



УКРАЇНА

(19) UA (11) 88506 (13) C2

(51) МПК (2009)

B22F 7/00

B22F 7/04 (2009.01)

C22C 1/00

C22C 1/04

C22C 1/05

C22C 1/10

C22C 9/00

C22C 26/00

C22C 33/02

C22C 38/00

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

1

(21) а200709942

(22) 05.09.2007

(24) 26.10.2009

(46) 26.10.2009, Бюл.№ 20, 2009 р.

(72) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, РОМА-  
НОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ(73) РОМАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, РОМА-  
НОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ

(56) SU, 1 585 375, A1, 15.08.1990

UA, 84 599, C2, 10.11.2008

UA, 86 499, C2, 27.04.2009

BY, 4 540, C1, 30.06.2002

GB, 2 220 421, A, 10.01.1990

JP, 06-158219, A, 07.06.1994

US, 4 702 771, A, 27.10.1987

US, 5 589 652, A, 31.12.1996

(57) 1. Антифрикційний матеріал у вигляді спече-  
них порошків ферофосфору, заліза, дисульфід  
молібдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів,  
волокон або ниток вуглецевих, локалізовано вклю-  
чених гранул, що містять мідь і графіт, і вуглецев-  
місного компонента, який **відрізняється** тим, що  
він містить щонайменше один додатковий компо-  
нент, вибраний з групи: олово в/або цинк при на-  
ступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокна або нитки вуглецеві	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
гранули	2,0-24,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
додатковий компонент	0,5-14,0
вуглецевмісний компонент	до 32,16
мідь або її сплави	решта,

2

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

мідь 37,0-60,0

графіт решта,

а як додатковий компонент у складі вказаний ма-  
теріал містить олово та/або цинк у наступній кіль-  
кості, мас. %:

олово 1,0-8,0

цинк 0,5-6,0.

2. Антифрикційний матеріал за п.1, який **відрізня-  
ється** тим, що містить додатковий компонент у  
кількості не менше ніж 0,5мас. %.3. Антифрикційний матеріал за п.1 або п.2, який  
**відрізняється** тим, що як вуглецевмісний компо-  
нент він містить щонайменше один компонент,  
вибраний з групи: графіт, шунгіт, фулерени вугле-  
цю і дрібнодисперсні алмази УДА.4. Антифрикційний матеріал за п.3, який **відрізня-  
ється** тим, містить вуглецевмісний компонент у  
кількості не менше ніж 0,01мас. %.5. Антифрикційний матеріал за будь-яким з пп.1-4,  
який **відрізняється** тим, що має наступний склад,  
мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокна або нитки вуглецеві	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
гранули	2,0-24,0
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0

(13) C2

(11) 88506

(19) UA

цинк 0,5-0,6  
мідь або її сплави решта,  
при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у тілі гранул, мас. %:

мідь або її сплави 37,0-60,0  
графіт решта.

6. Антифрикційний матеріал за п.4, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
залізо 10,91-26,25  
графіт 0,16-5,16  
гранули 2,0-24,0  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
бор 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
оксид бору 0,5-3,4  
олово 1,0-8,0  
цинк 0,5-0,6  
мідь або її сплави решта,

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

мідь 37,0-60,0  
графіт решта.

7. Антифрикційний матеріал за п.4, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
залізо 10,91-26,25  
графіт 0,16-5,16  
гранули 2,0-24,0  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
фулерени вуглецю 0,01-22,0  
бор 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
оксид бору 0,5-3,4  
олово 1,0-8,0  
цинк 0,5-6,0  
мідь або її сплави решта,

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

мідь 37,0-60,0  
графіт решта.

8. Антифрикційний матеріал за п.4, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
залізо 10,91-26,25  
графіт 0,16-5,16  
гранули 2,0-24,0  
дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
шунгіт 0,01-22,0  
бор 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
оксид бору 0,5-3,4  
олово 1,0-8,0  
мідь або її сплави решта,

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

мідь 37,0-60,0  
графіт решта.

9. Антифрикційний матеріал за п.4, який **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
залізо 10,91-26,25  
графіт 0,16-5,16  
гранули 2,0-24,0  
шунгіт 0,01-22,0  
бор 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
оксид бору 0,5-3,4  
олово 1,0-8,0  
цинк 0,5-6,0  
мідь або її сплави решта,

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

мідь 37,0-60,0  
графіт решта.

10. Антифрикційний матеріал за п.5, п.8 або п.9, який **відрізняється** тим, що загальний вміст шунгіту і гранул в ньому складає не більше 24мас. %.

