



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52734 (13) C2

(51) 7 C22C 1/05, F16D69/02

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

(54) ПОЛІМЕРСПЕЧЕНИЙ ФРИКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

1

2

(21) 99095371
(22) 30 09 1999
(24) 15 01 2003
(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.
(72) Ровінський Дем'ян Якович
(73) ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА
ІМ. ІМ. ФРАНЦЕВИЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ
(56) Заявка UA 98052702, 29 12 1999
UA 26406 C2, 30 08 1999
SU 546860 A1, 11 04 77
SU 358 558 A1, 19 01 1973
SU 562583 A1, 30 07 1977
SU 562582 A1, 30 07 1977
SU 628362 A1, 20 10 1978
RU 2119511 C1, 27 09 1998
EP 709476 A1, 01 05 1996
Порошковая металлургия. Спеченные и композици-

онные материалы. Под ред. В. Шатта. Пер. с нем.
М., "Металлургия", 1983 с. 236-238

(57) Полімерспечений фрикційний матеріал, який складається з фрикційних матеріалів полімерних зв'язок та звичайних для фрикційних матеріалів наповнювачів, який відрізняється тим, що матеріал утримує від загального об'єму полімерну матрицю, яка складає 20 - 80 мас % з розташованими в ній спеченими таблетками фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи, із таким співвідношенням інгредієнтів, мас %

Олово	5,4 - 7,4
Свинець	3,2 - 5,2
Залізо	2,8 - 4,8
Графіт	5,5 - 7,5
Пісок	4,7 - 6,7
Борид титану	0,3 - 0,7
Мідь	решта

Винахід належить до фрикційних матеріалів - матеріалам тертя, для роботи в гальмах і муфтах фрикційних.

Відомий спечений фрикційний матеріал (авт. св. СССР, №546860A, 22C1/05, 689 018 251088 8), який містить мідь, цинк, залізо, графіт, пісок, відмінний тим, що з ціллю підвищення коефіцієнту тертя, стійкості протистисання і термостабільності, він додатково містить по крайній мірі один із боридів тугоплавких металів з гексагональною кристалічною ґраткою і спідуючим співвідношенням компонентів, мас %

Олово	5 - 10
Свинець	5 - 10
Залізо	2 - 10
Графіт	5 - 10
Пісок	2 - 5

По крайній мірі, один із боридів тугоплавких металів з гексагональною кристалічною ґраткою 0,5 - 10 мідь залишок

Показаний матеріал рекомендований для застосування в немастильних та високотемпературних вузлах різних машин та механізмів в діапазоні температур до 600K. Матеріал випробували при

дуже низькій початковій швидкості гальмування, рівної 5,5m/s, що зараз явно неадекватно сучасним вимогам до фрикційних конструкцій.

Відомий фрикційний матеріал (патент ФРГ №1198997 39в-22/02), який містить звичайні для фрикційних матеріалів органічні зв'язки та звичайні для фрикційних матеріалів наповнювачі, відмінний тим, що він додатково містить суміш 10 - 70 мас % звичайного матеріалу, зерно якого після спікання подрібнюється до розміру 0,0001 - 0,005m. Матеріал містить спідуючі компоненти

Органічний матеріал	Частка
Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної	1,0
Азбест з короткими волокнами	2,0
Фрикційні добавки	1,3
Оксиди металів	1,1
Графіт	0,38
Спечений фрикційний матеріал	Частка
Мідь	3,0
Олово	0,8
Свинець	0,4
Графіт	0,6
MoS ₂	0,46
SiO ₂	0,45

(13) C2

(11) 52734

(19) UA

Матеріал застосовують в гальмах і фрикційних муфтах у діапазоні температур до 500К

Але присутність в матеріалі суміші спеченого фрикційного матеріалу затримує його подальшу ефективну роботу через зв'язок рівномірні експлуатаційні властивості накладки з рівномірністю процесу змішування

В основу винаходу "Полімерспечений фрикційний матеріал" поставлена задача шляхом розташування в полімерній матриці, складаємої 20 - 80мас %, спечених таблеток фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи, або матриця виконана з спеченої бронзи, в якій розташовані таблетки фрикційного матеріалу виконані з полімера. Забезпечити підвищення стійкості проти спрацювання і теплопровідності. Суть винаходу полягає у тому, що

