



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 123427

(13) C2

(51) МПК

C22C 37/06 (2006.01)

C22C 37/08 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **u 2020 06334**

(22) Дата подання заявки: **30.09.2020**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **01.04.2021**

(41) Публікація відомостей **27.01.2021, Бюл.№ 4**
про заяву:

(46) Публікація відомостей **31.03.2021, Бюл.№ 13**
про державну
реєстрацію:

(72) Винахідник(и):

**Ковзель Максим Анатолійович (UA),
Куцова Валентина Зіновіївна (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**Ковзель Максим Анатолійович,
вул. Телевізійна, 2, кв. 8, м. Дніпро, 49005 (UA),
Куцова Валентина Зіновіївна,
вул. Кірова, 8, кв. 9, м. Дніпро, 49089 (UA)**

(74) Представник:

Івченко Олег Андрійович

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

SU 1082854 A1, 30.03.1984
RS 20100121 A, 31.10.2011
SU 489806 A1, 30.10.1975
SU 985118 A1, 30.12.1982
SU 1014958 A1, 30.04.1983
JP 2008111156 A, 15.05.2008
CN 107881407 A, 06.04.2018

(54) ЗНОСОСТІЙКИЙ ЧАВУН

(57) Реферат:

Винахід належить до металургійної промисловості, зокрема до зносостійких чавунів. Зносостійкий чавун містить, мас. %: вуглець 2,3-2,8, хром 15,0-16,0, марганець 9,5-10,5, кремній 1,0-1,3, нікель 0,9-1,1, ванадій 0,1-0,2, мідь 0,1-0,2, церій 0,08-0,1, лантан 0,05-0,06, неодим 0,02-0,03, залізо - решта. Технічний результат: підвищенні якості зносостійкого чавуну.

UA 123427 C2

Винахід належить до металургійної промисловості, зокрема до зносостійких чавунів, що призначені для виготовлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного, ударно-абразивного зносу та зносу тертям при навантаженні та розігріві, наприклад, лопаток, дробометних апаратів, тіл, що мелють, прокатних валків, прокатного інструменту та траків гусеничних машин.

Відомо зносостійкий чавун (патент № 56-47944 (Японія), C22C 37/06), що містить вуглець, хром, марганець, кремній, залізо, у наступному співвідношенні, мас. %: вуглець 2,5-3,5; хром 8,0-30,0; марганець 2,0-4,0; кремній 0,3-1,5; залізо та домішки решта.

Недоліком цього технічного рішення є недостатня ударно-абразивна зносостійкість в умовах розігріву, що обмежує можливість його використання для деталей металургійного обладнання.

Відомо зносостійкий чавун, що містить вуглець, хром, марганець, кремній, ванадій, ітрій, мідь, залізо, мас. %: вуглець 2,6-3,2; хром 5,0-18,0; марганець 3,0-6,0; кремній 0,6-0,8; ванадій 0,15-0,25; ітрій 0,25-0,3; мідь 1,0-2,0; залізо решта (SU № 1344807, опубліковано 15.10.87, бюлетень № 38).

Недоліком є низька міцність, підвищений рівень напруги, яка формується при виготовленні виливки, а також низька зносостійкість.

Найближчим аналогом є чавун, що містить вуглець, кремній, марганець, алюміній, молібден, фосфор, залізо, азот, вольфрам і миш'як, в мас. %: вуглець 3,2-3,6; кремній 0,5-0,7; марганець 1,5-2,0; алюміній 0,1-0,2; молібден 0,2-0,3; фосфор 0,1-0,2; азот 0,08-0,12; вольфрам 2,0-3,0; миш'як 0,03-0,05; залізо інше (RU № 2006116041, опубліковано 27.11.2007.).

Недоліком цього чавуну є низькі показники міцності і твердості в литому стані, а, отже, в литому стані цей чавун не має необхідної стійкості в умовах ударно-абразивного зносу.

Аналіз відомих складів зносостійких чавунів показав, що вміст деяких елементів (вуглецю, марганцю, кремнію, залізо) у складі відомих технічних рішень чавунів не забезпечує останнім таких властивостей, які вони проявляють у сукупності з новими компонентами в технічному рішенні, що заявляється, а саме: підвищення абразивної, ударно-абразивної зносі зносостійкості та зносу тертям при навантаженні та розігріві.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення зносостійкості при абразивному, ударно-абразивному зносі та зносі тертям.

