



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109007** (13) **C2**

(51) МПК (2015.01)

**C04B 35/52** (2006.01)

**C04B 35/532** (2006.01)

**C04B 37/00**

**F27B 17/00**

**F27D 1/10** (2006.01)

**F27D 5/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2012 13736</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Томалья Януш (PL), Вібель Крістіан (DE), Хільтманн Франк (DE)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>23.04.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>СГЛ КАРБОН СЕ, Söhnleinstr. 8, 65201 Wiesbaden, Germany (DE)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.07.2015</b>	(74) Представник:	<b>Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>11173453.9</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>JP 8259327 A, 08.10.1996 JP 6001658 A, 11.01.1994 US 2005254543 A1, 17.11.2005 EP 0040440 A2, 25.11.1981</b>
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>11.07.2011</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>EP</b>		
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>25.03.2014, Бюл.№ 6</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.07.2015, Бюл.№ 13</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/EP2012/057341, 23.04.2012</b>		

## (54) КОМПОЗИТНИЙ ВОГНЕТРИВКИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОЇ ФУТЕРІВКИ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

### (57) Реферат:

Вогнетривкий матеріал, призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, є багат шаровим композитним матеріалом, що містить захисний шар і провідний шар, при цьому міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами становить більше ніж 6 МПа.

UA 109007 C2

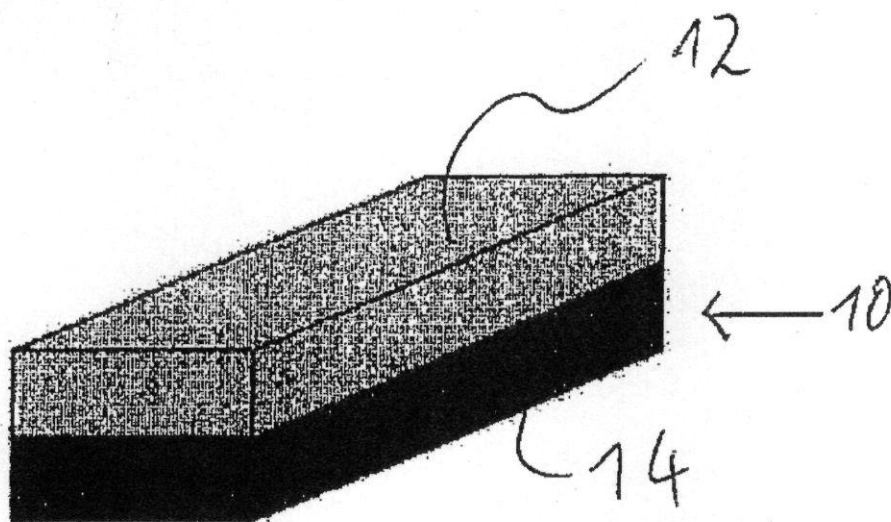


Fig. 1

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

5 Вогнетривкі матеріали відрізняються тим, що вони зберігають високу міцність при високих температурах, таких як температури, що перевищують 1000°C. З цієї причини вогнетривкі матеріали використовують в численних пристроях, для яких потрібна висока термостійкість, наприклад, в футерівці печей, випалювальних камер, спалювальних установок і реакторів, як матеріал тиглів для розплавів і т. п.

10 Вогнетривкі матеріали, що використовуються у внутрішній футерівці доменної печі, повинні, зокрема, задовольняти численні вимоги, такі як висока стійкість до термічного впливу, відповідна теплопровідність відносно конструкції доменної печі, висока механічна міцність, в тому числі висока міцність на стиснення при температурах аж до 2000°C, чудова зносостійкість і висока стійкість до окиснення, тому що доменні печі завжди піддаються термічному, хімічному і механічному зносу протягом свого терміну служби. Нарешті, термін служби доменної печі 15 визначається стійкістю її вогнетривкого матеріалу відносно термічного, хімічного і механічного зносу. Крім того, висока стійкість до розчинення в рідкому гарячому металі і шлаку є бажаною для вогнетривкого матеріалу внутрішньої футерівки доменної печі. Вищезазначені властивості є особливо важливими для вогнетривких матеріалів, призначених для використання в стінці робочого простору доменної печі, тому що вона піддається найбільшому впливу від виникаючих 20 температурних факторів, хімічних реагентів і потоків гарячого металу в процесі роботи.

Сучасні вогнетривкі матеріали для внутрішньої футерівки доменної печі містять як основа вуглецеві і графітові матеріали внаслідок високої стійкості до термічного впливу і задовільної міцності на стиснення вуглецю і графіту при температурах аж до 2000°C. Ці вогнетривкі матеріали, як правило, виготовляють формуванням невивпаленого блока з суміші вихідних 25 матеріалів, що включає вуглецевий матеріал, і термічною обробкою невивпаленого блока при температурі, що перевищує 1000°C. Однак недолік стандартних вуглецевих матеріалів полягає в тому, що ними забезпечується низька зносостійкість, зокрема, низька стійкість до лугів, низька стійкість до окиснення, недостатня стійкість до розчинення вуглецевого матеріалу в рідкому гарячому металі та шлаку, які не є насиченими вуглецем, і відносно висока здатність 30 проникнення рідкого гарячого металу в їх пори. Щоб щонайменше частково компенсувати вищезазначені недоліки або поліпшити властивості вуглецю і графіту, певні добавки звичайно вводять у вуглецеві та графітові матеріали. Наприклад, високодисперсний порошок кремнію часто вводять в такі матеріали, тому що він приводить до зменшення діаметра пор у вогнетривкому матеріалі, коли перетворюється в карбід кремнію в процесі термічної обробки, до 35 таких малих значень, що проникнення рідкого гарячого металу у вогнетривкий матеріал скорочується або навіть повністю запобігається. З іншого боку, додавання оксиду алюмінію підвищує стійкість матеріалу до розчинення вуглецю в рідкому гарячому металі та шлаку.

Для додаткового поліпшення необхідних властивостей і, зокрема, зносостійкості вогнетривких матеріалів на основі вуглецю раніше було запропоновано встановлювати 40 керамічне покриття як захисний шар на один або більше шарів вуглецевого матеріалу. Основна функція керамічного покриття полягає в тому, щоб надавати вогнетривкому матеріалу необхідну зносостійкість, а вуглецевий матеріал забезпечує необхідну теплопровідність. Наприклад, в європейському патенті EP 0040440 B1 описана футерівка дна доменної печі, яка містить, у напрямку знизу вгору, тонкий шар графіту, шар звичайного вуглецю, графітовий шар, проміжний шар напівграфітизованого вуглецю і шар вогнетривкої цегли, який має високий вміст оксиду 45 алюмінію. Однак недолік футерівок, що містять керамічні покриття, полягає в тому, що установлення керамічного покриття є таким, що дорого коштує і трудомістким і, таким чином, додатково збільшує час простою доменної печі в процесі установлення і заміни внутрішньої футерівки.

