

Винахід відноситься до металургії і ливарного виробництва, дослідження чавунів з підвищеними міцнісними і пластичними характеристиками, що працюють в умовах ударно-абразивного зносу, зокрема для молоткових тіл кульових млинів гірничорудної, вугільної і цементної промисловостей.

Відомий чавун для молоткових тіл (Авт. св. СРСР №496320, кл. С22С37/00, Бюл. №47, 1975) такого хімічного складу, мас. %:

Вуглець	3,1 - 3,5
Кремній	1,2 - 1,4
Марганець	1,1 - 1,5
Хром	1,1 - 1,3
Титан	0,1 - 0,4,
Залізо	Решта

Недоліком відомого чавуну є значна транскристалічність структури відлитої з нього молоткових тіл. Ледебуритна евтектика в цьому чавуні кристалізується у вигляді грубого конгломерату фаз із масивними виділеннями цементиту, внаслідок чого він схильний до значних викришувань на робочій поверхні молоткових тіл, що експлуатуються в умовах абразивно-ударного зносу.

Найближчим до заявлюваного за хімічним складом, технічною суттю і результатом, що досягається, в чавун для молоткових тіл (Авт. св. СРСР №834197, кл. С22С37/00, Бюл. №20, 1981) такого хімічного складу, мас. %:

Вуглець	2,8 - 3,7
Кремній	0,3 - 0,7
Марганець	0,3 - 0,7
Кальцій	0,005 - 0,01
Титан	0,001 - 0,08
Бор	0,005 - 0,02
РЗМ	0,01 - 0,05
Залізо	Решта

Недоліком цього чавуну для молоткових тіл є низькі критерії якості відбілу A_k та рівень твердості макроструктурної зони чистого відбілу у відлитої з нього молоткових тілах у зв'язку з наявністю в мікроструктурі включень дрібнодисперсного графіту, незначною кількістю ледебуриту і значною розрідженістю перліту. Він має малу ступінь евтектичності, а тому має низьку рідкоплинність і схильний до утворення усадкової дірчастості у відливках, що знижує вихід придатного литва. Наявність у ньому дорогого кальцію та РЗМ (рідкісних земельних металів), що характеризуються низьким ступенем засвоєння металом, спричиняє високу собівартість відливок, які одержують з нього.

В основу винаходу покладено завдання вдосконалення складу відомого чавуну для молоткових тіл і шляхом оптимальної зміни співвідношення компонентів, що входять до нього і які позитивно впливають на відбілюваність, мікротвердість структурних складових, а також на величину вуглецевого еквівалента, забезпечити підвищення якості відбілу A_k , рівня ливарних властивостей, твердості (зносоустійкості) макроструктурної зони чистого відбілу, збільшення виходу придатного литва і зниження собівартості відливок молоткових тіл.

Поставлене завдання вирішується тим, що чавун для молоткових тіл, який містить вуглець, кремній, марганець, бор, титан і залізо, згідно з винаходом, містить вказані компоненти при такому їх співвідношенні, мас. %:

Вуглець	3,8 - 4,0
Кремній	0,8 - 1,6
Марганець	1,4 - 2,0
Бор	0,03 - 0,17
Титан	0,09 - 0,21
Залізо	Решта

Оскільки молоткові тіла відливають з відбілених чавунів, основною загальною ознакою заявлюваного чавуну і чавуну-прототипу, який визначає рівень службових властивостей відливок, які з нього отримують, є якість відбілу, що оцінюється критерієм якості A_k (Справочник по чугуному литью. Изд. 3 - е. - Л.: Машиностроение, 1978; Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. - М.-Л.: Машиностроение, 1966; Бунин К.П. Отбеленный чугун. - М.: Металлургиздат, 1957) за такою формулою

$$A_k = \frac{X}{X + z},$$

де X - величина зони чистого відбілу зі структурою білого чавуну (перліт + цементит), мм; z - величина перехідної зони зі структурою половинчатого чавуну (перліт + цементит + графіт), мм.

При цьому величиною зони чистого відбілу (X) та її твердістю визначається тривалість експлуатації молоткових тіл. Низькі значення цих показників чавуну-прототипу пов'язані з наявністю в ньому великої кількості сильних графітизуючих елементів (кальцій, бор, титан, РЗМ), які в сукупності викликають утворення у відбілі дрібнодисперсних графітних включень.

