

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2773491

### СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Кусков Вадим Борисович (RU), Львов Владислав Валерьевич (RU)*

Заявка № 2021134144

Приоритет изобретения **23 ноября 2021 г.**

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации **06 июня 2022 г.**

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает **23 ноября 2041 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*В03В 7/00 (2022.02)*

(21)(22) Заявка: 2021134144, 23.11.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.11.2021

Дата регистрации:  
06.06.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.11.2021

(45) Опубликовано: 06.06.2022 Бюл. № 16

Адрес для переписки:  
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
Санкт-Петербургский ГУ, Патентно-  
лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Кусков Вадим Борисович (RU),  
Львов Владислав Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2535722 C2, 20.12.2014. RU  
2012144122 A, 27.04.2014. SU 229358 A1,  
23.10.1968. RU 2365425 C2, 27.08.2009. SU 566632  
A1, 30.07.1977. RU 2632059 C1, 02.10.2017. EA  
23145 B1, 29.04.2016. CN 101898168 A, 01.12.2010.  
ANTONIO PERES, "Environmental impact of  
an etheramine utilized as flotation collector", 7th  
International Mine Water Association (см.  
прод.)

## (54) СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых и может быть использовано при обогащении полезных ископаемых, разделяемые компоненты которых различаются по плотности, удельной магнитной восприимчивости и флотуемости, например, железных руд различного состава. Способ обогащения железных руд включает классификацию, измельчение, магнитно-гравитационное концентрирование в движущемся потоке, обработку реагентами. Обработку пульпы производят катионным реагентом-собирателем Flotigam EDA при расходе от 100 до 300 г/т и депрессором, в качестве которого

используют декстрин при расходе от 150 до 250 г/т, время обработки от 3 до 7 минут. Далее пульпу аэрируют и подают под давлением по касательной относительно внутренних стенок корпуса гидроциклона, в котором осуществляют магнитно-гравитационное концентрирование и флотацию с получением железного концентрата и хвостов. В питающей трубке гидроциклона пульпу намагничивают постоянным магнитным полем с последовательно увеличивающейся от 0 до 0,1 Тл индукцией. Технический результат - повышение эффективности разделения железных руд и повышение удельной производительности процесса. 4 табл.

(56) (продолжение):

Congress, Ustron, Poland, 2000, с. 464-471. ПОПЕРЕЧНИКОВА О.Ю. "Разработка технологии обратной катионной флотации окисленных железистых кварцитов", Диссертация, Москва, 2017.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B03B 7/00 (2022.02)*

(21)(22) Application: **2021134144, 23.11.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**23.11.2021**

Registration date:  
**06.06.2022**

Priority:

(22) Date of filing: **23.11.2021**

(45) Date of publication: **06.06.2022** Bull. № 16

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, Sankt-Peterburgskij GU, Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Kuskov Vadim Borisovich (RU),  
Lvov Vladislav Valerevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR ENRICHMENT OF IRON ORES**

(57) Abstract:

FIELD: mineral processing.

SUBSTANCE: proposed invention relates to the field of mineral processing and can be used in the processing of minerals, the separated components of which differ in density, specific magnetic susceptibility and floatability, for example, iron ores of various compositions. The method for enrichment of iron ores includes classification, grinding, magnetic-gravitational concentration in a moving stream, treatment with reagents. The pulp is treated with a cationic Flotigam EDA collector at a flow rate of 100 to 300 g/t and a depressant, which is dextrin at a flow rate of 150 to 250

g/t, the processing time is from 3 to 7 minutes. Next, the pulp is aerated and fed under pressure tangentially relative to the inner walls of the hydrocyclone body, in which magnetic-gravity concentration and flotation are carried out to obtain iron concentrate and tailings. In the hydrocyclone feed pipe, the pulp is magnetized by a constant magnetic field with induction successively increasing from 0 to 0.1 T.

EFFECT: increasing the efficiency of separation of iron ores and increasing the specific productivity of the process.

1 cl, 4 tbl

Изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых и может быть использовано при обогащении полезных ископаемых, разделяемые компоненты которых различаются по плотности, удельной магнитной восприимчивости и флотуруемости, например, железных руд различного состава.