50 Крім того, відомі вогнетривкі блоки, що містять два або більше склеєних шарів, які мають різні значення питомої теплопровідності і мають різну зносостійкість. Наприклад, в патентній заявці США № 2005/0254543 A1 описана внутрішня футерівка карботермічної відновної печі для одержання алюмінію, яка містить основний шар графіту і приклеєний до нього шар керамічного покриття з корунду. У той час як верхній керамічний шар надає необхідну зносостійкість 55 вогнетривкому матеріалу, нижній основний шар графіту надає необхідної питомої теплопровідності вогнетривкому матеріалу. Однак обидва цих вогнетривких матеріали є такими, що дорого коштують. Важливіше те, що ці вогнетривкі матеріали надають лише обмеженої стійкості відносно високих температур внаслідок порівняно низької міцності сполуки між склеєними шарами. За рахунок цієї порівняно низької міцності сполуки і внаслідок різних коефіцієнтів теплового розширення індивідуальних шарів легко утворюються тріщини у 60

вогнетривких блоках, зокрема, коли вони піддаються впливу високих температур. Таким чином, звичайно збирання футерувальних матеріалів, встановлених в доменній печі за допомогою приклеювання або механічних з'єднувальних елементів, має порівняно нетривалий термін служби.

Відповідно, задача, поставлена перед даним винаходом, полягає в тому, щоб запропонувати вогнетривкий матеріал, який долає вищезазначені недоліки, тобто який є рентабельним і простим в установленні, має тривалий термін служби і має чудові механічні і термічні властивості, які потрібні, зокрема, для його використання як внутрішня футерівка доменної печі. Цих властивостей стосується відповідна теплопровідність, висока механічна міцність, чудова стійкість до окиснення, чудова зносостійкість, в тому числі хороша стійкість відносно розчинення в розплавленому гарячому металі і шлаку і, зокрема, чудова стійкість відносно високих температур.

Згідно з даним винаходом, дану задачу вирішує вогнетривкий матеріал, призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, причому даний вогнетривкий матеріал являє собою багатошаровий композитний матеріал, що містить захисний шар і провідний шар, де міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами становить більше ніж 6 МПа.

Це рішення ґрунтується на несподіваному виявленні того, що вогнетривкий матеріал в формі багатошарового композитного матеріалу, що містить захисний шар і провідний шар, які скріплені один з одним сполукою високої міцності, а саме, міцність міжшарового сполучення становить більше ніж 6 МПа, що перевищує міцність сполучення, яку можна одержати шляхом склеювання і/або механічного скріплювання двох шарів, має чудову механічну і термічну стійкість і, зокрема, чудову стійкість відносно високих температур навіть в жорстких умовах, які існують в процесі роботи доменної печі. Як описано нижче більш детально, це міцне сполучення між сусідніми шарами можна забезпечити, виготовляючи композитний матеріал способом, що включає стадію віброформування, блокового пресування, одноосного пресування, зносостійкого пресування або екструзії. Чудова стійкість вогнетривкого матеріалу згідно з даним винаходом відносно високих температур виникає завдяки тому, що внаслідок міцного сполучення індивідуальних шарів композитного матеріалу розшарування вогнетривкого матеріалу, на відміну від відповідних систем, що складаються з двох або більше склеєних і/або механічно скріплених шарів, надійно запобігається в процесі роботи доменної печі, навіть коли вогнетривкий матеріал піддається впливу високої температури або швидкої зміни температури, або щонайменше відбувається відносно швидка зміна температури, наприклад під час пуску доменної печі.

Завдяки цьому вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом має дуже тривалий термін служби.

Крім того, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом дозволяє оптимізувати обидві його сторони відносно різних властивостей, а саме, сторону вогнетривкого матеріалу, яка повернута в процесі роботи доменної печі до розплавленого заліза і яка далі також називається термінами «гаряча сторона» або «захисна сторона», включаючи властивості термічної, хімічної і механічної зносостійкості, а також протилежну сторону вогнетривкого матеріалу, яка далі також називається термінами «холодна сторона» або «провідна сторона», відносно теплового потоку.

Як доповнення або альтернатива, захисну сторону можна оптимізувати відносно її здатності підтримувати в процесі роботи доменної печі природний гарнісаж, який являє собою утворення залізовмісного захисного шару на місці застосування. Оскільки вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом об'єднує різні властивості, що надаються захисним шаром і провідним шаром, в одному композитному матеріалі, він може виявитися більш простим і рентабельним при установленні, ніж традиційні вогнетривкі матеріали, що містять один шар вуглецевого матеріалу і другий шар іншого керамічного матеріалу.

Згідно з даним винаходом, термін «міцність міжшарового сполучення» означає міцність зразка на вигинання, виміряну по стандарту ISO 12986-2, озаглавленому «Вуглецеві матеріали, що використовуються у виробництві алюмінію - попередньо випалені анодні і катодні блоки - Частина 2: визначення міцності на вигинання чотириточковим методом», при цьому зразки виготовляють таким чином: з міжшарової області вогнетривкого матеріалу висвердлюють циліндричний зразок діаметром 30 мм і довжиною 110 мм. Більш конкретно, зразок виготовляють, висвердлюючи kern перпендикулярно або щонайменше майже перпендикулярно через граничну площину, яка розташована між двома сусідніми шарами вогнетривкого матеріалу, таким чином, що гранична площина знаходиться в середині щонайменше майже в середині керна, що одержується в результаті, як подано на фіг. 3. Весь зразок обробляють перед вимірюванням міцності міжшарового сполучення при температурі, що становить щонайменше 1000°C, яка утворюється при звичайному виготовленні такого вогнетривкого

матеріалу. Після цього виконують власне вимірювання міцності міжшарового сполучення при кімнатній температурі, як описано в стандарті ISO 12986-2.

Крім того, формулювання «багатошаровий композитний матеріал, який містить захисний шар і провідний шар» означає, що композитний матеріал, тобто єдиний блок, що складається з щонайменше з двох різних матеріалів, містить щонайменше два шари, а саме щонайменше один захисний шар і щонайменше один провідний шар, але він може містити додаткові шари, в тому числі один або більше проміжних шарів, які, наприклад, розташовані між захисним шаром і провідним шаром, і/або другий захисний шар, і/або другий провідний шар. Незалежно від кількості шарів, які містить багатошаровий композитний матеріал, всі шари композитного матеріалу з'єднані (у випадку зовнішнього шару) з одним сусіднім шаром або (у випадку внутрішнього шару) з двома сусідніми шарами, при цьому міцність міжшарової сполуки між кожною парою сусідніх шарів становить більше ніж 6 МПа, відповідно до даного винаходу. У зв'язку з цим потрібно зазначити, що проміжний шар, згідно з даним винаходом, являє собою шар, який має інший склад, ніж сусідній шар (шари). Однак змішаний шар, одержаний в процесі виготовлення композитного матеріалу, наприклад на стадії віброформування, в результаті взаємного проникнення малих об'ємів сусідніх шарів на межі розділення цих шарів, розглядається в даний патентній заявці як граничний шар, і, таким чином, він не являє собою додатковий шар відносно сусідніх шарів.

