



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109330** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)**F27D 1/00****C21B 7/06** (2006.01)**C04B 35/52** (2006.01)**C04B 35/532** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2013 15282	(72) Винахідник(и): Томалья Януш (PL), Вібель Крістіан (DE), Хільтманн Франк (DE)
(22) Дата подання заявки: 23.04.2012	(73) Власник(и): СГЛ КАРБОН СЄ, Sohnleinstr. 8, 65201 Wiesbaden, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.08.2015	(74) Представник: Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 11167940.3	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 92624 C2; 25.11.2010; UA 67118 C2; 25.05.2007; UA 30132 A; 15.11.2000; EP 1538223 A2, 08.06.2005; EP 0703198 A2, 27.03.1996; JP 52032006 A, 10.03.1977; JP 6101975 A, 12.04.1994; US 3083111 A, 26.03.1963; EP 1671928 A1, 21.06.2006; ASBRAND M ET AL: "Development of a supermicroporous, low thermal conductive carbon grade as blast furnace lining", International colloquium on refractories in Aachen, 1 January, - 2002. - Vol. 45, -P. 48- 51; JP 59217672 A, 07.12.1984; EP 1275626 A1, 15.01.2003.
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 27.05.2011	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: EP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.02.2014, Бюл.№ 4	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2015, Бюл.№ 15	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ РСТ/EP2012/057338, 23.04.2012	

(54) ВОГНЕТРИВКИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОЇ ФУТЕРІВКИ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ, ЩО ОТРИМУЄТЬСЯ ЧАСТКОВОЮ ГРАФІТИЗАЦІЄЮ СУМІШІ, ЩО МІСТИТЬ С І Si**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі вогнетривких матеріалів, що застосовуються для футерівки доменної печі. Вогнетривкий матеріал, призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, одержують способом, який включає наступні стадії: а) виготовлення суміші, що містить: кокс, кремній і зв'язувальний матеріал; б) формування невипаленого блока з суміші, виготовленої на стадії (а); с) випалення невипаленого блока, виготовленого на стадії (б); d) часткову графітизацію випаленого блока, виготовленого на стадії (с), при температурі від 1600 до 2000 °С. Крім того, у матеріалах заявки також охарактеризована доменна піч, яка включає внутрішню футерівку, причому внутрішня футерівка містить згаданий вогнетривкий матеріал. А

UA 109330 C2

також охарактеризоване застосування згаданого вогнетривкого матеріалу у внутрішній футерівці доменної печі.

Даний винахід стосується вогнетривкого матеріалу для внутрішньої футерівки доменної печі, доменної печі, що включає внутрішню футерівку, що містить такий вогнетривкий матеріал, і застосування такого вогнетривкого матеріалу у внутрішній футерівці доменної печі.

Вогнетривкі матеріали характеризуються тим, що вони зберігають високу міцність при високих температурах, наприклад, при температурах, що перевищують 1000 °С. З цієї причини вогнетривкі матеріали використовують в численних пристроях, для яких потрібні високі термічні опори, наприклад, як футерівки печі, камери для сушіння і випалення, установки для спалювання і реактори, як матеріал тиглів для розплавів і подібного.

Вогнетривкі матеріали, що використовуються у внутрішній футерівці доменної печі, повинні, зокрема, задовольняти множині вимог, таких як висока стійкість до термічного впливу, достатня теплопровідність відносно конструкції доменної печі, висока механічна міцність, в тому числі висока міцність на стиснення при температурах аж до 2000 °С, хороша стійкість до змін температури, чудова стійкість до корозії і висока стійкість до окиснення. Зокрема, висока стійкість до розчинення в рідкому гарячому металі і шлаку є бажаною для вогнетривкого матеріалу внутрішньої футерівки доменної печі.

