



ОДК
КЛИМОВ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОДК-КЛИМОВ»
(АО «ОДК-КЛИМОВ»)

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ягодина Максима Геннадьевича «Исследование процесса и разработка технологии производства мелкодисперсных гранул жаропрочных никелевых сплавов для производства дисков газотурбинных двигателей», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Получение качественных дисков газотурбинных двигателей из высокожаропрочных никелевых сплавов методом металлургии гранул на сегодняшний день является весьма актуальной задачей, поскольку обычные методы горячей деформации изготовления этих деталей ограничивают возможность их получения при заданном сочетании свойств жаропрочности, высокотемпературной прочности и сопротивления малоцикловой усталости. Анализ работ по данному направлению для дисков ГТД показал, что этому направлению в настоящее время уделяется большое внимание. Тем не менее, обозначенные проблемы проработаны далеко еще не в полном объеме.

В связи с созданием двигателей пятого поколения типа ПД14 и его модификаций на АО «ОДК-Пермские моторы», а также модификаций двигателей разработки АО «ОДК-Климов», наблюдается тенденция к использованию жаропрочных никелевых сплавов из мелкодисперсных порошков-гранул правильной сферической формы крупностью менее 70 мкм, диски и валы из которых имеют более высокие эксплуатационные характеристики при комнатной и рабочей температурах.

В связи с изложенным, исследования по производству мелкодисперсных порошков-гранул и разработка технологии их изготовления и апробация являются весьма актуальными.

Целью диссертационной работы было установление влияния технологических параметров изготовления и физико-механической обработки порошков-гранул из нового жаропрочного никелевого сплава ВВ751П на их крупность и свойства, а также разработка на этой основе комплексной технологии производства мелкодисперсных гранул.

С научной точки зрения установлен ряд закономерностей, а именно:

- при плазменном центробежном распылении, наряду с зависимостью крупности порошков-гранул от частоты вращения литой заготовки, их крупность зависит также от скорости плазменной струи (расхода газа); предложена формула, учитывающая скорость плазменной струи при расчете диаметра частиц порошков-гранул;

- выведена формула для расчета расширения ячейки сетки в зависимости от размера порошков-гранул, модуля упругости, размера ячейки сетки и среды классификации по крупности на ситах с горизонтальным расположением полотна;

- содержание кислорода в порошках-гранулах крупностью менее 70 мкм, изготовленных методом PREP и последующей физико-механической обработкой возрастает на 7-10 ppm по отношению к его количеству в исходных литых заготовках. Эффективными методами снижения содержания кислорода являются отсев ультрамелкой фракции (менее 20 мкм), электростатическая сепарация массы порошков-гранул в инертной среде. Данные операции позволили снизить содержание кислорода в порошке-гранулах крупностью менее 70 мкм с 58 до 43 ppm;

- крупность порошков-гранул, изготовленных методом плазменной плавки и центробежного распыления, зависит также и от расстояния между торцем оплавленной заготовки и плазмотроном. Увеличение этого расстояния приводит к увеличению размера частиц порошков-гранул.

С практической точки зрения разработаны технологические режимы процесса плазменной плавки и центробежного распыления, а также процесса

классификации по крупности, которые позволили увеличить выход годного с 62,5 до 68,5% при производстве порошков-гранул крупностью менее 70 мкм из нового жаропрочного никелевого сплава ВВ751П.

Новые порошки-гранулы из жаропрочного никелевого сплава ВВ751П, впервые изготовленные по вышеуказанной технологии, были использованы для изготовления 10 типоразмеров турбинных и компрессорных дисков для перспективного авиационного двигателя ПД14 самолета МС21, что подтверждено соответствующим Актом от 20.08.2020 г.

Также разработан способ, включающий классификацию и электростатическую сепарацию для удаления различных инородных включений на всех этапах технологии изготовления порошков-гранул, что позволило снизить в них содержание кислорода на 20%. Разработана новая и уточнена действующая технологическая документация.

Достоверность научных выводов обеспечивается использованием современных методов обработки расчетных и экспериментальных данных, использованием апробированных методик проведения исследования, а также использованием достоверных литературных источников. Все результаты получены на поверенном оборудовании с использованием лицензионного программного обеспечения. Стандартные испытания и исследования проводились в соответствии с требованиями научно - технической документации, действующей на территории Российской Федерации (ГОСТ и ISO).

По материалам диссертации опубликованы 8 научных работ, из них 6 в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованных литературных источников и приложения. Объем диссертации 169 страниц, содержит 35 таблиц, 24 рисунка, список использованных литературных источников из 112 наименований. Материалы диссертации апробированы на представительных конференциях и семинарах.

Вместе с тем по автореферату имеются следующие замечания:

1. В автореферате диссертации не дана количественная оценка (не приведены зависимости) влияния кислорода на свойства сплава ВВ751П.

2. В автореферате (3 глава) не разъясняется, за счет чего сопротивление малоциклового усталости компактных образцов сплава ВВ751П (даже при повышенном до 1098 МПа напряжении) выше, чем у компактных образцов из жаропрочного никелевого сплава ЭП741НП.

3. В автореферате (4 глава) отсутствует сравнительная металлографическая оценка структур, получаемых по новой разработанной технологии и по серийной.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают высокой оценки диссертационной работы в целом. На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Ягодина Максима Геннадьевича является законченной научной работой, полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Ягодин М.Г. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Исполнительный директор
АО «ОДК-Климов»

И.о генерального конструктора

Директор программ РД-33
- главный конструктор

Главный металлург

Отзыв составил:

Ведущий специалист АО «ОДК-Климов»

А.И.Ватагин

В.А.Елисеев

Д.Н.Юрченко

О.В.Кузьмин

А.А.Живушкин

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

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

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