



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93799** (13) **C2**
(51) МПК (2011.01)
C22C 37/00
C22C 33/06 (2006.01)
C22C 37/08 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ЧАВУН ДЛЯ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ

1

(21) а200912995
(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
(73) НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ
(56) SU, 985124, 30.12.1982
RU, 2194790, C1, 20.12.2002
US, 20070023106, A1, 01.02.2007
US, 4863533, 05.09.1989
(57) Чавун для прокатних валків, що містить вуг-
лець, кремній, марганець, хром, нікель, мідь, ва-

2

надій, ітрій, церій, залізо, який **відрізняється** тим,
що містить компоненти у наступному співвідно-
шенні, мас. %:

вуглець	2,8-3,2
кремній	1,5-2,5
марганець	0,4-0,6
хром	0,3-0,5
нікель	0,8-1,2
мідь	0,8-1,5
ванадій	0,15-0,30
ітрій	0,05-0,15
церій	0,04-0,08
залізо	решта.

Винахід відноситься до чорної металургії, зок-
рема до розробки складу термостійкого та міцного
чавуну для прокатних валків.

Відомий чавун (А. с. №358404 СРСР МКИ
C22C 37/00 опубл. №34, 1972р.), який містить по
мас. %:

вуглець -	1,8-3,2
кремній -	0,5-1,0
марганець -	0,4-0,9
хром -	0,3-1,0
нікель -	0,3-1,2
мідь -	0,25-3,0
ванадій -	0,10-1,0
залізо -	решта.

Недоліком цього чавуна є низький рівень міц-
ності через пластинчасту форму графіту у його
структурі.

Найбільш близьким по технічній сутності до
складу, що заявляється, є чавун узятий як най-
ближчий аналог (А. с. №985124 СРСР МКИ C22C
37/10 опубл. №48, 1982р.), який містить вуглець,
кремній, марганець, хром, нікель, мідь, ванадій,
ітрій, церій, залізо, при наступному співвідношенні
компонентів, мас. %:

вуглець -	1,8-3,2
кремній -	1,5-2,5

марганець -	0,4-0,9
хром -	0,3-1,0
нікель -	0,3-1,2
мідь -	0,01-3,0
ванадій -	0,05-1,0
ітрій -	0,05-0,15
церій -	0,04-0,08
залізо -	решта.

Недоліками наведеного чавуну є низькі термо-
стійкість та відносне подовження, які в умовах ек-
сплуатації прокатних валків, що характеризуються
великими термоциклічними та динамічними наван-
таженнями, є причиною їх передчасного виходу з
ладу на переточки та за поперечними поломками;
високий модуль пружності чавуну є причиною ви-
никнення високих напружень у бочці валка, що
приводить до відвалу торців робочого шару боч-
ки.

В основу винаходу поставлена задача одер-
жання чавуну з підвищеними характеристиками
термостійкості та відносного подовження, а також
зменшеним модулем пружності чавуну, яких пот-
ребує сучасне виробництво.

Технічний результат досягається тим, що у
чавуні, який містить вуглець, кремній, марганець,
хром, нікель, мідь, ванадій, ітрій, церій, залізо, з

(19) **UA** (11) **93799** (13) **C2**

метою підвищення стійкості валків вміст сильних карбідизуючих елементів (ванадію, хрому, марганцю) зменшується, а графітизуючих елементів (вуглецю, кремнію) збільшується. Фізико-механічні випробування та металографічні дослідження зразків від валків, що передчасно вийшли з експлуатації, показали, що їх чавун характеризується підвищеною кількістю крихкої карбідної мікроструктурної складової та малою кількістю графіту, а макроструктура - значною транскристалічністю, що й обумовило низькі термостійкість та відносне подовження, а також високий модуль пружності валкового чавуну. Найменшу експлуатаційну стійкість мали валки з високою концентрацією міді і ванадію, які вийшли з експлуатації по полумкам шийок та мали у структурі квазіпластичний та вермикулярний графіт замість кулястого через демодифікуючий вплив міді та ванадію. Таким чином, було встановлено необхідність оптимізації хімічного складу чавуну шляхом зміни границь вмістів компонентів, що входять в нього.

