

эффективность процесса обеспечивается не только производительностью, но и энергозатратами при этом. Удельные энергозатраты и время обработки являются основными объективными показателями при формообразовании поверхностей деталей. Они характеризуют возможность любого метода обработки как с точки зрения общих затрат, так и с точки зрения производительности процесса. Особую роль приобретают указанные показатели при структурной оптимизации технологии обработки заготовок, поскольку возникает необходимость выбора между конкурирующими процессами.

В работе проведено исследование влияния параметров режима обработки на удельные энергозатраты, при повышенных скоростях резания алюминиевого сплава Д16Т.С целью сокращения объема экспериментальных исследований, они были проведены по схеме полного факторного эксперимента  $2^3$ . Варьируемыми факторами принимались скорость резания  $V(376-1507$  м/мин), подача на зуб фрезы  $S_z(0,05-0,1$  мм/зуб) и глубина резания  $t(0,25-1$  мм).

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках

1,2,3. Анализ Зависимостей представленных на них показывает, что в целом более эффективно применять встречное фрезерование что позволяет уменьшить удельные энергозатраты на величину от 10% до 32%. Увеличение скорости резания с 400 м/мин до 1500 м/мин при встречном фрезеровании приводит к снижению удельных энергозатрат на величину до 5%, попутное же фрезерование увеличивает удельные энергозатраты на величину до 17%.

Увеличение глубины резания с 0,2 до 1 мм приводит к незначительному росту удельных энергозатрат (до 7%).

В наибольшей степени на рассматриваемый параметр влияет подача. Ее изменение с 0,05 мм/зуб до 0,2 мм/зуб приводит к увеличению энергозатрат при встречном фрезеровании на величину порядка 75%, а при попутном на 45%. Таким образом, результаты исследований показали, что снижение удельных энергозатрат обеспечивается с уменьшением глубины резания и подачи и увеличением скорости резания. Для окончательной оценки оптимальных условий обработки необходим анализ производительности процесса

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ УПЛОТНЕНИЙ ДЛЯ ОПОР АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2012 Фалалеев С.В., Мидюкин В.В., Тисарев А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет (национальный исследовательский университет), Самара

## THE PROBLEMS DEVELOPMENT OF THE SEALS FOR AIRCRAFT ENGINE

© 2012 FalaleevS.V., MidyukinV.V., TisyarevA.Y.

Design, manufacture and operation of the seals and sealing systems require extensive knowledge. For sealing of aircraft engines to meet high demands. Gas-dynamic and hydrodynamic seals are broad prospects for application in aircraft engines. Key issues: materials, the deformation of rings, the need to create mathematical models of coupled processes. This article describes the principle of work and the approach to the design of mechanical seals with gas and liquid lubricant. Shows the characteristic pattern of pressure distribution in the gap of both types of seals.

Конструирование, изготовление и эксплуатация уплотнений и уплотнительных систем требует обширных знаний. Процессы в

уплотнительных щелях определяются свойствами жидкостей и газов, теплопередачей и теплоотдачей, фазовыми изменениями, изнашиванием и коррозией,

воздействием на подвижные части уплотнений сил и моментов, вибрационным состоянием и т.д. Разработка новых двигателей сдерживается отсутствием доведенных высокоресурсных уплотнительных узлов, которые были бы работоспособны и в более жестких условиях эксплуатации. Конструирование и применение уплотнений в двигателях требует учета многих факторов, которые обычно не являются критическими для других областей техники.

Уплотнения ДЛА должны обеспечивать:

- заданную герметичность соединения в течение всего ресурса;

- минимально возможные трение, изнашивание и тепловыделение (при этом необходимо исключить возможность взаимодействия продуктов изнашивания с уплотняемыми рабочими телами);

- функционирование узла после длительного хранения;

- работоспособность при взаимных осевых и радиальных перемещениях деталей статора и ротора во время работы ДЛА;

- технологичность изготовления и сборки элементов ДЛА.

Уплотнения опор работают в условиях значительных перепадов давления и температуры, что вызывает повышенные силовые и температурные деформации уплотнительных колец. Существенным фактором, влияющим на работу изделия, также является многорежимность двигателя. Уплотнения должны обеспечивать надёжную работу двигателя на всех режимах его работы.

