

УДК 669.715.24

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА ВКНА-1В

Юлия Вячеславовна Костенко⁽¹⁾, Ольга Анатольевна Базылева⁽²⁾, Эльвира Гайсаевна Аргинбаева⁽³⁾

Студент 4 курса, кафедра «Материаловедение» МГТУ им. Н. Э. Баумана⁽¹⁾

*Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, сотрудник, заместитель
начальника лаборатории по науке ФГУП «ВИАМ»⁽²⁾*

Кандидат технических наук, и.о. начальника сектора, ФГУП «ВИАМ»⁽³⁾

Научный руководитель: М. В. Унчикова

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение» МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время интерметаллидные сплавы типа ВКНА являются материалами, которые в наибольшей мере удовлетворяют требованиям, предъявленным к деталям газотурбинных двигателей нового поколения. По сравнению с серийными жаропрочными никелевыми сплавами, применение которых ограничено рабочими температурами 1050-1150 °С, сплавы на основе интерметаллида Ni_3Al имеют уникальную жаропрочность при температурах 1000–1300 °С, что связано с повышенной термической стабильностью фазово-структурного состояния сплавов, имеющего эвтектическое происхождение. Благодаря высокому содержанию алюминия, интерметаллидные материалы имеют пониженную плотность (7,9-8,1 г/м³) и обладают повышенной жаростойкостью [1, 2].

В отличие от традиционных жаропрочных никелевых сплавов, термическая обработка которых состоит из гомогенизации и последующего старения для создания оптимальной дисперсноупрочненной структуры, интерметаллидные сплавы не требуют термической обработки, при которой происходит растворение, а затем выделение упрочняющей фазы.

Вместе с тем технологический процесс изготовления деталей из сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al включает технологические нагревы, а также отжиг для устранения напряжений, возникающих после механической обработки [3].

Цель работы заключалась в исследовании влияния отжига на структуру и свойства монокристаллического сплава ВКНА-1В.

В качестве материала для исследований использовали цилиндрические заготовки образцов из интерметаллидного сплава ВКНА-1В, полученные методом литья с жидкометаллическим охладителем с использованием затравок, с монокристаллической структурой кристаллографической ориентации КГО $\langle 111 \rangle$ [4].

Микроструктурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе JSM-840, периоды кристаллических решеток (a_γ и $a_{\gamma'}$) и количество γ' и γ -фаз определяли при комнатной температуре дифрактометрическим методом на установке ДРОН-3М с использованием компьютерной программы «Outset».

Статические испытания на растяжение с определением времени до разрушения проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10145 на компьютеризированных стендах ZST2/3- ВИАТ при 1000 °С и $\sigma = 180$ МПа.

Для термической обработки, включающей нагрев до 1000, 1100, 1150, 1200 °С, выдержку в течение 1 ч и охлаждение на воздухе, использовали камерную печь VEBKS400/100 с максимальной рабочей температурой 1350 °С.

Исследования образцов интерметаллидного сплава ВКНА-1В после термической обработки показали, что объемное количество γ' - фазы, по сравнению со значениями для сплава

в исходном литом состоянии увеличивается с 88 до 90-93 % вследствие распада γ - твердого раствора и выделения частиц вторичной γ' -фазы (рис.1).

