УДК 621.74:669.131.7

Л.Х. Іванова, Я.С. Маймур, А.Ю. Калашникова, Т.В. Захарова

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СЛУЖБОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ

Анотація. становлено вплив хімічного складу на структуру та властивості чавуну для прокатних валків і молольних куль, що дало можливість обгрунтувати легувальний комплекс для таких виливків.
Ключові слова: виливок, чавун, легування, структура, властивість.

Постановка проблеми та стан питання. Ливарні чавуни, як правило [1,2], розрізняють за мікроструктурою: сірий чавун (вуглець у вигляді пластинчастого або кулястого графіту), білий чавун (вуглець у вигляді цементиту або карбідів заліза) та ковкий чавун, що одержується відпалом білого чавуну (хлоп'євидний графіт). У білому чавуні евтектика, що утворюється при кристалізації – ледебурит може мати два різновиди: стільниковий і пластинчастий. Ледебурит має підвищену твердість і крихкість через високу твердість і крихкість цементиту. Крихкішим є ледебурит стільникового типу, при руйнуванні тріщини проходять по крихкій суцільній цементитній матриці. Ледебурит пластинчастого типу у порівнянні з ледебуритом стільниковим декілька менш крихкий, тому тріщини частіше проходять по аустенітних прошарках.

Відомо, що модифікування та легування є важливішими засобами підвищення надійності та довговічності таких литих деталей, як прокатні валки та молельні кулі. Під модифікуванням розуміється процес регулювання первинної кристалізації сплаву, зміни ступеня дисперсності фаз, що кристалізуються, шляхом введення в розплав малих добавок окремих елементів або їх сполучень. В реальних виробничих умовах, коли задані швидкість охолодження виливків, склад чавуну та температура розплаву, цей фактор є єдиним в руках технолога. В ряді робот ефект модифікування пояснюється утворенням в розплаві кремнезему й особливо тридиміту [3].

© Іванова Л.Х, Маймур Я.С., Калашникова А.Ю., Захарова Т.В., 2011

Алюміній, кальцій, титан, сприяючи утворенню тридиміту, посилюють модифікувальний ефект феросиліцію. В роботі [4] наведені результати досліджень по з'ясуванню ролі домішок в процесі формування структури чавунних виливків. Вводили добавки MgO, Al_2O_3, WC, TiC, SiO_2, CeS, які, сприяючи підвищенню температури початку кристалізації евтектики, полегшували процес утворення зародків на них. Стійкі в розплаві чавуну частинки WC, TiC, CeS самі були підкладками для графіту або полегшували виділення сульфіду марганцю, який був підкладкою. Розчинні ж елементи, наприклад, церій, полегшували зародження колоній, але, зменшуючи в зв'язку з цим переохолодження розплаву, сповільнювали їх початковий ріст.

Вплив хімічного складу та деяких легувальних елементів досліджували автори [2,5-7]. В роботі [6] встановлено, що дія титану на форму графіту в модифікованому чавуні проявляється подвійно і залежить від способу введення в чавун. Титан, який присутній в розплаві чавуну до обробки його модифікатором, сприяє кристалізації сильно подрібненого пластинчастого графіту, тобто діє як типовий сильний демодифікатор. Добавка губчастого титану в рідкий оброблений магнієм чавун демодифікувальної дії не показувала та навіть сприяла одержанню кулястого графіту, тобто проявляла модифікувальну дію. В роботі [7] сказано, що хоча рідкісноземельні метали, як кажуть, брати – близнюки, необхідно звернути увагу на те, що іноді існують значні відмінності їх фізичних властивостей, які відбиваються на їх застосуванні. Наприклад, температура плавлення лютецію 1660°С, а церію – 800°С (співвідношення 2:1); гадоліній – феромагнетик, а лантан – надпровідник; густина скандію –3, а лютецію– 9 г/см^3. Легкі лантаноїди легко окислюються при кімнатній температурі, тоді як важкі (гадоліній та ін.) стійкі проти окислення, тому що мають щільні оксидні плівки.

