



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37761 (13) A

(51) 6 C22C37/00, 37/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ЧАВУН ДЛЯ МОЛОЛЬНИХ ТІЛ

(21) 2000042091

(22) 12.04.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Тістечок Василь Дмитрович, Лушпа Анатолій  
Олексійович, Колос Віктор Петрович, Адамов Іван  
Васильович, Бойко Леонід Григорович, Епштейн  
Костянтин Едуардович(73) Товариство з обмеженою відповідальністю  
науково-виробнича фірма "Явір"(57) Чавун для молольних тіл, що містить вуглець,  
кремній, марганець, хром, нікель і залізо, який від-різняється тим, що додатково містить титан і маг-  
ній при такій пропорції компонентів (у мас.%):

вуглець	2,7-3,3
кремній	1,5-2,3
марганець	0,6-0,8
хром	0,12-0,18
нікель	0,9-1,5
титан	0,01-0,03
магній	0,03-0,05
залізо	решта.

Винахід відноситься до металургії і ливарного виробництва, до дослідження високоміцних чавунів з кулевидним графітом для відливок, що працюють в умовах абразивного зносу і значних ударних навантажень, зокрема для крупних молольних тіл кульових млинів гірничорудної і цементної промисловостей (кулі діаметром 100-125 мм).

Відомий високоміцний чавун з кулевидним графітом для відлиття молольних тіл (Поддубний А.Н. и др. Выбор состава высокопрочного чугуна для получения мелющих шаров прокаткой и литьем в кокиль: Литейное производство. 1997. № 5, с. 22) такого хімічного складу, мас.%:

вуглець	3,5-3,8
кремній	2,4-3,0
марганець	0,3-0,5
хром	0,2-0,4
молібден	0,1-0,2
алюміній	0,05-0,1
магній	0,04-0,06
залізо	решта.

Чавун може мати як домішки до 0,07% фосфору і до 0,01% сірки. Недоліками відомого чавуну є недостатній рівень твердості (180-300 HB) через наявність в його структурі великої кількості фериту, що зумовлює при використанні його для відлиття молольних тіл їх низьку стійкість при експлуатації в умовах ударно-абразивного зносу.

Найближчим до цього чавуну за хімічним складом, технічною суттю і результатом, що досягається, є чавун для молольних тіл (Улитенко П.И., Щербина Н.А. Шары для размольных мельниц:

Литейное производство. 1970. № 7, с. 32) такого хімічного складу, маса%:

вуглець	2,6-3,0
кремній	1,7-2,0
марганець	2,4-3,0
хром	0,4-0,5
нікель	0,6-0,85
залізо	решта.

Чавун може мати як домішки до 0,25% фосфору і до 0,10% сірки. Недоліком цього чавуну є значне пониження твердості по перетину відливки молольного тіла та низький рівень ударної в'язкості, що знижує його стійкість в умовах ударних навантажень. Необхідний рівень зносостійкості відлитої з нього молольних тіл забезпечується тільки після подвійної термічної обробки (гартування у маслі при 900°C і відпускання при 200-220°C), що ускладнює технологічний процес їх одержання і підвищує вартість.

У зв'язку з низьким рівнем евтектичності він схильний до утворення дефектів у вигляді усадочної крижкості, що знижує вихід придатного литва.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалення складу відомого чавуну для молольних тіл і, шляхом оптимальної зміни пропорції компонентів, що входять до нього, забезпечити зниження спаду твердості по перетину відливки молольного тіла і підвищення стійкості до багаторазових ударних навантажень при збереженні високої зносостійкості у виливаному стані.

Поставлена задача вирішується тим, що чавун для молольних тіл, який містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель і залізо, згідно з винахо-

дом, додатково містить титан і магній, а компоненти, які входять до його складу, взято у такій пропорції (в мас.%):

вуглець	2,7-3,3
кремній	1,5-2,3
марганець	0,6-0,8
хром	0,12-0,18
нікель	0,9-1,5
титан	0,01-0,03
магній	0,003-0,05
залізо	решта.

При створенні винаходу було використано такі теоретичні та експериментальні дані. Основною вимогою до крупних молоткових тіл є їх висока стійкість до багаторазових ударних навантажень. Одним із способів поліпшення цього показника є зниження концентрації вуглецю, оскільки він при підвищеному вмісті утворює крихкі карбіди заліза типу  $\text{Fe}_3\text{C}$ , що знижують ударостійкість чавуну (Несвижский О.А. Производство мелющих тел шаровых мельниц. - М: Машгиз, 1961, -С. 117, 118, 120). Подібно до вуглецю діє хром. Крім того, він сприяє утворенню значної перехідної зони у відбілених чавунах (Кривошеев А.Е. Литые валки. - М: Металлургиздат, 1957, -С. 101). Кремній при підвищеному вмісті в чавуні сприяє виділенню графіту пластинчастої форми. Окрім того, підвищена концентрація кремнію сприяє виділенню фериту, що знижує твердість чавунів. Однак вміст кремнію має бути достатнім для утворення графіту кулевидної форми. Для компенсації зниження твердості при зменшенні вмісту хрому в такому чавуні наявний марганець, який підвищує ступінь дисперсності перліту, що сприяє збільшенню твердості чавуну. Подібно до марганцю, на ступінь дисперсності перліту впливає нікель, проте, через графітизуючу дію, його вміст має бути обмеженим.