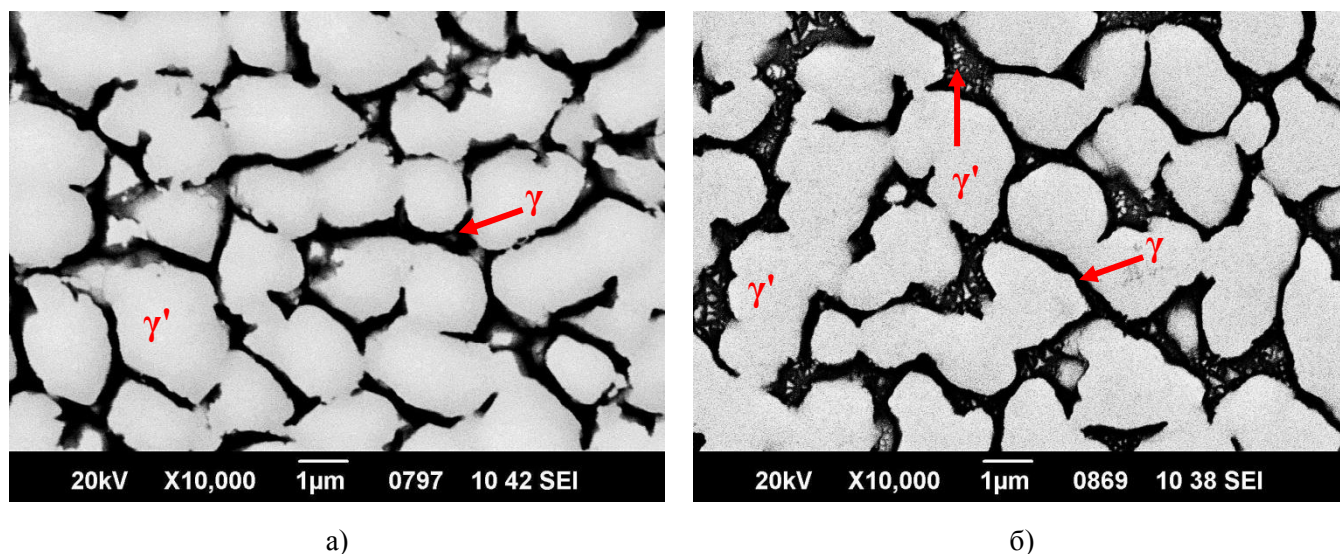


Рис. 1. Микроструктура γ/γ' -фаз в междендритных областях сплава ВКНА-1В после направленной кристаллизации (а) и после термической обработки при температуре 1200 °С в течение 1 ч: (б), х 10000

Рентгеноструктурным анализом установлено, что с ростом температуры термической обработки период кристаллической решетки γ' -фазы ($a_{\gamma'}$) существенно не меняется, в то время, как параметр решетки γ -фазы (a_{γ}) увеличивается, что приводит к двукратному увеличению мисфита D ($D=(a_{\gamma}-a_{\gamma'})/a_{\gamma}$)), характеризующему уровень межфазных напряжений, и вызывает увеличение длительной прочности (рис.2). Снижение времени до разрушения после отжига сплава при 1200 °С может быть связано с обеднением поверхности легирующими элементами и с уменьшением влияния твердорастворного упрочнения.

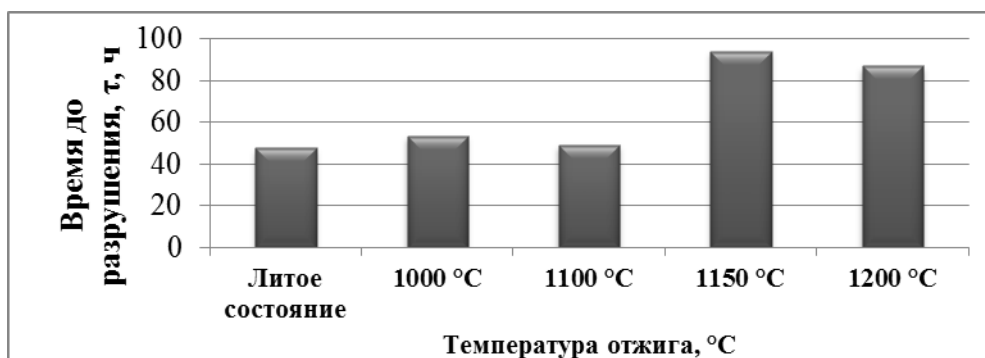


Рис. 2. Влияние температуры отжига интерметаллидного сплава ВКНА-1В на время до разрушения при испытаниях на длительную прочность при температуре 1000 °С при постоянном напряжении 180 МПа

Литература

1. Бунтушкин В.П., Каблов Е.Н., Базылева О.А., Морозова Г.И. Сплавы на основе алюминидов никеля // МиТОМ.1999.№1.С.32-34

2. Структура и свойства интерметаллидных материалов с нанофазным упрочнением. Колл. авторов /Под научной редакцией *Е. Н. Каблова и Ю.Р.Колобова*. - М.: Издательский дом МИСиС, 2008. 328 с.
3. Базылева О.А., Бондаренко Ю.А., Морозова Г.И., Тимофеева О.Б. Структура, химический и фазовый составы интерметаллидного сплава ВКНА-1В после высокотемпературных термических обработок и технологических нагревов //МиТОМ. 2014. №5. С. 3–6.
4. Каблов Е.Н., Сидоров В.В., Каблов Д.Е. и др. Современные технологии получения прутковых заготовок из литейных жаропрочных сплавов нового поколения //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 97–105.