

Министерство промышленности и торговли
Российской Федерации
Государственный научный центр
Российской Федерации



Центральный
научно-исследовательский
институт черной металлургии
им. И.П.Бардина

Федеральное государственное унитарное предприятие
(ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»)

105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. (495) 777-93-01; Факс (495) 777-93-00
ИНН/КПП 7701027596/770101001
E-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

06.09 2018 г. № 48/1085
На № _____ от _____

Утверждаю:

Генеральный директор
ГНЦ, ФГУП «Центральный
научно-исследовательский
институт черной металлургии
им. И.П.Бардина», к.э.н.



В.В.Семенов

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Бутрима Виктора Николаевича «Развитие научных основ технологии производства и модернизации хромоникелевых сплавов для серийных и перспективных изделий космической техники», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Актуальность темы. Развитие космической техники требует постоянного улучшения эксплуатационных характеристик, надежности и ресурса энергетических установок и двигателей. Предъявляемые требования увеличения температуры рабочего тела двигателя свыше 1250°C и срока эксплуатации космического аппарата на орбите в течение свыше 10 лет могут быть выполнены только при условии повышения высокотемпературных физико-механических свойств материалов для термически нагруженных элементов конструкции, в частности, для изготовления сопел, камер разложения и трубопроводов подачи топлива термokatалитических двигателей космических аппаратов. Рабочая температура современных никелевых суперсплавов, используемых в авиационных и жидкостных ракетных двигателях, ограничена величиной 1000-1100°C. В этой связи применение хромоникелевого сплава с содержанием хрома более 50 мас.%, работоспособного при воздействии температуры выше 1250°C, является весьма перспективным.

Более высокая температура плавления, пониженное значение упругости пара и низкая пластичность хрома существенно усложняет процессы выплавки и деформирования. Поэтому у нас не вызывает сомнений актуальность темы диссертационной работы В.Н. Бутрима, посвященной совершенствованию состава хромоникелевого сплава, развитию научных принципов технологии, разработке и применению новых технических решений в области вакуумно-индукционной выплавки слитков, рафинирующего электрошлакового переплава, горячей деформации и термической обработки.

Структура диссертационной работы.

Диссертационная работа Бутрима В.Н. имеет внутреннее структурное единство, изложена на 312 страницах, состоит из введения, семи глав, общих выводов по работе, включает 128 рисунков, 63 таблицы, 225 наименований цитируемой литературы.

Диссертационная работа и автореферат оформлены в соответствии с действующими требованиями. Автореферат и публикации в реферируемых технических изданиях полностью отражают содержание диссертационной работы.

Научная новизна исследования и полученных результатов.

Наиболее важными результатами обсуждаемой работы с научной и практической точек зрения являются:

1. Создание технологии, в которой использованы передовые достижения современной науки в области металлургии жаропрочных сплавов и разработаны новые способы и технические решения, обеспечившие на основе комплексного подхода к решению задачи реализовать соответствие продукции из хромоникелевых сплавов высоким требованиям по механическим свойствам и чистоте по примесям и неметаллическим включениям, предъявляемым к материалам ответственных деталей космической техники.
2. Установленные на основе экспериментальных данных закономерности изменения структуры и механических свойств сплава в зависимости от температуры, скорости деформирования и режима термической обработки, послужили основой для определения оптимальных режимов горячей

деформации и механической обработки, обеспечивающих повышение выхода годной продукции и требуемые шероховатость поверхности деталей и точность геометрических параметров изделия.

3. Большой удачей работы является обеспечение стойкости к окислению и эрозионной стойкости сплава при взаимодействии с основным продуктом разложения топлива - азотом за счет формирования структуры двухфазного хромоникелевого сплава аналогичного структуре слоистого металлического композиционного материала. Показано, что формирование подслоя никеля, обедненного хромом, и формирование в нем дендритов в-фазы обеспечивает требуемую стойкость сопла камеры сгорания двигателя в течение срока эксплуатации в условиях действия факторов космического пространства.

4. Развитие подхода к созданию новых жаропрочных сплавов на основе хрома с использованием компьютерного моделирования химического состава. Этот подход заключается в повышении прочности сплавов за счет легирования вольфрамом и упрочнения или ослабления границ зерна легированием малыми добавками тантала, ниобия, циркония и гафния для получения благоприятного сочетания пластичности, длительной прочности и сопротивления высокотемпературной ползучести. Эффективность подхода подтверждена испытаниями экспериментальных сплавов.

