

Рис. 1. Принципиальная схема стенда для получения экспериментальных характеристик центробежной турбины

Для расчёта и построения характеристик ЦСТ в ходе эксперимента измеряются следующие параметры:

- избыточное давление воздуха на входе в СА турбины $p_{ГИ}^*$, Па;
- статическое давление на выходе из турбины p_T равное атмосферному p_a , Па;

- избыточное давление воздуха перед расходомерной диафрагмой p_0^* , Па;
- температура воздуха перед турбиной T_2^* , К;
- перепад давления на расходомерной диафрагме Δp_0 , в мм. вод. ст.;
- частота вращения РК n , мин⁻¹;
- крутящий момент $M_{кр}$, Нм.

Заключение

Экспериментальный стенд позволяет исследовать различные виды рабочих колёс ЦБК и ЦСТ, а также различных типов ТКР, определить характеристики и разработать уточнённые методики их расчёта.

Библиографический список

1. Вахитов Ю.Р. Агрегаты наддува двигателей: учебное пособие. - Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2012. 158 с.
2. Ржавин Ю.А. Осевые и центробежные компрессоры двигателей летательных аппаратов. Теория, конструкция и расчёт: Учебник. – М.: Изд-во МАИ, 1995. 344 с.
3. Горюнов Л.В., Шукин А.В., Такмовцев В.В., Ильинков А.В., Ерзиков А.М. Газодинамические и вибрационные исследования компрессоров, турбин и их деталей: учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. Техн. ун-та, 2012. 184 с.

УДК 621

АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОЙ ФАЗЫ В ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ

©2016 С.В. Кириков, Ю.П. Тарасенко

Институт проблем машиностроения РАН - филиал Федерального исследовательского центра «Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород

THE ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERMETALLIC PHASE IN HEAT RESISTING NICKEL ALLOYS

Kirikov S.V., Tarasenko Y.P. (Institute of problems of mechanical engineering of the Russian Academy of Sciences - branch of Federal public budgetary scientific institution "Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences", Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Work is devoted to an assessment of a condition of material of the working shovels made of heat resisting nickel alloys according to morphological characteristics of an intermetallic phase.

Работа посвящена проблеме оценки состояния материала рабочих лопаток по морфологическим характеристикам интерметаллидной фазы. Объекты исследования: 1) ра-

бочая лопатка газотурбинного двигателя ГТЭ-45-3 из сплава ЭП800ВД после эксплуатации 2) направляющая лопатка 1-ой ступени SGT-800 Siemens из сплава In792

после эксплуатации. За исходное состояние материала лопаток была принята структура замочной части.

Традиционные методы определения параметров структуры, такие, как метод Глаголева и метод Розвиля, являются весьма трудоёмкими и не всегда обеспечивают требуемую точность и статистическую достоверность получаемых результатов, вследствие чего разработка компьютеризированного подхода к данной проблеме весьма актуальна.

В работе рассмотрены основные этапы автоматического количественного анализа параметров интерметаллидных фаз в жаропрочных поликристаллических никелевых сплавах и указаны основные их отличия от стандартных методов исследования несвязных фаз. Предложены основные критерии дифференциации.

Анализ фазы проводился с помощью оригинальной программы Good_Phase, реализованной на языке программирования Python с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

Для каждого состояния материала лопаток было проведено исследование всевозможных характеристик интерметаллидных частиц: минимальный, максимальный, средний, эквивалентный размеры, анизотропия, фактор формы, концентрация, доля занятой площади, объёмная доля и др., а также построены их распределения. Ниже в качестве примера приведено электронно-микроскопическое изображение (ЭМИ) сплава ЭП800ВД (рис. 1), построено распределение по площадям частиц интерметаллидной фазы (рис. 2).

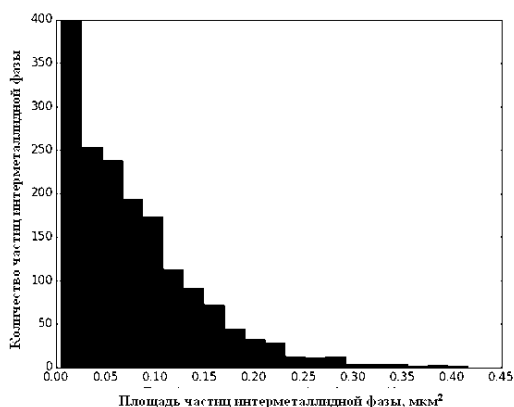


Рис. 1. Пример распределения частиц интерметаллидной фазы по площадям

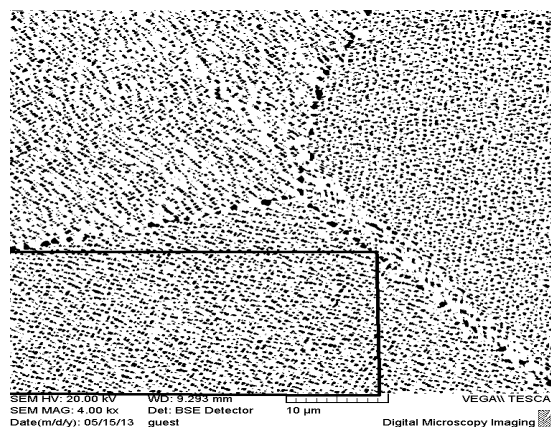


Рис. 2. ЭМИ сплава ЭП800ВД

Так же в качестве примера даются характеристика формы (табл.1) и модель двухмерного пространственного распределения для частиц интерметаллидной фазы в сплаве In 792 (рис. 3, 4).

