

Совершенствование технологического обеспечения отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора турбовального ГТД

Огренич Д.В., Михайлов А.Н. (кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, ДНР)

Телефон: +380713652502; Email: decanat@fimm.donntu.org

Аннотация. В статье приведены данные о совершенствовании технологического обеспечения отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора турбовального ГТД. Также рассмотрены пути повышения долговечности лопаток ГТД с помощью функционально-ориентированных технологий. Выполненные исследования позволили установить, что в компрессор вертолетного ГТД структурируется из различных групп лопаток. При этом на каждую группу лопаток действуют свои определенные эксплуатационные воздействия, характеризующиеся возникновением различного по характеру и интенсивности износа этих групп лопаток.

Ключевые слова: технологический процесс, ГТД, лопатки, отделочно-упрочняющая обработка, компрессор.

1. Введение

Машиностроение является одной из базовых отраслей машиностроения Донецка. Большинство предприятий машиностроительного комплекса Донбасса направлено на создание и изготовление этой техники. Качество и себестоимость ее изготовления существенно будут влиять на объем добычи и себестоимость угля.

В связи с этим важной задачей инженера-технолога является разработка рациональных и экономически целесообразных технологических процессов изготовления элементов машин с учётом прогрессивных технологий, приспособленных к условиям конкретного предприятия, которые обеспечат высокую производительность производства продукции при ее наименьшей себестоимости.

При выполнении работы были поставлена цель и задачи исследования.
Цель: Повышение ресурса работы лопаток за счет обеспечения функционально-ориентированных технологий, путем синтеза специального технологического процесса и разработки технологического обеспечения.

Задачи:

- 1) Выполнить анализ особенностей работы лопаток компрессора турбовального ГТД
- 2) Исследовать основные принципы и особенности эксплуатации лопаток
- 3) Разработать структурный синтез технологических процессов по обеспечению функциональных свойств лопаток ГТД.
- 4) Выполнить экспериментальные исследования по реализации повышения эксплуатационных свойств лопаток компрессора.

2.Основное содержание и результаты работы

Ресурс и надежность авиационных двигателей в основном определяются несущей способностью лопаток компрессора (рис. 1), являющихся наиболее ответственными и высоконагруженными деталями, испытывающими в процессе эксплуатации значительные знакопеременные и циклические нагрузки, которые воздействуют на них с большими частотами. Лопатки компрессора самая массовая, высоконагруженная и ответственная деталь авиационного двигателя.

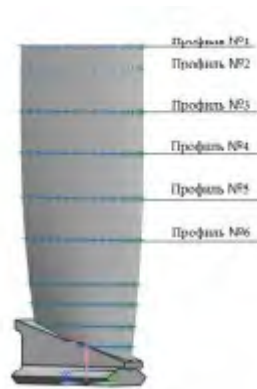


Рисунок 1 - Модель лопатки компрессора ГТД

Особенностью лопаток компрессора, имеющих тонкие входные и выходные кромки и изготовленных из титановых сплавов, весьма чувствительных к концентрации напряжений, является то, что они первыми встречаются с инородным телом (птица, град и др.), попавшим в тракт двигателя.

Риски, забоины, эрозионные повреждения и др. дефекты значительно увеличивают уровень локальных вибронапряжений, что резко снижает прочностные характеристики лопаток. Поэтому создание благоприятного сочетания свойств поверхностного слоя на финишных отделочно-упрочняющих операциях оказывает большое влияние на повышение несущей способности лопаток ГТД. Актуальной задачей является оценка влияния поверхностного деформационного упрочнения на ударную прочность лопаток при соударении с посторонними предметами.

Для повышения износостойкости лопаток все более широкое применение получили различные виды комплексных технологий — нанесение плазменных покрытий в сочетании с различными отделочно-упрочняющими методами.

Виброабразивная обработка (ВО) на специальных установках нашла широкое применение в производстве лопаток компрессора из титановых сплавов. Положительное влияние на эффективность виброабразивной обработки оказывает применение вместе с абразивом химически активных жидкостей.

