

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

Повышение температуры газа перед турбиной ГТД обеспечивает увеличение работы цикла, повышение удельной мощности, уменьшение габаритов и снижение веса двигателя, снижение расхода топлива, улучшение экологических характеристик двигателя. Достигнуть этого можно в том, числе за счет применения в конструкции двигателя более жаропрочных и легких сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al . Для выбора оптимальных режимов процессов получения и термической обработки многокомпонентных жаропрочных легких ($\gamma'+\gamma$) сплавов на основе Ni_3Al необходимо изучение строения сплавов на всех стадиях их получения и эксплуатации, начиная от формирования структуры при затвердевании (кристаллизации), до разрушения в различных условиях, установление корреляции между происходящими при этом изменениями структуры и долговечностью материалов деталей горячего тракта современных ГТД. В этой связи диссертационная работа Булахтиной М.А. и поставленная цель исследования являются актуальными.

В диссертационной работе представлен большой массив экспериментальных данных о строении сплавов в различных состояниях, механических свойствах при различных видах испытаний и характере их разрушения при испытаниях, которые получены с использованием широкого спектра современных методов исследований. Анализ полученных экспериментальных данных о строении сплавов и их свойствах проведен на высоком научном уровне. Сформулированные выводы и рекомендации достоверны.

Научная новизна работы состоит в изучении структурно-фазовых превращений и степени дендритной микроликвации в монокристаллах ($\gamma'+\gamma$) сплавов на основе Ni_3Al в состояниях после НК, низко- и высокотемпературной ТО, кратковременных и длительных испытаний при статическом и циклических нагружении. Установлено, что увеличение продолжительности и повышение температуры ТО приводит к так называемой «гомогенизации» ($\gamma'+\gamma$) интерметаллидных сплавов, сохраняющих гетерофазную структуру вплоть до температуры солидус. Коэффициенты дендритной микроликвации всех легирующих элементов (кроме Re) приближаются к единице, формируется принципиально отличающаяся от структуры ЖНС характерная микроструктура. 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 (МЦУ) сплавов на основе $\gamma'\text{Ni}_3\text{Al}$ (сверхструктура L12) типа ВКНА. Это обусловлено термически активируемым поперечным скольжением винтовых дислокаций, характерным для сплавов со сверхструктурой L12. При температуре максимума в Ni_3Al происходит изменение системы октаэдрического скольжения на кубическое. Показано, 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 разработке способа поэтапного введения основных и легирующих элементов в зависимости от их реакционной способности при вакуумной индукционной плавке (ВИП) заготовок для НК, что позволило предотвратить выделение крупных частиц топологически плотноупакованных (ТПУ) фаз, аккумулирующих тугоплавкие ЛЭ, что обеспечило повышение долговечности ($\gamma'+\gamma$) сплавов. Получен патент РФ на литейный сплав на основе Ni_3Al и изделие, выполненное из него, с повышенными характеристиками малоциклового усталости на базе $N=10^4$ циклов. Сделанные рекомендации по

температурно-временным параметрам кратковременной термической обработки позволили повысить долговечность литых изделий.

Все основные материалы диссертации в полной мере изложены в авторитетных научных изданиях и доложены на многочисленных научных конференциях.

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее:

1. Из автореферата не ясно, чем обусловлен выбор параметров кристаллизации сплавов (температурный градиент, скорость кристаллизации)?
2. Нет данных по длительным испытаниям при температурах 1300°C.

Однако отмеченные замечания не снижают ценности работы Булахтиной М.А. и важность полученных в ней результатов.

Считаем, что диссертационная работа по научному уровню и практической значимости отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013г., 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.

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук» (ИСМАН),

доктор технических наук (05.16.06. – Порошковая металлургия и композиционные материалы), профессор, чл.-корр. РАН

Я, Алымов Михаил Иванович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела М.А. Булахтиной

Телефон 8 (49652) 46376. E-mail: alymov@ism.ac.ru
142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипяна, д. 8.

Алымов Михаил Иванович

Заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук» (ИСМАН), кандидат технических наук (05.16.09 – Материаловедение (машиностроение))

Я, Сайков Иван Владимирович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела М.А. Булахтиной

Телефон 8 (49652) 46263. E-mail: saikov@ism.ac.ru
142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипяна, д. 8.

Сайков Иван Владимирович

Подпись Алымова М.И. и Сайкова И.В. заверяю
Ученый секретарь ИСМАН
к.т.н. Е.В. Петров

05.05.2022

