующей сепарацией второго материала, такого как оксидные или гидроксидные гидрофильные соединения металлов, при этом сепарация происходит из-за разной скорости осаждения под действием гравитации по сравнению с магнитными агломератами, с последующей магнитной сепарацией указанных агломератов.

Существует постоянная потребность в улучшении эффективности способа переработки полезных ископаемых, в частности, в области сепарации с помощью магнитного носителя для повышения производительности, снижения концентрации нежелательного материала, удаления шлама, снижения энергопотребления способа, уменьшения количества токсичных химикатов.

Цель изобретения была достигнута способом концентрации целевых частиц, включающим сепарацию с помощью магнитного носителя и включающим следующие этапы:

а) предоставление сырья, содержащего целевые частицы и нежелательный материал;

б) добавление гидрофобных магнитных частиц к сырью, в результате чего получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц и целевых частиц или магнитных частиц и нежелательного материала;

с) отделение агломератов от загруженного сырья способом сепарации, в результате чего получают отделенные агломераты, при этом способ сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации;

д) разрушение отделенных агломератов с получением суспензии, содержащей магнитные частицы в неагломерированной форме; и

е) отделение магнитных частиц от суспензии, полученной на этапе д), способом сепарации, выбранным из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации; и

ф) при необходимости, повторную подачу магнитных частиц, полученных на этапе е), на этап б);

при условии, что, по меньшей мере, одним способом сепарации, используемым на этапе с) или е), является магнитная сепарация, и

при этом способ включает по меньшей мере один дополнительный этап сепарации до или после этапов а), б), с), д) или е), и при этом один дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из электросепарации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, электросепарации (например, электросортировки), гравитационной концентрации, флотации, просеивания и классификации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки и классификации.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации осуществляют перед этапом а).

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации осуществляют перед этапом б) агломерации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации осуществляют между этапом б) агломерации и этапом д) разрушения агломератов.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации осуществляют после этапа д) разрушения агломератов.

Предпочтительно, дополнительный этап сепарации осуществляют перед этапом б), между этапом б) и этапом д) или после этапа д).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки и осуществляют перед этапом б) агломерации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации и осуществляют перед этапом б) агломерации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации и осуществляют после этапа е) сепарации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации (предпочтительно гравитационной концентрации без пневмосепарации), которую осуществляют после этапа б), таким образом, его осуществляют как один из этапов с) или е) в отдельности или в комбинации с другими способами сепарации из приведенного выше списка.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации, которую осуществляют перед этапом б) агломерации, после этапа е) сепарации или после этапа б) и, при необходимости, гравитационную концентрацию осуществляют без пневмосепарации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации, которую осуществляют перед этапом б) агломерации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации, которую осуществляют после этапа е) сепарации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации, которую осуществляют после этапа б), таким образом, он осуществ-

ляют как один из этапов с) или е) в отдельности или в комбинации с другими способами сепарации из приведенного выше списка.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления способ сепарации на этапе с) выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации, при этом если на этапе дополнительной сепарации осуществляют флотацию, то флотацию не осуществляют на этапе с) или между этапом с) и этапом d).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации, при условии, что флотацию не осуществляют на этапе с) или между этапом с) и этапом d).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания, которое осуществляют перед этапом b) агломерации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания, которое осуществляют после этапа e) сепарации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания, которое осуществляют после этапа b), таким образом, он осуществляют как один из этапов с) или e) в отдельности или в комбинации с другими способами сепарации из приведенного выше списка. В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания, которое осуществляют перед этапом b) агломерации, после этапа e) сепарации или после этапа b).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют перед этапом b) агломерации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют после этапа e) сепарации.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют после этапа b), таким образом, он осуществляют как один из этапов с) или e) в отдельности или в комбинации с другими способами сепарации из приведенного выше списка. В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют перед этапом b) агломерации, после этапа e) сепарации или после этапа b).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из электросепарации (электросортировки), которую осуществляют перед этапом b) агломерации.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, которую осуществляют перед этапом b), после этапа e) и/или между этапами b) и e), гравитационной концентрации, которую осуществляют перед этапом b), после этапа e) и/или между этапами b) и e), и электросепарации, которую осуществляют перед этапом b), после этапа e) и/или между этапами b) и e),

просеивания, которое осуществляют перед этапом b), после этапа e) и/или между этапами b) и e), и классификации, которую осуществляют перед этапом b), после этапа e) и/или между этапами b) и e).

Способы сепарации на этапах с) и e) и на дополнительном этапе сепарации могут включать идентичные или различные процессы.

Гравитационную концентрацию, как правило, осуществляют с помощью

отсадочных машин (например, отсадочных машин Гарца, радиальных отсадочных машин производства компании ШС, прямоточных отсадочных машин, работающих под давлением, двухкамерных диафрагмовых отсадочных машин, пневматических отсадочных машин);

спиральных концентраторов (например, спиральных концентраторов Хамфри, спиральных концентраторов с подачей с противоположных сторон),

концентрационных вибростолов (например, Песковых столов, шламовых столов, двойных концентрационных столов, лабораторных сепараторов Мозли),

центрифужных концентраторов (например, центробежных отсадочных машин Келси, концентраторов фирмы Knelson, концентраторов фирмы Falcon, мультигравитационных сепараторов)

шлюзовых приборов (например, сжатых шлюзовых приборов),

конусных сепараторов (например, конусных сепараторов фирмы Reichert),

сепараторов с псевдооживленным слоем (например, сепараторов с поперечным потоком, классификаторов обратного потока), или

сепараторов для обогащения в тяжелой среде (например, гравитационных емкостей, таких как барабанные сепараторы, конусный сепаратор фирмы Wemco, ванна Дрюбой, промывочное устройство Norwalt; центробежных сепараторов, таких как гидроциклоны для плотной среды, водяные циклоны, сепаратор Vorsyl, сепаратор для обогащения крупного угля в тяжелой среде, вихревой сепаратор Дуна, сепаратор Tri-Flo), или

аппаратов для воздушной классификации (например, сепараторов с опрокидывающимся дном, сепараторов для разделения по плотности Floatex, сепараторов HydroFloat, сепараторов Allflux).

Флотацию, как правило, осуществляют с помощью механических флотационных машин (например, самовентилируемых машин или машин с принудительной подачей воздуха);

пневматических флотационных машин;

гибридных флотационных машин; флотационных колонн;

реакторов/сепараторных флотационных машин, флэш-флотационных машин,

гидрофлотационных сепараторов, или пакета элементов.