Сучасні вогнетривкі матеріали для внутрішньої футерівки доменної печі містять як основу вуглецеві і графітові матеріали внаслідок високої стійкості до термічного впливу, хорошої стійкості до змін температури і задовільної міцності на стиснення, які мають вуглець і графіт при температурах аж до 2000 °С. Ці вогнетривкі матеріали виготовляють, як правило, шляхом формування невипаленого блока з суміші вихідних матеріалів, що містить вуглецевий матеріал, і випалення невипаленого блока при температурі, що складає від 1100 до 1300 °С. Однак стандартні вуглецеві матеріали мають недолік, який полягає в забезпеченні лише низької стійкості до лугів, низької стійкості до окиснення, недостатньої стійкості до розчинення вуглецевого матеріалу в рідких гарячих металах і шлаках, які не є насиченими вуглецем, і відносно високої проникності рідкого гарячого металу в їх пори. Щоб щонайменше частково компенсувати або усунути вищезазначені несприятливі властивості вуглецю і графіту, певні добавки звичайно вводять у вуглецеві і графітові матеріали. Наприклад, тонкодисперсний кремній часто додають в такі матеріали, тому що він спричиняє зменшення діаметра пор у вогнетривкому матеріалі, утворюючи карбід кремнію в процесі термічної обробки, до таких малих значень, що проникнення рідкого гарячого металу у вогнетривкий матеріал зменшується або навіть повністю запобігається. З іншого боку, додавання оксиду алюмінію підвищує стійкість матеріалу до розчинення вуглецю в рідкому гарячому металі і шлаку.

Джерело DE 601 20 675 T2 описує спосіб виготовлення вогнетривкого матеріалу, який вважається особливо прийнятним для використання в футерівці доменної печі, причому даний спосіб включає наступні стадії: (i) виготовлення суміші, що містить від 50 до 80 мас. % вуглецевого матеріалу, такого як прожарений кокс або графіт, від 5 до 15 мас. % порошку оксиду алюмінію, від 5 до 15 мас. % порошку кремнію і від 5 до 20 мас. % одного або декількох матеріалів, вибраних з групи, яку складають металевий титан, карбід титану, нітрид титану і карбонітрид титану, (ii) введення зв'язувального матеріалу у виготовлену суміш, (iii) формування невипаленого блока з суміші, виготовленої на стадії (ii) і випалення невипаленого блока при температурі 1250 °С. Додавання від 5 до 20 мас. % щонайменше одного матеріалу, вибраного з групи, яку складають металевий титан, карбід титану, нітрид титану і карбонітрид титану, призначено для підвищення стійкості вогнетривкого матеріалу до розплавленого заліза, в той час як додавання кремнію призначено для створення пор порівняно малого діаметра у вогнетривкому матеріалі. Навіть якщо матеріал є принципово прийнятним для використання у внутрішній футерівці доменної печі, питома теплопровідність і механічна міцність даного матеріалу потребують підвищення. Така ж умова застосовується до інших відомих вогнетривких матеріалів, які згадані вище.

Відповідно, задача даного винаходу полягає в тому, щоб запропонувати вогнетривкий матеріал, який має, зокрема, чудову питому теплопровідність і високу механічну міцність, і який також забезпечує хорошу стійкість до розчинення в розплавленому гарячому металі і шлаку, хорошу стійкість до корозії, а також низьку проникність для рідкого гарячого металу і реакційноздатних газів, такого як монооксид вуглецю і діоксид вуглецю в його пори, таким чином, що він є ідеально прийнятним для використання у внутрішній футерівці і, зокрема, у внутрішній футерівці доменної печі. Крім того, вогнетривкий матеріал повинен зберігати стійкість, навіть якщо з нього формують блок, що має порівняно великі розміри.

