



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61751 (13) C2

(51) МПК (2006)

C22C 1/04

B22F 7/04 (2006.01)

C22C 1/10

F16C 33/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД(54) АНТИФРИКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ "РОМАНІТ - ВВЛ", СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ І ЕЛЕМЕНТ ВУЗЛА  
ТЕРТЯ

1

2

(21) 2003043252

(22) 11.04.2003

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. №11, 2006р.

(72) Романов Сергій Михайлович, Романов Дмитро  
Сергійович(73) Романов Сергій Михайлович, Романов Дмитро  
Сергійович

(56) UA 42952, С, 16.10.2000

UA 47235, С, 17.06.2002

UA 52478, С, 16.12.2002

(57) 1. Антифрикційний матеріал у вигляді спече-  
них порошків ферофосфору, заліза, графіту і міді з  
локалізованими включеннями гранул, які містять  
мідь і графіт, який **відрізняється** тим, що він міс-  
тить мідь або її сплави і додатково містить вугле-  
цеве волокно при наступному співвідношенні ком-  
понентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,50-5,40
вуглецеве волокно	0,50-15,00
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,00-24,00
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при  
наступному співвідношенні компонентів у тілі гра-  
нул, мас. %:

мідь	37,00-60,00
графіт	решта.

2. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу,  
який включає одержання гранул шляхом гранулю-  
вання першої суміші порошків, що містить порошки  
графіту і міді, змішування гранул з другою суміш-  
шю порошків, що містить порошки ферофосфору,  
заліза, графіту і міді, формування і спікання отри-  
маної шихти, який **відрізняється** тим, що першу  
суміш порошків, що містить, мас. %:

порошок міді	37,00-60,00
порошок графіту	решта,

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-  
2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю поро-  
шків, яка містить мідь або її сплави і додатковомістить вуглецеве волокно при наступному спів-  
відношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
вуглецеве волокно	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
мідь або її сплави	решта

при наступному співвідношенні, мас. частин:

гранули : друга суміш порошків 1:50-1:3

3. Спосіб за п.2, який **відрізняється** тим, що пер-  
шу суміш порошків гранулюють шляхом пропу-  
щення між каліброваними валками прокатного  
стану.4. Спосіб за пп.2 або 3, який **відрізняється** тим,  
що шихту формують шляхом прокатування дозо-  
ваними порціями між валками прокатного стану.5. Спосіб за будь яким з пп.2-4, який **відрізняєть-  
ся** тим, що шихту спікають при температурі 830-  
1100°C в середовищі захисного газу.6. Елемент вузла тертя, що включає несучий еле-  
мент з напеченим шаром антифрикційного матері-  
алу з спечених порошків ферофосфору, заліза,  
графіту і міді з локалізованими включеннями гра-  
нул, що містить мідь і графіт, який **відрізняється**  
тим, що антифрикційний матеріал містить мідь або  
її сплави і додатково містить вуглецеві волокна  
при наступному вмісті компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,50-5,40
вуглецеві волокна	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,00-24,00
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при  
наступному співвідношенні компонентів в тілі гра-  
нул, мас. %:

мідь	37,00-60,00
графіт	решта.

7. Елемент вузла тертя за п.6, який **відрізняється**  
тим, що несучий елемент одержаний з низьковуг-  
лецевої сталі.

(13) C2

(11) 61751

(19) UA

8. Елемент вузла тертя за пп.6 або 7, який **відрізняється** тим, що несучий елемент має товщину 1-250мм.

9. Елемент вузла тертя за будь яким з пп.6-8, який **відрізняється** тим, що товщина шару антифрикційного матеріалу становить 0,7-25мм.

Винахід відноситься до області порошкової металургії і машинобудування, зокрема до антифрикційних матеріалів, що використовуються в елементах вузлів тертя різних машин, механізмів і обладнання.

Аналіз науково-технічної інформації показав, що, незважаючи на велику кількість антифрикційних матеріалів, відсутні порошкові матеріали для підшипників рідинного тертя різних машин, механізмів і обладнання. Це зумовлене недостатньою самомастильною здатністю цих матеріалів і недостатньою їх механічною міцністю.

Нормальна експлуатація антифрикційних матеріалів в підшипниках рідинного тертя можлива у випадку високої самомастильної їх здатності, низького коефіцієнта тертя, високої зносостійкості сполучних поверхонь і високої механічної міцності.

Відомий антифрикційний матеріал і спосіб отримання антифрикційного матеріалу [RU, 2049687] у вигляді спечених порошків фосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Фосфор	0,48-1,20;
Залізо	9,60-12,0;
Цинк	2,40-16,0;
Графіт	10,5-5,00;
Мідь	решта.