Сортировку обычно осуществляют вручную или с помощью датчиков, при этом тип датчика выбирают из датчика цвета в видимом свете, датчика ультрафиолетового излучения, датчика гамма-излучения, нейтронного излучения, кондуктометрического датчика, датчика рентгеновской флуоресценции, рентгеновской люминесценции, датчика инфракрасного излучения, датчика рамановского излучения или затухания на сверхвысоких частотах.

Электросепарацию, как правило, осуществляют путем электризации с помощью облучения ионами или электронами, индуктивной зарядки или трибоэлектризации.

Как сортировку, так и электрическую сепарацию обычно осуществляют без дисперсионных сред, то есть в сухом состоянии. Поэтому эти методы предпочтительно использовать для сортировки исходного материала перед его диспергированием, например, в воде для дальнейшей обработки, или для сортировки продукта в любом способе мокрой сепарации после его сушки.

Магнитную сепарацию, как правило, осуществляют с помощью магнитных сепараторов низкой, средней, высокой производительности, сепараторов в магнитном поле высокой напряженности или сверхпроводящих магнитных сепараторов.

Классификацию, как правило, осуществляют с помощью центробежных классификаторов (которые также именуют гидроциклонами) или гравитационных классификаторов, таких как седиментационные классификаторы, противоточные классификаторы или воздушные классификаторы.

Просеивание, как правило, осуществляют с помощью сотрясательных грохотов, колосниковых решеток, дивергаторов Могенсена, барабанов-сит, дробилок Брэдфорда, валковых грохотов, грохотов с самоочищающейся подвижной просеивающей поверхностью, ротационных грохотов, грохотов фирмы Panserp, дуговых сит или барабанных грохотов.

При переработке полезных ископаемых, как правило, используют много этапов сепарации от первоначальной переработки руды до получения конечного продукта. Обогащение путем сепарации обычно осуществляют на нескольких этапах, называемых предварительным обогащением, удалением примесей и очисткой. Способ по настоящему изобретению может быть использован для предварительного обогащения, удаления примесей и очистки.

Настоящее изобретение также относится к применению способа для переработки полезных ископаемых для предварительного обогащения, удаления примесей или очистки минерального сырья.

Первой стадией сепарации зачастую является предварительное обогащение, в результате которого получают концентрат (ценный продукт) и хвосты (отходы). Основная цель предварительного обогащения - максимальное обогащение ценного материала с наименьшими затратами. Для извлечения дополнительных количеств ценных полезных минералов с помощью флотомашин вторичной флотации может осуществляться обработка более грубых хвостов. Хвосты для обработки в флотомашине вторичной флотации могут быть использованы в качестве сбросных хвостов установки или в качестве исходного сырья, которое подают в другой контур сепарации. Концентрат, полученный в результате предварительного обогащения, и концентрат, полученный в результате удаления примесей, можно объединять или обрабатывать по отдельности. Для многих руд концентрат, полученный в результате удаления примесей, как правило, представляет собой промежуточный продукт обогащения или неотделившиеся или частично высвобожденные частицы и, следовательно, для его обработки может потребоваться предварительное дополнительное измельчение. Даже для концентрата, полученного в результате предварительного обогащения, может потребоваться дальнейшее измельчение перед подачей в контур очистки. Могут быть использованы дополнительные стадии, такие как очистка продукта, полученного в результате удаления примесей, дополнительная очистка более чистого продукта или повторная очистка более чистого продукта. Как правило, основной целью как предварительного обогащения, так и удаления примесей является извлечение ценных компонентов, основной целью обработки в установке очистки является обработка низшего сорта руды. Между различными этапами могут потребоваться этапы сепарации твердой и жидкой фаз, такие как сгущение или фильтрация.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способ по настоящему изобретению используют для предварительного обогащения.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способ по настоящему изобретению используют для удаления примесей.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способ по настоящему изобретению используют для очистки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способ по настоящему изобретению используют в способе, который включает предварительное обогащение, удаление примесей и очистку.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из флотации и осуществляют перед этапом b) или после этапа e).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки и осуществляют перед этапом b), например, с использованием сырья, полученного путем измельчения.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из классификации и осуществляют перед этапом b), например, с использованием сырья, полученного путем измельчения.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления дополнительный этап сепарации выбирают из гравитационной концентрации и осуществляют перед этапом b).

Способ сепарации с помощью магнитного носителя по настоящему изобретению в настоящем документе также называют способом CMS. Способ CMS включает стадии a), b), c), d) и e) и, при необходимости, f), предпочтительно в указанном порядке.

Этап a) включает предоставление сырья, содержащего целевые частицы и нежелательный материал.

Сырье, как правило, содержит по меньшей мере 0,01 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 0,5 мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 1 мас.%, в частности по меньшей мере 5 мас.% целевых частиц. Сырье, как правило, включает 2-99 мас.% целевых частиц, предпочтительно 10-80 мас.% целевых частиц.

Целевые частицы, как правило, содержат целевое соединение и, при необходимости, нежелательный материал. Как правило, целевые частицы содержат по меньшей мере 50 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 70 мас.%, в частности по меньшей мере 90 мас.% целевого соединения. В соответствии с еще одним вариантом осуществления целевые частицы по существу состоят из целевого соединения.

Целевые частицы, как правило, имеют средний диаметр, позволяющий им эффективно образовывать агломераты с магнитными частицами. В предпочтительном варианте осуществления изобретения значение D_{50} целевых частиц находится в диапазоне 1 нм - 1 мм, предпочтительно в диапазоне 0,1 мкм - 500 мкм, наиболее предпочтительно в диапазоне 1 мкм - 250 мкм. Определение среднего диаметра целевых частиц может осуществляться методом лазерной дифракции, например, методом лазерной дифракции с использованием Mastersizer 2000 или 3000 с ПО версии 5.12G, где осуществляют диспергирование образца в воде или в спирте. Перед использованием размер целевых частиц может быть уменьшен путем измельчения или перемалывания.

Подходящими целевыми соединениями являются любые соединения, обогащение которых должно осуществляться с использованием способа сепарации с помощью магнитного носителя. Предпочтительно, целевыми соединениями являются соединения металлов. Подходящими целевыми соединениями являются сульфидные рудные минералы, оксидные рудные минералы, карбонатсодержащие рудные минералы, металлы в элементарной форме, сплавы, содержащие металлы, соединения, содержащие металлы, и их смеси.