Як викладено вище, міцність міжшарового сполучення між кожною парою сусідніх шарів композитного матеріалу згідно з даним винаходом становить більше ніж 6 МПа. Чим більша міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами згідно з даною патентною заявкою, тим вища стійкість вогнетривкого матеріалу відносно високих температур. Внаслідок цього вважається переважним, щоб міцність міжшарового сполучення між всіма сусідніми шарами композитного матеріалу була настільки високою, наскільки це можливо. З цієї причини вважається переважним, щоб міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами становила щонайменше 7 МПа, переважніше щонайменше 7,5 МПа, ще переважніше щонайменше 8 МПа, особливо переважно щонайменше 8,5 МПа, ще переважніше щонайменше 9 МПа, ще переважніше щонайменше 9,5 МПа і найбільш переважно щонайменше 10 МПа. Такі високоміцні сполучення можна одержувати, наприклад, використовуючи віброформування, блокове пресування, одновісне пресування, ізостатичне пресування або екструзію.

У найпростішому випадку, який є особливо переважним, вогнетривкий матеріал відповідно до даного винаходу складається виключно із захисного шару і провідного шару. Залежно від способу виготовлення, між захисним шаром і провідним шаром згідно з даним варіантом здійснення може бути присутнім змішаний шар, який утворюється в процесі виготовлення композитного матеріалу, наприклад протягом стадії віброформування, в результаті взаємного проникнення малих об'ємів захисного шару і провідного шару. Як викладено вище, такий змішаний шар розглядається в даний патентній заявці не як додатковий шар, але як граничний шар. У той час як захисний шар переважно складається з матеріалу, який оптимізований відносно термічної, хімічної і механічної зносостійкості і необов'язково також відносно його здатності підтримувати природний гарнісаж в процесі роботи доменної печі, провідний шар переважно складається з матеріалу, який оптимізований відносно теплового потоку. Як викладено нижче більш детально, підтримування природного утворення гарнісажу можна забезпечувати, утворюючи захисний шар, який має мікропористу структуру, що містить одну або більше керамічних добавок, переважно оксид алюмінію і діоксид титану.

Згідно з альтернативним варіантом здійснення даного винаходу, вогнетривкий матеріал може містити зовнішній захисний шар, зовнішній провідний шар і один або більше проміжних шарів, розташованих між зовнішнім захисним шаром і зовнішнім провідним шаром. У принципі, також можливо, що зверху захисного шару додатково розташований другий захисний шар, і/або зверху провідного шару додатково розташований другий провідний шар. Однак це не є переважним, беручи до уваги аспект вартості.

Вважається переважним, щоб міцність на вигинання щонайменше одного з шарів вогнетривкого матеріалу перевищувала міцність міжшарового сполучення. Переважніше, щоб міцність на вигинання кожного з шарів вогнетривкого матеріалу перевищувала міцність міжшарового сполучення. Якщо вогнетривкий матеріал містить більше ніж два шари і, таким чином, дві або більше межі розділення або граничного шару, відповідно, переважно, щоб міцність на вигинання щонайменше одного з шарів вогнетривкого матеріалу і переважніше міцність на вигинання кожного з шарів вогнетривкого матеріалу перевищувала щонайменше мінімальну міцність міжшарової сполуки. Таким чином, залежно від міцності міжшарового сполучення, міцність на вигинання щонайменше одного з шарів композитного матеріалу і переважніше міцність на вигинання кожного з шарів композитного матеріалу становить більше

ніж 6 МПа, переважно щонайменше 7 МПа, переважніше щонайменше 7,5 МПа, ще переважніше щонайменше 8 МПа, особливо переважно щонайменше 8,5 МПа, ще переважніше щонайменше 9 МПа, ще переважніше щонайменше 9,5 МПа і найбільш переважно щонайменше 10 МПа. Міцність на вигинання шару визначають способом, описаним в стандарті ISO 12986-2, в якому зразок виготовляють таким чином: з шару вогнетривкого матеріалу висвердлюють циліндричний зразок діаметром 30 мм і довжиною 110 мм. Більш конкретно, зразок виготовляють, висвердлюючи kern перпендикулярно або щонайменше майже перпендикулярно до граничної площини у випадку витягування зразка з композитного матеріалу згідно з даним винаходом. Таким чином, можлива структурна орієнтація зразка керна є такою ж, як у зразка керна композитного матеріалу. Якщо зразок витягують з порівняльного матеріалу, який складається з одного захисного шару або одного провідного шару, зразок виготовляють шляхом висвердлювання керна в напрямку, який відповідає напрямку зразка композитного матеріалу, таким чином, щоб можлива структурна орієнтація зразка керна була такою ж, як у зразка керна композитного матеріалу. Весь зразок обробляють перед вимірюванням міцності на вигинання, при температурі, що становить щонайменше 1000°C, яка існує при звичайному виготовленні такого вогнетривкого матеріалу. Потім проводять власне вимірювання міцності на вигин при кімнатній температурі, як описано в стандарті ISO 12986-2.

Як викладено вище, високу міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами вогнетривкого матеріалу, що становить більше ніж 6 МПа, неможливо забезпечити за допомогою клею і/або механічного з'єднувального елемента, такого як гвинт, болт і т. п., зокрема, коли вогнетривкий матеріал піддають в процесі його виготовлення термічній обробці при температурі, що перевищує 1000°C. З цієї причини не є обов'язковим, щоб вогнетривкий матеріал містив клей і/або механічний з'єднувальний елемент, і насправді виявляється особливо переважним, щоб у вогнетривкому матеріалі згідно з даним винаходом абсолютно не містився клей і/або механічний з'єднувальний елемент.

У принципі, вогнетривкий матеріал може мати будь-яку відому тривимірну конфігурацію. Однак для цілей простої установки в доменну піч переважно, щоб вогнетривкий матеріал мав форму блока, тобто щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію. Індивідуальні сусідні шари блока можуть з'єднуватися один з одним по своїх основних поверхнях або по своїх бічних поверхнях. У першому вищезазначеному випадку блок має конфігурацію бутерброда, в той час як блок в останньому вищезазначеному випадку має конфігурацію шашлику. У той час як перша згадана конфігурація є особливо переважною для використання в донній футерівці доменної печі, остання згадана конфігурація композитного матеріалу є особливо придатною для використання в футерівці стінок робочого простору доменної печі.

Згідно з першим переважним варіантом здійснення даного винаходу, вогнетривкий матеріал являє собою двошаровий композитний матеріал, тобто він складається із захисного шару і провідного шару і має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, в якій захисний шар і провідний шар з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях. У даному варіанті здійснення товщина захисного шару становить переважно від 10 до 50% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, і товщина провідного шару становить переважно від 50 до 90% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. Зокрема, коли вогнетривкий матеріал оптимізований відносно теплового потоку, вважається переважним, щоб товщина захисного шару становила від 10 до 25% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, і товщина провідного шару становила переважно від 75 до 90% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. Навпаки, вважається переважним, щоб товщина захисного шару становила від 30 до 45% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, і товщина провідного шару становила переважно від 55 до 70% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, коли вогнетривкий матеріал оптимізований відносно спрощення утворення гарнісажу. Природно, сума товщини захисного шару і товщина провідного шару становить 100%. У даному варіанті здійснення міцність міжшарових з'єднань між захисним шаром і провідним шаром, що становить від 8 до 9 МПа, можна легко одержати, виготовляючи даний композитний матеріал з використанням віброформування, блокового пресування, одновісного пресування, ізостатичного пресування або екструзії.

