



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25997 (13) U
(51) МПК (2006)
C22C 1/10
C22C 21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) АНТИФРИКЦІЙНИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ-КОВЗАННЯ З ЕФЕКТОМ САМОЗМАЩУВАННЯ І НИЗЬКИМ РІВНЕМ ЗНОШУВАННЯ

1

(21) u200705261
(22) 14.05.2007
(24) 27.08.2007
(46) 27.08.2007, Бюл. № 13, 2007 р.
(72) Щерецький Володимир Олександрович, Щерецький Олександр Анатолійович, Раздобарин Іван Григорович
(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ
(57) Антифрикційний композиційний матеріал для вузлів тертя-ковзання з ефектом самозмащування

2

і низьким рівнем зношування на основі промислових ливарних сплавів (типу силумінів), що включає дискретні наповнювачі двох видів: високомодульні керамічні частинки карбідів, нітридів, оксидів і частинки твердого мастила, який відрізняється тим, що високомодульні керамічні частинки карбідів, нітридів, оксидів вводяться в кількості 20-65 об. % дисперсністю 100-400 мкм, а кількість частинок твердого мастила становить 0,5-5 об. %, дисперсністю 0,01-3 мкм.

Корисна модель відноситься до створення нових композиційних матеріалів для машинобудування, що працюють в умовах великих навантажень з обмеженим доступом змащення.

Відомо про антифрикційний матеріал на основі алюмінієвого сплаву [Патент США «Aluminum alloy» №5409661; МПК6 C22C21/04; 25.04.1995], що містить 0,5-10 об. % дисперсних частинок боридів, нітридів, оксидів або карбідів, що має високі показники зносостійкості і задовільні параметри коефіцієнта тертя. Але, так як всі алюмінієві сплави для роботи в умовах тертя-ковзання потребують наявності змащення, такий матеріал не може використовуватися в вузлах з обмеженим доступом змащення або за його відсутності. В таких випадках найчастіше використовують матеріали, що додатково містять як складову тверде змащення.

Найближчим за характеристиками (прототип), до даної корисної моделі, є патент Російської Федерації «Композиционный материал антифрикционного назначения для работы в условиях ограниченной смазки» №2171307; МПК⁷ C22C1/10, C22C21/00; 27.07.2001, де було запропоновано литий композиційний матеріал на базі ливарних алюмінієвих сплавів (силумінів), що містить в якості армуючого наповнювача дискретні керамічні частинки розміром не більше 20 мкм з вмістом від 2,5 до 5 об. %, а в якості твердого змащення частинки графіту фракційного розміру 40-160 мкм і

вмістом 1,5-3,0 об. %.

Такий дискретно армований композиційний матеріал (ДАКМ) не забезпечує певний рівень зносостійкості і ефект самозмащення матеріалу завдяки присутності частинок графіту. Одним з шляхів до збільшення показників зносостійкості матеріалів, є підвищення кількості та розмірів фракційного складу армуючої складової. Відомий матеріал має суттєве обмеження цих параметрів (кількість 2,5-5 об. %, розмір ≤ 20 мкм). Передумовою цьому обмеженню є вимоги до необхідного рівня змащення, яке повинно забезпечуватися складовою твердого змащення. Але рівень змащення, що забезпечується частинками графіту розміру 40-160 мкм, в кількостях (1,5-3,0 об. %), що не зумовлюють виникнення критичного негативного впливу на механічні властивості композиційних матеріалів (ударну в'язкість, подовження, міцність, тощо), не дозволив подальшого підвищення кількості та розмірів фракційного складу армуючої складової для даного матеріалу.

