

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ В СПЛАВАХ TiZrHfMoCr И TiZrHfMoCrCo

Горнакова А.С.¹, Афоникова Н.С.¹, Страумал А.Б.¹, Давдян Г.С.¹,
Тюрин А.И.², Страумал Б.Б.¹

¹Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна РАН, Черноголовка, Россия
²Научно-исследовательский институт “Нанотехнологии и наноматериалы” ТГУ им.
Г.Р. Державина, Тамбов, 392000 Россия
alenahas@issp.ac.ru

В последние годы высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) получили большой интерес в области материаловедения. ВЭС также называют многоосновными сплавами, безосновными сплавами или сплавами без основного компонента. Оказалось, что такие сплавы могут образовывать однородный неупорядоченный твердый раствор. Это связано с тем, что их уникальная комбинация атомов с различными атомными радиусами может эффективно ингибировать зарождение и рост вторых фаз. Такие сплавы могут обладать лучшими свойствами, чем традиционные сплавы. В частности, они обладают высокой твердостью [1,2], хорошей прочностью при высоких температурах, отличной износостойкостью, стойкостью к окислению и коррозии. Наиболее часто используемым подходом к изготовлению ВЭС является технология литья или дуговой плавки.

В нашей работе были исследованы два высокоэнтропийных сплава Ti10.92Zr18.90Hf41.28Mo18.20Cr3.61Co3.85wt.% (последующие обозначение TiZrHfMoCrCo) и Ti10.65Zr21.35Hf39.40Mo21.15Cr12.06, wt.% (TiZrHfMoCr), выплавленных методом левитационного плавления в атмосфере чистого аргона с помощью электромагнитной индукции в виде цилиндрических слитков диаметром 10 мм. Для приготовления сплавов были использованы чистые металлы. Цель: исследовать фазовые превращения индуцируемые термообработкой и измерить значения нанотвердости отдельных фаз в ВЭС отличающихся на одну компоненту – кобальт.

В обоих сплавах в исходном (после выплавки) состоянии присутствует три фазы: (Hf)сub (A2), Cr₂Zr (C14) и (Mo,Cr)₂Zr (C15) (две последние фазы – это фазы Лавеса), их доля и распределение в сплавах близки. После отжига при 1000°C (336 ч.), 800°C (336 ч.) и 600°C (480 ч.) получаем не только разное сочетание фаз, но и появляются новые (HfC)сub (B1) и (Cr₂Hf)hex (C36).

В исходных сплавах были измерены значения нанотвердости фаз (Hf)сub (A2) и (Mo,Cr)₂Zr (C15), и если в сплаве TiZrHfMoCrCo значения нанотвердости фаз близки и равны примерно 8 ГПа, то в сплаве TiZrHfMoCr нанотвердость фаз отличается в два раза 5 и 10 ГПа.

Авторы благодарят за финансовую поддержку Министерство науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-945, номер проекта в ЭБ 13.2251.21.0013).

1. Zhu, J.M.; Fu, H.M.; Zhang, H.F.; Wang, A.M.; Li, H.; Hu, Z.Q. Mater. Sci. Eng. A 2010, 527, 7210–7214. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.07.049>.
2. Zhou, Y.J.; Zhang, Y.; Wang, Y.L.; Chen, G.L. Appl. Phys. Lett. 2007, 90, 181904. <https://doi.org/10.1063/1.2734517>.