



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120710** (13) **C2**
(51) МПК (2020.01)

C22C 38/00

C22C 19/03 (2006.01)

C22C 32/00

C22C 1/04 (2006.01)

B22F 3/15 (2006.01)

C22C 33/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2017 07445	(72) Винахідник(и):	Тидестен Магнус (SE)
(22) Дата подання заявки:	15.12.2015	(73) Власник(и):	УДДЕХОЛЬМС АБ, 683 85 Hagfors, Sweden (SE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	27.01.2020	(74) Представник:	Опанасенко Ольга Сергіївна, реєстр. №471
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	14198569.7, 1550965-6	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 102213 C2, 10.06.2013 JP H07179997 A, 18.07.1995 JP 2002020891 A, 23.01.2002 US 4372553 A, 07.12.1982 US 4961781 A, 09.10.1990 GB 2187757 A, 16.09.1987 JP H02200748 A, 09.08.1990
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	17.12.2014, 03.07.2015		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	EP, SE		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.09.2017, Бюл.№ 18		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	27.01.2020, Бюл.№ 2		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/SE2015/051352, 15.12.2015		

(54) ЗНОСОСТІЙКИЙ СПЛАВ

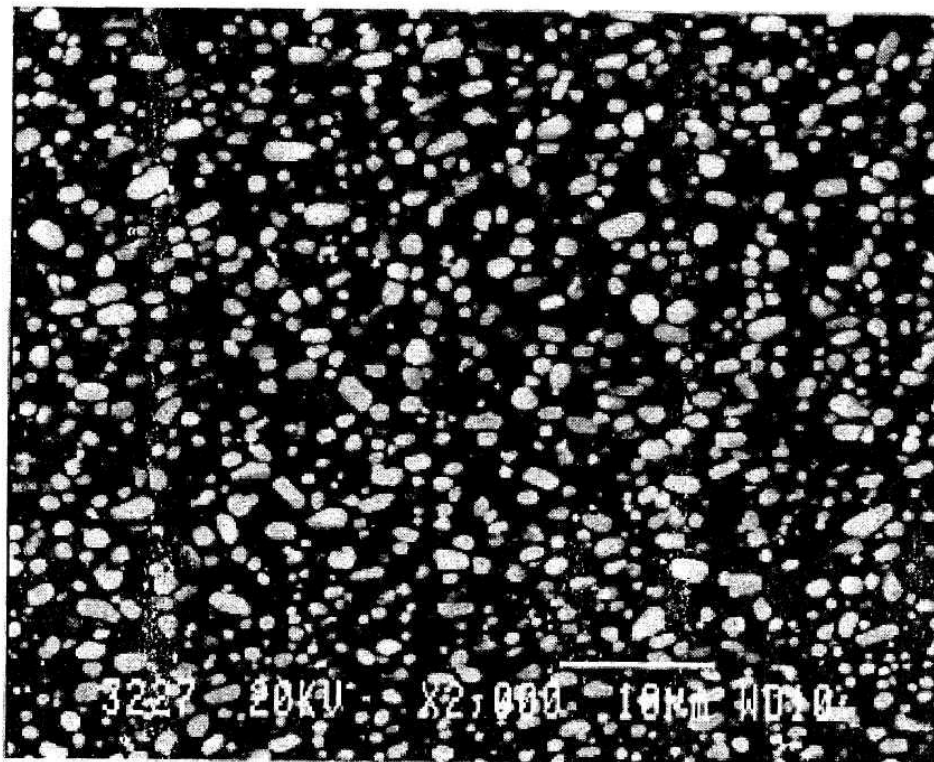
(57) Реферат:

Даний винахід стосується сплаву, який отриманий методом порошкової металургії і має неаморфну матрицю, який складається з (мас. %):

C	≤2,5
Si	≤2,5
Mn	≤15
Cr	≤25
Mo	≤35
B	0,2-2,8

необов'язкові елементи, решта Fe крім домішок, причому сплав містить 3-35 об. % частинок твердої фази, при цьому частинки твердої фази містять щонайменше один з боридів, нітридів, карбідів і/або їх поєднань, щонайменше 90 % частинок твердої фази мають розмір менше ніж 5 мкм і щонайменше 50 % частинок твердої фази мають розмір в діапазоні 0,3-3 мкм.

UA 120710 C2



Мікроструктура сплаву за винаходом. Біла фаза Mo_2FeB_2 .
Довжина шкали дорівнює 10 мкм

Fig.

ГАЛУЗЬ ТЕХНІКИ

Даний винахід стосується зносостійкого сплаву на основі заліза (Fe) і/або нікелю (Ni). Сплав легований бором для того, щоб утворювалися частинки твердої фази.