полімерспечений фрикційний матеріал складається із фрикційних матеріалів, органічних зв'язок та звичайних для фрикційних матеріалів наповнювачей. Матеріал відрізняється тим, що містить від загального об'єму полімерну матрицю, яка складає 20 - 80мас %, з розташованими в ній спеченими таблетками фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи,

матеріал також відмітний тим, що матриця виконана із спеченої бронзи в якій містяться таблетки фрикційного матеріалу, виконаного із полімера

Технічно цікавим, вигідним та дуже підвищуючим експлуатаційні властивості коподки являється фрикційний матеріал який містить від загального об'єму полімерну матрицю, яка складає 20 - 80мас % з розташованими в ній спеченими таблетками $d = 0,012m$ фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи

Олово	5,4 - 7,4
Свинець	3,2 - 5,2
Залізо	2,8 - 4,8
Графіт	5,5 - 7,5
Пісок	4,7 - 6,7
Борид титану	0,3 - 0,7
Мідь	залишок

Полімерспечений фрикційний матеріал рекомендовано в відповідності з винаходом розташовувати у вигляді таблеток фрикційного матеріалу і мати $d = 0,012m$. В якості полімерного матеріалу, його наповнювачей та зв'язок можна застосовувати в принципі всі відомі в якості таких матеріалів. Полімерспечений фрикційний матеріал має високу міцність та стійкість проти експлуатаційних навантажень

Накладки з чистого спеченого матеріалу вже самі по собі мають високі властивості такі, як гарна теплостійкість відновлення величини коефіцієнту тертя після роботи при високих температурах, а у полімерспеченого матеріалу підвищену фактичну площину контакту за рахунок форми спеченого матеріалу

Шляхом вибору відповідних пропорцій суміші 20 - 25мас % можна підвищити коефіцієнт тертя до значення 0,45 - 0,50

У полімерспеченого фрикційного матеріалу може бути знижений знос, відносно великий для спеченого фрикційного матеріалу. Полімерспечений фрикційний матеріал має гарну здатність до відновлення після великих теплових навантажень,

т б фрикційні властивості після роботи при сильному нагріві не погіршуються. Вже з початку приробки холодного гальма коефіцієнт тертя досягає повного значення. Це особливо важливо і корисно в випадку накладки фрикційної для дискових гальм, у яких будучи виготовленими з полімерного фрикційного матеріалу або спеченого фрикційного матеріалу, лише після приробки коефіцієнт тертя досягає свого значення

Приклад

Матеріали містять наступні компоненти

Полімерний матеріал	Частка
Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної	1,0
Азбест з короткими волокнами	2,0
Фрикційні добавки	1,3
Оксиди металів	1,1
Графіт	0,38

Спечений фрикційний матеріал у вигляді пористої таблетки $d = 0,012m$

Олово	5,4 - 7,4
Свинець	3,2 - 5,2
Залізо	2,8 - 4,8
Графіт	5,5 - 7,5
Пісок	4,7 - 6,7
Борид титану	0,3 - 0,7
Мідь	залишок

Виконані для експерименту зразки мали такі компоненти, дивись Таблицю 1

Таблиця 1
Матеріали загальної фрикційних таблеток для випробування на шліфувальному станку

