

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2856241

### СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ КРАСНЫХ ШЛАМОВ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Бричкин Вячеслав Николаевич (RU), Пишрайнен Виктор Юрьевич (RU), Старовойтов Владимир Николаевич (RU), Баринков Владислав Михайлович (RU)*

Заявка № 2025115896

Приоритет изобретения 09 июня 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 20 февраля 2026 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 09 июня 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





(51) МПК  
*C22B 7/00* (2006.01)  
*C21B 15/00* (2006.01)  
*C22B 1/245* (2006.01)  
*B03C 1/02* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*C22B 7/00* (2026.01); *C21B 15/00* (2026.01); *C22B 1/245* (2026.01); *B03C 1/02* (2026.01); *Y02W 30/52* (2026.01); *Y02P 10/20* (2026.01)

(21)(22) Заявка: 2025115896, 09.06.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.06.2025

Дата регистрации:  
20.02.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.06.2025

(45) Опубликовано: 20.02.2026 Бюл. № 5

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный  
 отдел

(72) Автор(ы):

Бричкин Вячеслав Николаевич (RU),  
 Пиирайнен Виктор Юрьевич (RU),  
 Старовойтов Владимир Николаевич (RU),  
 Баринков Владислав Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Санкт-Петербургский горный  
 университет императрицы Екатерины II"  
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: RU 2787918 C1, 13.01.2023.

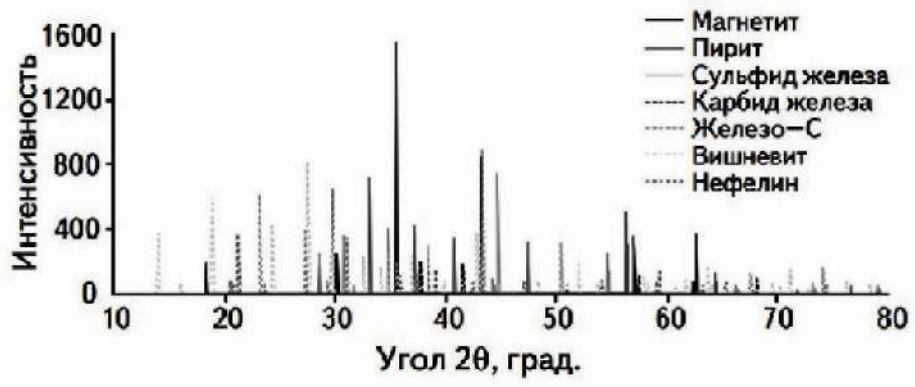
МИХАЙЛОВ А.В. и др. Анализ перспектив  
 использования торфяных почвоулучшителей  
 для рекультивации нарушенных земель.  
 Горная промышленность. 2025, (2), 13.03.2025.  
 RU 2782894 C1, 07.11.2022. RU 2567977 C2,  
 10.11.2015. RU 2734423 C1, 16.10.2020. CN  
 207596922 U, 10.07.2018. CN 107739819 A,  
 27.02.2018.

(54) СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ КРАСНЫХ ШЛАМОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области переработки отходов глиноземного производства, в частности к их переработке в металлургическую шихту с получением окатышей. Способ переработки красных шламов включает смешивание шихты, содержащей железосодержащий красный шлам в пескообразном состоянии влажностью 30% и углеродосодержащий верховой торф влажностью 80%, и их измельчение в ножевом вертикальном измельчителе до однородного пастообразного состояния. При этом соотношение масс по сухому веществу красного шлама к торфу выдерживают от 1:1 до 1,22:1, а влажность смеси регулируют от 65 до 70% добавлением воды. Далее осуществляют окусковывание с получением

окатышей, их сушку. Отвержденные после сушки окатыши помещают в керамический тигель и загружают в камерную печь, в которой их нагревают до температуры от 560 до 700°C и выдерживают не менее 1 часа для восстановительного обжига. Обожженный материал размалывают и подвергают сухой магнитной сепарации, проводят при величине магнитной индукции в рабочей зоне 0,13 Тл, или мокрой магнитной сепарации при 0,35 Тл, с получением магнитного железосодержащего концентрата и немагнитных хвостов, которые отправляют в хвостохранилища. Обеспечивается получение ококованного магнитного железосодержащего концентрата. 3 ил., 6 табл.,