5 Известен способ обогащения железной руды (патент РФ № 2307710, опубл. 10.10.2007), в котором измельченный в первой стадии измельчения материал, предназначенный для первой стадии мокрой магнитной сепарации, подают в аппарат, где его разделяют по плотности на тяжелый песковый и легкий сливной продукт, после чего легкий сливной продукт подвергают магнитной сепарации с получением магнитного и немагнитного  
10 продуктов, при этом немагнитный продукт выводят из процесса и сбрасывают в отвал, а магнитный продукт направляют в питание мельницы.

Основные недостатки способа в сравнительно низкой эффективности разделения особенно в случае обогащения мелковкрапленных материалов, разделяемые компоненты которых слабо различаются по плотности и по удельной восприимчивости.

15 Известен способ о способ мокрого магнитного обогащения тонковкрапленных смешанных железных руд (патент РФ № 2147936, опубл. 27.04.2000), который включает дробление исходной руды, измельчение дробленого продукта, магнитную гидросепарацию измельченной руды, выделение отходов обогащения магнитной гидросепарацией. Отходы магнитной сепарации песков гидросепараторов постоянно  
20 возвращают в голову процесса в виде циркулирующей нагрузки до тех пор, пока они не уйдут из процесса в виде слива магнитных гидросепараторов. Питание магнитных сепараторов подвергают каскадному перемешиванию в магнитных полях. Изобретение повышает извлечение металла в концентрат.

Основные недостатки способа в низкой эффективности разделения особенно в случае  
25 обогащения мелковкрапленных материалов, разделяемые компоненты которых слабо различаются по плотности и по удельной восприимчивости.

Известен способ обогащения железных руд сложного вещественного состава (патент РФ № 2432207, опубл. 27.10.2011), который включает измельчение исходного материала, его классификацию на тонкую и крупную фракции, измельчение крупной фракции,  
30 обесшламливание и магнитную сепарацию тонкой фракции с получением магнетитового концентрата и хвостов мокрой магнитной сепарации. Первоначально хвосты подвергают первичной гидравлической классификации в гидроциклонах с выделением крупных фракций песков и тонких фракций слива, затем тонкие фракции слива первичной гидравлической классификации подвергают вторичной гидравлической классификации  
35 в гидроциклонах в одну или несколько стадий с выделением тонких фракций слива и воды в хвосты, а крупные фракции сгущенных песков подвергают контрольной гидравлической классификации в одну или несколько стадий с направлением тонких фракций слива и воды в хвосты. Пески первичной и контрольной гидравлической классификации подвергают механической классификации на просеивающих поверхностях  
40 высокочастотных вибрационных грохотах в режиме виброкипения и сегрегации минеральных фракций по объемной плотности и крупности с повышением массовой доли железа общего в подрешетном продукте, при этом надрешетные продукты механической классификации песков первичной и контрольной гидравлической классификации направляют в хвосты, а подрешетные продукты объединяют, усредняют  
45 в режиме перемешивания и направляют на флотацию или подвергают разделению на винтовых сепараторах с получением гематитового концентрата и хвостов.

Основные недостатки способа в сравнительно низкой эффективности разделения особенно в случае обогащения мелковкрапленных материалов, разделяемые компоненты

которых слабо различаются по плотности и по удельной восприимчивости.

Известен способ обогащения железных руд (патент РФ № 2500822, опубл. 10.12.2013), который включает дробление и измельчение рудного сырья, ее селективную флокуляцию, дешламацию и магнитную сепарацию песков дешламации с получением железорудного концентрата, при измельчении рудного сырья его обрабатывают диспергатором, содержащим силикатные соли, расход которых составляет 0,2-0,6 кг на тонну измельченной руды, при этом в качестве силикатных солей используют 1,0-1,5% массовой доли соли тяжелых металлов в виде хрома, меди или цинка, а селективную флокуляцию частиц измельченной руды выполняют в жидкой среде дешламатора при рН 7,0-10,5, что позволяет обеспечить эффективное разделение минеральной составляющей железорудного сырья с получением высококачественного концентрата и отвальных хвостов обогащения.

Основные недостатки способа в сравнительно низкой эффективности разделения особенно в случае обогащения мелковкрапленных материалов, разделяемые компоненты которых слабо различаются по плотности и по удельной восприимчивости.

