

Винахід відноситься до галузі металургії, зокрема до зносостійких чавунів для роботи в умовах інтенсивного абразивного зношення.

Відомо зносостійкий чавун (патент № 56-47944 (Японія), С22С 37/06), який містить (у ваг. %):

вуглець	2,5-3,5
хром	8-30
марганець	24
кремній	0,3-1,5
залізо та домішки	решта.

Крім того, відомо зносостійкий чавун ИЧХ12Г5 (Леви Л. И., Гарбер М.Е., Цыпин И.И. Износостойкий хромомарганцовистый чугун // Литейное производство. - 1967. - № 9. - С.8-10), який містить (у ваг. %):

вуглець	2,6-3,0
хром	12-18
марганець	4,5-5,2
кремній	≤ 0,8
залізо та домішки -	решта.

Однак відомі чавуни мають недостатньо ударно-абразивну зносостійкість в умовах розігріву, що обмежує можливість їх використання для деталей металургійного обладнання, які експлуатуються в умовах розігріву поряд зі зношенням.

Найбільш близькою за спільними ознаками та досягнутому результату до запропонованого є зносостійкий чавун ЧХ22 (ГОСТ 7769-82 Чугун легированный для отливок со специальными свойствами), який містить (у ваг. %):

вуглець	2,4-3,6
хром	19-25
марганець	1,5-2,5
кремній	0,2-1,0
ванадій	0,15-0,35
титан	0,15-0,35
залізо та домішки	решта.

Він має дещо більшу зносостійкість при кімнатній температурі однак недостатню зносостійкість в умовах розігріву при зношуванні, та ударну в'язкість. Причина недостатньої зносостійкості цього чавуну в умовах розігріву є відсутність метастабільного аустеніту в структурі, який перетворюється в мартенсит з визначенням дисперсних карбідів при навантаженні та розігріві.

В основу винаходу поставлена задача розробити склад чавуну в якому введення нових компонентів та вагове співвідношення інших, дозволяє підвищити ударно-абразивну зносостійкість, особливо в умовах розігріву, та ударну в'язкість.

Для вирішування поставленої задачі в зносостійкий чавун, який містить вуглець, хром, марганець, кремній, титан, залізо та домішки, згідно запропонованому винаходу, додатково вводиться алюміній та кальцій при такому співвідношенні компонентів (у ваг. %):

вуглець	2,5-3,0
хром	12,5-16,0
марганець	4,0-6,5
кремній	0,4-0,8
титан	0,2-0,5
алюміній	0,01-0,15
кальцій	0,05-0,1
залізо та домішки	решта.

У запропонованому складі, на відміну від прототипу, додатково введено алюміній та кальцій, а також підвищений вміст марганцю, що забезпечує отримання в структурі метастабільного аустеніту (у литому стані та після термообробки). Введення алюмінію також підвищує жаростійкість чавуну. Це забезпечує підвищення ударно-абразивної зносостійкості (ε), особливо в умовах розігріву деталей, та ударної в'язкості (КС).

Вміст у чавуні вуглецю менше 2,5% значно зменшує кількість карбідних фаз та, як результат, знижує ударно-абразивну зносостійкість (таблиця), а більш 3,0% - робить чавун більше крихким.

При концентрації хрому нижче 12,5% знижується зносостійкість, ударна в'язкість, оскільки в структурі чавуну формуються переважно карбіди Cr_7C_3 і $(Fe,Cr)_3C$ та суттєво зменшується кількість більш дисперсних карбідів типу $Cr_{23}C_6$.

Концентрація хрому більше 16,0% при обраних концентраціях інших елементів практично не збільшує зносостійкість, а тільки робить чавун дорожче.

Концентрація марганцю менше 4,0% не забезпечує стабілізацію аустеніту, знижує його кількість, зменшує ударно-абразивну зносостійкість та ударну в'язкість, оскільки при цьому помітно знижується вклад фазових перетворень метастабільного аустеніту в процесі зношування у формуванні властивостей чавуна. Підвищення концентрації марганцю більше 6,5%, навпаки, надмірно стабілізує аустеніт, що зменшує ступінь самозміцнення в процесі зношування та знижує зносостійкість чавуну.