Фиг. 3

R U 2 8 5 6 2 4 1 C 1

R U 2 8 5 6 2 4 1 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C22B 7/00* (2006.01)  
*C21B 15/00* (2006.01)  
*C22B 1/245* (2006.01)  
*B03C 1/02* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C22B 7/00* (2026.01); *C21B 15/00* (2026.01); *C22B 1/245* (2026.01); *B03C 1/02* (2026.01); *Y02W 30/52* (2026.01); *Y02P 10/20* (2026.01)

(21)(22) Application: **2025115896, 09.06.2025**

(24) Effective date for property rights:  
**09.06.2025**

Registration date:  
**20.02.2026**

Priority:

(22) Date of filing: **09.06.2025**

(45) Date of publication: **20.02.2026** Bull. № 5

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "SPGU", Patentno-litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Brichkin Viacheslav Nikolaevich (RU),  
Piirainen Viktor Iurevich (RU),  
Starovoitov Vladimir Nikolaevich (RU),  
Barinkov Vladislav Mikhailovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD OF PROCESSING RED MUD**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to processing of alumina production waste, in particular to their processing into metallurgical charge with obtaining pellets. Method of processing red mud includes mixing charge containing iron-containing red mud in sand-like state with moisture content of 30% and carbon-containing high peat with moisture content of 80%, and their grinding in knife vertical grinder to homogeneous paste-like state. Ratio of masses by dry matter of red mud to peat is maintained from 1:1 to 1.22:1, and moisture content of mixture is regulated from 65 to 70% by adding water. Then pelletising is carried out to obtain

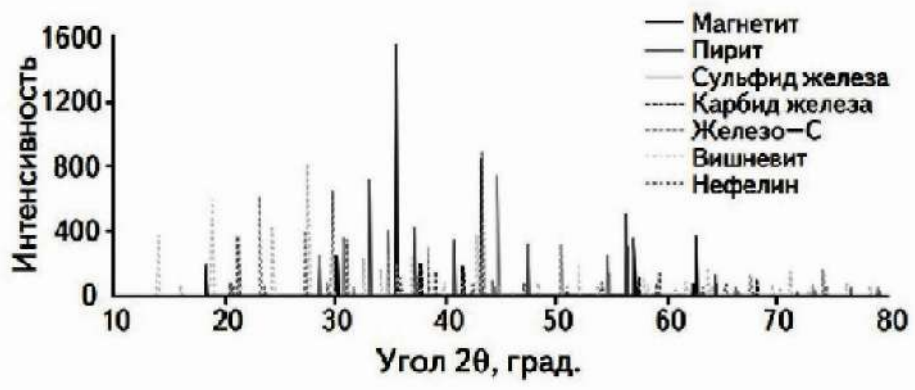
pellets, their drying. Pellets solidified after drying are placed in ceramic crucible and loaded into chamber furnace, where they are heated to temperature from 560 to 700°C and held for not less than 1 hour for reducing firing. Fired material is ground and subjected to dry magnetic separation, carried out at magnetic induction value in working zone of 0.13 T, or wet magnetic separation at 0.35 T, to obtain magnetic iron-containing concentrate and non-magnetic tails, which are sent to tailings dump.

EFFECT: obtaining coked magnetic iron-containing concentrate.

1 cl, 3 dwg, 6 tbl, 1 ex

RU 2 856 241 C1

RU 2 856 241 C1



Фиг. 3

R U 2 8 5 6 2 4 1 C 1

R U 2 8 5 6 2 4 1 C 1

Изобретение относится к области черной металлургии, в частности к производству комплексных топливно-плавильных материалов из природного органического сырья и отходов глиноземного производства путем их переработки в металлургическую шихту в виде окатышей.

5 Известен способ извлечения металлов из отхода глиноземного производства (Патент РФ №2567977, опубл. 10.11.2015), согласно которому его смешивают с углеродсодержащим восстановителем, после чего полученную смесь прессуют и плавят в диапазоне температур 1400-1500°C для получения масс железа и шлака, содержащего повышенное количество алюминия и титана.

10 Недостатками данного способа являются применение повышенных температур при получении низкой кратности шлака с содержанием 6-7% железа, а также необходимость проведения операций дополнительного отделения железа от расплавленного шлака и других металлов.

