



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83677 (13) C2
(51) МПК (2006)
C22C 1/04
C22C 9/00
C22C 9/06
B22F 7/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АНТИФРИКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ РОМАНІТ-УВЛБН НА ОСНОВІ МІДІ, СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ ТА ЕЛЕМЕНТ ВУЗЛА ТЕРТЯ З НАПЕЧЕНИМ ШАРОМ ЦЬОГО МАТЕРІАЛУ

1

(21) а200603404
(22) 29.03.2006
(24) 11.08.2008
(46) 11.08.2008, Бюл.№ 15, 2008 р.
(72) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA,
РОМАНОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ, UA,
(73) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA,
РОМАНОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ, UA
(56) SU, 628 362, A, 15.10.1978
SU, 1 559 815, A1, 20.07.2000
SU, 1 560 572, A1, 30.04.1990
UA, 42 952, A, 15.11.2001
UA, 47 235, A, 17.06.2002
UA, 47 544, C2, 15. 07.2002
UA, 61 751, A, 17.11.2003
Заявка UA, 200307799, A, 15.02.2005
RU, 2 049 687, C1, 10.12.1995
RU, 2 088 682, C1, 27.08.1997
RU, 2 203 973, C2, 10.05.2003
GB, 413 209, A, 12.07.1934
CN, 1 563 446, A, 12.01.2005
US, 4 406 857, A, 27.09.1983
JP, 2000-088102, A, 31.03.2000
JP, 2001-109802, A, 17.04.2001
Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные
спеченные антифрикционные материалы.- К.: Нау-
кова думка, 1980.- С.17-26, 42-47, 78-91, 99-141,
154-156, 201-203, 259-265
(57) 1. Антифрикційний матеріал на основі міді, що
включає спечені порошки ферофосфору, заліза,
графіту, міді або її сплавів, з локалізованими вклю-
ченнями гранул, що містять мідь і графіт, який
відрізняється тим, що додатково містить
гексагональний нітрид бору і нікель при наступно-
му вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
гексагональний нітрид	
бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
мідь або її сплави	решта,

2

при цьому гранули мають розміри в межах 0,4-2,0
при наступному співвідношенні компонентів у тілі
гранул, мас. %:

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

2. Антифрикційний матеріал на основі міді, що
включає спечені порошки ферофосфору, заліза,
графіту, міді або її сплавів і волокон вуглецевих, з
локалізованими включеннями гранул, що містять
мідь і графіт, який **відрізняється** тим, що додат-
ково містить гексагональний нітрид бору і нікель
при наступному вмісті компонентів у матеріалі,
мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
гексагональний нітрид	
бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
волокон вуглецеві	0,5-15,0
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розміри в межах 0,4-2,0
при наступному співвідношенні компонентів у тілі
гранул, мас. %:

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

3. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу
на основі міді, який включає одержання гранул
шляхом гранулювання першої суміші порошків, що
містить порошки графіту і міді, змішування одер-
жаних гранул з другою сумішшю порошків, що міс-
тить ферофосфор, залізо, графіт, мідь або її спла-
ви, волокна вуглецеві, формування і спікання
одержаної шихти, який **відрізняється** тим, що
першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0
мм, одержані гранули змішують з другою сумішшю
порошків, що додатково містить гексагональний
нітрид бору і нікель, при наступному співвідношен-
ні компонентів, мас. %:

(13) C2

(11) 83677

(19) UA

ферофосфор	0,65-5,52
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид	
бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
волокна вуглецеві	0,65-15,31
мідь або її сплави	решта,
при співвідношенні компонентів одержаної шихти, мас. %:	
гранули	2,0-24,0
друга суміш порошків	решта.
4. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що першу суміш порошків гранулюють шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стана.	
5. Спосіб за будь-яким з пп. 3, 4, який відрізняється тим, що шихту формують шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стана на сталевий лист.	
6. Спосіб за будь-яким з пп. 3-5, який відрізняється тим, що одержану шихту спікають при температурі 830-1100°C в середовищі захисного газу.	

7. Елемент вузла тертя, що включає несучий елемент із напеченим шаром антифрикційного матеріалу на основі міді, що включає спечені порошки ферофосфору, заліза, графіту, міді або її сплавів, волокон вуглецевих з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, який відрізняється тим, що антифрикційний матеріал додатково містить гексагональний нітрид бору і нікель при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:	
ферофосфор	0,5-5,4
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
гексагональний нітрид	
бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
волокна вуглецеві	0,5-15,0
мідь або її сплави	решта.
8. Елемент вузла тертя за п. 7, який відрізняється тим, що несучий елемент має товщину 1-250мм.	
9. Елемент вузла тертя за будь-яким з пп. 7, 8, який відрізняється тим, що товщина шару антифрикційного матеріалу складає 0,7-25мм.	