11. Спосіб одержання антифрикційного матеріалу, що включає одержання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту і міді, змішування гранул із другою сумішшю порошків, що містить порошки ферофосфору, заліза, дисульфиду молібдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, вуглецевмісного компоненту і волокна або нитки вуглецеві, і спікання компонентів антифрикційного матеріалу, який **відрізняється** тим, що до компонентів другої суміші порошків антифрикційного матеріалу додають щонайменше один додатковий компонент, вибраний з групи: олово, цинк, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
залізо 10,91-26,25  
гранули 2,0-24,0  
бор 0,005-3,4  
дисульфід молібдену 0,5-5,0  
оксид бору 0,5-3,4  
додатковий компонент 0,5-14,0  
вуглецевмісний компонент до 32,16  
мідь або її сплави решта,

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

мідь 37,0-60,0  
графіт решта,

а як додатковий компонент антифрикційний матеріал містить олово та/або цинк у наступній кількості, мас. %:

олово 1,0-8,0  
цинк 0,5-6,0.

12. Спосіб за п.11, який **відрізняється** тим, що додатковий компонент вводять до складу другої суміші порошків у кількості не менше ніж 0,5мас. %.

13. Спосіб за п.12, який **відрізняється** тим, що як вуглецевмісний компонент у другу суміш порошків вводять щонайменше один компонент, вибраний з групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дрібнодисперсні алмази УДА.

14. Спосіб за п.13, який **відрізняється** тим, що вуглецевмісний компонент вводять до складу другої суміші порошків у кількості не менше ніж 0,01мас.%.  
 15. Спосіб за п.14, 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, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
 волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
 залізо 10,91-26,25  
 графіт 0,16-5,16  
 дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
 бор 0,005-3,4  
 дисульфід молібдену 0,5-5,0  
 оксид бору 0,5-3,4  
 олово 1,0-8,0  
 цинк 0,5-6,0  
 мідь або її сплави решта,  
 при співвідношенні компонентів в антифрикційному матеріалі, мас. %:

гранули 2,0-24,0  
 шунгіт 0,01-22,0  
 друга суміш порошків решта.  
 16. Спосіб за п.14, який **відрізняється** тим, що першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді 37,0-60,0  
 порошок графіту решта,  
 гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів в ній, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
 волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
 залізо 10,91-26,79  
 графіт 0,16-5,16  
 дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
 бор 0,005-3,4  
 дисульфід молібдену 0,5-5,0  
 оксид бору 0,5-3,4  
 олово 1,0-8,0  
 цинк 0,5-6,0  
 мідь або її сплави решта,  
 при співвідношенні компонентів в антифрикційному матеріалі, мас. %:

гранули 2,0-24,0  
 друга суміш порошків решта.  
 17. Спосіб за п.14, який **відрізняється** тим, що 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 із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів в ній, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
 волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
 залізо 10,91-26,25  
 графіт 0,16-5,16  
 дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
 бор 0,005-3,4

дисульфід молібдену 0,5-5,0  
 оксид бору 0,5-3,4  
 олово 1,0-8,0  
 цинк 0,5-6,0  
 мідь або її сплави решта,  
 при співвідношенні компонентів в антифрикційному матеріалі, мас. %:

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

18. Спосіб за п.14, який **відрізняється** тим, що 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 із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів в ній, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
 волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
 залізо 10,91-26,25  
 графіт 0,16-5,16  
 дрібнодисперсні алмази УДА 0,01-5,0  
 бор 0,005-3,4  
 дисульфід молібдену 0,5-5,0  
 оксид бору 0,5-3,4  
 олово 1,0-8,0  
 мідь або її сплави решта,  
 при співвідношенні компонентів в антифрикційному матеріалі, мас. %:

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

19. Спосіб за п.14, який **відрізняється** тим, що першу суміш порошків, що містить, мас. %:

порошок міді 37,0-60,0  
 порошок графіту решта,  
 гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0 мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів в ній, мас. %:

ферофосфор 0,5-5,4  
 волокна або нитки вуглецеві 0,5-15,0  
 залізо 10,91-26,25  
 графіт 0,16-5,16  
 бор 0,005-3,4  
 дисульфід молібдену 0,5-5,0  
 оксид бору 0,5-3,4  
 олово 1,0-8,0  
 цинк 0,5-6,0  
 мідь або її сплави решта,  
 при співвідношенні компонентів в антифрикційному матеріалі, мас. %:

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

20. Спосіб за будь-яким з пп.15, 18 або 19, який **відрізняється** тим, що шунгіт вводять разом із гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул у вказаному матеріалі не перевищує 24мас. %.

