

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2857478

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СТАЛЕПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

Авторы: *Кусков Вадим Борисович (RU), Ильин Егор Сергеевич (RU)*

Заявка № 2025115702

Приоритет изобретения 06 июня 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 03 марта 2026 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 06 июня 2045 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C22B 1/248 (2026.01); C22B 7/00 (2026.01)

(21)(22) Заявка: 2025115702, 06.06.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.06.2025

Дата регистрации:
03.03.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 06.06.2025

(45) Опубликовано: 03.03.2026 Бюл. № 7

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

(72) Автор(ы):
Кусков Вадим Борисович (RU),
Ильин Егор Сергеевич (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 2281336 C2, 10.08.2006. RU
2393923 C1, 10.07.2010. RU 2293775 C2,
20.02.2007. RU 2317341 C2, 20.02.2008. DE
3727576 C1, 15.09.1988. US 4597790 A1,
01.07.1986. US 3844943 A1, 29.10.1974. ADAMS
C.J. Recycling of steel plant waste oxides - a
review. Canmet. Report 79-34. Canada centre for
mineral and energy technology. Minerals research
program (см. прод.)

(54) СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СТАЛЕПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к утилизации отходов сталелитейного и сталепрокатного производства, таких как окалина, шламы, шлаки, пыль, и его можно также использовать для утилизации продуктов металлообработки, например металлических опилок, стружки и т.п. Влажную замасленную окалину смешивают с магнафлюком и карбоксиметилцеллюлозой и сгущают. Сгущение проводят в постоянном магнитном поле, сгущенный продукт фильтруют до влажности от 12 до 20 % с получением фильтра

и кека. Кек смешивают с продуктами пылеулавливания сталелитейного производства в соотношении окалина:пыль от 30:70 до 50:50, а затем добавляют угольные шламы в количестве от 10 до 20 %. Полученную смесь окусковывают с получением сырых экструдатов, которые сушат в микроволновом поле. Техническим результатом является повышение эффективности выделения железа из отходов производства и снижение экологической вредности процесса. 1 ил., 7 табл.



Фиг. 1

(56) (продолжение):
energy research laboratories. March 1979. P.1-11.

RU 2857478 C1

RU 2857478 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22B 1/248 (2006.01)
C22B 7/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C22B 1/248 (2026.01); *C22B 7/00* (2026.01)

(21)(22) Application: **2025115702, 06.06.2025**

(24) Effective date for property rights:
06.06.2025

Registration date:
03.03.2026

Priority:

(22) Date of filing: **06.06.2025**

(45) Date of publication: **03.03.2026 Bull. № 7**

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Kuskov Vadim Borisovich (RU),
Ilin Egor Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR DISPOSAL OF WASTE FROM STEEL ROLLING PRODUCTION**

(57) Abstract:

FIELD: disposal of waste from steelmaking and steel rolling production.

SUBSTANCE: wet oily scale is mixed with Magnafloc and carboxymethyl cellulose and thickened. Thickening is carried out in a constant magnetic field; the thickened product is filtered to a moisture content of 12 to 20% to obtain a filtrate and a cake. The cake is mixed with dust collection products from steelmaking

in a scale:dust ratio of 30:70 to 50:50, and then coal slurries are added in an amount of 10 to 20%. The resulting mixture is agglomerated to obtain raw extrudates, which are dried in a microwave field.

EFFECT: increasing the efficiency of iron recovery from production waste and reducing the environmental harmfulness of the process.

1 cl, 1 dwg, 7 tbl

RU 2 857 478 C1

RU 2 857 478 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к способам утилизации отходов сталелитейного и сталепрокатного производства, таких как окалина, шламы, шлаки, пыль. Также способ можно использовать для утилизации продуктов металлообработки, например, металлических опилок, стружки и т.п.

