



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102160** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**C22C 37/00**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|  |  |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: <b>u 2015 00809</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>02.02.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>26.10.2015</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>26.10.2015, Бюл.№ 20</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Скобло Тамара Семенівна (UA),<br/>Клочко Оксана Юріївна (UA),<br/>Сідашенко Олександр Іванович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>Скобло Тамара Семенівна,<br/>вул. Кооперативна, 13/2, кв. 52, м. Харків,<br/>61003 (UA),<br/>Клочко Оксана Юріївна,<br/>пр. Леніна, 55, кв. 21, м. Харків, 61103 (UA)</b></p> |
|--|--|

**(54) ЗНОСОСТІЙКИЙ ВИСОКОЛЕГОВАННИЙ ЧАВУН**

**(57) Реферат:**

Зносостійкий високолегований чавун містить залізо, вуглець, кремній, марганець, хром, молібден, титан, ванадій, бор. Чавун додатково легують вольфрамом і модифікують домішками лігатур NiMg і Ultraseed® Inoculant, а також флюсом марки ФКЛ-2.

**UA 102160 U**



Корисна модель належить до чорної металургії і може бути застосована для виготовлення крупногабаритних деталей, що працюють в умовах підвищеного зношування, циклічних механічних навантажень і змін температур, наприклад, металургійного устаткування: валків гарячої прокатки або негабаритних деталей, з наступною дестабілізаційною термічною обробкою: деталей печей, зносостійких накладок на промислові змішувачі та для використання в енергетичному машинобудуванні (деталі газопоршневих двигунів тощо).

Підвищення стійкості і надійності такого устаткування в умовах експлуатації пов'язане зі створенням зносостійких матеріалів, що відрізняються зменшенням напружень, малою схильністю до триціноутворення та підвищеним рівнем наробітку. Задовольнити таким вимогам може сплав зі структурою дрібних зерен ферито-карбідної суміші а також максимально низькою кількістю залишкового аустеніту. Зменшенням долі залишкового аустеніту можна керувати шляхом введення комплексу домішок вольфраму, молібдену і ванадію, за рахунок утворення легуваних спеціальних карбідів, внаслідок дисперсійного твердіння при кристалізації виробів.

Відомий чавун [1], який може використовуватися в енергетичному машинобудуванні наступного хімічного складу, вага %:

|           |           |
|-----------|-----------|
| вуглець   | 2,2-2,8   |
| кремній   | 0,6-0,8   |
| марганець | 0,8-1,2   |
| хром      | 14,0-16,0 |
| титан     | 0,5-1,0   |
| алюміній  | 0,5-1,0   |
| мідь      | 1,0-2,0   |
| ванадій   | 1,5-2,5   |
| вольфрам  | 1,5-2,5   |
| залізо    | решта.    |

Даний склад не забезпечує необхідної експлуатаційної стійкості внаслідок відсутності ефекту спільної дії групи карбідоутворюючих легуючих елементів на схильність до триціноутворення за рахунок зменшення долі залишкового аустеніту при кристалізації виробів через відсутність молібдену, а також високу частку ванадію.

Відомий зносостійкий чавун [2] для виготовлення деталей металургійного устаткування, наприклад, прокатних валків, який спрямований на підвищення зносостійкості і характеризується таким хімічним складом, вага %:

|           |           |
|-----------|-----------|
| вуглець   | 2,8-3,2   |
| кремній   | 0,2-0,6   |
| марганець | 0,2-0,6   |
| хром      | 20,0-26,0 |
| ванадій   | 3,5-4,2   |
| молібден  | 0,8-1,2   |
| вольфрам  | 0,8-2,2   |
| ніобій    | 0,1-0,4   |
| титан     | 0,2-0,4   |
| мідь      | 0,5-0,8   |
| бор       | 0,01-0,03 |
| залізо    | решта.    |

