



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C04B 5/06 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020125236, 29.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.07.2020

Дата регистрации:  
11.08.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2020

(45) Опубликовано: 11.08.2021 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

308012, Белгородская обл., г. Белгород, ул,  
Костюкова, 46, ФГБОУ ВО "БГТУ", отдел  
создания и оценки объектов интеллектуальной  
собственности

(72) Автор(ы):

Духовный Георгий Самуилович (RU),  
Евтушенко Евгений Иванович (RU),  
Рубанов Юрий Константинович (RU),  
Бодяков Александр Николаевич (RU),  
Деев Виктор Валентинович (RU),  
Бондаренко Светлана Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Белгородский  
государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 220115 A1, 14.06.1968. RU 2450065  
C1, 10.05.2012. RU 2566703 C1, 27.10.2015. RU  
2567946 C1, 10.11.2015. RU 2539228 C2,  
20.01.2015. RU 2402498 C2, 27.10.2010. KZ 16973  
B, 15.12.2009. UA 32590 C2, 15.02.2001. US  
2014367084 A1, 18.12.2014. US 20090193849 A1,  
06.08.2009.

## (54) СОСТАВ И СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ РАСПАДАЮЩИХСЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к металлургической промышленности и может быть использована для стабилизации распадающихся металлургических шлаков. Состав включает стабилизирующий компонент - гранулированную пыль газоочистки электродуговых сталеплавильных печей с содержанием оксидов железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менее 45%, в количестве 2-5% от массы обрабатываемого шлака. При осуществлении способа стабилизирующий компонент гранулируется на грануляторе

тарельчатого типа до размера гранул не более 20 мм, вводится на поверхность шлакового расплава и в струю при скачивании металлургического шлака из электродуговой сталеплавильной печи в шлаковую чашу в несколько приемов в виде гранул, или в виде мешков, наполненных гранулами. Повышается степень стабилизации и устойчивость структуры металлургического шлака за счет полного и равномерного усвоения стабилизирующего компонента всем объемом шлака. 2 н.п. ф-лы, 3 табл.

RU 2 752 914 C1

RU 2 752 914 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C04B 5/06 (2021.05)*

(21)(22) Application: **2020125236, 29.07.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**29.07.2020**

Registration date:  
**11.08.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **29.07.2020**

(45) Date of publication: **11.08.2021 Bull. № 23**

Mail address:

**308012, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul,  
Kostyukova, 46, FGBOU VO "BGTU", otdel  
sozdaniya i otsenki obektov intellektualnoj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Dukhovnyi Georgii Samuilovich (RU),  
Evtushenko Evgenii Ivanovich (RU),  
Rubanov Iurii Konstantinovich (RU),  
Bodiakov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Deev Viktor Valentinovich (RU),  
Bondarenko Svetlana Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Belgorodskii gosudarstvennyi  
tekhnologicheskii universitet im. V.G.  
Shukhova» (RU)**

(54) **COMPOSITION AND METHOD FOR STABILISING DISINTEGRATING METALLURGICAL SLAGS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: group of inventions relates to the metallurgical industry and can be used for stabilising disintegrating metallurgical slags. The composition includes a stabilising component - granular dust from gas cleaning of electric arc steel-making furnaces with a content of iron oxides Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of at least 45%, in an amount of 2 to 5% of the mass of the processed slag. During implementation of the method, the stabilising component is granulated on a disk granulator to a size

of granules of no more than 20 mm, introduced onto the surface of the molten slag and into the stream while draining the metallurgical slag from the electric arc steel-making furnace into a slag pot in several stages in form of granules or bags filled with granules.

EFFECT: degree of stabilisation and structural stability of the metallurgical slag are increased due to complete and uniform assimilation of the stabilising component by the entire volume of the slag.

2 cl, 3 tbl

Изобретение относится к металлургической промышленности и может быть использовано для стабилизации распадающегося металлургического шлака.

Известны различные составы для стабилизации металлургических шлаков от наиболее распространенного силикатного распада, вызванного полиморфными превращениями двухкальциевого силиката ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  или  $\text{C}_2\text{S}$ ), образующие твердые растворы с высокотемпературными формами -  $\alpha$ ,  $\alpha'$ , и  $\beta$  двухкальциевого силиката, включающие оксиды  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , а также соединения гидроортофосфат кальция ( $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ), дихромат кальция ( $\text{CaCr}_2\text{O}_7$ ), введение в состав шлака оксида бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), или борсодержащих материалов, с получением шлака, содержащего после остывания стабилизированные высокотемпературные формы двухкальциевого силиката.