Предпочтительно целевое соединение содержит металл, такой как Ag, Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Mo, Ni, Mn, Zn, Pb, Te, Sn, Hg, Re, V, Fe или их смеси, предпочтительно в самородном виде или в виде сплавов, сульфидов, фосфидов, селенидов, арсенидов, теллуридов или рудных минералов.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления целевое соединение представляет собой рудные минералы, такие как минералы сульфидной руды (например, пирит (FeS_2), галенит (PbS), браггит (Pt,Pd,NiS), аргентит (Ag_2S) или сфалерит (Zn, FeS), оксидные и/или карбонатсодержащие рудные минералы (например, азурит [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$] или малахит [$\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$]), или редкоземельные металлы, содержащие рудные минералы (например, бастнезит ($\text{Y, Ce, LaCO}_3\text{F}$), монацит (REPO_4 (RE = редкоземельный металл) или хризоколла ($\text{Cu,Al}_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_{4-n}\text{H}_2\text{O}$)).

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления целевое соединение представляет собой сульфидные рудные минералы, такие как минералы медной руды, содержащие ковеллит CuS , сульфид молибдена (IV), халькопирит (медный пирит) CuFeS_2 , борнит Cu_5FeS_4 , халькоцит (медный блеск) Cu_2S или пентландит ($\text{Fe,Ni}_9\text{S}_8$).

Подходящий нежелательный материал может содержать гидрофильное соединение металла или гидрофильное соединение полуметалла. Нежелательный материал может содержать оксиды металлов или полуметаллов, карбонатсодержащие соединения металлов или полуметаллов, силикатсодержащие соединения металлов или полуметаллов, сульфидные соединения металлов или полуметаллов, гидроксидные соединения металлов или полуметаллов или их смеси. Эти материалы могут быть в виде минералов, керамики или стекла.

Типичные оксиды металлов или полуметаллов включают, помимо прочего, диоксид кремния (SiO_2), силикаты, алюмосиликаты, такие как полевые шпаты, альбит ($\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$), слюду, например, мусковит ($\text{KAl}_2[(\text{OH,F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$), гранаты ($\text{Mg, Ca, Fe}^{\text{II}}, \text{Fe}^{\text{III}})_2(\text{SiO}_4)_3$ и другие родственные минералы и их смеси. Нежелательный материал может быть выбран из SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , MgO , P_2O_3 , ZrO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CeO_2 , Cr_2O_3 , сложных оксидных матриц и их смеси.

Сырье может представлять собой дисперсию, предпочтительно водную дисперсию. Термин "дисперсия" может включать суспензию и суспензию. Непрерывная фаза дисперсии, как правило, вклю-

чает, по меньшей мере, 50 мас.%, предпочтительно, по меньшей мере, 70 мас.%, в частности, по меньшей мере, 90 мас.% воды. Содержание твердых веществ в дисперсии может составлять 3-50 мас.%, предпочтительно 10-30 мас.%. Термин "дисперсия" относится к материалу, содержащему более одной фазы, в котором, по меньшей мере, одна из фаз состоит из тонко разделенных фазовых доменов, часто в диапазоне коллоидных размеров, диспергированных по всей непрерывной фазе.

В случае, если сырье содержит частицы магнитной руды, они могут быть разделены путем магнитной сепарации перед этапом (b).

Сырье может дополнительно содержать агент-собиратель. Соответствующий агент-собиратель селективно образует гидрофобный слой на целевых частицах. Широко известны способы применения агентов-собирателей в способах обогащения полезных ископаемых. Агент-собиратель может представлять собой неионогенный собиратель, ионный собиратель (такой как анионный или катионный собиратель), амфотерный собиратель или хелатообразующий собиратель (например, может представлять собой гидроксаматы). Предпочтительно, агент-собиратель представляет собой неионогенный собиратель или анионный собиратель.

Подходящие неионогенные собиратели предпочтительно представляют собой жидкие, неполярные соединения, которые не диссоциируют в воде. Предпочтительно, неионогенный собиратель представляет собой углеводород. Углеводород может представлять собой однородный углеводород или смесь углеводородов. Вязкость углеводородов может составлять 0,1-100 сП, предпочтительно 0,5-5 сП, в каждом случае при 20°C. Гидроуглеводороды могут представлять собой минеральные масла, растительные масла, биодизельное топливо, топливо VtL (жидкое биотопливо из биомассы), продукты ожигения угля, продукты процесса GtL (процесса газо-жидкостной конверсии получения топлива из природного газа), длинноцепочечные спирты и их смеси. Агент-собиратель предпочтительно представляет собой нефтяное масло. Подходящие нефтяные масла представляют собой производные сырой нефти и/или масла, полученные путем дистилляции из бурого угля, каменного угля, торфа, древесины, нефти и, при необходимости, другого минерального сырья. Нефтяные масла, как правило, содержат углеводородные смеси парафиновых углеводородов, то есть насыщенных линейных и разветвленных углеводородов, нафтеновых углеводородов, то есть насыщенных циклических углеводородов, и ароматических углеводородов.

Подходящими анионными собирателями являются сульфгидрильные собиратели (такие как ксантаты, дитиофосфаты, дитиофосфинаты, тритиокарбонаты, меркаптобензотиазолы, дитиокарбаматы, меркаптаны, формиаты ксантогена или монотиофосфаты) или оксигидрильные собиратели (например, жирные кислоты, алкилсульфаты или алкилсульфонаты, сульфосукцинаматы, фосфоновая кислота или сложные эфиры фосфорной кислоты).

Подходящими катионными собирателями являются четвертичноаминовые или аминоэфирные собиратели, полученные из C₈-C₂₄ жирных аминов или простых или сложных аминовых эфиров (эстеркватов).

Сырье, как правило, содержит до 15 мас.%, предпочтительно до 7 мас.%, в частности, до 4 мас.% агента-собирателя (например, минерального масла) из расчета на сухую массу сырья. В соответствии с еще одним вариантом осуществления сырье, как правило, содержит 0,001-10 мас.%, предпочтительно 0,1-5 мас.%, в частности, 0,2-3 мас.% агента-собирателя (например, минерального масла) из расчета на сухую массу сырья. В соответствии с еще одним вариантом осуществления сырье, как правило, содержит по меньшей мере 0,05 мас.%, предпочтительно, по меньшей мере, 0,1 мас.%, в частности, по меньшей мере, 0,3 мас.% агента-собирателя (например, минерального масла) из расчета на сухую массу сырья.

Собиратель может быть добавлен к сырью в необходимом количестве или он может уже присутствовать в сырье с предыдущих стадий способа. Например, собиратель может иметь происхождение из отработанных масел, содержащихся в потоке отходов, например, от двигателей, гидравлических устройств или из охлаждающих жидкостей или трансформаторных жидкостей. Предпочтительно собиратель добавляют к сырью в желаемом количестве.