В прототипі кількість фази твердого змащення обмежено діапазоном 1,5-3 об. % з фракційним складом 40-160 мкм. Така конфігурація дозволяє в певних межах забезпечити необхідний рівень твердого змащення та понизити негативний вплив графіту на механічні властивості (пластичність, ударну в'язкість, відносне подовження) вихідного матеріалу, за рахунок низького вмісту частинок

UA (19) 25997 (13) U

графіту. Таким чином, цей матеріал забезпечує необхідний рівень змащення тільки для відносно низьких кількостей високо-модульної керамічної складової композиційного матеріалу (що є вирішальною для виключення інтенсивного зношення виробу в процесі тертя) на рівні 2,5-5%. Негативний вплив частинок графіту (що обумовлений поганим змочуванням і низькою адгезією до алюмінієвих сплавів) є обмежуючим і визначальним в цій системі. Проте збільшення об'ємного вмісту і розміру керамічних частинок є безпосередньою умовою підвищення зносостійкості композиційного матеріалу. Тому для забезпечення високої зносостійкості і несучої здатності в сучасних композиційних матеріалах вимогою щодо вмісту високо-модульної армуючої складової є кількість від 10 об.% і більше.

Метою даної корисної моделі є отримання дискретно армованого композиційного матеріалу з високими показниками зносостійкості, які досягаються підвищенням кількості та розмірів фракційного складу армуючої складової, а також використанням субмікронної складової твердого змащення, об'ємна частка та фракційного розмір якої визначається в залежності від параметрів введеної армуючої складової і розміру зерна дискретно армованого композиційного матеріалу.

Поставлена мета досягається тим, що антифрикційний композиційний матеріал для вузлів тертя-ковзання з ефектом самозмащування і низьким рівнем зношування на основі промислових ливарних сплавів (типу силумінів) включає дискретні наповнювачі двох видів: високо-модульні керамічні частинки карбідів, нітридів, оксидів і частинки твердого змащення, згідно з корисною моделлю, високо-модульні керамічні частинки карбідів, нітридів, оксидів вводяться в кількості 20-65 об.% дисперсністю 100-400мкм, а кількість частинок твердого змащення становить 0,5-5 об. %, дисперсністю 0,01-3мкм. В якості матеріалу твердого змащення використовують: графіт, MoS_2 , SeSi_2 , BN.

Вміст високо-модульних керамічних частинок в композиційному матеріалі на рівні 20 об.% і більше, формує (в разі їх рівномірного розміщення в матриці сплаву) дрібнозернисту структуру матеріалу матриці на рівні до 10мкм. Тому введення твердого змащення (графіту) потрібно проводити з урахуванням відповідної кількості та розмірності частинок для виконання структурної умови $D \approx \lambda$ (виконання якої дозволяє мінімізувати негативний вплив фази твердого змащення на комплекс механічних властивостей; де D - середній розмір зерна, λ - середня відстань між частинками твердого змащення), з забезпеченням одночасного досягнення максимального вмісту фази твердого змащення. За умови дрібнозернистої структури, що формується під впливом складової наповнювача, виконання структурної умови $D \approx \lambda$ для частинок твердого змащення (графіту), в кількості яка забезпечує необхідне змащення сполучених цапф, можливе лише при розмірах, менших 3мкм. Використання субмікронної фази твердого змащення (графіту), дозволяє не тільки мінімізувати їх негативний вплив на механічні властивості (що дозво-

ляє вводити більшу їх кількість і відповідно покращення рівня змащення), а також покращує змащення сполучених цапф, за рахунок збільшення контактної площі фази твердого змащення з елементами сполучених цапф.

Як було зазначено вище, високий рівень зносостійкості і несучої здатності в сучасних композиційних матеріалах, забезпечує вміст високо-модульної армуючої складової кількістю від 10 об.% і більше. Проте виготовлення таких матеріалів ливарними методами ускладнене. Для їх отримання використовуються оригінальні методи, що потребують для отримання якісного матеріалу кількість складової матриці (алюмінієвого сплаву) не менше, ніж 35%. Розмір фази армування (100-400мкм) зумовлений, з одного боку, розрахунком використання матеріалу для виготовлення виробів складної конфігурації або тонкостінних, виготовити які з заданою точністю є неможливим, якщо розмір високо-модульної складової (частинки якої неможливо обробити безпосередньо в композиційному матеріалі, не пошкодивши матрицю) буде складати $\geq 400\text{мкм}$. А з іншого боку, розмір високо-модульних частинок повинен бути достатнім ($\geq 100\text{мкм}$) для міцного зв'язку з матрицею для уникнення викришування частинок, що за умови відсутності активного змащення (сухе тертя), призводить до додаткового зношення за рахунок абразивного зносу.

