



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38928 (13) U
(51) МПК
C22C 37/10 (2008.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЗНОСОСТІЙКИЙ ЧАВУН

(21) u200810347

(22) 12.08.2008

(24) 26.01.2009

(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.

(72) ПЛАТОНОВ ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ФЕ-
ДОРОВ ГРИГОРІЙ ЄГОРОВИЧ, UA, КУЗЬМЕНКО
АНАТОЛІЙ ЮХИМОВИЧ, UA, ЯМШИНСЬКИЙ МИ-
ХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ", UA(57) Зносостійкий чавун, який містить залізо, вуг-
лець, кремній, хром, марганець, карбідоутворюва-
льний компонент, що включає титан, ніобій та цир-
коній, який відрізняється тим, щокарбідоутворювальний компонент складає 0,06-
0,11мас. частин від вмісту вуглецю, при цьому він
додатково містить бор або сурму, а вміст елемен-
тів складає, мас. %:

вуглець	2,6-3,0
кремній	0,8-1,4
хром	17,0-22,0
марганець	3,2-4,2
титан	0,16-0,25
ніобій	0,13-0,19
цирконій	0,11-0,17
бор	0,002-0,004
або сурма	0,05-0,08
залізо	решта.

Корисна модель належить до області металур-
гії, зокрема до створення зносостійкого чавуну,
який працює в умовах інтенсивного абразивного
або гідроабразивного зносу (наприклад для виго-
товлення зносостійких деталей багерних насосів).

Відомий зносостійкий чавун [авторське свідоц-
тво СРСР №1695698, кл. C22C37/10, 1991р.], що
містить мас. %: вуглець - 2,77-3,26, кремній - 0,90-
1,37, марганець - 2,43-3,10, хром - 16,5-20,4, ні-
кель - 1,88-2,21, титан - 0,06-0,10, ванадій - 0,61-
1,19, бор - 0,004-0,007, сурма - 0,10-0,30, кальцій -
0,02-0,06, мідь - 0,16-0,23, залізо - решта. Недолі-
ками цього чавуну є недостатня зносостійкість і
низька тріщиностійкість, а також наявність в його
складі дорогого нікелю.

Найбільш близьким за хімічним складом до
запропонованого чавуну є зносостійкий чавун [па-
тент України №52337, опубл. 16.01.2006р., бюл.
№1, част.1], що містить мас. %: вуглець - 2,5-5,5,
марганець - 2,5-3,5, хром - 12,0-22,0, кремній - 1,0-
2,0, молібден - 1,3-3,0, мідь - 1,0-2,0, кальцій -
0,002-0,005, магній - 0,03-0,04, церій - 0,02-0,04,
гафній - 1,0-2,0, ніобій - 1,0-2,0, ванадій - 2,0-4,0,
алюміній - 2,0-10,0, залізо - решта. Недоліками

цього чавуну є недостатня зносостійкість та низька
технологічність.

Задача корисної моделі полягає в підвищенні
зносостійкості литих деталей в гідроабразивному
середовищі та їх тріщиностійкості під час виготов-
лення оптимізацією складу чавуну.

Поставлена задача вирішується тим, що в
зносостійкому чавуні, який містить: залізо, вуглець,
хром, кремній і марганець карбідоутворювальний
компонент складає 0,06-0,11мас. частин від вмісту
вуглецю в будь-якій сукупності елементів з ряду:
титан, ніобій, цирконій, додатково містить бор або
сурму, а вміст елементів чавуну складає, мас. %:
вуглець - 2,6-3,0, кремній - 0,8-1,4, хром - 17,0-
22,0, марганець - 3,2-4,2, титан - 0,16-0,25, і/або
ніобій - 0,13-0,19, і/або цирконій - 0,11-0,17, бор -
0,02-0,04, або сурма - 0,05-0,08, решта - залізо.

В табл.1 наведені приклади конкретних хіміч-
них складів чавунів, в табл. 2 - залежність власти-
востей чавунів від їх складу.

