



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99218** (13) **C2**
(51) МПК (2012.01)
C22C 33/08 (2006.01)
C22C 37/00
C22C 37/10 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2011 06603	(72) Винахідник(и): Іванова Людмила Харитонівна (UA), Хричиков Валерій Євгенович (UA), Колотило Євген Вікторович (UA), Калашнікова Аліна Юріївна (UA), Самойленко Анна Геннадіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.05.2011	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.07.2012	
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.05.2012, Бюл.№ 10	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ, пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ, 49600 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2012, Бюл.№ 14	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA, 88745, C2, 10.11.2009 SU, 1227706, A1, 30.04.1986 RU, 2006111860, A, 27.10.2007 RU, 2327772, C2, 20.11.2007 JP, 64011943, A, 17.01.1989 JP, 64011942, A, 17.01.1989

(54) ЧАВУН ЗНОСОСТІЙКИЙ

(57) Реферат:

Винахід належить до чорної металургії. Заявлено зносостійкий чавун, що містить, мас. %: вуглець – 3,5-4,2, кремній – 1,2-1,8, марганець – 2,5-4,0, нікель – 1,5-2,5, ніобій – 0,05-0,10, титан – 0,02-0,25, церій – 0,06-0,10, ітрій – 0,06-0,10, лантан – 0,04-0,08, неодим – 0,04-0,08, гафній – 0,02-0,08 та залізо - решта. Технічний результат: одержання чавуну з підвищеною характеристикою ударостійкості.

UA 99218 C2

Винахід належить до чорної металургії, зокрема до розробки складу чавуну для виготовлення литих деталей, що мають підвищену зносостійкість та міцність (молотні тіла, прокатні валки та ін.).

Відомий чавун (А.с. № 1227706 СРСР МКИ С22С 37/00 опубл. Б.І. № 16, 1986 р.), який

5 містить по мас. %:

вуглець	3,5-4,2
кремній	1,2-1,8
марганець	2,5-4,0
нікель	1,5-2,5
ніобій	0,05-0,10
титан	0,2-0,25
церій	0,06-0,10
ітрій	0,06-0,10
лантан	0,04-0,08
неодим	0,04-0,08
гафній	0,02-0,08
залізо	решта.

Недоліком цього чавуна є недостатня ударостійкість та міцність через наявність у структурі значної кількості ледебуритної евтектики.

Найбільш близьким по технічній суті до складу, що заявляється, є чавун (Пат. № 88745 Україна МКИ С22С 37/00 опубл. Б.І. № 21, 2009 р.), що взятий як найближчий аналог, який

10

містить вуглець, кремній, марганець, нікель, ніобій, титан, церій, ітрій, лантан, неодим, залізо, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	3,5-4,2
кремній	1,2-1,8
марганець	2,5-4,0
нікель	1,5-2,5
ніобій	0,05-0,10
титан	0,2-0,25
церій	0,06-0,10
ітрій	0,06-0,10
лантан	0,04-0,08
неодим	0,04-0,08
гафній	0,02-0,08
залізо	решта.

Чавун має низьку ударостійкість та недостатню міцність.

В основу винаходу поставлена задача одержання чавуну з підвищеною характеристикою ударостійкості, яку потребує сучасне виробництво.

15

Технічний результат досягається тим, що у чавуні, додатково легованому гафнієм, досягається підвищений ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту, що дозволяє підвищити його ударостійкість. Крім того, модифікування церієм, ітрієм, лантаном і неодимом у вказаних границях сприяє кристалізації чавуну за метастабільною системою, що дозволяє підвищити ударостійкість та міцність чавуну.

20

Зазначена задача вирішується тим, що в чавуні зносостійкому, що містить вуглець, кремній, марганець, нікель, ніобій, титан, церій, ітрій, лантан, неодим, залізо, додатково міститься гафній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець	3,5-4,2
кремній	1,2-1,8
марганець	2,5-4,0
нікель	1,5-2,5
ніобій	0,05-0,10
титан	0,2-0,25
церій	0,06-0,10
ітрій	0,06-0,10
лантан	0,04-0,08
неодим	0,04-0,08
гафній	0,02-0,08
залізо	решта.