21. Спосіб за будь-яким з пп.11-20, який **відрізняється** тим, що першу суміш порошків гранулюють шляхом пропускання між каліброваними валками прокатного стану.

22. Спосіб за п.21, який **відрізняється** тим, що компоненти антифрикційного матеріалу формують шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стану.

23. Спосіб за п.22, який **відрізняється** тим, що компоненти антифрикційного матеріалу спікають при температурі 830-1100°C в середовищі захисного газу.

24. Елемент вузла тертя, який містить несучий елемент із шаром антифрикційного матеріалу зі спечених порошків ферофосфору, заліза, дисульфиду молібдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, вуглецевмісного компонента, волокон або ниток вуглецевих, локалізовано включених гранул, що містять мідь і графіт, який **відрізняється** тим, що антифрикційний матеріал містить щонайменше один додатковий компонент, вибраний із групи: олово, цинк, при наступному вмісті компонентів у цьому матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокна або нитки вуглецеві	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
гранули	2,0-24,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
вуглецевмісний компонент	0-32,16
додатковий компонент	0,5-14,0
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при

наступному співвідношенні компонентів у тілі гранул, мас. %:

мідь	37,0-60,0
графіт	решта,

а як додатковий компонент антифрикційний матеріал містить олово та/або цинк у наступній кількості, мас. %:

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

25. Елемент вузла тертя за п.24, який **відрізняється** тим, антифрикційний матеріал містить додатковий компонент у кількості не менше ніж 0,5 мас. %.

26. Елемент вузла тертя за п.24 або п.25, який **відрізняється** тим, що як вуглецевмісний компонент антифрикційний матеріал містить щонайменше один компонент, вибраний із групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дрібнодисперсні алмази УДА.

27. Елемент вузла тертя за п.26, який **відрізняється** тим, що антифрикційний матеріал містить вуглецевмісний компонент у кількості не менше ніж 0,01мас. %.

28. Елемент вузла тертя за будь-яким з пп.24-27, який **відрізняється** тим, що несучий елемент має товщину 1-250мм,

29. Елемент вузла тертя за будь-яким з пп.24-28, який **відрізняється** тим, що товщина шару антифрикційного матеріалу складає 0,7-25мм.

Винахід відноситься до антифрикційного матеріалу, способу його одержання та до елемента вузла тертя, виконаного з використанням антифрикційного матеріалу. Докладніше винахід відноситься до антифрикційних матеріалів, одержуваних методом порошкової металургії, які застосовуються в машинобудуванні в елементах вузла тертя різних машин, механізмів і обладнання, що експлуатується при високих швидкостях.

Аналіз науково-технічної інформації показав, що, незважаючи на велику кількість антифрикційних матеріалів, відсутні порошкові матеріали для вузлів тертя різних машин, механізмів і обладнання, що працюють у парі з кольоровими металами при високих швидкостях ковзання, зокрема, накладки лиж пантографів електровозів, що працюють у контакт з мідним проводом. Це обумовлено високим ступенем зносу мідного контактного проводу цими матеріалами і їх низькою стійкістю.

Нормальна експлуатація антифрикційних матеріалів у вузлах тертя, що працюють у парі з кольоровими металами при високих швидкостях ковзання, зокрема, накладки лиж пантографів електровозів, які працюють у контакт з мідним проводом, можлива у випадку низького коефіцієнту тертя матеріалу, величина якого менш ніж 0,04, високої зносостійкості поверхонь, що сполучаються, і високої механічної міцності.

У патенті України №47235 від 17.05.2003р. описаний антифрикційний матеріал вузла тертя і спосіб одержання антифрикційного матеріалу у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза,

графіту і міді, локалізовано включених 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	решта.

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Недоліком описаного матеріалу, способу його одержання та елемента вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, при роботі в парі з контртілом з кольорових металів, зокрема, накладками лиж пантографів електровозів, є підвищений знос контртіла з кольорових металів.

У патенті України №61751 від 15.11.2006р. (Антифрикційний матеріал РОМАНІТ-ВВЛ), описані антифрикційний матеріал і спосіб його одержання у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза, графіту, міді або її сплавів і волокон або ниток вуглецевих, локалізовано включених 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 0,4-2,0мм  
при наступному співвідношенні компонентів у тілі  
гранул, мас. %:

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Недоліком описаного матеріалу, способу його одержання та елементу вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, при роботі в парі з контртілом з кольорових металів, зокрема, накладками лиж пантографів електровозів, є підвищений знос контртіла з кольорових металів.

