ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»,

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»

5–9 октября 2020 года
Томск, Россия

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/167

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Ni_3Al ПОД ДАВЛЕНИЕМ – ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ

[1,2]Акимов К.О., [1]Козулин А.А., [1]Овчаренко В.Е.

[1]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

[2]НИ Томский государственный университет, Томск

Жаростойкое интерметаллическое соединение Ni_3Al и сплавы на его основе, полученные в экстремальных условиях синтеза при высоких температурах и давлениях, обладают повышенными физическими и прочностными свойствами в широком температурном интервале, вплоть до 1100 ^oC. При проектировании деталей механизмов из жаростойких интерметаллических сплавов необходимо оценивать прочностные свойства компонентов этих сплавов во всем эксплуатационном диапазоне температур [1-2]. Эти данные должны учитываться в инженерных методиках при проведении математического моделирования для обеспечения заданной степени надежности проектируемых механизмов. Для никелевых суперсплавов на основе интерметаллического соединения Ni3Al важнейшими параметрами при инженерных расчетах являются прочностные свойства интерметаллической компоненты сплавов, доля которой в современных суперсплавах достигает 80 и более процентов. К настоящему времени хорошо известны температурные зависимости прочностных свойств интерметаллида Ni_3Al, полученного известными технологиями – вакуумной плавкой, спеканием порошков, направленной кристаллизацией и т.д. Целью настоящей работы являлось исследование температурных зависимостей в диапазоне 20 – 1000 ^oC прочностных свойств интерметаллида Ni_3Al, полученного методом высокотемпературного синтеза под давлением в порошковой смеси чистых элементов стехиометрического состава [3]. В исходной прессовке использовали порошковую смесь стехиометрического состава 3Ni+Al (размер частиц никеля составлял 1-3 мкм, алюминия – 5-10 мкм). Порошковую смесь помещали в стальную цилиндрическую прессформу закрытого типа с внутренним диаметром 58 мм, которую нагревали токами высокой частоты до инициирования экзотермической реакции синтеза интерметаллического соединения. Во время протекания реакции синтеза интерметаллида производили включение рабочего хода гидравлического пресса в режим компактирования продукта высокотемпературного синтеза. После охлаждения синтезированный интерметаллид в виде компакта цилиндрической формы разрезали на образцы для проведения исследований структурно-фазового состояния и прочностных свойств синтезированного интерметаллида. Рентгенофазовый анализ проводили на рентгеновском дифрактометре Дрон-7 с полнопрофильным анализом дифрактограмм с использованием программного обеспечения PowderCell 2.4 и электронной базы материалов PDF 4. Зеренную структуру образцов синтезированного интерметаллида исследовали методами оптической металлографии на микроскопе Neophot 32. . Прочностные свойства интерметаллида исследовали методом одноосного растяжения плоских образцов в виде двухсторонних лопаток на машине «INSTRON» со скоростью растяжения 0,2 мм/мин в диапазоне температур от 20 до 1000 ºС.

Рентгенофазовый анализ показал, что используемая методика проведения синтеза обеспечивает полное превращение порошковой смеси в интерметаллическое соединение Ni_3Al во всем объеме синтезированного продукта. Гистограммы прочностных свойств на растяжение при температурах от 20 до 1000 ^oC представлены на рисунке 1, где $\sigma_{0.2}$, σ_b, ε - условный предел текучести, предел прочности и относительное удлинение, соответственно.

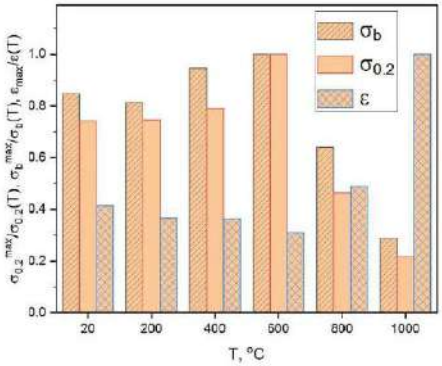

Рис. 1. Гистограммы прочностных свойств при растяжении синтезированного под давлением интерметаллида Ni_3Al при температурах 20, 200, 400, 600, 800 и 1000 °C.

Значениям равным единице на гистограммах соответствуют максимальные показатели прочностных свойств – 550 и 570 МПа для условного предела текучести и предела прочности при 600 ºС и относительной деформации равной 8 % при 1000 ºС. Из представленных результатов явно отмечаются две характерные стадии изменения свойств от температуры. До 600 ºС значения предела текучести и прочности монотонно возрастают от 400 и 480 МПа до 540 и 570 МПа, соответственно. Одновременно с увеличением показателей прочности в этом диапазоне происходит слабое уменьшение значений относительных деформаций с 3.2 до 2.4 %. В диапазоне от 600 до 1000 ºС происходит резкая смена температурной зависимости в сторону уменьшения предела текучести с 540 до 115 МПа и предела прочности с 540 до 165 МПа при повышении значений относительной деформации с 2.4 до 8 %.

Для оценки эффективности метода высокотемпературного синтеза под давлением для получения интерметаллического соединения с повышенными прочностными свойствами были проведены исследования прочности на растяжение при комнатной температуре образцов интерметаллида полученных переплавкой в вакууме синтезированного под давлением интерметаллида с разливкой расплава в изложницу. Установлено, что прочностные свойства образцов синтезированного под давлением интерметаллида многократно превосходят по величине образцов литого интерметаллида - условные пределы текучести равны 400 и 47 МПа, а пределы прочности 480 и 100 Мпа для синтезированного под давлением и литого интерметаллидов, соответственно.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 – 2020 годы (проект № 23.2.1). Предварительные результаты были получены в рамках проекта РФФИ "Закономерности формирования мультимодальных структурно-фазовых состояний и их влияние на физические и прочностные свойства сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al." (проект №13-08-98019).

1. Stoloff N.S., Liu C.T., Deevi S.C. Emerging application of intermetallics // Intermetallics. 2008. V. 8. P. 1313–1320.
2.Jozwik P. Review - Applications of Ni_3Al Based Intermetallic Alloys—Current Stage and Potential Perceptivities/ P. Jozwik, W. Polkowski, Z. Bojar // Materials. – 2015. – №8. – P.2537-2568.
3. Овчаренко В.Е. Структура, физические и механические свойства синтезированного под давлением интерметаллического соединения Ni_3Al и его сплава //Наноинженерия.- 2015.- № 4.- С. 43-48.