Зразок	Спечений матеріал	Частка	Частка в мас %	Полімерний матеріал	Частка	Частка в мас %
1			0,00	Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної Азбест з короткими волокнами Фрикційні добавки Оксиди металів Графіт	1,0 2,0 1,3 1,1 0,38	100,00
2	Олово Свинець Залізо Графіт Пісок Борид титану Мідь	5,4-7,4 3,2-5,2 2,8-4,8 5,5-7,5 4,7-6,7 0,3-0,7 залишок	10,00	Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної Азбест з короткими волокнами Фрикційні добавки Оксиди металів Графіт	1,0 2,0 1,3 1,1 0,38	90,00
3	Олово Свинець Залізо Графіт Пісок Борид титану Мідь	5,4-7,4 3,2-5,2 2,8-4,8 5,5-7,5 4,7-6,7 0,3-0,7 залишок	20,00	Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної Азбест з короткими волокнами Фрикційні добавки Оксиди металів Графіт	1,0 2,0 1,3 1,1 0,38	80,00
4	Олово Свинець Залізо Графіт Пісок Борид титану Мідь	5,4-7,4 3,2-5,2 2,8-4,8 5,5-7,5 4,7-6,7 0,3-0,7 залишок	30,00	Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної Азбест з короткими волокнами Фрикційні добавки Оксиди металів Графіт	1,0 2,0 1,3 1,1 0,38	70,00
5	Олово Свинець Залізо Графіт Пісок Борид титану Мідь	5,4-7,4 3,2-5,2 2,8-4,8 5,5-7,5 4,7-6,7 0,3-0,7 залишок	40,00	Продукт конденсації смоли феноло-формальдегідної Азбест з короткими волокнами Фрикційні добавки Оксиди металів Графіт	1,0 2,0 1,3 1,1 0,38	60,00
6 (парогіт)	Олово Свинець Залізо Графіт Пісок Борид титану Мідь	5,4-7,4 3,2-5,2 2,8-4,8 5,5-7,5 4,7-6,7 0,3-0,7 залишок	100,00			0,00

Результати роботи гальма по контр-тілу з СЧ21-40

Таблиця 2

Зразок	Коефіцієнт тертя	Стабільність коэф. тертя	Середній знос (мм)
Температура гальмування T=400K, Початкова швидкість гальмування 40 m/s			
1	0,29	0,70	1,26
2	0,40	0,85	0,30
3	0,49	0,89	0,15
4	0,46	0,86	0,30
5	0,44	0,85	0,41
6(прот.)	0,30	0,79	0,68
Температура гальмування T=300K, Початкова швидкість гальмування 30 m/s			
1	0,30	0,75	0,86
2	0,39	0,85	0,36
3	0,50	0,88	0,18
4	0,46	0,86	0,36
5	0,44	0,85	0,30
6(прот.)	0,31	0,80	0,54
Температура гальмування T=200K, Початкова швидкість гальмування 17 m/s			
1	0,32	0,76	0,50
2	0,40	0,86	0,25
3	0,50	0,87	0,12
4	0,45	0,87	0,28
5	0,44	0,86	0,25
6(прот.)	0,32	0,80	0,36
Температура гальмування T=100K, Початкова швидкість гальмування 6 m/s			
1	0,38	0,85	0,42
2	0,42	0,86	0,20
3	0,51	0,88	0,10
4	0,45	0,87	0,20
5	0,44	0,86	0,23
6(прот.)	0,35	0,82	0,30

Таблиця 3

Результати роботи гальма по контр-тілу з сталі 65Г

Зразок	Коефіцієнт тертя	Стабільність коэф. тертя	Середній знос (мм)
Температура гальмування T=400K, Початкова швидкість гальмування 40 m/s			
1	0,25	0,68	0,88
2	0,36	0,83	0,22
3	0,45	0,87	0,11
4	0,42	0,84	0,22
5	0,36	0,83	0,31
6(прот.)	0,26	0,77	0,51
Температура гальмування T=300K, Початкова швидкість гальмування 30 m/s			
1	0,26	0,73	0,65
2	0,35	0,83	0,27
3	0,46	0,86	0,14
4	0,42	0,84	0,27
5	0,40	0,83	0,22
6(прот.)	0,27	0,78	0,41
Температура гальмування T=200K, Початкова швидкість гальмування 17 m/s			
1	0,28	0,74	0,38
2	0,36	0,84	0,19
3	0,44	0,85	0,09
4	0,41	0,85	0,21
5	0,40	0,84	0,19
6(прот.)	0,28	0,78	0,27
Температура гальмування T=100K, Початкова швидкість гальмування 6 m/s			
1	0,34	0,83	0,32
2	0,38	0,84	0,15
3	0,47	0,86	0,08
4	0,41	0,85	0,15
5	0,40	0,84	0,17
6(прот.)	0,31	0,80	0,22

Ці дані можна співставити із значеннями, отриманими в ідентичних умовах величин для чистого полімерного і чистого спеченого фрикційних матеріалів

В табл. 2, 3 представлені залежності коефіцієнту тертя та зносу для різного складу в суміші спеченого фрикційного та полімерного матеріалів від швидкості при постійному навантаженні 5,88 мегапаскаль по двом контр-тілам

З приведених даних видно, що не тільки середню величину коефіцієнтів тертя суттєво підвищено в порівнянні з таким для чистого полімерного матеріалу при швидкостях від 0 до 40 m/s. Але і стабільність коефіцієнту тертя і стійкість протискування суттєво вищі ніж у спеченого фрикційного матеріалу. Полімерспечений фрикційний матеріал застосовується для важконавантажених гальмових накладок та накладок муфт фрикційних.