Известен способ получения магнетитового концентрата (патент РФ № 2535722, опубл. 20.12.2014), принятый за прототип, предусматривающий классификацию, доизмельчение, магнитную сепарацию и магнитную дешламацию с получением магнетитового концентрата и отвальных хвостов, перед доизмельчением рядового магнетитового концентрата осуществляют его предварительную подготовку путем уплотнения и дезактивации, магнитно-гравитационное концентрирование в восходящем потоке и электромагнитном поле с получением отвальных хвостов и чернового концентрата и классификацию чернового концентрата на крупный и тонкий продукты, при этом крупный продукт доизмельчают перед объединением с тонким с последующей дешламацией и магнитной сепарацией.

Основные недостатки способа в сравнительно низкой производительности процесса и эффективности разделения, особенно в случае обогащения мелковкрапленных материалов, разделяемые компоненты которых слабо различаются по плотности и по удельной магнитной восприимчивости.

Техническим результатом является повышение эффективности разделения железных руд и повышение удельной производительности процесса при одновременном его упрощении.

Технический результат достигается тем, что обработку пульпы производят катионным реагентом-собирателем Flotigam EDA при расходе от 100 до 300 г/т и депрессором, в качестве которого используют декстрин при расходе от 150 до 250 г/т, время обработки от 3 до 7 минут, затем пульпу аэрируют и подают под давлением по касательной относительно внутренних стенок корпуса гидроциклона, в котором осуществляют магнитно-гравитационное концентрирование и флотацию с получением железного концентрата и хвостов, при этом в питающей трубке гидроциклона пульпу намагничивают постоянным магнитным полем с последовательно увеличивающейся от 0 до 0,1 Тл индукцией.

Способ осуществляется следующим образом. Исходное сырье подвергают мокрому измельчению до крупности от 60 до 99 % класса 74 мкм. Полученную пульпу обрабатывают в контактном чане катионным реагентом-собирателем в качестве которого используют Flotigam EDA при расходе от 100 до 300 г/т и депрессором в качестве которого используют декстрин при расходе от 150 до 250 г/т, и времени обработки от 3 до 7 минут. После реагентной обработки пульпу аэрируют. Затем под давлением подают через расположенной по касательной питающий патрубок в

гидроциклон. В питающем патрубке пульпу намагничивают постоянным магнитным полем с последовательно увеличивающейся от 0 до 0,1 Тл индукцией. Магнитное поле создается, например, при помощи постоянных магнитов. При этом происходит намагничивание ферромагнитных частиц и их частичная селективная флокуляция. В гидроциклоне происходит магнитно-гравитационное концентрирование в движущемся потоке. Одновременно на пульпу воздействует неподвижным магнитным полем, с чередующейся полярностью создаваемом, например, при помощи постоянных магнитов. Частицы, за счет их вращения внутри гидроциклона, последовательно проходят мимо участков с различной полярностью магнитного поля. При этом магнитные флокулы постоянно разрушаются и снова образуются, соответственно, немагнитные частицы «захваченные» во флокулу освобождаются. Одновременно, в циклонном аппарате происходит флотация. Причем, немагнитные частицы, за счет реагентной обработки, ставшие гидрофобными, закрепляются на пузырьках воздуха, уменьшая плотность агрегатов «немагнитные частицы – воздух». Соответственно, различие в плотностях магнитных и немагнитных частиц повышается и эффективность их разделения увеличивается. В результате получают железный концентрат, который отправляют на дальнейшую переработку и хвосты, направляемые в отвал.

Способ поясняется следующими примерами.

Обогащению подвергалась гематитомагнетитовая руда одного из месторождений Курской магнитной аномалии с содержанием железа общего – 41,16 %. Руда подвергалась мокрому измельчению в шаровой мельнице до крупности 85 % класса мельче 74 мкм. Полученная пульпа в контактном чане обрабатывалась катионным реагентом-собирателем Flotigam EDA (производства фирмы Clariant), и реагентом депрессором – декстрином. После реагентной обработки пульпа аэрировалась и под давлением подавалась в полиуретановый гидроциклон. Вокруг питающего патрубка гидроциклона размещались постоянные магниты в четыре ряда с возможностью изменения их магнитной индукции от 0 до 0,12 Тл. Вокруг корпуса гидроциклона размещались постоянные магниты с чередующейся полярностью и с магнитной индукцией на их поверхности 0,08 Тл.

Влияние расхода реагента собирателя на результаты обогащения показано в таблице 1.

