



(51) МПК  
**C22B 1/243** (2006.01)  
**B28B 3/20** (2006.01)  
**B29C 47/02** (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012113389/02, 09.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 09.04.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.04.2012

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2013 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 10.02.2014 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2241771 C1, 10.12.2004. WO 96/10477 A1, 11.04.1996. RU 2015851 C1, 15.07.1994. SU 757601 A, 23.08.1980. ХАВКИН А.Я., БЕРМАН Р.З. Кирпичные заводы малой мощности с применением технологии жесткой экструзии. Строит. материалы, 2000, №4, с.18-19. SU 1134295 A, 15.01.1985. CN 2344145 Y, 20.10.1999. CN 101851086 A, 06.10.2010.

Адрес для переписки:

398040, г.Липецк, пл. Metallургов, 2, ОАО "НЛМК", Управляющему директору ОАО "НЛМК" С.В.Филатову

(72) Автор(ы):

Скорородов Владимир Николаевич (RU),  
 Курунов Иван Филиппович (RU),  
 Тихонов Дмитрий Николаевич (RU),  
 Стил Ричард Бинион (US),  
 Бижанов Айтбер Махачевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество  
 "Новолипецкий металлургический  
 комбинат" (RU)

**(54) БРИКЕТ ЭКСТРУЗИОННЫЙ (БРЭКС) ШЛАМОВЫЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к окускованию железорудного сырья. Шламовый брикет экструзионный, полученный методом жесткой вакуумной экструзии, содержащий минеральное связующее, железо- и/или железоуглеродсодержащие отходы, включая шламы, и, при необходимости, железорудный концентрат и/или железную руду, флюсующие добавки и углеродсодержащие материалы, применяют в качестве компонента доменной

шихты. Отношение массовых содержаний углерода и кислорода оксидов железа в брикете не превышает 0,76, крупность материалов, входящих в шихту для получения брикета не превышает 5 мм, а его масса не превышает 0,5 кг. Изобретение обеспечивает утилизацию металлургических шламов и других металлургических отходов путем их брикетирования с обеспечением высоких металлургических свойств шламового брикета. 3 з.п. ф-лы, 5 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
**C22B 1/243** (2006.01)  
**B28B 3/20** (2006.01)  
**B29C 47/02** (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012113389/02, 09.04.2012**

(24) Effective date for property rights:  
**09.04.2012**

Priority:

(22) Date of filing: **09.04.2012**

(43) Application published: **20.10.2013 Bull. 29**

(45) Date of publication: **10.02.2014 Bull. 4**

Mail address:

**398040, g.Lipetsk, pl. Metallurgov, 2, OAO  
"NLMK", Upravljajushchemu direktoru OAO  
"NLMK" S.V.Filatovu**

(72) Inventor(s):

**Skorokhodov Vladimir Nikolaevich (RU),  
Kurunov Ivan Filippovich (RU),  
Tikhonov Dmitrij Nikolaevich (RU),  
Stil Richard Binion (US),  
Bizhanov Ajtber Makhachevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoje obshchestvo "Novolipetskij  
metallurgicheskij kombinat" (RU)**

**(54) EXTRUSION-TYPE SLURRY BRIQUETTE (BREKS)**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention refers to ferrous metallurgy, and namely to agglomeration of iron-ore raw material. An extrusion-type slurry briquette obtained by means of a stiff vacuum extrusion method and containing a mineral binding agent, an iron- and/or iron-and-carbon containing wastes, including slurries, and if required, an iron-ore concentrate and/or iron ore, fluxing additives and carbon-containing materials, is used as a blast-

furnace charge component. Ratio of weight contents of carbon and oxygen of iron oxides in a briquette does not exceed 0.76, fineness of materials contained in the charge for obtaining a briquette does not exceed 5 mm, and its weight does not exceed 0.5 kg.

EFFECT: invention ensures utilisation of metallurgical slurries and other metallurgical wastes by their briquetting so that high metallurgical properties of a slurry briquette are provided.

