

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 113108****(13) C2****(51) МПК****C22C 37/08 (2006.01)****C22C 37/10 (2006.01)**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2015 04873****(22)** Дата подання заявки: **19.05.2015****(24)** Дата, з якої є чинними права на винахід: **12.12.2016****(41)** Публікація відомостей про заявку: **25.11.2016, Бюл.№ 22****(46)** Публікація відомостей про видачу патенту: **12.12.2016, Бюл.№ 23****(72)** Винахідник(и):  
**Іванова Людмила Харитонівна (UA),  
Колотило Євген Вікторович (UA),  
Хричиков Валерій Євгенович (UA),  
Алексєєнко Андрій Сергійович (UA)****(73)** Власник(и):  
**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА  
АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ (НМетАУ),  
пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ, 49600  
(UA)****(56)** Перелік документів, взятих до уваги експертизою:  
UA 52337 C2, 16.12.2002  
RU 2355807 C1, 20.05.2009  
RU 2012660 C1, 15.05.1994  
RU 2006113310 A, 10.11.2007  
RU 2313600 C1, 27.12.2007  
JP H02153043 A, 12.06.1990**(54) ЧАВУН З ВЕРМИКУЛЯРНИМ ГРАФІТОМ****(57) Реферат:**

Винахід належить до чорної металургії, зокрема до складу зносостійких чавунів для виробництва інструмента деформації. Заявлений чавун містить, мас. %: вуглець - 3,0-3,6; кремній - 1,5-2,0; марганець - 0,4-0,6; хром - 0,4-0,6; нікель - 1,5-2,1; алюміній 0,1-0,3; титан - 0,3-0,5; мідь - 0,5-1,5; ніобій - 0,2-0,5; рідкісноземельні метали - 0,1-0,15; гафній - 0,08-0,12; залізо - решта. Завдяки легуванню чавуну гафнієм поліпшується структура матриці та зносостійкість, яка у запропонованому чавуні вище, ніж у найближчому аналогу, на 5-13 %.

**UA 113108 C2**



Винахід належить до чорної металургії, зокрема до розробки складу зносостійких чавунів для виробництва інструмента деформації.

Відомий чавун (А. с. № 1759941 СРСР, МКИ С22С 37/10, опубл. 1992 р.), який містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, алюміній, титан, мідь, рідкісноземельні елементи, залізо при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

5	вуглець	3,0-3,6
	кремній	1,6-2,8
	марганець	0,4-0,6
	хром	0,15-0,3
	нікель	0,6-1,2
	алюміній	0,1-0,3
	титан	0,3-0,5
	мідь	0,1-0,3
	рідкісноземельні метали	0,104-0,165
	залізо	решта.

Недоліком цього чавуна є низька зносостійкість для умов експлуатації інструмента деформації в колесопрокатному виробництві.

Найбільш близьким аналогом по технічній суті до складу, що заявляється, є чавун (Пат. № 2034087, RU, МКИ С22С 37/10, опубл. 1995р.), який містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, алюміній, титан, мідь, ніобій, рідкісноземельні метали, залізо при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

10	вуглець	3,0-3,6
	кремній	1,5-2,0
	марганець	0,4-0,6
	хром	0,4-0,6
	нікель	1,4-2,0
	алюміній	0,1-0,3
	титан	0,3-0,5
	мідь	0,5-1,5
	ніобій	0,2-0,5
	рідкісноземельні метали	0,1-0,15
	залізо	решта.

Недоліком цього чавуна є недостатньо високий показник зносостійкості для умов експлуатації інструмента деформації в колесопрокатному виробництві.

В основу винаходу поставлена задача одержання чавуну з підвищеною величиною зносостійкості, яку потребує сучасне виробництво.

15 Технічний результат полягає в тому, що у чавуні, додатково легованому гафнієм, досягається поліпшення структури матриці, а саме підвищений ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту, що дозволяє підвищити зносостійкість чавуну.

Зазначена задача вирішується тим, що в чавуні, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, алюміній, титан, мідь, ніобій, рідкісноземельні метали та залізо, згідно з винаходом в ньому додатково міститься гафній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

20	вуглець	3,0-3,6
	кремній	1,5-2,0
	марганець	0,4-0,6
	хром	0,4-0,6
	нікель	1,5-2,1
	алюміній	0,1-0,3
	титан	0,3-0,5
	мідь	0,5-1,5
	рідкісноземельні метали	0,1-0,15
	ніобій	0,2-0,5
	гафній	0,08-0,12
	залізо	решта.