Згідно з другим переважним варіантом здійснення даного винаходу, вогнетривкий матеріал являє собою двошаровий композитний матеріал, тобто він складається із захисного шару і провідного шару і має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, в якій захисний шар і провідний шар з'єднані один з одним по своїх бічних поверхнях. Крім того, в даному варіанті здійснення товщина захисного шару становить переважно від 10 до 50% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, і товщина провідного шару становить переважно від 50 до 90% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. І в цьому випадку, коли вогнетривкий матеріал оптимізований відносно теплового потоку, вважається переважним, щоб товщина захисного

шару становила від 10 до 25% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, і товщина провідного шару становила переважно від 75 до 90% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. Навпаки, вважається переважним, щоб товщина захисного шару становила від 30 до 45% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, а товщина провідного шару становила переважно від 55 до 70% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу, коли вогнетривкий матеріал оптимізований відносно спрощення утворення гарнісажу. Сума товщини захисного шару і товщина провідного шару також становить 100% в даному варіанті здійснення. Міцність міжшарових з'єднань між захисним шаром і провідним шаром, що становить від 10 до 11 МПа, можна легко одержати, виготовляючи даний композитний матеріал з використанням віброформування, блокового пресування, одновісного пресування, ізостатичного пресування або екструзії.

Згідно з третім переважним варіантом здійснення даного винаходу, вогнетривкий матеріал складається із захисного шару, провідного шару і одного або більше проміжних шарів, розташованих між захисним шаром і провідним шаром, причому вогнетривкий матеріал має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, і захисний шар, провідний шар і один або більше проміжних шарів з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях. У даному варіанті здійснення товщина захисного шару становить переважно від 10 до 40%, сумарна товщина всіх проміжних шарів становить переважно від 5 до 25%, і товщина провідного шару становить переважно від 45 до 85% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. Природно, сума товщини захисного шару і товщина провідного шару також становить 100% в даному варіанті здійснення. Крім того, можна легко виготовляти такий композитний матеріал з використанням віброформування, блокового пресування, одновісного пресування, ізостатичного пресування або екструзії.

Згідно з четвертим переважним варіантом здійснення даного винаходу, вогнетривкий матеріал складається із захисного шару, провідного шару і одного або більше проміжних шарів, розташованих між захисним шаром і провідним шаром, причому вогнетривкий матеріал має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, і захисний шар, провідний шар і один або більше проміжних шарів з'єднані один з одним по своїх бічних поверхнях. У даному варіанті здійснення товщина захисного шару становить переважно від 10 до 40%, сумарна товщина всіх проміжних шарів становить переважно від 5 до 25%, і товщина провідного шару становить переважно від 45 до 85% сумарної товщини вогнетривкого матеріалу. Природно, сума товщини захисного шару і товщина провідного шару також становить 100% в даному варіанті здійснення. Такий композитний матеріал можна також легко виготовляти шляхом віброформування, блокового пресування, одновісного пресування, ізостатичного пресування або екструзії.

Як викладено вище, провідний шар переважно складається з матеріалу, який оптимізований відносно теплового потоку, в той час як захисний шар переважно складається з матеріалу, який оптимізований відносно термічної, хімічної і механічної зносостійкості і/або відносно його здатності підтримувати в процесі роботи доменної печі природний гарнісаж. З цієї причини виявляється переважним, щоб провідний шар мав більш високу питому теплопровідність, ніж захисний шар. Особливо хороші результати виходять, якщо при робочій температурі, що становить, наприклад, 1500°C, провідний шар має питому теплопровідність, яка перевищує щонайменше на 25%, переважно щонайменше на 50% і ще переважніше щонайменше на 100% питому теплопровідність захисного шару. Наприклад, захисний шар може мати питому теплопровідність, що становить не більше ніж 10 Вт/(м·К) при робочій температурі, що становить, наприклад, 1500°C, і провідний шар може мати питому теплопровідність, що становить щонайменше 12,5 Вт/(м·К), переважніше щонайменше 15 Вт/(м·К) і найбільш переважно щонайменше 20 Вт/(м·К).

Для додаткового підвищення стійкості вогнетривкого матеріалу згідно з даним винаходом відносно високих температур запропоновано, згідно з наступним переважним варіантом здійснення даного винаходу, щоб різниця між коефіцієнтом теплового розширення провідного шару і коефіцієнтом теплового розширення захисного шару була мінімальною, наскільки це можливо. Особливо хороші результати виходять, коли різниця між коефіцієнтом теплового розширення провідного шару і коефіцієнтом теплового розширення захисного шару при температурах від кімнатної температури, тобто 23°C, до робочої температури, що становить, наприклад, 1500°C, була мінімальною, наскільки це можливо, переважно при всіх або щонайменше майже при всіх температурах від кімнатної температури, тобто 23°C, до робочої температури, що становить, наприклад, 1500°C. Особливо хороші результати виходять, коли різниця між коефіцієнтом теплового розширення провідного шару і коефіцієнтом теплового розширення захисного шару при температурах від кімнатної температури, тобто 23°C, до робочої температури, що становить, наприклад, 1500°C, становить не більше ніж 0,6 мкм/(К·м),

переважно не більше ніж 0,4 мкм/(К•м) і переважніше не більше ніж 0,2 мкм/(К•м), відповідно, при вимірюванні при однаковій температурі.

У принципі, вогнетривкий матеріал згідно з даним винаходом можна виготовляти будь-яким способом, що приводить до композитного матеріалу, в якому сусідні шари з'єднані один з одним при міцності міжшарової сполуки, що становить більше ніж 6 МПа. Як приклад, вогнетривкий матеріал можна виготовляти способом, що включає наступні етапи:

а) виготовлення суміші для захисного шару, суміші для провідного шару і необов'язково суміші для одного або більше проміжних шарів,

б) формування багатшарового невипаленого блока з сумішей, виготовлених на етапі а), і

с) випалювання невипаленого блока, одержаного на етапі б).

Формування невипаленого блока на етапі б) можна здійснювати будь-яким способом, в якому сусідні шари з'єднуються один з одним при міцності міжшарової сполуки, що становить більше ніж 6 МПа, в тому числі, наприклад, шляхом віброформування, блокового пресування, одновісного пресування, ізостатичного пресування або екструзії.