Зазначена задача вирішується тим, що в чавуні, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, мідь, ванадій, ітрій, церій, залізо, компоненти містяться у наступному співвідношенні, мас. %:

Вуглець -	2,8-3,2
Кремній -	1,5-2,5
Марганець -	0,4-0,6
Хром -	0,3-0,5
Нікель -	0,8-1,2
Мідь -	0,8-1,5
Ванадій -	0,15-0,30
Ітрій -	0,05-0,15
Церій -	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».

Вміст хімічних елементів у чавуні обґрунтовується наступним:

Вуглець, У границях 2,8-3,2мас.% вуглець забезпечує одержання необхідної кількості цементиту у структурі чавуну для досягнення необхідної стійкості валків та одержання необхідного ступеня його евтектичності для досягнення високих ливарних властивостей (високої рідкотекучості, малої усадкової раковини). Зменшення вмісту вуглецю (менше за 2,8мас.%) призводить до підвищення модулю пружності, зниження зносостійкості та погіршення ливарних властивостей. Підвищення концентрації вуглецю більше за 3,2мас.% супроводжується збільшенням розмірів і кількості включень графіту у структурі шийок валків, що веде до зменшення міцності, ударної в'язкості та відносно подовження.

Кремній в обраних границях (1,5-2,5мас.%) нейтралізує карбідизуючу дію ванадію, хрому та марганцю, тобто забезпечує (сумісно з нікелем та міддю) одержання необхідного ступеня графітизації чавуну (Kg), який є регулятором твердості (оброблюваності) шийок валків. Кремній збільшує перерозподіл хрому між аустенітом і цементитом, що сприяє одержанню «інвертованої структури» та

підвищенню мікротвердості цементиту за рахунок легування його хромом.

При зменшенні вмісту кремнію менше за 1,5мас.% параметр графітизації чавуну (Kg) низький, а тому в структурі шийок валків, не вважаючи на низьку швидкість охолодження затверділого в них металу, є багато цементиту та спостерігається пухкість металу. Збільшення вмісту кремнію понад 2,5мас.% призводить до збільшення аномальності перліту та появи крихкого силікокарбіду, що є причиною зменшення в'язкості, відносного подовження та термостійкості.

Марганець у вказаних границях (0,4-0,6мас.%) дозволяє регулювати структуру матриці шляхом зміни ступеня дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту. Такий його вплив до концентрації 0,4мас.% не виявляється. Однак, марганець при вмісті його понад 0,6мас.% розтягує перехідну макроструктурну зону у бочках валків, збільшує транскристалічність, підвищує кількість цементиту у шийках валків, зменшує термостійкість та відносне подовження. Тому у чавуні складу, що заявляється, його вміст було обмежено 0,6мас.% за рахунок підвищення нижніх границь вмісту нікелю і міді, вплив котрих на ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту більш інтенсивний, ніж у марганцю, вони також підвищують ступінь графітизації. Це забезпечило підвищення відносного подовження без зменшення зносостійкості та міцності. Оскільки зменшення концентрації марганцю супроводжується зменшенням транскристалічності чавуну, то він забезпечує й зменшення схильності до утворення міжкристалітних тріщин при термоциклічних навантаженнях валків.

Хром у вказаних границях (0,3-0,5мас.%) забезпечує необхідну твердість за рахунок легування та підвищення мікротвердості цементиту. До концентрації 0,3мас.% його вплив на твердість незначний, а при вмістах понад 0,5мас.%, через сильний відбілюючий вплив хрому, значно збільшується кількість цементиту, що супроводжується зменшенням відносного подовження, а також збільшенням модулю пружності. Тому верхня границя вмісту хрому у чавуні складу, що заявляється, зменшена з 1 до 0,5мас.%.

Ванадій у вказаних границях (0,15-0,30мас.%) збільшує розгілкованість дендритів передевтектичного аустеніту, що сприяє усуненню транскристалічності та зменшенню безперервності карбідної мікроструктурної складової. Це забезпечує підвищення термостійкості та пластичності чавуну. При вмісті ванадію менше за 0,15мас.% такий його вплив виявляється малим, а при вмісті більше за 0,30мас.% аналогічно хрому ванадій виявляє відбілюючу дію та збільшує кількість крихкого цементиту, що призводить до зменшення відносного подовження, а також збільшення модулю пружності. Оскільки ванадій знижує розчинність міді у чавуні та посилює демодифікуючий її вплив, що проявляється у появі квазіпластинчастого і вермикулярного графіту, верхня границя його вмісту у чавуні була зменшена з 1 до 0,3мас.%. Така зміна концентрації ванадію обґрунтовується також його більшою дефіцитністю та високою вартістю.