Смешивание сырья, содержащего собиратель, может осуществляться, например, с использованием перемешивающих устройств, роторно-статорных смесителей, циркуляционных насосных систем или статических смесителей в потоке смеси. Как правило, смешивание проводят при удельных энергиях смешивания в диапазоне 0,1-1000 кВтч/м³, предпочтительно в диапазоне 1-700 кВтч/м³. Смешивание сырья с собирателем может осуществляться в мельнице. Предпочтительно собиратель добавляют к сырью во время процесса измельчения.

Этап b) включает добавление гидрофобных магнитных частиц к сырью, в результате чего получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц и целевых частиц или магнитных частиц и нежелательного материала.

Подходящие магнитные частицы могут быть выбраны из магнитных металлов, предпочтительно из железа и его сплавов, кобальта, никеля и их смесей; ферромагнитных или ферримангнитных сплавов магнитных металлов, например, NdFeB, SmCo и их смесей; магнитных оксидов железа, например, магнетита, магнитного гематита, гексагональных ферритов; кубических ферритов; и смесей указанных соединений. Предпочтительно магнитная частица представляет собой магнитный оксид железа, в частности магнетит.

Магнитные частицы, как правило, имеют средний диаметр, позволяющий им эффективно образовывать агломераты с целевыми частицами. В предпочтительном варианте осуществления изобретения

значение D_{50} магнитных частиц находится в диапазоне 1 нм - 1 мм, предпочтительно в диапазоне 0,1 мкм - 50 мкм, наиболее предпочтительно в диапазоне 1 мкм - 20 мкм. Термин " D_{50} " означает, что 50 мас.% соответствующих частиц имеют диаметр меньше указанного значения. Определение среднего диаметра магнитных частиц может осуществляться методом лазерной дифракции, в частности, методом лазерной дифракции с использованием Mastersizer 2000 с ПО версии 5.12G, где осуществляют диспергирование образца в водном растворе $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Перед использованием размер магнитных частиц, например, частиц магнетита, может быть уменьшен путем измельчения или перемалывания.

Как правило, необходимое количество магнитных частиц, используемых в соответствии со способом по настоящему изобретению, может быть определено так, чтобы путем образования агломератов с магнитными частицами было выделено предпочтительно все количество целевых частиц. В предпочтительном варианте осуществления магнитные частицы добавляют в количестве от 0,01% до 100 мас.%, предпочтительно в количестве от 0,1% до 20 мас.%, особенно предпочтительно в количестве 0,5 - 10 мас.%, наиболее предпочтительно в количестве от 1 до 5% из расчета на массу сухих целевых частиц и нежелательного материала.

Магнитная частица представляет собой гидрофобную магнитную частицу. Как правило, магнитная частица гидрофобизирована на своей поверхности, т.е. представляет собой гидрофобизированную магнитную частицу. Предпочтительно магнитная частица была гидрофобизирована путем обработки гидрофобизирующим агентом, при этом предпочтительно магнитная частица, обработанная гидрофобизирующим агентом, имеет угол контакта между поверхностью частицы и водой относительно воздуха предпочтительно более 30° , более предпочтительно более 60° , даже более предпочтительно более 90° , особенно предпочтительно более 140° .

Предпочтительно магнитная частица была предварительно обработана гидрофобизирующим агентом перед добавлением в сырье.

В общем, гидрофобизирующий агент может представлять собой любой агент, который сделает поверхность магнитной частицы более гидрофобной, чем ее поверхность до обработки. Подходящие гидрофобизирующие агенты и способы получения гидрофобных магнитных частиц путем обработки гидрофобизирующими агентами известны специалистам, например, такие агенты и способы описаны в документе WO 2016/083491 со стр. 19 строка 21 по стр. 27 строка 30, или в WO2015/110555 со стр. 7 строка 9 по стр. 11 строка 32.

Примеры гидрофобизирующих агентов:

- полиорганосилоксаны;
- алкилсиликонаты, например, C_{1-6} -алкилсиликонаты щелочных или щелочноземельных металлов, в частности метилсиликонат;
- алкилтрихлорсиланы, например, C_{6-12} -алкилтрихлорсиланы;
- алкилтриметоксисиланы, например, C_{6-12} -алкилтриметоксисиланы;
- алкилфосфоновые кислоты, например, C_{6-18} -алкилфосфоновые кислоты, в частности октилфосфовая кислота;
- моно- или диалкилфосфорные сложные эфиры, например, C_{6-18} -моно-или диалкилфосфорный эфир;
- жирные кислоты, например, C_{6-18} -жирная кислота, в частности лауриновая кислота, олеиновая кислота, стеариновая кислота;
- и их смеси.

Предпочтительно гидрофобным агентом является полиорганосилоксан.

Полиорганосилоксан (также известный как силикон) обычно имеет формулу $[\text{R}_m\text{Si}(\text{O})_{4-m/2}]_n$, где m составляет от 1 до 3, n составляет, по меньшей мере, 2, а R - органический остаток, такой как метил, этил или фенил. Полиорганосилоксаны могут быть циклическими или разветвленными или неразветвленными. Подходящие полиорганосилоксаны и способы их получения известны из "Энциклопедии промышленной химии Ульманна", том 32, раздел "Силиконы", Wiley-VCH, 2012, стр. 675-712.

Подходящими полиорганосилоксанами являются силиконовое масло, силиконовый каучук, силиконовая смола или блок-сополимеры и графт-сополимеры полиорганосилоксана, при этом силиконовое масло и силиконовая смола являются более предпочтительными.

Силиконовое масло (которое также именуют силиконовой жидкостью) обычно представляет собой линейные полиорганосилоксаны, обычно содержащие от 2 до 4000 мономерных звеньев. Подходящими силиконовыми маслами являются метилсиликоновое масло, метилфенилсиликоновое масло, фторсиликоновое масло, метилгидрогенсиликоновое масло или метилалкилсиликоновое масло. Предпочтительными силиконовыми маслами являются метилсиликоновое масло и метилфенилсиликоновое масло.

Подходящим метилсиликоновым маслом являются линейные полидиметилсилоксаны, которые могут иметь молекулярную массу от 500 до 200000 г/моль. Подходящим метилфенилсиликоновым маслом являются линейные полидиметилсилоксаны, в которых метальные группы частично замещены фенильными группами, и которые могут иметь молекулярную массу 500-200000 г/моль.

Силиконовые смолы, как правило, представляют собой разветвленные полиорганосилоксаны с молекулярной массой ниже 15000 г/моль, предпочтительно ниже 10000 г/моль. Силиконовые смолы, как

правило, растворимы в органических растворителях, таких как толуол. Предпочтительными силиконовыми смолами являются силиконовые смолы типов MQ, TD и T ($\text{Me}_3\text{SiO} - \text{SiO}_4$, $\text{MeSiO}_3 - \text{Me}_2\text{SiO}_2$ и MeSiO_3). Как правило, силиконовые смолы получают гидролизом или алкоголизом хлорсиланов, таких как метилтрихлорсилан, фенилтрихлорсилан, диметилдихлорсилан и дифенилдихлорсилан.