Поставлена задача вирішується тим, що зносостійкий чавун, що містить вуглець, кремній, марганець, залізо, згідно з винаходом, додатково містить хром, нікель, ванадій, мідь, церій, лантан, неодим, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %

вуглець	2,3-2,8
хром	15,0-16,0
марганець	9,5-10,5
кремній	1,0-1,3
нікель	0,9-1,1
ванадій	0,1-0,2
мідь	0,1-0,2
церій	0,08-0,1
лантан	0,05-0,06
неодим	0,02-0,03
залізо	решта.

У запропонованому складі вміст елементів забезпечує підвищення зносостійкості, міцності та ударної в'язкості.

Необхідність вмісту в чавуні компонентів у вище вказаних співвідношеннях обумовлена наступними особливостями.

Хром є головним легуючим елементом групи зносостійких чавунів, найважливішим за значенням і об'ємом застосування. Вмістом хрому в основі визначається прожарюваність і корозійна стійкість чавуну.

Хром може частково заміщати атоми заліза в орторомбічному карбіді заліза $(Fe, Cr)_3C$ або утворювати карбіди хрому, у яких частина атомів хрому заміщена залізом: тригональний $(Cr, Fe)_7C_3$ і кубічний $(Cr, Fe)_{23}C_6$. В α -залізі хром має необмежену розчинність, в γ -залізі розчиняється до 12 % Cr. Карбіди хрому мають значно більш високу твердість, ніж легований хромом цементит, і це позначається на зносостійкості й міцності чавунів. При відносно малому вмісті хрому нижче 12 % зносостійкість чавуну зменшується внаслідок утворення карбідів переважно цементитного типу $(Fe, Cr)_3C$.

При вмісті вуглецю нижче 2,4 % помітно знижується абразивна та ударно-абразивна зносостійкість внаслідок зменшення кількості карбідної фази. При збільшенні його вмісту більш

ніж 3,2 % зносостійкість також знижується в результаті появи в структурі великих заевтектичних карбідів, які окрихчують чавун та сприяють викришуванню.

Кремній у білому чавуні можна розглядати як легуючий елемент, що розподіляється при кристалізації між аустенітом та евтектичним розплавом. Кремній підвищує температуру евтектичної кристалізації, розширює інтервал евтектичного перетворення, перешкоджаючи переохолодженню, та зменшує вплив швидкості охолодження. При вмісті від 0,5 до 1,5 % кремній збільшує верхню критичну швидкість відбілювання чавуну, тобто зменшує його вибілювання. Кремній дуже сильно впливає на процес формування структури виливків як у ході затвердіння, так і при структурних змінах у твердому стані. Дослідженнями розподілу кремнію між фазами в білому чавуні встановлено, що при швидких швидкостях охолодження заготовок він практично цілком концентрується в матриці (фериті).

Легування марганцем зносостійкого чавуну стабілізує аустеніт у перлітній і проміжній областях, зрушуючи убік тривалих витримок лінії початку й кінця перетворення. Температура мартенситного перетворення при легуванні марганцем швидко знижується. Марганець може утворювати карбіди $Mn_{23}C_6$ і Mn_7C_3 , однак завдяки взаємозамінності атомів заліза й марганцю навіть у високолегованих чавунах спостерігається утворення лише легovanого цементиту $(Fe, Mn)_3C$. Концентрація марганцю в цементиті приблизно в 1,5 рази вище, ніж в аустеніті. При збільшенні вмісту марганцю до 4-5,5 % прожарюваність зносостійкого чавуну росте, перлітне перетворення подавляється, твердість збільшується. Однак одночасно із подавленням перлітного перетворення в результаті легування марганцем у цих кількостях температура мартенситного перетворення знижується нижче кімнатної, збільшується кількість залишкового аустеніту і його стабільність. При збільшенні вмісту марганцю до 14,5 % структура продуктів евтектоїдного перетворення стає усе більш тонкою. У результаті гальмування дифузії одного розпаду аустеніту й зниження температури мартенситного перетворення поряд з тонким перлітом з'являються мартенсит і залишковий аустеніт. При більш високому вмісті марганцю чавун має карбідо-аустенітну структуру. Повне гальмування перлітного перетворення спостерігалось при 4,8 % Mn (аустеніто-мартенситна основа). При вмісті марганцю 2,29 % весь аустеніт перетворювався в тонкий перліт, при 2,78 % Mn структура металевої основи була в основному мартенсито-аустенітної (з невеликими ділянками тонкого перліту), при 7,13 % Mn і більше - цілком аустенітної. Збільшення вмісту марганцю понад деяку межу приводить до швидкого зниження твердості чавуну незалежно від товщини виливків, що гартуються. Причиною цього зниження є збільшення кількості залишкового аустеніту в основі, хоча перлітне перетворення гальмується повністю.