При цьому 10-21мас.% графіту і 9,00-15,00мас.% міді входять в матеріал у вигляді гранул розміром 0,4-2,0мм.

Недоліком цього матеріалу і способу його отримання є низька механічна міцність антифрикційного матеріалу, що отримується, оскільки цинк, що входить до складу матеріалу, не дозволяє підняти температуру спікання вище за 820°C через інтенсивне випаровування цинку, а для отримання матеріалу на мідній основі з високими механічними властивостями, що містить 9,60-12,00мас.% заліза, температура спікання не повинна бути нижчою за 1000°C.

Відомий антифрикційний матеріал елемента вузла тертя і спосіб отримання антифрикційного матеріалу [UA, 42952 A] у вигляді спечених порошків фосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять дисульфід молібдену, мідь і графіт, при наступному вмісті компонентів в матеріалі, мас. %:

Фосфор	0,33-1,35;
Залізо	11,08-30,30;
Графіт	0,16-5,16;
Гранули	2,00-24,0;
Мідь	решта.

При цьому гранули мають розмір 0,4-1,6мм і додатково містять дисульфід молібдену при наступному вмісті компонентів в тілі гранул, мас. %:

Дисульфід молібдену	0,01-23,0;
---------------------	------------

Мідь	14,0-37,0;
Графіт	решта.

Даний спосіб включає отримання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту, дисульфиду молібдену і міді, змішування гранул з другою сумішшю порошків, що містить порошки фосфору, заліза, графіту і міді, формування і спікання отриманої шихти.

Недоліком даного способу отримання антифрикційного матеріалу і елемента вузла тертя є низька механічна міцність антифрикційного матеріалу, яка зумовлена тим, що фосфор, який входить до складу цього матеріалу, не дозволяє підняти температуру спікання вище за 900 С через інтенсивне утворення мідно-фосфористий евтектики при температурі понад 707°C і утворення рідкої фази. Для отримання антифрикційного матеріалу на мідній основі з високими механічними властивостями, що містить 11,08-30,30мас.% заліза, температура спікання не повинна бути нижчою за 1000°C. Крім того, як показує досвід, введення дисульфиду молібдену в гранули значно знижує антифрикційні властивості матеріалу. Під час тертя температура в зоні контакту досягає 800°C, а дисульфід молібдену, незважаючи на введення в гранули, коксується вже при температурі понад 400°C, що різко погіршує антифрикційні властивості матеріалу через погіршення процесу утворення розділової плівки на сполучній поверхні.

Відомий матеріал і спосіб його виготовлення на основі мідно-графітової композиції, що містить принаймні один карбід металу IV-VI групи і короткі вуглецеві волокна [RU, 2088682] при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Частки графіту	6,30-60,00;
Принаймні один карбід металу IV-VI групи	15,00-60,00;
Вуглецеві волокна	0,10-4,20;
Мідь або її сплави	решта.

Даний матеріал володіє не достатньою самомастильною здатністю, і є таким, що дорого коштує внаслідок використання карбідів металів IV-VI групи. Він не володіє достатньою механічною міцністю внаслідок неоднорідності отриманої структури навіть при введенні вуглецевого волокна. Підвищення самомастильної здатності і збільшення товщини розділової плівки можна досягнути, збільшив вміст вуглецевого волокна і вільного графіту в матеріалі. Однак, введення в цей матеріал вуглецевого волокна понад 4,2мас.% приводить до нерівномірного розподілу волокна по всьому об'єму композиційного матеріалу, а збільшення вільного графіту знижує міцнісні характеристики. Крім того, спосіб виготовлення такого матеріалу є досить трудомістким, оскільки процес перемішування порошків проводять протягом тривалого часу, а в

процесі спікання на графітові частки суцільним покриттям наносять карбіди металів IV-VI групи.

Найбільш близьким до рішення, що заявляється є антифрикційний матеріал, спосіб отримання антифрикційного матеріалу і елемент вузла тертя, [UA, 47235 A, 17.06.2002], в якому антифрикційний матеріал отриманий у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному вмісті компонентів в матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,50-5,40;
Залізо	10,91-26,25;
Графіт	0,16-5,16;
Гранули	2,00-24,0;
Мідь	решта.

Даний матеріал більш дешевий, ніж попередній аналог і менш трудомісткий у виготовленні, однак, в свою чергу має істотні недоліки.