Известен «Состав для стабилизации распадающегося металлургического шлака», который содержит диборат кальция в количестве от 30 до 100% и разбавитель в виде извести, известняка и шлака того же состава, что и стабилизируемый распадающийся металлургический шлак, или смеси этих компонентов в количестве до 70% [Патент RU на изобретение №2402498, опублик. 27.10.2010. Бюл. №23].

К недостаткам такого состава и способа его введения относятся то, что введение борсодержащего материала в указанных объемах производится непосредственно в печь, что может привести к реакции взаимодействия химических элементов добавки и стали, что ухудшает качество как стали, так и уменьшает степень стабилизации шлака; сложность введения в обрабатываемый шлак; стабилизаторами выступает борсодержащее сырье, которое в свою очередь дефицитное и имеет высокую стоимость.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому решению, принятый за прототип в части состава, является «Состав для стабилизации распадающихся металлургических шлаков и способ его получения», содержащий безводное борсиликатное стекло в количестве не менее 30%, остальные кристаллы монтичеллита и шпинелида [Патент RU на изобретение №2258678, опублик. 20.06. 2005. Бюл. №23].

К недостаткам такого состава и способа его введения относятся то, что введение борсодержащего материала в указанных объемах производится непосредственно в печь, что может привести к реакции взаимодействия химических элементов добавки и стали, что ухудшает качество как стали, так и уменьшает степень стабилизации шлака; сложность введения в обрабатываемый шлак; стабилизаторами выступает борсодержащее сырье, которое в свою очередь дефицитное и имеет высокую стоимость.

Сопоставительный анализ с прототипом в части состава показывает, что заявляемый состав для стабилизации распадающихся металлургических шлаков отличается тем, что в качестве стабилизирующего компонента используют гранулированную пыль газоочистки электродуговых сталеплавильных печей с содержанием оксидов железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  не менее 45%, в количестве 2-5% от массы обрабатываемого шлака.

Таким образом, заявляемое изобретение соответствует критерию «новизна» в части состава.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому решению, принятый за прототип в части способа, является «Способ стабилизации распадающегося шлака», включающий введение в состав сталеплавильного шлака колеманита в виде природного минерала, при этом колеманит вводят в виде фракции 3-90 мм в количестве 0,5-1,5% от массы обрабатываемого шлака в процессе внепечной обработки при скачивании шлака из ковша перед вакуумированием стали [Патент RU на изобретение №2539228, опублик. 20.01. 2015. Бюл. №2].

К недостаткам такого способа относятся то, что введение в металлургический шлак

природного материала колеманита в виде фракции разного размера 3-90 мм не позволяет равномерно распределиться по всему объему металлургического шлака, что приводит к неравномерной степени стабилизации, и не позволяет точно дозировать материал. Природный материал содержит естественную влажность, что приводит к

5 парообразованию в момент введения в шлаковый расплав, при этом возможен паровой взрыв и выплеск шлака.

Сопоставительный анализ с прототипом в части способа показывает, что способ стабилизации распадающихся металлургических шлаков отличается тем, что стабилизирующий компонент - гранулированная пыль газоочистки электродуговых

10 сталеплавильных печей, гранулируется на тарельчатом грануляторе до размера гранул не более 20 мм, вводится на поверхность шлакового расплава и в струю при скачивании металлургического шлака из электродуговой сталеплавильной печи в шлаковую чашу в несколько приемов в виде гранул или в виде мешков наполненных гранулами.

Таким образом, заявляемое изобретение соответствует критерию «новизна» в части

15 способа.

Изобретение направлено на создание состава и способа стабилизации распадающихся металлургических шлаков расширяющих арсенал технических средств с высокими показателями степени стабилизации и высокой устойчивостью структуры с течением времени за счет полного и равномерного усвоения стабилизирующего компонента

20 (стабилизатора) всем объемом металлургического шлака.

Это достигается тем, что состав для стабилизации распадающихся металлургических шлаков включает стабилизирующий компонент -гранулированную пыль газоочистки электродуговых сталеплавильных печей с содержанием оксидов железа  $Fe_2O_3$  не менее

25 45%, в количестве 2-5% от массы обрабатываемого шлака. Способ стабилизации распадающихся металлургических шлаков заключается в том, что стабилизирующий компонент гранулируется на тарельчатом грануляторе до размера гранул не более 20 мм, вводится на поверхность шлакового расплава и в струю при скачивании металлургического шлака из электродуговой сталеплавильной печи в шлаковую чашу

30 в несколько приемов в виде гранул или в виде мешков наполненных гранулами.

