



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75593 (13) C2
(51) МПК (2006)
C22C 1/02
C22C 32/00
C22C 33/04 (2006.01)
C22C 37/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПЛАВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА, ЩО МІСТИТЬ ХРОМ-ВОЛЬФРАМОВИЙ КАРБІД, ТА СПОСІБ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА

1

(21) 2002118862
(22) 15.05.2001
(24) 15.05.2006
(86) PCT/SE01/01056, 15.05.2001
(31) 0001785-5
(32) 16.05.2000
(33) SE
(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.
(72) Андерссон Карл-Хакан, SE, Нільссон Андерс, SE, Стегл Ян-Ерік, SE
(73) ПРОЕНЖКО ТУЛІНГ' АБ, SE
(56) WO 9411541 A1, 26.05.1994
WO 9116466 A1, 31.10.1991.
(57) 1. Спосіб виробництва високостійкого до зносу сплаву, який полягає у розплавленні відомого базового чавунного сплаву, що має відомий склад та певний вміст заліза (A) та карбону (C), і який **відрізняється** тим, що:
до базового чавунного розплаву додають карбон у вигляді уламків карбіду вольфраму (E) для розчинення і таким чином збільшення вмісту карбону у розплаві базового сплаву, для чого вміст карбіду вольфраму точно розраховують відносно вмісту вольфраму та карбону;
для регулювання розчинності карбіду вольфраму у розплаві базового сплаву та для забезпечення матеріалу для утворення карбіду до зазначеного базового сплаву додають хром (D);
отриманий розплав сплаву відливають, утворюючи таким чином сплав з додатковою структурою вивільненого карбіду, яка містить хром та карбон, доданий у вигляді карбіду вольфраму (E), де вольфрам розчинений із заміщенням хрому у кристалічних ґратах зазначеної структури карбіду хрому.
2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що зазначений уламок додають до розплаву у вигляді відпрацьованого виробу із цементованого карбіду, що містить карбід вольфраму (E).
3. Спосіб за п.2, який **відрізняється** тим, що зазначеним уламком є відпрацьована вставка з цементованого карбіду для різального інструменту.
4. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що за-

2

значеним уламком є цементований карбід, який додають до розплаву у вигляді відходів або залишкового продукту отримання виробу з цементованого карбіду, де відходи або залишковий продукт містять карбід вольфраму (E).
5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зазначений уламок, який містить карбід вольфраму, має розмір <40 мкм з розміром зерна карбіду вольфраму (E) ≤10 мкм.
6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що нерозчинені зерна карбіду вольфраму (E) після затвердіння розплаву мають розмір ≤10 мкм.
7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що карбід вольфраму (E) перед розчиненням у розплаві поєднують з металевим матеріалом, що дозволяє плавлення на нижчій точці плавлення порівняно з базовим металом.
8. Спосіб за п.7, який **відрізняється** тим, що зазначеним металевим матеріалом, з яким поєднують карбід вольфраму (E), є кобальт.
9. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що зазначений хром (D) надає кінцевим сплавам підвищеної корозійності.
10. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що хром (D) у розплавленому стані знижує точку плавлення і поверхневий натяг розплаву.
11. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зазначений базовий метал містить стабілізуючі та додаткові легуючі компоненти Si та Mn.
12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що зазначеним базовим сплавом є білий чавун.
13. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що карбід вольфраму (E) в обсязі, який у кінцевому матеріалі складає масову частку >5%, додають до розплаву і розчиняють у ньому в плавильній печі.
14. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що карбід вольфраму (E) в обсязі, який у кінцевому матеріалі складає масову частку <15%, додають до розплавленого сплаву

(13) C2
(11) 75593
(19) UA

саме перед відливанням у процесі супермодифікації.

15. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що масова частка вольфраму у кінцевому матеріалі складає 5-40%.

16. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що до розплаву додають додатковий легуючий компонент (F) для полегшення розчинення карбиду вольфраму (E) у розплаві.

17. Спосіб за п.16, який **відрізняється** тим, що зазначений додатковий легуючий компонент сплаву (F) зменшує спорідненість з карбоном.

18. Спосіб за п.17, який **відрізняється** тим, що зазначений додатковий легуючий компонент (F) легко розчиняється у розплавленому сплаві та не впливає на кінцеві властивості кінцевого матеріалу щодо його застосування.

19. Спосіб за п.17, який **відрізняється** тим, що зазначений додатковий легуючий компонент (F) сприяє кращому затвердінню кінцевого матеріалу через метастабільні стани після відливання.

20. Спосіб за пп.16-19, який **відрізняється** тим, що зазначений додатковий легуючий компонент (F) містить кобальт або нікель.

21. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що кінцевий матеріал розливають у металеві форми або зверху на основний матеріал для виробництва шаруватих матеріалів.

22. Спосіб за п.21, який **відрізняється** тим, що під час заливання зверху для досягнення ефекту затвердіння розчину додають захисний або активний газ.

23. Спосіб за п.21, який **відрізняється** тим, що перед заливанням зверху основний матеріал піддають індукційному нагріванню, а кінцевий матеріал заливають у оболонкову форму.

24. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що виріб з кінцевого матеріалу використовують у процесі відновлення матеріалів з брухту, додаючи його до розплаву базового сплаву і розчиняючи у ньому.

25. Зносостійкий сплав на основі чавуну, одержаний згідно із способом за п.1, який **відрізняється** тим, що містить, у масових частках,

1-5% карбону,
2-40% вольфраму і

10-40% хрому,

решта - залізо та інші легуючі компоненти.

26. Сплав за п.25, який **відрізняється** тим, що зазначені інші легуючі компоненти складають, у масових частках,

0,5-2% силіцію,

0,3-10% мангану,

0-7% нікелю,

0-2,5% титану,

0-5% молібдену та

0,1-15% кобальту.

27. Сплав за п.25, який **відрізняється** тим, що містить, у масових частках,

2-3,5% карбону,

5-20% вольфраму та

20-30% хрому,

решта - залізо та інші легуючі компоненти.