4 cl, 5 ex

**RU 2 506 327 C2**

**RU 2 506 327 C2**

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к способам окускования железорудного сырья, и может быть использовано при подготовке шихтовых материалов для доменной плавки.

5 Известно техническое решение - брикет для выплавки металла, имеющий правильную геометрическую форму и приготовляемый из мелкодисперсных железосодержащих отходов, тонкоизмельченного углеродсодержащего материала и связующего, в качестве которого используется механическая смесь природных  
10 материалов - суглинка, глины или полевого шпата и карбоната натрия [Патент РФ №2154680, С22В 1/243, 7/00, 2000, БИПМ №23]. Брикет для выплавки металла по известному техническому решению получают путем прессования смеси указанных материалов, увлажненной водным раствором жидкого стекла, с последующей сушкой полученного брикета. Недостатком данного известного технического решения  
15 является то, что брикет для выплавки металла, получаемый по описанной технологии, не обладает достаточной горячей прочностью, что не позволяет его использовать в качестве компонента шихты в доменных печах. Этому препятствует, также, наличие щелочных металлов в брикете (жидкое стекло), которые способствуют настылеобразованию в шахтных печах.

20 Указанный недостаток устраняется в другом известном техническом решении, которым является железосодержащий кусковый материал, приготовляемый из смеси мелких железосодержащих отходов металлургического производства, измельченного углеродсодержащего материала и глиноземистого цемента путем изготовления из этой смеси бетона и дробления его на куски необходимой, для загрузки в доменную печь,  
25 крупности [DE 3727576, МКИ С22В 1/243 от 19.08.1987]. Мелочь, образующуюся при дроблении бетона, используют в агломерационной шихте. Последнее является недостатком этого известного технического решения, так как усложняет технологическую схему и понижает содержание железа в агломерате.

30 Указанный недостаток устраняется в известном техническом решении - брикет для выплавки чугуна, получаемый методом вибропрессования из увлажненной шихты, включающей углеродсодержащие материалы, техногенные железосодержащие материалы, флюсующие добавки и минеральное связующее и пластификатор, в котором отношение содержаний углерода и железа находится в пределах 0,25-0,55,  
35 основность находится в пределах 0,3...1,6, крупность материалов, входящих в шихту, не превышает 10 мм, масса брикета составляет 1,5-8 кг, а отношение максимального и минимального размеров брикета не превышает 1,2 [Патент РФ №2241771, МКИ С22В 1/243, С21В 5/00 от 2003.07.03. Опубликовано 2004.12.10].

40 Недостатком данного известного технического решения является то, что регламентируемое им содержание углерода в брикете является избыточным по отношению к стехиометрическому для реакций прямого восстановления железа в брикете. Это приводит к накоплению мелкого углеродсодержащего материала в горне, ухудшает его дренажную способность и повышает вязкость шлаков. Брикет в  
45 известном техническом решении не предусматривает использования в его составе природных железосодержащих материалов, что ухудшает условия образования железокальциевой силикатной (оливиновой) матрицы, обеспечивающей прочность брикета при его нагреве выше 800-900°C. Кроме того, размеры брикетов в известном  
50 техническом решении значительно превышают оптимальные размеры кусков шихтовых материалов доменной плавки, а сама технология вибропрессования, по которой производится брикет в этом техническом решении, имеет ограниченную производительность, требует высокого расхода цемента и расхода тепла на

отверждение брикетов.

Технической задачей изобретения является устранение указанных недостатков известных технических решений - аналогов, утилизация металлургических шламов и других металлургических отходов путем их брикетирования с обеспечением высоких металлургических свойств шламового брикета.

Решение данной технической задачи достигается тем, что в качестве компонента доменной шихты применяют брикет экструзионный (БРЭКС) шламовый, получаемый методом жесткой вакуумной экструзии, включающий минеральное связующее, железо- и/или железоуглеродсодержащие отходы и, по необходимости, железорудный концентрат и/или железную руду, флюсующие добавки и углеродсодержащие материалы.

