



УКРАЇНА

(19) UA (11) 78389 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01N 27/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРВИННОЇ СТРУКТУРИ МЕТАЛІВ

1

(21) а200504455

(22) 13.05.2005

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Афтанділянц Євген Григорович, Зазимко Оксана Володимирівна, Лопатько Костянтин Георгійович, Котречко Олексій Олексійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) SU 583388, 19.12.1977

SU 433376, 15.12.1974

SU 182387, 13.07.1966

SU 361435, 05.03.1973

RU 2049990, 10.12.1995

EP 1158288, 28.11.2001

2

WO 9927357, 03.06.1999

WO 03045607, 05.06.2003

(57) Спосіб визначення параметрів первинної структури металів, що включає вимірювання фізичних властивостей металів та визначення їх структури за кореляцією з властивостями, який **відрізняється** тим, що визначають хімічний склад, температуру ліквідусу при охолодженні, поверхневий натяг, в'язкість та густину розплаву при температурі ліквідусу, включають значення показників поверхневого натягу, в'язкості та густини розплаву у заздалегідь складені рівняння регресії, за якими визначають параметри первинної структури металів.

Винахід відноситься до способів дослідження структури речовин, зокрема до визначення параметрів первинної структури металів.

Відомі способи визначення границь зерен та структури металу, що включають приготування шліфів, хімічне або електрохімічне травлення та дослідження виявленої структури під мікроскопом [Металлография железа. т.1. под ред. Ф.Н.Тавадзе, М.: Металлургия, 1972.-с.34-43.; А.с. СРСР №433376, G01N1/00, бюл. 1974, №23; А.с. СРСР №583388, G01N1/32, бюл. 1977, №15]. У цих способах технологія визначення первинної структури є складною та довготривалою і включає, як правило, наступні етапи: відрізання зразка, його шліфування, підбір травника та травлення поверхні і може виконуватися протягом від кількох годин до кількох днів. Крім того для кожного виробу з різним хімічним складом необхідно підібрати різні спеціальні режими травлення, що можуть значно відрізнятися один від одного, що ускладнює технологію травлення та аналіз структури. Різні методи травлення мають, як правило, різну здатність травлення, що призводить до отримання різних параметрів структури металу при використанні різних методів травлення.

Відомий спосіб неруйнуючого контролю магніто-провідного багатшарового матеріалу, який полягає в тому, що матеріал поміщають в електромагнітне поле, а про якісні та кількісні характе-

ристики матеріалу судять за розміром вихідної напруги, яка подається на реєструючий прилад [А.с. СРСР №182387, кл. G01N27/20, 1966, бюл. №11]. Цей спосіб неможливо використовувати для немагнітних матеріалів, наприклад для аустенітних сталей.

Відомий також спосіб визначення структури матеріалів, що полягає у збудженні в досліджуваному матеріалі електромагнітного поля, вимірю його амплітуди й фази та визначенні фазового складу матеріалу за попередньо встановленою кореляцією між структурою матеріалу та його електроіндуктивними властивостями [А.с. СРСР №361435, МПК⁷ G01N27/00, бюл. №1, 1973р. – прототип].

Проте цим способом неможливо достовірно і з достатньою точністю визначити параметри первинної структури металів, тому що вони не залежать від електроіндуктивних властивостей матеріалу, які реагують в основному на кількість магнітної та немагнітної складової матеріалу, наприклад, кількість графіту в чавуні. Вимірювання та аналіз електроіндуктивних властивостей матеріалів, не дають можливості достовірно оцінювати чинники, які визначають параметри первинної структури металів при їх кристалізації із розплавів, а саме: поверхневий натяг, в'язкість та густину розплаву. Без урахування цих чинників, що визначають процес формування первинної структури

(13) C2

(11) 78389

(19) UA

металів, не можуть бути отримані достовірні рівняння регресії, що дозволяють з мінімальною погрішністю визначати параметри первинної структури металів. Але визначення поверхневого натягу, в'язкості та густини розплаву повинно проводитись при температурі ліквідує розплаву у процесі охолодження розплаву, тому що безпосередньо при цій температурі починається кристалізація і при температурі ліквідує (у процесі охолодження) розплав с вихідним для формування первинної (дендритної) структури металів.