Предпочтительно гидрофобизирующий агент представляет собой силиконовую смолу, такую как разветвленные полиорганосилоксаны с формулой $[\text{R}_m\text{Si}(\text{O})_{4-m/2}]_n$, где m составляет от 1,1 до 3, n составляет, по меньшей мере, 10, а R - органический остаток, такой как метил или фенил с молекулярной массой ниже 10000 г/моль.

Подходящими блок-сополимерами и графт-сополимерами полиорганосилоксана являются блок-полимеры полиорганосилоксана и простого полиэфира, где блок простого полиэфира может содержать полиэтиленгликоль и/или полипропиленгликоль; или графт-полимеры полиорганосилоксана с виниловыми мономерами, такими как стирол, акрилат или винилацетат).

В результате добавления гидрофобных магнитных частиц к сырью получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц, целевых частиц и, при необходимости, агент-собиратель или агломераты магнитных частиц, нежелательного материала и, при необходимости, агент-собиратель.

Загруженное сырье может представлять собой дисперсию, предпочтительно водную дисперсию. Непрерывная фаза дисперсии, как правило, включает по меньшей мере 50 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 80 мас.%, в частности по меньшей мере 90 мас.% воды. Содержание твердых веществ в дисперсии может составлять 3-50 мас.%, предпочтительно 10-45 мас.%. Как правило, если сырье представляет собой дисперсию, то и загруженное сырье также представляет собой дисперсию. Предпочтительно сырье и загруженное сырье представляют собой водную дисперсию.

Сырье или загруженное сырье также могут содержать дополнительные материалы. Эти дополнительные материалы могут содержать любую добавку, известную специалистам, для улучшения дисперсии частиц, их поверхностных зарядов и химических свойств диспергирующей среды (например, значения pH и окислительно-восстановительного потенциала). Значение pH водной дисперсии исходного сырья или загруженного сырья, как правило, может составлять приблизительно от 2 до 13 и предпочтительно приблизительно от 4 до 12.

Этапы от а) до е) могут осуществляться при температуре приблизительно от 10 до 80°C, предпочтительно при температуре окружающей среды.

Для образования агломератов на этапе б) может целесообразно использовать механическую энергию, предпочтительно механическую энергию сдвига.

Передача механической энергии может осуществляться любым устройством. Например, передача механической энергии может осуществляться с помощью одного перемешивающего устройства или системы перемешивающих устройств. В дополнение или в качестве альтернативы, передача механической энергии может осуществляться с помощью генератора потока, например, насоса, создающего турбулентный поток в смесительной емкости, в результате чего турбулентный поток может передавать механическую энергию смеси дисперсионной среды, частиц первого типа, частиц второго типа и частиц магнитного типа.

Механическая энергия сдвига может быть обеспечиваться на этапе б) различными способами. Обычно это делается с помощью емкости с мешалкой, которая может включать перегородки для более эффективного использования энергии. Другими средствами являются измельчающие агрегаты, такие как шаровые мельницы или шаровые мельницы с мешалкой любого типа. Также возможно использование роторно-статорных смесителей, или содержимое емкости с загруженным сырьем может перекачиваться в замкнутом цикле. При условии, что может быть введено необходимое количество энергии, подача турбулентного потока дисперсии по трубе с помощью насосов или под действием силы тяжести также обеспечит необходимую агломерацию. Еще один способ подать энергию сдвига в дисперсию - использование статических смесителей и смесителей противоточного потока.

Агломерация может происходить в агломерационной емкости для периодического процесса. В этом случае смесь помещают в емкость и, например, перемешивают до достижения необходимой агломерации. После этого смесь выпускают из агломерационной емкости. Агломерация может происходить в агломерационной емкости для непрерывного процесса. В этом случае смесь непрерывно подают в емкость, содержащий мешалку, и выпускают из него. Необходимую агломерацию можно контролировать, регулируя скорость подачи в перемешиваемую емкость и обратно, то есть регулируя среднее время пребывания дисперсии в перемешиваемой емкости. При данной мощности перемешивания среднее время пребывания определяет поглощение энергии сдвига дисперсией.

Этап с) включает отделение агломератов от загруженного сырья способом сепарации, в результате чего получают отделенные агломераты, при этом способ сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения сепарацию на этапе с) осуществляют с помощью магнитного поля как магнитную сепарацию.

Сепарация агломератов магнитным полем может осуществляться с использованием любого способа, известного специалистам. Соответствующими магнитными сепараторами являются барабанные сепараторы.

раторы, магнитные сепараторы высокой или низкой производительности, ленточные сепараторы или сепараторы других типов. Для создания магнитного поля могут быть использованы постоянные магниты или электромагниты. Магнитная сепарация может осуществляться с помощью технологии непрерывной или полунепрерывной магнитной сепарации, как описано, например, в работе Jan Svoboda "Magnetic Techniques for the Treatment of Materials" (2004).

Подходящими магнитными сепараторами являются магнитный сепаратор низкой производительности, магнитный сепаратор средней производительности или магнитный сепаратор высокой производительности для мокрого обогащения, которые известны специалистам. В предпочтительном варианте осуществления изобретения сепараторы представляют собой магнитные сепараторы средней производительности или магнитные сепараторы высокой производительности для мокрого обогащения. Типичные устройства, используемые для магнитной сепарации, описаны в документах WO 2011/131411, WO 2011/134710, WO 2011/154178, DE 10 2010 023 130, DE 20 2011 104 707, WO 2011/107353, DE 102010061952, WO 2012/116909, WO 2012/107274, WO 2012/104292 и WO 2013/167634. Магнитный сепаратор предпочтительно дополнительно содержит, по меньшей мере, один магнит, который может перемещаться вдоль канала, по которому течет суспензия, содержащая намагничиваемые частицы. Магнитный сепаратор предпочтительно представляет собой противоточный сепаратор, т.е. с движением магнитного поля противоположно направлению потока суспензии. Напряженность магнитного поля может составлять, по меньшей мере, 0,1, предпочтительно, по меньшей мере, 0,3 и, в частности, по меньшей мере, 0,5 Тл.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения с помощью оборудования, используемого для магнитной сепарации, в ходе сепарации можно промыть агломерат дисперсантом, предпочтительно водой. Промывка предпочтительно требует удаления из агломерата инертного материала, т.е. материала, не являющегося гидрофобным.

