

УДК 669. 131.7:620.192,4

М.В. Дмитріюк, Д.А. Гусачук, Ю.П. Фещук
 Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИСОКОМІЦНИХ МІДИСТИХ ЧАВУНІВ

Авторами у науковій статті розглядається вплив термічної обробки на формування структури високоміцних чавунів із вмістом міді понад межу її розчинності в твердому розчині. Відмічено особливості структури мідистих високоміцних чавунів після литва, нормалізації та ізотермічного гартування при різних режимах в області температур проміжного перетворення аустеніту. Відмічено зміни які відбуваються в структурі дослідних сплавів.

Ключові слова: ізотермічне гартування, мідистий високоміцний чавун, бейніт.

М.В. Дмытриук, Д.А. Гусачук, Ю.П. Фэщук

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МЕДИСТЫХ ЧУГУНОВ

Авторами в научной статье рассматривается влияние термической обработки на формирование структуры высокопрочных чугунов с содержанием меди превышающей границу ее растворимости в твердом растворе. Отмечено особенности структуры медистых высокопрочных чугунов после литья, нормализации и изотермического закалывания при различных режимах в области температур промежуточного превращения аустенита. Отмечено изменения которые происходят в структуре исследовательских сплавов.

Ключевые слова: изотермический закалывание, медистых высокопрочный чугун, бейнит.

M.V. Dmytryuk, D.A. Gusachuk, Yu.P. Feshchuk

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE FORMATION OF STRUCTURE HIGH-STRENGTH CAST-IRON

The authors in the scientific article are concerned with the effect of thermal treatment on the formation of the structure of high-alloy pig-iron with copper content above its solubility limit in solid solution. Features of the structure of copper high-strength cast-iron after casting, normalization and isothermal hardening at different modes in the region of temperatures of intermediate austenite transformation were noted. The changes in the structure of experimental alloys are marked.

Key words: isothermal quenching, copper high-strength cast iron, bainite.

Постановка проблеми. Застосування технології ізотермічного гартування деталей виготовлених із високоміцного чавуну знаходить все більше застосування, і сьогодні цей спосіб залишається недостатньо вивчений. Особливо це стосується чавунів з вмістом міді понад межу розчинності в α -твердому розчині

Аналіз робіт [1-3] показав, що для ізотермічного перетворення аустеніту в проміжній зоні в розплавах солей використовуються режими, що дозволяють отримати структуру нижнього і верхнього бейніту: температура аустенізації $860 \pm 5^\circ\text{C}$, аустемперінгу 350°C , 400°C , 450°C

При таких температурах температура охолоджуючого середовища переохолоджений аустеніт розпадається і утворює особливу, за своєю будовою і властивостями, структуру. Будова і фазовий склад продуктів розпаду достатньо складні. Перетворення аустеніту в чавунах має деякі особливості будови відмінні від сталі, оскільки чавун, на відміну від сталі містить такі фази як фосфіди, графіт, та фази на основі міді.

Мета даної роботи – вивчити вплив ізотермічного гартування, в області температур проміжного перетворення аустеніту, на структуру і фазовий склад мідистих високоміцних чавунів.

Виклад основних положень Предметом досліджень слугував високоміцний чавун з наступним хімічним складом (% мас.): C-3.14...3.20, Si-2.71...2.92, Mn-0.1...0.15, P-0.1...0.5, S-0.02...0.025 Mg-0.015...0.02, вміст міді коливався від 6,2 до 8,53%.

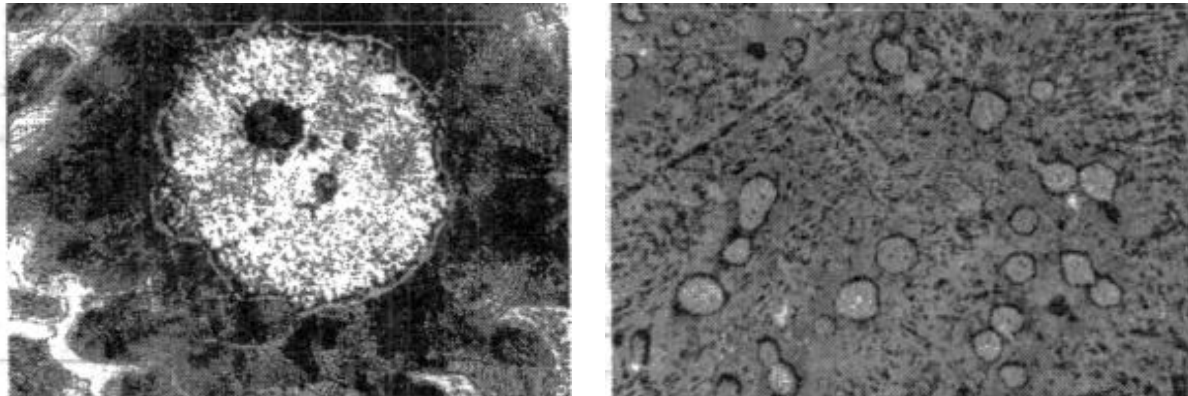
Структура отриманого чавуну складалась із перліту, структурно-вільного цементиту, графіту. (Рис.1).