Нікель у границях 0,8-1,2мас.% підвищує ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту та сумісно з кремнієм та міддю компенсує відбілюючий вплив хрому, ванадію та марганцю, зменшуючи їх негативний вплив на пластичність. Підвищуючи розчинність міді, нікель зменшує її демодифікуючий вплив. Витискуючи хром з матриці та сприяючи зниженню безперервності карбідної мікроструктурної складової, нікель полегшує одержання «інвертованої структури». Однак при подальшому підвищенні (понад 1,2мас.%) концентрації нікелю до 3мас.% (границя появи у структурі голкуватих структур) вплив його на дисперсність продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту виявляється малим. Обмеження верхньої границі вмісту у чавуні нікелю до 1,2мас.% обґрунтовується також його високою вартістю.

Мідь у вказаних границях (0,8-1,5мас.%) аналогічно нікелю підвищує ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту. Однак на відміну від нікелю вона має обмежену розчинність, а тому такий її вплив носить не монотонний, а екстремальний характер з екстремумом у границях 0,8-1,5мас.%. З обмеженою розчинністю міді пов'язано й її демодифікуючий вплив у чавуні з кулястим графітом. Тому верхня границя концентрації міді у чавуні зменшена з 3 до 1,5мас.%.

Ітрій (сумісно з церієм) у запропонованих границях забезпечують «інверсію» карбідної фази (зменшення умовного розміру карбідів та збільшення протяжності границь карбідної фази) та одержання кулястої форми графіту, що сприяє підвищенню термостійкості та відносного подовження, а також зменшенню модулем пружності чавуну. При концентраціях, менших за запропоновані, кристалізація ледебуриту повністю не придушується, а при більших вмістах, ніж запропоновані, у структурі виділяється велика кількість неметалевих включень, які зменшують зносостійкість чавуну.

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 перерахованих відмінних ознак дозволяє одержати новий технічний результат. Таким чином, винахід, що заявляється, відповідає критерію «винахідницький рівень».

При розробці винаходу шляхом оптимізації хімічного складу чавуну найближчого аналога метал виплавляли в індукційній печі ЛПЗ-67. З метою підвищення точності хімічного складу чавуну, що виплавляли, та виключення впливу різномірної шихти, використовували як шихту болванки, котрі були одержані з єдиного розплаву. Метал у печі нагрівали до температури 1500°C, вводили в нього феросплави, виливали у ківш з рідкісноземельними металами та розливали у сухі форми з піщано-глинистої суміші при температурі 1320-1330°C. Відлиті проби мали розміри: діаметр 50, довжину 200 мм. З цих проб вирізали зразки для визначення фізико-механічних властивостей, термостійкості і проведення металографічних досліджень. Випробування відносного подовження проводили за стандартною методикою. Термостійкість сплаву визначали на автоматичній установці. Зразки підлягали циклічному нагріванню до температури 650±10°C та охолодженню у водяній ванні при температурі 20±2°C, максимально наближуючись до теплової роботи валків. Модуль пружності визначали ультразвуковим методом на приладі УЗІС-ЛЕТІ. Дослідні склади чавунів та результати випробувань наведені у таблиці.

Як видно з таблиці, поставлена мета досягнута. Термостійкість запропонованого чавуну вище, ніж відомого на 17-33%, відносне подовження на 24-32%, а зменшення модулю пружності складо 16-20%.

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 застосовність».

Таблиця

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

Сплав	№ вар	Вміст хімічних елементів, мас. %										Властивості		
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	Y	Ce	Fe	Кількість термоциклів до руйнування зразка	Відносне подовження, %	Модуль пружності, МПа
Чавун, що заявляється	1	2,8	1,5	0,4	0,3	0,6	0,8	0,15	0,05	0,04	решта	98	4,6	179000
	2	3,0	2,0	0,5	0,4	0,4	1,0	0,21	0,10	0,06	«	112	4,9	174000
	3	3,2	2,5	0,6	0,5	0,4	1,2	0,30	0,15	0,08	«	104	4,8	172000
Чавун за найближчим аналогом	4	2,5	2,0	0,65	0,65	0,75	1,50	0,51	0,10	0,06	«	84	3,7	214000

