



Госкорпорация «Роскосмос»



Акционерное общество  
"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА"  
(АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

**«Воронежский механический завод»-**  
филиал акционерного общества  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. Хруничева»  
(«ВМЗ» - филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

Ворошилова ул., д.22, Воронежская область, г. Воронеж, 394055, тел.: (473) 234-82-32, 234-82-34,  
факс (473) 234-80-22, e-mail: [vmz@npocm.ru](mailto:vmz@npocm.ru), <http://www.vmzvrn.ru>  
ОКПО 20295121, ОГРН 5177746220361, ИНН/КПП 7730239877/366543001

01.10.2018 № 11448-14/117

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д.002.060.01  
ИМЕТ им. А.А. Байкова  
доктору технических наук,  
профессору

В.М. Блинову

Уважаемый Виктор Михайлович!

При этом направляю Вам отзыв на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Бутрима Виктора Николаевича по теме «Развитие научных основ технологии производства и модернизации хромоникелевых сплавов для серийных и перспективных изделий космической техники».

Приложение: Отзыв на 2 л. в 2-х экз.

Заместитель директора завода-  
главный инженер

В.И. Кольцов



А.С. Грибанов отдел 117  
234-85-94

018391\*



УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора завода –  
главный инженер

В.И. Кольцов

2018 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук Бутрима В.Н.

«Развитие научных основ технологии производства и модернизации  
хромоникелевых сплавов для серийных и перспективных изделий  
космической техники»

Диссертационная работа Бутрима В.Н. посвящена разработке научно-обоснованных материаловедческих и технических решений, а также разработке комплексной технологии производства полуфабрикатов и хромоникелевых сплавов, организации малотоннажного производства для ответственных деталей двигателей серийных космических аппаратов.

Актуальность выдвинутой автором проблематики обусловлена необходимостью обеспечения более высокотехническими характеристиками материалов для элементов перспективных конструкций изделий космической техники, таких как термokatалитические (ТКД) двигатели. Особую актуальность тема диссертации приобретает при создании комических аппаратов со сроком эксплуатации до 130 тысяч часов.

Выбранные материалы - сплавы на основе хрома (ВХ-4), применяемые в диффузорах форсажной камеры авиационных двигателей, показывают хорошую работоспособность, но для ТКД требуется жаропрочный материал с более совершенной структурой металла.

Характерной особенностью рецензируемой работы является комплексный подход к научному обоснованию, исследованию и разработке комплексных технологий, созданию, в конечном итоге, малотоннажного производства полуфабрикатов из хромоникелевых сплавов с улучшенными характеристиками для перспективных изделий космической техники.

Подробный анализ научно-технической информации для достижения поставленной цели позволил автору выбрать в качестве объекта исследования хромоникелевый сплав  $Cr - (31,0-35,0)\% Ni - (1,3-3,0)\% W - (0,1-0,4)\% V - (0,05-0,3)\% Ti$ , базовые технологии получения слитков - дуплекс процесс вакуумно-индукционной выплавки с последующим рафинирующим электрошлаковым переплавом и горячим прессованием, определения рациональных режимов выплавки слитков с использованием максимально чистых шихтовых материалов. Показано существенное влияние всех режимов получения слитков высокой чистоты металла по неметаллическим включениям, которые составили более 60% с размером менее 1 мкм с максимальными размерами включений не более 20 мкм.

Детальное изучение с использованием методов математической статистики условий горячей деформации хромоникелевого сплава позволило автору определить рациональные параметры обработки давлением хромоникелевого сплава Х65НВФГ. Установлен температурный режим 1100-1220°C и скорость деформации менее  $0,1 \text{ с}^{-1}$ , определены режимы обработки давлением и рекомендована технологическая схема получения прутков, включающая механическую обработку слитка, отжига и дегазации слитка в ва-

кууме, повторную обработку с последующим прессованием на прутки  $\varnothing 18$  мм. Это позволило повысить уровень пластичности при комнатной температуре с 6-10% до 18-23%.

В результате проведенных научных исследований разработаны новые способы и оптимальные режимы термической обработки сплава, которые обеспечивают повышение прочности на 30-40% при температуре испытаний  $1000^{\circ}\text{C}$ . Оптимизированы параметры обработки резанием хромоникелевых сплавов с внедрением твердого сплава на основе карбида вольфрама ВР7К6 для режущего инструмента, позволившие обеспечить снижение шероховатости обработанной поверхности с 4,35 до 1,93 мкм.

Полученные в работе результаты теоретического обоснования нового подхода к совершенствованию хромоникелевых сплавов и разработанные сплавы на основе хрома для перспективных изделий космической технологии получили экспериментальное подтверждение работоспособности в условиях длительной эксплуатации (до 10 лет) при воздействии температуры свыше  $1250^{\circ}\text{C}$ .

Развитые в работе технологические принципы и подходы реализованы при разработке технологии и организации малотоннажного производства капиллярных трубок различного диаметра из высокохромистого никелевого сплава ХН50ВМТЮБ, а так же импортозамещающее производство труб из жаропрочных сплавов ХН77ТЮР-ВД ( $\varnothing 80 \times 5$  мм) и ХН43БМТЮ-ВД (ИД) ( $\varnothing 38 \times 3$  мм и  $\varnothing 16 \times 2$  мм) повышенного качества.

Успешная эксплуатация и ресурсные испытания ТКД малой тяги и двигателя РД-171 и РД191 подтверждают научную и практическую значимость результатов работы.

По актуальности поставленных задач, глубине научных проработок, всестороннему теоретическому обоснованию, практической ценности работа соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание степени доктора технических наук, а ее автор безусловно заслуживает присуждения ученой степени.

Главный металлург



А.И. Портных

Главный специалист направления,  
к.т.н., доцент



А.С. Грибанов