Відомо[3-8], що у чавунах з таким вмістом міді спостерігається підвищення ступені гетерогенності системи за рахунок утворення додаткової фази на основі міді (ϵ -фази), яка суттєво змінює природу високоміцного чавуну та якісно змінюється весь комплекс фізико-механічних властивостей. (Рис. 1.).

Утворення включень ϵ -фази спостерігаються вже у сплаві із вмістом міді 4,15 % мас. Високомідиста ϵ -фаза за своїми геометричними параметрами подібні сфері діаметром до~25...300 мкм в центрі якої заходиться графітний кристаліт.

Закономірність формування ϵ -фази навколо графітних кристалітів було встановлено багаторазовим споліровуванням поверхні шліфа.

Для отримання перлітної структури чавунні заготовки піддавались нормалізації за режимом: нагрів до 960...970°C, витримка при даній температурі в продовж 2,0...2,5 год. і наступним охолодженням на повітрі. Після нормалізації структура мідистого високоміцного чавуну складалась із перліту, незначної кількості фериту (2...5%) у вигляді оболонки навколо графіту та мідистої ϵ -фази (рис. 2).



а

б

Рис. 1-Мікроструктура литого мідистого високоміцного чавуну (8,53% мас, Cu). Протравл. нігелем: а - структура ϵ -фази. 400^x; б - загальна мікроструктура сплаву, 50^x.

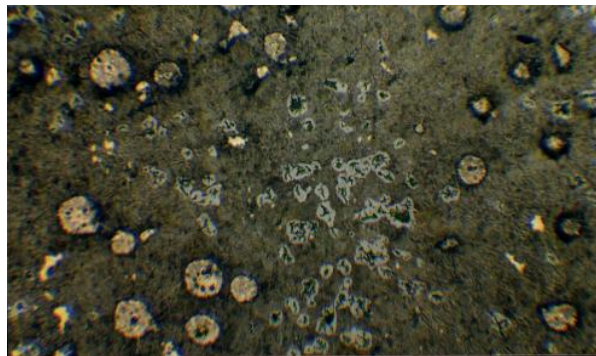


Рис. 2. Мікроструктура мідистого високоміцного чугуна після нормалізації. 8.53% мас, Cu.100^x

З метою вивчення фізико-хімічної природи ϵ -фази, були проведені спеціальні дослідження, які полягали у визначенні розчинності компонентів, що містяться в складі чавуну. Для проведення досліджень використовували растровий електронний мікроскоп ІХА-733 "Jeol". На основі отриманих результатів досліджень встановлено (Рис. 3.), що мідисті включення в процесі утворення "поглинають" більшу частину елементів, які утворюють ліквати. Зокрема, для досліджуваного випадку це має місце по відношенню до фосфору, концентрація якого в перліті складає 0.01 % мас., а в окремих ділянках металічної матриці наявність цього елемента не фіксується (з точністю до четвертого знаку). Характерною є також повна відсутність в складі ϵ -фази вуглецю та сірки. По-суті така фаза за своєю природою належить до таких антифрикційних сплавів на основі міді як бронзи (ϵ -бронзи).

Нагрівання зразків під загартування проводилося пічній – в електросоляній ванні. Охолоджуючим середовищем слугував расплав солей, які складаються із 50% NaNO_3 і 50% KNO_3 . Загартування при пічному нагріві проводилась в охолоджуючому середовищі з температурою 350, 400, і 450°C, час витримки зразків в расплаві – 120 ...125 хв, подальше охолодження - на повітрі. Після проведеного режиму ізотермічного гартування структура чавуну, загартованого при

температурі охолоджуючого середовища 350°C (рис. 4, а), має голчасту форму продуктів розпаду переохолодженого аустеніту та залишковий аустеніт. При температурі охолоджуючого середовища 400°C їх форма починає змінюватись на перисту і їх довжина дещо зменшується (рис. 4. б).