Решение данной технической задачи достигается также тем, что отношение массовых содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСе шламовом не превышает 0,76, крупность материалов, входящих в шихту для производства БРЭКСа, не превышает 5 мм, его масса не превышает 0,5 кг.

Дополнительно решение данной технической задачи достигается тем, что в качестве флюсующих добавок БРЭКС шламовый содержит природные и/или техногенные кремнезем- и/или железокремнеземсодержащие материалы и, по необходимости, известь и/или известьсодержащие отходы.

Дополнительно решение данной технической задачи достигается тем, что в качестве углеродсодержащих материалов БРЭКС шламовый содержит коксовую мелочь, и/или каменный уголь, и/или антрацит, и/или буроугольный полукокс, и/или бой графитированных или углеродных электродов, и/или бой электролизных ванн для производства алюминия, и/или древесный уголь, и/или древесные опилки, и/или измельченные отходы пластмасс, и/или другие углеродсодержащие отходы.

Технология окускования дисперсных материалов методом жесткой вакуумной экструзии известна. Эта технология, в частности, широко применяется при производстве кирпичей из шихтовой смеси на основе глины (А.Я. Хавкин, Р.З. Берман. Кирпичные заводы малой мощности. Строительные материалы. 2000, №4, с.18-19). Сущность ее заключается в приготовлении влажной шихтовой смеси на основе глины, непрерывной подаче смеси в экструдер, удалении воздуха из смеси вакуумированием и продавливанием смеси под давлением через прямоугольное одиночное отверстие в фильтре экструдера сечением (40-50)×(60-80) мм, из которого непрерывно выходит плотный пластичный брус. Сырые кирпичи получают путем периодического мгновенного разрезания бруса, выходящего из фильеры, многопроволочным резаком на равные части длиной 160-200 мм. Таким образом, по принципу действия эта технология является непрерывной и обеспечивает прочность «сырых» кирпичей, необходимую для их многослойной укладки на поддоны и транспортировки в печи для упрочняющего обжига. Это принципиально отличает технологию жесткой вакуумной экструзии от дискретной технологии брикетирования методом вибропрессования.

Лабораторные исследования показали возможность применения технологии прессования методом жесткой вакуумной экструзии для окускования смеси минерального связующего железо- и/или железоуглеродсодержащих отходов и по необходимости железорудного концентрата и/или железной руды, флюсующих добавок и углеродсодержащих материалов.

При использовании в экструдере фильеры с множеством отверстий круглой, овальной или другой формы на выходе из нее можно получать плотные пластичные

стержни, длина которых определяется их плотностью и пластичностью и формой и размером отверстий фильеры. В результате роста изгибающего момента, возникающего под действием увеличивающегося веса стержней по мере роста их длины при выходе из фильеры, стержни обламываются.

Использование технологии окускования методом жесткой вакуумной экструзии по отношению к смеси минерального связующего, железо- и/или железоуглеродсодержащих отходов и по необходимости железорудного концентрата и/или железной руды, флюсующих добавок и углеродсодержащих материалов с целью получения брикетов экструзионных (БРЭКСов) шламовых для использования их в качестве компонента доменной шихты, имеющего заданные размеры, химический состав и металлургические свойства, обеспечивающие его эффективное использование совместно с любыми другими известными компонентами доменной шихты или отдельно, заявителю не известно.

Сущность изобретения заключается в следующем. Применение метода и технологии жесткой вакуумной экструзии для окускования смеси минерального связующего, железо- и/или железоуглеродсодержащих отходов и по необходимости железорудного концентрата и/или железной руды, флюсующих добавок и углеродсодержащих материалов обеспечивает получение стержней с чрезвычайно плотной ( $1,8-2,0 \text{ г/см}^3$ ) и прочной структурой, длина которых (120-180 мм) позволяет их применять в качестве компонента доменной шихты.