Ультразвуковая обработка шариками (УЗО) позволяет формировать благоприятное сочетание характеристик поверхностного слоя лопаток компрессора, имеющих малую жесткость, высокую точность изготовления, сложную конфигурацию и тонкие кромки.

Пневмодробеструйная обработка (ПДО) характерна скользящим соударением шариков с поверхностью пера лопатки, не допуская их перенаклепа. Установлено, что ПДО сопровождается уменьшением структурной неоднородности и придает структуре, распределению фаз и остаточным сжимающим напряжениям более однородный характер в поверхностном слое пера лопатки. Предлагаемый пневмодробеструйный метод отделочно-упрочняющей обработки эффективно нейтрализует технологические микродефекты поверхностного слоя, образованные на предыдущих стадиях технологического процесса, сопровождается значительным увеличением предела выносливости, снижением рассеяния долговечности и не требует последующей доводки тонких кромок ручным полированием

Одним из перспективных методов отделочно-упрочняющей обработки является метод магнитно-абразивного полирования (МАП). Отличительная черта МАП

заключается в возможности обрабатывать детали с различной конфигурацией и сочетать в одном процессе отделочные и упрочняющие операции.

Проблема эрозии лопаток газотурбинных двигателей является общепризнанной. Интенсивность и вид эрозии лопаток компрессора зависят не только от условий соударения частиц с поверхностью пера, но и от сочетания характеристик поверхностного слоя.

2.1 Результаты научно-теоретического подхода отечественных и зарубежных ученых по изучаемой проблеме

Вопросам совершенствования структурного и технологического обеспечения отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора ГТД посвящены работы большого количества ученых и специалистов. К основополагающим исследованиям в этом направлении можно отнести работы следующих профессоров: Абраимова Н.В., Безъязычного В.Ф., Богуслаева В.А., Демина Ф.И., Жеманюка П.Д., Елисеева Ю.С., Крылова В.И., Макарова В.Ф., Полетаева В.А., Проничева Н.Д., Тамарина Ю.А., Шитарева И.Л., Яценко В.К. и многих других ученых. В данных работах приводятся сведения по созданию прогрессивных технологий, направленных на повышение качества элементов и лопаток авиационных ГТД. Однако приведенные в них исследования не позволяют совершенствовать структурное и технологическое обеспечение изготовления лопаток компрессора вертолетных ГТД с учетом связей технологических процессов ОУО групп лопаток компрессора и равенства их ресурса. А также проведенный обзор современного состояния вопроса исследований показал, что на базе существующих данных невозможно решать вопросы повышения ресурса лопаток компрессора вертолетных ГТД посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе существующих технологических процессов и обеспечения ФОС. Поэтому для этого необходимо совершенствовать структурное и технологическое обеспечение лопаток компрессора на основе многосвязных технологий.

2.3 Основные положения методологии исследований, накопленных в научной отрасли по теме исследования

Лопатки ГТД работают в условиях высоких температур, достигающих для турбины свыше 1200°C , для компрессора свыше 600°C . Многократное изменение тепловых режимов работы двигателя - быстрый нагрев в момент запуска и быстрое охлаждение при остановке двигателя - вызывает циклическое изменение термических напряжений, характеризуемое как тепловая усталость (рис. 2). Кроме этого, профильная часть пера и хвостовик лопатки, помимо растяжения и изгиба от центробежных сил, изгиба и крутящего момента от скоростного газового потока, испытывают знакопеременные напряжения от вибрационных нагрузок, амплитуда и частота которых изменяются в широких пределах.

