

УДК 669.13

Л. И. Шевцова¹, А. С. Ивашутенко², Т. С. Самейщева¹

¹ НГТУ, г. Новосибирск,

edeliya2010@mail.ru

² ТГУ, г. Томск,

ivaschutenko@mail.ru

Научный руководитель – проф., д-р. техн. наук. *А. А. Батаев*

ФОРМИРОВАНИЕ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДА НИКЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВ ВКНА И ПН85Ю15

АННОТАЦИЯ

Проведено сравнительное исследование структуры и механических свойств материалов на основе интерметаллида Ni_3Al двух типов – ВКНА и ПН85Ю15, полученных с использованием технологии искрового плазменного спекания порошков при одинаковых условиях. Предел прочности при изгибе спечённого порошка ПН85Ю15 составляет 890 МПа, спечённого порошка ВКНА – 330 МПа. Низкие значения прочности сплава ВКНА, спечённого при данных режимах, объясняются повышенной пористостью (20 %) материала из-за наличия тугоплавких элементов в составе исходного порошка.

Ключевые слова: алюминид никеля, порошки, искровое плазменное спекание

ABSTRACT

Structure and mechanical properties of materials based on Ni_3Al intermetallic sintered using two types of powders «VKNA» and «PN85Yu15» were investigated. Sintering of materials was performed using spark plasma sintering technology under equal conditions for both materials. The bending strength of material sintered using «PN85Yu15» powder was 890 MPa, material sintered using «VKNA» powder showed the strength level about 330 MPa. Low values of «VKNA» alloy strength level can be explained by high porosity (20 %) of the material due to the presence of refractory elements in the initial powder.

Keywords: Ni_3Al , powders, spark plasma agglomeration

Соединение Ni_3Al является основной упрочняющей фазой жаропрочных никелевых сплавов, используемых в больших количествах при изготовлении деталей ответственного назначения в химической промышленности, энергетике, а также в авиа- и ракетостроении.

© Шевцова Л. И., Ивашутенко А. С., Самейщева Т. С., 2015

Содержание фазы Ni_3Al в таких материалах достигает 70 %. Присутствие этой фазы, благодаря сочетанию таких свойств, как жаропрочность, стойкость к окислению и коррозии при повышенных температурах, а также высокая температура плавления (1395 °С) и относительно низкая плотность (7,5 г/см³), позволяет использовать никелевые сплавы при изготовлении деталей, эксплуатирующихся при повышенных температурах [1].

В последние десятилетия широко используются сплавы на основе алюминиды никеля типа ВКНА (содержание фазы Ni_3Al до 90 %), разработанные во Всероссийском институте авиационных материалов (ВИАМ). В технической литературе подробно описаны структура сплавов типа ВКНА в литом состоянии и приведены отдельные сведения об их механических свойствах [2]. Однако данных о структуре и свойствах таких материалов, полученных методом порошковой металлургии, недостаточно. Экспериментально установлено, что эффективным способом получения композитных материалов на основе интерметаллидов является искровое плазменное спекание (SPS-технология) [3]. Цель работы заключалась в исследовании структуры и механических свойств материалов на основе интерметаллида Ni_3Al , полученных по технологии искрового плазменного спекания порошков двух типов – ВКНА и ПН85Ю15.

В качестве исходных материалов были использованы порошки алюминиды никеля двух марок – ПН85Ю15 и ПН75Ю23В (ВКНА). Средний размер частиц порошков составлял 80 мкм и 20 мкм соответственно. Основной фазой в данных материалах является интерметаллид Ni_3Al . Химический состав используемых порошков представлен в таблице 1. Эти материалы применяются в промышленном производстве для получения жаро- и износостойких покрытий, наносимых на детали машин, работающих в агрессивных средах.

Таблица 1

Химический состав порошков алюминиды никеля

Обозначение марки порошка	Массовая доля элементов, % по массе									
	<i>Ni</i>	<i>Al</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>W</i>	<i>Ti</i>	<i>Mo</i>	<i>Ca</i>	<i>Fe</i>	<i>C</i>
ПН85Ю15	85–87	12–15	-	-	-	-	-	-	0,2	0,07
ПН75Ю23В	71,7–74	19–22,3	2,93	0,8	1,16	0,32	0,79	0,08	0,15	0,07

Порошки спекали на установке для проведения искрового плазменного спекания SPS 10-4 фирмы Advanced Technology (USA). Спекание проводили по режимам, представленным в таблице 2. Режимы спекания были определены в работе [3]. В результате спекания были получены цилиндрические образцы диаметром 30 мм и толщиной 5 мм. Плотность материалов рассчитывали исходя из массы и линейных размеров

спечённых образцов. Структуру спечённых материалов исследовали с использованием растрового электронного микроскопа типа Carl Zeiss EVO 50 XVP.