Відомо, що кількість залишкового аустеніту, утвореного при ізотермічному гартуванні в зоні температур проміжного перетворення, є функцією температури перетворення.

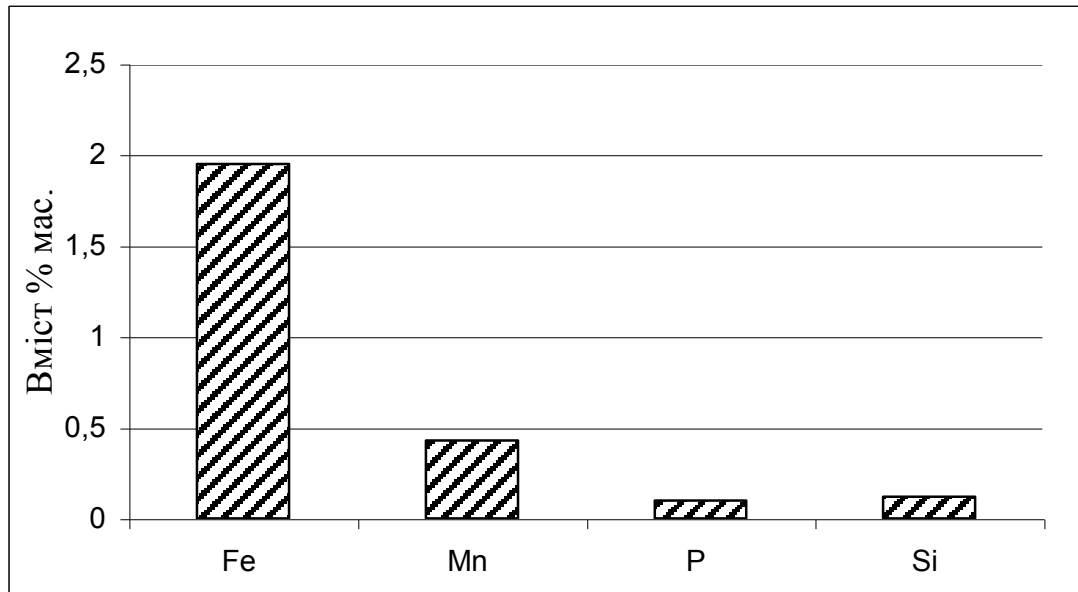


Рис. 3- Розчинність основних елементів мідистою ϵ -фазою

У вибраному інтервалі температур охолоджуючого середовища, як видно з фазового аналізу, перетворення переохолодженого аустеніту повністю не завершується, тобто процес його подальшого розпаду гальмується за рахунок його стабілізації(таблиця). З підвищенням температури охолоджуючого середовища до 450°C , голчаста будова згладжується і набуває перистої форми (рис. 4. в).. Кількість залишкового аустеніту суттєво зменшується. Підвищення температури охолоджуючого середовища ініціює процеси звільнення γ -твердого розчину від вуглецю і тим самим сприяє виділенню ферито-цементитної суміші, зменшуючи тим самим, кількості стабілізованого аустеніту.