В процессе лабораторных и полупромышленных исследований выявили новые, в том числе неожиданные, эффекты применения жесткой вакуумной экструзии для окускования смеси минерального связующего, железо- и/или железоуглеродсодержащих отходов и по необходимости железорудного концентрата и/или железной руды, флюсующих добавок и углеродсодержащих материалов.

Так, высокая пластичность стержней, непрерывно выходящих из отверстий фильеры, обуславливает под действием изгибающего момента (из-за высокой плотности и возрастающей массы стержней), образование в верхнем слое их тел двух-трех поперечных микротрещин, а затем и обламывание стержня. При транспортировке и перегрузках стержней микротрещины в теле стержней увеличиваются и происходит их деление с образованием 2-4 БРЭКСов, которые имеют идеальные для компонента доменной шихты размеры (25-30)×(40-60) мм, как с точки зрения обеспечения газопроницаемости столба шихты в печи, так и с точки зрения обеспечения полноты их восстановления до подхода к зоне плавления.

Другим новым, обнаруженным в процессе лабораторных исследований эффектом применения жесткой вакуумной экструзии для окускования смеси минерального связующего, железо- и/или железоуглеродсодержащих отходов и, по необходимости, железорудного концентрата и/или железной руды, флюсующих добавок и углеродсодержащих материалов является образование железокальцийсиликатной (оливиновой) матрицы, упрочняющей тело БРЭКСа при его нагреве в восстановительной атмосфере до температуры 800-1000°C. Тесный контакт частиц цемента и/или флюсующих добавок с частицами железосодержащих отходов и железорудного концентрата в плотной структуре БРЭКСа благоприятствует протеканию твердофазных реакций образования железокальциевых силикатов, которые в результате формируют матрицу, обеспечивающую прочность БРЭКСа после снижения прочности цементного камня при нагреве выше 800-900°C. Благодаря небольшому поперечному размеру БРЭКСа эти реакции протекают во всем его объеме, чему способствует также микропористость БРЭКСа, обеспечивающая

проникновение восстановительного газа во внутренние слои БРЭКСа и восстановление  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до  $\text{FeO}$ , участвующего в твердофазных реакциях образования железокальциевых силикатов. Кроме того, при этом на поверхности БРЭКСА уже появляется слой металлического железа, образуя поверхностный каркас, также упрочняющий тело БРЭКСа. В результате в доменной печи БРЭКС сохраняет свою форму до прихода в зону температур  $1100\text{-}1250^\circ\text{C}$ , где происходит его размягчение и расплавление. До прихода в эту зону восстановленное железо в БРЭКСе частично науглероживается с образованием карбида железа за счет содержащегося в нем углерода и углерода, образующегося в реакции Белла ( $2\text{CO} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ ). В лабораторных условиях при нагреве в атмосфере водорода БРЭКС сохранял форму без деформации при его нагреве до  $1200^\circ\text{C}$ .

Таким образом, применение технологии брикетирования методом жесткой вакуумной экструзии по отношению к железосодержащим отходам обеспечивает получение новых эффектов, а именно - получение шламового БРЭКСа оптимального для доменной плавки размера и получение БРЭКСа с высокой горячей прочностью, который сохраняет свою целостность до прихода в зону плавления. Эти эффекты являются следствием получения плотной и пластичной структуры выходящих из отверстий фильеры стержней заданных поперечного размера и формы и заданной длины.

Присутствие железорудного концентрата и или железной руды в составе БРЭКСов повышает содержание железа в нем. Присутствие углеродсодержащих материалов обеспечивает снижение расхода кокса в доменной плавке. При нахождении БРЭКСов в доменной печи углерод углеродсодержащего материала в их составе участвует в реакциях прямого восстановления железа и в реакции Будуара ( $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ ) вместо углерода кокса, что повышает восстановимость БРЭКСов и снижает расход кокса на выплавку чугуна. Наличие флюсующих добавок различной природы в составе БРЭКСа обеспечивает получение его основности, требуемой для получения заданной основности шлака с учетом основности других компонентов доменной шихты.