Этот этап магнитной сепарации может повторяться, в частности, путем повторной подачи немагнитного продукта на предшествующий этап сепарации через канал последовательных этапов сепарации или путем модуляции магнитного поля. На этих последовательных этапах сепарации (которые в данной области именуют дополнительной очисткой) до этапа магнитной сепарации могут добавляться дополнительные количества собирателя и/или гидрофобных магнитных частиц в соответствии с описанием выше для этапа b). После первого этапа сепарации и перед вторым этапом сепарации может осуществляться перемешивание агломератов для выделения и сепарации захваченных частиц второго типа на втором этапе сепарации (которые в данной области именуют очисткой).

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения сепарацию на этапе c) осуществляют любым одним способом сепарации или комбинацией, по меньшей мере, двух способов, которые выбраны из просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации, предпочтительно выбраны из просеивания, классификации и гравитационной концентрации.

Способ сепарации с помощью магнитного носителя также включает этап d), на котором происходит разрушение отделенных агломератов с получением суспензии, содержащей магнитные частицы в неагломерированной форме.

Разрушение отделенных агломератов и сепарация целевых частиц от магнитных частиц, как правило, осуществляют для рециркуляции магнитных частиц. Сепарация целевых частиц и магнитных частиц может осуществляться с использованием магнитного поля. Как описано выше в отношении отделения агломератов от загруженного сырья, сепарация магнитных частиц и целевых частиц также может выполняться один или несколько раз, при необходимости, с перемешиванием и извлечением захваченных немагнитных частиц между этапами сепарации.

Разрушение может осуществляться путем добавления расщепляющего агента. Расщепляющий агент может включать органические растворители, основные соединения, кислотные соединения, окислители, восстанавливающие агенты, поверхностно-активные вещества или их смеси. Предпочтительно, расщепляющий агент включает смесь воды и поверхностно-активного вещества.

Примерами органических растворителей, которые могут быть использованы в качестве расщепляющих агентов, являются спирты, такие как метанол, этанол, пропанол, например, н-пропанол или изо-пропанол; ароматические растворители, например, бензол, толуол, ксилолы; простые эфиры, например, диэтиловый эфир, метил-трет-бутиловый эфир; кетоны, например, ацетон; ароматические или алифатические углеводороды, например, насыщенные углеводороды, например, углеводороды с 6-10 атомами углерода, например, додекан, дизельное топливо и их смеси. Основными компонентами дизельного топлива являются преимущественно алканы, циклоалканы и ароматические углеводороды, содержащие 9-22 атома углерода на молекулу, с интервалом кипения 170-390°C.

Кислотные соединения могут представлять собой минеральные кислоты, например, HCl, H₂SO₄, HNO₃ или их смеси, органические кислоты, например карбоновые кислоты.

В качестве окислителей можно использовать H₂O₂, например, в виде водного раствора с концентрацией 30 мас. %.

Примерами основных соединений являются водные растворы основных соединений, например, водные растворы гидроксидов щелочных и/или щелочноземельных металлов, например, KOH или NaOH;

известковая вода, водные растворы аммиака, водные растворы органических аминов.

Примерами поверхностно-активных веществ являются неионогенные, анионные, катионные и/или цвиттерсионные поверхностно-активные вещества. В предпочтительном варианте осуществления изобретения, расщепление осуществляют путем использования предпочтительно биodeградируемых и/или неионогенных ПАВ с концентрациями в пределах критических концентраций мицеллообразования или в более высоких концентрациях. Предпочтительно, расщепляющий агент представляет собой неионогенное ПАВ, которое добавляют в количестве 0,001-10 мас.%, предпочтительно 0,01-1 мас.% из расчета на массу всего количества твердой фазы, используемой на этапе d). Концентрация поверхностно-активного вещества предпочтительно, по меньшей мере, больше, чем критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) ПАВ, более предпочтительно, по меньшей мере, в два раза выше, чем ККМ ПАВ.

Разрушению также можно способствовать механическими способами, например, с использованием ультразвука, перемешивания или путем нагнетания давления в цикле или путем измельчения.

Способ сепарации с помощью магнитного носителя также включает этап e): отделение магнитных частиц, полученных на этапе d), способом сепарации, выбранным из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

Магнитные частицы, полученные на этапе e), могут быть использованы для замены всех или части свежих магнитных частиц на этапе b).

Способ сепарации с помощью магнитного носителя, при необходимости, включает этап f): повторная подача магнитных частиц, полученных на этапе e), на этап b).

Технологические схемы способов по изобретению являются сложными, и поэтому для управления соответствующими установками потребуется сложная система управления технологическим процессом, включающая датчики и исполнительные механизмы, управляемые мощной вычислительной системой.

Примеры

Пример 1. Предварительное обогащение.

Способ по настоящему изобретению может быть использован для предварительного обогащения, как показано на схеме 1a и 1b. Преимущество применения этого способа для предварительного обогащения заключается в том, что для него требуется лишь небольшая площадь в районе добычи.

Пример 1a.

В этом примере добытую руду обрабатывают путем измельчения и сепарации для получения исходного материала для этапа a) способа по настоящему изобретению. Для предварительного обогащения используют последовательность этапов от a) до f), где на этапах c) и e) используют магнитную сепарацию. Для этого требуется, чтобы сырье, получение которого осуществляют на этапе a), было обработано таким образом, чтобы целевой материал, агломерация которого с магнитными частицами будет осуществляться на этапе b), имел правильное гранулометрический состав и степень свободы, т.е. чтобы было достаточно свободной поверхности целевого материала для адсорбции агент-собираетель. Обработку сырья перед этапом a) осуществляют путем последовательности этапов дробления, измельчения и дополнительной сепарации. Такая дополнительная сепарация может быть выбрана из сортировки, электросепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации, сепарации в тяжелой среде и флотации или представлять собой любую комбинацию этих способов. Кроме способов дополнительной сепарации, описанных в настоящем изобретении, перед этапом a) можно использовать дополнительную магнитную сепарацию, если руда содержит магнитные или намагничиваемые минеральные вещества, такие как магнетит или пирротин.

Добытая руда



Дробление/измельчение и дальнейшая сепарация



Этап a)



Этапы b) – e) и, при необходимости, f)

В ходе дополнительной сепарации перед этапом a) будет получен целевой материал, который в конечном итоге будет составлять сырье для этапа a), и хвостовой материал, который может сразу же подаваться для сброса или подаваться на дальнейшие этапы измельчения и сепарации или рециркулироваться на этап измельчения и дополнительной сепарации перед этапом a).