5 Известен способ подготовки шихтового материала в виде брикетов к плавке (патент РФ № 2095436, опубл. 10.11.1997.), в котором подготовка шихтового материала в виде брикетов включает смешивание окалины с тонкоизмельченным углеродсодержащим
10 материалом и связующим, прессование и последующую сушку. Окалину предварительно размалывают, смешивают с порошкообразным углеродсодержащим веществом в количестве 15...60% по углероду от массы окалины. В качестве связующего вещества используют механическую смесь следующего состава: оксид алюминия 2...8%, карбонат кальция 3...9%, карбонат натрия 15...37%, бура 3...36%, пыль от газоочистки электропечи 2...10%, двуокись кремния - остальное. Готовую смесь окалины, углеродсодержащего
15 вещества и связующего обрабатывают водным раствором $\text{Na}_2\text{O} \cdot n \cdot \text{SiO}_2$.

Основные недостатки способа в сравнительно низкой эффективности процесса из-за сложности приготовления многокомпонентного связующего, а также снижении содержания железа в получаемых брикетах из-за использования в связующем веществе не содержащих железа компонентов.

Известен способ брикетирования железосодержащих отходов в виде окалины (патент РФ № 2705483, опубл. 07.11.2019), в котором производят смешивание окалины с
20 углеродсодержащими добавками, взятыми в массовом соотношении 1:(0,1-0,30) соответственно, связующим жидким стеклом, шлакообразующими добавками и прессование смеси с получением брикетов, при этом, сначала смесь окалины и углеродсодержащих добавок подвергают гомогенизации путем помола до достижения
25 удельной поверхности не менее $3000 \text{ см}^2/\text{г}$, после чего гомогенизированную смесь последовательно смешивают со шлакообразующими добавками, взятыми в количестве 5-15% от массы гомогенизированной смеси, флюсообразователем, в качестве которого используют кремнефтористо-водородную кислоту, и связующим в виде жидкого стекла,
30 взятого в количестве 5-7,5% от массы гомогенизированной смеси со шлакообразующими, при этом в качестве шлакообразующих добавок используют шлаки внепечной обработки стали, флюсообразователь вводят в количестве 50% от массы жидкого стекла, а прессование полученной смеси осуществляют при давлении 50-300 МПа.

Недостатком способа является снижение содержания железа в получаемых брикетах из-за использования в связующем веществе не содержащих железа компонентов,
35 повышенном энергопотреблении из-за необходимости мелкого помола.

Известен способ изготовления брикетов для металлургического производства на основе промышленных отходов, содержащих окисленный железосодержащий материал (патент РФ 2373294, опубл. 20.11.2009), в котором производят извлечение окисленного
40 железосодержащего материала из промышленных отходов, смешивание его с связующим и последующее формование брикетов, при этом в качестве промышленных отходов, содержащих окисленный железосодержащий материал, используют отходы обогащения железной руды, из них грохочением выделяют фракции от 0,1 до 2 мм и от 2 до 10 мм, из фракции от 2 до 10 мм окисленный железосодержащий материал извлекают путем
45 магнитной сепарации, а отходы обогащения железной руды фракции от 0,1 до 2 мм смешивают с водой и гидродинамической классификацией извлекают окисленный железосодержащий материал, после чего полученную пульпу с повышенным содержанием окисленного железосодержащего материала обезвоживают.

Основные недостатки способа в низком качестве извлекаемого окисленного

железосодержащего материала из промышленных отходов в связи с низкой удельной магнитной восприимчивостью отходов обогащения железной руды.

Известен способ безобжиговой переработки мелкозернистых железосодержащих отходов металлургического производства, содержащих замасленную окалину (патент РФ № 2292405, опубл. 27.01.2007), в котором исходные компоненты измельчают, дозируют, смешивают исходные материалы со связующим с последующим добавлением воды, окусковывают смесь и производят упрочнение окускованного материала, в исходную смесь добавляют углеродсодержащий материал, а в качестве связующего используют известь, или портландцемент, или портландцементный клинкер при следующем соотношении компонентов.

Основным недостатком способа является пониженное содержание железа в получаемом продукте из-за использования большого количества неорганического связующего, разубоживающего получаемый продукт.