28. Сплав за п.25, який **відрізняється** тим, що зазначені інші легуючі компоненти складають, у масових частках,

0,8-1,2% силіцію,

0,4-2% мангану,

0,8-2% нікелю,

0,2-0,5% титану,

0-1% молібдену та

0,5-5% кобальту.

29. Сплав за п.25, який **відрізняється** тим, що масова частка зазначених інших легуючих компонентів складає 0-5%.

30. Сплав за п.25, який **відрізняється** тим, що серед зазначених інших легуючих компонентів міститься будь-який з компонентів, який вибрано з групи, що складається із силіцію, мангану, нікелю, титану, молібдену або кобальту.

31. Сплав за будь-яким з попередніх пп.25-30, який **відрізняється** тим, що його використовують для виробництва різального інструмента (40).

32. Сплав за п.31, який **відрізняється** тим, що зазначеним різальним інструментом є ніж для гранулятора (40).

33. Сплав за будь-яким з попередніх пп.25-30, який **відрізняється** тим, що його використовують у процесі повторного використання з переплавленням сплаву у розплаві чавуну та відливанні розплаву.

34. Зносостійкий сплав на основі чавуну, одержаний згідно із способом за п.1, який **відрізняється** тим, що містить, у масових частках,

2,5-3,5% карбону,

8-12% вольфраму і

20-28% хрому,

решта - залізо та інші легуючі компоненти.

35. Сплав за п.34, який **відрізняється** тим, що його використовують для виробництва різального інструмента (40).

36. Сплав за п.35, який **відрізняється** тим, що зазначеним різальним інструментом є ніж для гранулятора (40).

37. Сплав за п.34, який **відрізняється** тим, що його використовують у процесі повторного використання з переплавленням сплаву у розплаві чавуну та відливанні розплаву.

Цей винахід стосується зносостійкого металевого матеріалу та способу виробництва такого матеріалу, зокрема матеріалу, придатного для використання у виробках, як-то інструменти, деталі

до машин чи подібне устаткування, що здатні зазнавати абразивного зносу чи хімічного впливу.

Інструменти й деталі до машин різних видів використовують в багатьох галузях промисловості, як-то в оброблювальній, целюлозній, лісовій та

сталеливарній, а також у різних транспортних засобах і засобах захисту.

Матеріали для інструментів звичайно розподіляють на дві групи в залежності від їх призначення; матеріал для різання і матеріал для пластичної обробки і обробки штампуванням. З двох цих видів призначення, до інструментів ставлять найвищі вимоги, як наприклад, до матеріалів для різців. За цим призначенням використовують матеріал з високою зносостійкістю і високою міцністю у підвищених температурах, щоб одержати наскільки це можливо високо-абразивну для інструмента стійкість, тобто високу стійкість до абразивного зносу.

Відомими матеріалами для інструментів є, серед іншого, інструментальна сталь, швидкорізальна сталь і різні види цементованого карбіду. Інструментальну сталь використовують для виготовлення простих ручних інструментів, де потрібна лише гарна гострота різця, оскільки інструментальна сталь потребує низьких температур і значних зусиль у використанні.

Швидкорізальна сталь це - легуюча сталь з досить високим вмістом карбону, хрому і вольфраму, молібдену і ванадію, й у деяких випадках навіть кобальту. Швидкорізальна сталь має високу зносостійкість, підтримуючи високу твердість до приблизно 500°C, в залежності від вмісту ванадію і вольфраму.

Цементовані карбіди - найзагальніший вид матеріалу для інструментів, оскільки вони мають низьку собівартість, і насамперед містять у своєму складі карбід вольфраму, поєднаний з кобальтом. Змінюючи пропорції складників, можна отримати цементовані карбіди, властивості матеріалу яких придатні для використання за різним призначенням. Покриваючи цементований карбід, наприклад, карбідом титану, можна збільшити зносостійкість і термін експлуатації інструмента. Також були зроблені спроби покрити цементовані карбіди тонким шаром синтетичного алмазу. Для покращення властивостей цементованих карбідів було розроблено матеріал, а саме металокерамічний матеріал, тобто матеріал з вмістом нікелю замість кобальту і з вмістом карбіду титану або титаново-карбонowego нітриду замість карбіду вольфраму. Різальні інструменти, що використовують для різання металу, мають оптимальний термін експлуатації 12-13 хвилин, після чого механізми зносу негативно впливають на процес різання й інструмент вже не може відповідати вимогам якості поверхні й допусків. Виріб з цементованого карбіду можна таким чином вважати таким, що вже відпрацював. Механізмами зносу, що впливають на термін експлуатації різця, наприклад, є знос по задній поверхні, сколювання або вибоїни. Знос по задній поверхні це - безперервна втрата матеріалу для інструментів через абразивний та адгезивний знос. Сколювання чи вибоїни це утворення тріщин з наступним розколюванням різця.

Існує багато різних керамічних матеріалів, що мають гарну зносостійкість і міцність у підвищених температурах, але мають і недолік у тому, що є ламкими.

Через такий недолік неможливо було виготовити матеріали з високою зносостійкістю і з твер-

дістю та в'язкістю, однак були винайдені компроміси. У простому застосуванні геометричну форму інструмента можна було, наприклад, розробити таким чином, щоб інструмент мав прийнятну зносостійкість і міцність.

Були зроблені попередні спроби для створення стійкого до зносу матеріалу, подібно тому, що запропоновано цим винаходом, у якому до сплаву з білого чавуну було додано вольфрам і карбон. Однак, ці спроби зазнали невдач через той факт, що важко отримати правильне співвідношення між вольфрамом і карбоном, що визначає кінцеві властивості матеріалу. Вольфрам як сировина є також дуже дорогим, а це той факт, що обмежує розробку.