Вибраний діапазон вмісту вуглецю (2,6-3,0)
забезпечує евтектичну мікроструктуру чавуну. При
вмісті вуглецю менше 2,6% в мікроструктурі з'яв-
ляються дендритні включення продуктів розпаду

(13) U

(11) 38928

(19) UA

первинного аустеніту, які сприяють вибіркового абразивному зносу сплаву.

При вмісті вуглецю більше 3,0% в мікроструктурі формуються крупні гексагональні і голковидні включення первинних карбідів, які порушують суцільність металу, знеміцнюють його і роблять крихким сплав, зменшуючи його опір зносу. Крім того, частини крупних заевтектичних карбідів можуть самі бути додатковим абразивним матеріалом після викришування із металевої основи.

Вибір діапазону вмісту хрому (17,0-22,0%) пояснюється необхідністю формування високолегованої матриці, яка має високу зносостійкість, з вкрапленими гексагональними карбідами типу $(Fe, Cr)_7C_3$, які мають максимальну мікротвердість.

При вмісті хрому більше 22,0% в структурі чавуну з'являється значна кількість фериту, що сприяє зниженню зносостійкості сплаву, хоча твердість при цьому продовжує трохи рости через деяке збільшення кількості карбідів.

При вмісті хрому менше 17,0% різко знижується зносостійкість чавуну при одночасному зниженні твердості і ливарних властивостей.

Вміст марганцю підвищено до 3,2-4,2% з метою попередження феритизації матриці в процесі термічного оброблення литих деталей. Крім того, виявлено значне покращання експлуатаційних властивостей при спільному легуванні марганцем і хромом в даних межах.

Вміст кремнію в межах 0,8-1,4% є звичайним для білих чавунів, які виплавляються на шихті із стандартних матеріалів.

Титан (0,16-0,25%), ніобій (0,13-0,19%) і цирконій (0,11-0,17%) вводяться в чавун для утворення дисперсних евтектичних карбідів і підвищення їх мікротвердості легуванням. Спеціальні карбіди і карбонітриди титану, ніобію, цирконію а також комплексні карбіди типу $(Ti, Nb, Zr)C$ відрізняються максимальною мікротвердістю і евтектика на їх основі ефективно чинить значний опір абразивному зносу. Сполуки титану, ніобію та цирконію, які видокремлюються в процесі охолодження із рідкого розчину, слугують додатковими центрами кристалізації карбідної фази, сприяють подрібненню евтектики і підвищують зносостійкість чавуну.

Виявлено, що для запропонованого складу чавуну і для таких карбідоутворювальних елементів, як титан, ніобій, та цирконій, кількість карбідоутворювального компонента в інтервалі 0,06-0,11мас. частин від вмісту вуглецю дає найвищий ефект проявлення найкращої сукупності властивостей чавуну. Це стосується вибору карбідоутворювального компонента як кожного з цих елементів, так і будь-якої їх сукупності за умови використання їх в зазначених межах. Додержування цього критерію дало можливість одержати більш гарантований вибір оптимального складу чавуну, який задовольняє вимогам щодо необхідних параметрів, тобто підвищення зносостійкості та тріщиностійкості, а також більш точно визначати межі, в яких знаходиться інтервал значень вмісту всіх інших компонентів в порівнянні з прототипом.

Бор в чавуні є добавкою, яка підвищує зносостійкість чавуну після додавання його в чавун в межах 0,002-0,004%, при більших його добавках різко знижується пластичність чавуну.

Присадка сурми (0,05-0,08%) сприяє помітному підвищенню твердості і зносостійкості. Це пояснюється тим, що сурма виявляє вплив не тільки на евтектичне перетворення, але і на кристалізацію аустеніту. Сурма, переміщуючи евтектичну точку в бік меншого вмісту вуглецю, збільшує кількість евтектики і подрібнює її. При подальшому підвищенні присадки сурми твердість і зносостійкість сплаву падають.

