

В диссертационный совет 24.1.078.01 (Д 002.060.01)
на базе Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова Российской
академии наук (ИМЕТ РАН)

119334, г. Москва, Ленинский пр., 49, БКЗ

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Булахтиной Марины Анатольевны
«ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВАХ НА
ОСНОВЕ NI_3Al ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ, ПОСТОЯННЫХ И
ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ»,
представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 (05.16.01) –
Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

В настоящее время различные ответственные детали современных газотурбинных двигателей (ГТД) изготавливают из жаропрочных никелевых суперсплавов (ЖНС), рабочая температура которых не превышает 1050-1100°C.

Для нового поколения авиационных и ракетных двигателей необходимы конструкционные материалы, имеющие более низкую плотность, которые можно эксплуатировать при температурах выше рабочих температур ЖНС. При этом повышение рабочих температур ГТД обеспечит увеличение работы цикла, повышение удельной мощности, уменьшение габаритов и снижение веса двигателя, снижение расхода топлива, улучшение экологических характеристик двигателя.

Известны и уже используют легкие жаропрочные и жаростойкие сплавы на основе интерметаллидов сплавы типа ВКНА, рабочие температуры которых на 100-150°C выше температур для ЖНС. При этом сплавы типа ВКНА сочетают жаропрочность при 1100-1200°C с низкотемпературной пластичностью.

При работе в условиях высоких температур, термоциклирования, постоянных и знакопеременных нагрузок в таких сплавах происходят диффузионные и усталостные процессы, которые приводят к снижению жаропрочности, пластичности и вязкости разрушения, что ограничивает как рабочие температуры и срок службы наиболее нагруженных деталей.

Для выбора оптимальных режимов процессов получения и термической обработки многокомпонентных жаропрочных легких сплавов типа ВКНА необходимо изучение строения сплавов на всех стадиях их получения и эксплуатации, начиная от формирования структуры при затвердевании (кристаллизации), до разрушения в различных условиях для установления связи между изменениями структуры и долговечностью материалов деталей современных ГТД.

В связи с этим диссертационная работа Булахтиной Марины Анатольевны,

посвященная решению задачи развития принципов легирования и создания специальных структурно-фазовых состояний в процессе кристаллизации и термической обработки легких, жаропрочных конструкционных сплавов на основе интерметаллидов типа Ni_3Al , обеспечивающих повышение их долговечности в условиях постоянных и циклических нагрузок при температурах 1000-1200°C, является актуальной в теоретическом и практическом плане.

Научная новизна работы заключается в результатах исследований структурно-фазовых превращений и степени дендритной микроликвации в монокристаллах сплавов на основе Ni_3Al , легированных Ti, Cr, Mo, W, Co и Re, в состояниях после низко- и высокотемпературной термической обработки, кратковременных и длительных испытаний при статическом и циклических нагружениях.

При этом установлено, что увеличение продолжительности и повышение температуры термической обработки приводит к так называемой «гомогенизации» ($\gamma' + \gamma$) интерметаллидных сплавов, сохраняющих гетерофазную структуру вплоть до $T_{solidus}$. Коэффициенты дендритной микроликвации всех ЛЭ (кроме Re) приближаются к единице, формируется, принципиально отличающаяся от структуры ЖНС, характерная для дендритов ($\gamma' + \gamma$) структура. Это приводит к снижению долговечности по сравнению с литым материалом, который сохраняет максимальную микроликвационную неоднородность после кратковременной ТО для снятия литейных напряжений.

Также установлено наличие температурной аномалии предела выносливости при испытаниях на малоцикловую усталость сплавов на основе $\gamma'Ni_3Al$ типа ВКНА. Кроме этого, установлено, что при температурах ниже температуры максимума прочности сплавы типа ВКНА ведут себя, как композиционный материал, в котором достаточным запасом пластичности обладает только вязкая структурная составляющая γNi с ГЦК неупорядоченной кристаллической структурой.

Практическая значимость работы заключается в разработанных температурно-временных параметрах кратковременной термической обработки монокристаллов сплавов типа ВКНА, обеспечивающие сохранение максимальной микроликвационной неоднородности, что позволяет повысить долговечность литых изделий.

Рекомендации по способу поэтапного введения основных и легирующих элементов в зависимости от их реакционной способности при вакуумной индукционной плавке заготовок для направленной кристаллизации позволили обеспечить повышение долговечности ($\gamma' + \gamma$) сплавов.

На литейный сплав на основе Ni_3Al и изделие из данного сплав, имеющее повышенные характеристики малоциклового усталости на базе $N=104$ циклов, получен патент РФ №2433196 на изобретение.

Содержание работы соответствует заявленной специальности. Основные результаты диссертации опубликованы в 31 печатной работе, из которых 9 - в журналах, рекомендованных ВАК, 8 статей в журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus, 18 статей в журналах, индексируемых в международной базе данных Web of Science; 10 статей в сборниках материалов

конференций, а также патент РФ №2433196 на изобретение.

По автореферату имеется замечание.

Указано, что в результате проведенных исследований были выявлены особенности структурно-фазового строения литейных сплавов на основе Ni₃Al, легированных титаном, хромом, молибденом, вольфрамом, кобальтом и рением, в состояниях после направленной кристаллизации, низко и высокотемпературной термической обработки. Это позволило научно обосновать выбор режимов термической обработки, которая обеспечивает повышение долговечности литых деталей ГТД нового поколения.

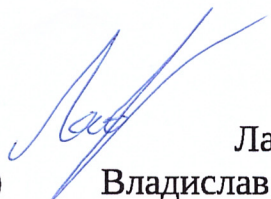
Однако из автореферата не ясно, какие используют критерии выбора режимов термической обработки и каковы эти режимы.

Данное замечание не снижает существенно научной и практической значимости диссертации.

Представленная диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Булахтина Марина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 (05.16.01) – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Выражаю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Булахтиной Марины Анатольевны и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой
«Технологии обработки материалов»
МГТУ им. Н. Э. Баумана
доктор технических наук, доцент
(05.02.09 - Технологии и машины обработки давлением)


Лавриненко
Владислав Юрьевич

16.05.2022



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Адрес: 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, Москва, 105005

Телефон: (499) 263-63-91

E-mail: bauman@bmstu.ru