Известен способ утилизации крупной замасленной окалины (патент РФ № 2281336, опубл. 10.08.2006), принятый за прототип, включающий смешивание влажной замасленной окалины с жидкими реагентами с получением суспензии, в котором замасленную окалину направляют в мельницу одновременно с водой, обеспечивают содержание воды в измельчаемой окалине на уровне 60-70%, измельчают окалину до крупности не более 50-100 мкм, сгущают измельченную и разбавленную водой окалину до влажности 13-15% и направляют ее в смеситель, в качестве жидких реагентов используют жидкие углеводороды и воду, контролируют влагосодержание жидких углеводородов, количество подаваемых в смеситель окалины, жидких углеводородов и воды регулируют, поддерживая стабильное влагосодержание получаемой суспензии и содержание окалины в ней на заданном уровне, а соотношение окалины, жидких углеводородов и воды поддерживают в пределах (35-55):(35-55):(13-30) соответственно, полученную суспензию стабилизируют и под давлением подают в воздушные фурмы в качестве жидкого топлива.

Основные недостатки способа в низком содержании железа в получаемом продукте из-за сравнительно низкого содержания окалины в нем, повышенной энергоемкости процесса из-за необходимости измельчения окалины и экологической вредности процесса из-за использования жидких углеводородов.

Техническим результатом является повышение эффективности выделения железа из отходов производства и снижение экологической вредности процесса.

Технический результат достигается тем, что в качестве реагентов используют магнафлок, в количестве от 10 до 30 г/т и карбоксиметилцеллюлозу в количестве от 5000 до 15000 г/т, сгущение проводят в постоянном магнитном поле с индукцией от 0,15 до 0,4 Тл, с получением слива и сгущенного продукта, который фильтруют до влажности от 12 до 20 % с получением фильтрата и кека, который смешивают с продуктами пылеулавливания сталелитейного производства, в соотношении окалина: пыль от 30:70 до 50:50, а затем добавляют угольных шламов, в количестве от 10 до 20 %, полученную смесь окусковывают, с получением сырых экструдатов, которые сушат в микроволновом поле с частотой от 2 до 3 ГГц.

Способ поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 – технологическая схема способа.

Способ осуществляется следующим образом. Прокатная замасленная окалина, образующаяся на поверхности металлических заготовок в процессе их нагрева и формования проката, удаляется с поверхности проката гидросмывом с образованием влажной прокатной окалины в виде пульпы. Вместе с окалиной смывается и масло

Влажная замасленная прокатная окалина поступает в зумпф куда добавляют реагент флокулянт, например, магнафлок, в количестве от 10 до 30 г/т твердого, содержащегося в пульпе, и карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) в количестве от 5000 до 15000 г/т твердого, содержащегося в пульпе. Из зумпфа влажная прокатная окалина перекачивается на сгущение в центробежном поле, например, в гидроциклоне. Поступающий на сгущение материал намагничивается на входе в гидроциклон путем воздействия постоянного магнитного поля с индукцией от 0,15 до 0,4 Тл. В ходе сгущения получают слив, направляемый в оборот и сгущенный продукт. Сгущенный продукт фильтруют до влажности кека от 12 до 20 %, например, на фильтр - прессе с получением фильтрата, направляемого в оборот и кека. Кек содержащий замасленную окалину, поступает в смеситель, где его смешивают с продуктами пылеулавливания сталелитейного производства, в соотношении окалина:пыль от 30:70 до 50:50. После этого добавляют угольных шламов, в количестве от 10 до 20 % от твердого в смеси. При добавления угольных шламов содержание железа в готовом продукте повышается до 68 % за счет более полного восстановления окислов железа. Полученную смесь окусковывают путем экструзии, с получением сырых экструдатов. В данной операции, ранее добавленные КМЦ и флокулянт выступает в роли связующего вещества. Сырые экструдаты сушат в микроволновом поле с частотой от 2 до 3 ГГц. Масла, присутствующие в окалине, частично восстанавливают окислы железа, что повышает содержание железа в готовом продукте до 65 %. Сухие экструдаты являются готовым продуктом.