В Україні як основний модифікатор для одержання високоміцних чавунів застосовується чистий магній або комплексні модифікатори на його основі. При обробці чавунного розплаву магнієм виникають труднощі, які пов'язані з інтенсивним його випаруванням, що сприяє викидам металу, піроефектам, загазованості приміщень. Тому протягом багатьох років ведуться роботи по заміні магнію іншими модифікаторами.

 ISSN 1562-9945

Наведені дані свідчать про те, що, незважаючи на важливість модифікування і легування як засобу управління структурою та велику кількість робот по дослідженню механізму впливу їх на зародження і ріст твердої фази та фізико-механічні й службові властивості чавунів, питання залишається відкритим та потребує подальших досліджень.

Метою роботи є застосування системного підходіу до розроблення технології одержання чавуну з підвищеними характеристиками зносостійкості, міцності та ударостійкості, яких потребує сучасне виробництво.

Основні результати дослідження. Вплив окремих елементів на структуру і властивості чавуну дуже різноманітний, і так само є багато додаткових факторів, які можуть змінювати вплив того або іншого елементу. Змінний якісний і кількісний вплив різних елементів на структуроутворення сплавів ускладнює можливість їхньої класифікації за ознакою інтенсивності цього впливу, тим більше, що в багатьох випадках, наявність у сплаві двох карбідоутворюючих елементів не обов'язково посилює їх окремий вплив, а іноді нівелює його. Тому задача з підбирання легувального комплексу, зводилася до того, щоб нейтралізувати небажаний вплив окремих елементів і посилити їх спільний вплив.

Був запропонований чавун такого складу, мас.%: вуглець - 3,5...4,2; кремній - 1,2...1,8; марганець - 2,5...4,0; нікель - 1,5...2,5; ніобій - 0,05...0,1; титан - 0,20...0,25; церій - 0,06...0,10; ітрій - 0,06...0,10; лантан - 0,04...0,08; неодим - 0,04...0,08; гафній – 0,02-0,08%, залізо - решта.

Для оцінки властивостей запропонованого чавуну і його структурного стану отримали експериментальний чавун. За цього застосовували наступні шихтові матеріали: чавун переробний ПВК1, ПВК2, ПВК3 ДСТУ 3133-95; чавун ливарний Л1, Л2 ДСТУ 3132-95; чавун валковий ЧВ-1, ЧВ-2 ГОСТ 1465-80; лом сталі 1А, 2А, 3А ГОСТ 2787-75; феросиліцій ФС75 ГОСТ 1415-91; феромарганець ФМн78, ФМн70 ДСТУ 3547-97. Легувальні елементи відповідали таким параметрам: феротитан ФТи30 ГОСТ 4761-91; фероніобій ФНБ60 ГОСТ 4765-91; титан губчастий ТГ-130 ДСТУ 3079-95. Модифікувальні елементи (церій, ітрій, лантан, неодим) вводили у ківш перед випуском металу у вигляді ітрій-церієвої та лантан-неодимової лігатур такого складу,

мас.%: 1) ітрій 15...20, церій 15...20, вуглець 0,3...0,5, кальцій 0,4...0,5, кремній 30...35, залізо – решта, 2) лантан 15...20, неодим 15...20, вуглець 0,3...0,5, кальцій 0,4...0,5, кремній 30...35, залізо – решта.

Експериментальні плавки проводили в індукційній печі з кислою футеровкою, вага шихти 40 кг. Після розплавлення шихти потужність печі знижували до 30-40% від максимальної, зчищували шлак періоду плавлення, заміряли температуру та вводили гафній у вигляді гафнієвої лігатури такого складу, мас.%: гафній 90, залізо решта. При доводці сплаву за температури металу 1520...1530°С вводили феросплави ніобію та титану.