Спільне легування залізовуглецевих сплавів хромом і марганцем дозволяє одержувати аустенітні структури з різним ступенем стабільності, що багато в чому визначається вмістом вуглецю.

Ванадій - аналогічно хрому стабілізує цементит; причому тим сильніше, чим більше його концентрація в чавуні. Він збільшує розчинність вуглецю в аустеніті трохи слабкіше, ніж титан, і зміщує евтектичну точку в сторону меншої концентрації вуглецю. Найбільший інтерес складає підвищення твердості евтектоїду під дією ванадію. Це дає можливість застосувати його при комплексному легуванні. Вміст нікелю в чавуні знаходиться в межах 0,9-1,2 %. Легування чавуну нікелем сприяє стабілізації аустеніту та розширює область γ - Fe. Вплив нікелю на твердість та зносостійкість чавуну подібно впливу марганцю. Особливо сильна дія нікелю робить при вмісті його до 3 %. При малих кількостях нікелю (до 1,3 %) спостерігається дендритна будова чавуну, дуже великі поля троститоутворюючого евтектоїду з включеннями вторинного цементиту та евтектика тонкої будови. Зі збільшенням вмісту нікелю до 3,43 % відзначена поява аустенітної структури з великогочастим мартенситом. При вмісті нікелю нижче 0,8 % чавун схильний до утворення тріщин, помітного збільшення корозійної стійкості матриці. Збільшення вмісту нікелю більше 1,0 % недоцільно, оскільки призводить до збільшення стабільності аустеніту й, як наслідок, до зниження твердості і зносостійкості чавуну.

Отже, по впливу на структуру вплив нікелю має деяку аналогію з марганцем: збільшення його вмісту призводить до гальмування дифузійного розпаду аустеніту, появи аустеніто-мартенситної структури, спостерігається схильність до утворення суцільних цементитних полів.

Присадка міді в чавун сприяє збільшенню його опору ударним навантаженням. Максимальна розчинність міді у залізі при температурі 1100 °C складає 10 %. Концентрація міді у твердому розчині зі зниженням температури зменшується і при температурі 700 °C дорівнює 0,35 %. Легуванням міддю можна підвищити твердість та зносостійкість чавуну. Великий ефект можна чекати при введенні міді в сполученні з іншими легуючими елементами (нікелем, хромом, ванадієм).

Рідкісноземельні метали. При виборі модифікаторів для заглушення виділення ледебуриту у чавуні та підвищення властивостей було прийнято до уваги, що відомі модифікатори (церій, лантан, неодим) значною мірою відрізняються один від одного за хімічною активністю, модифікуючим впливом, мають різні температури плавлення, кипіння, теплоти утворення сполук та енергії Гібса. Однозначно встановлено, що, наприклад, церій у вказаних межах сприяє підвищенню дисперсності матриці, зменшенню умовного розміру карбідів, що підвищує зносостійкість. При збільшенні вмісту церію вище верхніх границь виділяється велика кількість неметалевих включень, які зменшують термо- та зносостійкість чавунів. При вмісті нижче за нижні границі церію витрачаються тільки на рафінування розплаву. Комплексне модифікування вказаними модифікаторами (церій, лантан, неодим) призводить до переважного утворення CeO_2 , енергія Гібса котрого значно нижче, ніж у La_2O_3 . Таким чином, ураховуючи вищевикладене, встановили нижні границі вмісту вказаних елементів, що забезпечує заглушення виділення ледебуритної евтектики та перетворення її в пластиноподібну. За нашими даними нижні границі концентрацій модифікаторів повинні бути такими, мас. %: церій - 0,08, лантан - 0,05, неодим - 0,02. Зменшення концентрацій модифікаторів (будь-якого з вказаних) нижче за границі, що рекомендуються, не дозволяє повністю одержати пластиноподібну евтектику, у структурі присутній ледебурит, який призводить до зниження зносостійкості. Верхні границі концентрацій лантану, церію та неодиму визначали зі ступенем зростання мікротвердості карбідної фази. При концентраціях 0,1 % церію та 0,03 % неодиму (в комплексі з 0,06 % лантану) мікротвердість матриці була максимальною. Подальше збільшення концентрацій вказаних елементів не призводило до підвищення мікротвердості та, як наслідок, зносостійкості. Слід відзначити, що ступінь модифікуючого впливу індивідуальних елементів-модифікаторів, що розглянуто, значною мірою зростає при їх комплексному використанні та у більшості випадків модифікування індивідуальним елементом-модифікатором не дозволяє досягти результатів, що були одержані при комплексному модифікуванні. Механізм такого взаємного впливу у технічній літературі практично не описаний.