Способ поясняется следующим примером.

В качестве исходных продуктов выступали окалина, образующаяся в ходе сталепрокатного производства и пыль, получаемая в процессе пылеулавливания сталелитейного производства, содержащие большое количество железа.

Влияние соотношение окалины и пыли на свойства экструдатов приведено в таблице 1. Расход КМЦ составлял 10000 г/т, расход флокулянта 20 г/т, влажность кека 16 %, частота микроволнового поля – 2,5 ГГц.

Таблица 1 – Влияние соотношение окалины и пыли.

Содержание окалины, %	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
20,0	66,46	10,5
30,0	65,01	10,2
40,0	63,56	10,1
50,0	62,11	9,2
60,0	60,65	8,1

Как видно из приведенных результатов содержание окалины в экструдате больше 50 % ведет к снижению содержания железа в нем и снижению прочности экструдата. Но уменьшения содержания окалины меньше 30 % не позволяет утилизировать ее в достаточной степени.

Влияние расхода КМЦ на свойства экструдатов приведены в таблице 2. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход флокулянта 20 г/т, влажность кека 16 %, частота микроволнового поля – 2,5 ГГц.

Таблица 2 – Влияние расхода КМЦ

Расход КМЦ, г/т	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
4000	64,83	7,1
5000	64,76	8,8
10000	64,37	10,8
15000	64,07	10,9
20000	63,93	10,9

Как видно из приведенных результатов снижение расхода КМЦ ниже 5000 г/т ведет к снижению прочности экструдата. Увеличение расхода КМЦ выше 15000 г/т ведет к снижению содержания железа в экструдате без увеличения его прочности.

5 Влияние расхода флокулянта на свойства экструдатов приведены в таблице 3. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход КМЦ 10000 г/т, влажность кека 16 %, частота микроволнового поля – 2,5 ГГц.

В качестве флокулянта использовался магнафлок.

Таблица 3 – Влияние расхода магнафлока

Расход флокулянта, г/т	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
8,0	64,83	9,2
10,0	64,88	9,3
20,0	64,87	10,8
30,0	64,71	10,9
32,0	64,08	10,9

15 Как видно из приведенных результатов снижение расхода магнафлока ниже 10 г/т ведет к снижению прочности экструдата. Увеличение расхода магнафлока выше 30 г/т ведет к снижению содержания железа в экструдате без увеличения его прочности.

Влияние влажности кека на свойства экструдатов приведены в таблице 4. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход КМЦ 10000 г/т, расход флокулянта 20 г/т, частота микроволнового поля – 2,5 ГГц.

Таблица 4 – Влияние влажности кека

Влажность кека, %	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
10,0	65,07	7,1
12,0	65,06	8,6
16,0	65,07	9,7
20,0	65,06	9,6
22,0	65,06	9,6

30 Как видно из полученных результатов снижение влажности кека меньше 12 % ведет к снижению прочности сухого экструдата, а повышение влажности выше 20 % не повышает прочность сухого экструдата и снижает прочнеть сырого экструдата.

Влияние частоты микроволнового поля на свойства экструдатов приведены в таблице 5. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход КМЦ 10000 г/т, расход флокулянта 20 г/т, влажность кека – 16 %.

35 Влияние влажности индукции намагничивающего магнитного поля на свойства экструдатов приведены в таблице 5. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход КМЦ 10000 г/т, расход флокулянта 20 г/т, влажность кека 16 %, частота микроволнового поля – 2,5 ГГц.

Таблица 5 – Влияние индукции намагничивающего магнитного поля

Индукция намагничивания, Тл	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
0,12	65,28	7,4
0,15	65,78	8,8
0,27	65,96	9,8
0,40	65,96	9,7
0,42	65,06	9,1

45 Как видно из полученных результатов снижение индукции магнитного поля ниже 0,15 Тл ведет к снижению содержания железа в экструдате из-за снижения извлечения сильномагнитных частиц, попадающих в сгущённый продукт. Индукция выше 0,4 Тл

также ведет к снижению содержания железа в экструдате из-за захвата сильно намагниченными частицами немагнитных, не содержащих железа.