Згідно з даним винаходом, дану задачу вирішує вогнетривкий матеріал, призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, який отримують способом, що включає наступні стадії:

а) виготовлення суміші, що містить:

- кокс,
- кремній і
- зв'язувальний матеріал,
- b) формування невипаленого блока з суміші, виготовленої на стадії (a),
- 5 c) випалення невипаленого блока, виготовленого на стадії (b) і
- d) часткова графітизація випаленого блока, виготовленого на стадії (c), при температурі, що складає від 1600 до 2000 °C.

Дане рішення ґрунтується на несподіваному виявленні того, що вогнетривкий матеріал, який можна отримувати частковою графітизацією випаленого блока, виготовленого з суміші, яка містить кокс, кремній і зв'язувальний матеріал, при температурі від 1600 до 2000 °C, має хорошу стійкість до розчинення вуглецевого матеріалу в розплавленому гарячому металі і шлаку. Його також характеризують хороша стійкість до корозії, низька проникність для рідкого гарячого металу і реакційноздатних газів в його пори (внаслідок того, що його пори мають порівняно малий діаметр), хороша стійкість до змін температури, а також висока стійкість до термічного впливу. Крім того, його також характеризують також підвищена теплопровідність і підвищена механічна міцність, в тому числі підвищена міцність на стиснення при температурах, що складають аж до 2000 °C. Чудова питома теплопровідність вогнетривкого матеріалу являє собою перевагу по двох причинах, а саме, по-перше, тому що вона зменшує можливе пошкодження або руйнування вогнетривкого матеріалу і, по-друге, тому що вона створює високий тепловий потік, що приводить до зниження температури поверхні гарячих частин вогнетривкого матеріалу, які вступають в контакт з гарячим металом і шлаком. Це, в свою чергу, забезпечує утворення захисного шару, що має високу в'язкість заліза, яке прилипає до вогнетривкого матеріалу, що додатково підвищує стійкість до ерозії і корозії вогнетривкого матеріалу. Це також дозволяє використовувати меншу товщину стінок робочого простору печі і збільшує робочий об'єм доменної печі.

Зокрема, покращуються, передусім, питома теплопровідність і механічна міцність вогнетривкого матеріалу в порівнянні з матеріалом, в якому міститься синтетичний графіт, що має високу провідність, наприклад, графіт, який використовують в з'єднувальних стержнях для графітових електродів, що застосовуються в дугових електропечах, як основний вихідний матеріал, який випалюють тільки при температурі, що складає приблизно від 1100 до 1300 °C, якщо випалений блок піддається частковій графітизації при температурі від 1600 до 2000 °C. Без наміру обмежуватися теорією, автори даної патентної заявки вважають, що підвищення питомої теплопровідності, а також підвищення механічної міцності обумовлює, зокрема, той факт, що в процесі термічної обробки при температурі, що складає від 1600 до 2000 °C, аморфний вуглець, який міститься в невипаленому блоці щонайменше частково перетворюється в графітову або графітоподібну структуру. Крім того, часткова графітизація випаленого блока при температурі, що складає від 1600 до 2000 °C, приводить до гомогенізації композиції і мікроструктури вогнетривкого матеріалу. Крім того, кремній, який міститься в невипаленому блоці, сприяє цим ефектам, тому що частина цього кремнію реагує в процесі випалення з вуглицем, який утворюється в процесі часткової графітизації, перетворюючись в карбід кремнію в формі голчатих кристалів, що додатково підвищує механічну міцність вогнетривкого матеріалу. Однак оскільки часткова графітизація не здійснюється до кінця при температурі, що перевищує 2000 °C, яку звичайно використовують в процесі традиційної графітизації, надійно запобігається розкладання кристалів карбіду кремнію, що утворюються на стадії традиційної графітизації. Отже, додавання кремнію в суміш для формування невипаленого блока і подальшої часткової графітизації випаленого блока при температурі від 1600 до 2000 °C діють синергетично, і ця синергетична дія підвищує механічну міцність вогнетривкого матеріалу. Загалом, часткова графітизація випаленого блока при температурі від 1600 до 2000 °C переважно впливає на три властивості вогнетривкого матеріалу:

- по-перше, вона значно збільшує питому теплопровідність вогнетривкого матеріалу,
- по-друге, вона значно збільшує механічну міцність вогнетривкого матеріалу і
- по-третє, вона підвищує стійкість до ерозії і корозії вогнетривкого матеріалу.