Недоліком даного матеріалу, способу його отримання і елемента вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, є підвищений знос підшипників тертя з цього матеріалу при недостатньому вмісті вільного графіту, невисока механічна міцність через великий вміст вільного графіту в матеріалі і внаслідок його пористості, а також недостатня самомастильна здатність матеріалу, що приводить до швидкого зносу сполучних поверхонь.

В основу винаходу поставлена задача створити антифрикційний матеріал у вигляді спечених порошків ферофосфору  $\text{Fe}_3\text{P}$ , заліза, графіту, міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, в якому, шляхом додаткового введення вуглецевого волокна і відповідного підбору компонентів отримують антифрикційний вуглеволоконистий безпористий матеріал з високою самомастильною здатністю, підвищеною зносостійкістю, механічною міцністю, низьким коефіцієнтом тертя.

Іншою задачею винаходу є створення такого способу отримання антифрикційного матеріалу, в якому шляхом гранулювання першої суміші порошків до певного розміру гранул і змішення з другою сумішшю порошків, що містить вуглецеві волокна, при певному співвідношенні цих сумішей, утворюється безпористий матеріал з високою самомастильною здатністю, підвищеною зносостійкістю, і високою механічною міцністю матеріалу.

Ще однією задачею винаходу є створення такого елемента вузла тертя, в якому шляхом використання антифрикційного матеріалу, отриманого шляхом певного підбору компонентів і певного способу отримання цього матеріалу, досягається отримання на поверхні матеріалу товстої розділової плівки, що запобігає зносу контактуючих пар тертя.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому антифрикційному матеріалі у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, які містять мідь і графіт, згідно з винаходом він додатково містить вуглецеві волокна, при наступному співвідношенні компонентів в матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,50-5,40;
------------	------------

Вуглецеві волокна	0,50-15,0;
Залізо	10,91-26,25;
Графіт	0,16-5,16;
Гранули	2,00-24,0;
Мідь або її сплави	решта.

При цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів в тілі гранул, мас. %:

Мідь	37,0-60,0;
Графіт	решта.

Ще одна задача вирішується тим, що у відомому способі отримання антифрикційного матеріалу, що включає отримання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту і міді, змішування гранул з другою сумішшю порошків, що містить порошки ферофосфору, заліза, графіту і міді, формування і спікання отриманої шихти, згідно з винаходом першу суміш порошків, що містить, мас. %:

Порошок міді	37,0-60,0;
Порошок графіту	решта,

гранулюють з отриманням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить вуглецеві волокна, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Ферофосфор	0,65-5,52;
Вуглецеві волокна	0,65-15,31;
Залізо	14,36-26,79;
Графіт	0,21-5,26;
Мідь або її сплави	решта,

при наступному співвідношенні, мас. частин:

Гранули/друга суміш порошків від 1/50 до 1/3.

Переважно першу суміш порошків гранулюють шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стану.

Формування шихти може бути виконано шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стану.

Переважно шихту спікають при температурі 830-1100°C в середовищі захисного газу.

Ще одна задача вирішується тим, що у відомому елементі вузла тертя, що включає несучий елемент з напеченим шаром антифрикційного матеріалу з спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, згідно з винаходом антифрикційний матеріал додатково містить вуглецеві волокна, при наступному вмісті компонентів, мас. %:

Ферофосфор	0,50-5,40;
Вуглецеві волокна	0,50-15,0;
Залізо	10,91-26,25;
Графіт	0,16-5,16;
Гранули	2,00-24,0;
Мідь або її сплави	решта.

При цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів в тілі гранул, мас. %:

Мідь	37,0-60,0;
Графіт	решта.

Переважно несучий елемент виконаний з низьковуглецевої сталі. Товщину несучого елемента обирають в межах 1-250мм, при цьому товщина

шара антифрикційного матеріалу може бути 0,7-25мм.

Введення в антифрикційний матеріал вуглецевих волокон дозволяє отримати волокнисту композицію з рівномірно розподіленою геометрією вуглецевих волокон, що повторюється в пластичній матриці. Це забезпечується завдяки тому, що внаслідок спікання вуглецевих волокон і гранул, що містять графіт і мідь, зі сумішшю порошків відбувається рівномірне заповнення всіх пір матеріалу, який спікається.