Винахід відноситься до антифрикційного матеріалу, способу його отримання та елемента вузла тертя, виконаному з використанням антифрикційного матеріалу. Більш докладно даний винахід відноситься до антифрикційних матеріалів, що одержують методом порошкової металургії, і які застосовуються в машинобудуванні в елементах вузлів тертя різних машин, механізмів і устаткування.

Аналіз науково-технічної інформації показав, що незважаючи на велику кількість антифрикційних матеріалів, відсутні порошкові матеріали для підшипників різних машин, механізмів та устаткування, що працюють у вкрай тяжких умовах, з високими навантаженнями, в умовах обмеженого змащення чи без змащення. Це обумовлено недостатньою самозмащувальною здатністю цих матеріалів і їхньою недостатньою механічною міцністю.

Нормальна експлуатація антифрикційних матеріалів у підшипниках, що працюють при високих навантаженнях в умовах обмеженого змащення чи без змащення, можлива у випадку їх високої самозмащувальної здатності, низького коефіцієнта тертя, високої зносостійкості поверхонь, що сполучаються, і високої механічної міцності.

У [патенті Російської Федерації №2049687 опубл. 10.12.1995р.], описаний антифрикційний матеріал і спосіб одержання антифрикційного матеріалу у вигляді спечених порошків фосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Фосфор	0,48-1,2
Залізо	9,6-12,0
Цинк	2,4-16,0
Графіт	10,5-25,0
Мідь	інше.

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

Недоліком описаного матеріалу і способу його одержання є низька механічна міцність отриманого антифрикційного матеріалу, тому що цинк, який входить до складу цього матеріалу не дозволяє підняти температуру спікання вище 820°C через інтенсивний випар цинку, а для одержання матеріалу на мідній основі з високими механічними властивостями, що містить 9,6-12,0 мас. % заліза, температура спікання не повинна бути нижче 1000°C.

У [патенті України №42952 опубл. 15.12.2003р.], описаний антифрикційний матеріал елемента вузла тертя і спосіб одержання антифрикційного матеріалу у вигляді спечених порошків фосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять дисульфід молибдену, мідь і графіт, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас %:

Фосфор	0,33-1,35
Залізо	11,08-30,30
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,0-24,0
Мідь	інше

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

Дисульфід молибдену	0,01-23,0
Мідь	14,0-37,0
Графіт	інше

Даний спосіб включає одержання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту, дисульфиду молибдену і міді, змішування гранул із другою сумішшю порош-

ків, що містить порошки фосфору, заліза, графіту і міді, формування і спікання отриманої шихти.

Недоліком даного способу, одержання антифрикційного матеріалу та елемента вузла тертя є низька механічна міцність антифрикційного матеріалу, що, обумовлена тим, що вхідний до складу цього матеріалу фосфор не дозволяє підняти температуру спікання вище 900°C через інтенсивне утворення мідно-фосфористої евтектики при температурі понад 707°C та утворення рідкої фази. Для одержання антифрикційного матеріалу на мідній основі з високими механічними властивостями, що містить 11,08-30,30 мас.% заліза, температура спікання не повинна бути нижче 1000°C. Крім того, як показує досвід, введення дисульфиду молибдену в гранули значно знижує антифрикційні властивості матеріалу. Під час тертя температура в зоні контакту досягає 800°C, а дисульфід молибдену, 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 поверхні, що сполучається.

У [патенті України №47235 опубл. 17.05.2003р.], описаний антифрикційний матеріал вузла тертя і спосіб одержання антифрикційного матеріалу у виді спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту і міді з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,5-5,4
Залізо	10,91-26,25
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,0-24,0
Мідь	інше

При цьому гранули мають розмір 0,4-1,6 мм при наступному співвідношенні компонентів у тілі гранул, мас. %:

Мідь	37,0-60,0
Графіт	інше

Недоліком описаного матеріалу, способу його одержання та елемента вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, є підвищений знос підшипників рідинного тертя за рахунок недостатнього вмісту вільного графіту, з одного боку, і в той же час падіння механічних властивостей при його максимальному вмісті.

У [патенті Росії №1559815 опубл. 20.07.2000р.] описаний антифрикційний матеріал у виді двошарової синтетичної тканини, робочий шар якої складається з політетрафторетиленових ниток, а неробочий - з вуглецевих, скляних, металевих чи теплостійких полімерних ниток і сполучного сплаву, зміцненого частками металів, температура плавлення яких вище температури плавлення сполучного сплаву, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Тверде змащення	3,0-7,0
Армуюча металева сітка	54,4-68,0
Сполучний сплав	інше

Недоліком описаного матеріалу є високий коефіцієнт тертя політетрафторетиленових ниток, що утворюють робочий шар антифрикційного матеріалу, більш 0,7, що викликає підвищений знос сполучуваних поверхонь, низьку їхню стійкість і підвищені експлуатаційні витрати.