Завдяки своїй чудовій механічній міцності і своїй чудовій питомій теплопровідності, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом має додаткову перевагу, яка полягає в тому, що він є стійким, навіть якщо з нього формують блок, що має порівняно великі розміри, такі як W (ширина) \times H (висота) \times L (довжина), які становлять щонайменше 700×700×2500 мм. Це є особливо сприятливим, тому що якщо великі блоки використовують для футерівки, можна зменшити число з'єднань блоків в футерівці даного розміру, і, таким чином, можна підвищити стійкість футерівки, тому що з'єднання блоків являють собою слабкі точки футерівки.

Крім цього, кремній також сприяє утворенню мікропористої структури, і це означає, що сукупна пористість, яку утворюють пори з діаметром, що складає більше ніж 1 мкм, не перевищує 4 % об'єми зразка, що звичайно вимірюють методом ртутної порометрії. Завдяки цій мікропористій структурі, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом має низьку

5 проникність відносно рідкого гарячого металу і реакційноздатних газів.

Внаслідок всіх вищезазначених сприятливих властивостей, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом ідеально підходить для використання у внутрішній футерівці і, зокрема, у внутрішній футерівці доменної печі.

10 Як указано вище, часткова графітизація в значенні даної патентної заявки означає термічну обробку, здійснювану при температурі від 1600 до 2000 °C. Таким чином, термін "часткова графітизація" використовується в даній патентній заявці виключно для пояснення припущення про те, що протягом даного процесу вуглець щонайменше частково перетворюється в графітову або графітоподібну структуру.

15 У принципі, даний винахід не є обмеженим відносно типу коксу, що використовується на стадії (а) для виготовлення суміші. Таким чином, можна використовувати, по суті, всі типи коксу, такі як нафтовий кокс, антрацит, кокс з пеку кам'яновугільної смоли, ацетиленовий кокс, металургійний кокс і подібне.

Однак згідно з першим особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, на стадії (а) використовують такий кокс, що щонайменше частина коксу являє собою ізотропний кокс. Ізотропний кокс відрізняється високим коефіцієнтом теплового розширення і відсутністю переважної орієнтації. При використанні ізотропного коксу несподівано виходить вогнетривкий матеріал, що має особливо високу механічну міцність. Приблизно це пояснюється тим, що ізотропний кокс піддається більш однорідній усадці під час процесу часткової графітизації, ніж анізотропний кокс, і, таким чином, утворюється вогнетривкий матеріал, що має більш однорідну

20 мікроструктуру. Крім того, використання ізотропного коксу сприяє ізотропній теплопровідності вогнетривкого матеріалу. Особливо хороші результати виходять, якщо щонайменше 50 мас. % коксу, що використовується на стадії (а), являє собою ізотропний кокс. Ще кращі результати виходять, якщо кокс, що використовується на стадії (а), містить щонайменше 80 мас. %, переважно щонайменше 90 мас. %, більш переважно щонайменше 95 мас. %, ще більш

25 переважно щонайменше 99 мас. % і найбільш переважно 100 мас. % ізотропного коксу.

Згідно з другим особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, на стадії (а) використовують кокс, що має порівняно низький вміст заліза. Даний варіант здійснення оснований на виявленні того, що використання коксу, що має порівняно низький вміст заліза, підвищує стійкість до корозії і особливо стійкість до монооксиду вуглецю, стійкість до діоксиду вуглецю і стійкість до окиснення вогнетривкого матеріалу. Крім того, як повторний ефект, використання коксу, що має порівняно низький вміст заліза, підвищує стійкість до гарячого металу. Відповідно, виявляється переважним, щоб кокс, який використовується на стадії (а), мав вміст заліза, що складає не більше ніж 0,1 мас. %, переважніше не більше ніж 0,05 мас. %, найбільш переважно не більше ніж 0,01 мас. %, особливо переважно не більше ніж 0,005

30 мас. % і найбільш переважно не більше ніж 0,001 мас. %.

