



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75497 (13) C2
(51) МПК (2006)
B22D 19/02
B22D 19/06
B22D 19/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЛИТА ДЕТАЛЬ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ І СПОСІБ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

1

(21) 20040705317
(22) 30.09.2002
(24) 17.04.2006
(86) PCT/BE02/00150, 30.09.2002
(31) 01870267.0
(32) 04.12.2001
(33) EP
(46) 17.04.2006, Бюл. № 4, 2006 р.
(72) Понсін Клод, BE, Вешера Франческо, BE
(73) МАГОТТО ІНТЕРНАСІОНАЛЬ С.А., BE
(56) SU 1696095 A1, 07.12.1991
SU 1537364 A1, 23.01.1990
SU 859006 A1, 30.08.1981
SU 1831413 A3, 30.07.1993
RU 2020177 C1, 30.09.1994
RU 2171307 C1, 27.07.2001
DE 1949777 A, 01.10.1970
US 6033791 A, 07.03.2000
WO9815373 A1, 16.04.1998
DE 2335588 A, 06.03.1975
(57) 1. Лита деталь з підвищеною зносостійкістю, структурно посилена за допомогою посилюючого компонента яка **відрізняється** тим, що посилюючий компонент являє собою щонайменше одну сполуку вибрану з групи карбідів металів, нітридів металів, боридів металів, оксидів металів і інтерметалевих сполук, що знаходиться у вигляді просоченого металом конгломерату, утвореного в результаті реакції in situ відповідних вихідних реагентів в передбачених для посилення областях деталі за рахунок тепла розплавленого металу.
2. Лита деталь за п.1, яка **відрізняється** тим, що просочений конгломерат має твердість по Віккерсу від 1300 до 3000 Hv.
3. Спосіб виготовлення деталей, що працюють на знос, що включає розміщення у формі (1) для відливання деталей посилюючих вставок (3) заданої форми, виготовлених з ущільнених порошків або нанесення на поверхню форми пасти (4) з відпові-

2

дних порошків, та заповнення форми розплавленим металом, який **відрізняється** тим, що як порошки використовують вихідні матеріали, які є реагентами, здатними утворювати за допомогою реакції in situ під дією тепла розплавленого металу придатний для просочення розплавом пористий конгломерат з щонайменше одного компонента, вибраного з групи карбідів металів, нітридів металів, боридів металів, оксидів металів і інтерметалідів.

4. Спосіб за п.3, який **відрізняється** тим, що вихідні матеріали вибирають з урахуванням отримання максимально пористого конгломерату, придатного до просочення металом.

5. Спосіб за будь-яким з пп.3-4, який **відрізняється** тим, що реакцію між вихідними матеріалами здійснюють при атмосферному тиску без необхідності ущільнення кінцевого продукту після завершення реакції.

6. Спосіб за будь-яким з пп.3-5, який **відрізняється** тим, що реакцію між вихідними матеріалами здійснюють без створення спеціальної захисної атмосфери.

7. Спосіб за будь-яким з пп.3-6, який **відрізняється** тим, що вказані вихідні матеріали належать до групи феросплавів, переважно Fe-Ti, Fe-Cr, Fe-Nb, Fe-W, Fe-Mo, Fe-B, Fe-Si, Fe-Zr або Fe-V.

8. Спосіб за будь-яким з пп.3 - 6, який **відрізняється** тим, що вказані вихідні матеріали належать до групи оксидів, переважно TiO₂, FeO, Fe₂O₃, SiO₂, ZrO₂, CrO₃, Cr₂O₃, B₂O₃, MoO₃, V₂O₅, CuO, MgO і NiO.

9. Спосіб за будь-яким з пп.3-6, який **відрізняється** тим, що вказані вихідні матеріали належать до групи металів або їх сплавів, що включає переважно залізо, нікель, титан або алюміній.

10. Спосіб за будь-яким з пп.3-6, який **відрізняється** тим, що вказані вихідні матеріали включають вуглець, бор або сполуки нітридів.

Даний винахід відноситься до виробництва литих деталей з підвищеною зносостійкістю за допомогою поліпшення опору стиранню при одно-

часному збереженні прийнятної ударної міцності в посиленних зонах.

Установки для видобування і дроблення мінералів, особливо для розмелювання і подрібнення

(13) C2

(11) 75497

(19) UA

матеріалів, мають ряд обмежень по продуктивності і вартості.