Известен способ переработки красного шлама, включающий подготовку шихты 15 (Патент РФ №2245371, опубл. 27.01.2005), содержащей КШ и уголь в качестве углеродистого восстановителя, согласно которому из подготовленной смеси производятся окатыши. При их «ожелезнении» восстановленное железо насыщается углеродом до 3,5-4,0%, после чего окатыши подаются на плавку холодными или горячими, остывшими до 500-600°C, при этом восстанавливаются не только оксиды 20 железа, но и другие окислы.

Недостатком данного способа является использование в качестве компонента шихты титаномагниевого руды, которая является причиной повышения температуры плавления до 1500-1550°C и влечет за собой сложность сопряжения этапов восстановления, 25 плавления и дальнейшего извлечения титана, а также нерациональность использования плавильного агрегата для твердофазного восстановления железа из шихты.

Известен способ переработки железосодержащих материалов (Патент РФ №2525394, опубл. 10.08.2014), в котором оксидный железосодержащий компонент смешивается с углеродным восстановителем и карбонатом кальция, проводится восстановительный обжиг при 700-1200°C с дальнейшим разделением полученного материала на 30 железосодержащую и силикатную составляющие методом магнитной или электростатической сепарации.

Недостатком данного способа является получение концентрата с содержанием Fe не более 60%.

Известен способ совместной переработки бокситов и красных шламов (Кожевников 35 Г.Н., Водопьянов А.Г., Паньков В.А., Кузьмин Б.П. Совместная комплексная переработка бокситов и красных шламов // Цветные металлы. 2013. №12. С. 36-39), включающий восстановительную плавку смеси с получением чугуна и шлака на основе алюминатов кальция, содержащего 0,288% PЗМ и 9,18% оксидов содержащихся редкоземельных металлов. Полученный шлак обрабатывали раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> с 40 добавкой NaOH для извлечения алюминия в раствор, а образующийся шлак обрабатывают растворами HNO<sub>3</sub> и NaOH с получением концентрата PЗЭ.

Недостатками данного способа являются низкая селективность извлечения компонентов и необходимость проведения 6 стадий выщелачивания, при условии резкой 45 смены щелочной среды на кислотную и обратно.

Известен способ получения топливно-плавильных материалов на основе торфа и руды (И.В. Геблер, С.И. Смольянинов. «Топливо-плавильные материалы на основе торфа» Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, т. 126, 1964, сс. 8-11), содержащей в своем составе 40% железа, и флюсов при

соотношении углерод: железо как 0,9:1, далее проводили окомковывание с естественной сушкой до 15-20% влажности и последующей термообработкой при 800°C, при этом процент восстановленного железа достигает 60-70%.

Недостатком данного способа является получение конечного продукта с восстановленным железом не более 70% от общей массы. Также необходимость дополнительного измельчения компонентов до класса крупности не более 88 мкм, которая ведет к усложнению технологического процесса.

Известен способ получения железосодержащего концентрата из шихты (Патент РФ №2787918, опубл. 13.01.2023), принятый за прототип, включающий приготовления шихты из красного шлама и сульфатносодовой смеси, с помощью восстановительного обжига в интервале 1150-1300°C с последующей магнитной сепарацией. Восстановление происходит за счет добавление коксовой мелочи в количестве 200 кг/т смеси.

Недостатками данного способа являются необходимость проведения стадии предварительной сушки при температуре 100-300°C и двух стадий термической обработки с выдержкой при 1100°C и 1300°C для получения требуемого содержания железа в концентрате и ведущих к усложнению технологического процесса. Также максимальная степень извлечения железа в концентрат методом магнитной сепарации достигается при тонкости помола менее 54 мкм.

Техническим результатом является получение окомкованного магнитного железосодержащего концентрата.

Технический результат достигается тем, что при смешивании в ножевой вертикальный измельчитель добавляют железосодержащий красный шлам в пескообразном состоянии влажностью 30% и углеродосодержащий верховой торф влажностью 80% и измельчают их до однородного пастообразного состояния, при этом соотношение масс по сухому веществу красного шлама к торфу выдерживают от 1:1 до 1,22:1, а влажность смеси регулируют от 65 до 70% добавлением воды, при этом отвержденные после сушки окатыши помещают в керамический тигель и загружают в камерную печь, в которой их нагревают до температуры от 560°C до 700°C и выдерживают не менее 1 часа, причем сухую магнитную сепарацию проводят при величине магнитной индукции в рабочей зоне 0,13 Тл, а влажную - при 0,35 Тл, с получением магнитного железосодержащего концентрата и немагнитных хвостов, которые отправляют в хвостохранилища.

