

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бутрима Виктора Николаевича  
«Развитие научных основ технологии производства и модернизации  
хромоникелевых сплавов для серийных и перспективных изделий  
космической техники»,  
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук  
по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка  
металлов и сплавов»

При создании нового поколения ракетных двигателей и энергетических двигательных установок космических аппаратов возникла серьезнейшая проблема отсутствия высокотемпературных материалов для длительной эксплуатации в условиях действия температуры выше  $1250^{\circ}\text{C}$ , разложении топлива и факторов космического пространства.

Новое поколение термokatалитических двигателей (ТКД) должны обеспечить коррекцию орбиты, стабилизацию и ориентацию космического аппарата при сроке эксплуатации от 60 до 130 тысяч часов, в течение которых выполняется несколько сотен тысяч включений двигателя с высокой точностью длительности импульса, т.е. необходимо обеспечить работу материалов в условиях действия термоциклирования и сложно напряженном состоянии. Используемые в авиационных и ракетных двигателях жаропрочные стали и никелевые сплавы не способны обеспечивать эксплуатационную работоспособность свыше  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Выбор автором работы для материалов нового поколения ТКД сплавов на основе хрома, имеющих высокую жаропрочность и обладающих жаростойкостью на воздухе до  $1200-1300^{\circ}\text{C}$  и стойкостью в агрессивных средах явился наиболее перспективным для решения поставленных задач.

Бутримом В.Н. были решены важнейшие металлургические задачи, связанные с выбором и усовершенствованием хромового сплава для специальных условий работы в качестве материалов для ТКД. В этой связи диссертационная работа Бутрима В.Н., направленная на развитие научных и технологических основ процессов получения и применения конструкционных сплавов на основе хрома для работы в качестве деталей космической техники, является, безусловно, актуальной.

Несомненной заслугой автора является научное обоснование и экспериментальное подтверждение технологической схемы получения модернизированного хромового сплава позволившее обеспечить эксплуатационную надежность термokatалитических двигателей в течение длительной работы (более 7 лет) в условиях космического пространства.

В результате исследования процессов выплавки и литья методами вакуумно-индукционной плавки и электрошлакового переплава, термомеханической и термической обработок разработано управление структурообразованием хромового сплава, обеспечивающее его высокую

технологичность на всех этапах передела и получения заданных свойств конечного изделия.

Автором получены оригинальные результаты по выявлению особенностей изменения химического, фазового состава и структуры разработанного хромоникелевого сплава в условиях, имитирующих работу ТКД в космическом пространстве, что обеспечило возможность получения прямых данных о поведении материала в условиях близких к эксплуатационным.

Показателем значимости работы Бутрима В.Н. является то, что работа отличается широким комплексным подходом, включающим как экспериментальные исследования, так и решение практических вопросов, позволяющих реализовать научные разработки на ОАО «Композит», где организовано малотоннажное производство полуфабрикатов из разработанного сплава для узлов ТКД космических аппаратов.

Следует отметить, что все разделы автореферата изложены ясно и корректно, объяснения полученных экспериментальных и теоретических результатов, а также выводы, сделанные по работе логически обоснованы.

По автореферату имеется следующее замечание:

В автореферате не представлены функциональные связи параметров структуры сплава от режимов термомеханической и термической обработок. Зависимости, представленные на рис.7 автореферата, не полностью дают информационную картину изменения структуры и свойств хромоникелевого сплава после термической обработки.

В целом, по фундаментальности проведенных исследований, научной и практической значимости диссертационная работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Бутрим Виктор Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Профессор кафедры Физики и химии  
материалов им. Б.А. Догадкина  
Российского технологического  
Университета – МИРЭА,  
кандидат технических наук



Д.К. Фигуровский

Фигуровский Дмитрий Константинович  
+7(916)652 32 43; dkfigurov@bk.ru