При цьому, експериментально встановлено, що матеріали, які містять більше за 5,5мас.% графіту у вільному стані, володіють високими змащувачими властивостями. При збільшенні вмісту графіту у вільному стані в матеріалі більше за 5,5мас.%, товщина розділової плівки на поверхнях тертя збільшується в декілька разів. Однак кількість графіту у вільному стані більше за 5,5мас.% спричиняє різке зниження механічних властивостей матеріалу в результаті разупрочнення їм матриці. У той же час, створення матеріалів з вмістом графіту у вільному стані більше за 5,5мас.% сприяє утворенню на поверхнях тертя розділових плівок, що запобігають зносу контактуючої пари. Для отримання бажаного результату в порошок матрицю антифрикційного матеріалу вводять тверду змазку у вигляді вуглецевих волокон або ниток, що містять до 95-97% вуглецю. При сплавленні вуглецевих волокон разом з гранулами, що містять мідь і графіт, при температурі понад 900°C частина вуглецевих волокон дифундує в стальний каркас матриці, що забезпечує міцне закріплення їх в матеріалі. У результаті утворюється єдиний моноліт вуглецево-сталого каркаса матриці антифрикційного матеріалу, що володіє високою міцністю, а також здатний створювати на поверхні товсту розділову плівку, що володіє самомастильною здатністю. При чому експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту в антифрикційному матеріалі вуглецевих волокон більше за 15%, починається разупрочнення матриці матеріалу і відбувається зниження його механічних властивостей.

Введення в матеріал волокон вуглецевих менше за 0,5мас.% не забезпечує помітне збільшення товщини розділових плівок, а, отже, і збільшення самомастильної здатності матеріалу і помітного збільшення його міцнісних характеристик.

Таким чином, оптимальний вміст вуглецевих волокон в матеріалі становить 0,50-15мас.%.

У антифрикційному вуглеволокнистому матеріалі здвиговий механізм утримання тріщин, характерний для традиційних сплавів, доповнюється утриманням тріщин самими волокнами, внаслідок чого відбувається різке підвищення міцності матеріалу, і в результаті отримують безпористий антифрикційний матеріал з високою механічною міцністю.

Гранулювання першої суміші порошків до розміру гранул 0,4-2,0мм шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стану і змішення далі з другою сумішшю порошків, що містять додатково вуглецеве волокно, прокатування

шихти дозованими порціями між валками прокатного стану і спікання отриманої шихти при температурі 830-1100°C в середовищі захисного газу, дозволяє отримати в кінцевому результаті антифрикційний матеріал з самомастильною здатністю, що володіє високою механічною міцністю і зносостійкістю, з низьким коефіцієнтом тертя.

Вузол тертя з несучим елементом з напеченим шаром антифрикційного матеріалу дозволяє отримати на поверхні матеріалу, що володіє підвищеною механічною міцністю і зносостійкістю, товсту розділову плівку, що запобігає зносу контактуючих пар тертя.

Антифрикційний матеріал згідно з винаходом отримують таким чином:

Суміш порошків графіту і міді або її сплави в кількості, мас. %:

Мідь	37,0-60,0;
Графіт	решта,

пропускають між каліброваними валками прокатного стану для отримання гранул розміром 0,4-2,0мм.

Вуглецеві волокна ріжуть ножицями на шматки, а потім подрібнюють в млинах до необхідних розмірів, просівають на вібрисі, відділяють фракції менше за 1мм і додають їх у другу суміш порошків. Цю суміш завантажують в змішувач і проводять сухе змішення. Потім додають зволожувач і проводять мокре змішення.

Гранули змішують з другою сумішшю порошків, що містить мас. %:

Ферофосфор	0,65-5,52;
Вуглецеві волокна	0,65-15,31;
Залізо	14,36-26,79;
Графіт	0,21-5,26;
Мідь або її сплави	решта.

При цьому співвідношення гранул і другої суміші порошків обирають від 1/50 до 1/3мас. частин.

Отриману шихту спочатку формують, прокатуючи дозованими порціями між валками прокатного стану, а потім спікають при температурі 830-1100°C в прохідній печі в середовищі захисного газу.

Для отримання елемента вузла тертя отриману шихту насипають через дозатор на підготовлену по спеціальній технології поверхню сталюого листа з низьковуглецевої сталі потрібної форми товщиною 1-250мм, пресують і потім спікають при температурі 830-1100°C в прохідній печі в середовищі захисного газу. При цьому товщина антифрикційного матеріалу елемента вузла тертя становить 0,7-25мм.

Таким чином, винахід дозволяє створити вуглеволокнистий безпористий антифрикційний матеріал, що володіє самомастильною здатністю, здійснити спосіб його отримання і створити елемент вузла тертя з напеченим шаром антифрикційного матеріалу, який володіє високою механічною міцністю, зносостійкістю, дуже низьким коефіцієнтом тертя, здатністю утворювати на поверхні матеріалу товсту розділову плівку, які запобігають зносу контактуючої пари при роботі без змазки.

