

**ЗАСТОСУВАННЯ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКУВАННЯ НА  
ПЕРВИННУ СТРУКТУРУ ДОЕВТЕКТИЧНИХ БІЛИХ  
ЧАВУНІВ**

*Анотація.* Робота присвячена визначенню впливу модифікаторів на структурні параметри білих чавунів, що здатні деформуватися. Розроблена методика кількісного мікроструктурного аналізу для економно легованих високо вуглецевих сплавів дозволила отримати кількісні характеристики структурних складових і прогнозувати вплив модифікування на пластичність білих дактильовних чавунів.

*Ключові слова:* кількісний аналіз, оптична мікроскопія, структурні складові, розподіл ймовірних величин, модифікування чавуну, переріз дендритів, карбідна складова.

**Постановка проблеми.** Властивості сплавів евтектичного типу, до яких належать білі чавуни, визначаються їх первинною структурою. Основними параметрами, що характеризують цю структуру є кількість та морфологія евтектичної складової, а також розмір так званого «карбідного зерна». Карбідним зерном називають перетин дендритів первинного аустеніту, що обмежується евтектичними колоніями. Розмір та розгалуженість аустенітних дендритів, що оточені евтектичною сіткою суттєво впливають на пластичність білих чавунів. Гаряча пластична деформація сприяє покращенню властивостей білих чавунів і є перспективним напрямком їх обробки. є [1]. Найбільш економічним методом впливу на структуру є використання компонентів, що додаються в невеликій кількості та мають дію модифікаторів. Визначити вплив модифікування на параметри первинної структури можна при застосуванні методів кількісної металографії та розробки особливих методик її використання.

**Аналіз останніх досліджень.** Методи кількісної металографії широко застосовують для оцінки якості структури сталей, для визначення забруднення сталі неметалевими включеннями, для вивчення

розподілу та кількості графітних включень в сірих чавунах [2]. Значні перспективи кількісний аналіз має для дослідження закономірностей формування структури в дактильованих чавунах, тобто в ледебуритних економнолегованих чавунах з підвищеною пластичністю [3]. Ці сплави є гетерофазними сплавами, і складність отримання кількісних показників їх структурних параметрів полягає по-перше, в їх просторовій розгалуженості, а по-друге, в різноманітності фазового складу.

**Формулювання мети статті.** Таким чином, виникає необхідність визначення впливу різних модифікаторів на кількісні параметри структури економнолегованих білих чавунів для прогнозування властивостей, а саме пластичності цих сплавів, що в свою чергу вимагає розробки спеціальної методики кількісного мікроструктурного аналізу.

**Основна частина.** Дослідження проводили на зразках, що виплавляли на основі сплаву що містить 2,7% С і 2,5% V з добавками азоту, ітрію, титану, цирконію, кальцію (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад досліджених модифікованих сплавів \*

Маркування плавки	Склад модифікаторів, %						
	C	V	Ca	Y	Ti	Zr	N
503	2,71	2,54	-	-	-	-	-
505	2,74	2,50	0,1	-	-	-	-
506	2,72	2,51	-	0,1	-	-	-
512	2,70	2,47	-	-	-	0,1	-
504	2,73	2,49	-	-	-	-	0,15
504 а	3,05	3,01	-	-	-	-	0,15
506 а	3,07	2,54	-	0,1	-	-	-
511 а	3,01	2,54	-	-	0,1	-	-

\* Вміст домішок не перевищував значень відповідних промислових білих чавунів

У всіх сплавах виявлено два види евтектичної складової: ледебуритної колонії стільникової будови і в невеликій кількості ванадієвокарбідна евтектика (рис.1). Ітрій і цирконій сприяють погрубщенню колоній аустеніто-цементитної евтектики Евтектика на базі карбиду

ванадію найбільш сильно розгалужена в сплавах, модифікованих ітрієм і азотом. Введення титану сприяє утворенню компактних карбідів типу MC. Визначення розміру карбідного зерна проводили двома способами:

1) методом випадкових січних;

2) за методикою, що була спеціально розроблена, згідно з якою проводили вимірювання величини параметрів перерізів гілок дендритів первинного аустеніту залежно від їх форми. Схема, за якою проводили вимірювання показана на рис.2. Умовно прийняли, що перерізи дендритів наближаються до двох видів форми: витягнутої й круглої. Вимірювання проводили в декількох напрямках на кожному з цих зразків. На підставі цих вимірів були побудовані гістограми, що відображають нормальний розподіл розмірів карбідного зерна. Розраховували найбільш ймовірне значення ширини й довжини перерізу, або діаметру і середнє арифметичне.