При створенні винаходу було використано теоретичні та експериментальні дані, що свідчать про екстремальний вплив титану і бору на відбілюваність чавуну. Тому в чавуні заявлюваного складу ці елементи містяться в концентрації, що забезпечує зміну їх графітизуючого впливу на відбілюваний. Для компенсації їх відбілюваного впливу на критерій якості відбілу A_k в чавуні заявлюваного складу збільшено вміст кремнію, вплив якого на величину перехідної зони (z) більш значний, ніж на величину зони чистого відбілу (X). Підвищення концентрації вуглецю в заявлюваному чавуні забезпечує збільшення в зоні чистого відбілу молоткових тіл кількості твердої ледебуритної евтектики, а підвищення кількості марганцю збільшує ступінь дисперсності перліту. Така зміна структури супроводжується значним підвищенням твердості (зносоустійкості) молоткових тіл, виготовлених з чавуну заявлюваного складу, порівняно з молотковими тілами,

виготовленими з відомого чавуну.

Граничні межі вмісту компонентів у чавуні заявлюваного складу є оптимальними і їх обґрунтовано експериментальними даними.

При вмісті вуглецю менш ніж 3,8% збільшується протяжність зони з половинчатою структурою, що призводить до погіршення критерію якості відбілу A_k , знижується кількість ледебуриту в структурі молоткових тіл, що супроводиться зниженням твердості (зносостійкості) відбіленого шару і погіршуються ливарні якості (зменшується рідкоплинність і збільшується усадження). При вмісті вуглецю більш ніж 4,0% в структурі відбіленого шару з'являється графіт, що є бракувальною ознакою для відливків з відбіленого чавуну.

Кремній є основним регулятором відбілюваності чавуну і його вміст у межах 0,8 - 1,6% визначається необхідністю компенсації відбілювального впливу марганцю, бору і титану. При вмісті кремнію менш ніж 0,8% не забезпечується компенсація вказаних елементів, знижується вуглецевий еквівалент, що призводить до погіршення ливарних властивостей чавуну. При вмісті кремнію більш ніж 1,6% погіршується критерій якості відбілу A_k і не забезпечується необхідний рівень твердості молоткових тіл.

Марганець у межах 1,4 - 2,0% забезпечує підвищення ступеню дисперсності продуктів евтектичного перетворення аустеніту і зниження ступеню його аномальності. При вмісті марганцю менш ніж 1,4% його вплив на структуру металічної матриці незначний і перліт характеризується значною розрідженістю, що призводить до зниження рівня твердості. При вмісті марганцю більш ніж 2,0% зростає транскристалічність макроструктури і збільшується протяжність зони з половинчатою структурою, що призводить до погіршення критерію якості відбілу A_k .

Бор підвищує відбілюваність і твердість чавуну. Однак при вмісті його менш ніж 0,03% він зв'язує азот чавуну в тугоплавкі нітриди бору, що мають кристалографічну схожість з графітом і є внаслідок цього підкладками для кристалізації його включень, які знижують критерій якості відбілу A_k . При вмісті бору більш ніж 0,17% збільшується крихкість чавуну через виділення його евтектики на міжзеренних межах, а також підвищується його усадження.

Титан підвищує відбілюваність чавуну, але його вплив на відбілюваність, як і вплив бору, має екстремальний характер. Тому при вмісті титану менш ніж 0,09% він діє як графітизуючий елемент, що погіршує критерій якості відбілу A_k . Маючи високу хімічну спорідненість з вуглецем, титан в рідкому чавуні утворює власні тверді карбіди, що підвищують зносостійкість чавуну і знижують транскристалічність макроструктури, обумовлену підвищеною концентрацією в чавуні марганцю. При вмісті титану більш ніж 0,21% утворюється велика кількість карбідів і карбонітридів титану, що погіршують рідкоплинність чавуну. Оскільки вони виділяються на межах ледебуритних колоній, то міцність і в'язкість чавуну знижуються.

Заявлюваний чавун для молоткових тіл, що містить вуглець, кремній, марганець, бор, титан і залізо, згідно з винаходом, містить вказані компоненти в такому їх співвідношенні, мас. %:

Вуглець	3,8 - 4,0
Кремній	0,8 - 1,6
Марганець	1,4 - 2,0
Бор	0,03 - 0,17
Титан	0,09 - 0,21
Залізо	Решта

можна одержати таким способом.