ПЕРЕДУМОВИ ВІНАХОДУ

Отримуваний методом порошкової металургії (ПМ) легований азотом і ванадієм інструментальні сталі викликають значний інтерес через їх унікальне поєднання високої твердості, високий опір зношуванню і чудову стійкість до наволакування. Ці сталі мають широкий спектр застосувань, при яких переважаючими механізмами відмови є адгезивне зношування або наволакування. Типові галузі застосування включають штампування і формування, чистове штампування, холодну екструзію, глибоку витяжку і порошкове пресування. Основну композицію сталі розпилюють, піддають азотуванню, а після цього порошок засипають в капсулу і піддають гарячому ізостатичному пресуванню (ГІП) для того, щоб виробити ізотропну сталь. Отримана таким чином високопродуктивна сталь описується в WO 00/79015 A1.

Хоча відома сталь має дуже привабливий профіль властивостей, прикладаються безперервні зусилля по удосконаленню інструментального матеріалу для того, щоб додатково поліпшити якість поверхні вироблених виробів, а також продовжити термін служби інструмента, особливо у важких умовах роботи, що вимагають одночасно хорошої стійкості до наволакування і до абразивного зношування. У багатьох застосуваннях бажано, щоб матеріал був також стійким до корозії.

РОЗКРИТТЯ ВІНАХОДУ

Задача даного винаходу полягає в тому, щоб запропонувати отриманий методом порошкової металургії (ПМ) сплав, що має поліпшений профіль властивостей для перспективних додатків формування.

Інша задача даного винаходу полягає в тому, щоб запропонувати отриманий методом порошкової металургії (ПМ) сплав, який має склад і мікроструктуру, що приводить до поліпшення якості поверхні виробів, які виробляються при використанні цього сплаву в інструментах і ливарних формах.

Рішення вищезгаданих задач, а також додаткові переваги досягаються значною мірою шляхом забезпечення сплаву, що має склад і мікроструктуру, викладені в формулі винаходу.

Винахід охарактеризований в формулі винаходу.

ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС ВІНАХОДУ

Даний винахід стосується сплаву, який містить тверду фазу, що складається головним чином з множинних боридів, які містять Fe і/або Ni, в матриці на основі Fe і/або Ni. Переважно, матриця є зміцнюваною. Подвійний борид стосується типу $M_2M'B_2$, де M і M' позначають метали цього множинного бориду. Згадані елементи, які утворюють борид звичайно вибираються з Cr, Mo, W, Ti, V, Nb, Ta, Hf і Co. У цьому випадку M являє собою Mo, а M' являє собою Fe і/або Ni. Однак борид може містити істотні кількості одного або більше інших елементів, які утворюють борид. Однак в подальшому подвійний борид буде згадуватися як Mo_2FeB_2 для сплавів на основі Fe, хоча борид може також містити Ni і один або більше з вищезазначених елементів, які утворюють борид. Аналогічним чином, в сплавах на основі Ni подвійний борид буде згадуватися як Mo_2NiB_2 . Розмір частинок твердої фази може бути визначений шляхом аналізу мікроскопічного зображення. Отриманий таким чином розмір являє собою діаметр, відповідний діаметру окружності з тією ж самою проектованою площею, що і у частинки, тобто діаметр еквівалентної окружності (ECD).

Значення окремих елементів і їх взаємодії один з одним, а також обмеження хімічних інгредієнтів запропонованого сплаву стисло пояснюються в нижченаведеному описі. Всі проценти в хімічному складі стали наведені в масових процентах (мас. %) у всьому описі. Верхні і нижні межі для окремих елементів можуть вільно комбінуватися в межах, вказаних в пункті 1 формули винаходу.

Вуглець ($\leq 2,5$ %)

Вуглець не повинен обов'язково бути присутнім в сплавах на основі Ni. Однак в багатьох сплавах на основі Fe вуглець повинен бути присутнім. У різних типах нержавіючих сталей використовуються низькі вмісти вуглецю, такі як $\leq 0,15$ %, $\leq 0,05$ %, $\leq 0,03$ або навіть $\leq 0,01$ %. Нижня межа тому може бути встановлена такою, що дорівнює 0,005 %, 0,01 %, 0,02 % або 0,03 %. Вуглець може бути включений до складу в кількості 0,02-0,9 %, 0,05-0,5 %, 0,05-0,2 % або 0,05-0,25 %, зокрема для того, щоб утворювалися дрібнодисперсні виділення NbC в аустенітних (АФА) нержавіючих сталях, які утворюють оксид алюмінію. З іншого боку, мінімум вмісту вуглецю у багатьох інструментальних сталях може бути встановлений таким, що дорівнює 0,1 % або 0,2 %, 0,3 % або 0,35 %. Верхня межа для вуглецю становить 2,5 %. Вуглець є важливим для утворення карбідів, а також для зміцнення в інструментальних сталях.

