



УКРАЇНА

(19) UA (11) 93797 (13) C2

(51) МПК (2011.01)  
C22C 37/10 (2006.01)  
C22C 33/00  
C22C 37/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЧАВУН

1

2

(21) а200912968

(22) 14.12.2009

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл. № 5, 2011 р.

(72) ХРИЧИКОВ ВАЛЕРІЙ ЄВГЕНОВИЧ, ІВАНОВА  
ЛЮДМИЛА ХАРИТОНІВНА, КОЛОТИЛО ЄВГЕН  
ВІКТОРОВИЧ, ШЛЯПІН ІВАН ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
ШАПРАН ЛЮДМИЛА ОЛЕКСАНДРІВНА, ХИТЬКО  
ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ  
УКРАЇНИ

(56) UA, 88121, C2, 10.09.2009

UA, 88745, C2, 10.11.2009

SU, 1227706, A1, 30.04.1986

SU, 1696562, A1, 07.12.1991

EA, 200101207, A1, 27.06.2002

JP, 60211050, A, 23.10.1985

JP, 2008156688, A, 10.07.2008

(57) Чавун, що містить вуглець, кремній, марга-  
нець, нікель, ніобій, титан, церій, ітрій, лантан,  
неодим та залізо, який відрізняється тим, що він  
додатково містить мідь при наступному співвідно-  
шенні компонентів, мас. %:

вуглець	3,5-4,2
кремній	1,2-1,8
марганець	2,5-4,0
нікель	1,5-2,5
ніобій	0,05-0,1
титан	0,20-0,25
мідь	3,4-1,0
церій	0,06-0,10
ітрій	1,06-0,10
лантан	0,04-0,08
неодим	0,04-0,08
залізо	решта.

Винахід відноситься до чорної металургії, зокрема до розробки складу чавуну для виготовлення литих деталей, що мають підвищені ударостійкість та міцність (прокатні валки, молельні тіла та ін.).

Відомий чавун [А.с. № 1227706 СРСР МКИ C22C 37/00 опубл. Б.І. № 16, 1986р.], який містить по мас. %:

вуглець	3,5-4,2
кремній	1,2-1,8
марганець	2,5-4,0
нікель	1,5-2,5
ніобій	0,15-0,30
церій	0,06-0,10
ітрій	0,06-0,10
лантан	0,04-0,08
неодим	0,04-0,08
залізо	решта.

Недоліком цього чавуна є недостатня міцність через наявність у структурі великої кількості ледебуритної евтектики.

Найбільш близьким по технічній сутності до складу, що заявляється, є чавун [Пат. №88745 Україна МКИ C22C 37/10 опубл. Бюл. №21,

2009р.], що взятий як найближчий аналог, який 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	0,05-0,1
Титан	0,20-0,25
Церій	0,06-0,10
Ітрій	0,06-0,10
Лантан	0,04-0,08
Неодим	0,04-0,08
Залізо	решта.

Цей чавун має недостатню міцність та ударостійкість.

В основу винаходу поставлена задача одержання чавуну з підвищеними характеристиками ударостійкості та міцності, яких потребує сучасне виробництво.

Технічний результат досягається тим, що у чавуні, додатково легованому міддю, досягається

(13) C2

(11) 93797

(19) UA

підвищений ступінь дисперсності продуктів евтектичного перетворення аустеніту, що дозволяє підвищити міцність чавуну та його ударостійкість.

Зазначена задача вирішується тим, що в чавуні, що містить вуглець, кремній, марганець, нікель, ніобій, титан, церій, ітрій, лантан, неодим, залізо, додатково міститься мідь 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	0,05-0,1
Титан	0,20-0,25
Мідь	0,4-1,0
Церій	0,06-0,10
Ітрій	0,06-0,10
Лантан	0,04-0,08
Неодим	0,04-0,08
Залізо	решта.

За наявними у авторів відомостями сукупність ознак, що заявляються та характеризують сутність чавуну є раніше невідомими. 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 карбидоутворюючих елементів не обов'язково посилює їх окремих 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 залізвуглецевих сплавів і відповідно при концентраціях у межах 3,5-4,2 мас.% забезпечує мартенситну структуру і підвищену міцність 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 зменшенню його міцності. При вмісті вуглецю менше нижньої границі, що рекомендується, значно зменшується кількість карбідної фази, що приводить до зниження ударостійкості.

Кремній в обраних границях нейтралізує карбидизуючу дію марганцю, тобто забезпечує одержання необхідного ступеня графітизації чавуну (Kg). При зменшенні вмісту кремнію нижче 1,2 мас.% параметр графітизації чавуну Kg 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 ударостійкість 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 2,5-4,0 мас.% в комбінації з 1,5-2,5 мас.% нікелю. Зменшення концентрації марганцю нижче 2,5 мас.% не дозволить одержати мартенситну матрицю, що зменшує ударостійкість. Підвищення вмісту марганцю більше за 4,0 мас.% не призводить до подальшого поліпшення властивостей.