Крім кремнію і коксу, суміш, виготовлена на стадії (а), переважно містить також графіт. Додавання певної кількості графіту сприяє процесу випалення і підвищує теплопровідність кінцевого продукту.

Можна використовувати всі види природного і синтетичного графіту, причому особливо

45 хороші результати отримуються у випадку синтетичного графіту.

Крім того, даний винахід не є обмеженим певним чином відносно кількості коксу і графіту, що додається на стадії (а). Однак особливо хороші результати отримуються, якщо суміш, виготовлена на стадії (а), містить від 60 до 85 мас. % і переважно від 65 до 75 мас. % суміші коксу і графіту відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу. Сумарна суха маса вогнетривкого матеріалу згідно з даним винаходом означає сумарну масу всіх інгредієнтів вогнетривкого матеріалу, за винятком зв'язувального матеріалу.

50

Як указано вище, кремній впливає на утворення мікропористої структури у вогнетривкому матеріалі, що приводить до властивості низької проникності вогнетривкого матеріалу відносно рідкого гарячого металу і реакційноздатних газів. Крім того, кремній сприяє, діючи синергетично з частковою графітизацією, підвищенню механічної міцності вогнетривкого матеріалу згідно з даним винаходом, тому що частина цього кремнію реагує з вуглицем в процесі випалення, і в результаті часткової графітизації утворюється карбід кремнію в формі голчатих кристалів. Для досягнення обох ефектів в достатній мірі виявляється переважним, щоб суміш, виготовлена на стадії (а), містила від 5 до 15 мас. % і більш переважно від 8 до 12 мас. % кремнію відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

60

Згідно з наступним, особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш, виготовлена на стадії (а), додатково містить діоксид титану. Додавання діоксиду титану підвищує в'язкість рідкого гарячого металу на поверхні розділення з вогнетривким матеріалом, і з цієї причини у вогнетривкого матеріалу підвищується стійкість до ерозії і корозії. Для отримання високої міри даного сприятливого ефекту виявляється переважним, щоб суміш, виготовлена на стадії (а), містила від 6 до 14 мас. % і більш переважно від 8 до 12 мас. % діоксиду титану відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

Згідно з наступним особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш, виготовлена на стадії (а), додатково містить суміш порошків карбіду кремнію і вуглецю (порошок SiC-C), який містить щонайменше 50 мас. % карбіду кремнію. Додавання порошку SiC-C підвищує стійкість до окиснення, а також механічну стійкість вогнетривкого матеріалу. Хороші результати в даному відношенні досягаються, зокрема, якщо суміш, виготовлена на стадії (а), містить від 4 до 15 мас. % і переважно від 8 до 12 мас. % порошку SiC-C відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

Нарешті, що не менш важливо, суміш, виготовлена на стадії (а), містить щонайменше один зв'язувальний матеріал. Зв'язувальний матеріал може являти собою будь-який зв'язувальний матеріал, відомий в даній галузі, такий як матеріал, вибраний з групи, яку складають пек кам'яновугільної смоли, нафтовий пек, фенолоальдегідний полімер, фурфуріловий полімер, кам'яновугільна смола, нафтова смола і будь-яка суміш двох або більше вищезазначених матеріалів. Кількість зв'язувального матеріалу переважно вибирають таким чином, щоб виходила придатна для обробки паста, іншими словами, щоб виходила паста, що має прийнятну в'язкість для процесу формування.