Винаходом ставиться завдання прискорити процес визначення параметрів первинної структури металів.

Поставлене винаходом завдання досягається тим, що у способі визначення параметрів первинної структури металів, що включає вимірювання фізичних властивостей металів та визначення їх структури за кореляцією з властивостями, згідно винаходу визначають хімічний склад, температуру ліквідує при охолодженні, поверхневий натяг, в'язкість та густину розплаву при температурі ліквідує, включають значення показників поверхневого натягу, в'язкості та густини розплаву у заздалегідь складені рівняння регресії, за якими визначають параметри первинної структури металів.

Приклад реалізації способу.

У плавильній печі виплавляли сталі, в рідкому стані визначали вміст у них таких основних елементів як вуглець, кремній, марганець, хром, сірка, фосфор, азот і ванадій (ДСТ 7565-81, 12344-78-12365-84). На основі плану повного факторного експерименту було виплавлено близько 300 сталей з таким вмістом елементів: С до 0,41%; Si до 3,74%; Mn до 3,51%; V до 0,33%; Cr до 3,52%; S=0,012-0,039%; P=0,004-0,025%; N=0,009-0,043%. При охолодженні розплавів вимірювали температуру а при досягненні температури ліквідує, яку визначали за допомогою аналізу кривих охолодження, за методикою [Линчевский Б.В. Техника металлургического эксперимента // М.: Металлургия, 1967.-с.344.; Физико-химические методы исследования металлургических процессов / П.П.Арсентьев, В.В.Яковлев, М.Г.Крашениников и др.//М.: Металлургия, 1988.-с.511.; Афтанділянц Є.Г., Бабаскін Ю.З. Моделирование процесса формирования дендритной структуры в отливках из конструкционной стали / Процессы литья, 1995.-с.94-106] визначали поверхневий натяг (σ), кінематичну в'язкість (ν) та густину (ρ) розплаву. Температура нагріву розплавів (t) була не вища 150°C понад температурою ліквідусу сталей, що практично повністю охоплює діапазон температур, які використовують у процесах розливання сталей. Параметри первинної структури металів визначали на виливках діаметром 20мм та довжиною 150мм, які виготовляли методом точного литва. Дендритну структуру визначали на поперечних темплетях шляхом травлення у наступному розчині: 10мл HNO₃, 30мл HCl при 100°C на протязі 10-15хв. Розміри дендритів і межвісних ділянок визначали методом січних, який викладений у роботі [Салтыков С.А. Стереометрическая металлография.-М.: Металлургия, 1976.-с.271] і шляхом множинного кореляційного аналізу будували регресійні моделі впливу поверхневого натягу, кін-

матичної в'язкості та густини розплаву при температурі ліквідує на параметри первинної (дендритної) структури сталей, які для імовірності 95% мають наступний вигляд:

$$I_{ct}=17,2+0,0013 \cdot \sigma - 2,99 \cdot 10^{-5} \cdot \nu - 0,262 \cdot \rho^2 \quad (1)$$

$$R=0,855; \delta=5,2\%; F_p=5,61 > F_{T^{0,05}}=5,4; \\ \Delta_{ct}=0,5+1,13 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma - 5,29 \cdot 10^{-4} \cdot \nu - 0,00932 \cdot \rho^2 \quad (2)$$

$$R=0,870; \delta=7,2\%; F_p=6,2 > F_{T^{0,05}}=5,4; \\ \Delta_{II}=0,82+3,2 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma - 2,75 \cdot 10^{-4} \cdot \nu - 0,0215 \cdot \rho^2 \quad (3)$$

$$R=0,839; \delta=6,5\%; F_p=5,97 > F_{T^{0,05}}=5,4; \\ I_{dez}=8,4+3,97 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma - 5,68 \cdot 10^{-5} \cdot \nu - 0,147 \cdot \rho^2 \quad (4)$$

$$R=0,893; \delta=8,4\%; F_p=8,93 > F_{T^{0,05}}=5,4; \\ \Delta_{dez}=1,55+8,82 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma - 7,11 \cdot 10^{-4} \cdot \nu - 0,0486 \cdot \rho^2 \quad (5)$$

$$R=0,843; \delta=6,3\%; F_p=6,10 > F_{T^{0,05}}=5,4.$$

де R - коефіцієнт множинної кореляції,

δ - середня погрішність апроксимації (тобто середнє відхилення розрахованих значень від експериментальних),

$F_{T^{0,05}}$ - розрахунковий і табличний критерій Фішера, відповідно.