Як приклад можна навести подрібнення гірських порід, цементу і мінералів, де використовують деталі, що швидко зношуються, наприклад, виштовхувачі і ковадла подрібнюючих машин з вертикальними валами, молотки і дробарки подрібнюючих машин з горизонтальними валами, конуси дробарок, столи і ролики вертикальних дробарок, армоване покриття і підйомники кульових або стрижневих млинів. Стосовно установок для видобутку корисних копалин можна назвати, серед інших елементів, насоси для бітумного піску або бурові машини, насоси для шахт і зуби землечерпалки.

Постачальники запасних частин цих машин, які швидко зношуються, стикаються з попитом, що росте, на деталі, що швидко зношуються, які одночасно задовольняють вимогам ударної міцності і зносостійкості. Традиційні матеріали, в загальному випадку, задовольняють або одній або іншій з цих вимог, але дуже рідко вони одночасно мають ударну міцність і зносостійкість. Дійсно, пластичні матеріали мають підвищену ударну міцність, але мають дуже низькі показники зносостійкості. З другого боку, тверді зносостійкі матеріали мають дуже низьку стійкість до сильних ударів.

Історично перші спроби рішення цієї проблеми лежали в рамках виключно металургійного підходу, в якому пропонувалися сталі, леговані магнієм, які мають дуже високу ударну міцність і при цьому досягається середній рівень твердості, порядку 650-700Hv (по Віккерсу).

Були також запропоновані альтернативні рішення, наприклад, легування хромом. Вони дозволяють досягти після відповідної термообробки рівня твердості порядку 700-850Hv. Ці значення досягаються для сплавів, що містять до 35% карбиду.

В даний час біметалеві литі деталі також використовують, але при цьому вони мають обмеження в тому, що такі литі деталі можуть бути тільки простої форми, що надзвичайно зменшує можливості їх промислового застосування.

Частини, що швидко зношуються, в загальному випадку розглядають як витратні матеріали, що має на увазі, разом з чисто технічними обмеженнями, наявність також фінансових обмежень, що визначають граничний рівень вартості для рішень в середньому \$ 4 за 1кг. В загальному випадку встановлено, що цей ціновий рівень в два рази вище, ніж у традиційних частин, що швидко зношуються, є порогом фінансової прийнятності для покупців.

Можливість отримання частин, що швидко зношуються, які мають високу зносостійкість і ударну міцність, була предметом різних досліджень.

В зв'язку з цим очевидним було звернення до композитних матеріалів на основі кераміки, і в цій області заявник вже розкрив [в документі WO 99/47264] опис сплаву на основі заліза і кераміки, що має дуже високу зносостійкість і ударну міцність.

[В документі WO 98/15373] заявник пропонує перед заливкою металу у форму встановлювати у форму для відливання пластину з пористого кера-

мічного матеріалу, яка просочується металом при литві. Можливості по використуванню цього винаходу, проте, обмежені деталями з великим перетинним перетином і сплавами з високою текучістю при заливці у форму. Крім того, розташування цих керамічних пластин більшою мірою обумовлено вимогами просочення металом при литві, ніж дійсними експлуатаційними вимогами даної деталі.

Мержанов розкриває [в документі WO/9007013] вогнетривкий пористий матеріал, отриманий холодним стисненням вихідного матеріалу - екзотермічної суміші порошків в умовах вакууму, з подальшим спалюванням суміші. Тут ми маємо справу з ланцюговою реакцією. За допомогою цього способу автор одержує надзвичайно тверді матеріали, але без якої-небудь стійкості до удару. Це, головним чином, обумовлено високою пористістю продуктів.

Крім того, [в документі WO/9011154] той же винахідник пропонує схожий спосіб, в якому суміш порошків, після проведення реакції, піддають стисненню під тиском в 1000бар. В результаті реалізації цього винаходу одержують шари, що мають надзвичайно високу зносостійкість, але недостатню ударну міцність. Метою винаходу, перш за все, є отримання поверхонь для абразивних інструментів, які мають надзвичайний попит в цьому значенні.

В загальному випадку, використання дуже чистих порошків, наприклад, порошків титана, бору, вольфраму, алюмінію, нікелю, молібдену, кремнію, вуглецю і т.п. дає в результаті надзвичайно пористі вироби після реакції, з коефіцієнтом пористості близько 50%. Таким чином, ці вироби вимагають стиснення після реакції, пов'язаної з ущільненням і, таким чином, збільшення густини, що є обов'язковим для промислового застосування.

Складність впровадження цього способу, управління реакціями і вартість вихідних матеріалів істотно обмежують можливість впровадження цієї технології в промисловості.

