

УДК 669.245.018.044:620.193.53

Глотка О.А.¹, Демідов Д.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-222м НУ «Запорізька політехніка»

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ХІМІЧНИМ СКЛАДОМ І КАРБІДАМИ В ЛИВАРНИХ ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВАХ

Метою цієї роботи є вивчення специфіки впливу легуючих елементів на розподіл карбідів у структурі, їх топологію та морфологію, а також їх склад для багатокомпонентної системи типу Ni-34Cr-4,3W-2,3Mo-1,3Al-1,3Ti-1,3Nb-0,1C за допомогою розрахункового методу прогнозування CALPHAD (пасивний експеримент) порівняно з даними, одержаними методом растрової електронної мікроскопії (активний експеримент).

Зміна температури карбідного ліквідусу для карбідів типу MC практично не спостерігається при введенні Ti в сплав. Однак це призводить до зміни складу первинних карбідів і при вмісті більше 4% виділення η-фази (типу Ni-17Ti-4Nb-1Al-0,22Cr). Введення понад 2,7% Ti призводить до зміни основи карбіду з ніобію на титан, при цьому вміст титану в карбіді збільшується до 55%.

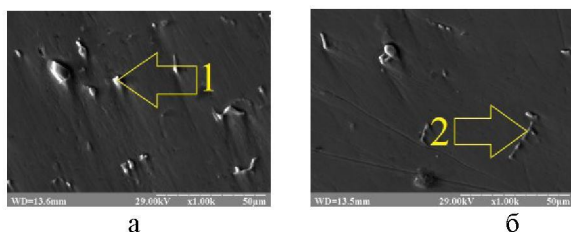
Збільшення концентрації ніобію у сплаві призводить до зниження температури утворення (виділення) карбідів MC, що пояснюється зміною сил міжатомного зв'язку. Утворення первинних карбідів у цій системі починається з концентрації Nb від 1%, а вміст його в карбіді коливається від 60 до 81%. Концентрація титану в карбіді при цьому знижується з 24 до 7%.

Вторинні карбіди утворюються при концентрації хрому, у цій системі, на рівні 10%. Зі збільшенням вмісту Cr у сплаві температура розчинення (виділення) карбідів зростає, як і його вміст у вторинному карбіді.

Концентрація нікелю та молібдену при цьому знижується до 3,5 та 8,8% відповідно за параболічними залежностями. При концентрації хрому в сплаві 31% утворюється твердий розчин на основі Cr, таким чином перестає хром розчиняються в нікелі.

Молібден знижує температуру розчинення (виділення) карбідів типу $M_{23}C_6$ такий характер залежності пояснюється зміною сил міжатомних зв'язків у вторинному карбіді.

Результати розрахунку фазового складу, отримані згідно з залежностями, надалі порівнювали з експериментальними даними, отриманими за допомогою електронної мікроскопії в режимі мікрозондування на растровому електронному мікроскопі, PEM-106I. Типова морфологія первинних карбідів у структурі металу даного класу зустрічається у вигляді окремих блоків (Рис. 1). Карбіди типу $M_{23}C_6$ у даному сплаві присутні у переривчастих блоковій та пластинчастій формах (Рис. 1) [1-5].



а – карбід типу MC; б – карбід типу $M_{23}C_6$.

Рисунок 1 – Морфологія карбідів в жароміцному нікелевому сплаві.

Хімічний склад карбідів, визначали експериментально методом рентгеноспектрального мікроаналізу, за допомогою якого фіксували інтенсивність рентгенівського випромінювання залежно від енергії кЕв. Експериментально встановлено, що до складу карбідів входять титан, ніобій, вольфрам, молібден, нікель та хром у наступних співвідношеннях порівняно з розрахунковими значеннями (табл. 1).

У таблиці 1 показано, що розрахункові та експериментальні дані добре узгоджуються між собою практично за всіма елементами. Спостерігається підвищений вміст хрому та нікелю у первинних та вторинних карбідах відповідно. Такі значення можуть бути викликані підвищеним вмістом цих елементів у сплаві. Таким чином, розрахункові дані щодо визначення типу та хімічного складу карбідів, показали хорошу збіжність та узгодженість з експериментальними даними, отриманими методом електронної мікроскопії.

Таблиця 1 – Хімічний склад карбідів розраховані за отриманими залежностями та отримані експериментально методом рентгеноспектрального мікроаналізу при 20°C

Метод отримання результату	Вміст елементу, % по масі						
	Ti	Nb	W	Mo	Ni	Cr	C
Розрахунковий склад МС	25,11	59,09	2,4	-	-	0,49	12,58
Розрахунковий склад $M_{23}C_6$	-	-	9,31	8,62	3,54	73,47	5,06
Експериментальний склад МС (рис. 1, точка 1)	23,52	51,3	5,76	-	-	6,92	12,5
Експериментальний склад $M_{23}C_6$ (рис. 1, точка 2)	-	-	8,85	8,86	6,0	71,2	5,05