



НПО ТЕХНОМАШ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТЕХНОМАШ»  
(ФГУП «НПО «Техномаш»)

127018, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131  
тел.: (495) 689 50 66, факс (495) 689 73 45  
e-mail: info@tmnp.ru www.tmnp.ru

ОКПО 07527638, ОГРН 1037739453982, ИНН 77 15012448, КПП 77 1501001

Исх. от 18.07.2018 № 005-5/ 4911  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В диссертационный совет  
Д 002.060.01  
на базе ФГБУН ИМЕТ РАН  
119334, ГСП-1, г. Москва,  
Ленинский проспект, д. 49

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Бутрима Виктора Николаевича на тему:

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

на соискание учёной степени доктора технических наук  
по специальности 05.16.01 – Металловедение  
и термическая обработка металлов и сплавов

Решаемые в диссертационной работе В.Н. Бутрима проблемы сориентированы на разработку материалов для длительной эксплуатации в условиях воздействия температуры свыше 1250°C. Актуальность обусловлена предъявлением повышенных требований к материалам сопел термokatалитических двигателей (ТКД) космических аппаратов (КА).

Научная новизна диссертации заключается в том, что:

1. Проведено научное обоснование новых способов выплавки слитков, горячей деформации и термической обработки хромоникелевого сплава модернизированного состава, что позволило разработать комплексную технологию изготовления прессованных прутков с высокой однородностью химического состава и структуры сплава, минимальным содержанием в металле газовых примесей, минимальным количеством и размером неметаллических включений и, в конечном итоге, обеспечить надёжность и работоспособность ТКД в течение более 7 лет эксплуатации в условиях космического пространства.

2. Установлены закономерности поведения двухфазного хромоникелевого сплава Х65НВФТ в условиях горячей деформации в интервале температур от 950°C до 1250°C при скоростях деформации 0,001, 0,01, 0,1 и 1 с<sup>-1</sup>.

3. Выявлены особенности изменения химического, фазового состава и структуры хромоникелевого сплава в условиях, имитирующих работу ТКД в космическом пространстве.

4. Предложены теоретически обоснованные подходы к созданию нового сплава с повышенными прочностными свойствами за счёт увеличения содержания вольфрама до (5-10 мас.%) в твёрдом растворе хрома, повышенной жаропрочностью за счёт увеличения температуры плавления и упрочнения сплава дисперсной фазой Cr<sub>2</sub>Ta при замене никеля на тантал, улучшенными пластическими характеристиками сплава за счёт малого легирования гафнием и цирконием.

Практическая значимость диссертации состоит в создании:

1. Комплексной технологии изготовления высокотемпературных полуфабрикатов из хромоникелевых сплавов, включающей вакуумно-индукционную выплавку слитка, рафинирующий электрошлаковый переплав, горячее прессование в капсуле, механическую и термическую обработку. Малотоннажное производство полуфабрикатов из хромоникелевых сплавов, организованное при участии В.Н.Бутрима на АО «Композит», обеспечило выполнение государственного заказа на комплектацию ТКД КА системы «ГЛОНАСС», геостационарных телекоммуникационных спутников «Экспресс», «Луч», «Sesat», спутников гидрометеорологического обеспечения «Электро» и др.

2. Способов и режимов выплавки слитков и прессования прутков, обеспечивших повышение выхода годной продукции с 30% до 70% на этапе производства полуфабриката и с 70% до практически 100% на этапе изготовления деталей ТКД.

3. Оптимизированных режимов резания: новый материал режущего инструмента для механической обработки и режим термической обработки обеспечивают высокое качество поверхности (Ra<3,2) после механической обработки и снижение трудоёмкости изготовления деталей ТКД на 20%.


4. Технологии производства трубных заготовок для изготовления бесшовных капиллярных трубок малого диаметра ( $\varnothing_{\text{вн}}=0,18-0,975$  мм) из высокохромистого никелевого сплава ХН50ВМТЮБ для трубопроводов подачи топлива ТКД, труб  $\varnothing 16 \times 2$  мм,  $\varnothing 38 \times 3$  мм из сплава ХН43БМТЮ и  $\varnothing 80 \times 5$  мм из жаропрочного сплава ХН77ТЮР для трубопроводов горячего тракта жидкостных ракетных двигателей РД171 и РД191.

По содержанию автореферата имеется следующее замечание: диссертант в описании научной новизны результатов работы недостаточно чётко определил научный вклад каждого из способов воздействия на новый сплав при достижении поставленной в работе цели. Это замечание не снижает общего высокого качества работы.

Диссертация В.Н. Бутрима является научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная проблема разработки комплексной технологии получения высокотемпературных полуфабрикатов из хромоникелевых сплавов для изготовления сопел ТКД серийных и перспективных КА, что при внедрении вносит значительный вклад в развитие страны.

Судя по автореферату и публикациям, отражающим содержание диссертации в полном объёме, исследование выполнено на высоком научно-техническом уровне, диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». По объёму выполненного исследования, новизне полученных результатов и его актуальности диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842. Диссертант Бутрим Виктор Николаевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Главный научный сотрудник  
отделения технологии сварки и пайки,  
доктор технических наук, доцент  
« 18 » июля 2018 г.

 В.Г. Бещеков

Подпись В.Г. Бещекова заверяю.  
Ученый секретарь научно-технического совета,  
кандидат технических наук



 Д.А. Муртазин

Бещеков Владимир Глебович,  
доктор технических наук по специальностям 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и 05.02.09 – «Технологии и машины обработки давлением», доцент, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник отделения технологии сварки и пайки федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение «Техномаш», 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, Москва, 127018, а/я 131, тел. (495) 689-95-71, e-mail: kulik-nic-svarka@mail.ru