Нікель. Як вже вказувалося вище, границі вмісту нікелю обрано 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 ударостійкість 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 міцності є утворення спеціальних карбідів найсприятливішої форми. Досягається це сумісним введенням ніобію та титану. За нашими даними оптимальним вмістом ніобію є 0,05-0,10%. При вмісті ніобію менше за 0,05 мас.% в комплексі з 0,15-0,20 мас.% титану кількість карбідів ніобію невелика й міцність 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 міцності.

Титан. Роль титану у запропонованому чавуні подвійна: утворення дисперсних карбідів титану та зміна на більш сприятливу форми карбідів ніобію. Найбільш високі значення міцності 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.% міцність чавуну зменшується, а збільшення його концентрації понад 0,25 мас.% не призводить до подальшого росту міцності.

Мідь. У запропонованому чавуні виявляє перлітизуючий вплив на структуру металевої матриці та підвищує дисперсність перліту, через це збільшуються показники міцнісних властивостей. При вмістах міді менше за 0,4 мас.% цей вплив незначний, підвищення ж вмісту вище за 1,0 мас.% призводить до виділення її по границях дендритів аустеніту та до зменшення міцнісних властивостей.

Рідкісноземельні метали. При виборі модифікаторів для пригнічення виділення ледебуритної евтектики 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 на теперішній час вивчено недостатньо. Комплексне модифікування вказаними модифіка-

торами призводить до переважного утворення оксиду  $\text{CeO}_2$ , енергія Гібса котрого значно нижча, ніж у оксидів  $\text{La}_2\text{O}_3$  та  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Таким чином, враховуючи вищевикладене, встановили нижні границі вмісту вказаних елементів, що забезпечує пригнічення 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 міцності та ударостійкості. 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 міцність чавуну. 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. 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 модифікуванні. Механізм такого взаємного впливу у технічній літературі практично не описаний.

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;
- титан губчастий ТГ-130 ДСТУ 3079-95;
- мідь вогневого рафінування відходів міді марки МЗ ГОСТ 859-78.

Експериментальні плавки проводили в індукційній печі з кислото футеровкою, вага шихти 40 кг. Після розплавлення шихти потужність печі знижували до 30-40% від максимальної, зчищали шлак періоду плавлення, заміряли температуру. При доводці сплаву при температурі металу 1520-1530°C вводили феросплави ніобію та титану. Мідь вводили наприкінці плавки перед випуском розплаву із печі.

Модифікування робили таким чином: модифікувальні елементи (церій, ітрій, лантан, неодим) вводили у ківш перед випуском металу у вигляді ітрію-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  $1500 \pm 5^\circ\text{C}$  чавун випускали у ківш з необхідною наважкою модифікаторів та при досягненні температури  $1330-1340^\circ\text{C}$  заливали у кокільні форми. Виливки мали розміри: 1) куля діаметром 60 мм, 2) циліндр діаметром 50 мм та висотою 200 мм. З цих виливків вирізали зразки для хімічного аналізу, металографічних досліджень, випробування границі міцності при розтягу та ударостійкості. Випробування границі міцності при розтягу проводили за стандартним методом. Мікротвердість перліту вимірювали на приладі ПМТ-3 при навантаженні 500 Н.

Випробування ударостійкості проводили за кількістю ударів до руйнування литої кулі при падінні її з висоти 6 м. Хімічний аналіз та властивості запропонованого чавуну та найближчого аналога наведені у таблиці.

Як видно з таблиці, поставлена мета досягнута. Ударостійкість запропонованого чавуну вище, ніж відомого на 5-9%, а міцність - на 4-13%.

Винахід, що заявляється, засновано на теоретичних розробках, підтверджених експериментальними даними та може бути багаторазово відтворений у виробництві. Таким чином, винахід, що заявляється, відповідає критерію "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	Cu	Ce	Y	La	Nd	Ударо- стійкість, разів	$\sigma_B$ , МПа	Мікрот- вердість матриці, МПа
Чавун, що заявляється	1	3,5	1,2	2,5	1,5	0,05	0,20	0,4	0,06	0,06	0,04	0,04	2490	690	9600
	2	4,2	1,8	4,0	2,5	0,10	0,25	1,0	0,10	0,10	0,08	0,08	2600	745	9700
	3	3,9	1,4	3,3	2,0	0,08	0,23	0,7	0,08	0,08	0,06	0,06	2540	715	9640
Чавун за найближчим аналогом	6	3,5	1,2	2,5	1,5	0,05	0,20	-	0,06	0,06	0,04	0,04	2365	655	9200
	7	4,2	1,8	4,0	2,5	0,10	0,25	-	0,10	0,10	0,08	0,08	2400	668	9550