У патенті Російської Федерації №2216553 від 20.04.2003р. описаний антифрикційний полімерний матеріал, виконаний з композиції, що містить політетрафторетилен і вуглецевмістний компонент, причому композиція містить у якості вуглецевмісного компонента 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 при високих температурах при роботі в парі з контртілом з кольорових металів, зокрема, накладками лиж пантографів електровозів, що обумовлює підвищений знос контртіла з кольорових металів.

Найбільш близьким до винаходу, що заявляється, є технічне рішення, описане в заявці на отримання патенту України №200708310 від 20.07.2007р. (Антифрикційний матеріал РОМАНІТ-УВЛШДМБ), що представляє собою антифрикційний матеріал у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза, дисульфід молибдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, волокон або ниток вуглецевих, локалізовано включених гранул, що містять мідь і графіт, і вуглецевмісного компонента, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
гранули	2,0-24,0
гексагональний нітрид бору	0,1-5,0
нікель	0,2-10,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молибдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
вуглецевмістний компонент	0,18-32,16
мідь або її сплави	решта.

Недоліком описаного матеріалу, способу його одержання та елементу вузла тертя, отриманого з використанням цього матеріалу, при роботі в парі з контртілом з кольорових металів, зокрема, накладками лиж пантографів електровозів, є підвищений знос контртіла з кольорових металів.

В основу винаходу поставлена задача створити антифрикційний вуглеволоконистий матеріал РОМАНІТ-УВЛШДМБОЦ у виді спечених порошків ферофосфору  $Fe_3P$ , заліза, бору, дисульфід молибдену, оксиду бору, вуглецевмісного компонента (у якості вуглецевмісного компонента може міститись щонайменше один компонент, обраний із групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дріб-

нодисперсні алмази УДА, при цьому під дрібнодисперсними алмазами варто розуміти ультрадисперсні алмази УДА), міді або її сплавів і волокон або ниток вуглецевих, і олова, і цинку, локалізовано включених гранул, що містять мідь і графіт, шляхом підбора співвідношення перерахованих вище компонентів, що дозволяє одержати антифрикційний матеріал, що має низький коефіцієнт тертя  $K$  менш ніж 0,04, високу зносостійкість і сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

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

Ще однією задачею винаходу є створення елемента вузла тертя, що включає несучий елемент з напеченим шаром антифрикційного матеріалу РОМАНІТ-УВЛШДМБОЦ, який володіє високою самозмащувальною здатністю при роботі без змащення, механічною міцністю, низьким коефіцієнтом тертя, високою зносостійкістю і забезпечує утворення на поверхні матеріалу розділових плівок графіту і масла при робочих температурах, що запобігають зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

Поставлена задача вирішується тим, що розроблено антифрикційний матеріал РОМАНІТ-УВЛШДМБОЦ у вигляді спечених порошків ферофосфору, заліза, дисульфід молибдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, волокон або ниток вуглецевих, локалізовано включених гранул, що містять мідь і графіт, і вуглецевмісного компонента, що містить щонайменше один додатковий компонент, обраний із групи: олово, цинк при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91 -26,25
гранули	2,0-24,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молибдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
додатковий компонент	0,5-14,0
вуглецевмістний компонент	0-32,16
мідь або її сплави	решта.

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

а олово та/або цинк у якості додаткового компоненту містяться у складі матеріалу у наступній кількості, мас. %:

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

Введення в антифрикційний матеріал олова і цинку обумовлено властивостями цих матеріалів. Введення в матеріал олова і цинку значно зменшує коефіцієнт тертя  $K$ , збільшує гранично припустимий тиск  $P$ , збільшує гранично припустимі швидкості ковзання  $V$ , підвищує припустиму величину добутку  $P \cdot V$  і в значній мірі підвищує антифрикційні властивості матеріалу, такі як коефіцієнт тертя з мастилом  $f$  та темп зносу матеріалу  $\Lambda$ .

Крім того, важливим наслідком введення в антифрикційний матеріал олова і цинку у якості додаткових компонентів є те, що зазначені додаткові компоненти сприяють запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів. Слід зазначити, що олово і цинк у якості додаткових компонентів антифрикційного матеріалу виконують схожу функцію та є взаємозамінюючими компонентами у разі потреби.

Доцільним є такий склад компонентів антифрикційного матеріалу, при якому антифрикційний матеріал містить додатковий компонент у кількості не менш ніж 0,5%. При вмісті додаткового компонента менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі, а також не здійснюється запобігання зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

Найбільш бажаним є введення додаткових компонентів у матеріал у кількості, мас. %:

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

Зазначені граничні значення введення олова і цинку при спільному легуванні встановлені експериментально. При введенні олова менш ніж 1,0% і цинку менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі, а при введенні олова більш ніж 8,0% і цинку більш ніж 6,0% спостерігається спікання пузирів, що утворюються в процесі одержання антифрикційного матеріалу, що у свою чергу приводить до виникнення браку.