Переважно, вміст вуглецю регулюється так, щоб отримати 0,4-0,6 % C, розчиненого в матриці при температурі аустенізації, що дозволяє отримати високоміцну матрицю після загартування. Температура аустенізації переважно становить 1080-1120 °C. У будь-якому випадку, кількість вуглецю повинна контролюватися такою, щоб кількість карбідів типу $M_{23}C_6$, M_7C_3 , M_6C , M_2C і MC в сталі була обмеженою. Тому верхня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 2,1 %, 1,5 %, 1,3 %, 1,0 %, 0,8 %, 0,6 %, 0,5 % або 0,45 %.

Хром (≤ 25 %)

Хром звичайно присутній в сплавах на основі Ni і Fe. Нижня межа становить 0 %. Однак в сплавах на основі Fe хром в багатьох додатках присутній у вмістах щонайменше 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, 3 % або 3,5 % для того, щоб забезпечити достатню прогартуваність. Переважно, Cr міститься у вищих концентраціях для того, щоб забезпечити хорошу прогартуваність у великих перерізах під час термічної обробки. Якщо вміст хрому буде дуже високим, це може привести до утворення небажаних карбідів, таких як M_7C_3 . Крім того, це може також збільшити схильність до наявності залишкового аустеніту в мікроструктурі. Для досягнення хорошої прогартуваності бажано мати щонайменше 2 % Cr, переважно 2,5 %, 3 %, 3,5 % або 4 %, розчиненого в матриці. Для нержавіючого застосування переважно, щоб сплав містив щонайменше 11 %, 12 % або 13 % Cr в матриці. Нижня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 3,1 %, 3,2 %, 3,4 %, 3,6 %, 3,8 %, 4,0 % або 4,2 %. Верхня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 7,0 %, 6,5 %, 6,0 %, 5,4 % або 4,6 %. З іншого боку, для нержавіючих застосувань використовуються вмісти хрому більше 10 %, переважно більше 12 %. Верхня межа для нержавіючих сплавів становить 25 % і може бути встановлена такою, що дорівнює 20 %, 19 %, 18 %, 17 %, 16 %, 15 %, 14 % або 13 %.

Молібден (4-35 %)

Молібден являє собою головний елемент, який утворює твердий борид. У даному винаході використовується велика кількість молібдену для того, щоб отримати бажане виділення бориду Mo_2FeB_2 в кількості 3-35 об. %. Молібден повинен бути присутнім в кількості щонайменше 4 %. Нижня межа може становити 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 11 %, 12 %, 13 %, 14 %, 15 %, 16 %, 17 %, 18 %, 19 % або 20 %. Верхня межа становить 35 % для того, щоб уникнути проблем з крихкістю. Верхня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 34 %, 33 %, 32 %, 31 %, 30 %, 29 %, 28 %, 27 %, 26 %, 25 %, 24 %, 23 % або 22 %. Переважні діапазони включають 8-32 %, 12-30 % і 15-25 %. Також відомо, що Mo впливає дуже сприятливим чином на прогартуваність і є істотним для досягнення хорошого повторного зміцнення. З цієї причини переважно, щоб кількість Mo, що залишається в матриці, після загартування від 1100 °C становила 1,5-2,5 %. Однак дуже багато молібдену, розчиненого в матриці після зміцнення, може привести до дуже високої кількості залишкового аустеніту і зменшеної твердості. З цієї причини бажано балансувати вміст Mo з кількістю твердих фаз бориду, які містять Mo, таким чином, щоб матриця не містила більше 4 % або 3,5 % розчиненого Mo, переважно не більше ніж 3,2 % Mo. Переважний діапазон розчиненого Mo може бути встановлений на 2,1-3,1 %. З цієї причини відношення Mo/V переважно може знаходитися в діапазоні 7-18, більш переважно 9-12. Інша причина балансування відношення Mo/V полягає в тому, щоб уникнути дуже великого надлишку молібдену, який може привести до утворення гексагональної фази M_2C , де M являє собою головним чином Mo і/або V. Кількість фази M_2C може бути обмежена величиною $\leq 1,5$ об. %, переважно ≤ 1 об. % або навіть $\leq 0,5$ об. %.

Бор (0,2-2,8 %)

Бор, який є головним елементом, який утворює тверду фазу, повинен міститися в кількості щонайменше 0,2 % з тим, щоб забезпечити мінімальну кількість твердої фази Mo_2FeB_2 в 3 %. Кількість B обмежена значенням 2,8 % для того, щоб не зробити сплав крихким. Нижня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 0,3 %, 0,4 %, 0,5 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,9 %, 1,0 %, 1,1 %, 1,2 %, 1,3 %, 1,4 %, 1,5 %, 1,6 %, 1,7 %, 1,8 %, 1,9 % або 2,0 %. Верхня межа може бути встановленою такою, що дорівнює 2,7 %, 2,6 %, 2,5 %, 2,4 %, 2,3 % або 2,2 %.

