



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 86499

(13) C2

(51) МПК (2009)

C22C 1/04

C22C 1/05

C22C 1/10

B22F 7/00

F16C 33/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) АНТИФРИКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ РОМАНІТ-УВЛШДМБ, СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ І ЕЛЕМЕНТ ВУЗЛА ТЕРТЯ

1	2
(21) a200708310	шунгіт 0,01-22,0
(22) 20.07.2007	неорганічна сполука бору, що
(24) 27.04.2009	не містить кисень 0,005-3,4
(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.	дисульфід молібдену 0,5-5,0
(72) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA, РО-	кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4
МАНОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ, UA	мідь або її сплави решта,
(73) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA, РО-	при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при
МАНОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ, UA	наступному співвідношенні компонентів у тілі гра-
(56) SU 1637292, 27.02.1996, A1	нул, мас. %:
RU 2216553, 20.04.2003, C2	мідь 37,0-60,0
RU 94011997, 20.12.1995, A1	графіт решта.
RU 2268291, 20.01.2006, C1	5. Антифрикційний матеріал за п.3, який <b>відрізня-</b>
RU 2168662, 10.06.2001, C1	<b>ється</b> тим, що має наступний склад, мас. %:
CN 1332270, 23.01.2002, A	ферофосфор 0,5-5,4
(57) 1. Антифрикційний матеріал, що містить фу-	волокно вуглецеве 0,5-15,0
лерен, який <b>відрізняється</b> тим, що додатково міс-	залізо 10,91-26,25
тить неорганічну сполуку бору, що не містить ки-	графіт 0,16-5,16
сень, дисульфід молібдену і кисеньвмісну сполуку	гранули 2,0-24,0
бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:	гексагональний нітрид бору 0,1-5,0
неорганічна сполука бору, що не мі-	нікель 0,2-10,0
стить кисень 0,005-3,4	дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0
дисульфід молібдену 0,5-5,0	фулеренова сажа 0,01-22,0
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4.	неорганічна сполука бору, що не
2. Антифрикційний матеріал за п.1, який <b>відрізня-</b>	містить кисень 0,005-3,4
<b>ється</b> тим, що містить неорганічну сполуку бору,	дисульфід молібдену 0,5-5,0
що не містить кисень у вигляді карбиду бору, а ки-	кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4
сеньвмісну сполуку бору у вигляді ортоборної кис-	мідь або її сплави решта,
лоти.	при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при
3. Антифрикційний матеріал за п.1 або п.2, який	наступному співвідношенні компонентів в тілі гра-
<b>відрізняється</b> тим, що містить фулерени у вигляді	нул, мас. %:
шунгіту або фулеренової сажі.	мідь 37,0-60,0
4. Антифрикційний матеріал за будь-яким з пп.1-3,	графіт решта.
який <b>відрізняється</b> тим, що має наступний склад,	6. Антифрикційний матеріал за одним з пп.1-3,
мас. %:	який <b>відрізняється</b> тим, що має наступний склад,
ферофосфор 0,5-5,4	мас. %:
волокно вуглецеве 0,5-15,0	ферофосфор 0,5-5,4
залізо 10,91-26,25	волокно вуглецеве 0,5-15,0
графіт 0,16-5,16	залізо 10,91-26,25
гранули 2,0-24,0	графіт 0,16-5,16
гексагональний нітрид бору 0,1-5,0	гранули 2,0-24,0
нікель 0,2-10,0	гексагональний нітрид бору 0,1-5,0
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0	нікель 0,2-10,0

(13) C2

(11) 86499

(19) UA

шунгіт 0,01-22,0  
неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

7. Антифрикційний матеріал за одним з пп.1-3, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокно вуглецеве 0,5-15,0  
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  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
шунгіт 0,01-22,0  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

8. Антифрикційний матеріал за одним з пп.1-3, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, 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  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
шунгіт 0,01-22,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

9. Антифрикційний матеріал за будь-яким з п.4, п.6, п.7 або п.8, який **відрізняється** тим, що загальний вміст шунгіту і гранул складає не більше 24мас. %.

10. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу, що містить фулерен, який включає перемішування до одержання готової шихти і спікання компонентів антифрикційного матеріалу, який **відрізняється** тим, що до компонентів антифрикційного матеріалу додають неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, дисульфід молібдену та кисеньвмісну

сполуку бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4.

11. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за п.10, який **відрізняється** тим, що з компонентів готують дві суміші, причому беруть першу суміш порошків, що містить, мас. %:

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

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор 0,65-5,52  
волокно вуглецеве 0,65-15,31  
залізо 14,36-26,79  
графіт 0,21-5,26  
гексагональний нітрид бору 0,1-5,0  
нікель 0,2-10,0  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
мідь або її сплави решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули 2,0-24,0  
шунгіт 0,01-22,0  
друга суміш порошків решта.

12. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за п.10, який **відрізняється** тим, що з компонентів готують дві суміші, причому беруть першу суміш порошків, мас. %:

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

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор 0,65-5,52  
волокно вуглецеве 0,65-15,31  
залізо 14,36-26,79  
графіт 0,21-5,26  
гексагональний нітрид бору 0,1-5,0  
нікель 0,2-10,0  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
мідь або її сплави решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули 2,0-24,0  
фулеренова сажа 0,01-22,0  
друга суміш порошків решта.

13. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за п.10, який **відрізняється** тим, що з компонентів готують дві суміші, причому беруть першу суміш

порошків, мас. %:  
 порошок міді 37,0-60,0  
 порошок графіту решта,  
 гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
мідь або її сплави	решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
фулеренова сажа	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

14. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за п.10, який **відрізняється** тим, що з компонентів готують дві суміші, причому беруть першу суміш порошків, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,
гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	
ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
мідь або її сплави	решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

15. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за п.10, який **відрізняється** тим, що з компонентів готують дві суміші, причому беруть першу суміш порошків, мас. %:

порошок міді 37,0-60,0  
 порошок графіту решта,  
 гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
мідь або її сплави	решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

16. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу за будь-яким з пп.11, 13, 14, 15, який **відрізняється** тим, що шунгіт вводять разом з гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %.

17. Спосіб за будь-яким з пп.11-16, який **відрізняється** тим, що першу суміш порошків гранулюють шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стану.

18. Спосіб за будь-яким з пп.10-16, який **відрізняється** тим, що шихту формують шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стану.

19. Спосіб за п.18, який **відрізняється** тим, що шихту спікають при температурі 830-1100°C у середовищі захисного газу.

20. Елемент вузла тертя, що включає несучий елемент з антифрикційним матеріалом, що містить фулерен, який **відрізняється** тим, що антифрикційний фулереновмісний матеріал додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень і кисеньвмісну сполуку бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:

неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4.

21. Елемент вузла тертя за п.20, який **відрізняється** тим, що несучий елемент має товщину 1-250мм.

22. Елемент вузла тертя за п.20, який **відрізняється** тим, що товщина шару антифрикційного матеріалу складає 0,7-25мм.

Винахід відноситься до антифрикційного матеріалу, способу його отримання і елементу вузла тертя, виконаного з використанням антифрикційного матеріалу. Докладніший винахід відноситься до антифрикційних матеріалів, отримуваним ме-

тодом порошкової металургії, які застосовуються в машинобудуванні в елементах вузла тертя різних машин, механізмів і устаткування, експлуатованих при високих швидкостях.

Аналіз науково-технічної інформації показав, що, не дивлячись на велику кількість антифрикційних матеріалів, відсутні порошкові матеріали для підшипників різних машин, механізмів і устаткування, що працюють в край важких умовах, з високими навантаженнями, при високих швидкостях ковзання. Це обумовлено низькою гранично допустимою величиною добутку  $P \cdot V$  цих матеріалів, де  $P$  - питоме навантаження в  $\text{кг/см}^2$ , а  $V$  - швидкість ковзання в  $\text{м/с}$ .

Нормальна експлуатація антифрикційних матеріалів в підшипниках, що працюють при високих навантаженнях і високих швидкостях ковзання без їх нагріву, можлива у разі низького коефіцієнта тертя, величина якого менше 0,01, високої зносостійкості поверхонь, що сполучаються, і високої механічної міцності.

[У патенті України № 47235 від 17.05.2003г.], описаний антифрикційний матеріал вузла тертя і спосіб отримання антифрикційного матеріалу 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	0,5-5,4
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
мідь	решта.