Таблица 6 – Влияние частоты микроволнового поля

Частота микроволнового поля, ГГц	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
1,8	64,97	7,8
2,0	65,02	8,9
2,5	65,42	10,9
3,0	65,43	10,9
3,2	65,06	10,9

Как видно из полученных результатов частота микроволнового поля меньше 2 ГГц ведет к снижению прочности экструдата и некотором понижении содержания железа в нем, частота больше 3 ГГц не увеличивает прочность экструдата и содержание в нем железа.

Влияние расхода количества добавляемых шламов на свойства экструдатов приведены в таблице 7. При этом соотношение количества окалина: пыль составляло 40 : 60, расход КМЦ – 10000 г/т, расход флокулянта 20 г/т, влажность кека

Таблица 7 – Влияние количества угольных шламов

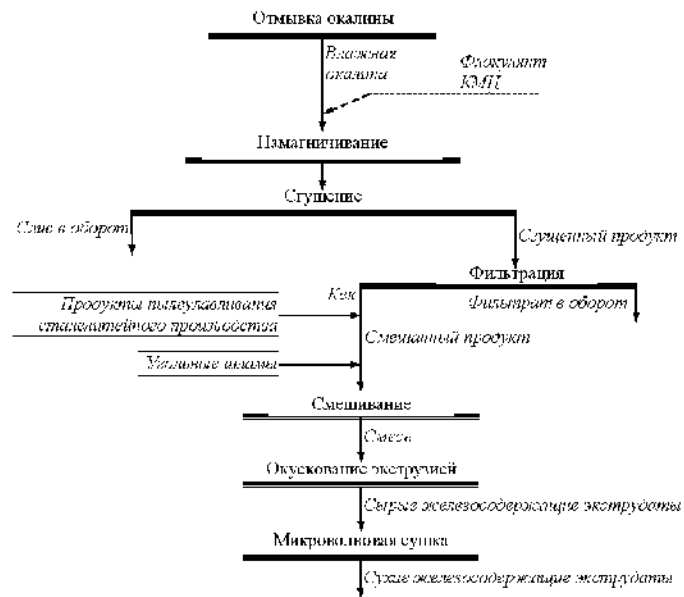
Количество угольных шламов, %	Содержание Fe в экструдате, %	Прочность экструдата, МПа
8,0	65,97	10,6
10,0	66,83	10,5
15,0	67,59	10,5
20,0	68,23	10,1
23,0	69,12	7,5

Как видно из полученных результатов, добавка угольных шламов в количестве меньше 8 % не ведет к заметному увеличению железа в экструдате, добавка более 20 % ведет к снижению прочности экструдата.

Способ позволяет повысить эффективность выделения железа из отходов производства и снизить экологическую вредность процесса. Это достигается за счет намагничивания и реагентной обработки отходов сталелитейного производства, позволяющие эффективно сгустить и отфильтровать железосодержащие отходы, добавки угольных шламов, и окускование полученной смеси, сушки в микроволновом поле, что позволяет повысить степень восстановления железа.

(57) Формула изобретения

Способ утилизации отходов сталепрокатного производства, включающий смешение влажной замасленной окалина с реагентами и сгущение влажной замасленной окалина, отличающийся тем, что в качестве реагентов используют магнафлок в количестве от 10 до 30 г/т и карбоксиметилцеллюлозу в количестве от 5000 до 15000 г/т, сгущение проводят в постоянном магнитном поле с индукцией от 0,15 до 0,4 Тл с получением слива и сгущенного продукта, который фильтруют до влажности от 12 до 20 % с получением фильтрата и кека, который смешивают с продуктами пылеулавливания сталелитейного производства в соотношении окалина:пыль от 30:70 до 50:50, а затем добавляют угольные шламы в количестве от 10 до 20 %, полученную смесь окусковывают с получением сырых экструдатов, которые сушат в микроволновом поле с частотой от 2 до 3 ГГц.



Фиг. 1