Загалом, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом можна отримувати з суміші, яка повинна містити кокс, кремній, зв'язувальний матеріал і необов'язково графіт і/або діоксид титану і/або порошок SiC-C. Виявляється переважним, щоб суміш, виготовлена на стадії (а), містила кокс, кремній, зв'язувальний матеріал і щонайменше один матеріал, вибраний з групи, яку складають графіт, діоксид титану і порошок SiC-C. Більш переважно, щоб суміш, виготовлена на стадії (а), містила кокс, кремній, зв'язувальний матеріал, графіт і діоксид титану, а також необов'язково порошок SiC-C.

Згідно з наступним особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш, виготовлена на стадії (а), містить (i) кокс, переважно ізотропний кокс, в якому вміст заліза складає не більше ніж 0,1 мас. %, (ii) кремній, (iii) графіт, переважно синтетичний графіт, (iv) діоксид титану, (v) порошок SiC-C і (vi) щонайменше один зв'язувальний матеріал, причому індивідуальні компоненти переважно містяться в суміші у вищезазначених кількостях.

Виключно як приклад, суміш, виготовлена на стадії (а), може включати:

- i) суміш, що містить:
 - від 60 до 80 мас. % суміші коксу, переважно коксу, в якому вміст заліза складає не більше ніж 0,1 мас. %, і графіту,
 - від 7 до 12 мас. % кремнію,
 - від 8 до 13 мас. % діоксиду титану і
 - від 6 до 13 мас. % порошку карбіду кремнію і вуглецю, в якому сума вищезазначених інгредієнтів становить 100 мас. %, і

ii) щонайменше один зв'язувальний матеріал.

Згідно зі ще більш переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш, виготовлена на стадії (а), містить:

- i) суміш, що містить:
 - від 65 до 75 мас. % суміші коксу, переважно коксу, в якому вміст заліза складає не більше ніж 0,1 мас. %, і графіту,
 - від 9 до 11 мас. % кремнію,
 - від 9 до 11 мас. % діоксиду титану і
 - від 8 до 11 мас. % порошку карбіду кремнію і вуглецю, в якому сума вищезазначених інгредієнтів становить 100 мас. %, і

ii) щонайменше один зв'язувальний матеріал.

Формування невипаленого блока на стадії (b) можна здійснювати, використовуючи будь-який спосіб, відомий фахівцям в даній галузі техніки, в тому числі такий спосіб, як обтиск блока, екструзія, гаряче пресування або віброформування.

Відносно температури випалення, даний винахід не є обмеженим певним чином. У даному відношенні хороші результати виходять, якщо на стадії (c) невипалений блок випалюють при температурі, що складає від 700 до 1200 °C, переважно від 800 до 1100 °C і більш переважно від 800 до 900 °C.

Як указано вище, одна з найважливіших відмітних особливостей даного винаходу полягає в тому, що випалений блок піддають частковій графітизації на стадії (d) при температурі від 1600 до 2000 °C. Питома теплопровідність вогнетривкого матеріалу, як правило, підвищується при підвищенні температури часткової графітизації. Внаслідок цього виявляється переважним, щоб

на стадії (d) випалений блок піддавався частковій графітизації при температурі, що складає від 1700 до 2000 °C, більш переважно від 1800 до 2000 °C і найбільш переважно від 1900 до 2000 °C.

Згідно зі ще одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, термічно оброблений блок, тобто випалений і/або частково графітизований блок можна просочувати до і/або після часткової графітизації, здійснюваної на стадії (d), використовуючи просочувальний матеріал, такий як, наприклад, кам'яновугільна смола, нафтова смола, пек кам'яновугільної смоли, нафтовий пек, полімер і подібне, щоб заповнювати пори і підвищувати уявну щільність, механічну міцність і питому теплопровідність кінцевого продукту. Після просочення блоки піддають повторному випаленню переважно при температурі, що складає від 700 до 1200 °C, більш переважно при температурі, що складає від 800 до 1100 °C, і ще більш переважно при температурі, що складає від 800 до 900 °C, з метою обвуглювання просочувального матеріалу. Просочення і повторне випалення можна здійснювати декілька разів. Переважно повторне випалення після стадії кінцевого просочення і часткової графітизації здійснюють одночасно, тобто як об'єднану стадію, причому виявляється особливо переважне, якщо часткова графітизація являє собою заключну стадію термічної обробки.