[В німецькій заявці на патент 1949777] Леман розкриває спосіб виробництва литих деталей, що мають дуже високу зносостійкість. Згідно з цим способом порошки карбідів змішують з горючими зв'язуючими і/або з металевими порошками з низькою температурою плавлення. Під час литва зв'язуюча речовина поступає своїм місцем ливарному металу, який оточує твердосплавні частинки. В цьому способі немає хімічної ланцюгової реакції, і всі частинки з високою зносостійкістю присутні у формі для відливання із самого початку.

Декілька документів описують такий спосіб для оточення твердих частинок, і, особливо, [US-P-5,052,464 і US-P-6,033,791] - Сміт, в яких запропоновані рішення, засновані на додаванні твердих частинок перед заливкою металу, при цьому метал протікає через пори між керамічними частинками.

У винаході усунені недоліки відомих рішень шляхом отримання працюючих на знос деталей з оригінальною структурою, при цьому використовують простий і оригінальний спосіб, який одночасно є недорогим.

В даному винаході ставиться задача створен-

ня деталей, що працюють на знос, стійких як до стирання (зносостійких), так і до удару, за прийнятною ціною, а також спосіб їх виготовлення. Особливо ставиться задача усунення недоліків, пов'язаних з відомими рішеннями.

Даний винахід відноситься до литої деталі, що працює на знос, структурно посиленої за допомогою, щонайменше, одного карбіду металу, і/або нитрида металу, і/або оксиду металу, і/або бориду металу, а також інтерметалевих сполук, далі - компоненти, яка відрізняється тим, що висхідні матеріали, що діють як реагенти для вказаних компонентів, перед литвом поміщають у форму для відливання у вигляді вставок заздалегідь заданої форми з ущільнених порошків, або у вигляді пастоподібного шару, причому реакції у вказаних порошках запускають безпосередньо *in situ* за допомогою заливки металу, з утворенням пористого конгломерату, який просочується вказаним металом, утворюючи, таким чином, посилену структуру, з тим, щоб досягти включення вказаного конгломерату в структуру металу, що використовується для відливання деталі, і, таким чином, отримати структурно посилену литу деталь, що працює на знос.

Один з ключових аспектів даного винаходу показує, що пористий конгломерат, утворений *in situ* і потім просочений розплавленим металом, має твердість по Вікерсу понад 1000Hv20, отримана таким чином деталь, яка працює на знос, має ударну міцність вище, ніж у чисто керамічного матеріалу, рівну, щонайменше, $10\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Згідно з однією з відмітних особливостей винаходу, реакція *in situ* між висхідними матеріалами, тобто реагентами вказаних компонентів, являє собою ланцюгову реакцію, яка починається в результаті нагріву від розпавленого металу, в результаті утворюючи дуже пористий конгломерат, здатний до просочення рідким металом без істотної зміни посилюючої структури.

Згідно з одним особливо переважним варіантом виконання винаходу, реакція між висхідними матеріалами протікає при атмосферному тиску, без створення якої-небудь особливої атмосфери захисних газів і без необхідності ущільнення кінцевого продукту після завершення реакції.

Вихідні матеріали, призначені для виготовлення компоненту, належать до групи феросплавів, переважно FerroTi, FerroCr, FerroNb, FerroW, FerroMo, FerroB, FerroSi, FerroZr, або FerroV, або належать до групи оксидів, переважно TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , CrO_3 , Cr_2O_3 , B_2O_3 , MoO_3 , V_2O_5 , CuO , MgO і NiO або навіть до групи металів або їх сплавів, переважно залізо, нікель, титан або алюміній, а також сполук з вуглецем, бором або сполук нитридів.

На Фіг.1 показана паста 4, нанесена в області, де лита деталь 2 у формі 1 для відливання повинна бути посилена.

На Фіг.2 показані посилюючі вставки 3 в деталі, що відливається, 2 у формі 1 для відливання.

На Фіг.3, 4 і 5 показані відбитки, отримані в процесі вимірювання твердості, для відливань з хромом (Фіг.3), з чистою керамікою (Фіг.4) і для сплаву (Фіг.5), посиленого керамікою, згідно з даним винаходом.

На Фіг.6 показані частинки TiC в сплаві заліза, отримані в результаті реакції *in situ* FeTi з вуглецем для отримання TiC в матриці на основі заліза. Розмір частинок TiC складає порядку декількох мікронів.