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Недоліком описаного матеріалу, способу його отримання і елементу вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, є підвищений нагрів підшипників до температури  $90^\circ\text{C}$  при питомому навантаженні  $P=6\text{кг/см}^2$ , швидкості ковзання  $V=1,4\text{м/с}$  і добутку  $P \cdot V=8,4\text{кг} \cdot \text{м/см}^2 \cdot \text{с}$ .

[патенті РФ № 2088682] описаний мідно-графітовий композиційний матеріал і спосіб його виготовлення у вигляді спечених порошків одного з карбідів металу IV-VI груп (титан цирконій, гафній, ванадій, ніобій, тантал, хром, молибден і вольфрам), міді або її сплавів, піровуглецю, коротких вуглецевих волокон завдовжки не більше 5 мм і діаметром 8 мкм, при наступному вмісті компонентів в матеріалі, мас. %:

карбід металу IV-VI груп	15,0-60
піровуглець	20,6-22
вуглецеві волокна	0,1-4,2
мідь або її сплави	решта.

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

[У патенті України № 61751 від 15.11.2006г. (Антифрикційний матеріал РОМАНІТ-ВВЛ)], описаний антифрикційний матеріал і спосіб його виготовлення у вигляді спечених порошків ферофосфору заліза, графіту, міді або її сплавів і волокон або ниток вуглецевих з локалізованими включен-

нями гранул, що містять мідь і графіт, при наступному співвідношенні компонентів, 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 0,4-2,0 мм при наступному співвідношенні компонентів в тілі гранул, мас. %:

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Недоліком описаного матеріалу, способу його отримання і елементу вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, є підвищений нагрів підшипників до температури  $90^\circ\text{C}$  при питомому навантаженні  $P=8\text{кг/см}^2$ , швидкості ковзання  $V=2\text{м/с}$  і добутку  $P \cdot V=16\text{кг} \cdot \text{м/см}^2 \cdot \text{с}$ .

Найбільш близьке рішення відоме з [патенту Російської Федерації №2216553 від 20.04.2003р.], в якому описаний антифрикційний полімерний матеріал, виконаний з композиції, що містить поліетрафторетилен і вуглецевмісну добавку, причому композиція містить як вуглецевмісну добавку 1-10% від маси композиції порошку фулеренової сажі або порошку фулеренової сажі після екстракції з композиції фулеренів, що містить до 50% від початкового вмісту фулеренів.

Недоліком описаного матеріалу є низька працездатність в умовах повної відсутності мастила, а також при високих температурах.

У основу винаходу поставлено завдання, створити антифрикційний вуглеволоконистий матеріал у вигляді спечених порошків ферофосфору  $\text{Fe}_3\text{P}$ , заліза, графіту, міді, гексагонального нітриду бору, нікелю, дрібнодисперсних алмазів (під дрібнодисперсними алмазами слід розуміти ультрадисперсні алмази УДА), шунгіту, міді або її сплавів і волокон або ниток вуглецевих і дисульфіді молибдену, неорганічної сполуки бору, що не містить кисень, і кисеньвмісної сполуки бору, з локалізованими включеннями гранул, що містять мідь і графіт, шляхом підбору співвідношення вищеперелічених компонентів, що дозволяє отримати антифрикційний вуглеволоконистий матеріал, який володіє низьким, коефіцієнтом тертя  $K$  = менше 0,01 і не гріється при питомому навантаженні  $P$  -  $15\text{кг/см}$ , швидкості ковзання  $V=15\text{с}$  і добутку  $P \cdot V=225\text{кг} \cdot \text{м/см}^2 \cdot \text{с}$ .

Іншим завданням винаходу є створення способу отримання антифрикційного фулереновмісного матеріалу і вищепереліченими характеристиками.

Ще одним завданням винаходу є створення елементу вузла тертя, що включає несучий елемент з напеченим шаром антифрикційного фулереновмісного матеріалу, який володіє високою здатністю до самозмащення, при роботі без мастила, механічною міцністю, зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя і забезпечує утворення на поверхні матеріалу розділових плівок і графіту і масла при цих температурах, що запобігають зносу контактуючої пари.

Поставлене завдання вирішується тим, що антифрикційний фулереповмісний матеріал містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:

неорганічна сполука бору, то не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4.

