



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55674 (13) U  
(51) МПК  
C22C 37/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ЧАВУН З КУЛЯСТИМ ГРАФІТОМ

1

2

(21) u201005881

(22) 17.05.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл.№ 24, 2010 р.

(72) ШЕЙКО АНАТОЛІЙ АНТОНОВИЧ, БУБЛИКОВ  
ВАЛЕНТИН БОРИСОВИЧ, ЗЕЛЕНИЙ БОРИС  
ГРИГОРОВИЧ, ЛАТЕНКО ВОЛОДИМИР ПЕТРО-  
ВИЧ, ЯСИНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРО-  
ВИЧ, БЕРЧУК ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ, БАЧИН-  
СЬКИЙ ЮРІЙ ДМИТРОВИЧ, НЕСТЕРУК ОЛЕНА  
ПЕТРІВНА

(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТА-  
ЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ

(57) Чавун з кулястим графітом, що містить вуг-  
лець, кремній, марганець, хром, алюміній, магній,  
кальцій, рідкісноземельні метали (РЗМ), залізо,  
який відрізняється тим, що додатково містить  
титан, бор, азот, барій, мідь при наступному спів-  
відношенні компонентів, мас. част., %:

вуглець	3,30-3,80
кремній	2,20-3,20
марганець	0,20-0,60
хром	0,10-0,25
мідь	0,005-0,30
бор	0,001-0,005
азот	0,002-0,006
магній	0,030-0,060
кальцій	0,010-0,025
РЗМ	0,005-0,010
барій	0,005-0,020
титан	0,01-0,03
алюміній	0,01-0,05
залізо	решта,

як неминучі домішки в сплаві присутні в масових  
частках, %:

фосфор  $\leq 0,09$ , сірка  $\leq 0,025$ .

Корисна модель відноситься до галузі ливар-  
ного виробництва, а саме - до застосування чаву-  
ну з кулястим графітом для лиття тонкостінних  
виливків.

Відомий склад чавуну для литих виробів (А.С.  
СРСР, № 602591, C22C37/10, "Чавун", БВ № 14,  
1978) - прототип.

Чавун-прототип є чавуном феритного класу.  
Поєднання високої міцності та високої пластично-  
сті дозволяє застосовувати його для тонкостінних  
відповідальних виливків в хімічному, нафтовому  
машинобудуванні, гірничодобувній та вугільній  
галузях.

Але цьому чавуну бракує втомної міцності че-  
рез відсутність достатньої кількості перлітної скла-  
дової в структурі металевої матриці, що знижує  
опір чавуну з кулястим графітом дії циклічних на-  
вантажень і не забезпечує підвищення межі ви-  
тривалості в умовах циклічного розтягування або  
тиску, а також в умовах згину, а саме при таких  
параметрах експлуатуються литі деталі сучасних  
машин та обладнання.

Мета корисної моделі полягає в одержанні ча-  
вуну з кулястим графітом з оптимальним співвід-  
ношенням структурних складових металевої мат-

риці (фериту і перліту), яке забезпечує високу  
втомну міцність в умовах розтягування, або тиску  
згину.

Поставлена задача вирішується тим, що ча-  
вун, який містить вуглець, кремній, марганець,  
магній, РЗМ (рідкісноземельні метали), кальцій, алю-  
міній, фосфор, сірку, хром, залізо, згідно з корис-  
ною моделлю, додатково містить бор, азот, барій,  
мідь, титан при наступному співвідношенні компо-  
нентів, мас. част. %:

вуглець	3,30-3,80
кремній	2,20-3,20
марганець	0,20-0,60
хром	0,10-0,25
мідь	0,005-0,30
бор	0,001-0,005
азот	0,002-0,006
магній	0,030-0,060
кальцій	0,010-0,025
РЗМ	0,005-0,010
барій	0,005-0,020
титан	0,01-0,03
алюміній	0,01-0,05
залізо	решта.

(13) U

(11) 55674

(19) UA

Як неминучі домішки в сплаві присутні, в масових частках %:

фосфор	0,04-0,09
сірка	0,008-0,025.

Вибір граничних меж компонентів в чавуні запропонованого складу обумовлений наступними обставинами.