Вольфрам (≤ 22 %)

Вольфрам може бути присутнім в кількості аж до 22 %, тому що високі вмісти W часто використовуються в сплавах на основі Ni, швидкоріжучих сталях (HSS) і в інструментальних сталях T-типу. Вплив вольфраму подібно молібдену. Однак для того, щоб досягнути того ж самого ефекту, необхідно додавати вдвічі більше W, ніж Mo, в розрахунку на масовий %. Вольфрам є дорогим, а також він ускладнює обробку металолому. Отже, в сплавах на основі Fe його максимальна кількість може бути обмежена до 3 %, 2,5 %, 2 %, 1,9 %, 1,8 %, 1,7 %, 1,6 %, 1,5 %, 1 %, 0,5 % або 0,3 %.

Ванадій (≤ 15 %)

Ванадій утворює рівномірно розподілені первинні і вторинні виділення карбідів типу MC. У сталі за винаходом М являє собою головним чином ванадій, однак Cr і Mo також можуть бути присутніми в деякій мірі. Максимальне додавання V обмежується величиною 15 %, а переважна максимальна кількість становить 5 %. Однак в цьому випадку V додається головним чином для отримання бажаного складу сталевий матриці перед зміцненням. Тому його додавання може бути обмежене до 2,0 %, 1,5 %, 1,0 %, 0,9 %, 0,8 %, 0,7 %, 0,6 % або 0,5 %. Нижня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 0,05 %, 0,1 %, 0,12 %, 0,14 %, 0,16 %, 0,15 % або 0,2 %. Переважний діапазон становить 0,1-0,5 % V.

Ніобій (≤ 15 %)

Ніобій подібний ванадію в тому, що він утворює MC. Однак для того, щоб досягнути того ж самого ефекту, необхідно додавати вдвічі більше Nb, ніж V, в розрахунку на масовий %. Nb також приводить до більш кутастої форми MC. Отже, максимальне додавання Nb обмежується величиною 15 %, а переважна максимальна кількість становить 5 %. Верхня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 4 %, 3 %, 2 %, 1 %, 0,5 %, 0,3 %, 0,1 % або 0,05 %. Ніобій може включатися для того, щоб утворювати дрібнодисперсні виділення NbC в утворюючих оксид алюмінію аустенітних (AFA) нержавіючих сталях. У цьому випадку його переважний вміст становить 0,1-1,5 %.

Кремній ($\leq 2,5$ %)

Кремній може використовуватися для розкислення. Si також збільшує активність вуглецю і вигідний для оброблюваності. Для хорошого розкислення переважно доводити вміст Si до щонайменше 0,1 %. Отже, Si переважно присутній в кількості 0,1-2,5 %. Нижня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 0,15 %, 0,2 %, 0,25 %, 0,3 %, 0,35 % або 0,4 %. Однак Si є сильним феритоутворювачем і тому повинен бути обмежений величиною 2,5 %. Верхня його межа може бути встановлена такою, що дорівнює 1,5 %, 1 %, 0,8 %, 0,7 % або 0,6 %. Переважний діапазон становить 0,2-0,8 %. Si не є бажаним у великій кількості в деяких сплавах, таких як деякі типи легованих алюмінієм нержавіючих сталей. Тому його верхня межа також може бути встановлена такою, що дорівнює 0,6 %, 0,5 %, 0,4 %, 0,3 %, 0,2 %, 0,1 % або 0,05 %.

Марганець (≤ 15 %)

Mn є аустенітутворювачем і збільшує розчинність азоту в сплаві. Тому Mn може бути присутнім в кількості аж до 15 %. Марганець сприяє поліпшенню прогартуваності сталі, і разом з сіркою марганець сприяє поліпшенню оброблюваності, утворюючи сульфід марганцю. Тому марганець може бути присутнім в мінімальній кількості 0,1 %, переважно щонайменше 0,2 %. При вищих вмістах сірки марганець запобігає червоноламкості сталі. Верхня його межа може бути встановлена такою, що дорівнює 10 %, 5 %, 2,5 %, 1,5 %, 1,2 %, 1,0 %, 0,8 % або 0,6 %. Однак переважними діапазонами в сплавах на основі Fe є 0,2-0,8 % і 0,2-0,6 %.