Фулерени можуть вводитися у вигляді мінералу шунгіту або фулеренової сажі.

У даному винаході під терміном фулерени слід розуміти матеріал, основним складовим якого є фулерени графіту.

Експериментально встановлено, що при введенні до складу матеріалу шунгіту в кількості 0,01мас.% відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту в матеріалі шунгіту до 22мас.% відбувається значне поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. При введенні в матеріал шунгіту понад 22мас.% спостерігається різке послаблення міцності матеріалу і значне погіршення його антифрикційних властивостей.

Оскільки введення шунгіту понад 22мас.% веде до погіршення антифрикційних властивостей і послабленню міцності матеріалу, то для більш значного поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу було прийнято рішення додатково ввести дисульфід молібдену, а також неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору.

Введення в антифрикційний матеріал дисульфиду молібдену обумовлене властивостями цього матеріалу. Дисульфід молібдену значно зменшує коефіцієнт тертя, збільшує гранично допустимий тиск, збільшує гранично допустимі швидкості ковзання, підвищує допустиму величину добутку  $P \cdot V$  і різко підвищує антифрикційні властивості матеріалу. Суміш неорганічної сполуки бору, що не містить бору і кисеньвмісної сполуки бору застосована як елемент, плакуючий дисульфід молібдену при спіканні і запобігає його розкладанню.

Експериментально встановлено, що вже при введенні дисульфиду молібдену в кількості 0,5мас.% відбувається значне поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту в матеріалі дисульфиду молібдену до 5мас.% відбувається різке збільшення антифрикційних властивостей матеріалу. При введенні в матеріал дисульфиду молібдену понад 5мас.% спостерігається різке послаблення міцності матеріалу і значне зниження його антифрикційних властивостей.

Неорганічна сполука бору, що не містить кисень, вводиться у вигляді карбіду бору, який при нагріванні виділяє чистий бор. Бор, що виділяється з карбіду бору, дифундує в металеву основу, тим самим, зміцнюючи матеріал.

Експериментально встановлено, що вже при вмісті бору в матеріалі 0,005мас.% відбувається помітне зміцнення матеріалу. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту в матеріалі бору до 3,4мас.% відбувається різке зміцнення

матеріалу. Збільшення вмісту в матеріалі бору понад 3,4мас.% не приводить до подальшого зміцнення матеріалу.

Кисеньвмісна сполука бору вводиться у вигляді ортоборної кислоти, яка при нагріванні розкладається на воду і окис бору. Вода видаляється, а окис бору розплавляється і рівномірно покриває порошок дисульфиду молібдену, оберігаючи його під розкладання на сірку і чистий молібден при високих температурах спікання.

Експериментально встановлено, що вже при вмісті окису бору в матеріалі 0,5мас.% відбувається захист порошку дисульфиду молібдену під розкладання. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту окису бору в матеріалі понад 3,4мас.% залишається вільна кількість окису бору, який не бере участь в процесі бовування дисульфиду молібдену.

Неорганічна сполука бору, що не містить кисню, і кисеньвмісна сполука бору застосовані як елементи, плакуючі дисульфід молібдену при спіканні.

При цьому антифрикційний матеріал має наступний склад мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
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
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень

0,005-3,4
-----------

дисульфід молібдену

0,5-5,0
---------

кисеньвмісна сполука бору

0,5-3,4
---------

мідь або її сплави

решта,
--------

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Також антифрикційний матеріал може мати наступний склад мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
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
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0
фулеренова сажа	0,01-22,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень

0,005-3,4
-----------

дисульфід молібдену

0,5-5,0
---------

кисеньвмісна сполука бору

0,5-3,4
---------

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.

Також антифрикційний матеріал може мати наступний склад мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
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

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
шунгіт 0,01-22,0  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

Також антифрикційний матеріал може мати наступний склад мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-6,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
шунгіт 0,01-22,0  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

Також антифрикційний матеріал може мати наступний склад 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
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
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.

Шунгіт вводиться разом і гранулами і сумісний вміст шунгіту і гранул не повинен перевищувати 24мас. %.

Інше завдання вирішується тим, що спосіб отримання антифрикційного фулереновмісного

матеріалу включає перемішування до отримання готової шихти і спікання компонентів антифрикційною матеріалу, при ньому до компонентів антифрикційною матеріалу додають, дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору і кисеньвмісну сполуку бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:

неорганічна сполука бору, то не містить кисень	0,0050-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4.