Використання фази твердого змащення (графіту) фракційного складу $<10\text{нм}$ значно ускладнює технологію отримання композиційного матеріалу, крім того, на сьогоднішній день рівень науки та техніки не дозволяє отримувати порошки таких розмірів в промислових масштабах. Для того, щоб уникнути значного погіршення механічних властивостей, пов'язаного з присутністю частинок твердого змащення, їх розмір повинен корелюватися з їх кількістю, а також розміром і кількістю армуючої фази. Таким чином їх розмір при доцільній кількості (0,5-5 об. %) в умовах, коли розмір зерна матриці $\leq 10\text{мкм}$ за рахунок наявності великої кількості армуючої фази (20-65 об. %) не повинен перевищувати 3мкм. Тому використання субмікронаповнювачів твердого змащення (0,01-3мкм) в комбінації з мікрокристалічними високо-модульними керамічними частинками карбідів, нітридів, оксидів (100-400мкм) - є оптимальним рішенням для отримання ДАКМ з високим вмістом армуючої складової, в якості матеріалу для виготовлення робочих елементів важко навантажених вузлів тертя - ковзання.

Для отримання композиційних матеріалів (КМ) з високим вмістом наповнювача, використання широко вживаних методів механічного змішування наповнювачів є неефективним. Проте, цю задачу успішно вирішують, застосовуючи методи примусового просочування, лиття під тиском, відцентрового лиття тощо. Так, є дані про литий ДАКМ, отриманий методом реакційного відцентрового просочування, з вмістом армуючої фази SiC до 63 об.%. При цьому, високий рівень зв'язку на границях розділу наповнювач - матриця, забезпечив підвищену міцність на згин до 519 МПа.

Приклад

Запропонований ДАКМ було отримано методом примусового просочення на основі АЛ25 (АК12М2МгН), з наповнювачами 60 об.% SiC (фракційний розмір 160мкм) та 2 об.% графіту (фракційний розмір 2мкм). Для порівняння результатів випробувань в однакових умовах, було виготовлено методом механічного замішування ДАКМ наступного складу - основа АЛ25(АК12М2МгН), наповнювачі: 3 об.% графіту (розмір фракції 100-160мкм), SiC (фракційний розмір 20мкм). Оцінка трибохарактеристик сплаву виконувалася на ма-

шині тертя МТ-68, конструкція якої дозволяє одночасно фіксувати основні трибопоказники пари тертя - силу та зношенні пари тертя. За цими показниками розраховували коефіцієнт тертя (f), та інтенсивність зношення (I). Дослідження виконували при фіксованій швидкості ковзання контртіла (2м/с) без змащення. Конфтіло сталь 65Г, час випробування (τ) 4 год. Результати (див. таблицю), чітко фіксують значне зменшення інтенсивності зношування, порівняно як з базовим сплавом, так і з порівняльним зразком відомого складу.

Таблиця

Результати дослідження інтенсивності та коефіцієнта зношування

№	Матеріал зразка	P =0,6МПа		P =0,9МПа		P=1,2МПа	
		I, мг/км ² ·см ²	f	I, мг/км ² ·см ²	f	I, мг/км ² ·см ²	f
1	АЛ25	7,23	0,68	9,6	0,58	17,6	0,46
2	АЛ25 + 5% SiC(20мкм) + 3% C(100-160мкм)	1,24	0,16	3,52	0,16	7,27	0,15
3	АЛ25 + 3% C(2мкм)	4,73	0,16	5,81	0,14	9,32	0,13
4	АЛ25 + 60% SiC(160мкм) + 2% C(2мкм)	0,037	0,19	0,046	0,19	0,078	0,18