Вплив окремих елементів на структуру і властивості чавуну дуже різноманітний, і так само є багато додаткових факторів, які можуть змінювати вплив того або іншого елемента. Змінний якісний і кількісний вплив різних елементів на структуроутворення сплавів ускладнює можливість їхньої класифікації за ознакою інтенсивності цього впливу, тим більше, що в багатьох випадках, наявність у сплаві двох карбідоутворюючих елементів не обов'язково посилює їх окремих вплив, а іноді нівелює його. Тому задача з підбирання легуючого комплексу,

25

зводилася до того, щоб нейтралізувати небажаний вплив окремих елементів і посилити їх спільний вплив.

Вміст хімічних елементів у чавуні обґрунтовується наступним:

5 Вуглець. Вуглець є одним з основних елементів, що визначає кількість і розміри графітних включень. При збільшенні його вмісту понад 3,6 % підвищується кількість графіту у чавуні і більше виділяється фериту, що призводить до різкого зменшення зносостійкості. При вмісту вуглецю менше нижньої границі, що рекомендується, значно зменшується ступінь графітизації і, як наслідок, зносостійкості.

10 Кремній у вибраних границях 1,5-2,0 % сумісно з нікелем зрівноважує дію карбідоутворюючих елементів. При зменшенні вмісту кремнію нижче за 1,5 % параметр графітизації чавуну (K<sub>Г</sub>) низький і такий чавун має низьку зносостійкість. Збільшення вмісту кремнію вище за 2,0 % призводить до виділення великої кількості графітних включень, що зменшує зносостійкість.

15 Марганець. Вміст у чавуні марганцю у вказаних границях дозволяє регулювати структуру матриці шляхом зміни ступеня дисперсності продуктів розпаду аустеніту. При вмістах марганцю нижче за 0,4 % він витрачається на нейтралізацію сірки та вплив його на збільшення дисперсності матриці незначний. Збільшення вмісту марганцю вище за 0,6 % призводить до виділення карбідної фази, що зменшує зносостійкість чавуну.

20 Хром. Запропонована концентрація хрому в комплексі з рештою легувальних компонентів забезпечує досягнення необхідного рівня зносостійкості. При концентраціях хрому менше за 0,4 % його вплив незначний, а при збільшенні їх понад 0,6 % в структурі виділяється карбідна фаза, що призводить до зменшення зносостійкості чавуну.

25 Нікель. У вказаних границях нікель нейтралізує карбідоутворюючу дію хрому, підвищує зносостійкість чавуну. При концентраціях нікелю менше за 1,5 % різко зменшується кількість графіту, що викликає зниження зносостійкості. Підвищення вмісту нікелю вище за 2,1 % не призводить до значних змін властивостей, а собівартість чавуну значно збільшується.

30 Алюміній. Вміст алюмінію в границях, що рекомендуються, забезпечує сумісно з легувальним та модифікувальним комплексом збільшення зносостійкості. При вмістах алюмінію менше за 0,1 % його вплив незначний, а при вмістах понад 0,3 % не спостерігається підвищення зносостійкості.

Титан, мідь, рідкісноземельні метали. Модифікування рідкісноземельними металами, легування міддю, титаном і нікелем дозволяє одержувати чавуни перлітного класу з графітними включеннями вермикулярної форми.

35 При вмістах рідкісноземельних металів менше за 0,1 % збільшується кількість графітних включень та вони набувають пластинчасту форму, що знижує зносостійкість чавуну. Збільшення вмісту рідкісноземельних металів понад 0,15% призводить до утворення графітних включень кулястої форми, що також не забезпечує досягнення поставленої мети.

40 При вмістах титану і міді у вказаних границях забезпечується стабільне одержання перлітної матриці і значне розширення зони існування графітних включень вермикулярної форми. Зменшення концентрації титану і міді нижче за нижчі границі, що пропонуються, призводить, з одного боку, до зменшення зносостійкості, а з іншого - до звуження області існування графітних включень вермикулярної форми. Введення титану і міді понад верхні границі викликає зниження зносостійкості, не розширює зону існування графітних включень вермикулярної форми.