Сравнение заявляемого решения не только с прототипом, но и с другими известными техническими решениями в данной области техники не подтвердило наличие в последних признаков, совпадающих с его отличительными признаками, или признаков, влияющих на достижение указанного технического результата. Это позволило сделать вывод о соответствии изобретения критерию «изобретательский уровень».

35

Характеристики исходных компонентов

1. Пыль газоочистки электродуговых сталеплавильных печей (пыль ДСП), химический состав пыли ДСП Оскольского электрометаллургического комбината представлен в табл. 1.

40

Таблица 1

Химический состав пыли ДСП

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	ZnO	MnO	Прочие
45-65	9-11	7-9	7-9	7-9	3-5	3-5	1-3	Остальное

45

2. Шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК), химический состав представлен в табл. 2.

Таблица 2

## Химический состав шлак ОЭМК воздушного охлаждения

CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Прочие
30-45	20-35	16-25	7-9	2-4	1-2	Остальное

3. Вода техническая по ГОСТ 23732-2011.

На начальном этапе производили гранулирование пыли ДСП на тарельчатом грануляторе с использованием в качестве связующей жидкости - воды с получением мелкодисперсного распыла через форсунки пневматического распылителя. В тарельчатый гранулятор (диаметр тарели 500 мм, высота борта тарели 300 мм) загружали 2-3 кг пыли ДСП. На подвижный слой материала через форсунку пневматического распылителя вводили воду. После образования зародышей (гранул размером 1÷2 мм), на влажный подвижный слой материала добавляли пыль ДСП, что приводило к росту гранул. Многократно повторяя эти операции, получали гранулы требуемого размера до 20 мм, которые переваливались через борт тарели в приемную емкость. Полученные гранулы имели правильную сферическую форму, количество воды составило 9-12% от массы пыли ДСП. Высокое содержание CaO (10-12%) в пыли ДСП обеспечивает быстрое связывание в мелкодисперсном продукте свободной воды, что приводит к образованию мелких гранул размером 2-5 мм которые составляют 80% от общего числа гранул. Крупные гранулы размером 15-20 мм образуются в результате сцепления между собой мелких гранул и представляют собой шарообразные конгломераты. Гранулы размером 2-5 мм являются оптимальными для введения в шлаковый расплав, обеспечивая наибольшее усвоение и равномерное распределение по всему объему стабилизатора. Затем гранулы высушиваются до влажности не более 1%.

Введение гранул стабилизатора происходит при скачивании металлургического шлака из электродуговой сталеплавильной печи в шлаковую чашу в несколько приемов в виде гранул стабилизатора, или в виде мешков наполненных гранулами стабилизатора. В результате обеспечивается равномерное распределение гранул стабилизатора по всему объему металлургического шлака. При этом происходит образование ферритов кальция в составе металлургического шлака, что обеспечивает стабильность шлаковой структуры и исключается негативное воздействие продуктов распада на окружающую среду.

Введение гранул стабилизатора может происходить с использованием мостового крана и бункера с управляемым затвором выходного отверстия, при помощи грейферного ковша или распределителя, установленного непосредственно над шлаковой чашей. За счет применения распределителя обеспечивается равномерность введения гранул в шлаковый расплав. При осуществлении стабилизации в несколько этапов, массу стабилизатора разбивают на несколько порций и вводят во время скачивания металлургического шлака в шлаковую чашу непосредственно в струю и на поверхность расплава.

Наличие в составе гранулированной пыли ДСП помимо трехвалентного оксида железа, оксидов кальция, калия, натрия, марганца, способствует равномерному распределению оксида железа в объеме обрабатываемого шлака. Смешиваясь со шлаковым расплавом, частицы гранулированной пыли ДСП нагреваются. Температура плавления гранулированной пыли ДСП составляет 1250-1270°C, при этом температура металлургического шлака во время слива составляет 1400-1420°C, благодаря этому

происходит полное расплавление и распределение стабилизатора в шлаковом объеме.

Последующие сливы металлургического шлака обеспечивает дополнительное перемешивание стабилизатора и образование твердых растворов с высокотемпературными формами двухкальциевого силиката. При этом в структуре двухкальциевого силиката ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiCO}_2$ ) происходит частичная замена ионов  $\text{SiO}_2$  на ионы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  с образованием ферритов кальция ( $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Твердый раствор оксида железа в высокотемпературных формах двухкальциевого силиката не претерпевает полиморфных превращений кристаллической решетки, и шлак приобретает устойчивую против распада структуру.

Металлургический шлак, обработанный таким образом, устойчив к распаду не только в процессе охлаждения, но и при последующем длительном хранении и использовании.