В даному винаході запропоновані литі деталі, поверхні яких, що зношуються, посилені шляхом розміщення у форму для відливання перед заливкою металу матеріалів, що містять порошки, здатні вступати в реакцію *in situ* і виключно під впливом тепла від металу, що заливається.

З цією метою використовують реагенти у формі ущільнених порошків, які розміщують в ливарній формі у вигляді пластин або вставок 3 необхідної форми, або в альтернативному варіанті у вигляді покриття 4, покриваючого форму 1 для відливання в зонах, де лита деталь 2 повинна бути посилена.

Матеріали, які можуть реагувати *in situ*, утворюють тверді сполуки карбідів, боридів, оксидів, нитридів або інтерметалеві сполуки. Після отримання вказаних твердих сполук їх змішують з будь-якими можливими карбідами, вже присутніми в ливарному сплаві, для того, щоб додатково збільшити пропорції твердих частинок з твердістю $\text{Hv} > 1300$, які забезпечують стійкість до зносу. При температурі приблизно 15000°C вони просочуються розплавленим металом, внаслідок чого зносостійкі частинки виявляються включеними в структуру металу, що використовується для отримання литої деталі (Фіг.6).

Крім того, на відміну від відомих способів, тут немає необхідності використання чистих металевих порошків для отримання необхідних реакцій *in situ*. Запропонований спосіб переважно дозволяє використовувати недорогі феросплави або оксиди, для того, щоб отримати надзвичайно тверді частинки, вбудовані в матрицю, утворену ливарним металом, де потрібне підвищення зносостійкості.

У винаході не вимагається подальшого стиснення в зонах з посиленою структурою, більш того, пористість цих зон дає ту перевагу, що порожнини можуть бути просочені розплавленим металом при високій температурі.

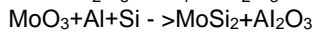
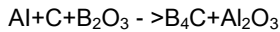
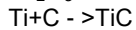
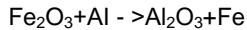
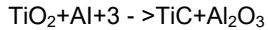
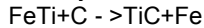
При цьому немає необхідності в створенні спеціальної захисної атмосфери і реакція протікає при атмосферному тиску, причому необхідна кількість теплоти поступає від металу, що заливається, що, очевидно, позитивно позначається на вартості способу. Таким чином, одержують структуру з винятковими властивостями з погляду одночасної ударної міцності і зносостійкості.

Значення твердості частинок, таким чином прониклих в посилені поверхні, знаходяться в діапазоні 1300-3000Hv. Після просочення розплавленим металом отримане з'єднання має твердість вище, ніж 1000 Hv20 при збереженні ударної міцності вище, ніж $10\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$. Ударну міцність вимірюють вдавленням, тобто утворюють поглиблення за допомогою алмазного інструменту пірамідальної форми під певним навантаженням.

В результаті дії навантаження матеріал згинається, і можуть утворюватися тріщини в кутках виїмки. Вимірювання довжини тріщин дозволяє розрахувати ударну міцність (Фіг.3, 4 і 5).

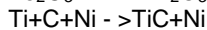
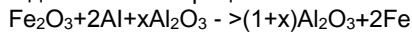
Вихідні матеріали, призначені для отримання компоненту, належать до групи феросплавів, переважно, FerroTi, FerroCr, FerroNb, FerroW, FerroMo, FerroB, FerroSi, FerroZn, або FerroV, або вони належать до групи оксидів, переважно TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , CrO_3 , Cr_2O_3 , B_2O_3 , MoO_3 , V_2O_5 , CuO , MgO і NiO або до групи металів або їх сплавів, переважно залізо, нікель, титан або алюміній, а також вуглець, бор або сполук нітридів.

Як приклад, реакція, що використовується в даному винаході, в загальному випадку, може бути такого типу як:



Ці реакції можуть бути також скомбіновані.

Швидкістю реакції можна також управляти шляхом додавання різних металів, сплавів або частинок, які не беруть участь в реакції. Ці добавки можуть бути, крім того, переважно використані для підвищення ударної міцності або інших властивостей композита, утвореного *in situ* відповідно до вимог. Це показано на прикладі наступних реакцій, приведених як ілюстрація:



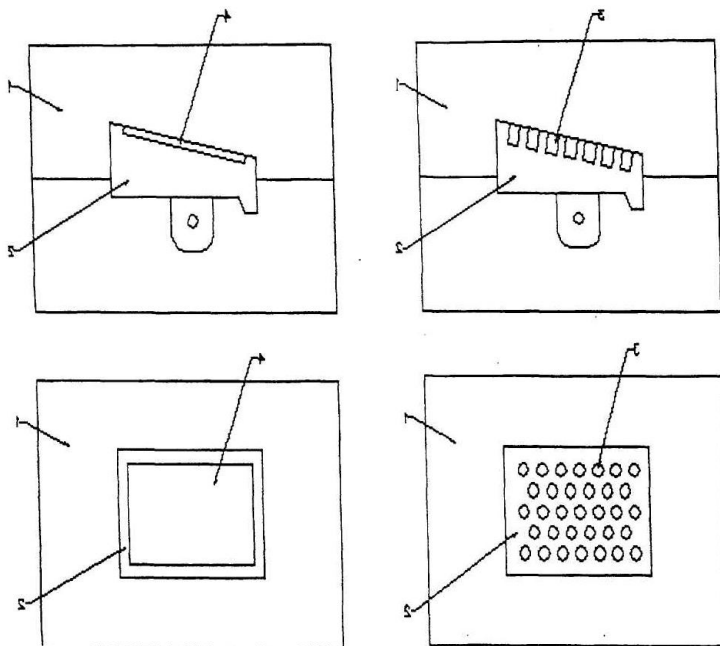
В першому переважному варіанті виконання винаходу ущільнення вибраних порошків для реакції виконують простим холодним пресуванням. Це відбувається в спеціальній формі, що має бажану форму вставки 3, можливо, у присутності зв'язую-

чого агента, для посилення литої деталі 2. Цю вставку або заздалегідь задану форму потім поміщають в потрібному місці у форму 1 для відливання.

Для порошків розподіл розмірів частинок вибирають з D50 від 1 до 1000 мікрон, переважно, менше 100мкм. Практичний досвід показав, що цей розмір частинок є ідеальним компромісом для роботи з вихідними матеріалами, можливістю просочення металом пористого продукту і можливістю управління реакцією.

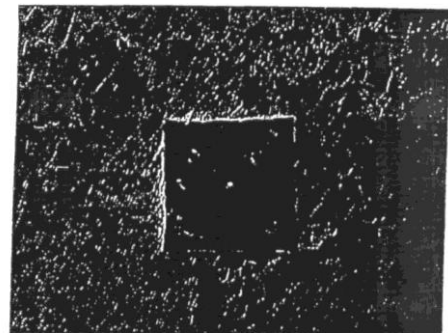
Під час заливки металу у форму подача гарячого металу викликає запуск реакції в наперед заданій формі або у вставці, яка трансформується в конгломерат з пористою структурою з твердих частинок. Цей конгломерат, що має все ще високу температуру, сам просочується металом і стає частиною литої деталі, формуючи цю деталь. Цю операцію виконують при температурі від 1400 до 1700°C, залежно від температури литва для сплаву, вибраного для даної деталі.

В другому переважному варіанті реалізації винаходу використовують барбітон (пасту) 4, що містить різні реагенти для покриття певних областей форми 1 для відливання або її середніх частин. Можливе нанесення одного або більшої кількості шарів, залежно від бажаної товщини. Ці різні шари потім просушують перед заливкою металу у форму 1. Подача розплавленого металу також запускає реакцію з утворенням в результаті пористого шару, що просочується металом негайно після завершення реакції з утворенням структури з підвищеною зносостійкістю і ударною міцністю.



І ліФ

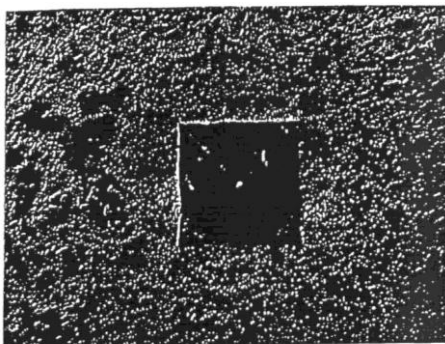
Σ ліФ



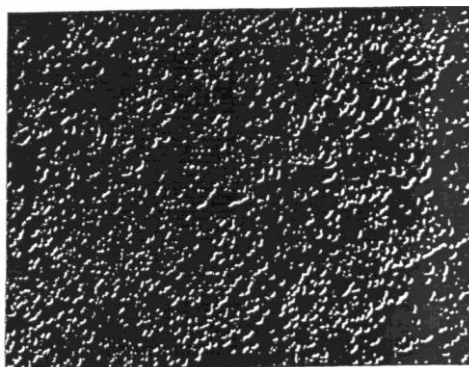
Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6