Нікель

Нікель може використовуватися як залишок при отриманні виробів на основі нікелю, які мають Mo_2NiB_2 як переважаюча тверда фаза. Однак в сплавах на основі заліза Ni є необов'язковим і переважно може бути присутнім в кількості не більше ніж 25 %, 20 % або 15 %. Він надає сталі хорошу прогартуваність і в'язкість руйнування. Нікель може застосовуватися для утворення інтерметалевої фази разом з Al і тому використовується для дисперсійного тверднення в мартенситностаріючих сталях. У доповнення, Ni є обов'язковим в AFA-сплавах, і в цих випадках він часто присутній в кількостях в діапазоні 10-30 %. Оскільки він дорогий, вміст нікелю у багатьох сталях обмежений. Відповідно, верхня його межа в сплавах на основі Fe може бути встановлена такою, що дорівнює 5 %, 2 %, 1,0 % або 0,3 %.

Залізо

Залізо може використовуватися як залишок при отриманні виробів на основі заліза, що мають Mo_2FeB_2 як переважаюча тверда фаза. Однак в сплавах на основі нікелю Fe є необов'язковим і може бути присутнім в кількості не більше ніж 15 %. Його верхня межа може становити 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 % або 3 %.

Мідь ($\leq 5,0$ %)

Мідь є необов'язковим елементом, який може сприяти збільшенню твердості і корозійної стійкості сталі. Верхня її межа може становити 4 %, 3 %, 2 %, 1 %, 0,9 %, 0,7 %, 0,5 %, 0,3 % або 0,1 %. Однак витягнути мідь зі сталі після того, як вона додана, неможливо. Це значною мірою ускладнює переробку металолому. З цієї причини звичайно мідь не додається навмисно.

Кобальт (≤ 20 %)

Кобальт є необов'язковим елементом, який може бути присутнім в кількості не більше ніж 20 %. Кобальт розчиняється в залізі (фериті і аустеніті) і зміцнює його, в той же самий час надаючи йому високотемпературну міцність. Кобальт збільшує температуру Ms. Кобальт може замінювати головним чином Fe в бориді Mo_2FeB_2 . Кобальт часто використовується в швидко

різальних сталях. Однак Со є дорогим. Отже, його верхня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 % або 3 %. Переважний максимальний вміст становить 2 %. Однак переробка металолому буде важкою. З цієї причини кобальт не повинен додаватися навмисно.

5 Ti, Ta, Zr, Hf, Y і РЗМ

Ці елементи можуть утворювати бориди, нітриди, оксиди і/або карбіди, і можуть бути присутніми в сплаві в заявлених діапазонах для однієї або більше цілей, таких як зміна складу твердих фаз, поліпшення стійкості до окиснення. Аббревіатура РЗМ означає рідкоземельні метали і включає елементи з атомним номером 21 або 57-71. Однак для багатьох застосувань жоден з цих елементів навмисно не додається.

Фосфор

Р є домішковим елементом, а також елементом, який зміцнює твердий розчин. Однак Р схильний до сегрегації на межах зерна, зменшує когезію і тим самим в'язкість руйнування. Тому вміст Р звичайно обмежений до $\leq 0,05$ %.

15 Сірка ($\leq 0,5$ %)

Сірка сприяє поліпшенню оброблюваності сталі. При вищих вмістах сірки з'являється ризик утворення червоноламкості. Крім того, високий вміст сірки може впливати негативним чином на утомні властивості сталі. Тому сталь повинна містити її $\leq 0,5$ %, переважно $\leq 0,03$ %.

Азот ($\leq 0,5$ %)

20 Азот є необов'язковим компонентом. N може бути присутнім в твердому розчині, але може також бути знайдений в частинках твердої фази разом з В і С. Верхня його межа може становити 0,4 %, 0,3 %, 0,2 %, 0,15 %, 0,1 %, 0,05 % і 0,03 %.

Алюміній (≤ 7 %)

25 Алюміній є необов'язковим компонентом. Al може бути доданий для того, щоб розкислити сплав, для утворення інтерметалевих сполук або для забезпечення стійкості до окиснення. Зокрема, алюміній може використовуватися в феритних сплавах типу FeCrAl або FeCrAlY, а також в аустенітних (АФА) нержавіючих сталях, які утворюють оксид алюмінію. В останньому типі сплавів його мінімальний вміст може бути встановлений таким, що дорівнює 0,8 %, 1,0 %, 1,2 %, 1,4 %, 1,6 % або 2 %. Нижня межа для розкислення може бути встановлена такою, що дорівнює 0,005 %, 0,01 % або 0,03 %. Якщо Al використовується для формування захисного поверхневого шару оксиду алюмінію, то його нижня межа може бути встановлена такою, що дорівнює 1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 % або 3 %. Верхня його межа становить 7 %, але може бути встановлена такою, що дорівнює 6 %, 5 %, 4,5 %, 4 % або 3,5 %.