В качестве модельного металлургического шлака использовался распавшийся шлак ОЭМК (табл. 2). Были приготовлены несколько образцов металлургического шлака с различным содержанием стабилизатора от 0 до 7% массы металлургического шлака. После охлаждения наблюдали за состоянием металлургического шлака. Результаты оценки состояния металлургического шлака после обработки гранулированной пылью ДСП приведены в табл. 3.

Для стабилизации металлургического шлака массу навески гранул стабилизатора принимали равной 0-7% от массы металлургического шлака с шагом 1%.

Таблица 3

## Результаты подбора массы навески пыли ДСП для стабилизации шлака

Масса навески пыли ДСП, % от массы шлака	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
	1	2	3	4	5	6	7	8
Поведение металлургического шлака расплавленного с вводом пыли ДСП	Шлак полностью распался	Шлак распался частично. Имеются нестабилизированные включения 53,8% от массы 46,2 % стабилизировалось	Шлак не распался. Имеются нестабилизированные включения 6,6% от массы 93,7 % стабилизировалось	Шлак не распался. Имеются нестабилизированные включения 4,7% от массы 95,6 % стабилизировалось	Шлак не распался. отдельные куски имеют трещины 1,5% от массы 98,5 % стабилизировалось	Шлак в процессе охлаждения не распался 100 % стабилизировалось	Шлак в процессе охлаждения частично распался 3,6% от массы Стабилизатор полностью не растворился 96,4 % стабилизировалось	Шлак в процессе охлаждения частично распался 5,1% от массы Стабилизатор полностью не растворился 94,9 % стабилизировалось
Поведение металлургического шлака при испытании и на устойчивость структуры по ГОСТ 3344-83	-	Стабильные куски после испытания частично распались Устойчивость структуры УС2	Шлак имеет степень распада 2,3% Устойчивость структуры УС1	Шлак имеет степень распада 1,4% Устойчивость структуры УС1	Шлак не имеет признака в силикатного распада Устойчивость структуры УС1	Шлак не имеет признака в силикатного распада Устойчивость структуры УС1	Шлак имеет степень распада 1,2% Устойчивость структуры УС1	Шлак имеет степень распада 2,2% Устойчивость структуры УС1

Результаты исследований показывают, что при введении гранул стабилизатора от 2 до 7% от массы металлургического шлака обеспечивает высокую степень стабилизации шлака. Однако при увеличении количества стабилизатора выше 5% происходит снижения уровня его растворения в металлургическом шлаке за счет снижения температуры, необходимой для перевода стабилизатора в расплав в полном объеме.

Стабилизированный шлак подвергали испытанию на устойчивость структуры по ГОСТ 3344-83 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства».

Все образцы показали высокую степень устойчивости структуры УС1, УС2.

Пример исполнения (пример 6, табл. 3)

Взяли 1 кг пыли ДСП, поместили в тарельчатый гранулятор, ввели 0,1 кг воды через пневматический распылитель, загранулировали, высушили до влажности 1%. Взяли 10 кг шлака, расплавили, ввели 0,5 кг стабилизатора в несколько приемов, испытали. Стабилизация 100% объема, устойчивость структуры УС1.

Разработанный состав и способ стабилизации распадающихся металлургических шлаков обеспечивает:

- равномерное распределение стабилизатора в объеме обрабатываемого жидкого металлургического шлака за счет нахождения стабилизатора в оптимальной температуре

плавления;

- стабилизацию высокотемпературных форм двухкальциевого силиката (исключающих силикатный распад) металлургического шлака в процессе и после его охлаждения;
- исключение негативного воздействия продуктов распада на окружающую среду.

5

(57) Формула изобретения

1. Состав для стабилизации распадающихся металлургических шлаков, включающий стабилизирующий компонент, отличающийся тем, что в качестве стабилизирующего компонента используют гранулированную пыль газоочистки электродуговых  
10 сталеплавильных печей с содержанием оксидов железа  $Fe_2O_3$  не менее 45%, в количестве 2-5% от массы обрабатываемого шлака.

2. Способ стабилизации распадающихся металлургических шлаков включает введение в металлургический шлак стабилизирующих компонентов, отличающийся тем, что стабилизирующий компонент по п. 1 гранулируется на грануляторе тарельчатого типа  
15 до размера гранул не более 20 мм, вводится на поверхность шлакового расплава и в струю при скачивании металлургического шлака из электродуговой сталеплавильной печи в шлаковую чашу в несколько приемов в виде гранул или в виде мешков, наполненных гранулами.

20

25

30

35

40

45