Випробування були проведені в натурному дисковому гальмі на інерційному стенді при гальмуванні з максимальною швидкістю початковою до початкової швидкості рівною нулю.

Момент інерції махових мас стенду складає $4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, що дозволяє імітувати роботу дискового гальма ЗА3а та ВА3а. Максимальний запас кінетичної енергії на стенді дорівнює 1,71 мегаджоулей, мінімальний запас кінетичної енергії дорівнює 0,034940 мегаджоулей. Зовнішній діаметр контртіла дорівнює 0,3m, внутрішній - 0,22m. Середній діаметр контртіла 0,26m. Площа тертя двох колодок $0,0068 \text{ m}^2$. Глибина колодки складала 0,008m. Вимірювання глибини гальмової колодки проводили в 9 точках, згідно встановленим схемам з точністю 0,01 міліметра мікрометром глибиноміром по штучним базам.

Середній лінійний знос колодки, приведений в таблиці, є середнім результатом з 9 вимірювань. Загальна кількість гальмувань за етап складала 1500. Температура вимірювалась в середній частині самопритискної гальмової колодки на відстані 1,0 міліметра від поверхні тертя.

Формування та виробництво колодки з нового полімерспеченого матеріалу з спеченими пористими таблетками $d = 0,012 \text{ m}$ на основі бронзи здійснюється в прямокутній пресформі з спеціальним шаблоном, отвори якого враховують вимоги та уявлення про тертя та зношування фрикційних матеріалів, форми елементу, фактичній площі контакту та геометрії контакту. Загальна кількість таблеток може бути до 18 штук.

До початку формування виготовляється пориста спечена таблетка $d = 0,012 \text{ m}$ фрикційного матеріалу на основі бронзи звичайними методами порошкової металургії з матеріалу у мас %

Олово	5,4 - 7,4
Свинець	3,2 - 5,2
Залізо	2,8 - 4,8
Графіт олівцевий	5,5 - 7,5
Пісок	4,7 - 6,7
Борид титану	0,3 - 0,7
Мідь	залишок

Пресування таблетки проводиться при питомому тиску 294,2 мегапаскаль. Спікання таблетки проводиться під тиском в гостроосушеному водні при температурі 720K, тиску - 1,96 мегапаскаль та витримці 10,8 кілосекунд.

Таким чином, щоб отримати заявляємий матеріал, необхідно далі виготовити звичайними методами полімерний матеріал, який складається з продуктів конденсації феноло-формальдегідної смоли, азбесту з короткими волокнами, фрикційних добавок, оксидів металів та графіту.

Далі, після видалення шаблону, отриману полімерну суміш рівномірно розподілюють по висоті пресформи та виготовляють гаряче формування

під тиском

Полімерспечений фрикційний матеріал затвердівав при температурі 180K, тиску - 50 мегапаскаль та часу - 3,6 кілосекунд

Використання основних ознак макрорегіонної структури при роботі фрикційних матеріалів таких, як присутність в структурі матеріала макроджерела, відповідного за забезпечення комплексу експлуатаційних властивостей, надійно гарантує процес фрикційної сумісності матеріалів та підвищення ефективності гальмування за рахунок його форми, розміру та фактичної площі контакту

Технічно цікавим, вигідним та значно збільшуваним фрикційні властивості готової накладки, являється полімерспечений фрикційний матеріал, чий вміст у загальному об'ємі полімерної матриці складає 20 - 80мас % з розташованими у ній спеченими таблетками фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи

Для кожної конструкції гальма або муфти можливе використання шаблону-трафаретки, отриманого в умовах експлуатації, з якої видимі основні точки навантаження та підвищеного зносу, а потім, пористі таблетки встановити саме в ці точки