Традиційний спосіб виробництва інструментів чи іншого устаткування має такі операції:

Легування \Rightarrow Відливання \Rightarrow Пластична обробка \Rightarrow Різання \Rightarrow Затвердіння + відпал \Rightarrow Шліфування \Rightarrow Оброблена деталь

[Японський патент JP 2301539] розкриває спосіб виробництва білого чавуну на основі Ni-Cr, що містить TiC і TiCN, згідно з яким отримують матеріал з високою твердістю і зносостійкістю.

[У європейській заявці на винахід EP 0 380 715] описується шаруватий матеріал з високою стійкістю до абразивного зносу. Цей матеріал містить частинки цементованого карбіду, щонайменше 70% якого має розмір зерна 2-15мм, а також білий чавун. Сплав з білого чавуну містить складний карбідний компонент, до якого додають легуючий елемент. Крім того, сплав з білого чавуну містить 2,5-4,0% карбону і має співвідношення Cr-C (Cr%/C%) 1-12. Крім того, у документі описано спосіб виробництва вищезазначеного складу, який полягає у розливання розплавленого білого чавуну навколо частинок цементованого карбіду.

[В американській заявці на винахід 4 365 997] описано шаруватий матеріал та спосіб виробництва такого матеріалу. Цей матеріал містить матрицю металу, розмір зерен цементованого карбіду в якій складає 0,1-5мм. Матриця металу містить карбон, кремній, марганець, ванадій, хром, вольфрам, алюміній і залізо. Цементований карбід містить WC, W₂C, TiC, TaC чи суміш цих матеріалів. Спосіб виробництва вищезазначеного шаруватого матеріалу полягає у додаванні зерен цементованого карбіду до матриці розплавленого металу. Зерна герметизують у матриці на основі полімеру, що випаровується, коли зерна додають до матриці розплавленого металу, і згодом розплавлений матеріал затверджується.

[Заявка на винахід WO 94/11541] розкриває спосіб виробництва чорних металів, як-то чавун і сталь, який полягає у додаванні до розплавленого чорного металу модифікованих частинок карбіду, у твердому стані, і після цього у наданні можливості затвердіння чорного металу. Частинки карбіду модифіковані так, що вони покриті, наприклад, залізом або сплавом на основі заліза, щоб одержувати щільність модифікованих частинок карбіду, що дорівнює щільності чорного металу або близька до неї. Ця щільність відповідає результатам однорідного розподілу частинок карбіду у розплаві чорного металу.

[Японський патент JP 59104262] описує шару-

ватий матеріал із внутрішнім шаром із сталі і зовнішнім шаром, що містить чавун, у якому частинки карбіду вольфраму чи подібні тверді частинки карбіду були рівномірно розподілені. Крім того, описано спосіб виробництва такого матеріалу, який полягає у додаванні попередньо нагрітих частинок карбіду у розплавлений чавун, а потім у розливанні розплавленого матеріалу навколо попередньо нагрітої сталевий труби.

[Заявка на винахід SE 185 935] стосується способів легування металевих розплавів, що переважно містять чавун. У цьому документі згадано про сплав, що може містити хром і вольфрам, але ніщо про будь-яку структуру карбіду.

[Заявка на винахід EP 571 210] стосується виготовлення корозійостійкого сплаву на основі карбіду ванадію. Матеріал отримують, наприклад, розплавленням порошкового матеріалу.

[Заявка на винахід SE 399 911] стосується розливання частинок цементованого карбіду у сплав з чавуну на основі заліза. Запропоновані рішення не призначені для того, щоб створювати розплавлення і легування, навіть якщо зазначено, що можуть траплятися сплави між легуючим металом і цементованим карбідом і, що вони, взагалі, не вигідні. Патент не описує розчинення з заміщенням вольфраму у структурі карбіду хрому.

[Заявка на винахід DE 649 622] описує сплав, що може містити вольфрам і хром, але ніякої взаємодії між ними двома під час утворення карбідів.

[Заявка на винахід GB 348 641] описує сплав, що може містити вольфрам і хром, але ніякої взаємодії між ними двома під час утворення карбідів.

Мета цього винаходу полягає у створенні матеріалу для використання у виробках, що зазнають абразивного зносу, і, зокрема, матеріалу більш стійкого до зносу, ніж попередньо відомий матеріал у незагартованому стані, а також у способі виробництва такого матеріалу.

Інша мета винаходу полягає у створенні матеріалу, для виготовлення якого можна зменшити кількість операцій під час обробки. Оскільки ця кількість операцій прямо пропорційна кінцевій вартості виробу, цей винахід забезпечує дешевий спосіб виробництва зносостійкого та високоміцного матеріалу.

Ще одна мета винаходу полягає у створенні способу для багаторазового використання відпрацьованого цементованого карбіду.

Згідно з винаходом вищезазначені мети можна реалізувати способом виробництва металевого матеріалу з високою зносостійкістю, який полягає у розплавленні базового металу, що містить залізо і карбон; додаванні до розплавленого базового металу частинок, що містять карбідний компонент, розчиняючи таким чином частинки у розплаві базового металу дифузійно; і відливанні розплаву. Здебільшого, спосіб полягає у додаванні до розплаву обмежуючого розчинення легуючого компонента, що регулює розчинність карбідного компонента в розплаві. Легуючий компонент - це компонент, що утворює карбід, за допомоги якого властивості у твердому стані карбідів, на основі зазначеного легуючого компонента, покращуються розчиненням із заміщення зазначеного карбідного

компонента в кристалічній структурі зазначених карбідів, на основі зазначеного легуючого компонента (D). Однак, легуючий компонент (D) на основі карбіду не розчиняється у карбідному компоненті (E).