Переважаю в якості вуглецевмісного компонента антифрикційний матеріал містить щонайменше один компонент, обраний із групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дрібнодисперсні алмази УДА. Введення зазначених вуглецевмісних компонентів сприяє значному поліпшенню антифрикційних властивостей матеріалу.

Переважним є введення вуглецевмісного компонента в кількості не менш ніж 0,01мас.%. У даному випадку відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. При вмісті вуглецевмісного компонента менш ніж 0,01мас.% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі.

Найбільш бажаним є введення можливих варіантів вуглецевмісного компоненту у матеріал у кількості, мас. %:

графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0
фулерени вуглецю	0,01-22,0.

Зазначені граничні значення вуглецевмісних компонентів встановлені експериментально. При введенні до складу матеріалу шунгіту в кількості 0,01мас.%, фулеренів вуглецю в кількості 0,01мас.%, графіту в кількості 0,16мас.% і дрібнодисперсних алмазів УДА в кількості 0,01мас.% відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. Також експериментально встановлено, що при введенні в матеріал шунгіту понад 22мас.%, фулеренів вуглецю понад 22мас.%, графіту понад 5,16мас.% і дрібнодисперсних алмазів УДА понад 5,0мас.% спостерігається знемі-

нення матеріалу і значне погіршення його антифрикційних властивостей.

Введення в антифрикційний матеріал дисульфід молібдену обумовлено властивостями цього матеріалу, оскільки він значно підвищує антифрикційні властивості матеріалу. Суміш бору та оксиду бору застосована як елемент, що плакує дисульфід молібдену при спіканні і попереджає його розкладання.

Експериментально встановлено, що вже при введенні дисульфід молібдену в кількості 0,5мас.% відбувається значне збільшення антифрикційних властивостей матеріалу. При введенні в матеріал дисульфід молібдену понад 5мас.% спостерігається різке знеміцнення матеріалу і значне зниження його антифрикційних властивостей.

Бор вводиться у вигляді карбіду бору, що 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 0,005 мас. % відбувається помітне зміцнення матеріалу. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту в матеріалі бору до 3,4мас.% відбувається значне зміцнення матеріалу. Збільшення вмісту в матеріалі бору понад 3,4мас.% не приводить до подальшого зміцнення матеріалу.

Оксид бору вводиться у вигляді ортоборної кислоти, що при нагріванні розкладається на воду та оксид бору. Вода відділяється, а оксид бору розплавляється і рівномірно покриває порошок дисульфід молібдену, охороняючи його від розкладання при високих температурах спікання на сірку і чистий молібден.

Експериментально встановлено, що вже при вмісті оксиду бору в матеріалі 0,5мас.% відбувається захист порошку дисульфід молібдену від розкладання. Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту оксиду бору в матеріалі понад 3,4мас.% залишається вільна кількість оксиду бору, що не бере участь у процесі борування дисульфід молібдену.

Бор і оксид бору застосовуються як елементи, що плакують 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
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта
при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у 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
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у 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
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
фулерени вуглецю	0,01-22,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у 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
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
мідь або її сплави	решта,

при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у 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

шунгіт	0,01-22,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта,

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта.

Доцільним є введення шунгіта разом із гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул складає не більш ніж 24 мас. %.

Інша поставлена задача вирішується тим, що спосіб одержання антифрикційного матеріалу включає одержання гранул шляхом гранулювання першої суміші порошків, що містить порошки графіту і міді, змішування гранул з другою сумішшю порошків, що містить порошки ферофосфору, заліза, дисульфиду молібдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, вуглецевмістний компонент і волокна або нитки вуглецеві, і спікання компонентів антифрикційного матеріалу, при цьому до компонентів другої суміші порошків антифрикційного матеріалу додають принаймні один додатковий компонент, обраний з групи: олово, цинк, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
гранули	2,0-24,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
додатковий компонент	0,5-14,0
вуглецевмістний компонент	0-32,16
мідь або її сплави	решта,

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

мідь	37,0-60,0
графіт	решта,

а олово та/або цинк у якості додаткового компонента містяться у складі матеріалу у наступній кількості, мас. %:

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

Доцільною є така реалізація способу, при якій додатковий компонент вводять у кількості не менш ніж 0,5%. Така реалізація способу дозволяє забезпечити одержання антифрикційного матеріалу з оптимальними властивостями, оскільки при вмісті додаткового компонента менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі, а також не здійснюється запобігання зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

Найбільш бажаним є введення додаткових компонентів у матеріал у кількості, мас. %:

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

Зазначені граничні значення введення олова і цинку при спільному легуванні встановлені експериментально. При введенні олова менш ніж 1,0% і цинку менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі, а при введенні олова більш ніж 8,0% і цинку більш ніж 6,0% спостерігається спікання пузирів, що утворюються в процесі одержання антифрикційного матеріалу, що у свою чергу приводить до виникнення браку.

