

УДК 621.78

Сокрута Я.О.¹, Петров Є.В.², Бялік Г.А.³

¹ студ. гр. ІФ-514м

² студ. гр. ІФ-514м

³ канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДИФУЗІЇ ПРИ ТЕРМООБРОБЦІ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ

Термічна обробка жароміцних сплавів - складний технологічний процес, пов'язаний з контрольованим нагрівом виробів до високих температур. Відомо, що підвищення температури істотно підвищує коефіцієнт дифузії, ця тенденція підтверджується як теоретичними розрахунками, так і експериментальними дослідженнями. Однак щодо нікелю, як основи найбільш поширених жароміцних сплавів, відомості носять фрагментарний характер і не дозволяють коректно визначити коефіцієнт дифузії в конкретних діапазонах температур, характерних для термічної обробки.

Слід зазначити, що найбільш докладно вплив температури на коефіцієнт дифузії вивчено для сплавів на основі заліза. Атоми елементів тріади заліза (залізо, кобальт і нікель) мають на зовнішньому енергетичному рівні по 2 електрони, які вони віддають в хімічних реакціях. Радіуси атомів заліза і

нікелю відрізняються незначно (12,6 і 12,4 нм відповідно), а також залізо і нікель мають близькі коефіцієнти самодифузії. Таким чином, в першому наближенні для розрахунку коефіцієнтів дифузії деяких легуючих елементів в нікелі можна взяти за основу коефіцієнти дифузії цих елементів в залізі з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Розглянемо литу структуру сплаву ЗМІ-М5 до термообробки (рис. 1) (середній розмір дендрита становить 0,714 см (7400 мкм)) і три варіанти термообробки:

- а) варіант 1 – нагрів до температури 1270 °С з витримкою 7200 с.;
- б) варіант 2 – нагрів до 1275 °С з витримкою 14400 с.;
- в) варіант 3 – нагрів до 1280 °С з витримкою 4500 с.

Розраховуємо середнє зміщення усіх атомів що дифундують, яке відповідає середній глибині проникнення елементів, що дифундують алюмінію, хрому і вольфраму для трьох варіантів термообробки з урахуванням впливу температури на коефіцієнт дифузії.

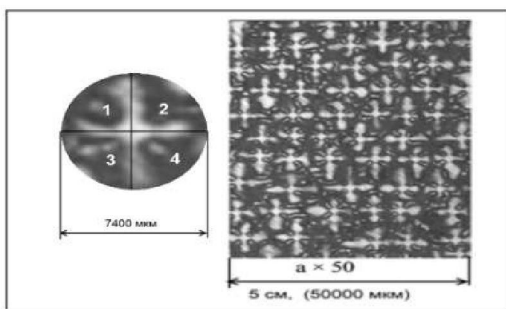


Рисунок 1 – Лита структура сплаву ЗМІ-М5 до термообробки та фрагмент литого зерна

Визначивши середню глибину проникнення атомів ми побачили, що при першому і другому варіантах термічної обробки і в першому етапі третього варіанту вирівнювання хімічного складу відбувається в тонкому поверхневому шарі дендритів, що не може істотно зменшити локальну неоднорідність по всьому перетину первинних литих зерен. Отже, в третьому варіанті вирішальну роль відіграє тривала витримка сплаву після нагріву до температури 870 °С і витримка протягом 28 годин.

Визначимо коефіцієнт дифузії з обсягу зерен при температурі 870 °С. Припустимо, що протягом 28 годин відбувається за рахунок дифузії істотне зменшення локальної неоднорідності по всьому об'єму литого зерна. Слід також враховувати, що осями дендритів 2 порядку кожен дендрит розділений

на 4 фрагменти (рис. 1). В формулі у разі дифузійного вирівнювання концентрації легуючих елементів по всьому об'єму X – середнє зміщення всіх атомів, що дифундують атомів, що відповідає середній глибині проникнення приймаємо рівним половині дендритного фрагмента (з урахуванням одночасного протікання дифузійного процесу з обох сторін).

Отримане значення коефіцієнта дифузії істотно, на 4 порядки розходиться з теоретично розрахованими і експериментально перевіреними даними. Отже, об'ємний процес дифузії відбувається в більш дрібних фрагментах мікроструктури – субструктурах. Визначивши коефіцієнти дифузії, розміри фрагментів, в яких відбувається дифузія і коефіцієнти ліквідації для складових сплаву в цих фрагментах отримасмо дані для розрахунку часу термообробки. Підставивши отримані значення в рівняння для визначення часу дифузійного відпалу при температурі 870 °C і порахувавши, отримуємо час відпалу, який складає 31,18 годин.