В одному втіленні винаходу зазначені частинки - це відходи чи залишкові продукти виробництва виробів з цементованого карбіду, що містять зазначений карбідний компонент, наприклад, відпрацьований різальний інструмент з цементованого карбіду чи валик з цементованого карбіду. Можливість використовувати відпрацьовані вироби з цементованого карбіду впливає з того факту, що частинки розчиняються дифузійно у розплаві, через що механічна обробка частинок, які необхідно додати, не потрібна, щоб одержати певний розмір або якість поверхні. Отже, інструменти лише з цементованого карбіду мають розмір до 40мм і їх можна безпосередньо додавати до розплаву. Це економічно вигідно, з одного боку, тому, що інструменти з цементованого карбіду швидко відпрацьовуються і таким чином їх достатньо, а з іншого боку, тому, що це вимагає мінімум операцій під час обробки. Інша перевага використання відходів чи відпрацьованих частинок з цементованого карбіду полягає в тому, що бажаний цементований карбід, наприклад, WC, що містить вольфрам і карбон, має збалансовану пропорцію, оскільки вони утворюють молекулярні пари в карбідному компоненті.

У частинках, що додають, зазначений карбідний компонент звичайно має розмір зерна $\leq 10\mu\text{м}$, переважно 1-5 $\mu\text{м}$. Якщо не відбулося повного розчинення зерен зазначеного карбідного компонента, зерна з розміром $\geq 10\mu\text{м}$ можуть залишитися в кінцевому матеріалі.

Перед розчиненням частинок у розплаві, зазначений карбідний компонент переважно поєднують у цій частинці, чи уланці, з металевим матеріалом, що дозволяє плавлення у нижчій точці плавлення, порівняно з базовим металом. Цим матеріалом переважно є кобальт, але також може бути нікель. До обмежуючого розчинення легуючого компонента переважно відноситься хром, але також може бути ванадій чи молібден, який надає кінцевому сплаву підвищену корозійостійкість, і сприяє зниженню точки плавлення розплаву у його розплавленому стані і його поверхневого натягу. Базовий метал переважно включає стабілізуючі та додаткові легуючі компоненти Si та Mn і є в одному втіленні білим чавуном.

У бажаному втіленні винаходу карбідний компонент складається з карбіду вольфраму, але також може включати карбід титану чи карбід ніобію. В одному втіленні такий карбідний компонент додають до розплаву в плавильній печі, у кількості, що складає масову частку $>5\%$ кінцевого матеріалу, і розчиняють у ньому. В іншому втіленні такий карбідний компонент додають до розплавленого сплаву у такій кількості, яка в кінцевому матеріалі складає масову частку $<15\%$, і саме перед відливанням у процесі супер модифікації. Цей процес відрізняється від звичайної модифікації, де мате-

ріал, щоб не впливати на склад кінцевого матеріалу, додають дуже малою дозою. Модифікуючу речовину, наприклад, згідно з відомою технологією, можна додавати до чавунного розплаву для утворення зародків кристалізації, щоб досягти дрібнозернистої мікроструктури. Згідно з процесом супер модифікації матеріал, що є суттєвою частиною кінцевого сплаву, додають у кількості, яка значно важливо для кінцевого складу сплаву. Карбідний компонент у кінцевий матеріал складає масову частку 5-40%, переважно 10-20%.

В одному втіленні винаходу до розплаву додають додатковий легуючий компонент, який сприяє розчиненню карбідного компонента в розплаві і зменшує спорідненість з карбоном. Додатковий легуючий компонент легко розчиняється у розплавленому сплаві і не впливає на властивості кінцевого матеріалу щодо його застосування. Крім того, додатковий легуючий компонент сприяє підвищенню здатності до відпалу кінцевого матеріалу через метастабільні стани після відливання. Додатковий легуючий компонент переважно включає кобальт чи нікель.

Кінцевий матеріал придатний для виробництва шаруватих матеріалів розливанням у форми або зверху на основний матеріал. Під час відливанням зверху переважно додають захисний чи активний для досягнення ефекту затвердіння розчину. Згідно з винаходом, одним способом розливання зверху є використання індукційного нагрівання основного матеріалу перед відливанням і потім розливанням зверху у оболонкову форму.

Виріб, отриманий з кінцевого матеріалу, можна згідно з винаходом використовувати у процесі відновлення матеріалу з брухту, під час якого виріб чи частину виробу додають до розплаву базового металу і розчиняють у ньому.

Бажані втілення цього винаходу далі описано детально з посиланнями на креслення, у яких:

Фіг.1 - блок-схема першого способу згідно з винаходом.

Фіг.2 - блок-схема другого способу згідно з винаходом, включаючи процес супер модифікації.

Фіг.3 - мікроструктура одного втілення матеріалу згідно з винаходом.

Фіг.4 - різальний елемент, який можна переважно виготовити з матеріалу згідно з винаходом.

Фіг.5 - схема зносостійкості для різних втілень винаходу, а також для деяких відомих матеріалів.

Спосіб згідно з винаходом для виробництва зносостійкого і міцного матеріалу, карбідної сталі, може бути описаний у наступних операціях (Фіг.1 і 2):

1. Легування

а. отримання базового сплаву; включаючи базовий метал, що містить

- легуючий компонент А, як-то залізо;
- легуючий компонент В, що містить стабілізуючі та додаткові легуючі компоненти, як-то кремній та манган;

- легуючий компонент С, як-то карбон;

- легуючий компонент D, що містить обмежуючий розчинення легуючий компонент, як-то хром, ванадій чи молібден; і

б. розплавлення і додавання карбідного компонента Е, як-то карбіду вольфраму, карбіду тита-

на чи карбіду ніобію, і можливо додавання іншого легуючого компонента F, як-то кобальт чи нікель;

2. Відливання; та

3. Механічна обробка.

1. Легування

Базовим матеріалом у способі згідно з винаходом є базовий метал, що включає залізо А, стабілізуючий і додатковий легуючий компонент В, наприклад кремній і манган, легуючий компонент С, наприклад карбон. Базовий сплав отримують, доповнюючи базовий метал обмежуючим розчинення легуючим компонентом D, переважно, хромом, але може бути використаний ванадій чи молібден. Легуючий компонент D повинен виконувати наступні функції:

- у розплавленому стані, для зниження точки плавлення і поверхневого натягу базового сплаву і для обмеження розчинності інших матеріалів в базовому сплаві; і

- у твердому стані, щоб бути компонентом для покращення властивостей кінцевого сплаву, карбідної сталі, утворенням карбідів, що мають бажані властивості і електрохімічний потенціал, що сприяє покращенню корозієобмежуючих властивостей.