35 Сталь може використовуватися у вигляді порошку для адитивного виробництва (АВ), зокрема, з використанням промислових установок для лазерного плавлення або плавлення електронним променем. Таким чином вона може використовуватися для забезпечення зносостійкого покриття (наплавки) на підкладці. Порошок може також використовуватися для пилу'яного наплення або т. п.

40 Сплав, отриманий методом порошкової металургії, переважно шляхом газового розпилення і який має неаморфну матрицю, складається з в масових % (мас. %):

C	$\leq 2,5$
Si	$\leq 2,5$
Mn	≤ 15
Mo	4-35
B	0,2-2,8
Cr	≤ 25
Ni	≤ 25
V	≤ 15
Nb	≤ 15
Ti	≤ 5
Ta	≤ 5
Zr	≤ 5
Hf	≤ 5
Y	≤ 3
Co	≤ 20
Cu	≤ 5
W	≤ 22
S	$\leq 0,5$
N	$\leq 0,5$
Al	≤ 7

РЗМ

≤0,5

решта - Fe і, крім домішок, причому сплав містить 3-35 об. % частинок твердої фази щонайменше одного з боридів, нітридів, карбідів і/або їх поєднань, переважно, щонайменше 60 % частинок твердої фази складаються з Mo_2FeB_2 або Mo_2NiB_2 . Щонайменше 90 % частинок твердої фази мають розмір менше ніж 5 мкм і щонайменше 50 % частинок твердої фази мають розмір в діапазоні 0,3-3 мкм. Переважно, щоб відношення Mo/V знаходилося в діапазоні 7-18 і щоб матриця сплаву не містила більше ніж 4 % Mo. Склад сталі і термічна обробка можуть бути вибрані так, щоб надати сталі феритну, мартенситну, аустенітну або подвійну (дулексну) аустенітно-феритну матрицю. Кількість залишкового аустеніту в мартенситній матриці може бути обмежена величиною 15 об. %, 10 об. %, 5 об. % або 2 об. %.

ПРИКЛАД 1

Розплавили 10 кг сплаву, що має наведений нижче склад (в мас. %), в лабораторній печі і піддали розпиленню газоподібним аргоном (Ar).

C	0,3
Si	0,3
Mn	0,3
Mo	19
B	2,1
Fe	решта.

Порошок просіювали до розміру <500 мкм і засипали в сталеві капсули, які мають діаметр 63 мм і висоту 150 мм. Гаряче ізостатичне пресування (ГІП) виконували при температурі 1150 °C, тривалість витримки становила 2 години, а тиск - 110 МПа. Швидкість охолодження становила <1 °C/с. Отриманий таким чином матеріал кували при 1130 °C до розміру 20×30 мм. Пом'якшувальний відпал виконували при 900 °C зі швидкістю охолодження 10 °C/год. до 750 °C, а після цього вільне охолодження на повітрі. Зміцнення виконували шляхом аустенізації при 1100 °C протягом 30 хв. з подальшим загартуванням у воді і відпусканням. Результати випробувань твердості після відпускання наведені в Таблиці 1.

Кількість твердої фази виявилася такою, що дорівнює 24 об. %, а бориди виявилися такими, що мають невеликий розмір. Частка площі боридів в різних класах розміру показана в нижченаведеній Таблиці 2.

Таблиця 1

Твердість як функція температури відпускання після зміцнення від 1100 °C

Температура відпускання (°C)	Твердість HRC
200	60
300	56
400	54
500	53
525	53
550	54
600	49

Таблиця 2

Розподіл розміру боридів

Діапазон розміру (мкм)	Частка площі (%)
0-1	6,3
1-2	13,5
2-3	4,0
3-4	0,2

Мікроструктура показана на Фіг. 1. Висока частка площі і рівномірний розподіл боридів Mo_2FeB_2 приводять до матеріалу, що має чудові властивості стійкості до наволакування, що дозволило б обійтися без обробок поверхні, таких як PVD, CVD і TD.

ПРИКЛАД 2

Сплав, що має нижченаведений склад, отримували так, як описано в Прикладі 1.

C	0,32
---	------

Si	0,44
Mn	0,3
Mo	19
B	2
Cr	11
V	≤0,26
Fe	решта.

Кількість твердої фази Mo_2FeB_2 виявилася такою, що дорівнює 25,1 об. %, а бориди виявилися дрібнодисперсними і рівномірно розподіленими в матриці. Склад матриці після зміцнення обчислили за допомогою програмного забезпечення Termo-Calc, що використовує базу даних за сталями. Матриця виявилася такою, що містить 12,3 % Cr і 2,8 % Mo, що вказує на хорошу корозійну стійкість.