Як викладено вище, захисний шар переважно оптимізують відносно його складу таким чином, щоб у нього була чудова термічна, хімічна і механічна зносостійкість і/або висока здатність підтримувати в процесі роботи доменної печі утворення природного гарнісажу. Таким чином, за рахунок захисного шару знос внутрішньої футерівки доменної печі можна значною мірою зменшити протягом вихідної роботи доменної печі. Крім того, захисний шар запобігає розчиненню вуглецю в гарячому металі і проникненню рідини в систему відкритих пор вогнетривкого матеріалу. Переважно суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), містить щонайменше 20 мас.% вуглецевого матеріалу, переважно прожареного антрациту, і щонайменше 3 мас.% кремнію відносно сумарної маси сухої суміші, а також зв'язувальна речовина. Як альтернативу антрациту і переважно як доповнення до антрациту в суміш можна вводити один або більше додаткових вуглецевих матеріалів. Додавання кремнію спричиняє зменшення діаметра пор в захисному шарі до таких малих значень, що проникнення рідкого гарячого металу в захисний шар в процесі роботи доменної печі зменшується або навіть повністю запобігається. Більш конкретно, кремній приводить до утворення мікропористої структури, і це означає, що сукупна пористість за рахунок пор, у яких діаметр становить більше ніж 1 мкм, не перевищує 5% об'єму зразка, що звичайно вимірюють методом ртутної порометрії.

Зв'язувальна речовина, що додається на етапі а), може являти собою будь-яку зв'язувальну речовину, відому в даній галузі техніки, таку як речовина, вибрана з групи, що містить кам'яновугільний пек, нафтовий пек, фенольну смолу, фурфурілову смолу, кам'яновугільну смолу, нафтовий пек і будь-яку суміш двох або більше вищезазначених матеріалів. Кількість зв'язувальної речовини переважно вибирають таким чином, щоб одержати придатну для обробки пасту, і це означає одержання пасти, в'язкість якої є придатною для даного способу формування.

Крім того, переважно, щоб суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), додатково містила оксидний керамічний матеріал, переважніше вибраний з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук. Додавання оксиду алюмінію збільшує стійкість матеріалу до розчинення в рідкому гарячому металі і шлаку. Для досягнення високого ступеню цього корисного ефекту переважно, щоб суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), містила від 6 до 14 мас.% і переважніше від 8 до 12 мас.% оксидного керамічного матеріалу відносно сумарної маси сухого захисного шару. Крім того, додавання силікату алюмінію підвищує стійкість захисного шару до гарячого металу.

Крім цього, суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), може додатково містити неоксидний керамічний матеріал для додаткового підвищення зносостійкості захисного шару. Неоксидний керамічний матеріал можна вибирати з групи, що містить карбонітриди металів, карбіди металів, бориди металів, нітриди металів і суміші двох або більше вищезазначених сполук. Як конкретний приклад згадується діборид титану.

Щоб регулювати питому теплопровідність, суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), може додатково містити відповідну кількість графіту.

Просто як приклад, суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), може містити:

суху суміш:

- від 10 до 95 мас.% прожареного антрациту, необов'язково у вигляді суміші з іншим вуглецевим матеріалом,

- від 3 до 20 мас.% кремнію,

- від 2 до 30 мас.% оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук,

- від 0 до 20 мас.% неоксидного керамічного матеріалу і



- від 0 до 30 мас.% синтетичного або природного графіту або їх суміші; і, щонайменше одну зв'язувальну речовину.

Згідно з ще більш переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш для захисного шару, виготовлена на етапі а), містить:

5     суху суміш:

- від 30 до 90 мас.% прожареного антрациту, необов'язково у вигляді суміші з іншим вуглецевим матеріалом,

- від 5 до 15 мас.% кремнію,

10    - від 5 до 20 мас.% оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук,

- від 0 до 10 мас.% неоксидного керамічного матеріалу і

- від 0 до 30 мас.% синтетичного або природного графіту або їх суміші; і, щонайменше одну зв'язувальну речовину.

15    Крім того, як указано вище, провідний шар переважно оптимізують відносно його складу таким чином, що він забезпечує чудовий тепловий потік. Переважно суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), містить щонайменше 20 мас.% графіту відносно сумарної маси сухої суміші, щоб регулювати необхідну високу питому теплопровідність провідного шару, а також зв'язувальну речовину. Як і у випадку захисного шару, зв'язувальна речовина, що додається до суміші для провідного шару на етапі а), може являти собою будь-яку зв'язувальну речовину, відому в даній галузі техніки, таку як речовина, вибрана з групи, що містить кам'яновугільний пек, нафтовий пек, фенольну смолу, фурфурілову смолу, кам'яновугільну смолу, нафтовий пек і будь-яку суміш двох або більше вищезазначених матеріалів. Кількість зв'язувальної речовини переважно вибирають таким чином, щоб одержати придатну для обробки пасту, і це означає одержання пасти, в'язкість якої є придатною для даного способу формування.

25    Крім того, виявляється переважним, щоб суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), додатково містила щонайменше 10 мас.% додаткових вуглецевих матеріалів, переважно прожареного антрациту.

30    Крім цього, суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), додатково містить оксидний керамічний матеріал, переважно вибраний з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук. Ці керамічні матеріали виконують таку ж функцію, яка описана вище відносно захисного шару.

У наступному переважному варіанті здійснення даного винаходу суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), додатково містить кремній.

Просто як приклад, суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), може містити:

35    суху суміш:

- від 20 до 80 мас.% синтетичного або природного графіту або їх суміші,

- від 20 до 80 мас.% прожареного антрациту, необов'язково у вигляді суміші з іншим вуглецевим матеріалом,

- від 0 до 20 мас.% кремнію і

40    - від 0 до 20 мас.% оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук; і, щонайменше одна зв'язувальна речовина.

Згідно з ще більш переважним варіантом здійснення даного винаходу, суміш для провідного шару, виготовлена на етапі а), містить:

45    суху суміш:

- від 30 до 70 мас.% синтетичного або природного графіту або їх суміші,

- від 20 до 50 мас.% прожареного антрациту, необов'язково у вигляді суміші з іншим вуглецевим матеріалом,

- від 5 до 15 мас.% кремнію і

50    - від 5 до 15 мас.% оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук; і, щонайменше одну зв'язувальну речовину.

Якщо вогнетривкий матеріал містить один або більше проміжних шарів, проміжний шар (шари) можна складати таким чином, як викладено вище відносно захисного шару або провідного шару.

55    Згідно з наступним переважним варіантом здійснення даного винаходу, на етапі с) невипалений блок випалюють при температурі, що становить від 1100 до 1400°C, переважно від 1100 до 1300°C і переважніше від 1150 до 1250°C.

60    Згідно з ще одним переважним варіантом здійснення даного винаходу, термічно оброблений блок можна просочувати після випалювання, що проводиться на етапі с), просочувальною

речовиною, такою як, наприклад, кам'яновугільна смола, нафтовий пек, кам'яновугільний пек, нафтовий пек, смола і т. п., щоб заповнювати пори і тим самим збільшувати насипну щільність, механічну міцність і питому теплопровідність кінцевого продукту. Після просочення блоки повторно випалюють переважно при температурі від 900 до 1300°C, переважніше при температурі від 1000 до 1200°C і ще переважніше при температурі від 1100 до 1200°C, щоб насичувати вуглець просочувальною речовиною. Просочення і повторне випалювання можна повторювати декілька разів.