Недоліком такого чавуну є недостатній рівень стійкості при експлуатації виробів в умовах циклічних навантажень і зміни температур, оскільки в своєму складі він містить високу концентрацію карбідоутворюючих компонентів (особливо хрому та ванадію), що підвищують та стабілізують частку залишкового аустеніту, але це призводить до появи тріщин при виробництві та експлуатації. Також співвідношення сумарного вмісту марганцю, хрому, молібдену, ванадію, вольфраму до сумарного вмісту вуглецю, кремнію та міді перевищує оптимальний максимум 5,0, який необхідний для отримання структури з рівномірним розподілом карбідів та одержанням рівня експлуатаційних властивостей. Вміст кремнію нижче 0,8 % не забезпечує зносостійкість сплаву, бо не сприяє зміцненню феритної фази, а при частці ванадію більше 0,5 % призводить до утворення голок заевтектичних карбідів. Крім того, в чавуні відсутні елементи, що зв'язують домішки (фосфор та сірка) і переводять їх у шлак, що також знижує експлуатаційну стійкість виробів.

Найбільш близьким до запропонованого є зносостійкий високохромистий чавун для виготовлення прокатних валків [3], що експлуатуються в металургійній промисловості, наступного хімічного складу, вага %:

|         |      |
|---------|------|
| вуглець | 2,74 |
|---------|------|

|           |        |
|-----------|--------|
| кремній   | 0,98   |
| марганець | 0,80   |
| хром      | 16,4   |
| нікель    | 1,37   |
| молібден  | 1,21   |
| мідь      | 1,26   |
| ванадій   | 0,24   |
| залізо    | решта. |

5 Відомий чавун не забезпечує достатній рівень експлуатаційної стійкості, оскільки має високий рівень неоднорідності структури та значну долю залишкового аустеніту внаслідок відсутності ефекту спільної дії групи карбідоутворюючих легуючих елементів при кристалізації виробів через відсутність вольфраму. Крім того, в цьому чавуні відсутні модифікуючі та мікролегуючі домішки, що сприяють одержанню дрібнодисперсних спеціальних комплексно

10 легованих карбідів глобулярної форми, а також зв'язують шкідливі домішки і переводять їх у шлак.  
В основу корисної моделі поставлена задача одержання зносостійкого високолегованого чавуну, яка вирішується застосуванням легування та модифікування з забезпеченням зниження

10 долі аустеніту вже при кристалізації виробу.  
Комплексне легування виконується при наступному співвідношенні основних компонентів сплаву, вага %:

|           |           |
|-----------|-----------|
| вуглець   | 2,6-3,0   |
| кремній   | 0,9-1,2   |
| марганець | 0,9-1,2   |
| хром      | 15,0-18,0 |
| молібден  | 0,2-1,0   |
| вольфрам  | 0,8-2,6   |
| ванадій   | 0,2-0,4   |
| нікель    | 1,1-1,5   |
| титан     | 0,006     |
| бор       | 0,01-0,03 |
| залізо    | решта.    |

15 Модифікування виконується домішками лігатур NiMg, Ultraseed ® Inoculant та флюсом марки ФКЛ-2 з додатковим введенням вольфраму, при якому коефіцієнт співвідношення карбідоутворюючих компонентів до графітоутворюючих складає 3,0-5,0, і забезпечує такому чавуну необхідну експлуатаційну стійкість в умовах циклічних механічних навантажень і змін температур за рахунок комплексної дії на структуру сплаву. Комплексне легування та модифікування впливає на підвищення однорідності структури, зменшення зерна, схильності до викришування та кількості залишкового аустеніту в результаті утворення легованих спеціальних