5

ПРИКЛАД 3

Сплав, що має нижченаведений склад, отримували так, як описано в Прикладі 1, але для розпилення використовували газоподібний азот.

C	0,083
Si	0,45
Mn	0,64
Mo	11,1
B	1,0
Cr	11,3
Nb	0,7
Ni	15,2
Al	2,0
Fe	решта.

Кількість твердої фази Mo_2FeB_2 виявилася такою, що дорівнює 12,6 об. %, а бориди виявилися дрібнодисперсними і рівномірно розподіленими в матриці. У доповнення до цього, кількість MC виявилася такою, що дорівнює 0,6 %, де M головним чином Nb. Розрахунковий склад матриці виявився таким, що містить 0,02 % C, 12,0 % Cr, 3 % Mo, 17,4 % Ni, 2,3 % Al і 0,2 % Nb. Сплав цього прикладу таким чином може бути класифікований як армована боридом, аустенітна (AFA) нержавіюча сталь, яка утворює оксид алюмінію.

10

15

ПРИКЛАД 4

Армована боридом нержавіюча сталь дисперсійного тверднення була отримана газовим розпиленням. Ця легована сталь мала наступний склад (в мас. %):

C	0,03
Si	0,3
Mn	0,3
Mo	11,0
B	1,1
Cr	11,4
Ni	7,5
Al	1,4
Fe	решта.

Кількість твердої фази Mo_2FeB_2 виявилася такою, що дорівнює 13,9 об. %, а бориди виявилися дрібнодисперсними і рівномірно розподіленими в матриці. Розрахунковий склад матриці виявився таким, що містить 0,035 % C, 12,05 % Cr, 2,2 % Mo, 8,6 % Ni і 1,6 % Al. Ця сталь являє собою мартенситностаріючу сталь, яка може бути зміцнена до бажаної твердості матриці в діапазоні 40-52 HRC шляхом старіння при температурах від 525 °C до 600 °C. Внаслідок високолегованої матриці ця сталь виявилася такою, що має виняткову корозійну стійкість, а означає, є дуже придатним матеріалом ливарної форми для відливання під тиском пластмаси і гуми, які містять корозійноактивні добавки.

20

25

ПРОМИСЛОВА ПРИДАТНІСТЬ

Сплав за даним винаходом корисний для широкого спектра застосувань. Зокрема, ця сталь є корисною в застосуваннях, які вимагають дуже високої стійкості до наволакування.

30

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Сплав на основі заліза, який отриманий методом порошкової металургії і має неаморфну матрицю, причому сплав складається з (мас. %):

C	≤2,5
---	------

Si	≤2,5	
Mn		≤15
Mo	4-35	
B	0,2-2,8	
Cr	≤25	
Ni	≤25	
V	≤15	
Nb	≤15	
Ti	≤5	
Ta	≤5	
Zr	≤5	
Hf	≤5	
Y	≤3	
Co	≤20	
Cu	≤5	
W	≤22	
S	≤0,5	
N	≤0,5	
Al	≤7	
PЗМ	≤0,5	

решта Fe, крім домішок,

причому сплав містить 3-35 об. % частинок твердої фази, частинки твердої фази містять щонайменше один з боридів, нітридів, карбідів і/або їх поєднань, щонайменше 90 % частинок твердої фази мають розмір менше ніж 5 мкм і щонайменше 50 % частинок твердої фази мають розмір в діапазоні 0,3-3 мкм.

5 2. Сплав за п. 1, який задовольняє щонайменше одній з наступних умов:

сплав містить 5-30 об. % частинок твердої фази, щонайменше 90 % частинок твердої фази мають розмір ≤3 мкм, щонайменше 80 % частинок твердої фази мають розмір в діапазоні 0,3-3 мкм, щонайменше 60 % частинок твердої фази складаються з Mo_2FeB_2 ,

10 сплав має густину ≥98 % теоретичної густини (TD), матриця сплаву не містить більше ніж 4 мас. % Mo, сплав не містить більше ніж 5 % залишкового аустеніту.

3. Сплав за п. 1 або 2, який задовольняє щонайменше одній з наступних умов:

C	0,02-1,5
Si	0,1-1,5
Mn	0,1-1,5
Mo	8-30
Ni	≤20
B	0,5-2,5
Cr	3-20
V	≤5
Nb	0,05-1,5
Ti	0,05-1,5
Ta	0,05-1
Zr	0,05-1
Hf	0,05-1
Y	0,05-1
Co	≤8
Cu	≤0,5
W	≤3
S	≤0,03
N	≤0,1
Al	0,01-4,5,

щонайменше 80 % частинок твердої фази складаються з Mo_2FeB_2 і/або матриця сплаву не містить більше ніж 3,8 мас. % Mo.