Таблица 2

Режимы искрового плазменного спекания порошков марки ПН85Ю15 и ПН75Ю23В.

Параметр	Значение
Температура спекания	1100 °С
Скорость роста температуры	100 °С/мин.
Давление прессования	40 МПа
Время выдержки	5 минут
Сила тока	2 кА
Вакуум	10 ⁻² Па

В результате спекания порошка марки ПН85Ю15 при указанных режимах был получен коМПаكت с плотностью 6,9 г/см³, что составляет 92 % от плотности интерметаллида Ni₃Al. Микроструктура спечённого коМПакта по всему объёму является однородной. В структуре материала такие виды дефектов, как крупные поры или трещины, не обнаружены (рис. 1, *а*). Плотность спечённого порошка типа ВКНА составила 5,9 г/см³. Формирование большого количества пор в структуре данного материала (рис. 1, *б*) можно объяснить наличием в исходном порошке различных тугоплавких элементов. Это свидетельствует о том, что данные режимы спекания не обеспечивают формирование качественных компактов из порошка ВКНА.

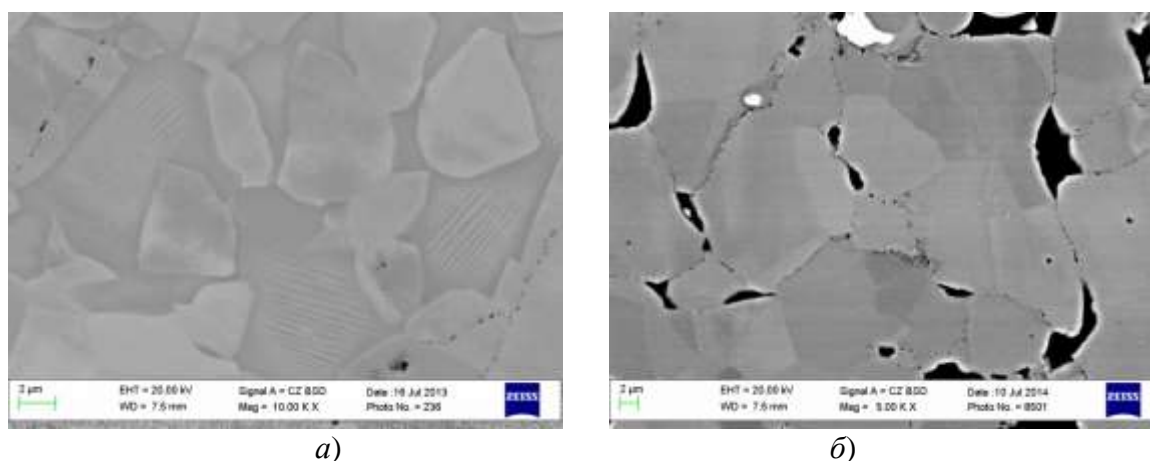


Рис. 1. Структура материалов, полученных по технологии искрового плазменного спекания порошков: *а*) ПН85Ю15; *б*) ВКНА

Для оценки прочностных свойств проводили испытания на трёхточечный изгиб. Эксперименты выполняли при комнатной температуре на установке Instron 3369. Скорость перемещения траверсы составляла 0,5 мм/мин. Предел прочности при изгибе спечённого порошка ПН85Ю15 составляет 890 МПа, спечённого порошка ВКНА – 330 МПа. Результаты

фрактографических исследований спечённых порошков двух типов после испытаний на изгиб свидетельствуют о доминировании интеркристаллитного характера разрушения.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что для формирования порошкового материала на основе алюминида никеля с высокими прочностными свойствами в процессе SPS при температуре 1100 °С и давлении 40 МПа, целесообразно использовать порошок марки ПН85Ю15. Предел прочности при изгибе сформированного материала равен 890 МПа. Для повышения прочностных свойств образцов из ВКНА необходимо проведение дополнительных работ связанных с отработкой режимов SPS спекания – поэтапное увеличение температуры спекания, использование более высоких давлений и скоростей роста температуры, варьирование частотой пропускания импульсного тока и длительностью изотермической выдержки.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 15-33-50845).

ЛИТЕРАТУРА

1. Deevi S. C., Sikka V. K. Nickel and iron aluminides: an overview on properties, processing, and applications // Intermetallics. – 1996. – № 4. – P. 357–375.
2. Каблов Е. Н., Бунтушкин В. П., Базылева О. А. и др. Жаропрочные сплавы на основе интерметаллида Ni_3Al // Научные идеи С. Т. Кишкина и современное материаловедение. – М.: ВИАМ, 2006. – 378 с.
3. Шевцова Л. И., Батаев И. А., Мали В. И. и др. Влияние температуры нагрева на структуру и механические свойства материала, полученного искровым плазменным спеканием порошка ПН85Ю15 // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2003. - № 4 (61). – С. 35–42.