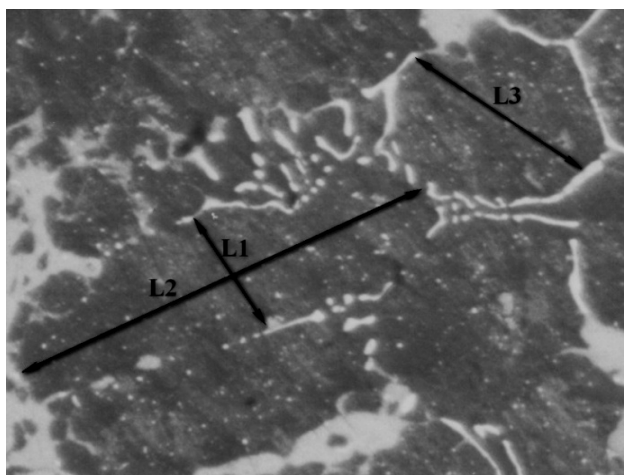


Рисунок 1 - Схема структурних параметрів карбідного зерна:

L1-ширина витягнутого перерізу; L2-довжина витягнутого перерізу;

L3-діаметр круглого перерізу

Отримані масиви даних дендритних параметрів обробляли за допомогою спеціальної програми TableCurve 2D v5.01, яка дозволяє на основі двох параметрів (значення і кількість) обчислювати похідну і будувати графік, який є функцією щільності розподілу з піком. Цей пік характеризує ймовірне значення параметра дендритних гілок. Середнє арифметичне вираховували з усіх даних, проводили понад 20 вимірювань. При значній різниці між простим середнім та найбільш ймовірним, розроблена методика давала результат більш відповідний

останньому. Для розрахунку середнього лінійного розміру гілок дендритів аустеніту використовували структурний аналізатор «Епіквант» фірми «Карл Цейс Йена», який працює за принципом лінійного аналізу зі скануванням об'єкта.

Поверхнево-активні елементи кальцій та ітрій, зменшуючи розмір дендритів, зменшують відповідно розмір «карбідного зерна». До такого ж результату приводять добавки титану та цирконію, які сприяють розгалуженню гілок дендритів аустеніту (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив модифікування на середній лінійний розмір перетину гілок дендритів аустеніту, мкм

модифікатор	базовий	N	Ca	Y	Ti	Zr
розмір перетину	22,95	22,44	20,15	18,68	20,58	21,56

Крім лінійний розмір гілок дендритів аустеніту визначено нормальний розподіл карбідного зерна представлений у вигляді гістограми (рис. 2).