Таблица 1 - Обобщенная характеристика формы интерметаллидных частиц

Форма частиц	Коэффициент формы	Доля частиц для замковой части, %	Доля частиц для перовой части, %
Сферическая	1	13	12
Округлая	0.77	40	36
Угловатая	0.66	18	16
Продолговатая	0.58	22	29
Пластинчатая	0.42	7	7

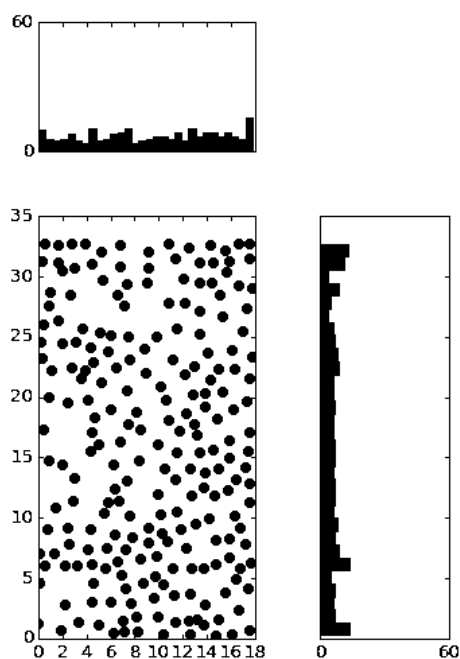


Рис. 3. Моделирование двухмерного пространственного распределения частиц интерметаллидной фазы в диапазоне размеров 0.4 – 1.8 мкм в перелопатки

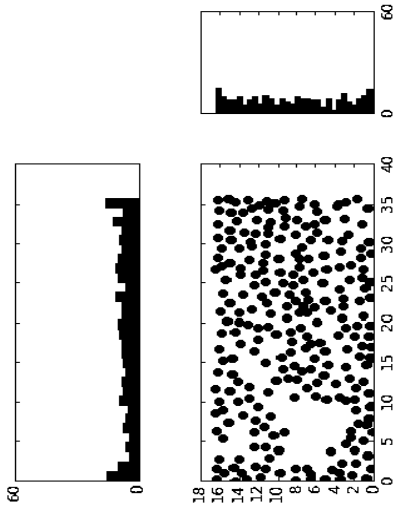


Рис. 4. Моделирование двумерного пространственного распределения частиц интерметаллидной фазы в диапазоне размеров 0.4 – 1.8 мкм в замковой части лопатки

Показано, что в качестве критерия эксплуатационной надёжности по микроструктурному состоянию для материала направляющих и рабочих лопаток, подвергнутых длительному старению, можно принять средний эквивалентный размер частиц и оценку его разброса (дисперсию, среднеквадратичное отклонение).

Объёмная доля, концентрация и форма частиц в процессе эксплуатации изделия меняются незначительно, но по их абсолютным значениям можно судить об исходном состоянии материала.

УДК 539.3:534.83:62-215

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ КОНЕЧНО – ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

©2016 Н.В. Осадчий, В.Т. Шепель

Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск

VERIFICATION OF ACOUSTIC PANELS FINITE ELEMENTS MODELS FOR STRENGTHS CALCULATIONS

Osadchiy N.V., Shepel V.T. (PJSC «NPO Saturn», Rybinsk, Russian Federation)

This report presents the research results of verification multi-layer acoustic panel's finite-element models based on analytical models. The analytical models are obtained for three-layer and five-layer fillers, rectangular three-layer panels and three-layer beam with a circular axis.

В авиационной технике широко используются трёхслойные и пятислойные звукопоглощающие конструкции, состоящие из двух несущих оболочек, разделённых слоем «лёгкого» заполнителя, не оказывающего сопротивления изгибу. При построении конечно – элементных моделей прочности таких конструкций необходимо корректно подобрать их параметры (типы конечных элементов для обшивок и заполнителя, условия сопряжения на границах пластин), адекватно отражающие напряжённо – деформированное состояние реальной конструкции. Для подбора параметров модели, как правило, используются результаты экспериментальных исследований. Однако на ранних стадиях проектирования, когда конструкция проработана лишь в общих чертах, эксперимен-

тальные данные, как правило, отсутствуют. В этом случае верификацию конечно – элементной модели можно выполнить только с помощью аналитической модели.

Вопросы аналитического расчёта многослойных панелей достаточно хорошо разработаны для относительно простых по геометрии конструкций. Целью настоящих исследований являлось построение аналитических моделей, необходимых для валидации более сложных по геометрии конструкций. Для построения аналитических моделей использован вариационный метод. В данном случае дифференциальные уравнения получаются из условия стационарности функционала, которым является полная энергия рассматриваемой многослойной конструкции. В качестве граничных условий рассматривают-