Отношение массовых содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСе не выше 0,76 обеспечивает полное использование углерода БРЭКСов в реакциях прямого восстановления железа при любой степени его окисленности и в реакциях восстановления цинка углеродом до прихода БРЭКСов в зону плавления. При превышении этой величины углерод в БРЭКСах будет оставаться и переходить в шлак, повышая его вязкость. Использование для производства БРЭКСов материалов с крупностью частиц не более 5 мм обусловлено оптимальным для доменной шихты поперечным размером БРЭКСов (25-35 мм) и соответствующим размером отверстий фильеры. При более крупных частицах материалов смеси для получения БРЭКСов снижается их пластичность на выходе из фильеры и увеличивается расход электроэнергии на экструзию. Предельный вес БРЭКСа определяется его поперечным размером, который не должен превышать 25-35 мм для обеспечения полноты восстановления железа по всему сечению БРЭКСа к моменту его прихода в зону плавления. Использование в качестве углеродсодержащих компонентов широкого спектра материалов обеспечивает возможность минимизации себестоимости БРЭКСов и снижения себестоимости чугуна, выплавляемого с их использованием.

Использование в составе БРЭКСов в качестве флюсующих добавок по необходимости, кремнезем- и/или железо-кремнеземсодержащих материалов и извести и/или известьсодержащих отходов позволяет регулировать основность БРЭКСов в зависимости от состава доменной шихты и основности ее компонентов, обеспечивая

заданную основность шлака при работе на цинксодержащей шихте. Кроме того, наличие в составе БРЭКСа кремнезем- и железо-кремнеземсодержащих материалов способствует повышению его горячей прочности за счет образования в твердой фазе железозащелочных силикатов при нагреве БРЭКСа в доменной печи.

Использование в качестве минерального связующего цемента обеспечивает прочность БРЭКСА как в холодном состоянии, так и при нахождении в доменной печи при его нагреве до 800-900°C. Присутствие бентонита в брикетизируемой смеси повышает ее пластичность при экструзии и прочность БРЭКСА в первые часы после экструзии.

Изобретение иллюстрируется следующими примерами.

1. Шламовый БРЭКС получали по технологии жесткой вакуумной экструзии на лабораторном экструдере из смеси конвертерных шламов (45%), доменных шламов (31,0%), железорудного концентрата (5%), окалины (12%), портландцемента марки 500 (6%), бентонита (0,5%), пыль газоочистки печи для выплавки ферросилиция (0,5%). Массовое отношение содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСах составляло 0,56. Прочность БРЭКСов на раздавливание после вылеживания в течение 48 часов составила 5,5 МПа. После нагрева БРЭКСов до температуры 1200°C со скоростью 500°C в час в атмосфере 50% водорода и 50% азота их степень металлизации составила 74%. Углерод в БРЭКСах после термообработки не обнаружен.

2. Шламовый БРЭКС получали по технологии жесткой вакуумной экструзии на лабораторном экструдере из смеси конвертерных шламов (40%), доменных шламов (30,0%), окалины (15%), портландцемента марки 500 (6%), бентонита (0,5%), хвосты обогащения магнетитовых кварцитов (1,5%), пыль газоочистки печи для обжига известняка (0,5%), коксовая мелочь (2,5%) и антрацит (4%). Массовое отношение содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСах составляло 0,62. Прочность БРЭКСов на раздавливание после вылеживания в течение 48 часов составила 5,3 МПа. После нагрева БРЭКСов до температуры 1200°C в атмосфере 50% водорода и 50% азота со скоростью 500°C в час их степень металлизации составила 78%. Углерод в БРЭКСах после термообработки не обнаружен.