За наявними у авторів відомостями сукупність ознак, що заявляються та характеризують суть чавуну, є раніше невідомою. Таким чином, запропонований винахід відповідає критерію "новизна".

Вплив окремих елементів на структуру і властивості чавуну дуже різноманітний, і так само є багато додаткових факторів, які можуть змінювати вплив того або іншого елементу. 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 окремий вплив, а іноді нівелює його. Тому задача з підбирання легуючого комплексу, зводилася до того, щоб нейтралізувати небажаний вплив окремих елементів і посилити їх спільний вплив.

Вміст хімічних елементів у чавуні обґрунтовується наступним:

Вуглець. Є основним зміцнювачем залізовуглецевих сплавів і відповідно при концентраціях у межах 3,5-4,2 мас. % забезпечує мартенситну структуру і підвищену зносостійкість чавуну. Верхня практична границя вмісту вуглецю у більшості випадків обумовлюється евтектичним складом, тому що при більш високому вмісті вуглецю з'являються надлишкова карбідна фаза (первинний цементит), що відповідно приводить до окрихчування чавуну і зросту зносу. При вмісті вуглецю менше нижньої границі, що рекомендується, значно зменшується кількість карбідної фази, що приводить до зниження твердості й, як наслідок, зносостійкості.

Кремній в вибраних границях нейтралізує карбідизуючу дію марганцю, тобто забезпечує одержання необхідного ступеня графітизації чавуну (Кг). При зменшенні вмісту кремнію нижче 1,2 мас. % параметр графітизації чавуну Кг низький, а тому такий чавун має недостатню міцність. Збільшення вмісту кремнію вище верхньої границі, що рекомендується, не дозволяє одержати білий безграфітний чавун.

Марганець. Найбільші міцність та зносостійкість білих чавунів з пластинчастою евтектикою й високотвердими спеціальними карбідами ніобію можуть бути досягнуті тільки на разі, якщо вони знаходяться у твердій і міцній матриці. В чавуні, що пропонується для одержання мартенситної матриці, передбачається легування марганцем у границях 2,6-4,0 мас. % в комбінації з 1,5-2,5 нікелю. Зменшення концентрації марганцю нижче 2,5 мас. % не дозволить одержати мартенситну матрицю, у структурі буде присутнім тростит, що зменшує зносостійкість. Підвищення вмісту марганцю більше за 4,0 мас. % не призводить до подальшого поліпшення властивостей.

Нікель. Як вже вказувалося вище, границі вмісту нікелю вибрано, виходячи з необхідності одержання мартенситної матриці. Нижня границя вмісту нікелю, що забезпечує в комбінації з 2,5-4,0 мас. % марганцю одержання мартенситної матриці складає 1,5 мас. %. Оптимальну міцність та зносостійкість забезпечує легування 2,5 мас. % нікелю. Підвищення концентрації нікелю більше за 2,5 мас. % до значного збільшення властивостей не призводить, а собівартість такого чавуну зростає значно.

Ніобій. У запропонованому чавуні однією з причин підвищення зносостійкості є утворення високотвердих спеціальних карбідів найсприятливішої форми. Досягається це сумісним введенням ніобію та титану. За нашими даними оптимальним вмістом ніобію є 0,05-0,10 мас. %. При вмісті ніобію менше за 0,05 мас. % в комплексі з 0,15-0,20 мас. % титану кількість карбідів ніобію мала й зносостійкість таких чавунів менше оптимальної. Підвищення ж вмісту ніобію вище за 0,10 мас. % (при 0,20-0,25 мас. % титану) не призводить до подальшого збільшення зносостійкості.

Титан. Роль титану у запропонованому чавуні подвійна: утворення дисперсних високо твердих карбідів титану та зміна на більш сприятливу форми карбідів ніобію. Найбільш високі значення зносостійкості досягаються при концентраціях титану 0,20-0,25 мас. % та наявності 0,05-0,10 мас. % ніобію. При вмісті титану менше за 0,20 мас. % зносостійкість чавуну значно зменшується, а збільшення його концентрацій понад 0,25 мас. % не призводить до подальшого росту зносостійкості.