Дослідження авторів також показали, що міцність чавуну можна підвищити, вводячи до його складу титан і магній. Титан благотворно впливає на структуру відливки, подрібнюючи її зерно і значно звужуючи зону стовпчастих кристалів. При цьому осередки ледебуритної. евтектики кристалізуються рівномірнішими за величиною, менш орієнтованими у напрямку тепловідведення при затвердінні, а тому порушується безперервність крихкої карбідної сітки. Це сприяє підвищенню в'язкості чавуну і знижує викришування карбідів при ударно-абразивному зносі молоткових тіл у процесі експлуатації. Магній, при введенні до рідкого чавуну, працює як модифікатор, створюючи умови для сфероїдизації графіту.

Відповідно до вищевикладеного, граничні межі вмісту компонентів у чавуні такого складу є оптимальними і їх обґрунтовано експериментальними даними.

При вмісті вуглецю більш ніж 3,3% збільшується кількість крихкого цементиту, що призводить до зниження ударостійкості виробів. При вмісті вуглецю менш ніж 2,7% погіршуються ливарні властивості чавуну, знижується його твердість (зносо-стійкість).

При вмісті кремнію більш ніж 2,3% у чавуні виділяється пластинчатий графіт і ферит, які знижують твердість (зносо-стійкість) молоткових тіл. При

вмісті кремнію менш ніж 1,5% кулевидний графіт не утворюється. Погіршуються ливарні властивості чавуну.

Марганець кількістю 0,6-0,8% сприяє підвищенню ступеню дисперсності перліту. При вмісті марганцю більш ніж 0,8% посилюється його карбидизуючий вплив, що сприяє збільшенню транскристалічності молоткових тіл, яка знижує їх ударостійкість. При вмісті марганцю менш ніж 0,6% знижується ступінь дисперсності перліту, що сприяє зниженню твердості (зносо-стійкості) молоткових тіл.

Вміст хрому в межах 0,12-0,18% є оптимальним для усунення його шкідливого впливу і часткової компенсації графітизуючої дії нікелю. При вмісті хрому більш ніж 0,18% збільшується кількість крихкого карбіду  $(\text{FeCr})_3\text{C}$  і обширність перехідної зони, що знижує ударо- та зносо-стійкість чавуну. При вмісті хрому менш ніж 0,12% можливе виділення пластинчатого графіту.

Нікель обсягом 0,9-1,5% так само, як і марганець, збільшує ступінь дисперсності перліту. При вмісті нікелю більш ніж 1,5% у чавуні виділяється пластинчатий графіт, який знижує твердість виробів. При вмісті нікелю менш ніж 0,9% ступінь дисперсності перліту не змінюється.

Вміст титану обсягом 0,01-0,03% є оптимальним для подрібнення зерна і звуження зони стовпчастих кристалів, що забезпечує підвищення ударостійкості. При вмісті титану менш ніж 0,01% такого його впливу на структуру не виявляється. Оскільки титан має високу хімічну схожість з азотом, вуглецем, киснем і сіркою, то при вмісті його більш ніж 0,03% у чавуні утворюється велика кількість неметалевих включень у вигляді карбідів, нітридів і оксидів титану, які розташовуються на межах дендритів аустеніту і евтектичних колоній, що призводить до зниження ударостійкості.

Магній обсягом 0,03-0,05% забезпечує утворення в структурі чавуну кулевидного графіту, що сприяє підвищенню ударостійкості молоткових тіл. Магній має високу схожість з сіркою і при його вмісті менш ніж 0,03% увесь зв'язується у сульфіді і не діє як модифікатор. При вмісті магнію більш ніж 0,05% відбувається ефект перемодифікування, коли кулевидний графіт також не утворюється. При виробництві молоткових тіл із такого чавуну необхідно витримувати вміст шкідливих домішок - сірки і фосфору на мінімальному рівні. Оскільки фосфор сприяє зкрихчуванню чавуну, а сірка, при її залишковому вмісті більш ніж 0,02%, унеможливує ефект модифікування чавуну магнієм.

Із такого чавуну на ВАТ Дніпропетровський завод прокатних валків (ДЗПВ) було зроблено серію плавів і заливок молоткових куль діаметром 100 мм. Відлиті кулі випробовували на ударостійкість, ударну в'язкість і об'ємну твердість.

Чавун для молоткових тіл, що містить вуглець, кремній, марганець, хром, нікель, титан, магній та залізо, згідно з винаходом, а також вказані компоненти в такій пропорції, ( у мас.%):

вуглець	2,7-3,3
кремній	1,5-2,3
марганець	0,6-0,8
хром	0,12-0,18
нікель	0,9-1,5

титан	0,01-0,03
магній	0,03-0,05
залізо	решта.