Хвосты этапа c) представляют собой более грубые хвосты, которые могут сразу же подаваться для сброса или подвергаться дополнительной обработке с использованием любого способа концентрации, известного специалистам или описанного в настоящем изобретении в следующих Примерах 2) (Удаление примесей).

Продукт этапа c) представляет собой более грубый концентрат, который может подвергаться до-

полнительной обработке с использованием любого способа концентрации, известного специалистам или описанного в настоящем изобретении в следующих примерах 3 ("Очистка").

Пример 1b.

В этом примере в ходе дополнительной сепарации, которую, как на схеме 1a), осуществляют перед этапом а) способа по настоящему изобретению, получают, по меньшей мере, две разные фракции исходной руды, которые могут обрабатываться параллельно: по меньшей мере, одна фракция может обрабатываться на этапах а) - е) и, при необходимости, f), из которых либо этап с), либо этап е), либо оба эти этапа представляют собой магнитную сепарацию, и, по меньшей мере, одна вторая фракция может обрабатываться с использованием способа, выбранного из этапов дополнительной сепарации по настоящему изобретению и магнитной сепарации. Дополнительная сепарация перед этапом а) может представлять собой сепарацию, в ходе которой образуются 2 фракции, различающиеся в основном размером и массой частиц, то есть такой способ сепарации, как просеивание, классификация или гравитационная сепарация. Таким образом, одна фракция может лучше подходить для обычной флотации, в то время как другая фракция может быть слишком мелкой для обычной флотации и может быть успешно переработана с использованием способа, включающего этапы а) - е) и, при необходимости, f). Такой способ можно описать следующей схемой:

Добытая руда

↓

Дробление/измельчение и дальнейшая сепарация

↓

↓

Этап а) – часть 1 дополнительная сепарация и магнитная сепарация – часть 2

↓

Этапы b) – е) и, при необходимости, f)

В качестве альтернативы в ходе дополнительной сепарации перед этапом а) могут быть получены фракции, различающиеся по минеральному составу, например, одна фракция может содержать преимущественно минералы типа 1, а другая - минералы типа 2. Способы сепарации, с использованием которых можно сортировать частицы по минеральному составу, включают сортировку, электросепарацию, флотацию, магнитную сепарацию и обогащение в тяжелой среде.

Продукты этапа с) и е) представляют собой более грубые хвосты и более грубый концентрат одной фракции соответственно и более грубые хвосты и более грубый концентрат другой фракции. Оба концентрата и хвосты могут подвергаться дополнительной обработке с использованием любого способа концентрации, известного специалистам или описанного в настоящем изобретении в следующих Примерах 2) и 3).

Пример 1с.

В приведенных выше примерах в способе с этапами а)-е) и, при необходимости, f) на этапах с) и е) осуществляют магнитная сепарация. В качестве альтернативы дополнительными способами сепарации, которые не являются магнитной сепарацией, могут быть этап с) или этап е). На этапе с) может осуществляться флотация, которая усиливается агломерацией с магнитными частицами на этапе b). Затем флотационный концентрат, содержащий эти агломераты, подают на этап d), где происходит разрушение агломератов, а на этапе е) осуществляют отделение магнитных частиц посредством магнитной сепарации.

Пример 1d.

Еще одним примером является способ, описанный в примерах 1a) и 1b), когда на этапах способа а)-е) и, при необходимости, f) этап е) представляет собой дополнительную сепарацию, т.е. сепарацию, отличную от магнитной сепарации. На этапе d) осуществляют разрушение агломератов в концентрате, полученном путем магнитной сепарации на этапе с). Суспензия, полученная на стадии d), содержащая целевые минералы и магнитные частицы, может быть переработана на этапе флотации с использованием гидрофобных свойств магнитных частиц, которые будут собираться во флотационной пене.

Пример 2. Удаление примесей.

Способ по настоящему изобретению может быть использован для удаления примесей. Исходным материалом, как правило, являются хвосты другого этапа с низкой концентрацией целевого материала. Предшествующий этап может представлять собой любой способ концентрации, известный специалистам или способ по настоящему изобретению, в результате которого образуются хвосты. Хвосты могут подвергаться обработке путем измельчения для выделения еще не высвобожденных целевых минералов. Полученный материал будет сырьем, получение которого осуществляют на этапе а) способа по настоящему изобретению. Дальнейшая обработка в соответствии с этапами b) - е) и, при необходимости, f) может проводиться аналогично описанию в примерах 1a), 1b), 1c) и 1d).

Пример 3. Очистка.

Способ по настоящему изобретению может быть использован для очистки. Исходный материал, как

правило, представляет собой концентрат с предыдущего этапа сепарации. Как правило, соответствующий исходный материал, который подают на этап а), богат целевыми минералами. Предшествующий этап может представлять собой любой способ концентрации, известный специалистам или способ по настоящему изобретению, в результате которого образуется концентрат. Концентрат может подвергаться обработке путем измельчения для выделения еще не высвобожденных целевых минералов. Полученный материал будет сырьем, получение которого осуществляют на этапе а) способа по настоящему изобретению. Дальнейшая обработка в соответствии с этапами б)-е) и, при необходимости, ф) может проводиться аналогично описанию в примерах 1а), 1б), 1с) и 1д).

Пример 4. Обработка крупных частиц.

Способ по настоящему изобретению может быть использован для обработки крупных частиц, как показано на схеме ниже. В ходе обработки полезных ископаемых часто устанавливают контуры измельчения/классификации, чтобы оптимизировать высвобождение целевого материала. Как правило, после измельчения мелкие частицы подвергают дальнейшей обработке на других этапах, тогда как крупные частицы возвращают на этап измельчения. Перед возвратом крупных частиц на этап измельчения они могут подвергаться концентрации путем обработки крупных частиц, как показано на схеме. Преимущество состоит в том, что крупные частицы, не содержащие желаемого материала, повторно не измельчают, и, таким образом, эффективность измельчения увеличивается.

Пример 4а.

Исходный материал: крупные частицы, полученные в результате измельчения и классификации.



1. Этап: крупные частицы на этапе а)-с) способа сепарации с помощью магнитного носителя и крупный концентрат (агломераты магнетита и носителя) подают обратно в мельницу, а крупные хвосты - в установку удаления примесей или в отвал.

Пример 4б.

Исходный материал: крупные частицы, полученные в результате измельчения и классификации.



1. Этап: крупные частицы на этапе а)-е) и, при необходимости, ф) способа сепарации с помощью магнитного носителя и крупный концентрат (агломераты магнетита и носителя) подают обратно в мельницу, а крупные хвосты - в установку удаления примесей или в отвал.

Пример 5. Обработка шлама.