20 карбідів, інтерметалідів та дисперсійного твердіння.  
Модифікування виконується домішками лігатури NiMg, що складається з 17,1 % магнію, 1,6 % вуглецю, решта нікель; Ultraseed ® Inoculant - складається з 70-76 % кремнію, 1,5-2,0 % церію, 0,75-1,25 % кальцію, 0,75-1,25 % алюмінію; гранульований керамічний флюс марки ФКЛ-2, вводять в кількості 3-5 кг/т. Модифікування забезпечує частку компонентів в запропонованому чавуні, ваг. %: магнію 0,03-0,05, кальцію 0,01-0,1 та одержання в структурі такого чавуну глобулярної форми спеціальних комплексно легованих карбідів  $(Me, Cr)_7C_3$  і  $(Me, Cr)_{23}C_6$  з хромом, молібденом, ванадієм і вольфрамом, видалення шкідливих домішок, запобігання утворенню окисних плівок, зниження стовпчастості та забезпечення більш рівномірної литої структури, що формується, в умовах швидкої кристалізації робочого шару, формування дрібного евтектичного зерна з великою часткою включень карбідної фази (30-32 %), при якій зменшується схильність до викришування. Введення модифікуючих домішок забезпечує зниження фосфору і сірки на 12-35 % та сприяє формуванню дисперсних глобулярних карбідів.

35 За рахунок легування компонентами карбідоутворюючими відносно графітоутворюючих з коефіцієнтом співвідношення 3,0-5,0 та модифікування відбувається суттєва дестабілізація залишкового аустеніту вже при кристалізації виробів. При співвідношенні нижче, ніж 3,0 дестабілізація залишкового аустеніту не відбувається, а вище 5,0 - відмічається падіння твердості та кристалізуються поодинокі включення графіту.

40 Особливість заявленого чавуну полягає в тому, що у запропонованому складі використовується легування, при якому коефіцієнт співвідношення карбідоутворюючих компонентів до графітоутворюючих складає 3,0-5,0, при введенні вольфраму в кількості 0,8-

2,6 %, що можливо контролювати згідно з коерцитивною силою (табл.), яка в цьому випадку суттєво знижується. Це пов'язано з підвищенням однорідності формованої структури сплаву при утворенні ферито-карбідної суміші внаслідок дестабілізації залишкового аустеніту при кристалізації виливків. Дестабілізація залишкового аустеніту обумовлена випадінням спеціальних карбідів  $(Me, W)_{23}C_6$  і  $(Me, W)C$  в процесі дисперсійного твердіння у значно більшій кількості, і вони мають менший розмір (не більше 0,2 мкм), ніж у чавуні без вольфраму. Спеціальні карбіди типу  $(Me, W)C$  не є рельєфними, не мають виступаючих границь, певної форми або огранювання, що сприяє значному зменшенню напруг, містять, вага %: 7,75-8,7Cr; 1,09Ni; 0,37-0,45V; до 26,06Mo; 30-38W; 34-47Fe. Вольфрам, що залишається, зосереджений у карбідах типу  $(Me, W, Cr)_{23}C_6$ , досягає 3,81 %, а в матриці його кількість змінюється від 0 до 1,04 %. Однак при вмісті вольфраму понад 2,6 % та коефіцієнті співвідношення карбідоутворюючих компонентів до графітоутворюючих більше 5,0 карбідна фаза укрупнюється і може привести до стабілізації залишкового аустеніту, який здатен розпадатись в процесі експлуатації та призводити до руйнування (викришування) робочої поверхні. При вмісті вольфраму нижче 0,8 % та коефіцієнті співвідношення менше ніж 3,0 - не забезпечується достатня кількість легованих карбідів та не відбувається суттєва дестабілізація залишкового аустеніту в процесі відливання виробів.

Приклад. Досліджено проби, що відібрані від робочого шару валків з такого чавуну (№ 1, 2, 3, 4, табл.), в яких коефіцієнт співвідношення легуючих компонентів карбідоутворюючих відносно графітоутворюючих менше 3,0 (№ 5, табл.) і більше 5,0 (№ 6, 7, табл.) та без вольфраму (№ 8, табл., фіг. 1: одна стрілка - структура металевої матриці, дві - леговані спеціальні карбіди).