Згідно з наступним особливо переважним варіантом здійснення даного винаходу, стадії (c) і (d) здійснюють одночасно, тобто як об'єднану стадію, особливо, якщо блок не піддають просоченню і повторному випаленню перед частковою графітизацією.

Внаслідок високої механічної стійкості вогнетривкого матеріалу, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом є стійким протягом тривалого часу, навіть якщо він має порівняно великі розміри. Оскільки з'єднання блоків, що знаходяться між окремими блоками футерівки являють собою слабкі точки футерівки, і оскільки число з'єднань блоків в футерівці даного розміру можна зменшувати, якщо для футерівки використовуються великі блоки, виявляється переважним, щоб вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом використовували для формування виробів, що мають порівняно великі розміри, таких як блоки, що мають порівняно великі розміри, наприклад, $W \times H \times L$, що становлять щонайменше 700×700×2500 мм.

Крім того, даний винахід стосується доменної печі, що включає внутрішню футерівку, причому дана внутрішня футерівка містить щонайменше один з описаних вище вогнетривких матеріалів.

Наступний предмет даного винаходу являє собою застосування вищезазначеного вогнетривкого матеріалу у внутрішній футерівці доменної печі.

Далі даний винахід буде описаний більш детально за допомогою необмежувального прикладу.

Приклад 1

Вогнетривкий матеріал виготовляли, отримуючи спочатку суміш, що містить:

- 74 мас. ч. суміші ізотропного коксу, такого як кокс з пеку кам'яновугільної смоли або нафтовий кокс, в якому вміст заліза становить 0,01 мас. %, і синтетичного графіту,

- 9 мас. ч. порошку металевого кремнію, що має максимальний розмір зерен, що становить 63 мкм,

- 9 мас. ч. діоксиду титану (рутилиту), що має максимальний розмір зерен, що становить 45 мкм, і

- 8 мас. ч. порошку SiC-C, що має максимальний розмір зерен, що становить 63 мкм.

До даної суміші додавали пек кам'яновугільної смоли як зв'язувальний матеріал в такій кількості, щоб отримувалася придатна для обробки паста, тобто паста, що має прийнятну в'язкість для процесу формування.

Для стадії змішування можна використовувати, наприклад, багатолопатевий змішувач.

Після цього суміш формували методом віброформування, отримуючи невипалені блоки, кожний з яких мав розміри ($W \times H \times L$), що становили 630×630×2500 мм, перед тим, як блоки піддавали випаленню в кокосовому тумані (з подрібненого коксу) при максимальній температурі, що складала від 850 до 1000 °C.

Потім випалені блоки піддавали частковій графітизації в дуговій електропечі Ачесона (Acheson) при кінцевій температурі, що становила 2000 °C.

Блоки, що отримувались даним способом, мали наступні властивості:

- уявна щільність: 1,72 г/см³,

- міцність при роздавлюванні в холодному стані: 42 МПа,

- питома теплопровідність: 45 Вт/(м·К) і
- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість від пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 2,7 % об'єму зразка.

Порівняльний приклад 1

- 5 Виготовляли вогнетривкий матеріал, як описано в прикладі 1, за винятком того, що замість часткової графітизації при кінцевій температурі, що становила 2000 °С, випалені блоки піддавали обробці шляхом графітизації при 2500 °С в дуговій електропечі Ачесона.