Відомо, що комплексне легування більшою кількістю елементів при малому вмісті кожного з них більш ефективно впливає на властивості сплавів, ніж легування одним чи двома елементами при більшому їх вмісті. Це пояснюється тим, що легуючі елементи впливають на властивості сплавів не аддитивно, а по-своєму підсилюючи один одного, тобто проявляють синергійний ефект. Введення в чавун активних карбідоутворювачів - титану, ніобію, цирконію, а також бору, суттєво підвищує мікротвердість складнолегованих карбідів, а зміцнення матричного зв'язка евтектичних карбідів введенням сурми суттєво підвищує абразивну стійкість чавуну при невеликих динамічних навантаженнях. Таким чином, після введення вказаних елементів у чавун спостерігається синергійний ефект їх дії, який найбільшою мірою проявляється при вказаному вище співвідношенні компонентів.

Чавун виплавляли методом сплавлення шихтових компонентів в індукційній електропечі з нагрівом до $1430 \pm 10^\circ C$.

Випробування зразків усіх виплавлених чавунів здійснювали за однаковою методикою. Усі зразки для випробувань піддавали термічному обробленню за наступним режимом:

- нагрівання до $790^\circ C$ із швидкістю $70^\circ C/год.$;
- витримання при температурі $790^\circ C$ протягом 2 год.;
- охолодження на повітрі.

Випробування на знос здійснювали на лабораторній роторній установці із швидкістю обертання 540 об./хв. протягом 8 год. Як абразив використовували кар'єрний пісок із середньою зернистістю 0,2 мм. Інтенсивність зносу визначали за втратою маси зразка в мг/год.

Тріщиностійкість чавуну визначали за допомогою кільцевої технологічної проби діаметром 160 мм, висотою 100 мм, товщиною стінки 7 мм і робочою ділянкою 30х30 мм по всій висоті проби за величиною площі тріщини в mm^2 . Твердість виплавлених чавунів визначали твердоміром ТК-14-250 в од. HRC.

Запропонований чавун можна використовувати для виготовлення зносостійких литих деталей багерних насосів в теплоенергетиці, гірничодобувній галузі тощо. Підвищення роботоспроможності багерних насосів на теплових електростанціях сприяє зменшенню простоїв устаткування, а також витрат на проведення ремонтних робіт.

Таблиця 1

Хімічний склад чавунів, масових %

Елементи	№№ чавунів							
	Прототип	1	2	3	4	5	6	7
C	2,86	2,60	2,69	2,73	2,78	2,81	2,93	3,0
Mn	2,91	3,26	3,35	3,43	3,61	3,78	4,02	4,39
Cr	19,1	17,1	18,3	18,8	19,5	20,4	21,3	22,0
Si	1,22	0,81	0,95	0,97	1,13	1,40	1,23	1,31
Mo	1,41							
Cu	1,12							
Ca	0,002							
Mg	0,03							
Cl	0,03							
G	1,15							
Al	2,35							
V	2,14							
Nb	1,35			0,14		0,17		0,15
Ti		0,16	0,16	0,16	0,16		0,18	0,18
Zr			0,11		0,12		0,11	
B		0,002	0,003	0,004				0,003
Sb					0,05	0,06	0,08	
Fe	решта	решта	решта	решта	решта	решта	решта	решта
$\Sigma(Ti, Nb, Zr)$		0,16	0,17	0,30	0,28	0,17	0,29	0,33
$\Sigma\%C$		0,06	0,10	0,11	0,10	0,06	0,10	0,11

Таблиця 2

Властивості чавунів

№№ чавунів	Відносна тріщинистість	Твердість, HRC	Знос, мг	Відносна зносостійкість
Прототип	1	49	48	1
1	1,14	54	37	1,30
2	1Д9	57	35	1,37
3	1,22	58	34	1,41
4	1,24	53	36	1,33
5	1Д8	54	35	1,37
6	1Д9	56	38	1,26
7	1,15	55	36	1,33