Характеристика складу та властивостей чавунів

| Чавун,<br>№ | Склад компонентів, ваг. % |      |      |      |              |      |      |      |       |      | Коефіцієнт<br>співвідношення | Середня<br>частка<br>залишкового<br>аустеніту, % | Середня<br>Hc, А/см | Стійкість,<br>т/валок |
|-------------|---------------------------|------|------|------|--------------|------|------|------|-------|------|------------------------------|--|---------------------|-----------------------|
|             | C                         | Si   | Mn   | Cr   | Ni<br>(Си)   | Mo   | W    | V    | B     | Ti   |                              |  |                     |                       |
| 1           | 2,95                      | 1,20 | 0,90 | 15,0 | 1,50         | 0,31 | 0,86 | 0,24 | 0,006 | 0,01 | 3,1                          | 60   | 35                  | 239751                |
| 2           | 2,68                      | 1,00 | 0,98 | 17,1 | 1,34         | 1,29 | 1,50 | 0,26 | 0,006 | 0,03 | 4,2                          | 43   | 28                  | 253277                |
| 3           | 2,72                      | 0,90 | 0,97 | 16,9 | 1,10         | 0,94 | 2,00 | 0,27 | 0,006 | 0,01 | 4,5                          | 28   | 21                  | 268554                |
| 4           | 2,62                      | 1,02 | 1,10 | 17,9 | 1,19         | 0,91 | 2,60 | 0,40 | 0,006 | 0,01 | 4,7                          | 11   | 14                  | 285255                |
| 5           | 2,92                      | 1,40 | 0,61 | 14,6 | 1,40         | 0,21 | 0,30 | -    | -     | -    | 2,7                          | 67   | 43                  | 188640                |
| 6           | 2,8                       | 0,8  | 1,2  | 19,0 | (0,3)        | 1,00 | 3,50 | -    | -     | 0,05 | 6,3                          | 26   | 19                  | 167844                |
| 7           | 2,8                       | 0,2  | 0,2  | 20   | (0,5)        | 0,8  | 2,8  | 3,5  | 0,010 | 0,20 | 7,8                          | 38   | 26                  | 112054                |
| 8           | 2,67                      | 1,2  | 1,0  | 16,4 | 1,3<br>(2,0) | 1,33 | -    | 0,20 | -     | -    | 2,6                          | 80   | 54                  | 140585                |

Примітка: вміст міді надається в скобках

Виділення в результаті дисперсійного твердіння спеціальних карбідів з вольфрамом сприяє істотному зменшенню частки залишкового аустеніту (№ 1, 2, 3, 4, табл., фіг. 2: одна стрілка - структура металевої матриці, дві - леговані спеціальні карбіди), який рекомендовано оцінювати згідно з рівнем коерцитивної сили Hc (див. табл.), що характеризує однорідність структури за дестабілізацією аустеніту, зменшення схильності до викришування та збільшення експлуатаційної стійкості валків відносно нелегованих вольфрамом в 1,7-2,0 рази (див. табл.).

При вмісті вольфраму понад 2,6 % та коефіцієнті співвідношення карбідоутворюючих компонентів до графітоутворюючих більше 5,0 (№ 6, 7, табл.) дестабілізація залишкового аустеніту уповільнюється внаслідок утворення крупних крихких спеціальних карбідів, це також призводить до їх викришування і зменшення в 1,6-2,6 рази експлуатаційної стійкості.

При вмісті вольфраму нижче 0,8 % та коефіцієнті співвідношення менш ніж 3,0 (№ 5, табл.) не відбувається суттєва дестабілізація залишкового аустеніту, неоднорідність сплаву висока (Hc=43 А/см) і стійкість валків при експлуатації знижується в 1,5 рази порівняно з заявленим чавуном.