Вуглець в кількості 3,30-3,80 % та кремній в кількості 1,90-3,20 % дозволяють одержати структуру чавуну з кулястим графітом як доєвтектичного складу при нижній межі цих компонентів, так і евтектичного чи заєвтектичного складу при верхніх їх межах.

Окрім того, кремній сприяє кристалізації чавуну за стабільною системою. Слід зазначити, що перевищення верхньої межі по вмісту кремнію сприяє утворенню кремнієвого фериту, що приводить до крихкості цього сплаву. Нижня межа по кремнію (2,20 %) обумовлена його графітизуючим впливом, який при подальшому зменшенні кількості кремнію стає недостатнім.

Марганець в межах 0,20-0,60 % дозволяє одержати в чавуні в литому стані з зазначеними вище межами кремнію і вуглецю ферито-перлітну структуру.

Нижня межа (0,20 %) по марганцю обумовлена можливістю одержати показник відносного подовження більш ніж 10 % при виготовленні тонкостінних виливків. Верхня межа (0,60 %) обумовлена можливістю одержання необхідного рівня перлітної складової в структурі чавуну в виливках з товщинами стінок 10 мм і більше.

Мідь є перлітоутворюючим елементом. Нижня межа по міді (0,005 %) обумовлена наявністю домішок міді в металевій шихті, верхня межа (0,30 %) - необхідністю додаткового легування чавунів у виливках, які охолоджуються з швидкістю понад 10 °C/c.

Титан за рахунок створення тугоплавких сполук TiN і TiCN утворює при твердінні сплаву додаткові центри кристалізації, що приводить до диспергування литої структури, зменшення ліквідації і, як наслідок, до підвищення утомної міцності. Нижня межа (0,01 %) обумовлена застосуванням в шихті рафінованих чушкових чавунів. Верхня межа (0,03 %) обумовлена погіршенням ступеню сфероїдизації графіту.

Хром, як і марганець, є сильно карбідоутворюючим елементом, який підвищує міцність і твердість чавуну. Тому верхня межа по вмісту хрому не перевищує 0,22 %. Нижня межа (0,10 %) обумовлена наявністю хрому в металевій шихті, яка використовується при плавках чавунів.

Магній є модифікатором, що сфероїдує графіт. Нижня межа по вмісту магнію (0,03 %) обумовлена необхідністю стабільного одержання кулястого графіту в чавуні. Верхня межа (0,06 %) обумовлена величиною розчинності магнію в рідкому розплаві.

РЗМ є модифікатором і десульфуратором чавуну, нейтралізує дію домішок демодифікуючих елементів. РЗМ сприяє одержанню сіркових включень кулястої форми, що позитивно впливає на пластичні властивості чавуну. Нижня межа (0,005%) обумовлена застосуванням рафінованих

чавунів. Верхня межа (0,010 %) обумовлена подальшим підвищенням схильності чавуну до відбілювання.

Кальцій є інтенсивним десульфуратором чавуну. Нижня межа (0,005 %) обумовлена застосуванням при плавках рафінованого чушкового чавуну з низьким вмістом сірки. Верхня межа (0,025%) обумовлена застосуванням звичайних чушкових чавунів і феросиліцію.

Барій є інокулятором і графітизатором модифікованого чавуну. Барій активно сприяє подрібненню включень кулястого графіту і евтектичного зерна, що значно знижує ліквідацію карбідоутворюючих елементів, а також фосфору. Нижня межа (0,005 %) обумовлена ефективністю графітизуючого впливу барію при застосуванні внутрішньоформового модифікування, верхня межа (0,020 %) обумовлена підвищенням вмістом в чавуні РЗМ і хрому. Барій, по ефективності дії на процес графітоутворення, значно перевищує дію стронцію і робить зайвим використання цього елемента.

Наявність в складі чавуну таких зародкутворюючих елементів як бор, азот сприяє одержанню дрібнозернистої перлітної складової металевої основи, викликає подрібнення і підвищення кількості включень графіту кулястої форми.

Введення в чавун бору в кількості 0,001-0,005% викликає утворення спеціальних тугоплавких боридів, карбідів, що служать зародками в процесі кристалізації сплаву та сприяють подрібненню зерна і кулястого графіту в чавуні, стабілізації структури і властивостей чавуну.