Під час легування отримують легуючий компонент D, що обмежує розчинність і швидкість розчинення карбідного компонента Е у розплавленому базовому сплаві. Карбідний компонент Е переважно додають у вигляді карбіду вольфраму, але також, наприклад, у вигляді карбіду титану чи карбіду ніобію. Карбідний компонент Е попередньо нагрівають, щоб зменшити переохолодження базового сплаву, перед тим, як до розплавленого базового сплаву додають масову частку карбідного компонента більш ніж 5%. Через легуючий компонент D, карбідний компонент Е, що додають, розчиняють лише до такої міри, наскільки це дозволяє легуючий компонент D. Таким чином виробник може регулювати розчинність карбідного компонента Е, а бажана частина карбідного компонента Е може отже складати нерозчинені частинки в кінцевому сплаві. Стосовно бажаних властивостей кінцевої карбідної сталі, то можна додавати більш ніж один карбідний компонент.

Карбідний компонент Е розчиняється в легуючому компоненті D, але без зворотного застосування, тобто існує лише одностороння розчинність. Це особливо вигідно тому, що карбідна сталь характеризується великим евтектичним інтервалом, тобто інтервалом, у межах якого карбідна сталь має низьку точку плавлення, порівняно з чистими металами. Розмір інтервалу залежить від обраного карбідного компоненту і базового сплаву. Коли розплавлений сплав затвердіє, одночасно виділяються дві чи більше твердих стадій, що дає сплав з дуже гарними властивостями матеріалу і ливарними якостями. Таким чином, одностороння розчинність покращує ливарні властивості у великому інтервалі складу.

До розплавленого сплаву, щоб полегшити у ньому розчинення карбідного компонента Е, що додають, можна додавати додатковий легуючий компонент Е. Компоненти, що зменшують спорідненість з карбоном можуть, наприклад, мати перевагу. Переважно використовують кобальт, але також нікель чи алюміній можуть бути придатними.

Легуючий компонент F потрібно додавати лише у обмеженій кількості, щоб він міг легко розчинятися у розплавленому сплаві і не так сильно впливати на унікальні властивості кінцевого сплаву. Легуючий компонент F крім того додають для покращення затвердіння через метастабільні стани після відливання.

У регульованих умовах не виникне ніяких перешкод на етапах 1a і 1b інтегрування для виробництва карбідної сталі згідно з винаходом. Саме перед відливанням до розплавленого сплаву переважно додають деяку масову частку, менше 15%, карбідного компонента E, наприклад, карбиду вольфраму. Потім відбувається процес модифікації, так званої супер модифікації, у такій мірі, що отримують помітні зміни у складі, а також більше точок утворення зерен, для утворення дрібної мікроструктури, а також удосконалення властивостей матеріалу збільшенням кількості карбідів.

Прикладом придатного базового сплаву для етапу 1a є сплав з білого чавуну, типу SS0466. Типовий сплав з білого чавуну може в своєму первісному складі містити у масових частках щонайменше 2,9% карбону, 0,7% кремній, 0,4% марганцю, 18% хрому, 1,0% нікелю, 0,3% титану і решта - залізо.

Білий чавун можна потім легувати із відпрацьованим компонентом з цементованого карбиду, що відслужив свій час (етап 1b), у якому вміст карбону для модифікованого сплаву з білого чавуну не змінився, у порівнянні з його первісним складом, оскільки спосіб відповідно до винаходу дозволяє вивільнення вмісту карбону для поєднаних легуючих компонентів для повторного утворення карбідів під час затвердіння розплавленого спла-

ву.

В одному втіленні кінцевого матеріалу, тобто сплаву відповідно до винаходу, сплав включає, у масових частках 1-5% карбону, 10-40% хрому, 2-40% вольфраму, а решта - залізо та інші легуючі компоненти. Переважно, інші легуючі компоненти включають, у масових частках, 0,5-2% кремнію, 0,3-10% марганцю, 0-7% нікелю, 0-2,5% титану, 0-5% молибдену і 0,1-15% кобальту.

В одному втіленні сплаву відповідно до винаходу сплав включає, масових частках, 2-3,5% карбону, 20-30% хрому, 5-20% вольфраму, решта - залізо та інші легуючі компоненти. Інші легуючі компоненти, переважно, включають, у масових частках, 0,8-1,2% кремнію, 0,4-2% марганцю, 0,8-2% нікелю, 0,2-0,5% титану, 0-1% молибдену і 0,5-5% кобальту.

В одному втіленні сплаву відповідно до винаходу, масова частка інших легуючих компонентів складає 0-5%. Кінцевий матеріал переважно включає структуру карбиду хрому, що була утворена під час затвердіння розплаву атомами хрому, що утворюють карбід, і поєднуються з атомами карбону у ґратчастій структурі. Оскільки ці карбіди хрому розчиняють вольфрамовий карбід, отримують матеріал відповідно до винаходу, у якому вольфрам розчиняється із заміщенням у ґратчастій кристалічній структурі карбиду хрому, де отримують складні карбіди, на основі хрому і вольфраму.

У нижченаведеній таблиці 1 показано хімічний склад, загальний аналіз, одного втілення карбідної сталі відповідно до винаходу, що містить масову частку цементованого карбиду 15% (WC-Co). Представлений рівень відображає хімічний склад певного виду, показаного при аналізі.

Таблиця 1

Хімічний склад у процентному співвідношенні (%), загальний аналіз, одного втілення KS15 (3) матеріалу відповідно до винаходу

Fe	Cr	W*	C	Si	Mn	Ni	Ti	Mo	Co	Al	P	S
52,0	23,97	9,30	2,70	1,76	0,255	0,341	0,115	0,085	0,760	0,010	0,044	0,048

*Аналізований на основі Рентгенівської дифрактографії.

