

УДК 538.911; 548.4; 620.186.8; 620.172.2

DOI: 10.17223/00213411/65/8/139

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТЖИГОВ
НА ГОМОГЕННОСТЬ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ Ni_3Al ,
СИНТЕЗИРОВАННОГО ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
МАЛОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ***

Д.А.Осипов^{1,2}, И.В. Смирнов^{1,2}, К.В. Гриняев^{1,2}, И.А. Дитенберг^{1,2}

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

² *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*

Ключевые слова: система никель – алюминий, интерметаллид Ni_3Al , механическая активация, искровое плазменное спекание, высокотемпературные отжижки, гомогенность.

Сплавы на основе интерметаллида Ni_3Al привлекательны для использования в качестве конструкционных материалов, способных длительно работать в агрессивных средах (авиакосмическая отрасль, химическое производство и т.д.) [1, 2]. Для получения объемных образцов и заготовок из Ni_3Al применяются такие подходы, как литье [3], самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) и горячее прессование [4, 5], искровое плазменное спекание (ИПС) [6] и аддитивные технологии на основе лазерного спекания [7]. Одним из ключевых вопросов при получении таких интерметаллидных соединений является выявление необходимых условий и факторов, обеспечивающих гомогенность получаемых структурно-фазовых состояний, что предопределяет как уровень прочностных свойств, так и особенности деформации и разрушения материала.

В работе [8] показано, что после ИПС образцы с предварительной высокоэнергетической механической активацией (МА) малой продолжительности (1 мин) характеризуются негомогенным структурно-фазовым состоянием. Наблюдается сильная разнорзернистость, а помимо основной интерметаллидной фазы Ni_3Al обнаружено формирование $Ni_{4,22}Al_{0,9}$ (объемная доля – 6%) и $Ni_{0,9}Al_{1,1}$ (объемная доля – 4%).

В настоящей работе изучено влияние высокотемпературных отжигов на зеренную структуру и фазовый состав Ni_3Al , полученного методом ИПС после предварительной МА продолжительностью 1 мин.

Использована смесь порошков 3Ni (99.85%, марки ПНК 1Л5) – Al (98%, марки ПА-4). Режим предварительной МА и последующего ИПС представлен в [8, 9]. Обработку порошковой смеси проводили в энергонапряженных планетарных шаровых мельницах АГО-2 с водяным охлаждением. В качестве мелющих тел использовали стальные шары. Для предотвращения окисления обработку и выгрузку образцов осуществляли в атмосфере аргона. Синтез проведен на установке SPS Labox-1575 («Sinter Land Inc.», Japan). Полученные образцы Ni_3Al имели форму цилиндра диаметром 30 мм и высотой 5 мм. Из синтезированных образцов нарезали пластинки толщиной ~ 1 мм, которые отжигали 1 ч в вакууме при температурах 1100, 1200 и 1300 °С.

Рентгеноструктурные исследования проведены на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 6000. Получение картин дифракции обратно рассеянных электронов (Electron BackScatter Diffraction (EBSD)) выполнено с использованием сканирующего электронно-ионного микроскопа FEI Quanta 200 3D (30 кВ).

Рентгенограммы от образцов Ni_3Al после отжигов представлены на рис. 1. R_p -фактор, определяющий согласованность между кристаллографической моделью и экспериментальным массивом рентгеновских данных, не превышает 10%. Установлено, что отжижки при температурах 1100, 1200 и 1300 °С приводят к увеличению размеров ОКР по сравнению с состоянием после ИПС [9] до 0.816, 0.867 и 0.924 мкм соответственно. При этом уровень микроискажений снижается до 0.03–0.05%. После отжига при 1100 °С фаза $Ni_{4,22}Al_{0,9}$ не обнаружива-

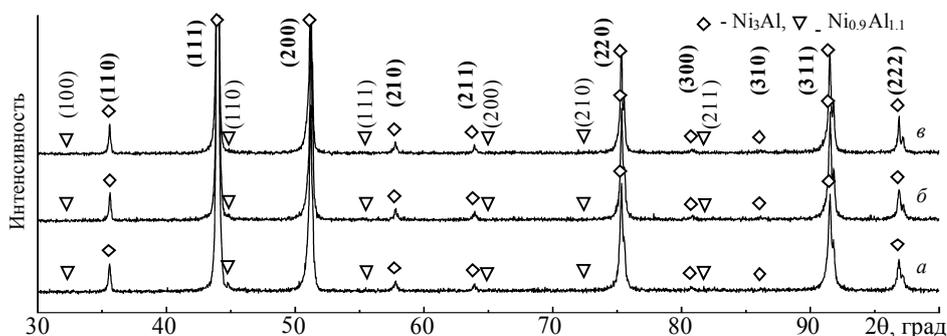


Рис. 1. Рентгенограммы от образцов Ni_3Al после отжигов при 1100 (а), 1200 (б) и 1300 °С (в)

* Термообработки и препарирование образцов выполнены в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2021-0008. Структурные исследования проведены в рамках гранта РФФИ № 20-32-90094 аспиранты.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>