Азот в кількості 0,002-0,006 % утворює в рідкому чавуні важкорозчинні нітриди марганцю, які сприяють подрібненню структури і графіту чавуну. Під впливом азоту підвищується мікротвердість фериту і перліту, а в кожній з цих структурних складових підвищується степінь однорідності. Нижня межа (0,002 %) обумовлена необхідністю збільшення об'єму перлітної фази в чавуні доєвтектичного складу, який містить до 0,6% марганцю. Верхня межа (0,006 %) обумовлена необхідністю підвищення дисперсності структурних складових металевої матриці чавуну.

Алюміній є графітизатором і розкислювачем литого сплаву. Нижня межа (0,01 %) обумовлена рівнем рафінування чавуну при його модифікуванні, верхня межа (0,05 %) - введенням алюмінію в якості додаткового графітизатора.

Фосфор і сірка є домішковими компонентами. Вміст фосфору (0,04-0,09 %) і сірки (0,008-0,025%) обумовлені як якістю шихтових матеріалів, так і дією рафінуючих і модифікуючих елементів, які задіяні при виробництві цього сплаву.

Суть корисної моделі пояснюється конкретними прикладами виконання.

Для виготовлення зразків для одержання механічних властивостей були проведені плавки чавунів в індукційній печі ІСТ 06 в тиглі з кислотою футеровкою. Хімічний склад чавунів наведених в таблиці 1. Механічні властивості і мікроструктура чавуну-прототипу (плавки 1, 2) і запропонованого чавуну (плавка 3, 4) наведені в таблиці 2, а показники втомної міцності, які одержані на гладких зра-

зках з чавунів з кулястим графітом при циклічних навантаженнях наведені в таблиці 3.

Таким чином, чавун запропонованого складу в порівнянні з чавуном-прототипом має більш високу втомну міцність, а саме:

при випробуванні при розтягуванні на 18-30 %;  
при випробуванні при згині на 10-20 %;  
при випробуванні під тиском на 20-35 %.

Таблиця 1

Хімічний склад чавуну-прототипу (плавка 1, 2) і запропонованого чавуну (плавка 3, 4)

Компонент	Хімічний склад, масова частка, %			
	1	2	3	4
C	3,61	3,11	3,80	3,30
Si	2,70	3,20	2,20	3,20
Mn	0,47	0,88	0,60	0,20
Cr	0,17	0,10	0,22	0,10
Cu	-	-	0,005	0,30
Ti	-	-	0,01	0,03
Sr	0,048	0,005	-	-
Al	0,09	0,20	0,05	0,01
Mg	0,055	0,08	0,06	0,03
Ca	0,01	0,01	0,005	0,025
Ba	-	-	0,005	0,02
P3M	0,043	0,003	0,01	0,005
B	-	-	0,005	0,001
N	-	-	0,006	0,002
S	0,009	0,01	0,008	0,025
P	0,05	0,05	0,09	0,040
Fe	решта	решта	решта	решта

Таблиця 2

Механічні властивості та мікроструктура  
чавуну-прототипу (плавка 1, 2) і запропонованого чавуну (плавка 3, 4)

Чавун	Механічні властивості			Мікроструктура			
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Форма включень графіту	Діаметр включень графіту, мкм	Кількість включень графіту,	Кількість перліту в металевій матриці, %
1	600	22,0	170	ШГф 4, ШГф5	15-50	ШГ6, ШГ10	10
2	550	12,0	170	ШГф4, ШГф5.	15-40	ШГ6, ШГ10	20
3	480	12,0	217	ШГф4, ШГф5	25-40	ШГ6, ШГ10	40
4	450	10,0	202	ШГф4, ШГф5	25-50	ШГ6, ШГ10	30

Таблиця 3

Втомна міцність чавуну-прототипу (1, 2) і запропонованого чавуну (3, 4)

Чавун плавка	Межа витривалості гладких зразків, МПа		
	При розтягуванні	При тиску	При згині
1	130	400	230
2	135	440	235
3	170	530	260
4	160	550	270