На различных стадиях обработки полезных ископаемых может происходить образование шламов. Как правило, такие шламы с трудом поддаются сепарации, и их подача на многие этапы сепарации может быть невыгодной, поскольку они увеличивают пенообразование (эффект Пикеринга). Сепарацию шламов предпочтительно осуществляют с помощью гидроциклонов. Сепарация с помощью магнитного носителя - один из немногих подходящих методов концентрации целевого материала в шламах, например, в шламах, образующихся в результате обработки в гидроциклонах или на других этапах классификации.

Таким образом, способ по настоящему изобретению может быть использован для обработки шлама, как показано на схеме ниже.

Исходный материал: шлам, полученный на любом этапе сепарации.



1. Этап: шлам в способе сепарации с помощью магнитного носителя, полученный концентрат (агломераты носителя и магнетита) направляют в установку предварительного обогащения или на другие этапы CMS на заводе, а шламовые хвосты - в отвал.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ концентрации целевых частиц, включающий сепарацию с помощью магнитного носителя и включающий следующие этапы:

- а) предоставление сырья, содержащего целевые частицы и нежелательный материал;
- б) добавление гидрофобных магнитных частиц к сырью, в результате чего получают загруженное сырье, содержащее агломераты магнитных частиц и целевых частиц или магнитных частиц и нежелательного материала;
- в) отделение агломератов от загруженного сырья способом сепарации, в результате чего получают отделенные агломераты, при этом способ сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации;
- г) разрушение отделенных агломератов с получением суспензии, содержащей магнитные частицы в неагломерированной форме; и
- е) отделение магнитных частиц от суспензии, полученной на этапе г), способом сепарации, выбранным из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации; и
- ф) при необходимости, повторную подачу магнитных частиц, полученных на этапе е), на этап б);

г) при условии, что по меньшей мере одним способом сепарации, используемым на этапе с) или е), является магнитная сепарация, и

при этом способ включает по меньшей мере один дополнительный этап сепарации до или после этапов а), б), с), d) или е), и при этом один дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, электросепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации и флотации.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что гравитационную концентрацию осуществляют с помощью отсадочных машин (например, отсадочных машин Гарца, радиальных отсадочных машин производства компании ИНС, прямоточных отсадочных машин, работающих под давлением, двухкамерных диафрагмовых отсадочных машин, пневматических отсадочных машин);

спиральных концентраторов (например, спиральных концентраторов Хамфри, спиральных концентраторов с подачей с противоположных сторон),

концентрационных вибростолов (например, песковых столов, шламовых столов, двойных концентрационных столов, лабораторных сепараторов Мозли),

центрифужных концентраторов (например, центробежных отсадочных машин Келси, концентраторов фирмы Knelson, концентраторов фирмы Falcon, мультигравитационных сепараторов),

шлюзовых приборов (например, сжатых шлюзовых приборов),

конусных сепараторов (например, конусных сепараторов фирмы Reichert),

сепараторов с псевдооживленным слоем (например, сепараторов с поперечным потоком, классификаторов обратного потока), или

сепараторов для обогащения в тяжелой среде (например, гравитационных емкостей, таких как барабанные сепараторы, конусный сепаратор фирмы Wemco, ванна Дрюбой, промывочное устройство Norwalt; центробежных сепараторов, таких как гидроциклоны для плотной среды, водяные циклоны, сепаратор Vorsyl, сепаратор для обогащения крупного угля в тяжелой среде, вихревой сепаратор Дуна, сепаратор Tri-Flo), или

аппаратов для воздушной классификации (например, сепараторов с опрокидывающимся дном, сепараторов для разделения по плотности Floatex, сепараторов HydroFloat, сепараторов Allflux).

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что флотацию осуществляют с помощью механических флотационных машин (например, самовентилируемых машин или машин с принудительной подачей воздуха);

пневматических флотационных машин;

гибридных флотационных машин;

флотационных колонн;

реакторов/сепараторных флотационных машин,

флэш-флотационных машин,

гидрофлотационных сепараторов или

пакета элементов.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что сортировку обычно осуществляют вручную или с помощью датчиков, при этом тип датчика выбирают из датчика цвета в видимом свете, датчика ультрафиолетового излучения, датчика гамма-излучения, нейтронного излучения, кондуктометрического датчика, датчика рентгеновской флуоресценции, рентгеновской люминесценции, датчика инфракрасного излучения, датчика рамановского излучения или затухания на сверхвысоких частотах.

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что электросепарацию осуществляют путем электризации с помощью облучения ионами или электронами, индуктивной зарядки или трибоэлектризации.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что магнитную сепарацию осуществляют с помощью магнитных сепараторов низкой производительности, высокой производительности, сепараторов в магнитном поле высокой напряженности или сверхпроводящих магнитных сепараторов.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что классификацию осуществляют с помощью центробежных классификаторов (которые также именуют гидроциклонами) или гравитационных классификаторов, таких как седиментационные классификаторы, противоточные классификаторы или воздушные классификаторы.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что просеивание осуществляют с помощью сотрясательных грохотов, колосниковых решеток, дивергаторов Могенсена, барабанов-сит, дробилок Брэдфорда, валковых грохотов, грохотов с самоочищающейся подвижной просеивающей поверхностью, ротационных грохотов, грохотов фирмы Pansep, дуговых сит или барабанных грохотов.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что способ сепарации на этапе с) выбирают из сортировки, электросепарации, магнитной сепарации, просеивания, классификации, гравитационной концентрации, при этом, если на этапе дополнительной сепарации осуществляют флотацию, то флотацию не осуществляют на этапе с) или между этапом с) и этапом d).

10. Способ по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации осуществляют перед этапом b), между этапом b) и этапом d) или после этапа d).

11. Способ по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выби-

рают из гравитационной концентрации, которую осуществляют перед этапом b) агломерации, после этапа e) сепарации или после этапа b), и, при необходимости, гравитационную концентрацию осуществляют без пневмосепарации.

12. Способ по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выбирают из просеивания, которое осуществляют перед этапом b) агломерации, после этапа e) сепарации или после этапа b).

13. Способ по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют перед этапом b) агломерации, после этапа e) сепарации или после этапа b).

14. Способ по любому из пп.1-13, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки, которую осуществляют перед этапом b).

15. Способ по любому из пп.1-14, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выбирают из классификации, которую осуществляют перед этапом b).

16. Способ по любому из пп.1-15, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации осуществляют перед этапом a).

17. Способ по любому из пп.1-16, отличающийся тем, что дополнительный этап сепарации выбирают из сортировки и электросепарации и осуществляют в сухом состоянии перед этапом a).

18. Применение способа по любому из пп.1-17 для переработки полезных ископаемых для предварительного обогащения, удаления примесей или очистки минерального сырья.