Однак, під час відливання переважно використовують лом чорних металів, що включає більше або менше певних сплавів, де вищезгаданий матеріал можна вважати зразком втілення з масовою часткою WC-Co 15%, який в загальному містить, у масових частках 2,5-3,5% карбону, 8-12% вольфраму, 20-28% хрому, 1,6-2,0% кремнію, 0,2-0,4% марганцю, 0,3-0,5% нікелю, 0,1-0,2% титану, 0-0,7% молибдену і 0,5-1,0% кобальту.

На Фіг.3 показано мікроструктуру і структурні компоненти сплаву відповідно до винаходу, що у втіленні включає масову частку WC-Co 15%. Стрілками на Фіг. показано: 30-евтектика, 31 - карбід хрому, 32 - складний карбід з вольфрамом, розчиненим в карбіді хрому і карбіді титана, і 33 - матриця. З фігури очевидно, що частинки WC чи уламки, що додають до розплаву не можуть знаходитися в мікроструктурі матеріалу відповідно до втілення, через їх розчинення у розплав, на-

приклад, в індукційній плавильній печі.

На Фіг.4 показано матеріал згідно з винаходом, який використовують у готовому виробі, як-то ніж 40 для гранулятора, що оснащений різцем 41. Промислові випробування ножів для гранулятора, розплавлених у сплаві відповідно до винаходу, що у втіленні містять, у масових частках, 5% і 15% цементованого карбиду (WC-Co), показали великі розходження щодо зносостійкості, у порівнянні з стандартним матеріалом SS2310 для інструментів (SS - Шведський Стандарт). Також, було показано масову частку WC (%), що впливає на зносостійкість.

На Фіг.5 показано схему результатів гранулювання полівінілхлориду в умовах одного місяця виробництва. На схемі зносостійкість показано як заміна в об'ємі різця ножа, у порівнянні зі зразком SS2310, звичайним матеріалом для інструментів. На горизонтальній осі показано різні матеріали

для ножа, де Ref - стандартна інструментальна сталь SS2310. Крім того, 1 - сплав з білого чавуну SS0466, відомий матеріал. Матеріал 2 для ножа вказує на сплав відповідно до винаходу, названий карбідною сталлю KS5 (1), з масовою часткою цементованого карбіду (WC-Co) 5%. Матеріал 3 для ножа - інший сплав відповідно до винаходу, названий карбідною сталлю KS15 (1), виготовлений з масовою часткою цементованого карбіду (WC-Co) 15%. Матеріал 3 і 4 базуються на сплаві з білого чавуну SS0466. Розходження між матеріалами відповідно до винаходу, у втіленнях 2 і 3, і відомими матеріалами Ref. і 1, є значними.

Крім того, на Фіг.5 показано результат застосування вигіднішого білого чавуну 4, SS0466BTI, що містить певну кількість титану. Цей матеріал зносостійкий ший, ніж зразок. Незважаючи на це, сплав відповідно до винаходу, на основі цього титану, що містить білий чавунний сплав SS0466BTI, матиме більш кращу зносостійкість. Матеріал 5 для ножа вказує на сплав відповідно до винаходу, названий карбідною сталлю KS (BTI) 5(1), виготовлений з масовою часткою цементованого карбіду (WC-Co) 15%, а матеріал 6 для ножа вказує на легуючу карбідну сталь KS (BTI) 15(1) з масовою часткою цементованого карбіду (WC-Co) 15%. Подальший сплав, зокрема, має зносостійкість, що у 5-6 разів краща за сплав зразка SS0466BTI.

Рівні легування можна у певних умовах регулювати так, щоб можна було регулювати міцність вивільненням вторинних складних карбідів за допомоги відпалу. Випробування також показали, що можна здійснювати локалізовану термічну обробку на основі індукційної технології. Отже, можна вибрати критерій міцності, наприклад, для різця чи інших областей інструмента чи виробу. Для відомих властивостей теплопровідності і відомих перехідних станів локалізовану термообробку можна здійснювати, регулюючи градієнт охолодження за допомоги регулювання граничних станів. Для більш складних пристроїв технологія на основі аналізу кінцевого елемента (АКЕ) може забезпечити важливий інструмент для цього типу термообробки.

Неоднозначно проведені дослідження показують, що вироби безпосередньо після відливання кінцевого сплаву, карбідної сталі, відповідно до винаходу, можуть бути оброблені сучасним матеріалом для різальних інструментів, по самих конкурентноздатних цінах, у порівнянні з мартенситними матеріалами, за умови, що вибрана оптимальна комбінація даних, для розрахунку режимів різання. Навіть при грубій механічній обробці було отримано унікальну якість поверхні.

У спосіб відповідно до винаходу можна повторно використовувати відпрацьований виріб, зроблений зі сплаву відповідно до винаходу. Ця система рециркуляції, з одного боку, може базуватися на безпосередньому повторному розплавленні та повторному відливанні виробу для використання в нових виробках, а, з іншого боку, як базовий сплав, у який можна ще додавати кількості легуючих компонентів для виготовлення нового сплаву відповідно до винаходу. Крім того, система отримання відходів для переробки може базуватися на матеріалі відпрацьованого інструмента, переважно на

цементованому карбіді, що входить у цикл рециркуляції для виготовлення сплаву відповідно до винаходу. Ця процедура рециркуляції можлива тому, що розплавлений сплав, цілком чи частково насичений карбідами чи легуючими елементами D і E, що утворюють карбід.

Наприклад, білий чавунний сплав, модифікований відповідно до винаходу, може отримати твердість 660HB з додаванням масової частки карбідного компоненту E 15% і 650 HB з додаванням масової частки карбідного компоненту E 5%. Ці величини твердості мають бути порівняні з максимальною твердістю 550HB, яку може отримати білий чавунний сплав у своєму стані безпосередньо після відливання.

