

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Акимова Кирилла Олеговича  
«Закономерности формирования структуры и свойств интерметаллического соединения  
 $Ni_3Al$  при СВС-компактировании и СВС-экструзии»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

В настоящее время большое внимание уделяется разработкам новых подходов к получению жаропрочных материалов на основе алюминида никеля  $Ni_3Al$  для авиационного и ракетного двигателестроения, энергетики больших мощностей, химической промышленности и т.д. Одним из высокопроизводительных методов получения интерметаллидов, является синтез химических соединений в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Большое число внешних факторов СВ-синтеза позволяет формировать ультрамелкозернистую структуру, которая в значительной степени влияет на физические, механические и прочностные свойства материала. Научный интерес работы заключается в выявлении закономерностей влияния параметров СВС (величины предварительного давления на прессовку и времени задержки приложения давления после самовоспламенения, степени сдвиговой деформации на стадии экструзии) на структуру, фазовый состав и свойства интерметаллида.

Диссертационная работа Акимова К.О. посвящена установлению закономерностей формирования зеренной структуры и механических свойств интерметаллического соединения  $Ni_3Al$  в процессе СВС-компактирования и СВС-экструзии, а также разработке на их основе методов получения  $Ni_3Al$  с повышенными механическими свойствами. С этой целью автор: 1) получил компакты  $Ni_3Al$  методом СВ-синтеза под давлением из стехиометрической смеси порошков никеля (марки ПНК-1Л8) и алюминия (марки АСД-4); 2) установил роль давления, приложенного в процессе СВС-компактирования, в формировании зеренной структуры, микротвердости и их распределения в объеме синтезированных компактов; 3) выявил влияние величины предварительного давления на исходную порошковую прессовку, приложенного перед началом реакции синтеза и времени задержки приложения давления после самовоспламенения порошковой прессовки на характеристики зеренной структуры и механических свойств интерметаллида; 4) определил распределение величины сдвиговых деформаций в процессе формирования зеренной структуры и механических свойств интерметаллида под действием сдвигового деформирования продукта синтеза; 5) выявил параметры процесса СВС-экструзии, обеспечивающие получение интерметаллида с повышенными механическими свойствами.

Необходимо отметить личный вклад автора, который заключается: в участии постановки задач исследования; выборе методов исследования; выполнении синтеза исследуемых образцов, проведении исследований зеренной структуры, измерении прочностных свойств конечного продукта; анализе полученных характеристик и интерпретации экспериментально найденных закономерностей, формулировании выводов по работе

В диссертационной работе все полученные автором результаты вызывают научный интерес. Необходимо выделить один, на мой взгляд, значимый результат: показано, что деформация продукта синтеза в процессе протекания реакции приводит к значительному снижению среднего размера зерна, синтезируемого под давлением интерметаллического соединения  $Ni_3Al$  в 6 раз по сравнению с материалом, получаемым методом СВС-компактирования и в 17 раз по сравнению с материалом, получаемым методом СВС без приложения давления.



В качестве замечаний и вопросов к автореферату необходимо отметить следующее:

1) Цель работы заключается «в установлении закономерностей формирования зеренной структуры и механических свойств интерметаллического соединения  $Ni_3Al$  в процессе СВС-компактирования и СВС-экструзии и **разработке на их основе методов получения  $Ni_3Al$  с повышенными механическими свойствами**» необходимо, чтобы автор уточнил какие методы будут разработаны?

2) Автор упоминает, что «Предлагаемые в настоящее время подходы к повышению эксплуатационных свойств  $Ni_3Al$  и сплавов на его основе заключаются, чаще всего, в легировании основной  $\gamma'$  фазы». Насколько подобные подходы применимы к технологиям СВС и применимы ли вообще? В статье "Конструкционные жаропрочные сплавы на основе  $Ni_3Al$ : получение, структура и свойства / К.Б. Поварова, О.А. Базылева, А.А. Дроздов, Н.К. Казанская, [и др.] // Научные публикации сотрудников ВИАМ. – 2010. (Электронная версия доступна по адресу <https://viam.ru/public/2010>)" указано, что легирование материала основной  $\gamma'$  фазы позволяет повысить долговечность сплава в 1,8-2,5 раза.

3) Автор упоминает несколько методов СВС (реакторного СВС, СВС-компактирования и СВС -экструзии), результаты исследований первого метода уже широко представлены, а сам он концентрируется на изучении последних двух. Однако не понятно, в чём преимущества исследуемых им методов.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Результаты диссертационной работы Акимова К.О. представлены в 13 работах в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, 5 из которых входят в перечень ВАК, и 11-ти материалах конференций. По объему проведенных исследований, актуальности темы, новизне и практической значимости результатов можно считать, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, производит хорошее впечатление и является законченным целостным научным исследованием, отвечает всем требованиям ВАК РФ (п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Акимов Кирилл Олегович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния.

Кандидат технических наук  
Старший научный сотрудник  
Институт теоретической и прикладной механики  
им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИТПМ СО РАН)  
ул. Институтская, 4/1, Новосибирск, 630090  
Тел. (383) 330-32-99, факс (383) 330-72-68  
e-mail: chae@itam.nsc.ru

Чесноков Антон Евгеньевич

Подпись Чесноков

Дата «23» ноября 2022 г.

Подпись Чеснокова А.Е.  
заверяю  
Ученый секретарь ИТПМ СО РАН  
Кандидат физико-математических наук



Кратова Юлия Владимировна

Подпись Кратова

Дата «23» ноября 2022 г.