Рідкісноземельні метали. При виборі модифікаторів для заглушення виділення ледебуриту у білому чавуні та підвищення властивостей було прийнято до уваги, що відомі модифікатори (церій, ітрій, 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, максимальну мікротвердість цементиту та перліту дозволяє одержати модифікування ітрієм та лантаном, а фериту - модифікування церієм та неодимом. Механізм такого впливу в теперішній час вивчено недостатньо. Комплексне модифікування вказаними модифікаторами призводить до переважному утворенню CeO_2 , енергія Гібса котрого значно нижче, ніж у La_2O_3 та Y_2O_3 . Таким

чином, враховуючи 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 - 0,06, ітрій - 0,06, лантан - 0,04, неодим - 0,04. 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 ітрію та лантану визначали зі ступенем зростання мікротвердості карбідної фази. При концентраціях 0,1 мас. % ітрію та 0,08 мас. % лантану мікротвердість карбідної фази була максимальною. Подальше збільшення вмісту цих елементів призводило до утворення великої кількості неметалевих включень, які зменшували зносостійкість. Враховуючи, що церій у першу чергу витрачається на рафінування розплаву, розраховували максимально необхідні його вмісти, а потім за ступенем зростання мікротвердості матриці визначали максимальну його концентрацію. Верхня границя неодиму також визначали за ступенем зростання мікротвердості матриці. При вмістах 0,1 мас. % церію та 0,08 мас. % неодиму (в комплексі з 0,1 мас. % ітрію та 0,08 мас. % лантану) мікротвердість матриці була максимальною. Подальше збільшення концентрацій вказаних елементів не призводило до підвищення мікротвердості та, як слідство, зносостійкості. Слід відмітити, що ступінь модифікуючого впливу індивідуальних елементів-модифікаторів, що розглянуто, значною мірою зростає при комплексному використанні та у більшості випадків модифікування індивідуальним елементом-модифікатором не дозволяє досягти результатів, що були одержані при комплексному модифікуванню. Механізм такого взаємного впливу у технічній літературі практично не описаний.

Гафній. У запропонованому чавуні виявляє перлітоутворюючий вплив на структуру металевої матриці та підвищує дисперсність перліту, за цього збільшуються показники міцності та ударостійкості. При вмістах гафнію менше за 0,02 мас. % цей вплив незначний, підвищення ж вмісту вище за 0,08 мас. % призводить к зменшенню міцнісних властивостей.

Суть винаходу, що заявляється, не визначена у явному вигляді з відомого авторам рівня техніки. Сукупність ознак, які характеризують відомі рішення, не забезпечують досягнення нових властивостей, і тільки наявність означеної відмінної ознаки дозволяє одержати новий технічний результат. Таким чином, винахід, що заявляється відповідає критерію "винахідницький рівень".

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

Були застосовані наступні шихтові матеріали:

чавун переробний ПВК1, ПВК2, ПВК3 ДСТУ 3133-95;

чавун ливарний Л1, Л2 ДСТУ 3132-95;

чавун валковий ЧВ-1, ЧВ-2 ГОСТ 1465-80;

лом сталі 1А, 2А, 3А ГОСТ 2787-75;

феросиліцій ФС75 ГОСТ 1415-91;

феромарганець ФМн78, ФМн70 ДСТУ 3547-97.

Легувальні елементи відповідали таким параметрам:

феротитан ФТи30 ГОСТ 4761-91;

фероніобій ФНБ60 ГОСТ 4765-91.

Експериментальні плавки проводили в індукційній печі з кислотою футеровкою, вага шихти 40 кг. Після розплавлення шихти потужність печі знижували до 30-40 % від максимальної, знімали шлак періоду плавлення, заміряли температуру та вводили гафній у вигляді гафнієвої лігатури такого складу, мас. %: гафній 90, залізо решта. При доводці сплаву при температурі металу 1520-1530 °С вводили феросплави ніобію та титану.