При реалізації способу отримання антифрикційною матеріалу першу суміш порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

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

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
мідь або її сплави решта,  
при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0

друга суміш порошків решта.  
Шунгіт вводять спільно з гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %.

Також реалізація способу отримання антифрикційного матеріалу може здійснюватися таким чином:

першу суміш порошків що містить, мас. %:	
порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,

гранулюють і одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, які додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-2,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0

неорганічна сполука бору, що не містить кисень 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
кисеньвмісна сполука бору 0,5-3,4  
мідь або її сплави решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %

гранули	2,0-24,0
фулеренова сажа	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

Також реалізація способу отримання антифрикційного матеріалу може здійснюватися таким чином:

першу суміш порошків що містить, мас. %:

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

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують і другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрил бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
Мідь або її сплави	решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

Шунгіт вводять спільно з гранулами, при цьому загальний вміст шунту і гранул не перевищує 24мас. %.

Також реалізація способу отримання антифрикційного матеріалу може здійснюватися таким чином:

першу суміш порошків що містить, мас. %.

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

гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,65-5,52
волокно вуглецеве	0,65-15,31
залізо	14,36-26,79
графіт	0,21-5,26
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
дрібнодисперсні алмази уда	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
мідь або її сплави	решта,

при співвідношенні компонентів, мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

Шунгіт вводять спільно з гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %

Також реалізація способу отримання антифрикційного матеріалу може здійснюватися таким чином:

першу суміш порошків що містить, мас. %:

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

гранулюють і одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули імітують з другою сумішшю порошків, яка додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

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
дрібнодисперсні алмази удл	0,01-5,0
неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4
мідь або її сплави	решта,,

при співвідношенні компонентів мас. %:

гранули	2,0-24,0
шунгіт	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

Шунгіт вволять спільно з гранулами, при цьому загальний вміст шунту і гранул не перевищує 24мас. % і отриману шихту формують, наприклад, шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стану на сталевий лист і спікають.

Друга суміш порошків додатково містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, то не Друга суміш порошків кисень, і кисеньвмісну сполуку бору. Неорганічна сполука бору вводиться у виді карбіду бору. Кисеньвмісна сполука бору вволяється у виді ортоборної кислоти. Суміш неорганічної сполуки бору і кисеньвмісної сполуки бору застосована як елемент, плакуючий дисульфід молібдену при спіканні. Компоненти другої суміші, і борований дисульфід молібден у, завантажуються в змішувач, і проводиться сухе змішування. Потім в змішувач додається зволожувач і проводиться мокре змішування.

Доцільним є здійснення спікання шихти при температурі 830-1100°C в середовищі захисного газу.

Ще одне завдання вирішується тим, що елемент вузла тертя, включає несучий елемент з напеченим шаром фулереновмісного антифрикційного матеріалу, при цьому антифрикційний матеріал містить дисульфід молібдену, неорганічну сполуку бору, що не містить кисень, і кисеньвмісну сполуку бору при наступному вмісті в матеріалі, мас. %:

неорганічна сполука бору, що не містить кисень	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
кисеньвмісна сполука бору	0,5-3,4.

Несучий елемент переважно виконаний і низковуглецевої сталі і має товщину 1-250мм.

Найбільш переважна товщина шару антифрикційного матеріалу складає 0,7-25мм.

Вплив вмісту дисульфиду молібдену, бору і окису бору на властивості матеріалу проілюстровано наступними прикладами:

#### Приклад 1.

Досліджувалися властивості антифрикційного матеріалу, який має наступний склад, мас. %:

ферофосфор	0,5
волокно вуглецеве	0,5
залізо	10,91
графіт	0,16
гранули	2,0
гексагональний нітрид бору	0,1
нікель	0,2
дрібнодисперсні алмази уда	0,01
неорганічна сполука бору	0,005
дисульфід молібдену	0,5
кисеньвмісна сполука бору	0,5
шунгіт	22,0
Мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційної о матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення ані антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально також було встановлено, що вказана кількість дисульфиду молібдену г мінімальною, оскільки введення в матеріал меншої кількості дисульфиду молібдену не надає помітного впливу на антифрикційні властивості матеріалу. Також було встановлено, що введення в антифрикційний матеріал неорганічної сполуки бору в даній кількості є мінімальним, оскільки введення в антифрикційний матеріал неорганічної сполуки бору в меншій кількості не надає помітного впливу на властивості матеріалу. Також було встановлено, що введення в антифрикційний матеріал кисеньвмісної сполуки бору в даній кількості є мінімальним, оскільки введення в антифрикційний матеріал кисеньвмісної сполуки бору в меншій кількості не запобігає розкладанню дисульфиду молібдену на сірку і чистий молібден. В цілому антифрикційний матеріал з вказаним поєднанням компонентів цілком задовольняє всім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здібність до самозмащення при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також забезпечує формування на поверхні матеріалу товстих розділових плівок графіту і масла, що запобігає зносу контактуючої пари.

#### Приклад 2.

Досліджувалися властивості антифрикційного матеріалу, який має наступний склад, мас. %:

ферофосфор	2,5
волокно вуглецеве	5,0
залізо	20,0
графіт	1,0
гранули	7,0
гексагональний нітрид бору	1,0
нікель	2,0
дрібнодисперсні алмази уда	1,0
неорганічна сполука бору	1,7
дисульфід молібдену	2,5

кисеньвмісна сполука бору	1,7
шунгіт	17,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційною матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально було встановлено, що такий вміст неорганічної сполуки бору і кисеньвмісної сполуки бору повною мірою забезпечує зміцнення матеріалу, а також захист дисульфиду молібдену від розкладання на сірку і чистий молібден. Крім того, антифрикційний матеріал з вказаним складом компонентів цілком задовольняє всім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здібність до самозмащення при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, іі також забезпечує утворення на поверхні матеріалу товстих розділових плівок графіту і масла, що запобігають зносу контактуючої пари.

#### Приклад 3.

Досліджувалися властивості антифрикційною матеріалу, який має наступний склад, мас. %:

ферофосфор	4,0
волокно вуглецеве	10,0
залізо	3,0
графіт	1,0
гранули	2,0
гексагональний нітрид бору	1,0
нікель	3,0
дрібнодисперсні алмази уда	5,0
неорганічна сполука бору	3,4
дисульфід молібдену	5,0
кисеньвмісна сполука бору	3,4
шунгіт	2,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційною матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально також було встановлено, що вказана кількість дисульфиду молібдену є максимальною, оскільки при введенні в матеріал більшої кількості дисульфиду молібдену спостерігається різке послаблення міцності матеріалу і значне зниження його антифрикційних властивостей. Також було встановлено, що введення в антифрикційний матеріал неорганічної сполуки бору в даній кількості є максимальним, оскільки введення в антифрикційний матеріал бору в більшій кількості робить матеріал менш міцним. Також було встановлено, що введення в антифрикційний матеріал кисеньвмісної сполуки бору в даній кількості є максимальним, оскільки при введенні в антифрикційний матеріал кисеньвмісної сполуки бору в більшій кількості залишається вільна кількість окису бору, який не бере участі в процесі борування дисульфиду молібдену. В цілому антифрикційний матеріал з вказаним поєднанням компонентів цілком задовольняє всім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здібність до самозмащення при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також забезпечує утворення на поверхні матеріалу товстих



розділових плівок графіту і масла, що запобігає зносу контактуючої пари.

Винахід дозволяє створити антифрикційний матеріал, спосіб його отримання і елемент вузла тертя з напеченим шаром антифрикційного матеріалу, що володіє підвищеною механічною міцністю, підвищеною в'язкістю, підвищеною зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя, який в змозі витримувати, без значного підвищення температури в зоні тертя, питоме навантаження  $P=15\text{кі/см}^2$ , швидкість ковзання  $V=15\text{м/с}$  і добуток  $P*U=225\text{кг*м/см}^2*\text{с}$ .

ттю, підвищеною в'язкістю, підвищеною зносостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя, який в змозі витримувати, без значного підвищення температури в зоні тертя, питоме навантаження  $P=15\text{кі/см}^2$ , швидкість ковзання  $V=15\text{м/с}$  і добуток  $P*U=225\text{кг*м/см}^2*\text{с}$ .