Переважаючою є така реалізація способу, при якій у якості вуглецевмісної добавки вводять щонайменше один компонент, обраний з групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дрібнодисперсні алмази УДА.

Переважним є введення вуглецевмісного компонента в кількості не менш ніж 0,01%. У даному випадку відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. При вмісті вуглецевмісного компонента менш ніж 0,01% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі.

Найбільш бажаним є введення вуглецевмісних компонентів у матеріал у кількості, мас. %:

графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
шунгіт	0,01-22,0
фулерени вуглецю	0,01-22,0.

Зазначені граничні значення вуглецевмісних компонентів встановлені експериментально. При введенні до складу матеріалу шунгіта в кількості 0,01мас.%, фулеренів вуглецю в кількості 0,01мас.%, графіту в кількості 0,16мас.% і дрібнодисперсних алмазів УДА в кількості 0,01мас.% відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. Також експериментально встановлено, що при введенні в матеріал шунгіта понад 22мас.%, фулеренів вуглецю понад 22мас.%, графіту понад 5,16мас.% і дрібнодисперсних алмазів УДА понад 5,0мас.% спостерігається значне погіршення його антифрикційних властивостей.

При реалізації способу одержання антифрикційного матеріалу першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,
гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	
ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
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 разом із гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %.

Також реалізація способу одержання антифрикційного матеріалу може здійснюватися в такий спосіб: першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,
гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	
ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,79
графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта,
при співвідношенні компонентів, мас. %:	
гранули	2,0-24,0
друга суміш порошків	решта.

Також реалізація способу одержання антифрикційного матеріалу може здійснюватися в такий спосіб: першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта.
гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	
ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
мідь або її сплави	решта,
при співвідношенні компонентів, мас. %:	
гранули	2,0-24,0
фулерени вуглецю	0,01-22,0
друга суміш порошків	решта.

Також реалізація способу одержання антифрикційного матеріалу може здійснюватися в такий спосіб: першу суміш порошків, яка містить, мас. %:

порошок міді	37,0-60,0
порошок графіту	решта,
гранулюють з одержанням гранул розміром 0,4-2,0мм, гранули змішують із другою сумішшю порошків при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	
ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25



графіт	0,16-5,16
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01-5,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
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 разом із гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %.	

Також реалізація способу одержання антифрикційного матеріалу може здійснюватися в такий спосіб: першу суміш порошків, яка 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 при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:	

ферофосфор	0,5-5,4
волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
графіт	0,16-5,16
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0
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 разом із гранулами, при цьому загальний вміст шунгіту і гранул не перевищує 24мас. %, потім компоненти антифрикційного матеріалу формують, наприклад, шляхом прокатування дозованими порціями між валками прокатного стану на сталевий лист і спікають.

Друга суміш порошків додатково містить олово і цинк. Компоненти другої суміші завантажуються в змішувач і здійснюється сухе змішування. Потім у змішувач додається зволожувач і здійснюється мокре змішування.

Доцільним є здійснення спікання компонентів антифрикційного матеріалу при температурі 830-1100°С у середовищі захисного газу.

Ще одна задача вирішується тим, що розроблено елемент вузла тертя, який включає несучий елемент із шаром антифрикційного матеріалу зі спечених порошків ферофосфору, заліза, дисульфиду молібдену, бору та оксиду бору, міді або її сплавів, вуглецевмісного компонента, волокон або ниток вуглецевих, локалізовано включених гранул, що містять мідь і графіт, при цьому антифрикційний матеріал містить щонайменше один додатковий компонент, обраний із групи: олово, цинк, при наступному вмісті компонентів у матеріалі, мас. %:

ферофосфор	0,5-5,4
------------	---------

волокно вуглецеве	0,5-15,0
залізо	10,91-26,25
гранули	2,0-24,0
бор	0,005-3,4
дисульфід молібдену	0,5-5,0
оксид бору	0,5-3,4
вуглецевмісний компонент	0-32,16
додатковий компонент	0,5-14,0
мідь або її сплави	решта,
при цьому гранули мають розмір 0,4-2,0мм при наступному співвідношенні компонентів у тілі гранул, мас. %:	
мідь	37,0-60,0
графіт	решта,
а олово та/або цинк у якості додаткового компонента містяться у складі матеріалу у наступній кількості, мас. %:	

олово	1,0-8,0
цинк	0,5-6,0.

