

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ *IN SITU* РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТУГОПЛАВКОГО СПЛАВА NbCrMoVTa

Карпец М.В., Макаренко Е.С., Мысливченко А.Н., Крапивка Н.А., Горбань В.Ф.

Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, ул. Кржижановского,3, Киев 03142, Украина, e-mail: olena.maluhina@gmail.com

Фазовый состав сплава исследовался методом *in situ* в интервале температур 293 – 1073 К на дифрактометре ДРОН-УМ1 с использованием высокотемпературной приставки УВД-2000 в атмосфере гелия. Дифрактограммы снимали методом непрерывного сканирования в интервале углов 2θ 30 – 80°. Обработку данных дифрактометрического эксперимента проводили с использованием программы для полнопрофильного анализа рентгеновских спектров от смеси поликристаллических фазовых составляющих PowderCell 2.4. При полнопрофильном анализе дифракционных картин проводили учет текстуры по текстурной модели Marsh-Dollase [1].

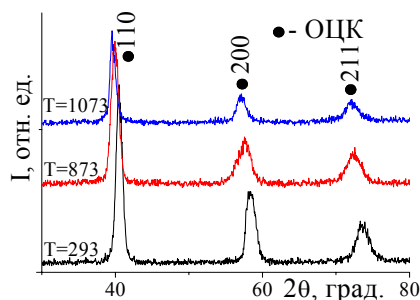


Рис.1 Рентгенограммы ВЭСа NbCrMoVTa. Монохроматическое $\text{Cu K}\alpha$ – излучение

Для исследования жаростойкости был выбран высокоэнтропийный тугоплавкий сплав NbCrMoVTa в эквимольном соотношении. Энтропия смешения сплава составляет $\Delta S_{\text{mix}}=13,37$ Дж/моль·К, концентрация валентных электронов – $E/A = 5,4$ эл./ат. Согласно [2], следует ожидать, что при $E/A < 7,2$ эл./ат. будет формироваться фаза на основе ОЦК твердого раствора. Кристаллическая структура сплава в исходном состоянии при температуре 293 К – однофазный твердый раствор с ОЦК кристаллической решеткой и периодом $a = 0,3170$ нм. В исследуемом образце коэффициент текстуры $\tau = 0,52$ в направлении [200] ОЦК решетки (рис. 1).

При температуре 873 К период решетки ОЦК твердого раствора увеличился до $a = 0,3207$ нм; $\tau = 0,57$ по направлению [200]. При 1073 К период кристаллической решетки возрастает до значения $a = 0,3219$ нм, а $\tau = 0,57$

в направлении [200]. Увеличение периода решетки связано с термическим расширением.

На рис. 2 представлена зависимость периода решетки ОЦК твердого раствора в зависимости от температуры. По данным значений периода решетки фазы на основе ОЦК твердого раствора были рассчитаны значения коэффициента термического расширения α (КТР) в интервале температур 293 – 1073 К. В интервале температур 293 – 873 К $\alpha = 20,1 \cdot 10^{-6}$ К, в интервале 873 – 1073 К – $\alpha = 18,7 \cdot 10^{-6}$ К. Теоретическое значение КТР для ВЭСа было рассчитано по правилу смеси ($\alpha_{\text{теор.}} = \sum c_i \cdot \alpha_{\text{теор.}i}$, c_i –

атомный процент i -того элемента; $\alpha_{\text{теор.}i}$ – теоретический КТР i -того элемента при 300 К); его значение составляет $\alpha = 6,4 \cdot 10^{-6}$ К. Среднее значение КТР из данных аппроксимационной зависимости в интервале температур 293 – 1073 К составляет $18,8 \cdot 10^{-6}$ К. Такое различие в значениях КТР (теоретического и экспериментального) вероятнее всего обусловлено особенностями попарного взаимодействия разных сортов атомов между собой.

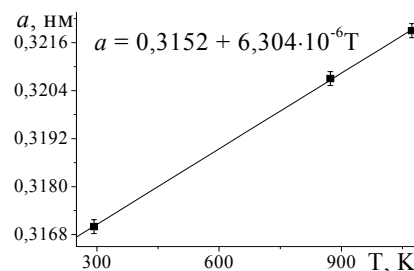


Рис. 2 Зависимость периода решетки ОЦК твердого раствора от температуры

Результаты исследования свидетельствуют о том, что в интервале температур 293 – 1073 К многокомпонентный сплав NbCrMoVTa стойкий к окислению.

1. Dollase W.A. Correction of intensities for preferred orientation of the March model // J. Appl. Cryst. – 1986. – V. 19, – P. 267–272.

2. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Печковский Э.П. Новый класс материалов-высокоэнтропийные сплавы и покрытия// Вестник ТГУ.т.18,вып. 4. 2013, с.1938-1940.