Способ поясняется следующими примерами.

Фиг. 1 - график изменения статической прочности от рН смеси;  
 фиг. 2 - график изменения показателя крошимости от рН смеси;  
 фиг. 3 - фазовый анализ восстановленных окатышей при 560°C.

Способ осуществляется следующим образом. На этапе подготовки шихтового материала, в ножевой вертикальный измельчитель добавляют железосодержащий красный шлам в пескообразном состоянии и влажностью 30%, химический состав которого представлен в таблице 1,

Таблица 1 - Химический состав красного шлама, % масс.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O (общ.)*	ппп
15,83	40,92	13,10	9,37	4,45	0,89	4,75	8,40

\* - массовая доля суммы оксидов натрия и калия в пересчете на оксид натрия

и углеродсодержащий верховой торф с влажностью 80%, элементный состав которого представлен в таблице 2, после чего компоненты измельчаются до однородного пастообразного состояния.

Таблица 2 - Элементный состав верхового торфа, % масс.

C	O	Ca	H	Fe	N	S	P
52,41	31,57	6,39	5,02	3,11	1,38	0,1	0,02

Соотношение масс по сухому веществу красного шлама к торфу выдерживают от 1:1 до 1,22:1. В процессе измельчения увлажненность смеси регулируется от 65 до 70 %, добавлением воды. Затем полученную однородную пастообразную шихтовую смесь загружают порционно из ножевого измельчителя в окомкователь дискового типа, в котором проводят окусковывание с получением окатышей. Полученные окатыши диаметром не менее 10 миллиметров извлекают из окомкователя и сушат на воздухе. Далее отвержденные после сушки окатыши помещают в керамический тигель и закрывают крышкой, например, из графитового войлока, граффлекса и графита в виде пластины, и загружают в камерную печь и нагревают до температуры от 560°C до 700°C. После нагрева проводят выдержку при заданных условиях не менее 1 часа. После проведения термической выдержки, полученные ооксованные окатыши черного цвета охлаждают в печи, затем извлекают из тигля. После этого проводят анализ структуры и морфологии для выявления магнитных железосодержащих фаз магнетита и маггемита, используя сканирующий электронный микроскоп Tescan Vega и микрорентгеноспектральный анализ химического состава с помощью рентгеновского энергодисперсионного микроанализатора Aztec X-Act (Oxford Instruments). Затем, обожженные окатыши загружаются в молотковую дробилку и измельчают, с получением магнитного порошка. Полученный магнитный порошок загружают в вибрационный истиратель и размалывают до состояния порошка с классом крупности содержащихся фракций в нем до 0,1 миллиметра. Полученный размолотый порошок загружают в сепаратор барабанного типа и проводят сухую сепарацию, при этом величина магнитной индукции в рабочей зоне составляет 0,13 Тл, с получением магнитного железосодержащего концентрата и немагнитных хвостов, которые отправляют в хвостохранилища. При проведении мокрой магнитной сепарации, величина магнитной индукции в рабочей зоне составляет 0,35 Тл, с получением магнитного железосодержащего концентрата, технической воды, которую откачивают в канализацию и немагнитных хвостов, которые отправляют в хвостохранилища. Магнитный железосодержащий концентрат, является конечным продуктом способа. Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1. Вначале определяется состав и влажность исходных компонентов и их количество для введения в смесь, исходя из расчета по сухому веществу от общей массы красного шлама к торфу от 1:1 до 1,22:1. Выбранный состав шихты обеспечивает взаимную нейтрализацию щелочного красного шлама и кислого торфа, а также формуемость смеси, для получения окатышей достаточной прочности, необходимой для их дальнейшей переработки. При соотношении красного шлама к торфу более 1,22:1 окусковывание смеси не происходит при любой степени увлажненности, имеет место повышенная крошимость окатышей, что делает невозможным их транспортировку для дальнейшей обработки. Также при расходе торфа относительно красного шлама меньше заявляемого, имеет место недостаток углерода, вследствие не полное восстановление соединений железа в смеси, что приводит к низким показателям магнитной сепарации. При количестве красного шлама в смеси менее 1:1 не происходит полная нейтрализация кислого торфа, что отрицательно сказывается на прочностных характеристиках окатышей и избыточном содержании восстановителя относительно соединений железа красного шлама. В таблице 3 и на фиг. 1 и 2 показано влияния значения рН композиционной смеси на изменение прочностных характеристик опытных образцов и их зависимости от % соотношения компонентов в смеси.