3. Шламовый БРЭКС получали по технологии жесткой вакуумной экструзии на лабораторном экструдере из смеси конвертерных шламов (36%), доменных шламов (35,0%), окалины (6,0%), железорудного концентрата (10) портландцемента марки 500 (6%), бентонита (0,5%), пыль газоочистки печи для выплавки ферросилиция (0,5%), каменный уголь (2,5%) и бой графитовых электродов и электролизных ванн (4%). Массовое отношение содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСах составляло 0,68. Прочность БРЭКСов на раздавливание после вылеживания в течение 48 часов составила 4,9 МПа. После нагрева БРЭКСов до температуры 1200°C в атмосфере 50% водорода и 50% азота со скоростью 500°C в час их степень металлизации составила 83%. Углерод в БРЭКСах после термообработки не обнаружен.

4. Шламовый БРЭКС получали по технологии жесткой вакуумной экструзии на лабораторном экструдере из смеси конвертерных шламов (30%), доменных шламов (32,0%), окалины (25%), портландцемент марки 500 (6%), бентонита (1,0%), пыль газоочистки печи для выплавки ферросилиция (1,5%), извести (0,5%) древесный уголь (2%) и древесные опилки (2%). Массовое отношение содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСах составляло 0,51. Прочность БРЭКСов на

раздавливание после вылеживания в течение 48 часов составила 4,9 МПа. После нагрева БРЭКСов до температуры 1200°С в атмосфере 50% водорода и 50% азота со скоростью 500°С в час их степень металлизации составила 68%. Углерод в БРЭКСах после термообработки не обнаружен.

5 5. Шламовый БРЭКС получали по технологии жесткой вакуумной экструзии на лабораторном экструдере из смеси конвертерных шламов (40%), доменных шламов (30,0%), окалина (10%), железной руды (5%) портландцемента марки 500 (6%), бентонита (0,5%), пыль газоочистки печи для выплавки ферросилиция (1,5%),  
10 извести (0,5%), коксовая мелочь (4,5%) и отходы пластмасс (2%). Массовое отношение содержаний углерода и кислорода оксидов железа в БРЭКСах составляло 0,61. Прочность БРЭКСов на раздавливание после вылеживания в течение 48 часов составила 5,2 МПа. После нагрева БРЭКСов до температуры 1200°С в атмосфере 50% водорода и 50% азота со скоростью 500°С в час их степень металлизации составила 76%. Углерод в БРЭКСах после термообработки не  
15 обнаружен.

Компьютерное моделирование доменной плавки на шихте, включающей шламовые БРЭКСы состава №1 (55%) и Лебединские окатыши (45%), показало снижение расхода  
20 кокса на 17% по сравнению с доменной плавкой на шихте из агломерата (70%) и окатышей (30%).

Таким образом, шламовые БРЭКСы, полученные в соответствии с изобретением, имеют высокие металлургические свойства, позволяющие успешно применять их в доменной плавке с экономией кокса.  
25

#### Формула изобретения

1. Применение полученного методом жесткой вакуумной экструзии шламового брикета экструзионного, содержащего минеральное связующее, железо- и/или  
30 железоуглеродсодержащие отходы, включая шламы, и, при необходимости, железорудный концентрат и/или железную руду, флюсующие добавки и углеродсодержащие материалы, в качестве компонента доменной шихты.

2. Применение по п.1, характеризующееся тем, что отношение массовых содержаний углерода и кислорода оксидов железа в брикете не превышает 0,76,  
35 крупность материалов, входящих в шихту для получения брикета, не превышает 5 мм, а его масса не превышает 0,5 кг.

3. Применение по п.1, характеризующееся тем, что в качестве флюсующих добавок брикет содержит природные и/или техногенные кремнезем- и/или железо-  
40 кремнеземсодержащие материалы и, при необходимости, известь и/или известьсодержащие отходы.

4. Применение по п.1, характеризующееся тем, что в качестве углеродсодержащих материалов брикет содержит коксовую мелочь, и/или каменный уголь, и/или антрацит, и/или  
45 буроугольный полукокс, и/или бой графитированных или углеродных электродов, и/или бой электролизных ванн для производства алюминия, и/или древесный уголь, и/или древесные опилки, и/или измельченные отходы пластмасс, и/или другие углеродсодержащие отходы.

50