У [патенті Росії №2088682, опубл. 27.08.1997р.] у якому описаний мідно-графітовий композиційний матеріал і спосіб його виготовлення у виді спечених порошків одного з карбідів металу IV-VI груп (титан, цирконій, гафній, ванадій, ніобій, тантал, хром, молибден і вольфрам), міді або її сплавів, піровуглеця, коротких вуглецевих волокон довжиною не більш 5 мм і діаметром 8 мкм, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Карбід металу IV-VI груп	15,0-60,0
Піровуглець	0,6-22,2
Волокна вуглецеві	0,1-4,2
Мідь або її сплави	інше

Недоліком описаного матеріалу є високий процент вмісту одного з карбідів металів IV-VI груп, що викликає підвищений знос поверхонь, що сполучаються, низьку їхню стійкість і підвищені експлуатаційні витрати.

Найбільш близьке рішення відоме з [декларативного патенту України №61751 опубл. 17.11.2003р.], у якому описаний антифрикційний матеріал і спосіб його виготовлення у виді спечених порошків ферофосфору заліза, графіту, міді або її сплавів і вуглецевих волокон чи вуглецевих ниток з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Ферофосфор	0,50-5,40
Волокна вуглецеві	0,50-15,00
Залізо	10,91-26,25
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,00-24,00
Мідь або її сплави	інше

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

Мідь	37,0-60,0
Графіт	інше

Недоліком даного матеріалу та способу є те, що при введенні графіту кількості більше ніж 5,16 мас.% виникає різке зниження механічних властивостей матеріалу в результаті того, що графіт робить матрицю менш міцною.

В основу винаходу поставлена задача створити антифрикційний матеріал у виді спечених порошків ферофосфору Fe₃P, заліза, графіту, міді і гексагонального нітриду бора і нікелю з локалізованими включеннями гранул, які містять мідь і графіт, шляхом підбора, співвідношення перерахованих вище компонентів, що дозволяє одержати антифрикційний матеріал, який володіє високою самозмащувальною здатністю, механічною міцністю, зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує утворення на поверхні матеріалу товстих розділових плівок, що запобігають зносу контактуючої пари.

Ще однією задачею винаходу є створення антифрикційного матеріалу у виді спечених порошків ферофосфору Fe₃P, заліза, графіту, міді, волокон вуглецевих і гексагонального нітриду бора і нікелю з локалізованими включеннями гранул, які містять мідь і графіт, шляхом підбора, співвідношення перерахованих вище компонентів, що дозволяє одержати антифрикційний матеріал, який володіє високою самозмащувальною здатністю, підвищеною механічною міцністю, завдяки наявності в

ньому армуючої складової у вигляді волокон вуглецевих, зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує утворення на поверхні матеріалу товстих розділових плівок, що запобігають зносу контактуючої пари.

Волокна вуглецеві можуть являти собою як окремі вуглецеві нитки так і волокна, що складаються з них.

Іншою задачею винаходу є створення способу одержання антифрикційного матеріалу з перерахованими вище характеристиками.

Ще однією задачею винаходу є створення елемента вузла тертя, що включає несучий елемент із напеченим шаром антифрикційного матеріалу, що володіє високою самозмашувальною здатністю, механічною міцністю, зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує утворення на поверхні матеріалу розділових плівок, що запобігають зносу контактуючої пари.

Поставлена задача вирішується тим, що в антифрикційний матеріал на основі міді, що включає спечені порошки ферофосфору, заліза, графіту і міді або її сплавів, з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, додатково включений гексагональний нітрид бора і нікель, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,5-5,4
Залізо	10,91-26,25
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,0-24,0
Гексагональний нітрид бора	0,1-5,0
Нікель	0,2-10,0
Мідь або її сплави	інше

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

Мідь	37,0-60,0
Графіт	інше

Ще одна задача вирішується тим, що в антифрикційний матеріал на основі міді, що включає спечені порошки ферофосфору, заліза, графіту і міді або її сплавів і волокон вуглецевих або вуглецевих ниток, з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, додатково включений гексагональний нітрид бора і нікель, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,5-5,4
Залізо	10,91-26,25
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,0-24,0
Гексагональний нітрид бора	0,1-5,0
Волокна вуглецеві	0,5-15,0
Нікель	0,2-10,0
Мідь або її сплави	інше

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

Мідь	37,0-60,0
Графіт	інше

Інша задача вирішується тим, що у відомому, способі одержання антифрикційного матеріалу, на основі міді, що включає одержання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту і міді, змішування в змішувачі гранул із другою сумішшю порошків, що містить порошки ферофосфору, заліза, графіту, міді і вуг-

