

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СУПЕРСПЛАВОВ

Тихомирова Е.А.<sup>1</sup>, Живушкин А.А.<sup>1</sup>, Гецов Л.Б.<sup>2</sup>, Рыбников А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Климов», г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург

### ON THE ISSUE OF RESEARCH OF THE PROPERTIES OF THE HEAT-RESISTANT NICKEL SINGLE-CRYSTAL SUPERALLOYS

*Tikhomirova E.A., Zhivushkin A.A., Getsov L.B., Rybnikov A.I. The work studies issues to provide the guaranteed construction strength of the single-crystal rotor blades of the aviation gas turbine engines taking into account the anisotropic properties conditioned by their crystallographic orientation. Special attention is paid to research of the thermo-fatigue properties of the samples taken from the single-crystal superalloys. Influence of the thermo-cycling intervals on the durability of the samples with given orientation has been shown taking as an example ЖС36ВИ alloy.*

Работа посвящена проблеме обеспечения гарантируемой конструкционной прочности монокристаллических рабочих лопаток авиационных ГТД с учетом анизотропии свойств, обусловленной их кристаллографической ориентацией [1-7].

Особое внимание уделяется исследованию термоусталостных свойств образцов из монокристаллических суперсплавов [5,6,7]. В работе представлена методика испытаний и исследований образцов на термоусталость. В качестве материалов исследований выбраны жаропрочные сплавы ЖС32-ВИ и ЖС36-ВИ, имеющие практическое применение и являющиеся характерными представителями, соответственно, никелевых углеродсодержащих и безуглеродистых суперсплавов.

Предварительно, были получены экспериментальные полюсные фигуры и матрицы ориентации кристаллографической решетки в лабораторной системе координат, на основании которых определены возможные полосы при скольжении по кристаллографическим плоскостям вдоль заданных направлений при испытаниях.

На примере сплава ЖС36-ВИ экспериментально показано влияние температурных интервалов термоциклирования на долговечность образцов с заданной ориентацией.

Предложены новые подходы к оценке результатов термоусталостных испытаний с учетом остаточных напряжений в поверхностных слоях образцов и представлены дан-

ные по исследованию состава и структуры на примере сплава ЖС32-ВИ.

Проведена оценка термоусталостных свойств образцов из монокристаллического никелевого суперсплава, исходя из предварительных расчетных и полученных экспериментальных результатов.

Изложены рекомендации к использованию данных испытаний и исследований для оценки конструктивной прочности рабочих лопаток ТВД.

#### Библиографический список

1. Ягодкин, Ю.Д. Механические свойства кристаллов никелевого сплава с различной кристаллографической ориентацией / Ю.Д. Ягодкин, В.П. Шуляк, В.Б. Орехов. - Энергомашиностроение, 1987, №6. - С.30-32.
2. Шалин, Р.Е. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / Р.Е. Шалин, И.Л. Светлов, Е.Б. Качанов [и др.]. - М: Машиностроение, 1997.- 333 с.
3. Ножницкий, Ю.А. Обеспечение прочностной надежности монокристаллических рабочих лопаток высокотемпературных турбин перспективных ГТД / Ю.А. Ножницкий, Е.Р. Голубовский // Труды междунар. науч. конф. «Научные идеи академика С. Т. Кишкина и современное материаловедение», 25-26 апреля 2006г, Москва, ВИАМ. - С. 65-71.
4. Ножницкий, Ю.А. Монокристаллические рабочие лопатки высокотемпературных турбин перспективных ГТД / Ю.А. Ножниц-

кий, Е.Р. Голубовский // «Авиационная космическая техника и технология», 2006, №9 [35]. - С. 117-125.

5. Onyszko A., Bogdanowicz W., Kubiak K. and Sieniawski. X-ray topography and crystal orientation study of a nickel-based CMSX-4 superalloy single crystal.- Cryst. Res. Technol, 2001, 45, №12, p. 1326-1332.

6. Гецов, Л.Б. Критерии разрушения поликристаллических и монокристаллических материалов при термоциклическом нагруже-

нии / Л.Б. Гецов, А.С. Семенов // Прочность материалов и ресурс элементов энергооборудования. Труды ЦКТИ, вып. 296, СПб, 2009. - С.83-91

7. Гецов, Л.Б. Особенности термоусталостного разрушения монокристаллического жаропрочного сплава / Л.Б. Гецов, А.И. Рыбников, Н.И. Добина.- Тяжелое машиностроение, 2007, №8, с.12-15.

УДК 621.452.3

### **ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО МОЩНОСТНОГО РЯДА ГТД РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Шарова Н.А.

ОАО «Климов», г. Санкт-Петербург

#### **FEATURES OF OPTIMIZATION OF THE VERSATILE GAS GENERATOR PARAMETERS AND DESIGN FOR DEVELOPMENT OF A BROAD POWER RANGE LINE OF THE ADVANCED GAS TURBINE ENGINES OF DIFFERENT APPLICATION**

*Sharova N.A. The article considers a possibility of application of the versatile gas generator in designing of the gas turbine engine of a broad power range. The most optimal design of the gas generator has been found. A possibility of development of the 6000-hp engine on the basis of the gas generator of VK-2500 engine has been considered.*

В настоящее время при проектировании газотурбинного двигателя (ГТД) основное внимание уделяется стоимости жизненного цикла. Снижение расхода топлива важно, но не должно происходить за счет увеличения стоимости обслуживания.

Большую часть стоимости разработки ГТД (от 40 до 70% - в зависимости от конструктивной схемы) составляет стоимость разработки газогенератора. В работе была поставлена задача исследования возможности создания газогенератора, позволяющего получить двигателя с увеличением мощности в несколько раз относительно мощности ГТД, имеющего газогенератор, путем введения в конструкцию контура низкого давления. Определенный в работах [4,5] диапазон располагаемой мощности позволяет, с учетом сегодняшнего уровня развития материалов и технологий, рассчитывать на увеличение мощности двигателя приблизительно в 3...3,5 раза.

Создана математическая модель газогенератора для исследования его работы в составе малоразмерных ГТД различных типов

[3,5]. Проведенные расчеты, определили охватываемый диапазон мощности с учетом ограничений. Осуществлена оптимизация параметров с использованием глобальной цели оптимизации системы [5].

Идея создания универсального газогенератора (УГГ) подразумевает применение его для двигателей достаточно большого диапазона мощности без существенных доработок. Это требует тщательной проработки его конструкции, которая должна быть максимально простой и состоять из минимального количества деталей.

Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод по особенностям конструкции узлов УГГ:

- компрессор универсального газогенератора должен быть выполнен центробежным,
- камера сгорания – кольцевой, противоточной,
- турбина - осевой, одноступенчатой.

Ротор должен иметь минимальное количество опор и обеспечивать проведение