Отримання чавуну, згідно з винаходом, здійснюють наступним чином.

Експериментальні склади чавунів були виплавлені в промислових умовах у відкритій індукційній печі, ємністю 80 кг із основою футеровки тигля. Модифікування здійснювали таким чином модифікувальні елементи (церій, лантан, неодим) вводили у ківш перед випуском металу у вигляді фероцерієвої лігатури. При температурі $1500 \pm 5^\circ\text{C}$ чавун випускали у ківш з необхідною наважкою лігатур та при досягненні температури $1400-1450^\circ\text{C}$ заливали у просушені при температурі $150-200^\circ\text{C}$ піщано-глинисті форми. Для виплавки використовували наступні шихтові матеріали: передільний чавун, сталевий лом, ферохром (ФК001) - 13 %, феромарганець (ФМ-60) - 15,5 %, феросиліцій (ФС-70) - 0,9 %, нікель - 0,95 %.

Випробування зносостійкості здійснювали після термічної обробки зразків. Ударну в'язкість зносостійких чавунів визначали на зразках без надрізу за ГОСТ 9454-78 на машині ПСВО - 5 з максимальною енергією удару 294 Дж при нормальній ($+20^\circ\text{C}$) температурі випробувань. Для випробувань на ударно-абразивний знос застосовували механічно оброблені зразки у формі паралелепіпеда, розмірами $10 \times 10 \times 27$ мм. Випробування чавунів запропонованих складів проводили на спеціально сконструйованій установці, принцип дії якої заснований на ударно-абразивному зношуванні випробуваних зразків, що обертаються у горизонтальній площині в абразивному середовищі дробу (сталевий або чавунний). Зразки закріплювали на робочому валу, розташованому вертикально й нагвинченому на вал електродвигуна. Вал зі зразками розташовувався в спеціальній склянці із дробом. Швидкість обертання зразків становила 2850 хв^{-1} . У процесі роботи дріб чинив ударно-абразивний вплив на випробувані зразки. За еталон була прийнята сталь 45 твердістю 190 HRC. Відносну ударно-абразивну зносостійкість визначали відповідно до ГОСТ 27674-88.

Порівняння властивостей зносостійких чавунів різних складів показує, що зносостійкість в умовах ударно-абразивного зношування в дробі пропонованого чавуну оптимального складу перевершує зносостійкість відомих в 3 рази, що дозволяє підвищити термін служби виготовлених з нього деталей. Ефективність запропонованого винаходу полягає в підвищенні якості зносостійкого чавуну, економії металу за рахунок збільшення експлуатаційної довговічності.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 Зносостійкий чавун, що містить вуглець, кремній, марганець, залізо, який **відрізняється** тим, що він додатково містить хром, нікель, ванадій, мідь, церій, лантан, неодим, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	2,3-2,8
хром	15,0-16,0
марганець	9,5-10,5
кремній	1,0-1,3
нікель	0,9-1,1
ванадій	0,1-0,2
мідь	0,1-0,2
церій	0,08-0,1
лантан	0,05-0,06
неодим	0,02-0,03
залізо	решта.