Блоки, що отримуються даним способом, мали наступні властивості:

- уявна щільність: 1,71 г/см³,
- 10 - міцність при роздавлюванні в холодному стані: 27 МПа,
- питома теплопровідність: 85 Вт/(м·К) і
- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість від пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 7,0 % об'єму зразка.

15 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Вогнетривкий матеріал, призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, який одержують способом, який включає наступні стадії:

а) виготовлення суміші, що містить:

- 20 кокс,
- кремній і зв'язувальний матеріал,
- б) формування невипаленого блока з суміші, виготовленої на стадії (а),
- с) випалення невипаленого блока, виготовленого на стадії (б) і
- 25 д) часткова графітизація випаленого блока, виготовленого на стадії (с), при температурі від 1600 до 2000 °С.

2. Вогнетривкий матеріал за п. 1, в якому кокс, який використовується на стадії (а), містить щонайменше 50 мас. %, ізотропного коксу.

3. Вогнетривкий матеріал за п. 1 або 2, в якому кокс, який використовується на стадії (а), має вміст заліза, який складає не більше ніж 0,1 мас. %.

- 30 4. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-3, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), додатково містить графіт.

5. Вогнетривкий матеріал за п. 4, в якому графіт являє собою синтетичний графіт.

6. Вогнетривкий матеріал за п. 4 або 5, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), містить від 60 до 85 мас. % суміші коксу і графіту відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

- 35 7. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-6, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), містить від 5 до 15 мас. % кремнію відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

8. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-7, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), додатково містить від 6 до 14 мас. % діоксиду титану відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу.

- 40 9. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-8, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), додатково містить від 4 до 15 мас. % суміші порошоків карбіду кремнію і вуглецю відносно сумарної сухої маси вогнетривкого матеріалу, який містить щонайменше 50 мас. % карбіду кремнію.

- 45 10. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-9, в якому щонайменше один зв'язувальний матеріал вибирають з групи, яку складають пек кам'яновугільної смоли, нафтовий пек, фенолоальдегідний полімер, фурфуріловий полімер, кам'яновугільна смола, нафтова смола і будь-яка суміш двох або більше вищезазначених матеріалів.

11. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-10, в якому суміш, виготовлена на стадії (а), містить:

- 50 суміш, що містить:
- від 60 до 80 мас. % суміші коксу, в якому вміст заліза складає не більше ніж 0,1 мас. %, і графіту,
- від 7 до 12 мас. % кремнію,
- від 8 до 13 мас. % діоксиду титану і
- 55 від 6 до 13 мас. % порошку карбіду кремнію і вуглецю, причому сума вищезазначених інгредієнтів становить 100 мас. %, і
- щонайменше один зв'язувальний матеріал.

12. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-11, в якому формування на стадії (б) здійснюють, використовуючи обтиск блока, екструзію, гаряче пресування або віброформування.

13. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-12, в якому на стадії (с) невипалений блок випалюють при температурі, яка складає від 700 до 1200 °С.
14. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-13, в якому на стадії (d) випалений блок піддають частковій графітизації при температурі, яка складає від 1700 до 2000 °С.
- 5 15. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-14, в якому термічно оброблений блок просочують до і/або після часткової графітизації, здійснюваної на стадії (d), використовуючи просочувальний матеріал, переважно вибраний з групи, яку складають кам'яновугільна смола, нафтова смола, пек кам'яновугільної смоли, нафтовий пек, полімер і суміші двох або більше вищезазначених матеріалів, причому просочений невипалений блок піддають повторному
- 10 випалюванню при температурі, яка складає від 700 до 1200 °С.
16. Вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-15, в якому стадії (с) і (d) здійснюють як об'єднану стадію.
17. Доменна піч, яка включає внутрішню футерівку, причому внутрішня футерівка містить щонайменше один вогнетривкий матеріал за будь-яким з пп. 1-16.
- 15 18. Застосування вогнетривкого матеріалу за будь-яким з пп. 1-16 у внутрішній футерівці доменної печі.

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601