Аналіз отриманих рівнянь дозволяє швидко визначати параметри первинної структури металів при різних режимах легування та модифікування і оптимізувати процес виробництва сталі з метою максимального подібнення первинної структури при мінімальній витраті легуючих елементів.

Приклад визначення параметрів первинної структури сталі, яка містить 0,3%C; 1,8%Si; 1,82%Mn; 1,51%Cr; 0,12%V; 0,012%S; 0,009%P; 0,023%N; 0,003%O.

Вивчення кореляції між магнітними властивостями (магнітна сприйнятливість, магнітне насичення, коерцитивна сила, магнітна проникність, залишкова індукція) та параметрами первинної структури сталей (довжина стовбчастих дендритів, ширина стовбчастих дендритів, відстань між осями другого порядку, довжина дезорієнтованих дендритів, ширина дезорієнтованих дендритів) на анізометрі Н.З.Акулова, відповідно прототипу, показало, що кореляція між ними відсутня.

Значення параметрів первинної структури сталі, визначених за допомогою травлення (10мл HNO₃, 30мл HCl при 100°C на протязі 12хв.), у виливках діаметром 20мм та довжиною 150мм наступні:

- довжина стовбчастих дендритів $I_{ct}=5,27$ мм;
- ширина стовбчастих дендритів $\Delta_{ct}=0,16$ мм;
- відстань між осями другого порядку $\Delta_{II}=0,134$ мм;

- довжина дезорієнтованих дендритів $I_{dez}=0,74$ мм;

- ширина дезорієнтованих дендритів $\Delta_{dez}=0,21$ мм.

Час визначення параметрів первинної структури сталі з моменту отримання хімічного складу сталі, твердіння виливків, приготування макрошліфа, травлення та аналізу отриманого зображення становив від 1 до 1,5 години.

Значення температури ліквідує, поверхневого натягу (σ), кінематичної в'язкості (ν) та густини (ρ)

розплаву при температурі ліквідує та параметрів первинної структури, визначених за запропонованим методом наступні:

- температура ліквідує $t_{\text{л}}=1489^{\circ}\text{C}$;
- поверхневий натяг $\sigma=1360\text{мДж/м}^2$;
- кінематична в'язкість $\nu=0,851\text{мм}^2/\text{с}$;
- густина $\rho=7,238\text{г/см}^3$;
- довжина стовбчастих дендритів $l_{\text{ст}}=5,24\text{мм}$;
- ширина стовбчастих дендритів $\Delta_{\text{ст}}=0,17\text{мм}$;
- відстань між осями другого порядку

$\Delta_{\text{II}}=0,13\text{мм}$;

- довжина дезорієнтованих дендритів

$l_{\text{дез}}=0,75\text{мм}$;

- ширина дезорієнтованих дендритів

$\Delta_{\text{дез}}=0,20\text{мм}$.

Час визначення параметрів первинної структури сталі з моменту отримання хімічного складу сталі за допомогою персонального комп'ютера становив 2-3хв.

Видно, що відповідно до прототипу неможливо визначать параметри первинної структури сталей.

Відхилення значень параметрів первинної

структури сталі, визначених запропонованим способом від експериментальних даних, отриманих за допомогою травлення складає для: довжини стовбчастих дендритів 0,5%; ширини стовбчастих дендритів 3,0%; відстані між осями другого порядку 4,1%; довжини дезорієнтованих дендритів 1,8%; ширини дезорієнтованих дендритів 3,4%.

Крім того, час визначення параметрів первинної структури зменшився у 20-45 разів.

Істотними відмінностями винаходу є:

- визначення хімічного складу металів;
- визначення температури ліквідує при охолодженні;
- визначення поверхневого натягу, в'язкості та густини розплаву при температурі ліквідує;
- розрахунок параметрів первинної структури металів за рівняннями регресії, що містять, як незалежні змінні: поверхневий натяг, в'язкість та густину розплаву при температурі ліквідує.

Застосування запропонованого способу визначення параметрів первинної структури металів забезпечує прискорення аналізу у 20-45 разів.