

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2829227

### СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УПРОЧНЕННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОКАТЫША С КРАСНЫМ ШЛАМОМ

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

Авторы: *Лебедев Андрей Борисович (RU), Ивкин Алексей Сергеевич (RU), Пягай Игорь Николаевич (RU), Зубакина Маргарита Александровна (RU)*

Заявка № 2024100971

Приоритет изобретения 16 января 2024 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 30 октября 2024 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 16 января 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C22B 1/24 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024100971, 16.01.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.01.2024

Дата регистрации:  
30.10.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.01.2024

(45) Опубликовано: 30.10.2024 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "СПбГУ", Патентно-  
лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Лебедев Андрей Борисович (RU),  
Ивкин Алексей Сергеевич (RU),  
Пягай Игорь Николаевич (RU),  
Зубакина Маргарита Александровна (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: SU 539970 A1, 25.12.1976. RU 2542177  
C1, 20.02.2015. RU 2487952 C1, 20.07.2013. RU  
2016099 C1, 15.07.1994. RU 2459879 C2,  
27.08.2012. RU 2542186 C1, 20.02.2015. CN  
107083478 B, 28.08.2018. Зиновеев Д.В. и др.  
**ОБЗОР МИРОВОЙ ПРАКТИКИ  
ПЕРЕРАБОТКИ КРАСНЫХ  
ШЛАМОВ. ЧАСТЬ 1.  
ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ  
СПОСОБЫ.** Металлургические технологии.  
Известия высших (см. прод.)

## (54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УПРОЧНЕННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОКАТЫША С КРАСНЫМ ШЛАМОМ

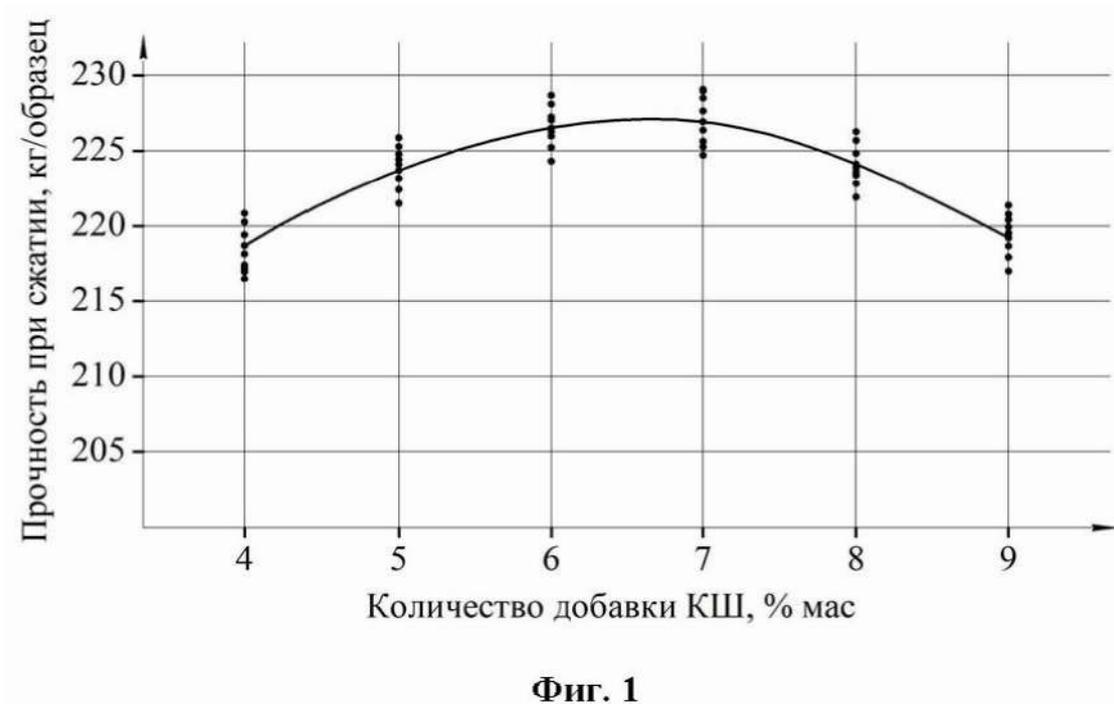
(57) Реферат:

