

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Власова Ивана Игоревича «Особенности формирования структуры и физико-механических свойств высокоэнтروпийного многокомпонентного сплава на базе системы NiCoCr, полученного методами литья и аддитивных технологий», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа Власова И.И. посвящена разработке высокоэнтропийных сплавов на базе системы NiCoCr применительно для изготовления деталей машин и конструкций, работающих в экстремальных условиях эксплуатации. Среди высокоэнтропийных сплавов система Ni-Co-Cr представляет особый интерес из-за возможности получения уникального сочетания различных свойств, в том числе высокой прочности, пластичности и устойчивости к окислению, что делает её перспективной для эксплуатации в экстремальных условиях (при различных температурах и динамическом нагружении) и для применения в аэрокосмической и других высокотехнологичных отраслях.

В своей работе соискатель приводит результаты исследования структуры и физико-механических свойств многокомпонентного высокоэнтропийного сплава системы NiCoCrWNbAlTiCRe на базе системы NiCoCr, полученного различными способами и представляющим наибольший интерес для практического применения, что делает работу актуальной и востребованной.

В научном плане в работе показано, что разработанный многокомпонентный энтропийный сплав системы NiCoCrWNbAlTiCRe обладает высокой конфигурационной энтропией смешения ( $\Delta S_{\text{conf}} = 18,3$  Дж/К) и демонстрирует высокий уровень механических свойств при комнатной и

криогенных температурах. Также соискателем было установлено влияние способа получения высокоэнтروпийного многокомпонентного сплава системы NiCoCrWNbAlTiCRe на формирование структуры и свойств сплава. Показано, что селективное лазерное сплавление (СЛС) обеспечивает наиболее высокий комплекс характеристик за счет формирования гомогенной мелкозернистой структуры.

Вместе с тем, автором приведены результаты исследования деформационного упрочнения в соответствии с моделью Джонсона-Кука, что позволило установить перспективные области применения сплавов при динамических нагрузках.

По результатам анализа трибологических характеристик образцов многокомпонентного энтروпийного сплава системы NiCoCrWNbAlTiCRe отмечено, что исследуемые материалы обладают механизмами самоупрочнения в процессе триботехнического контактного взаимодействия. Проведены исследования коррозионной стойкости и жаростойкости сплавов.

В практическом плане определены потенциальные области применения разработанного сплава:

- элементы конструкций, работающих в агрессивных средах;
- детали и узлы, работающие в условиях динамических (триботехнических и усталостных) нагрузок;
- элементы, работающие в условиях криогенных температур;
- резистивные элементы.

Возможность применения многокомпонентного высокоэнтропийного сплава NiCoCrWNbAlTiCRe в качестве материала для резистивных элементов подтверждена актом о промышленном внедрении в АО «Оптрон».

В качестве замечаний к работе можно отметить следующее:

1. В автореферате при изложении результатов термического анализа не отмечены особенности фазовых превращений с точки зрения изменений энергетических параметров системы и энтальпии смешивания, что обеспечило

бы термодинамическую целостность представления о процессах структурной эволюции материала.

2. В автореферате для зарубежного аналога на основе системы Ni-Co-Cr отсутствует информация о конфигурационной энтропии смешения.

3. В автореферате для формулы Джонсона-Кука не оговорены отличительные допуски ее применимости в рассматриваемой расчетной модели относительно приведенной в первоисточнике [Johnson G.R., Cook W.H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures // Proceedings of the seventh international symposium on ballistics. – The Hague – The Netherlands, 1983. – P. 541–547].

Указанные замечания ни в коей мере не снижают общую положительную и высокую в научном и практическом отношении оценку выполненной работы и проведенных исследований в целом, не умаляют научной значимости работы Власова И.И., являются в основном рекомендательными и направлены на повышение практической ценности работы для специалистов, занимающихся расчетным проектированием и внедрением новых материалов в конструкции.

Результаты работы могут быть востребованы при разработке новых перспективных проектов авиационных двигателей АО «ОДК-Климов».

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая выполнена на высоком научном уровне с использованием современных методов испытаний и имеет существенное значение для науки и промышленности. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. к кандидатским диссертациям, а ее автор Власов Иван Игоревич заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (машиностроение).

Генеральный конструктор

Главный металлург

Проданов Евгений Степанович

Кузьмин Олег Вадимович

Заместитель главного конструктора  
по перспективным разработкам, к.т.н

Липин Алексей Владимирович

Начальник лаборатории  
по исследованию материалов, к.т.н

Музафарова Светлана-Виктория  
Рустамовна

Руководитель группы научных  
программ- секретарь НТС

Орлова Елена Юрьевна

Отзыв составил:

Ведущий специалист

– руководитель группы УГМет  
АО «ОДК- Климов»

Живушкин Алексей Алексеевич

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку  
моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации  
Власова И.И.

Живушкин Алексей Алексеевич

Подписи Е.С. Проданова, О.В. Кузьмина, А.В. Липина, С.-В.Р. Музафаровой,  
Е.Ю. Орловой и А.А. Живушкина заверяю.

*Начальник отдела  
Кадров АО «ОДК-Климов»*  
*Власов И.И.*  
*25.11.2025г.*

Контактный телефон: (812) 640-69-73, доб.7322, +7 (911) 121-32- 84

Адрес: 194100, С.-Петербург, Кантемировская ул., д.11, стр.1 (ул. акад.  
Харитона, д.8), Акционерное Общество «ОДК-Климов» (АО «ОДК-Климов»).

Факс: +7(812) 647-00-29; электронный адрес: klimov@ klimov.ru