можна одержати таким способом.

Для порівняльного аналізу в індукційній печі ІЧТ-6 з кислото футеровкою виплавляли чавун, використовуючи як шихту переробний чавун, сталевий брукхт, феромарганець, феросиліцій, ферохром, феронікель. Залізо-кремне-магнієву лігатуру клали на дно ковша перед заливанням. Феротитан вводили до ковша при заповненні його металом на одну третину.

Перед модифікуванням до ковша додавали силікокальцій.

Температуру металу в печі перед випуском і в ковші після модифікування заміряли термопарою занурення. У печі температура перебувала у межах 1480-1510°C; у ковші - 1310-1340°C.

Відбіл визначали за клинковою пробкою. Глибина відбілу до модифікування перебувала в межах 20-40 мм, глибина перехідної зони - 10-20 мм.

Після модифікування був наявний наскрізний відбіл.

Залиті кулі вибивали через 10-15 хвилин після заливання і відбивали від ливарно-живильної системи через 24 години після вибивання.

Твердість визначали на діаметрально розрізаних кулях на глибині 3-5 мм (поверхня); 20-30 мм (1/2 радіуса); 45-50 мм (центр) методом Брінеля.

Ударостійкість куль визначали на бойковому копрі з енергією удару 1250 Дж ТУ 14-2-809-88. Відповідно до цих технічних умов, кулі діаметром 100 мм з такого ж чавуну повинні витримати не менше ніж 40 ударів до руйнування. Усі кулі діаметром 100 мм із такого чавуну витримали 150 ударів, після чого випробування було припинено. Жо-

дна з куль не розкололась, що свідчить про необхідність розроблення нових технічних умов для куль діаметром 100 мм.

Через неможливість визначення ударостійкості було проведено випробування куль на ударну в'язкість, за якою можна опосередковано судити про ударостійкість кулі. Випробування вели відповідно до ГОСТу 9454-78. Зразки для випробувань вирізали із центру кулі. Хімічний склад порівнювальних чавунів наведено у табл. 1, а результати їх випробування - у табл. 2.

Як видно з даних, наведених у табл. 2, чавун такого складу має переваги перед відомим чавуном щодо твердості в 1,05-1,11 рази на поверхні, у 1,05-1,11 рази на 1/2 радіуса і в 1,06-1,11 рази - у центрі, а щодо ударної в'язкості - в 1,6-1,8 рази. Як зазначалося вище, по ударній в'язкості можна судити про ударостійкість, котра відповідно у 1,6-1,8 рази перевершує ударостійкість куль з відомого чавуну.

Із запропонованого чавуну було відлито партію куль діаметром 100 мм обсягом 60 тонн, котра пройшла промислові випробування на НкГЗК КДГМК "Криворіжсталь".

Після 504,0 годин роботи у барабанному млині на першій стадії подрібнення, де є максимальні ударні навантаження, розколювання куль чавуну такого складу не спостерігалось. Знос випробовуваних куль склало 0,673 кг/тону руди, що на 0,652 кг/тону руди менше від зносу серійних куль.

Виробництво пропонованого чавуну для молотних тіл може бути освоєно промисловим способом на ливарному виробництві будь-якого металургійного чи машинобудівного заводу, наприклад, ВАТ ДЗПВ, оскільки компоненти, що входять до його складу, не є гостродефіцитними і дорогими.

Таблиця 1

Чавун	Вміст компонентів, мас.%						
	вуглець	кремній	марганець	хром	нікель	титан	залізо
1 <sup>x</sup>	3,3	1,3	1,3	1,2	—	0,7	решта
2	2,2	0,6	0,5	0,1	0,7	0,03	решта
3 <sup>xx</sup>	2,3	0,7	0,6	0,2	0,8	0,04	решта
4 <sup>xx</sup>	2,65	0,9	0,8	0,5	0,95	0,06	решта
5 <sup>xx</sup>	3,0	1,1	1,0	0,8	1,1	0,08	решта
6	3,1	1,2	1,1	0,9	1,2	0,09	решта

<sup>x</sup> відомий чавун (А.С. СССР № 496320, С22С 37/00, Бюл. 47, 1975)

<sup>xx</sup> чавун пропонованого складу

Таблиця 2

Чавун	Твердість, НВ			Ударна в'язкість, Дж/см <sup>2</sup>
	Поверхня	1/2 радіуса	Центр	
1 <sup>x</sup>	465	459	453	1,0
2	462	459	455	1,9
3 <sup>xx</sup>	471	467	464	1,9
4 <sup>xx</sup>	475	471	468	1,9
5 <sup>xx</sup>	482	479	475	2,0
6	502	495	489	1,3

<sup>x</sup> відомий чавун (А.С. СССР № 496320, С22С 37/00, Бюл. 47, 1975)

<sup>xx</sup> чавун пропонованого складу

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.

37761

(044) 268-25-22

---