

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ромашова Антона Сергеевича «Влияние структурных изменений на свойства жаропрочных никелевых сплавов при дисперсном упрочнении нитридами легирующих элементов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Диссертационная работа А.С. Ромашова посвящена развитию важного научного направления – повышение жаропрочности никелевых сплавов путем дисперсного упрочнения тугоплавкими частицами нитридов легирующих элементов с помощью объемного внутреннего азотирования.

Актуальность решаемой проблемы обусловлена необходимостью обеспечения достаточных прочностных характеристик при температурах выше 1150 °С, в интервале, где значительная часть упрочняющей  $\gamma'$ -фазы растворена и крайне важной становится проблема образования в структуре сплава новых дисперсных частиц – упрочнителей, обеспечивающих требуемый уровень жаропрочности.

Автором проведены глубокие исследования изменений химического состава, а также структуры и свойств никелевых сплавов как в процессе образования нитридной упрочняющей фазы, так и при работе дисперсноупрочненного сплава, с позиций обеспечения повышенной надежности и ресурса изготовленных из этого материала деталей и узлов ГТД.

Большое значение имеют также выполненные автором исследования структурных изменений в материалах подобного класса, происходящих в результате высокотемпературного воздействия газовой среды. Бесспорный интерес представляют полученные автором результаты по изучению влияния химического состава никелевых сплавов и нанесенных на них покрытий на скорость процесса азотирования. В частности, А.С. Ромашовым установлена активная роль алюминия, находящегося в покрытии, в процессе

азотирования. Им показано, что скорость азотирования увеличивается при увеличении содержания Al в материале покрытия.

Автором установлено, что азотирование оказывает активное положительное влияние на стойкость сплавов к высокотемпературной газовой коррозии, что также представляет собой один из важных результатов работы.

Одним из актуальных направлений исследований является определение и обоснование оптимальных режимов технологии аргоно-дуговой сварки сплавов с нитридным дисперсным упрочнением, что обеспечило разработку технологических процессов создания сложноконтурных высокотемпературных узлов ГТД, надежно работающих при 1150 °С и выше.

Разработанный автором способ изготовления трех промышленных деталей сопла и форсажной камеры перспективного газотурбинного двигателя пятого поколения, эффективность которого подтверждена успешно завершенными натурными испытаниями, является достойным практическим завершением выполненной работы.

В качестве пожелания при дальнейшем развитии этой важной и актуальной работы автору целесообразно:

1. Разработать аналитические основы теории образования нитридов в жаропрочном никелевом сплаве при высокотемпературной обработке его в азоте и объяснить эффективную роль алюминия (а также роль других элементов, входящих в состав покрытия) в этом процессе.
2. Определить связь между объемной долей нитридных частиц-упрочнителей и длительной прочностью при высоких температурах.

В целом выполненные А.С. Ромашовым исследования являются законченной с высоким положительным результатом исследовательской работой.

Её материалы неоднократно докладывались и обсуждались на различных конференциях, заседаниях кафедр, публиковались в ведущих научно-технических журналах.



Работа по своему уровню отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Ромашов Антон Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Доктор технических наук, профессор,  
Лауреат Ленинской премии и премии  
Совета Министров СССР, Заслуженный  
изобретатель РФ

 А.В. Логунов  
26.08.15

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет», кафедра «Горное и нефтегазовое оборудование», профессор, Логунов Александр Вячеславович.

Почтовый адрес: 107023 Россия, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38

Телефон: +7 495 223 05 23

Факс: +7 499 785 62 24

Адрес электронной почты: [Logunov06@rambler.ru](mailto:Logunov06@rambler.ru)

Подпись руки профессора

А.В. Логунова подтверждаю:

Главный ученый секретарь  
МГМУ (МАМИ)



 И.И. Колтунов