

сплавов с содержанием кремния 6...11%, выявлен ряд факторов и параметров, определяющих качество получаемого покрытия и его свойства, подтверждена возможность применения технологии МДО для получения поверхностного слоя с высокими эксплуатационными, теплотехническими и трибологическими характеристикам.

Выводы:

При участии специалистов ТГУ спроектирована, изготовлена и запущена установка для проведения процесса МДО в про-

точном и стационарном режиме. Основными достоинствами установки являются простота конструкции, низкая стоимость реализации процесса, высокая экологичность технологии и минимальные требования по охране труда. Полученные результаты позволяют переходить к ОТР по внедрению технологии в производство для модификации сплавов до АК6. Для сплавов с большим содержанием кремния ведутся НИР, результаты которых позволяют видеть перспективность технологии МДО для двигателестроения.

УДК 669.245: 669-172: 548.4: 539.26

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЕЖНОСТИ МОНОКРИСТАЛЬНЫХ ЛОПАТОК ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГТД

Протасова Н.А.

Казанское моторостроительное производственное объединение

EXPERIENCE OF APPLICATION OF THE R_x-ANALYSIS FOR THE DECISION OF PROBLEMS OF INTEGRITY RELIABILITY OF MONOCRYSTAL BLADES OF TURBINES AVIATION GAS TURBINE ENGINES (GTE)

Protasova N.A. Methods of X-ray diffraction investigate operational laws of blades of turbines from alloys ЖС32, ЖС30, ЖС6У and recommendations about their further operation are given. Laws of a relaxation of residual stress and microstructural response in turbine tail grooves during engine exploitation are investigated. The structural criteria characterising completeness of regeneration of monocrystals under the influence of thermal processings and GIP are defined. The structural criteria are received, allowing to estimate actual level of degradation of a material of blades in operation and to estimate their residual resource.

В сообщении рассматриваются результаты комплекса металлофизических исследований для оценки работоспособности рабочих лопаток турбины двигателей большого ресурса для самолетов гражданской авиации. Материал лопаток – жаропрочные никелевые сплавы ЖС30, ЖС32, ЖС6У.

Обобщен большой объем рентгеноструктурных и микроскопических исследований образцов и лопаток после длительных стендовых испытаний, в том числе до разрушения, после различной продолжительности летной эксплуатации, после термомеханических испытаний модельных образцов и образцов, вырезанных из лопаток. Изучены структурные закономерности релаксацион-

ных процессов, протекающих в тонких поверхностных слоях упрочненных хвостовиков монокристалльных лопаток в зависимости от длительности эксплуатации и по результатам имитационных испытаний.

Исследованием структурного состояния турбинных лопаток, выявлены закономерности металлографической и кристаллографической кинетики. На основе анализа полученных результатов предложены структурные критерии, характеризующие работоспособность материала, испытавшего деформацию в условиях ползучести.

Выполнен расчет параметров тонкой структуры и получены закономерности изменения рентгеновских величин ОСМД (от-

носительной среднеквадратичной микродеформации), эффективных размеров о.к.р. (областей когерентного рассеяния), мисфита (размерного несоответствия периодов кристаллических решеток γ/γ' -фаз), плотности хаотически распределенных дислокаций в стенках субграниц и по объему кристалла в зависимости от длительности нагружения.

Построены обобщенные кривые ползучести монокристалла в параметрах тонкой структуры. Получены характеристики структурного состояния исследованных сплавов на стадиях долговечности в диапазоне температур 955...1100⁰С и напряжений 160...310МПа.

Установлено, что закономерности структурной ползучести сплава в зоне T_{max} , K_{min} лопаток при эксплуатации и стандартных образцов при высокотемпературных испытаниях сопоставимы, и процесс исчерпания работоспособности лопаток можно моделировать путем испытания стандартных образцов.

Выполнены анализ и систематизация по длительности и условиям эксплуатации результатов металлургических исследований и контроля лопаток ТВД изд. НК-86, 86А и Д18Т при ремонте в объеме:

–оценка структурного состояния на соответствие типовым температурным и др. условиям эксплуатации до ремонта;

–определение структурных признаков относительной долговечности;

–оценка микроповрежденности и состояние поверхностного слоя.

В результате анализа установлено, что структурное состояние в зоне T_{max} , K_{min} лопаток после эксплуатации соответствует работоспособному состоянию. Исчерпание ресурса монокристалльных лопаток из сплава ЖС30-ВИ после максимальной наработки в эксплуатации 11000ч в составе дв. НК-86А составляет до 50%, из сплава ЖС32-ВИ после наработки 7000-11000ч в составе дв.Д18Т составляет 20...30% с ограничением ресурса по причине разрушения материала покрытия, коррозионным и эрозионным повреждениям пера лопаток.

Результаты работы представляют интерес в плане методического подхода к определению степени деградации материала лопаток газовых турбин и могут быть использованы для объективной оценки ремонтпригодности этих деталей после эксплуатации.

На основании полученных результатов уточнены критерии контроля состояния материала лопаток при ремонте двигателей, выполнены работы по обоснованию развития и увеличения ресурса монокристаллических лопаток.

УДК 620.179.101

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ЦИКЛИЧЕСКОГО СЖАТИЯ МНОГОСЛОЙНОГО, МНОГОПРОЛЕТНОГО, ГОФРИРОВАННОГО ПАКЕТА, УЧИТЫВАЮЩАЯ ЭФФЕКТ «УПЛОЩЕНИЯ»

Эскин И.Д., Алкеев Р.И., Сусликов В.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет

CYCLICAL COMPRESSION SIMPLIFIED MODEL OF A MULTILAYER, MULTISPAN, CORRUGATED PACKET INCORPORATING EFFECT OF FLATTENING

Eskin I.D., Alkeev R.I., Suslikov V.I. Samara State Aerospace University. We have received an approximate analytical solution to the problem of cyclical compression of multilayer, multispans, corrugated packets used as elastic resistive element in protection devices for improving driver's and passenger's safety in a collision of an automobile with an object. It allows to develop any loading process of the device with a high precision at any range of deformations up to complete flattening of corrugated packet material.