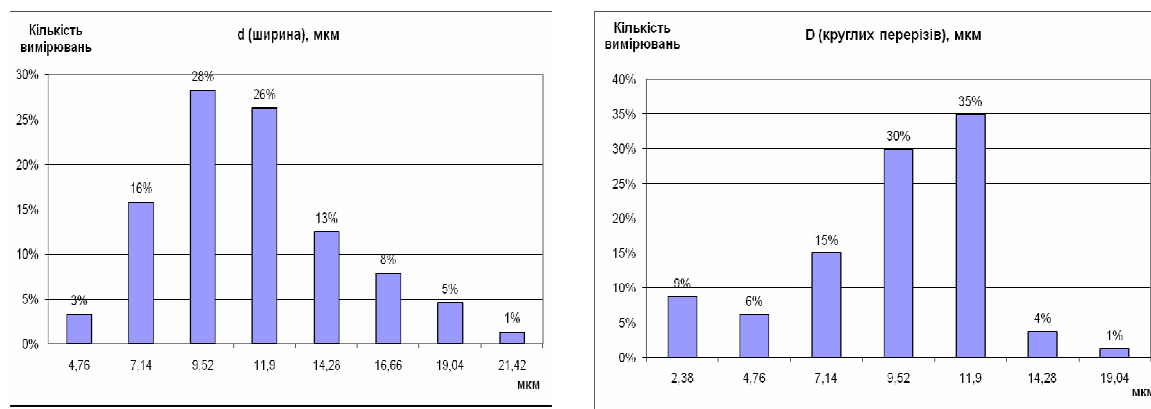


Рисунок 2 - Нормальний розподіл розмірів карбідного зерна

Подальший розрахунок отриманих даних був проведений за допомогою методики розрахунку найбільш імовірних значень гілок дендритів аустеніту (рис.3). Наприклад, у порівнянні з базовим зразком, модифікування азотом зменшує розмір діаметра гілок дендритів аустеніту.

З метою вивчення впливу модифікування на пластичність чавуну, легованого ванадієм проводили випробування методом методом гарячого кручення (рис. 4).

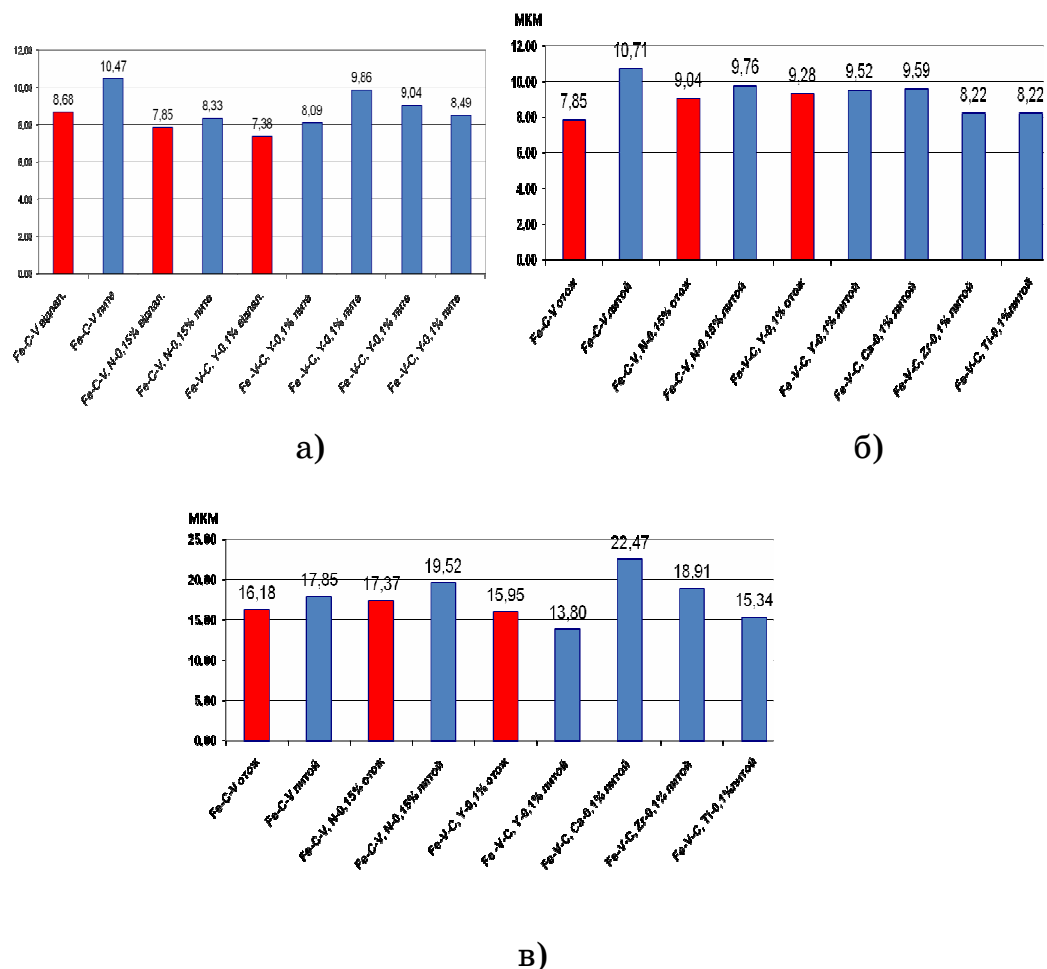


Рисунок 3 - Найбільш ймовірні значення гілок дендритів аустеніту: а) - D діаметр (L3); б) - d (ширина, L1); в) - L (довжина, L2)