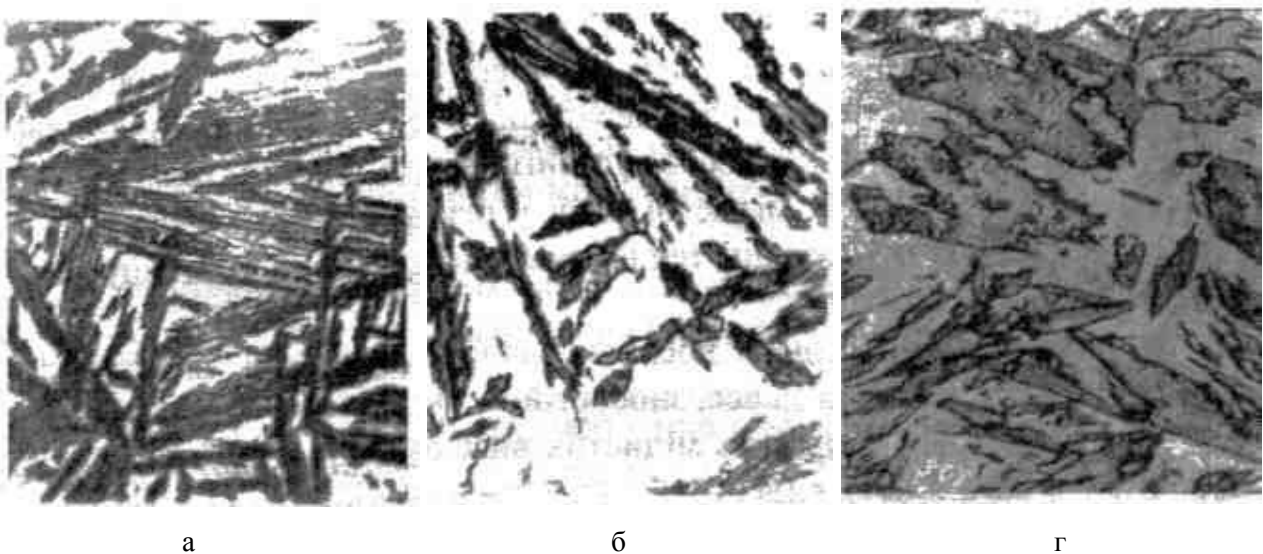


Рис. 4. Мікроструктура мідистого високоміцного чавуну(8.53%мас.Сu, загартованого при температурі охолоджуючого середовища: а - 350°C , б - 400°C , в - 450°C . 950°C

Таблиця 1

Визначення кількості стабілізованого аустеніту у мідистому високоміцному чавуні із структурою нижнього бейніту

Температура аустемперінгу °С	№№ плавок	Вміст Сu, % мас.	Характеристика структури	
			стабілізована кількість γ -фази,%	мікроструктура
350°	1,2	6,25	46	бейніт ($\alpha + \gamma$)
	1,3	7,23	49,6	
	1,3	8,53	51,6	
450°	1,2	6,25	15,4	бейніт ($\alpha + \gamma$)
	1,3	7,23	15,2	
	1,3	8,53	14,9	

Вивчення структури фазового складу після ізотермічного гартування показало:

1. Можливість отримання бейнітних структур в мідистих високоміцних чавунах
2. Структура мідистих високоміцних чавунів, після ізотермічного гартування, вкладається в загальні уявлення про подібного роду структури високоміцних чавунів і має яскраво виражену голчасту будову, яка з підвищенням температури охолоджуючого середовища змінюється на перисту.
3. Максимальна кількість стабілізованого аустеніту спостерігається після ізотермічного гартування при температурі охолоджуючого середовища 350°С і зменшується з підвищенням температури охолоджуючого середовища

Література:

1. Ващенко К.И., Софрони Л. Магнєвий чугун, - М. - Киев: Машгиз, 1961.- 486 с.
2. Горшков А.А., Волощенко М.В. Литые коленчатые валы. - М.: Машиностроение, 1964.- 195 с.
3. Бобро Ю.Г., Гусачук Д.А., Дмитриук Н.В. Износостойкость бейнитных среднеуглеродистых чугунов с компактным графитом. //Трени и и знос. М. –1998.- №3 с. 386-390.
4. Кириевский Б.А. Изюмова Т.К. Хромистый чугун. Оптимизация состава и структуры // Металл и литье Украины. 1994 -№ 1-5, с.19-27
5. Бобро Ю.Г., Тихонович В.И. , Бобро А.Ю. Управление структурой металлической матрицы износостойких чугунов // Сб Процессы лиття. К. ИПЛ. 1990 . №1 –с 31-35.
6. Бобро Ю.Г, Дмитриук Н.В., Гусачук Д.А. Высокоуглеродистые чугуны с шаровидным графитом //Литейное производство. М.-1997.-№7-с.9-11.
7. Дмитриук Н.В. Деякі особливості будови нижнього бейніту у високоміцних мідистих чавунах //Наукові нотатки: Міжвузівський збірник –Луцьк-2000: ЛДТУ-240с.
8. Kobayashi T. Development of High Toughness in Austempered Type Ductile Cast iron and Evaluation of its Properties I T, Kobayashi, H. Yamamoto // Metallurg. Transact, - 1988. - A, Vol. 19A. – P. 319 - 327.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2019