Таблица 3 - Изменение прочностных характеристик окатышей

№	Состав масс, кг		Соотношение компонентов по сух. в-ву, %		рН смеси	Крошимость, %	Статическая прочность, МПа
	КШ	торф	КШ	торф			
1	0,56	2,00	50,0	50,0	7,0	5,0 %	1,66
2	0,67	2,00	53,7	46,3	7,0	5,3 %	1,49
3	0,70	2,00	55,0	45,0	7,0	5,5 %	1,47
4	0,74	2,00	56,4	43,6	7,5	16,0 %	1,15
5	0,86	2,00	60,1	39,9	8,0	25,5 %	1,02
6	0,41	2,00	41,8	58,2	6,5	3,0 %	2,67

В полученных окатышах торф выступает в роли углеродсодержащего восстановителя железосодержащего красного шлама. Процесс восстановительной термической обработки, позволяющий обеспечить восстановление маггемита и магнетита отдельных фаз, проводится в интервале температур от 560°С до 700°С в течение не менее 60 минут и представлен в таблице 4 и на фиг. 3.

Таблица 4 - Результаты термической обработки

№	Масса компонентов смеси, кг			Режим обработки	Степень восстановления отдельных фаз Fe, %	Fe, % масс.
	торф	КШ	Соотношение компонентов по сух. в-ву, %			
1	0,120	0,040	1:1	1000°С в течение 1 ч	63,74	13,4
2	0,045	0,015	1:1	700°С в течение 1 ч	93,23	22,5
3	0,060	0,020	1:1	600°С в течение 1 ч	91,17	22,6
4	0,360	0,132	1:1	560°С в течение 1 ч	92,70	23,2
5	0,300	0,100	1:1	550°С в течение 1 ч	51,24	11,8

При температуре менее 560°С процесс характеризуется малой скоростью восстановительной реакции, в результате чего не образуется заметного количества железных фаз. При температуре процесса более 700°С происходит повторное окисление железа, уменьшающее количество отдельно восстановленных фаз. Выдержка 60 минут необходима для протекания реакция твердофазного восстановления. При выдержке менее 60 минут недостаточно времени для протекания реакции образования железосодержащих фаз.

Полученные обожженные окатыши дробятся и измельчаются до класса крупности не более 0,1 миллиметр. Это необходимо для эффективного протекания магнитной сепарации и отделения немагнитной части порошка. При увеличении класса крупности более 0,1 миллиметра показатели магнитной сепарации значительно ухудшаются в связи с малой размерностью железосодержащих частиц, а также их срастания с пустой породой после проведения термической обработки.

Сухая магнитная сепарация проводится на слабой магнитной системе ВаFe с величиной магнитной индукции в рабочей зоне 0,13 Тл, так как использование магнитного поля более 0,13 Тл сопровождается переходом части немагнитных хвостов в концентрат, а менее 0,13 Тл разделение обожженного порошка на железосодержащий концентрат и хвосты менее эффективно или не происходит. Оптимальный результат достигается при классе крупности -0,075 мм и представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Сухая магнитная сепарация на системе ВаFe

Класс крупности, мм	Масса, г	Исх. Магнитная индукция, Тл	Мах. Магнитная индукция, Тл	Выход, г	Выход, %	Fe в концентрате, % масс.
+2,0	150	0,001	0,003	144	96	23,6
-2,0	150	0,001	0,003	143,2	95,5	23,7
-1,5	150	0,001	0,003	140,8	93,9	23,9

-1,0	150	0,001	0,003	139	92,7	24,2
-0,5	150	0,001	0,003	137,1	91,4	24,5
-0,3	150	0,001	0,004	131,8	87,9	24,9
-0,150	150	0,002	0,0057	130,6	87,1	25,1
-0,1	150	0,002	0,0058	127,9	85,3	25,6
+0,075	150	0,003	0,006	124,2	82,8	26,7
-0,075	150	0,003	0,0065	121,8	81,2	27

В результате такой переработки красного шлама создаются условия для восстановления железосодержащих фаз и роста железосодержащих частиц в окисленной шламо-торфяной шихте, позволяющие довести содержание железа в концентрате до 27%, что обеспечивает его дальнейшее использование в качестве компонента топливно-плавильной шихты доменного производства.