Таким чином, зносостійкий високолегований чавун, що заявляється, в сукупності ознак, викладених у формулі, підвищує стійкість при експлуатації виробів в умовах циклічних навантажень і зміни температур за допомогою дестабілізації залишкового аустеніту (доля його

зменшується ~ в 7,3 разу) і це сприяє підвищенню однорідності структури металу, що рекомендовано оцінювати згідно рівню коерцитивної сили, яку можливо зменшувати до 4,9 разів. При цьому знижується схильність до тріщиноутворення та викришування за рахунок дисперсійного твердіння і підвищується експлуатаційна стійкість в 2,6 разу. Введення модифікуючих домішок забезпечує зниження фосфору і сірки на 12-35 % та сприяє формуванню дисперсних глобулярних карбідів.

Джерела інформації:

1. Патент RU 2318034 МПК С22С 37/06 Чугун, Щепочкина Ю.А. Опубл.: 27.02.2008.

2. Патент RU 2272086 МПК С22С 37/06, С22С37/10 Чугун, Морозов А.А., Колокольцев В.М. и др. Опубл. 20.03.2006.

3. Скобло Т.С. Исследование структуры высокохромистого комплексно-легированного чугуна с применением методов математического анализа / Т.С. Скобло, О.Ю. Клочко, Е.Л. Белкин // Сталь. - 2012. - № 3. - С. 46-52.

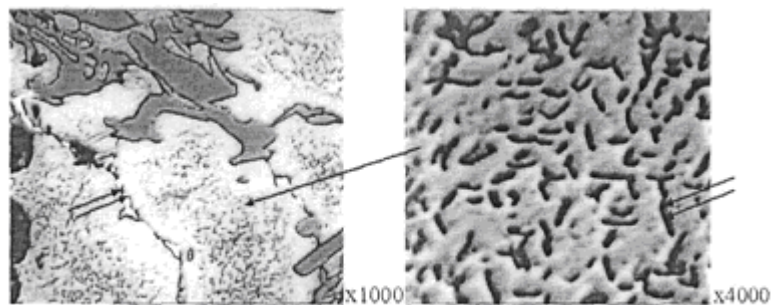
15 **ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ**

1. Зносостійкий високолегований чавун, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, молібден, титан, ванадій, бор, який **відрізняється** тим, що його додатково легують вольфрамом і модифікують домішками лігатур NiMg і Ultraseed® Inoculant, а також флюсом марки ФКЛ-2 при наступному співвідношенні компонентів, вага %:

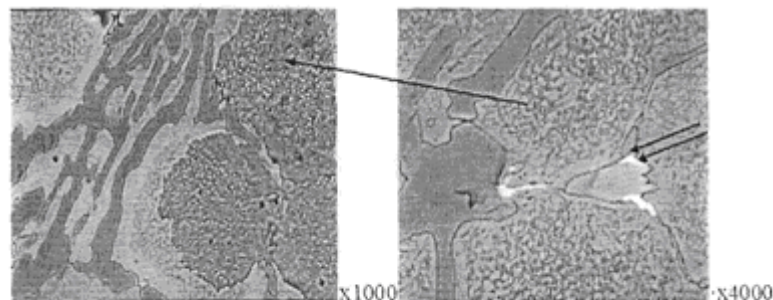
|           |           |
|-----------|-----------|
| вуглець   | 2,6-3,0   |
| кремній   | 0,9-1,2   |
| марганець | 0,9-1,2   |
| хром      | 15,0-18,0 |
| молібден  | 0,2-1,0   |
| вольфрам  | 0,8-2,6   |
| ванадій   | 0,2-0,4   |
| нікель    | 1,1-1,5   |
| титан     | 0,006     |
| бор       | 0,01-0,03 |
| залізо    | решта.    |

2. Зносостійкий високолегований чавун за п. 1, який **відрізняється** тим, що сумарна кількість введення модифікуючих домішок складає 3-5 кг/т на частину рідкого металу.

3. Зносостійкий високолегований чавун за п. 1, який **відрізняється** тим, що для забезпечення максимальної дестабілізації залишкового аустеніту при кристалізації виливків слід використовувати легування, при якому коефіцієнт співвідношення карбідоутворюючих компонентів до графітоутворюючих складає - 3,0-5,0.



**Фіг. 1**



**Фіг. 2**

---

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

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