Доцільним є таке виконання елемента вузла тертя, при якому використовуваний антифрикційний матеріал містить додатковий компонент у кількості не менш ніж 0,5%. При вмісті додаткового компонента менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі, а також не здійснюється запобігання зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів.

Переважає в якості вуглецевмісного компонента антифрикційний матеріал містить щонайменше один компонентів, обраний із групи: графіт, шунгіт, фулерени вуглецю і дрібнодисперсні алмази УДА. Введення зазначених вуглецевмісних компонентів сприяє значному поліпшенню антифрикційних властивостей матеріалу.

Переважним є введення вуглецевмісного компонента в кількості не менш ніж 0,01%. У даному випадку відбувається поліпшення антифрикційних властивостей матеріалу. При вмісті вуглецевміснийого компонента менш ніж 0,5% не спостерігається збільшення антифрикційних властивостей матеріалу в значній мірі.

Переважає несучий елемент виконаний з низьковуглецевої сталі і має товщину 1-250мм.

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

Вплив вмісту олова і цинку на властивості антифрикційного матеріалу проілюстровано наступними прикладами:

Приклад 1.

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

ферофосфор	0,5
волокно вуглецеве	0,5
залізо	10,91
графіт	0,16
гранули	2,0
дрібнодисперсні алмази УДА	0,01
бор	0,005
дисульфід молібдену	0,5
оксид бору	0,5
олово	1,0
цинк	0,5
шунгіт	22,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційного матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. Експериментально також було встановлено, що зазначена кількість олова є мінімальною, оскільки введення в матеріал меншої кількості олова не приводить до будь-якого значного впливу на антифрикційні властивості матеріалу і крім того, не сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів. Також було встановлено, що введення в антифрикційний матеріал цинку в даній кількості є мінімальним, оскільки введення в антифрикційний матеріал олова в меншій кількості не приводить до будь-якого значного впливу на властивості матеріалу і крім того не сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів. При такому вмісті у матеріалі додаткового компоненту, який у даному випадку являє собою олово та цинк, температура спікання компонентів антифрикційного матеріалу, що визначена експериментальним шляхом, складає  $T_{\text{сп}}=1000^{\circ}\text{C}$ . При цьому технічні характеристики отриманого матеріалу, що визначені експериментальним шляхом, мають наступні значення: гранично припустимий тиск  $P=90\text{МПа}$ , гранично припустимі швидкості ковзання  $V=12\text{м/с}$ , коефіцієнт тертя з мастилом  $f=0,02$ , темп зносу матеріалу  $\Lambda=0,024^{\text{мм}}/\text{км}$ .

У цілому антифрикційний матеріал із зазначеним вмістом додаткових компонентів цілком задовольняє усім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здатність до самозмазування при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів.

#### Приклад 2.

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

ферофосфор	2,5
волокно вуглецеве	5,0
залізо	16,0
графіт	1,0
гранули	7,0
дрібнодисперсні алмази УДА	1,0
бор	1,7
дисульфід молібдену	2,5
оксид бору	1,7
олово	4,0
цинк	3,0
шунгіт	17,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційного матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. Також було встановлено, що такий вміст олова і цинку повною мірою забезпечує зміцнення матеріалу. При такому вмісті у матеріалі додаткового компоненту, який у даному випадку являє собою олово та цинк, температура спікання компонентів антифрикційного

матеріалу, що визначена експериментальним шляхом, складає  $T_{\text{сп}}=1000^{\circ}\text{C}$ . При цьому технічні характеристики отриманого матеріалу, що визначені експериментальним шляхом, мають наступні значення: гранично припустимий тиск  $P=95\text{МПа}$ , гранично припустимі швидкості ковзання  $V=10\text{м/с}$ , коефіцієнт тертя з мастилом  $f=0,02$ , темп зносу матеріалу  $\Lambda=0,013^{\text{мм}}/\text{км}$ .

Крім того, антифрикційний матеріал із зазначеним складом компонентів цілком задовольняє усім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здатність до самозмазування при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів.