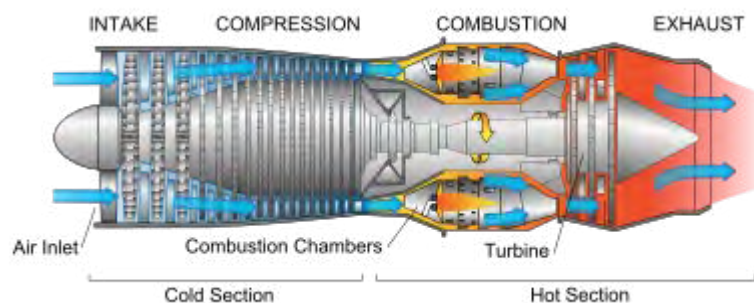


Рисунок 2 - Схема турбореактивного двигателя

Надежность работы рабочих лопаток компрессора и турбины зависит не только от их конструктивной прочности, сопротивления циклическим и длительным статическим нагрузкам, но и от технологии их изготовления, которая непосредственно влияет на качество поверхностного слоя хвостовика и пера лопаток. В поверхностном слое образуются конструктивные и технологические концентраторы напряжений, он испытывает влияние наклепа и внутренних остаточных напряжений от механической обработки. Кроме того, поверхностный слой подвергается воздействию внешних нагрузок при основных видах напряженного состояния (изгибе, растяжении, кручении) внешней среды. Эти негативные факторы могут привести к разрушению лопатки, и, следовательно, к выходу из строя двигателя.

Производство лопаток ГТД занимает особое место в авиадвигателестроении, что обуславливается рядом факторов, главными из которых являются:

- сложная геометрическая форма пера и хвостовика лопаток;
- высокая точность изготовления;
- применение дорогостоящих материалов, таких, как легированные стали и титановые сплавы;
- массовость производства лопаток;
- оснащенность технологического процесса дорогостоящим специализированным оборудованием;
- высокая трудоемкость изготовления.

3. Заключение

Выполненные исследования позволили установить, что в компрессор вертолетного ГТД структурируется из различных групп лопаток. При этом на каждую группу лопаток действуют свои определенные эксплуатационные воздействия, характеризующиеся возникновением различного по характеру и интенсивности износа этих групп лопаток. Поэтому для каждой группы лопаток необходимо обеспечивать свой конкретный технологический процесс ОУО лопаток компрессора с ФОС. Причем существующие технологические процессы и применяемые методы не позволяют выравнять ресурс лопаток компрессора различных групп лопаток в едином комплексе. Решение этих вопросов становится возможным на базе единых связей и обеспечения заданных параметров ФОС между различными группами лопаток компрессора ГТД. Для этого необходимо совершенствование технологического обеспечения и создание комплексного многосвязного технологического процесса ОУО лопаток с ФОС.

Большое значение в решении проблемы обеспечения ресурса и надежности авиационных ГТД, а также создания двигателей новых поколений имеет разработка, совершенствование и создание новых технологических процессов, методов обработки деталей и оборудования, которые повышают не только производительность, но и качество изготовления.

Появление современных типов и модификаций авиационных двигателей непрерывно сопровождается новыми конструкторскими решениями, влекущими за

собой технологические трудности. Для их своевременного преодоления и сокращения разрыва между «идеальной», с точки зрения конструкции, и «реальной», с точки зрения технологии изготовления детали, необходимо активно внедрять в производство прогрессивные методы механической и отделочно-упрочняющей обработки.

Список литературы.

1. Михайлов, А. Н. Основы формообразования и повышения производительности при напылении вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения / А. Н. Михайлов, В. А. Михайлов, Е. А. Михайлова // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. - Вып. 28. - С. 108 - 116.

2. Михайлова, Е. А. К вопросу нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий на внутренние поверхности изделий машиностроения / Е. А. Михайлова, В. А. Михайлов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнар. зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. - Вип. 30. - С. 157-164.

3. Михайлов, А. Н. Общая методология синтеза функциональноориентированных вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения /А. Н. Михайлов, В. А. Михайлов, Е. А. Михайлова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 92. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. - С. 184-195.

4. Михайлов, В. А. Общий подход комплексного повышения ресурса групп лопаток осевого компрессора двигателя вертолета на базе функционально-ориентированного подхода /В. А. Михайлов и [др.] / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2017. - Вып. 1 (56). - С. 101 - 114.

5. Богуслаев В.А., Яценко В.К., Жеманюк П.Д., Пухальская Г.В., Павленко Д.В., Бень В.П. Отделочно-упрочняющая обработка деталей ГТД – Запорожье, изд. ОАО «МоторСич», 2005 г. – 559 с.