Для порівняльного аналізу в індукційній печі ЛПЗ-67М з кислою футеровкою виплавляють чавуни, використовуючи як шихту ливарний чавун і сталевий брухт. Навуглецювання розплаву здійснюють присадкою в піч розрахованої кількості карбюризатора у вигляді графітового коксика фракцією 3 - 5 мм. Феробор з фракцією 3 - 5 мм вводять у піч перед випуском з неї металу. Феротитан, силікокальцій і РЗМ (у вигляді мішметалу) вводять у ковш при заповненні його металом на одну третину.

Критерій якості відбілу A_k визначають за вже наведеною формулою за співвідношенням величини макроструктурних зон білого і половинчатого чавуну на поверхні злому технологічних проб, відлитих у піщаних формах з торцевим холодильником у вигляді металевої плити. Рідкоплинність чавуну контролюють за стандартною методикою з використанням спіралевидної проби Кері. Схильність чавуну до утворення усадкової дірчастості визначають замірюванням зайнятої дірчастістю в перерізі приросту в процентах відносно площі перерізу відливку кулі. Зносостійкість чавунів визначають на зразках, вирізаних з молоткових тіл (куль) у радіальному напрямку при сухому терті ковзання по абразивному колу, що обертається, на стандартній машині МІ-1М.

Хімічний склад порівняльних чавунів наведено у табл.1, а результати їх випробування - у табл.2.

Як видно з даних, наведених у табл.2, чавун заявлюваного складу переважає відомий чавун за критерієм якості відбілу A_k на 180%, за зносостійкістю відбіленої зони на 47,6%, за рідкоплинністю на 28,8% і за схильністю до утворення усадкової дірчастості на 14,6%.

Отже, поставлене у винаході завдання досягається при такій зміні концентрації компонентів у чавуні відомого складу: вуглецю у 2,4 раза, кремнію - 2,6 раза; марганцю - 3,4 раза, бору - 8 разів, титану - 3,8 раза. При цьому вміст усіх компонентів виходить за концентраційні межі, обмежувані формулою винаходу на відомий чавун-прототип за авторським свідоцтвом СРСР №834197.

Пропонуваний чавун було апробовано в ливарному виробництві КГМК "Криворіжсталь" при виготовленні пробних партій молоткових тіл (куль) для гірничозбагачувальних комбінатів Кривбасу. Одержані результати доказали можливість при застосуванні чавуну заявлюваного складу зниження браку литва за рахунок підвищення рідкоплинності, збільшення виходу придатного литва шляхом скорочення розмірів живильних приростів за рахунок меншої схильності до утворення усадкової дірчастості, а також зниження собівартості відливок за рахунок вилучення зі складу чавуну дорогих компонентів. Молоткові тіла (кулі) з чавуну заявлюваного складу пройшли випробування на РЗФ-2 НКГЗКу з контрольним замірюванням зносу, що виявили їх високі експлуатаційні властивості.

Виробництво пропонуваного чавуну для молоткових тіл може бути освоєно промисловим способом на

ливарному виробництві будь-якого металургійного чи машинобудівного заводу, оскільки компоненти, що входять до його складу, не є гостродефіцитними (дорогими).

Таблиця 1

Чавун	Вміст компонентів, мас. %							
	вуглець	кремній	марганець	бор	титан	кальцій	РЗМ (церій)	залізо
1*	3,25	0,50	0,50	0,012	0,040	0,007	0,02	решта
2	3,70	0,40	1,10	0,010	0,030	-	-	решта
3**	3,80	0,80	1,40	0,030	0,090	-	-	решта
4**	3,90	1,20	1,70	1,100	0,150	-	-	решта
5**	4,00	1,60	2,00	0,170	0,210	-	-	решта
6	4,10	2,00	2,30	0,210	0,240	-	-	решта

*Відомий чавун (Авт.св. СРСР № 834197).

** Чавун пропонованого складу.

Таблиця 2

Чавун	Вуглецевий еквівалент C^1_e	Критерій якості A_k	Зносостійкість, г/хв	Рідкоплинність λ , мм	Розмір усадкової дірчастості
1*	3,25	0,26	0,042	382	26,6
2	3,49	0,38	0,031	518	19,8
3**	3,62	0,47	0,022	529	17,2
4**	3,75	0,51	0,018	536	16,4
5**	3,88	0,43	0,021	543	14,7
6	4,01	0,29	0,036	532	12,3

*Відомий чавун (Авт.св. СРСР № 834197).

**Чавун пропонованого складу.