Изобретение относится к производству железорудных окатышей. При получении железорудных окатышей, упрочненных красным шламом, осуществляют окомкование шихты в барабане, сушку полученных окатышей и обжиг. При этом шихта для окомкования содержит железорудный концентрат, к которому добавляют от 5 до 8 мас.% смеси красного шлама с водой в соотношении 1:2 и продолжают окомкование до

образования агрегатов шаровидной формы. Обжиг окатышей осуществляют при температуре от 1100 до 1200°C газовоздушной смесью, которую направляют сквозь слой окатышей снизу вверх прямым потоком, с расходом не менее от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение не менее 60 мин. Техническим результатом является сохранение прочностных характеристик окатышей на уровне 220-230 кг/окатыш. 1 ил., 1 табл.

RU 2 829 227 C1

RU 2 829 227 C1



(56) (продолжение):  
учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Том 61. N 11. С. 843-858.

RU 2829227 C1

RU 2829227 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C22B 1/24 (2024.01)*

(21)(22) Application: **2024100971, 16.01.2024**

(24) Effective date for property rights:  
**16.01.2024**

Registration date:  
**30.10.2024**

Priority:

(22) Date of filing: **16.01.2024**

(45) Date of publication: **30.10.2024** Bull. № 31

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "SPbGU", Patentno-litsenzyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Lebedev Andrei Borisovich (RU),  
Ivkin Aleksei Sergeevich (RU),  
Piagai Igor Nikolaevich (RU),  
Zubakina Margarita Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD OF PRODUCING HARDENED IRON-ORE PELLETT WITH RED MUD**

(57) Abstract:

FIELD: various technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to production of iron-ore pellets. When producing iron-ore pellets strengthened with red mud, the mixture is pelletized in a drum, the obtained pellets are dried and annealed. Mixture for pelletizing contains an iron-ore concentrate, to which is added from 5 to 8 wt.% of a mixture of red mud with water at ratio of 1:2, and pelletizing is continued until formation of aggregates of a spherical

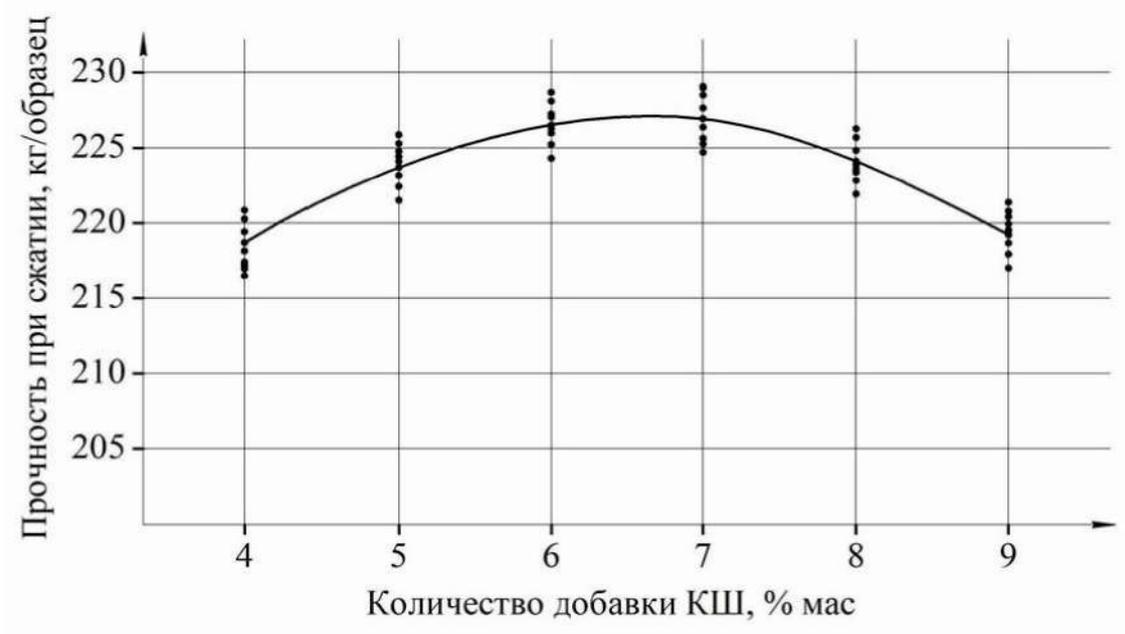
shape. Annealing of pellets is carried out at temperature from 1,100 to 1,200 °C with a gas-air mixture, which is directed through a layer of pellets from bottom to top in a direct flow, with a flow rate of not less than 0.3 to 0.4 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·s) for at least 60 minutes.