При концентрації кремнію менше 0,4% знижується рідкоплинність чавуну, а збільшення його концентрації більше 0,8%, збільшує схильність до евтектоїдного розпаду аустеніту.

Введення у склад чавуну титану у кількостях менше 0,2% не забезпечує модифікуючого впливу і помітного підвищення зносостійкості порівняно з прототипом, оскільки створюється дуже мало високотвердих карбідів TiC . Введення в чавун більше 0,5% титану, подальшого підвищення зносостійкості вже не викликає.

Введення у склад чавуну алюмінію менше 0,01% малоефективно для підвищення зносостійкості та жаростійкості, а більше 0,15% може викликати створювання алюмосилікатів, які знижують зносостійкість сплаву.

Введення у склад чавуна кальцію у кількості менше 0,05% не забезпечує рафінування чавуну, внаслідок чого знижуються ударна в'язкість, ливарні властивості. Введення його більше 0,1% малоефективне, оскільки робить чавун дорожче.

Чавуни заявлених складів виплавлялись в умовах фасоносталеливарного цеху БАТ "МК ім. Ілліча". Виплавку робили в печах ДСП 3А и ДСП 25 з основною футеровкою, а розлив здійснювався при температурах 1400-1450°C у попередньо просушені лісчано-глинясті форми. Відлиті зразки чавуну піддавали гартуванню при 1050°C (охолодження на повітрі) та відпусканню при 250°C, 4,5 години.

Випробування зразків запропонованих складів чавуну і прототипу на ударно-абразивне зношування робили згідно ГОСТ 23.207-79 на спеціальній споруді (А.с. 1820300 G01N 3/56 (СРСР), 1993, Бюл. № 21).

Ударно-абразивне зношування робили обертанням зразків у середовищі чавуно-литого дробу зі швидкістю 2850 хвил.⁻¹. Час зношування - 100 хвил. Еталоном була віддалена сталь 45 твердістю HB 160.

Твердість зразків чавуна вимірювали на твердомірі ТК-2 (Роквелла) з навантаженням 1500 Н.

Крім того, були проведені експериментально-промислові випробування футеровочних плит доменних печей та аглофабрики БАТ "МК ім. Ілліча" відлитих з чавуну оптимального складу (плавка № 3, табл.) у фасоно-сталеливарному цеху, які показали більш високу зносостійкість та довговічність деталей.

Таблица

Хімічний склад, ударно-абразивна зносостійкість, твердість та ударна в'язкість запропонованого та відомого чавунів

№ плавки	Кількість елементів, ваг. %								ε	HRC	КС, Дж/см ²
	C	Cr	Mn	Si	Ti	V	Al	Ca			
1	2,3	11,5	3,5	0,35	0,1	-	0,008	0,01	14	57	6,8
2	2,5	12,5	4,0	0,4	0,2	-	0,01	0,05	16	59	6,5
3(оптим.)	2,63	15,3	4,2	0,75	0,27	-	0,07	0,08	19	60	6,2
4	3,0	16,0	6,5	0,8	0,5	-	0,15	0,1	18	60	5,0
5	3,3	17,0	7,0	1,0	0,6	-	0,2	0,15	17,5	62	4,0
прототип ЧХ22 (ГОСТ 7769-82)	2,8	20,0	1,7	0,9	0,19	0,20	-	-	15	60	4,5

Хімічний склад, відносна ударно-абразивна зносостійкість (ε), твердість (HRC) та ударна в'язкість (КС) чавунів заявленого складу та прототипу після термообробки приведені у таблиці.

Із таблиці слідує, що заявлений зносостійкий чавун оптимального складу № 3 значно перевищує за ударно-абразивною зносостійкістю (ε) та ударною в'язкістю (КС) відомий чавун ЧХ22, взятий за прототип.

Ефективність заявленого зносостійкого чавуна міститься в підвищенні довговічності футеровочних плит металургійного обладнання, які виготовлені з нього, зниженні витрат металу та економії дорогих легувальних елементів - ванадію та хрому.