При такому підході, безсумнівно з'явиться можливість скоротити загальну кількість пористих таблеток з $n = 18$, як реалізовано у пропонуваній технології, до "n", задовольняючим мінімуму вимог по ефективності та зносостійкості вузла

Таким чином, маємо практичну можливість врахувати дійсні особливості фрикційної конструкції та завчасно з урахуванням геометричного фактору забезпечити умови для більш ефективної роботи вузла, зниження термічної напруженості, яка виникає при нестійкій роботі

З'являється можливість контролюючого управління перерозподілом температур в обох елементах пари та зниження нагріву сполучених виробів у конструкціях гальма або муфти

З'являється можливість швидкого відводу тепла від поверхні тертя контртіла за рахунок доброї вентиляції пористої таблетки та наблизитись до ефекту "безизности" фрикційної пари в умовах сухого тертя якщо частину пористих таблеток замінити на тверді мастила. В умовах рідкого мастила такий ефект досягнут П.А. Ребіндером, за рахунок адсорбційного зниження міцності поверхневих шарів пари гальма

Участь у процесі тертя пористого каркасу у вигляді таблеток сприяє зниженню температури на поверхні тертя за рахунок підвищення фактичної площі контакту фрикційного полімерспеченого матеріалу

При підвищених температурах цей каркас містить у собі вигоряюче полімерне зв'язуюче та викликає практичну можливість появи охоплення та катастрофічного зносу

Підвищення фактичної площі контакту та теплостійкості фрикційного матеріалу забезпечує стабільний коефіцієнт тертя та підвищену зносостій-

кість за рахунок роботи контактної площі так, що перекривається уся контурна площа, приймаюча участь у роботі дуже потужними тепловідводячими поверхнями, які створюють незрівнянно більш потужний тепловідвод, ніж відомий матеріал з щільною сумішшю полімерспеченого фрикційного матеріалу

В деяких випадках не потрібні більш потужності пресового та пічного обладнання для виробництва виробів (наприклад, пористої таблетки з бронзи)

В якості прикладу відмітки роботоспроможності нового фрикційного полімерспеченого матеріалу з точки зору протистоять випроміненню та використанню натурних виробів, в умовах експлуатації були проведені спеціальні випробування трьох різних технологічних варіантів, у тому числі серійних, у вигляді натурних елементів в екстремальних умовах на обладнанні геліотехнічної бази ІПМ НАНУ 24-25 09 98р

Проведені випробування різних рецептур полімерспечених фрикційних матеріалів при імпульсному односторонньому променевому нагріві, який являється основним фактором окрім тертя, який визначає процес зруйнування

Проведені візуальні спостереження у процесі експерименту, важення, вимірювання лінійних розмірів з метою подальших досліджень

Контрольні вимірювання після температури 750K, яка була досягнута через 5,1 кілосекунд, не виявили явних ознак механічного зруйнування та матеріал, в якому матриця виконана з спеченої бронзи, у якій знаходяться таблетки фрикційного матеріалу, виконаного з полімера, може бути подальшим матеріалознавчим дослідженням. Час досягнення до 750K у матеріалу, який містить від загального об'єму полімерну матрицю, яка складає 20 - 80мас %, з розташованими у ній спеченими таблетками фрикційного матеріалу на основі пористої бронзи, який складає 432 секунди

А для серійного фрикційного полімерного матеріалу, який складається з продуктів конденсації фенолформальдегідної смоли, азбесту з короткими волокнами, фрикційними добавками оксидів металів та графіту, процес зруйнування настає дуже швидко, і стає важкоконтролюючим вже через 30 секунд, досягнувши температури 250 - 300K

Таким чином, у відповідності з отриманими новими ознаками, відмінними від прототипу та приведеним прикладом, можна стверджувати про отримання нового технічного результату при створенні полімерспеченого фрикційного матеріалу для дискових гальм автомобілей та муфт фрикційних плаваючих енергетичних ефектно працюючих системах аварійного гальмування, які потребують багатократного спрацювання в умовах граничного зносу, спрацювання, де потребується дуже швидкий відвід тепла від поверхні тертя та можливості протистояти випроміненню до 750K