EFFECT: maintaining strength characteristics of pellets at level of 220-230 kg/pellet.

1 cl, 1 dwg, 1 tbl

**1 C  
7  
2  
2  
6  
2  
8  
2  
9  
2  
2  
7  
R U**

**R U  
2  
8  
2  
9  
2  
2  
7  
C 1**



Фиг. 1

Изобретение относится к способу гранулирования материала для спекания и может быть использовано в процессах производства железорудных окатышей в металлургической отрасли промышленности.

Известен способ получения спечённой руды (патент РФ № 2774518, опубл. 21.06.2022), включающий компаундирование исходного материала для спекания, содержащего не менее 10 мас.% мелкопорошковой железной руды с размером частиц не более 150 мкм, который гранулируют путём вдувания в него водяного пара таким образом, чтобы гранулируемый исходный материал для спекания, загруженный на паллету, нагревается до температуры, превышающей начальную температуру компаундированного исходного материала для спекания перед загрузкой в гранулятор не менее чем на 10°C, и увлажняется. При этом содержание воды в гранулированном исходном материале для спекания доводят до значений от 6 до 10 мас.%. Повышение производительности по спечённой руде обеспечивается за счет уменьшения размера влажной зоны, образующийся в слое загруженного исходного материала уже на паллете машины для спекания.

Недостатком способа является малый размер частиц получаемого продукта не более 150 мкм, который насыщен влагой, что является отрицательным фактором для последующего передела.

Известен способ получения шихты для производства агломерата (патент РФ №2683398, опубл. 28.03.2019), включающий в смесь рудного материала флюса, коксовой мелочи, концентрата ММС и связующего компонента, который представляет порошкообразную полимерную добавку (Полимер СВ), изготовленную в виде смеси натриевых и полиалкиленоксидных производных, при соотношениях компонентов, мас. %: рудный материал - 20,0-30,0, флюс - 0-10,0, коксовая мелочь - 2,0-8,0, полимер СВ - 0,1-3,0, концентрат ММС - остальное. Полимер СВ по мнению авторов способствует увеличению сил сцепления дисперсных частиц компонентов аглошихты, улучшению комкующих свойств аглошихты, повышению качества агломерата по прочности, а также восстановимости рудного материала.

Недостатком способа является то, что в технологическом процессе требуется тщательное просушивание шихты перед обжигом, а многокомпонентность сырья с постоянно меняющимися добавками к исходному составу делают нестабильным качество конечного продукта, требующего постоянного контроля элементного состава всех партий выпускаемого продукта.

Известен способ получения спеченных сфер и их использование (патент РФ № 2750952, опубл. 06.07.2021), включающий красный шлам в количестве более 70% по весу и характеризуются химическим составом, содержащим, в основном, окись алюминия, окиси железа, окись кремния и окись титана. Округлость и сферичность спеченных сфер не превышает 0,6 мм. Процесс окомкования сырья проходит при условии постоянного просушивания, после которого продукт спекается. В состав исходной шихты вводятся добавки для улучшения процесса спекания. Недостатком способа является то, что в технологическом процессе требуется постоянное просушивание. Конечный продукт имеет малый размер до 0,6 мм, а содержание в своем составе красного шлама снижает качество материала по причине наличия щелочи, которая удерживает влагу и способствует разрушению материала при складском хранении.

Известен способ изготовления гранулированного материала и способ изготовления спеченной руды (патент РФ №2765680, опубл. 01.02.2022), включающий получение гранулированного материала из пыли и шлама, образующихся в процессе производства стали с содержанием влаги в гранулированном материале в диапазоне от 10 % мас.

до 15 % мас., а содержание, в гранулированном материале, частиц размером более 0,125 мм, достигает свыше 90 % мас. Приготовление гранулированного материала начинают с обезвоживания шлам до кека, затем смешивают и гранулируют обезвоженный кек и пыль. Для изготовления спеченного гранулированного материала замешивают, гранулированный материал, железосодержащий материал исходного сырья, СаО-содержащий материал исходного сырья и вяжущий материал. смесь гранулируют с добавлением воды и спекают в спекательной машине. Использование гранулированного материала позволяет уменьшить величину адгезии к узлу сопряжения транспортера.