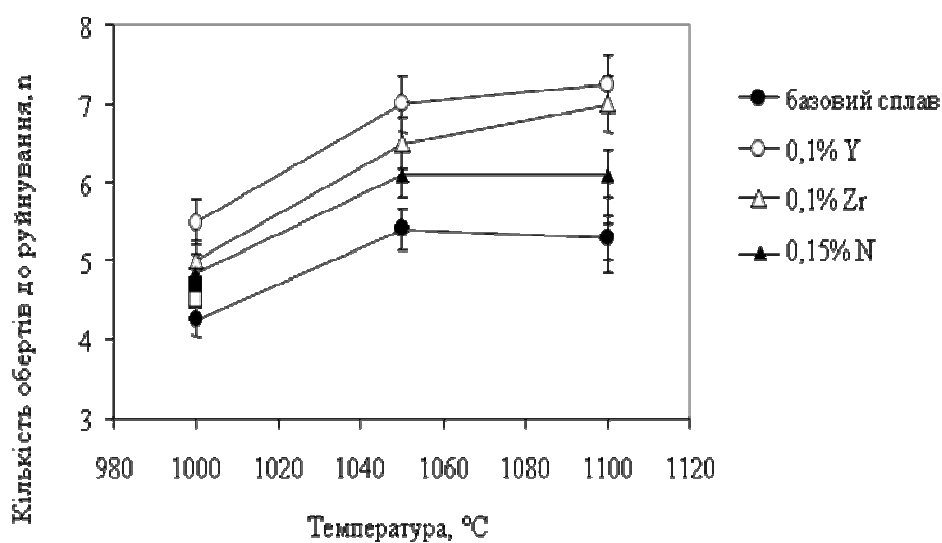


Рисунок 4- Вплив модифікування на - пластичність чавуну, що містить 2,7% С і 2,5% V при гарячому крученні

Вибрані за результатами мікроструктурних досліджень для і модифікування хімічні елементи сприяють підвищенню пластичності дактильованного білого чавуну. Слід зазначити, що найбільш відчутний вплив ітрію і цирконію пояснюється тим, що вони сприяють збільшенню у структурі об'ємної частки ванадієво-карбідної евтектики і зменшення кількості ледебуриту.

**Висновки:** 1. Вивчено вплив модифікаторів азота, ітрію, кальцію, цирконію та титана на розмір перерізу гілок дендритів первинного аустеніту (карбідного зерна) за допомогою розробленої методика кількісного мікроструктурного аналізу.

2. З метою подрібнення структури (поперечного перерізу гілок дендритів аустеніту і розміру евтектичних колоній) можна рекомендувати модифікування кальцієм (0,2% за масою), а також ітрієм і цирконієм (0,1% за масою), причому останні сприяють зміні співвідношення об'ємних часток евтектики на користь ванадієвокарбідної, а також зменшенню кількості цементиту за рахунок фазових переходів.

3. Встановлено, що модифікування азотом, цирконієм та ітрієм сприяє підвищенню пластичності дактильованого чавуну за рахунок збільшення ванадієвої евтектики та зменшення розмірів карбідного зерна.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Миронова Т. М. Структура и свойства деформируемых чугунов / Т.М.Миронова, В.З. Куцова. – Днепропетровск: Дриант, 2009. -190 с.
2. Филинов, М. В. Оптическая структуроскопия: проблемы моделирования и анализа Текст. / М. В. Филинов, Ф. С. Фурсов// Контроль и диагностика 2003. - № 7. - С. 8, 13 - 17.
3. Миронова Т.М. О механизмах влияния фазовых переходов на поведение эвтектических карбидов при деформировании. / Миронова Т.М., Донская Т.Р., Сидорова А.Ю. - Вісник Дніпропетровського університету. -2012, т.20, №2 – Серія Фізика. Радіоелектроніка, випуск19, с.97-104.