Відповідно до існуючого винаходу зносостійкий матеріал, а саме карбідну сталь, можна отримати з білого чавунного сплаву відповідно до вищезазначеного, з достатнім вмістом карбідного компонента E. Карбідна сталь для свого призначення має прийнятне співвідношення між твердістю і міцністю, і зносостійкість, без потреби наступної термообробки. Прийнятні властивості карбідної сталі отримують після регулювання затвердіння й охолодження. У заявах, які стосуються карбідної сталі відповідно до винаходу, не описується будь-який відпал, оскільки він не є необхідним. Якщо карбідну сталь відпалюють, отримують в'язкіший матеріал.

Термін "високо-легуючий білий чавун" тут означає легуючий залізний сплав, що містить більш ніж 3% інших легуючих компонентів, у порівнянні з тими, що складають частину базового металу. Такі високо-легуючі білі чавуни придатні для використання у виробках, що зазнають абразивного зносу. Причина цього у тому, що велика частина карбону поєднана як карбіди, надаючи сплаву високої твердості і гарних можливостей протистояти деградації щодо геометрії і структури. Карбіди, введені у матрицю з структурою, яку, залежно від складу, можна регулювати, щоб досягти оптимального співвідношення між зносостійкістю і в'язкістю. Високо-легуючий білий чавун містить високі рівні хрому, що стабілізує карбіди в мікроструктурі матриці і запобігає тому, щоб графіт вивільнявся під час затвердіння. Білий чавун характеризується хімічним складом карбіду заліза, як-то цементит, Fe₃C, в базовому матеріалі, в залежності від кількості хрому, фериту, перліту, аустеніту і/чи мартенситу. Високі рівні хрому у високо-легуючому білому чавуні складають повну чи часткову матрицю перліту, де кількість складних карбідів регулює зносостійкість сплаву. Мікро твердість для карбіду хрому складає 840-1400 HV (HV50), в залежності від співвідношення між хромом і карбоном у складі сплаву. Карбіди хрому в білих чавунних сплавах, що мають високий вміст хрому, можуть включати M₃C 840-1100 HV (HV50), M₇C₃ 1200-1800 HV (HV50) і/чи Mo₂C 1500 HV (HV50). Низькі співвідношення між хромом і карбоном призводять до утворення матриці аустеніту, що може переходити у перліт під час охолодження. Зносостійкість можна далі збільшувати термообробкою декількох білих чавунних сплавів так, щоб матриця переходила мартенсит.

2. Відливання

Коли виготовляють карбідну сталь способом згідно з винаходом, матеріал відливають, щоб одержати кінцевий продукт із бажаною формою. Регулюючи охолодження розплавленого сплаву, можна регулювати затвердіння карбідної сталі, тобто результати швидкого охолодження, при низькому затвердінні, тоді як низька швидкість охолодження дає карбідну сталь з більш високою твердістю. Ця властивість є унікальною для карбідної сталі згідно з винаходом за умови, що карбідна сталь має унікальні властивості термообробки, тобто можна регулювати затвердіння і в'язкість залежно від призначення. Карбідна сталь згідно з винаходом має глибину цементації, що є надзвичайно ідентичною по всьому відлитому виробу. Звичайно, в'язкий легуючий білий чавунний сплав мав би низьку твердість у центрі матеріалу, як, він затвердіє останнім, у порівнянні з твердістю поверхні через різні швидкості охолодження. Це може означати, що бажану мікроструктуру (у поєднанні механічних властивостей і твердості) не можна досягнути у готовому легуючому виробі.

3. Механічна обробка

Кінцеве розрізання кінцевого продукту виконують механічною обробкою поверхонь кінцевого продукту для того, щоб він задовольняв вимоги допуску у заявці.

Карбідна сталь, виготовлена відповідно до винаходу, яку використовують в інструментах, має термін експлуатації у п'ять разів довший за термін експлуатації зразків.

Подальше удосконалення способу відповідно до винаходу полягає у використанні карбідної сталі під час виготовлення так званих шаруватих матеріалів. Карбідну сталь розливають в чи на разом з легким сплавом чи сталевим сплавом, де карбідна сталь в основному підтримує свої механічні властивості на відміну від мартенситної сталі. Це означає, що карбідну сталь можна використовувати при нагріванні чи у способах виробництва до 900°C без будь-яких згадуваних змін у мікроструктурі через стійку мікроструктуру карбідної сталі. Під час розливання в легкий метал можна отримати, наприклад, розливанням у форми, тоді як розливання зверху сталі з більш високою в'язкістю можна виконувати, серед іншого, розливанням у оболонкові форми. Розливання зверху можна виконувати, попереднім нагріванням, наприклад, сталевих пластин у відлитої формі індукційним нагріванням, з наступним заповненням форми карбідною сталлю. Таке розливання можна виконувати з різними типами оточуючих захисних атмосфер, наприклад, за допомоги захисного чи активного газу, що може дати ефект затвердіння розчину, утворюючи таким чином рівномірний перехід з в'язкого у твердий матеріал.

Запропонована технологія для виготовлення так званих шаруватих сталевих компонентів становить великий інтерес для різних видів призначення, де бажане поєднання в'язкості і твердості, як варіант, в'язкості і високої зносостійкості. Такий розчин шаруватого матеріалу може становити інтерес також щодо наступної механічної обробки. Наприклад, центр колеса насоса може бути виго-

товлений з інструментальної сталі гарної механічної обробки, у той час як інша частина колеса насоса виготовлена з карбідної сталі відповідно до винаходу. У той же самий спосіб можна, наприклад, "основний матеріал" у мішалці (колесо насоса /імпелера) виготовити, вибираючи в'язкішу сталь, у той час як частини, що зазнають абразивного зносу, вироблені з карбідної сталі відповідно до винаходу.

Розливанням в карбідної сталі можна отримати арматуру у легкому металевому сплаві. Частини арматури можуть простиратися до краю легкого металевого компонента, за допомогою чого отримують високу зносостійкість чи здатність нести навантаження. Цей проект не можливий у мартенситному сталевому сплаві через ефекти відпалу, що виникають під час відливання.