#### Приклад 3.

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

ферофосфор	4,0
волокно вуглецеве	10,0
залізо	12,0
графіт	3,0
гранули	15,0
дрібнодисперсні алмази УДА	5,0
бор	3,4
дисульфід молібдену	5,0
оксид бору	3,4
олово	8,0
цинк	6,0
шунгіт	2,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційного матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. Також було встановлено, що зазначена кількість олова і цинку є максимальною, оскільки при введенні в матеріал більшої кількості олова і цинку спостерігається спікання пузирів, що утворюються в процесі одержання антифрикційного матеріалу, що у свою чергу приводить до виникнення браку і зниженню антифрикційних властивостей матеріалу. При такому вмісті у матеріалі додаткового компоненту, який у даному випадку являє собою олово та цинк, температура спікання компонентів антифрикційного матеріалу, що визначена експериментальним шляхом, складає  $T_{\text{сп}}=1050^{\circ}\text{C}$ . При цьому технічні характеристики отриманого матеріалу, що визначені експериментальним шляхом, мають наступні значення: гранично припустимий тиск  $P=100\text{МПа}$ , гранично припустимі швидкості ковзання  $V=10\text{м/с}$ , коефіцієнт тертя з мастилом  $f=0,03$ , темп зносу матеріалу  $\Lambda=0,018^{\text{мм}}/\text{км}$ .

У цілому антифрикційний матеріал із зазначеним з'єднанням компонентів цілком задовольняє усім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здатність до самозмазування при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладки лиж пантографів електровозів.

## Приклад 4.

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

ферофосфор	4,0
волокно вуглецеве	10,0
залізо	12,0
графіт	3,0
гранули	15,0
дрібнодисперсні алмази УДА	5,0
бор	3,4
дисульфід молібдену	5,0
оксид бору	3,4
олово	8,0
шунгіт	2,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційного матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. При такому вмісті у матеріалі додаткового компонента, який у даному випадку являє собою олово, температура спікання компонентів антифрикційного матеріалу, що визначена експериментальним шляхом, складає  $T_{сп}=1000^{\circ}\text{C}$ . При цьому технічні характеристики отриманого матеріалу, що визначені експериментальним шляхом, мають наступні значення: гранично припустимий тиск  $P=95\text{МПа}$ , гранично припустимі швидкості ковзання  $V=10\text{м/с}$ , коефіцієнт тертя з мастилом  $f=0,04$ , темп зносу матеріалу  $\Lambda=0,020^{\text{мм}}/\text{км}$ .

У цілому антифрикційний матеріал із зазначеним з'єднанням компонентів цілком задовольняє усім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здатність до самозмазування при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

## Приклад 5.

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

ферофосфор	4,0
волокно вуглецеве	10,0
залізо	12,0
графіт	3,0
гранули	15,0
дрібнодисперсні алмази УДА	5,0
бор	3,4

дисульфід молібдену	5,0
оксид бору	3,4
цинк	6,0
шунгіт	2,0
мідь або її сплави	решта.

Експериментально було встановлено, що при такому складі антифрикційного матеріалу вдається в достатній мірі забезпечити підвищення антифрикційних властивостей матеріалу. При такому вмісті у матеріалі додаткового компонента, який у даному випадку являє собою цинк, температура спікання компонентів антифрикційного матеріалу, що визначена експериментальним шляхом, складає  $T_{сп}=1100^{\circ}\text{C}$ . При цьому технічні характеристики отриманого матеріалу, що визначені експериментальним шляхом, мають наступні значення: гранично припустимий тиск  $P=100\text{МПа}$ , гранично припустимі швидкості ковзання  $V=12\text{м/с}$ , коефіцієнт тертя з мастилом  $f=0,03$ , темп зносу матеріалу  $\Lambda=0,018^{\text{мм}}/\text{км}$ .

У цілому антифрикційний матеріал із зазначеним з'єднанням компонентів цілком задовольняє усім вимогам до антифрикційних матеріалів, тобто має високу здатність до самозмазування при високих температурах, високу механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, а також сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.

Винахід дозволяє створити антифрикційний вуглецевмістний матеріал, що за рахунок підбору співвідношення компонентів антифрикційного матеріалу має низький коефіцієнт тертя  $K$  менш ніж  $0,04$ , високу зносостійкість і сприяє запобіганню зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів. Крім того, заявлений винахід являє собою також спосіб одержання антифрикційного матеріалу з перерахованими вище характеристиками. Також винахід дозволяє створити елемент вузла тертя, що має високу самозмашувальну здатність при роботі без змащення, механічну міцність, зносостійкість, низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість і забезпечує утворення на поверхні матеріалу розділових плівок графіту та масла при робочих температурах, що запобігають зносу контртіла з кольорових металів, зокрема накладок лиж пантографів електровозів.