Обоснованность и достоверность основных положений и результатов диссертации не вызывает сомнений и определяется:

- применением комплекса современных экспериментальных методов исследования структуры и химического состава,

- применением статистических методов обработки экспериментальных результатов,

- воспроизводимостью результатов эксперимента, согласованием их с известными литературными данными;

- успешным внедрением новых технических решений на предприятиях ракетно-космической отрасли промышленности.

Выводы соответствуют цели и задачам диссертационной работы.

Практическая значимость полученных автором результатов:

1. Разработана технология производства прутков хромоникелевого сплава, обеспечивающая производство продукции со стабильным уровнем механических свойств и качества по содержанию примесей и неметаллических включений.

2. Результаты работы использованы для выпуска продукции в ОАО «Композит» с параметрами качества, отвечающими требованиям, предъявляемым к материалам ответственных деталей космической техники. Продукция использована ФГУП «ОКБ «Факел» для изготовления деталей термokatалитических двигателей космических аппаратов.

3. Установленные закономерности применены при разработке технологий производства капиллярных труб из сплава ХН50ВМТЮБ, ХН77ТЮР и ХН43БМТЮ для других ответственных деталей ракетных двигателей.

Рекомендации по использованию результатов диссертации:

Разработанные в диссертации теоретические и технологические подходы можно рекомендовать к использованию и дальнейшему развитию в научно-исследовательских организациях и предприятиях, занимающихся разработкой, исследованием, производством и применением жаропрочных сплавов (ИМЕТ РАН, ВИЛС, ВИАМ, ВНИИНМ, ММЗ «Электросталь» и др.)

Вопросы и замечания по материалам диссертации:

1. В диссертационной работе недостаточно полно отражены вопросы вакуумно-индукционной выплавки слитков из хромоникелевых сплавов. В данном разделе работы автор ограничился экспериментальным подбором рациональных параметров технологического процесса с точки зрения снижения размера и содержания неметаллических включений в получаемом слитке.

2. Результаты теоретического моделирования состава сплава на основе расчетов влияния легирующих элементов на когезивную прочность твердых растворов в хrome и никеле и границ зерен в двухфазном хромоникелевом сплаве являются дискуссионными. Приведенные в диссертации экспериментальные данные по изменению механических свойств и

сопротивлению ползучести показывают только тенденцию влияния. Для подтверждения эффективности требуется проведения большего числа экспериментов и более всестороннего исследования.

Заключение:

Диссертационная работа Бутрима В.Н. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных диссертантом теоретических и экспериментальных исследований и их интерпретации получены новые научные результаты по формированию структуры и свойств проката двухфазного хромоникелевого сплава, имеющие важное научное и практическое значение.

На основе разработанных научно-технических и технологических решений создана и внедрена комплексная технология производства полуфабрикатов хромоникелевых сплавов. Продукция использована для изготовления ответственных деталей серийных и перспективных ракетных двигателей, обеспечивая существенный вклад в развитие экономики страны и повышение ее обороноспособности.

В целом, диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Выводы и результаты обоснованы, подтверждены экспериментально и достоверны. Результаты диссертации опубликованы в 57 научных работах, в том числе 20 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Тематика выполненных диссертантом исследований соответствует паспорту специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов), в частности, пунктам 1 - «Изучение взаимосвязи химического и фазового составов (характеризуемых различными типами диаграмм), в том числе диаграммами состояния с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов», 2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях», 3 - «Теоретические и экспериментальные исследования влияния структуры (типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения) на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные

свойства металлов и сплавов», 6- «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим воздействием, а также специализированного оборудования», 7-«Изучение взаимодействия металлов и сплавов с внешними средами в условиях работы различных технических устройств, оценка и прогнозирование на этой основе работоспособности металлов и сплавов».

Диссертационная работа Бутрима В.Н. соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, установленным п.п.9, 10 и 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор - Бутрим Виктор Николаевич заслуживает присуждения ему искомой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Отзыв на диссертацию рассмотрен, обсужден и утвержден на заседании Ученого Совета Государственного научного центра Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (протокол №1 от 30 августа 2018 г.).

Служебный адрес и телефон: 105005 Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2;
chermet@chermet.net; телефон: +7(495) 777-93-01.

Заместитель председателя Ученого Совета

В.А.Углов

Ученый секретарь Совета

Т.П.Москвина