При реализации способа с использованием мокрого метода, сепарация проводится на сильной магнитной системе NdFeB с величиной магнитной индукции в рабочей зоне 0,35 Тл, так как использование магнитного поля более 0,35 Тл способствует образованию магнитных флоккул в воде и перехода части хвостов в магнитный концентрат, а при использовании индукции магнитного поля менее 0,35 Тл разделение менее эффективно. Оптимальный результат достигается при классе крупности -0,075 мм и представлен в таблице 6.

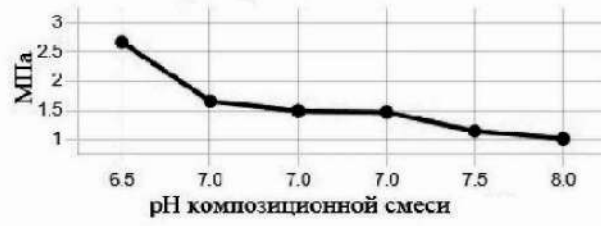
Таблица 6 - Мокрая магнитная сепарация на системе NdFeB

Класс крупности, мм	Масса, г	Исх. Магнитная индукция, Тл	Мах. Магнитная индукция, Тл	Выход, г	Выход, %	Fe в концентрате, % масс.
-1,0	500	0,001	0,006	455	91	24,2
-0,5	500	0,001	0,007	453	90,6	24,8
-0,3	500	0,001	0,007	451	90,2	25,1
-0,150	500	0,002	0,008	450	90	25,5
-0,1	500	0,002	0,008	443,5	86,7	26,9
+0,075	500	0,003	0,009	415,4	82,1	27,2
-0,075	500	0,003	0,009	411	80,6	28

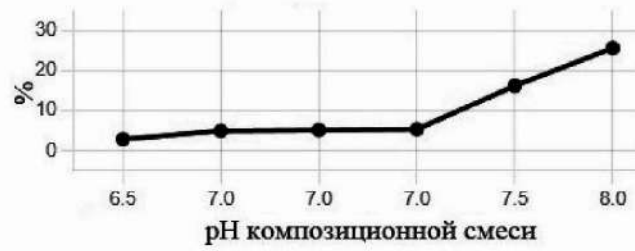
Предложенный способ переработки красных шламов позволяет получить магнитный окисленный 28% железосодержащий концентрат, что обеспечивает его дальнейшее использование в качестве компонента топливно-плавильной шихты доменного производства, при этом значительно снижается температура термообработки.

#### (57) Формула изобретения

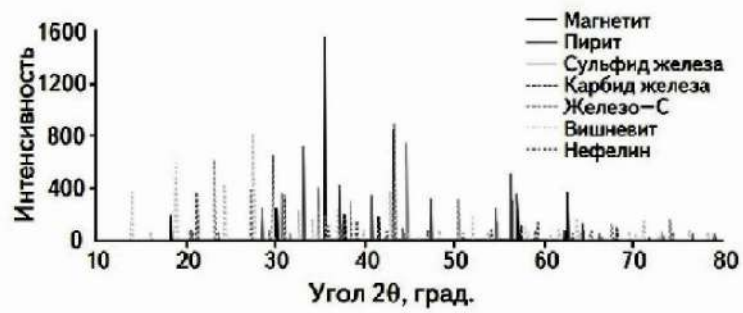
Способ переработки красных шламов, включающий смешивание шихты, содержащей железосодержащий красный шлам, его окисление с получением окатышей, их сушку, восстановительный обжиг, размол обожженного материала и сухую магнитную сепарацию или мокрую магнитную сепарацию, отличающийся тем, что при смешивании в ножевой вертикальный измельчитель добавляют железосодержащий красный шлам в пескообразном состоянии влажностью 30% и углеродосодержащий верховой торф влажностью 80% и измельчают их до однородного пастообразного состояния, при этом соотношение масс по сухому веществу красного шлама к торфу выдерживают от 1:1 до 1,22:1, а влажность смеси регулируют от 65 до 70% добавлением воды, при этом отвержденные после сушки окатыши помещают в керамический тигель и загружают в камерную печь, в которой их нагревают до температуры от 560 до 700°C и выдерживают не менее 1 часа, причем сухую магнитную сепарацию проводят при величине магнитной индукции в рабочей зоне 0,13 Тл, а влажную - при 0,35 Тл, с получением магнитного железосодержащего концентрата и немагнитных хвостов, которые отправляют в хвостохранилища.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3