15 4. Сплав за будь-яким з попередніх пунктів, в якому вміст Ni становить ≤5 і який задовольняє щонайменше одній з наступних умов:

C	0,3-0,5
---	---------

Si	0,2-0,8
Mn	0,2-0,8
Mo	12-25
B	1,8-2,2
Cr	3,0-16
V	0,1-2,0
Al	1,5-3,5
Nb	0,3-1,5
Co	≤2,

щонайменше 90 % частинок твердої фази складаються з Mo_2FeB_2 , матриця сплаву не містить більше ніж 3,5 мас. % Mo, сплав не містить більше ніж 2 % залишкового аустеніту.

5. Сплав за п. 1 або 2, який задовольняє щонайменше одній з наступних умов:

C	0,02-0,15
Si	0,2-0,6
Mn	0,2-0,6
Mo	4-15
B	0,2-2,0
Cr	10-25
V	≤0,7
Nb	0,5-1,5
Ni	5-25
Al	1-4.

5 6. Сплав за п. 5, який має аустенітну матрицю і в якому щонайменше 60 % неметалічних частинок твердої фази складаються з Mo_2FeB_2 або Mo_2NiB_2 , причому поверхня сплаву містить шар Al_2O_3 .

7. Сплав за будь-яким з пп. 1-4, який задовольняє щонайменше одну з наступних умов:

C	0,35-0,45
Si	0,2-0,6
Mn	0,2-0,6
Cr	10,0-15,0
V	0,1-0,5
N	0,01-0,07.

10 8. Сплав за будь-яким з попередніх пунктів, який задовольняє щонайменше одну з наступних умов:

V	0,2-0,4
P	<0,05
S	<0,003
O	<0,005.

9. Сплав за будь-яким з пп. 1-4, в якому матриця є зміцненою і задовольняє наступному:

C	0,4-0,5
Si	0,3-0,5
Mn	0,3-0,5
Cr	4,0-5,0
V	0,3-0,4.

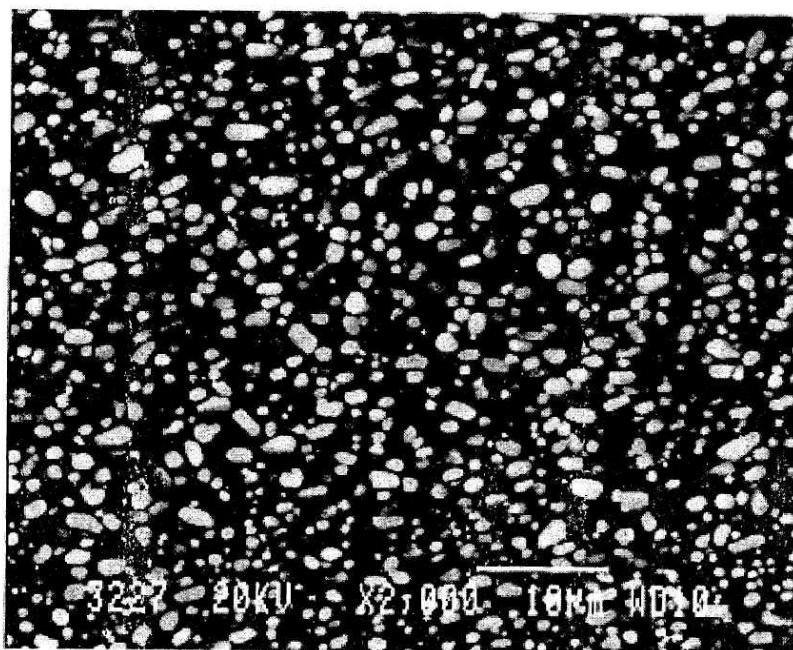
10. Сплав за будь-яким з попередніх пунктів, який містить 15-25 об. % частинок твердої фази, і в якому розмір частинок твердої фази становить ≤4 мкм.

15 11. Сплав за п. 1, який виконаний у вигляді попередньо легованого порошку, що отримується шляхом розпилення розплаву, що містить:

C	≤2,5
Si	0,1-2,5
Mn	0,1-2,5
Mo	4-35
B	0,2-2,8.

12. Сплав за будь-яким з пп. 1-9, який був підданий розпиленню і гарячому ізостатичному пресуванню, що приводить до того, що сплав є ізотропним.

13. Застосування сплаву за будь-яким з попередніх пунктів для виготовлення твердих об'єктів шляхом використання будь-якого з гарячого ізостатичного пресування, порошкового екструдювання і адитивного виробництва.



Мікроструктура сплаву за винаходом. Біла фаза Mo_2FeB_2 .
Довжина шкали дорівнює 10 мкм

Фіг.

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601