лецевих волокон або вуглецевих ниток, формування шляхом пропуску між валками прокатного стану, спікання отриманої шихти на сталевий лист. Першу суміш порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Порошок міді	37,0-60,0
Порошок графіту	інше

гранулюють, наприклад, шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стану, з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм. Гранули змішують із другою сумішшю порошків, що додатково містить гексагональний нітрид бора і нікель, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Ферофосфор	0,65-5,52
Залізо	14,36-26,79
Графіт	0,21-5,26
Гексагональний нітрид бора	0,13-6,5
Нікель	0,26-13,0
Волокна вуглецеві	0,65-15,31
Мідь або її сплави	інше

при співвідношенні компонентів, мас. %:

Гранули	2,0-24,0
Друга суміш порошків	інше

Отриману шихту формують, наприклад, шляхом прокатки дозованими порціями між валками прокатного стану на сталевий лист і запікають.

Друга суміш порошків додатково містить гексагональний нітрид бора та нікель. Компоненти другої суміші і гексагональний нітрид бора та нікель завантажуються в змішувач і виконується сухе змішування. Потім у змішувач додається зволожувач та виконується мокре змішування.

Ще одна задача вирішується тим, що елемент вузла тертя, який включає несучий елемент із напеченим шаром антифрикційного матеріалу зі спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту міді або її сплавів і волокон вуглецевих, з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, додатково містить гексагональний нітрид бора і нікель, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

Ферофосфор	0,5-5,4
Залізо	10,91-26,25
Графіт	0,16-5,16
Гранули	2,0-24,0
Гексагональний нітрид бора	0,1-5,0
Нікель	0,2-10,0
Волокна вуглецеві	0,5-15,0
Мідь або її сплави	інше

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

Мідь	37,0-60,0
Графіт	інше

Переважно несучий елемент виконаний, з низьковуглецевої сталі, і має товщину 1-250мм. Найбільш переважна товщина шаруючи антифрикційного матеріалу складає 0,7-25мм. Введення в антифрикційний матеріал гексагонального нітриду бора обумовлено тим, що експериментально встановлено - матеріали, що містять більш 5,5мас. % графіту у вільному стані, володіють високими змашувальними властивостями. При збільшенні вмісту в матеріалі більш 5,5мас. % графіту у вільному стані, товщина роз-

ділової плівки на поверхнях тертя збільшується в кілька разів. Однак кількість графіту у вільному стані більш 5,5мас. % викликає різке зниження механічних властивостей матеріалу в результаті того, що графіт робить матрицю менш міцною. У той же час, створення матеріалів зі вмістом графіту у вільному стані більш 5,5% сприяє утворенню на поверхнях тертя розділових плівок, що запобігають знобу контактуючої пари. Тому передбачається тверде змащення (вуглець) вводити в порошкову матрицю антифрикційного матеріалу в обсязі не більш 5,5мас. %, а збільшення обсягу твердого змащення зробити введенням у матеріал гексагонального нітриду бора. Гексагональний нітрид бора має таку ж кристалічну решітку, як і графіт і має такі ж змашувальні властивості, але на відміну від графіту не робить матеріал менш міцним. Експериментально встановлено, що доцільне введення гексагонального нітриду бора в обсязі до 5мас. %. Це дозволить збільшити здатність антифрикційного матеріалу, що самозмашування, у 2 рази. Експериментально встановлено, що введення в антифрикційний матеріал гексагонального нітриду бора економічно доцільно до 5мас. %. Експериментально встановлено, що при

введенні в антифрикційний матеріал гексагонального нітриду бора в чистому виді викликає підвищений знос контактуючої поверхні, пари тертя. Тому гексагональний нітрид бора вводиться тільки разом з нікелем. При спільному введенні, з гексагональним нітридом бора, нікелю вводиться трохи більше. Крім того нікель впливає на металевий каркас антифрикційного матеріалу. Нікель має кубічну гранецентровану кристалічну решітку, і він утворює із залізом безперервний ряд твердих розчинів заміщення. Уведення нікелю в антифрикційний матеріал підвищує на діаграмі стану Fe-Ni крапку A4 і знижує крапку A3, тим самим, розширюючи X-область і значно зміцнює сталевий каркас і збільшує механічну міцність матеріалу. Процентний вміст гексагонального нітриду бора і нікелю визначено експериментально. Винахід дозволяє створити антифрикційний матеріал, способом одержання та елемент вузла тертя з напеченим шаром антифрикційного матеріалу, що володіє підвищеною механічною міцністю, підвищеною зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя, підвищеною здатністю утворювати на поверхнях пар тертя товсту розділову плівку, що запобігає зносу контактуючих поверхонь.