45 Ніобій. При вмістах ніобію у вказаних концентраціях чавун має оптимальне значення зносостійкості. Зменшення вмісту ніобію менше за 0,2 % не дозволяє досягнути необхідного рівня зносостійкості, а збільшення понад 0,5 % не призводить до значного збільшення зносостійкості.

50 Гафній у запропонованому чавуні виявляє перлітоутворюючий вплив на структуру металевої матриці та підвищує дисперсність перліту, при цьому збільшується зносостійкість. При вмістах гафнію менше за 0,08 % цей вплив незначний, підвищення ж вмісту вище за 0,12 % призводить до зменшення зносостійкості.

Для оцінки властивостей, запропонованого чавуну і його структурного стану, у порівнянні із найближчим аналогом, отримали експериментальний чавун.

Були застосовані наступні шихтові матеріали:

- 55
- чавун переробний ПВК1, ПВК2, ПВК3 ДСТУ 3133-95;
  - чавун ливарний Л1, Л2 ДСТУ 3132-95;
  - брукхт сталевий №1,2,3 ДСТУ 4121:2002;
  - феросиліцій ФС75 ДСТУ 4127:2002;
  - феромарганець ФМн78, ФМн70 ДСТУ 3547-97.

Експериментальні плавки проводили в силітовій печі. Після розплавлення шихти та досягненні температури  $1500 \pm 5$  °С зчищували шлак та вводили гафній у вигляді гафнієвої лігатури такого складу, мас. %: гафній 90, нікель решта. Потім вводили легувальні елементи (хром, мідь) вводили у вигляді феросплавів у піч та наприкінці рідкісноземельні метали, ніобій,

- 5 титан і нікель у вигляді лігатури такого складу, мас. % :  $\Sigma \text{РЗМ} - 30$ , Nb - 10, Ti - 15, Ni - 30, Fe - решта. При досягненні металом температури  $1320 \pm 5$  °С заливали кокільні форми.

Чавун відомого сплаву виплавляли за тією ж технологією.

Таблиця

Хімічний склад і властивості чавуну, що заявляється, та прототипу

Сплав	№ вар.	Вміст хімічних елементів, мас. %												Зносостійкість, г
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Ti	Cu	$\Sigma \text{РЗМ}$	Nb	Hf	Fe	
Чавун за прототипом	1	3,0	1,5	0,4	0,4	1,4	0,1	0,3	0,5	0,100	0,2	-	решта	0,023
	2	3,6	2,0	0,6	0,6	2,0	0,3	0,5	1,5	0,150	0,5	-	«	0,024
	3	3,3	1,75	0,5	0,5	1,7	0,2	0,4	1,0	0,125	0,35	-	«	0,024
Чавун, що заявляється	4	3,0	1,5	0,4	0,4	1,5	0,1	0,3	0,5	0,100	0,2	0,08	«	0,022
	5	3,6	2,0	0,6	0,6	2,1	0,3	0,5	1,5	0,150	0,5	0,12	«	0,021
	6	3,3	1,75	0,5	0,5	1,8	0,2	0,4	1,0	0,125	0,35	0,10	«	0,021

- 10 З одержаних виливків (висота 100, діаметр - 20 мм) вирізали зразки для металографічних досліджень та випробування зносостійкості. Зносостійкість сплаву визначали на установці СМЦ-2 при терті ковзання з зусиллям 700 МПа. Дослідні склади чавунів та результати випробувань наведені у таблиці.

- 15 Як видно з таблиці, поставлена задача досягнута. Зносостійкість запропонованого чавуну вище, ніж відомого, на 5-13 %.

Винахід, що заявляється, оснований на теоретичних розробках, підтверджених експериментальними даними та може бути багаторазово відтворений у виробництві.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20

Чавун з вермикулярним графітом, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, алюміній, титан, мідь, ніобій, рідкісноземельні метали та залізо, який **відрізняється** тим, що він додатково містить гафній, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець 3,0-3,6  
 кремній 1,5-2,0  
 марганець 0,4-0,6  
 хром 0,4-0,6  
 нікель 1,5-2,1  
 алюміній 0,1-0,3  
 титан 0,3-0,5  
 мідь 0,5-1,5  
 ніобій 0,2-0,5  
 рідкісноземельні метали 0,1-0,15  
 гафній 0,08-0,12  
 залізо решта.

25

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

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