Недостатком способа является малый размер частиц получаемого продукта не более 125мкм, избыточно насыщен влагой; требующий дополнительной сушки шлама перед гранулированием. Кроме того, широкая палитра компонентов входящих в состав руды отрицательно влияет на стабильность процесса окомкования при получении окатышей размером от 12 до 16мм.

Известен способ агломерации железорудных материалов (патент РФ № 2628947, опубл. 23.08.2017), принятый за прототип, включающий подготовку компонентов агломерационной шихты к спеканию, его составления, смешивания с ее увлажнением до 3-4 % водой и окомкования агломерационной шихты в барабане, укладку ее на агломерационную машину, зажигание и спекание агломерационной шихты, обработку агломерационного спека. При этом подготовленную шихту при окомковании увлажняют до 6-10 % пульпой, содержащей бентонит крупностью не более 0,1 мм, и с форсуночным расходом пульпы в диапазоне 2-18 кг/т. Таким образом обеспечивается увеличение прочности агломерата на удар, снижение сопротивления агломерата истиранию, увеличение удельной производительности агломерационной машины и рост выхода годного агломерата.

Недостатком способа является необходимость строгого контроля крупности дефицитного бентонита и постоянный контроль влажности шихтового материала.

Техническим результатом является сохранение прочностных характеристик окатыша.

Технический результат достигается тем, что осуществляют окомкование шихты в барабане, сушку полученных окатышей и обжиг, при этом шихта для окомкования содержит железорудный концентрат, к которому добавляют от 5 до 8 мас.% смеси красного шлама с водой в соотношении 1:2 и продолжают окомкование до образования агрегатов шаровидной формы, при этом обжиг окатышей осуществляют при температуре от 1100 до 1200 °С газовоздушной смесью, которую направляют сквозь слой окатышей снизу вверх прямым потоком, с расходом не менее от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение не менее 60 мин.

Способ поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 – график зависимость прочности обожженных окатышей от их размера и добавки КШ, кг/гранулу.

Способ осуществляется следующим образом. Во вращающуюся чашу тарельчатого окомкователя засыпается железорудный концентрат, измельченный до крупности частиц не более 300 мкм в количестве не превышающей четверти объема тарелки окомкователя. Вращение чаши окомкователя должно происходить со скоростью, обеспечивающей каскадное движение частиц сыпучего материала. Далее к железорудному концентрату добавляют от 5 до 8 % масс. подготовленную смесь красного шлама (КШ) с водой в соотношении 1:2. Процесс окомкования проводится до момента образования агрегатов шаровидной формы с размерами в диапазоне от 12 до 16 мм.

Полученные окатыши укладываются в перфорированную корзину и устанавливаются в аппарат для спекания. До непосредственной стадии спекания происходит процесс сушки окатышей в течение 60 мин при открытой крышке аппарата, а поток нагретой до 300 °С газовой смеси направляется сквозь слой окатышей снизу вверх прямым потоком.

Далее крышка аппарата закрывается, и проводится обжиг окатышей в разогретой газовой смеси в температурном интервале от 1100 до 1200 °С, движущейся в противотоке потоку с расходом от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение не менее 60 мин. Равномерное спекание обеспечивается за счет упорядоченного распределения температуры в зазорах между окатышами по всему объему засыпки. По завершению обжига для охлаждения перфорированной корзины с окатышами в аппарат подается воздух из окружающей среды. Полученные окатыши имеют прочность на сжатие от 220 до 230 кг/гранулу.

Способ поясняется следующим примером. Во вращающуюся чашу лабораторного тарельчатого окомкователя засыпается железорудный концентрат в количестве 250 г, что составляет четвертую часть объема тарелки окомкователя. Крупность частиц концентрата не превышает 200 мкм. Чаша окомкователя вращается со скоростью 45 об/мин, при этом обеспечивается каскадное движение частиц. На поверхность концентрата с помощью форсунки добавляется 15 г смеси КШ с водой при соотношении Т:Ж = 1:2, что составляет 6 % от массы концентрата. Процесс завершается через 60 мин, при этом 90 % окатышей соответствуют размеру от 12 до 16 мм. Общая влажность окатышей составляет 7 % масс, как представлено на фиг. 1.