При температурі 1500±5°С чавун випускали у ківш з необхідною наважкою модифікаторів та при досягненні температури 1330...1340°С заливали у кокільні форми. Виливки мали розміри: 1) куля діаметром 60 мм, 2) циліндр діаметром 50 мм, висотою 200 мм. З цих виливків вирізали зразки для хімічного аналізу, металографічних досліджень, випробування границь міцності при розтягу та вигині, ударостійкості, зносостійкості. Випробування механічних властивостей проводили за стандартними методами. Зносостійкість сплаву визначали на установці СМЦ-2 при терті ковзання з зусиллям 700 МПа. Модуль пружності визначали ультразвуковим методом на установці УЗИС-ЛЭТИ. Мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ-3 при навантаженні 500 Н. Випробування ударостійкості робили за кількістю ударів до руйнування литої кулі при падінні її з висоти 6 м. Хімічний аналіз дослідного чавуну наведений у таблиці 1.

Як видно з таблиці 2, поставлена мета досягнута. Зносостійкість запропонованого чавуну, міцностні властивості та ударостійкість мали необхідні високі значення.

Таблиця 1

Хімічний склад дослідних чавунів

№ чавуну	Хімічний склад, мас.%										
	C	Si	Mn	Ni	Nb	Ti	Ce	Y	La	Nd	Hf
1	3,5	1,2	2,5	1,5	0,05	0,20	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02
2	4,2	1,8	4,0	2,5	0,10	0,25	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
3	3,9	1,4	3,3	2,0	0,08	0,23	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05
4	3,8	1,42	3,3	2,1	0,02	0,23	0,08	0,078	0,06	0,065	0,01
5	3,8	1,4	3,3	2,0	0,15	0,23	0,08	0,08	0,063	0,06	0,09

 ISSN 1562-9945

Висновки. 1. Експериментальний чавун мав у структурі істотно підвищену дисперсність структурних складових, в тому числі пластинчастої карбідної фази, а також велику кількість високотвердих спеціальних карбідів, що й сприяло отриманню високої зносостійкості.

Таблиця 2

Властивості дослідних чавунів

№ чавуну	Властивості		
	Ударостійкість, разів	Зносостійкість, г	Міцність σ_B, МПа
1	2590	0,018	685
2	2680	0,017	690
3	2635	0,016	680
4	2300	0,022	660
5	2400	0,014	660

2. Сумісне легування чавуну титаном і ніобієм призводило до зміни форми карбідів ніобію з розгілкованої, причому гілки були розміщені переважно під кутом 120^o (у чавуні без титану), на найбільш схвальну – кубічну. Також у структурі виділялася велика кількість дрібнодисперсних карбідів титану.

3. Модифікування церієм, ітрієм, лантаном і неодимом у вказаних границях сприяло кристалізації розплаву за метастабільною системою, що дозволило підвищити міцність чавуну.

4. Гафній у дослідному чавуні виявив перлітоутворюючий вплив на структуру металевої матриці та підвищив ступінь дисперсності продуктів евтектоїдного перетворення аустеніту, за цього збільшилися показники міцності та ударостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь/ Гл. ред. А.М.Прохоров.–3-е изд.– М.: Сов. энциклопедия, 1991.– 1631 с.
2. Ferrous metals//Machine Design.–1984.–Vol.56, №8.–P.7–12,14–18,20–26,31–33.
3. Orths K., Weis W. Die Rolle der kieselerde bei der Strukturenbildung im Guseisen // Giessereiforschung.–1973.–Bd.25, №1.– P. 1–8.
4. Комаров О.С. Теоретические основы и методы управления структурой и свойствами чугуна для быстроизнашиваемых деталей машин: Автореф. дис.…доктора техн. наук: 05.02.01, 05.16.04 / Белорус. политехн. ин–т.– Минск, 1988.– 32 с.
5. Машиностроение. Энциклопедия/Ред.совет:К.В.Фролов (предс.) и др. Стали. Чугуны. Т.II-2 / Г.Г.Мухин, А.М.Беляков, Н.Н.Александров и др.– М.:Машиностроение,2000.–784 с.
6. Руденко Н.Г. Изучение ремодифицирующего влияния церия, лантана и титана на процессы формообразования графита при кристаллизации чугуна: Автореф.дис.…кан.техн.наук:05.323/ИПЛ АН УССР.–К.,1969.–24 с.
7. Савицкий Е.М. Перспективы исследования и применения редкоземельных металлов, сплавов и соединений // Редкоземельные металлы и сплавы. – М.: Наука, 1971.– С.5–17.