На Фіг.1 етапи процесу відповідно до винаходу показано блок-схемою. На етапі 1 створюють розплав базового металу, включає залізо А, стабілізуючий компонент В, наприклад, кремній і/або марганець і карбон С.

Під час такого процесу, який описано як етап 2, додають більше додаткових компонентів. На етапі 2а додають обмежуючий розчинення легуючий компонент D, наприклад, хром. Розплав базового металу і легуючого компонента D позначають як базовий сплав, і у випадку, коли вже існуючий матеріал має бажаний склад компонентів А-D відповідно до базового сплаву, етап 2а може бути виключений.

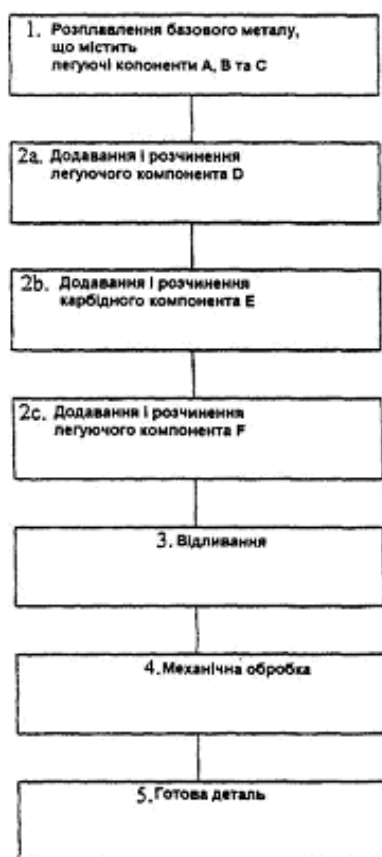
Компонент D призначений обмежувати розчинність карбідного компонента Е, що додається до розплаву на етапі 2b. Карбідним компонентом Е є, наприклад, карбід вольфраму, поєднаний з кобальтом, і може бути доданий як порошок чи як частинки використаних чи відпрацьованих виробів з цементованого карбідного.

На етапі 2с, якщо це бажано, може бути доданий додатковий легуючий компонент F, наприклад, кобальт чи нікель з кращими властивостями відповідно до вищезгаданого. Очевидно, що порядок етапів 2a-2c не є критичним, і вони можуть бути виконані одночасно, оскільки компоненти, що додають, мають бути розчинені у розплаві.

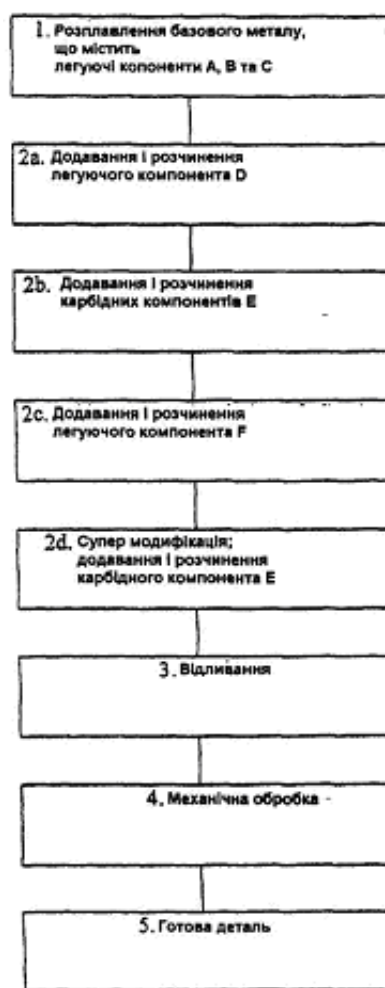
Відповідно до втілення, описаному на Фіг.1, кінцевий матеріал, також названий як кінцевий сплав, тоді відливають на етапі 3. Після охолодження, матеріал готовий до оброблення на етапі 4, у готову деталь, етап 5.

Інше втілення винаходу, ілюстроване на Фіг.2, включає етапи, описані на Фіг.1 і з доданим етапом 2d. На цьому етапі виконують процес супермодифікації, під час якого до складу кінцевого матеріалу додають шаруватий основний компонент, карбідний компонент Е, у кількості значної важливості, саме перед відливанням. Ця кількість може відповідати частині кінцевого сплаву, масова частка якого складає 15%, але переважно <5%.

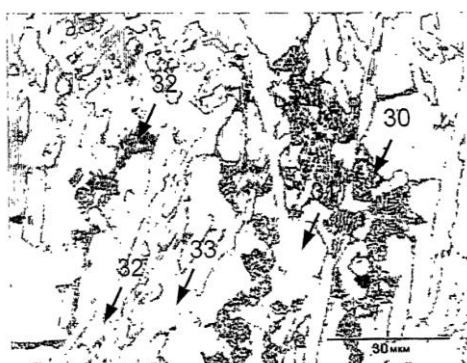
Цей винахід був описаний за допомоги бажаних втілень, і для фахівця у цій сфері очевидно, що модифікації цього винаходу можуть бути виконані, не виходячи за рамки доданої формули винаходу.



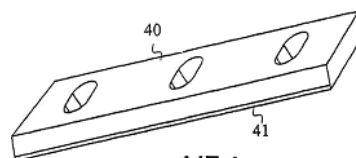
Фіг.1



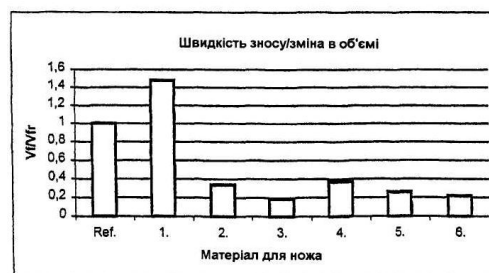
Фіг.2



ФІГ.3



ФІГ.4



ФІГ.5