Из таблицы 1 видно, что максимальное значение прочности окатышей на сжатие достигается при параметрах: добавке КШ от 4 до 9 % и размере окатышей от 12 до 16 мм, которые являются оптимальными.

Далее производится сушка влажных окатышей при температуре 300 °С в течение 60 мин в аппарате для спекания при открытой крышке.

После сушки производится обжиг окатышей при закрытой крышке аппарата с обратным направлением движения потока газовой смеси с установленным расходом от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение от 30 до 80 мин при температуре от 1000 до 1250 °С.

Таблица 1 – Зависимость прочности обожженных окатышей от расхода газовой смеси и времени выдержки обжига, кг/гранула

Выдержки, мин	Расход газовой смеси, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)					
	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
При температуре 1000 °С						
40	181	205	208	210	181	181
50	193	212	212	211	197	191
60	200	214	214	212	203	204
70	202	212	213	208	202	201
80	207	213	213	211	202	202
При температуре 1050 °С						
40	182	209	210	211	201	181
50	194	213	215	214	204	200
60	204	218	217	216	206	205
70	206	217	216	209	207	208
80	208	215	215	216	207	209
При температуре 1100 °С						
40	185	211	211	210	206	182

50	193	224	224	224	207	195
60	201	225	224	224	216	203
70	212	222	225	226	217	212
80	215	225	224	224	221	214
При температуре 1150 °С						
40	180	211	211	210	200	186
50	191	223	225	224	208	192
60	202	227	226	225	218	201
70	210	223	226	224	219	216
80	216	224	222	224	222	218
При температуре 1200 °С						
40	181	214	216	215	206	189
50	192	224	225	224	217	195
60	204	229	228	228	220	208
70	211	227	228	228	221	212
80	213	223	224	223	227	216
При температуре 1250 °С						
40	188	216	216	216	205	188
50	192	221	223	223	214	192
60	205	227	226	225	219	207
70	210	226	226	226	220	211
80	215	224	225	220	222	214

Полученные результаты подтверждают, что максимальное значение прочности на сжатие достигается при оптимальных параметрах: расходе газовой смеси от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) и выдержке при обжиге в течение не менее 60 мин в интервале температур спекания от 1100 до 1200 °С. Полученные значения при температуре 1250 °С также удовлетворяют требованиям, но большими затратами. Значения прочности при расходе газовой смеси менее 0,3 и более 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) при различных из указанных температур, не удовлетворяют требованиям. Экспериментальные данные, полученные при температурах менее 1100 °С также не удовлетворяют установленным требованиям.

Качество полученных окатышей контролируется путём измерения их прочности на сжатие. В данном примере прочность окатышей соответствует 230 кг/гранула.

Обеспечение полного перехода β→γ фаз двукальциевого силиката, способствуют образованию прочных каркасов.

Проведение процесса при высокой скорости спекания инициируют образованию образцов с большим процентом мелочи размером менее 0,5 мм, которые приводят к увеличению потери материала при транспортировке. Для предотвращения этого явления при выборе оптимальной скорости спекания окатышей не следует проводить процесс со скоростью выше оптимального значения 20 мм/мин. При добавлении КШ с влажностью более чем 8% может вызывать затруднения при разгрузке материала, а полученный продукт начинает слипаться, образуя агрегат в виде шаровых скоплений налипающих к стенкам оборудования.

Предлагаемый способ спекания окатышей при полной замене бентонита на красный шлам в количестве 2% в составе шихты позволит без снижения качества агломерата повысить скорость спекания в пределах 20 мм/мин, снизить температура полиморфного превращения, при этом прочность спекаемого образца сохраняется на должном уровне 220–230 кг/окатыш.

#### (57) Формула изобретения

Способ получения железорудных окатышей, упрочненных красным шламом, включающий окомкование шихты в барабане, сушку полученных окатышей и обжиг,

отличающийся тем, что шихта для окомкования содержит железорудный концентрат, к которому добавляют от 5 до 8 мас.% смеси красного шлама с водой в соотношении 1:2 и продолжают окомкование до образования агрегатов шаровидной формы, при этом обжиг окатышей осуществляют при температуре от 1100 до 1200°C газовой воздушной смесью, которую направляют сквозь слой окатышей снизу вверх прямым потоком, с расходом не менее от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) в течение не менее 60 мин.

10

15

20

25

30

35

40

45



Фиг. 1