Модифікування робили таким чином: модифікувальні елементи (церій, ітрій, лантан, неодим) вводили у ківш перед випуском металу у вигляді ітрій-церієвої та лантан-неодимової лігатур такого складу, мас. %:

1) ітрій	15-20
церій	15-20
вуглець	0,3-0,5
кальцій	0,4-0,5
кремній	30-35
залізо	решта,
2) лантан	15-20
неодим	15-20
вуглець	0,3-0,5
кальцій	0,4-0,5

кремній 30-35
залізо решта.

При температурі 1500 ± 5 °C чавун випускали у ківш з необхідною наважкою модифікаторів та при досягненні температури $1330 \dots 1340$ °C заливали у циліндрні форми. Виливки мали розміри: 1) куля діаметром 60 мм, 2) циліндр діаметром 50 мм, висотою 200 мм. З цих виливків вирізали зразки для хімічного аналізу, металографічних досліджень, випробування границі міцності при розтягу, ударостійкості та зносостійкості. Випробування границі міцності при розтягу проводили за стандартним методом. Випробування ударостійкості проводили за кількістю ударів до руйнування литої кулі при падінні її з висоти 6 м. Зносостійкість сплаву визначали на установці СМЦ-2 при терті ковзання з зусиллям 700 МПа. Мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ-3 при навантаженні 500 Н. Хімічний аналіз та властивості запропонованого чавуну та найближчого аналогу наведені у таблиці.

Як видно з таблиці, поставлена задача досягнута. Ударостійкість запропонованого чавуну вище відомого на 9-13 %, а міцність - на 3-4 % при високому рівні зносостійкості.

Винахід, що заявляється, засновано на теоретичних розробках, підтверджених експериментальними даними, та може бути багаторазово відтворений у виробництві. Таким чином, винахід, що заявляється, відповідає умові "промислова придатність".

Таблиця

Хімічний склад і властивості чавуну, що заявляється, та найближчого аналогу

Сплав	№ вар	Хімічний склад, мас. %											Властивості			
		C	Si	Mn	Ni	Nb	Ti	Ce	Y	La	Nd	Hf	Ударостійкість, разів	Зносостійкість, г	σ_B , МПа	Мікротвердість матриці, МПа
Чавун, що заявляється	1	3,5	1,2	2,5	1,5	0,05	0,20	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	2590	0,018	685	9320
	2	4,2	1,8	4,0	2,5	0,10	0,25	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	2680	0,017	690	9650
	3	3,9	1,4	3,3	2,0	0,08	0,23	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05	2635	0,016	680	9560
	4	3,8	1,42	3,3	2,1	0,02	0,23	0,08	0,078	0,06	0,065	0,01	2300	0,022	660	9260
	5	3,8	1,4	3,3	2,0	0,15	0,23	0,08	0,08	0,063	0,06	0,09	2400	0,014	660	9450
Чавун за прототипом	6	3,5	1,2	2,5	1,5	0,05	0,20	0,06	0,06	0,04	0,04	-	2365	0,018	655	9200
	7	4,2	1,8	4,0	2,5	0,10	0,25	0,10	0,10	0,08	0,08	-	2400	0,016	668	9550
	8	3,9	1,4	3,3	2,0	0,08	0,23	0,08	0,08	0,06	0,06	-	2350	0,015	660	9400

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Чавун зносостійкий, що містить вуглець, кремній, марганець, нікель, ніобій, титан, церій, ітрій, лантан, неодим та залізо, який **відрізняється** тим, що він додатково містить гафній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглець 3,5-4,2
кремній 1,2-1,8
марганець 2,5-4,0
нікель 1,5-2,5
ніобій 0,05-0,10
титан 0,2-0,25
церій 0,06-0,10
ітрій 0,06-0,10
лантан 0,04-0,08
неодим 0,04-0,08
гафній 0,02-0,08
залізо решта.

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

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

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