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

Наступний об'єкт даного винаходу являє собою використання вогнетривкого матеріалу з числа вищезазначених вогнетривких матеріалів у внутрішній футерівці доменної печі.

Далі даний винахід буде роз'яснений більш детально з описом варіантів здійснення, які представлені і описані виключно за допомогою прикладів з посиланням на супроводжуючі креслення, з яких:

фіг. 1 представляє вогнетривкий матеріал відповідно до одного варіанта здійснення даного винаходу,

фіг. 2 представляє вогнетривкий матеріал відповідно до іншого варіанта здійснення даного винаходу, і

фіг. 3 схематично представляє спосіб виготовлення зразка для вимірювання міцності міжшарової сполуки згідно з даним винаходом.

Вогнетривкий матеріал 10, зображений на фіг. 1, являє собою двошаровий композитний матеріал, який містить захисний шар 12 і провідний шар 14 і має кубоподібну конфігурацію. Обидва шари композитного матеріалу з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях таким чином, що композитний матеріал має конфігурацію типу бутерброда. Іншими словами, захисний шар 12 прикріплений зверху провідного шару 14. Така конфігурація композитного матеріалу є особливо переважною для використання вогнетривкого матеріалу в донній футерівці доменної печі.

Крім того, вогнетривкий матеріал 10, зображений на фіг. 2, являє собою двошаровий композитний матеріал, який містить захисний шар 12 і провідний шар 14. Обидва шари композитного матеріалу з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях таким чином, що композитний матеріал має конфігурацію типу шашлику. Така конфігурація композитного матеріалу є особливо переважною для використання вогнетривкого матеріалу в футерівці стінки робочого простору доменної печі. Іншими словами, захисний шар 12 прикріплений збоку від провідного шару 14.

Фіг. 3 схематично представляє спосіб виготовлення зразка для вимірювання міцності міжшарової сполуки згідно з даним винаходом, як описано в стандарті ISO 12986-2. З міжшарової області вогнетривкого матеріалу 10 висвердлюють циліндричний зразок 16 діаметром 30 мм і довжиною 110 мм. Більш конкретно, зразок виготовляють, висвердлюючи kern перпендикулярно або щонайменше майже перпендикулярно через граничну площину 18, яка розташована між двома сусідніми шарами 12 і 14 вогнетривкого матеріалу 10, таким чином, що гранична площина 18 виявляється в середині або щонайменше майже в середині керна 16, що одержується в результаті. Потім здійснюють власне вимірювання міцності міжшарової сполуки при кімнатній температурі, як описано в стандарті ISO 12986-2.

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

#### Приклад 1

Двошаровий вогнетривкий матеріал, певним чином оптимізований для чудового теплового потоку, виготовляли, одержуючи суміш для захисного шару і суміш для провідного шару, при цьому суміш для захисного шару містила:

- 75 мас. год. прожареного антрациту,
- 15 мас. год. синтетичного графіту,
- 10 мас. год. оксиду алюмінію і
- 10 мас. год. кремнію;

до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування;

і суміш для провідного шару містила:

- 46 мас. год. синтетичного графіту,
- 36 мас. год. прожареного антрациту,

- 8 мас. год. кремнію і
- 10 мас. год. оксиду алюмінію;

до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування.

Суміш для захисного шару і суміш для провідного шару шарами вміщували в форму таким чином, що висота суміші для захисного шару становила приблизно 40%, і висота суміші для провідного шару становила приблизно 60% сумарної висоти. Після цього обидві суміші перетворювали шляхом віброформування в заготовці невипалених блоків, кожний з яких мав розміри, що становлять 500 мм завширшки, 400 мм у висоту і 2500 мм в довжину, перш ніж блоки випалювали в упаковці з коксового дріб'язку при максимальній температурі 1200°C.

Індивідуальні шари блоків, виготовлених даним способом, мали наступні властивості:

Захисний шар:

- насипна щільність: 1,71 г/см<sup>3</sup>,
- міцність при руйнуванні в холодному стані: 50 МПа,
- міцність на вигин: 12 МПа,
- питома теплопровідність при 1500°C: 12 Вт/(м•К) і
- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість за рахунок пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 1,9% об'єму зразка.

Провідний шар:

- насипна щільність: 1,70 г/см<sup>3</sup>,
- міцність при руйнуванні в холодному стані: 45 МПа,
- міцність на вигин: 11 МПа,
- питома теплопровідність при 1500°C: 23 Вт/(м•К) і
- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість за рахунок пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 2,3% об'єму зразка.

Міцність міжшарової сполуки між захисним шаром і провідним шаром визначали, як описано вище, і вона становила 9 МПа.

Приклад 2

Двошаровий вогнетривкий матеріал, певним чином оптимізований для спрощення утворення гарнісажу, виготовляли способом, аналогічним способу, описаному в прикладі 1, за винятком того, що суміш захисного шару для утворення гарнісажу містила:

- 45 мас. год. прожареного антрациту,
- 30 мас. год. синтетичного графіту,
- 10 мас. год. кремнію і
- 10 мас. год. оксиду алюмінію;

до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування;

і суміш для провідного шару містила:

- 67 мас. год. синтетичного графіту,
- 15 мас. год. прожареного антрациту,
- 8 мас. год. кремнію і
- 10 мас. год. оксиду алюмінію;

до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування.

Індивідуальні шари блоків, виготовлених даним способом, мали наступні властивості:

Захисний шар:

- насипна щільність: 1,72 г/см<sup>3</sup>,
- міцність при руйнуванні в холодному стані: 60 МПа,
- міцність на вигин: 13 МПа,
- питома теплопровідність при 1500°C: 11 Вт/(м•К) і
- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість за рахунок пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 1,7% об'єму зразка.

Провідний шар:

- насипна щільність: 1,71 г/см<sup>3</sup>,
- міцність при руйнуванні в холодному стані: 35 МПа,
- міцність на вигин: 11 МПа,
- питома теплопровідність при 1500°C: 30 Вт/(м•К) і

- розподіл пор по розміру: сумарна відкрита пористість за рахунок пор з діаметром, що перевищує 1 мкм, становила 3,5% об'єми зразка.

Міцність міжшарової сполуки між захисним шаром і провідним шаром визначали, як описано вище, і вона становила 8 МПа.

#### 5 Порівняльний приклад 1

Двошаровий вогнетривкий матеріал виготовляли, одержуючи суміш для захисного шару і суміш для провідного шару, причому суміш для захисного шару містила:

- 75 мас. год. прожареного антрациту,
- 15 мас. год. синтетичного графіту,
- 10 - 10 мас. год. оксиду алюмінію і
- 10 мас. год. кремнію;

до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування;

#### 15 і суміш для провідного шару містила:

- 36 мас. год. прожареного антрациту,
- 46 мас. год. синтетичного графіту,
- 8 мас. год. кремнію і
- 10 мас. год. оксиду алюмінію;

#### 20 до даної суміші додавали кам'яновугільний пек як зв'язувальну речовину в такій кількості, щоб одержати придатну для обробки пасту, тобто пасту, в'язкість якої є придатною для даного способу формування.