Таблица. 1 Влияние расхода реагента собирателя на результаты обогащения.

| № опыта | Расход собирателя, г/т | Выход концентрата, % | Содержание железа в концентрате, % | Извлечение железа в концентрат, % |
|---------|------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1       | 70                     | 47,4                 | 63,17                              | 72,75                             |
| 2       | 100                    | 48,8                 | 66,82                              | 79,22                             |
| 3       | 200                    | 49,1                 | 68,38                              | 81,57                             |
| 4       | 300                    | 51,3                 | 67,13                              | 83,67                             |
| 5       | 330                    | 53,1                 | 65,23                              | 84,15                             |

Как видно из результатов таблицы уменьшение расхода реагента собирателя меньше 100 г/т ведет к заметному снижению содержания и извлечения железа в концентрат. Увеличение расхода собирателя также ведет к снижению содержания железа в концентрате.

Влияние расхода реагента депрессора на результаты обогащения показано в таблице 2.

Таблица. 2 Влияние расхода реагента депрессора на результаты обогащения.

| № опыта | Расход декстрина, г/т | Выход концентрата, % | Содержание железа в концентрате, % | Извлечение железа в концентрат, % |
|---------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|---------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|

|   |     |      |       |       |
|---|-----|------|-------|-------|
| 1 | 130 | 58,8 | 61,76 | 88,23 |
| 2 | 150 | 52,9 | 66,89 | 85,97 |
| 3 | 200 | 51,2 | 68,51 | 85,22 |
| 4 | 250 | 50,8 | 68,72 | 84,81 |
| 5 | 280 | 48,7 | 68,73 | 81,32 |

5 Как видно из результатов таблицы уменьшение расхода реагента депрессора ниже 150 г/т ведет к существенному снижению содержания железа в концентрате. Увеличение расхода депрессора больше 250 г/т ведет к заметному снижению извлечения железа в концентрат практически без роста содержания железа в концентрате.

10 Влияние величины магнитной индукции намагничивания на результаты обогащения показано в таблице 3.

Таблица. 3. Влияние величины магнитной индукции на результаты обогащения

| № | Диапазон индукции, Тл | Выход концентрата, % | Содержание железа в концентрате, % | Извлечение железа в концентрат, % |
|---|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0 - 0,08              | 46,7                 | 66,02                              | 74,91                             |
| 2 | 0 - 0,1               | 51,3                 | 68,54                              | 85,43                             |
| 3 | 0 - 0,12              | 52,4                 | 67,01                              | 85,31                             |

15 Как видно из результатов таблицы выход магнитной индукции за пределы диапазона 0–0,1 Тл ведет к снижению технологических показателей обогащения.

20 Влияние времени обработки реагентами приведено в таблице 4.

Таблица. 4. Влияние времени обработки реагентами на результаты обогащения

| № | Время обработки реагентами, мин | Выход концентрата, % | Содержание железа, % | Извлечение железа, % |
|---|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2                               | 42,3                 | 64,16                | 65,94                |
| 2 | 3                               | 47,4                 | 66,32                | 76,37                |
| 3 | 5                               | 51,8                 | 68,55                | 86,27                |
| 4 | 7                               | 52,1                 | 68,14                | 86,25                |
| 5 | 9                               | 52,2                 | 68,11                | 86,38                |

25 Как видно из результатов таблицы уменьшение времени обработки реагентами меньше 3 минут ведет к снижению содержания и извлечения железа в концентрате. Увеличение времени обработки реагентами больше 7 минут не улучшает результаты обогащения, но ведет к снижению производительности процесса и следовательно нерационально.

30 Заявляемый способ позволяет повысить эффективность обогащения железных руд и производительность процесса за счет одновременного воздействия на разделяемые частицы руды центробежного и магнитного полей.

#### (57) Формула изобретения

35 Способ обогащения железных руд, включающий классификацию, измельчение, магнитно-гравитационное концентрирование в движущемся потоке, обработку реагентами, отличающийся тем, что обработку пульпы производят катионным реагентом-собирателем Flotigam EDA при расходе от 100 до 300 г/т и депрессором, в качестве которого используют декстрин при расходе от 150 до 250 г/т, время обработки от 3 до 7 минут, затем пульпу аэрируют и подают под давлением по касательной относительно внутренних стенок корпуса гидроциклона, в котором осуществляют магнитно-гравитационное концентрирование и флотацию с получением железного концентрата и хвостов, при этом в питающей трубке гидроциклона пульпу намагничивают постоянным магнитным полем с последовательно увеличивающейся от 0 до 0,1 Тл индукцией.