Після цього з обох сумішей формували індивідуальні невипалені блоки з наступними розмірами:

#### 25 захисний шар: 500×160×2500 мм і

провідний шар: 500×240×2500 мм.

Ці блоки випалювали в упаковці з коксовим дріб'язком і обробляли при максимальній температурі 1200°C.

#### 30 Після цього поверхні випалених блоків фрезерували і обидва блоки з'єднували один з одним по їх основних поверхнях, склеюючи ці поверхні одна з одною з використанням фенольної смоли. Після отвердження клею при 150°C склеєні блоки нагрівали до 1000°C.

Виготовлений таким способом блок мав властивості, аналогічні властивостям блока, описаного в прикладі 1, за винятком того, що міцність міжшарової сполуки між захисним шаром і провідним шаром виявилася значно меншою. Більш конкретно, міцність міжшарової сполуки між захисним шаром і провідним шаром визначали, як описано вище, і вона становила менше ніж 3 МПа.

#### Порівняльний приклад 2

Двошаровий вогнетривкий матеріал виготовляли способом, аналогічним способом, описаним в порівняльному прикладі 1, за винятком лише того, що блок отверджували після склеювання при 150°C без подальшої термічної обробки при 1000°C.

Міцність міжшарової сполуки між захисним шаром і провідним шаром виготовленого таким способом блока визначали, як описано вище, і вона становила менше ніж 5 МПа.

У даному відношенні потрібно зазначити, що міцність міжшарової сполуки в двошаровому блоці, в якому два шари з'єднані один з одним за допомогою клею, може бути порівняно високою, коли блок не піддають термічній обробці при високих температурах, що становлять, наприклад, приблизно 1000°C, що потрібно для випалювання вогнетривкого матеріалу. Як показує зіставлення порівняльних прикладів 1 і 2, термічна обробка при температурі, що становить приблизно 1000°C, приводить до значного зменшення міцності міжшарової сполуки шарів, що склеюються.

#### 50 Список умовних позначень

- 10 - Вогнетривкий матеріал
- 12 - Захисний шар
- 14 - Провідний шар
- 16 - Циліндричний зразок/керн
- 55 18 - Гранична площа

### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Вогнетривкий матеріал (10), призначений для використання у внутрішній футерівці доменної печі, при цьому вогнетривкий матеріал є багатошаровим композитним матеріалом, що містить

захисний шар (12) і провідний шар (14), причому міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами становить більше ніж 6 МПа.

2. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 1, в якому міцність міжшарового сполучення між індивідуальними шарами становить щонайменше 7 МПа, переважно щонайменше 7,5 МПа, переважніше щонайменше 8 МПа, ще переважніше щонайменше 8,5 МПа і найбільш переважно щонайменше 9 МПа.

3. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 1 або 2, який складається із захисного шару (12) і провідного шару (14).

4. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 1 або 2, який складається із захисного шару (12), провідного шару (14) і одного або більше проміжних шарів, розташованих між захисним шаром (12) і провідним шаром (14).

5. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, в якому міцність на вигин щонайменше одного з шарів (12, 14) і переважно міцність на вигин кожного з шарів (12, 14) є більшою, ніж міцність міжшарового сполучення.

6. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 5, в якому міцність на вигин щонайменше одного з шарів (12, 14) і переважно міцність на вигин кожного з шарів (12, 14) становить більше ніж 6 МПа, переважно щонайменше 7 МПа, переважніше щонайменше 7,5 МПа, ще переважніше щонайменше 8 МПа, особливо переважно щонайменше 8,5 МПа, ще переважніше щонайменше 9 МПа, ще переважніше щонайменше 9,5 МПа і найбільш переважно щонайменше 10 МПа.

7. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, при цьому у вогнетривкому матеріалі (10) не міститься клей і/або механічний з'єднувальний елемент.

8. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, який має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, при цьому шари (12, 14) з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях або по своїх бічних поверхнях.

9. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 3, який має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, при цьому захисний шар (12) і провідний шар (14) з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях, і товщина захисного шару (12) становить від 10 до 25 % або від 30 до 45 % сумарної товщини вогнетривкового матеріалу (10).

10. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 3, який має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, при цьому захисний шар (12) і провідний шар (14) з'єднані один з одним по своїх бічних поверхнях, і товщина захисного шару (12) становить від 10 до 25 % або від 30 до 45 % сумарної товщини вогнетривкового матеріалу (10).

11. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 4, який має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, при цьому захисний шар (12), провідний шар (14) і один або більше проміжних шарів з'єднані один з одним по своїх основних поверхнях, і товщина захисного шару (12) становить від 10 до 40 %, сумарна товщина всіх проміжних шарів становить від 5 до 25 %, і товщина провідного шару (14) становить від 45 до 85 % сумарної товщини вогнетривкового матеріалу (10).

12. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 4, який має щонайменше по суті кубоподібну конфігурацію, при цьому захисний шар (12), провідний шар (14) і один або більше проміжних шарів з'єднані один з одним по своїх бічних поверхнях, і товщина захисного шару (12) становить від 10 до 40 %, сумарна товщина всіх проміжних шарів становить від 5 до 25 %, і товщина провідного шару (14) становить від 45 до 85 % сумарної товщини вогнетривкового матеріалу (10).

13. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, в якому провідний шар (14) має питому теплопровідність при 1500 °С, яка перевищує щонайменше на 25 %, переважно щонайменше на 50 % і ще переважніше щонайменше на 100 % питому теплопровідність захисного шару (12).

14. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, в якому різниця між коефіцієнтом теплового розширення провідного шару (14) і коефіцієнтом теплового розширення захисного шару (12) при температурі від 23 до 1500 °С становить не більше ніж 0,6 мкм/(К·м), переважно не більше ніж 0,4 мкм/(К·м) і переважніше не більше ніж 0,2 мкм/(К·м).

15. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів, що виготовляється способом, що включає наступні етапи:

а) виготовлення суміші для захисного шару (12), суміші для провідного шару (14) і необов'язково суміші для одного або більше проміжних шарів,

б) формування багатшарового невипаленого блока з сумішей, виготовлених на етапі а), і

с) випалювання невипаленого блока, одержаного на етапі б).

16. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 15, в якому формування на етапі б) здійснюють, використовуючи віброформування, блокове пресування, одночасне пресування або ізостатичне пресування.

17. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 15 або 16, в якому суміш для захисного шару (12), виготовлена на етапі а), містить щонайменше 20 мас. % вуглецевого матеріалу, переважно прожареного антрациту, і щонайменше 3 мас. % кремнію відносно сумарної сухої маси суміші і зв'язувальної речовини.
- 5 18. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 17, в якому суміш для захисного шару (12), виготовлена на етапі а), додатково містить оксидний керамічний матеріал, переважно вибраний з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук.
- 10 19. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 17 або 18, в якому суміш для захисного шару (12), виготовлена на етапі а), додатково містить неоксидний керамічний матеріал, переважно вибраний з групи, що містить карбонітриди металів, карбіди металів, бориди металів, нітриди металів і суміші двох або більше вищезазначених сполук.
20. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 17-19, в якому суміш для захисного шару (12), виготовлена на етапі а), додатково містить графіт.
- 15 21. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 17-20, в якому суміш для захисного шару (12), виготовлена на етапі а), містить суху суміш:
- від 10 до 95 мас. % і переважно від 30 до 90 мас. % прожареного антрациту, необов'язково в суміші з іншим вуглецевим матеріалом,
  - від 3 до 20 мас. % і переважно від 5 до 15 мас. % кремнію,
  - 20 - від 2 до 30 мас. % і переважно від 5 до 20 мас. % оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук,
  - від 0 до 20 мас. % і переважно від 0 до 10 мас. % неоксидного керамічного матеріалу і
  - від 0 до 30 мас. % синтетичного або природного графіту або їх суміші; і
  - 25 щонайменше одну зв'язувальну речовину.
22. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 15-21, в якому суміш для провідного шару (14), виготовлена на етапі а), містить щонайменше 20 мас. % синтетичного або природного графіту або їх суміші відносно сумарної сухої маси суміші і зв'язувальної речовини.
- 30 23. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 22, в якому суміш для провідного шару (14), виготовлена на етапі а), додатково містить щонайменше 10 мас. % додаткового вуглецевого матеріалу, переважно прожареного антрациту.
24. Вогнетривкий матеріал (10) за п. 22 або 23, в якому суміш для провідного шару (14), виготовлена на етапі а), додатково містить оксидний керамічний матеріал, переважно вибраний з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук.
- 35 25. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 22-24, в якому суміш для провідного шару (14), виготовлена на етапі а), додатково містить кремній.
26. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 22-25, в якому суміш для провідного шару (14), виготовлена на етапі а), містить суху суміш:
- 40 - від 20 до 80 мас. % і переважно від 30 до 70 мас. % синтетичного або природного графіту або їх суміші,
  - від 20 до 80 мас. % і переважно від 20 до 50 мас. % прожареного антрациту, необов'язково в суміші з іншим вуглецевим матеріалом,
  - від 0 до 20 мас. % і переважно від 5 до 15 мас. % кремнію і
  - 45 - від 0 до 20 мас. % і переважно від 5 до 15 мас. % оксидного керамічного матеріалу, вибраного з групи, що містить оксид алюмінію, діоксид титану, силікат алюмінію і суміші двох або більше вищезазначених сполук; і
  - щонайменше одну зв'язувальну речовину.
27. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 15-26, при цьому на етапі с) невипалений блок випалений при температурі від 1100 і 1400 °С, переважно між 1100 і 1300 °С і переважніше між 1150 і 1250 °С.
- 50 28. Вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з пп. 15-27, при цьому термічно оброблений блок просочений до і/або після випалювання, що проводиться на етапі с), просочувальною речовиною, переважно вибраною з групи, що містить кам'яновугільну смолу, нафтовий пек, кам'яновугільний пек, нафтовий пек, смолу і суміші двох або більше вищезазначених матеріалів, і просочений невипалений блок повторно випалений переважно при температурі від 900 до 1300 °С, переважніше при температурі від 1000 і 1200 °С і ще переважніше при температурі від 1100 до 1200 °С.
- 55 29. Доменна піч, що містить внутрішню футерівку, що містить щонайменше один вогнетривкий матеріал (10) за будь-яким з попередніх пунктів.
- 60

30. Використання вогнетривкого матеріалу (10) за будь-яким з пп. 1-28 у внутрішній футерівці доменної печі.

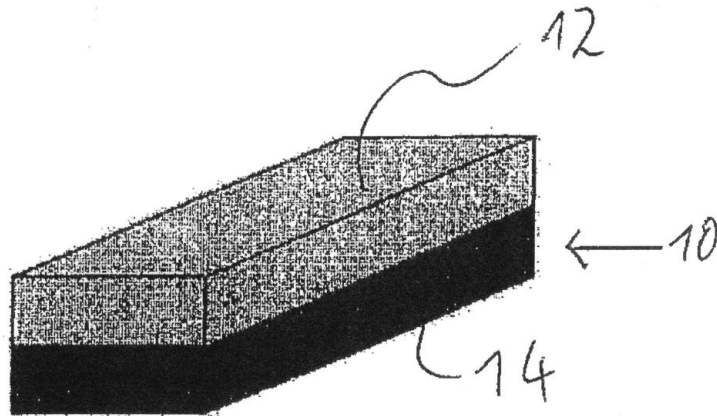


Fig. 1

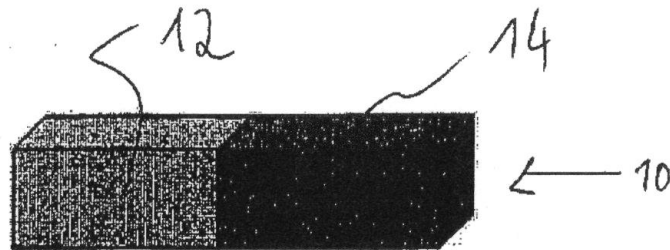
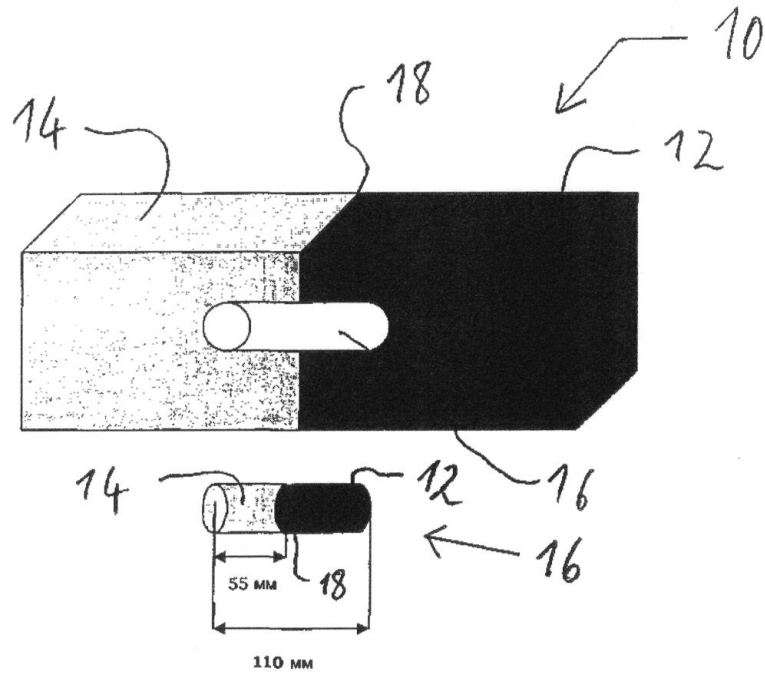


Fig. 2



Фіг. 3

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

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