Постоянно повышающиеся требования к надежности, герметичности и весу уплотнений вызывают интерес к торцовым уплотнениям с газовой или жидкостной смазкой. Правильно спроектированное такое уплотнение должно работать без изнашиваемости пары трения с меньшей утечкой, чем радиально-торцовое уплотнение. В ряде случаев торцовые бесконтактные уплотнения имеют меньшие утечки, чем торцовые контактные уплотнения. В

особенности при очень высоких скоростях вращения роторов таким уплотнениям не имеется альтернативы. Гарантированная газовая или жидкостная пленка в зазоре торцового уплотнения создаётся с помощью микроканалов.

Торцовое газодинамическое уплотнение состоит из вращающегося твердосплавного кольца, закрепленного на валу, и аксиально-подвижного углеграфитового кольца, размещенного внутри корпуса, предварительное поджатие которых осуществляется пружинами. На вращающемся кольце имеется напорный участок, на котором выполнены спиральные канавки, а также уплотнительный кольцевой пояс, отделяющий полость высокого давления от полости низкого давления. В качестве вторичных уплотнений обычно используются резиновые уплотнительные кольца. Торцовое газодинамическое уплотнение работает по принципу уравнивания газостатических и газодинамических сил, действующих на аксиально-подвижное и вращающееся кольцо.

При стоянке под действием газостатических сил и сил предварительного сжатия пружин уплотнительные кольца прижаты друг к другу. При этом утечки газа через уплотнение не происходит. Однако выбором геометрии уплотнительных колец можно обеспечить величину зазора, при котором уплотнение будет обладать допустимыми утечками и пониженной мощностью трения при запуске двигателя. При вращении вала газ поступает в сужающиеся спиральные канавки и, встречая сопротивление уплотнительного пояса, сжимается, образуя зоны повышенного давления. Давление в торцовой щели повышается, в результате чего аксиально-подвижное кольцо отодвигается от вращающегося кольца, образуя гарантированный зазор 0,002мм ... 0,005мм. Таким образом, во время работы поверхности уплотнительных колец не контактируют друг с другом.

Торцовое гидродинамическое уплотнение имеет такой же принцип работы. На вращающемся кольце этого

уплотнения выполнено восемь микроканалов сложной формы.

Основные технические проблемы использования перспективных торцовых уплотнений в авиационных двигателях связаны с материалами. Особенно важным является выбор материала для вторичного уплотнения. Из-за высокой температуры необходимо применение специальных эластомеров или эластичного графита.

При проектировании уплотнительного узла двигателя основной задачей является определение гидродинамических характеристик слоя смазки в зазоре при наличии микроканалов произвольной формы. Для расчёта характеристик торцового газостатического и торцового гидродинамического уплотнений с микроканавками были разработаны математические модели, основанные на применении метода конечных объёмов.

Также разработано программное обеспечение, которое позволяет получать основные характеристики уплотнения с учётом сложной формы зазора. Проведённые исследования показали, что для определения равновесного состояния колец пары трения необходимо использование не менее двух вычислительных циклов: сначала

определяются предварительные характеристики уплотнения, далее из решения теплопрочностной задачи находятся уточненные характеристики уплотнения. Чередование зон повышенного и пониженного давлений в окружном направлении приводит к возникновению волнистости уплотнительных поверхностей.

Совместная теплопрочностная задача решается последовательно. Сначала находится распределение температуры, после чего, используя решение тепловой задачи, рассчитываются деформации колец пары трения.

Торцовые уплотнения с газовой и жидкостной смазкой являются перспективными для опор ГТД. Разработанная теория позволяет проектировать и доводить уплотнения с микроканавками расчётным или расчётно-экспериментальным методом. Благодаря этому резко сокращаются затраты времени и материальных средств на отработку уплотнений и, соответственно, изделий. Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления правительства РФ №218 от 09.04.2010.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОЛАЗЕРНОГО РАСКРОЯ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ОБШИВОК ФЮЗЕЛЯЖА**

© 2012 Физулаков Р.А., Бреев С.В.

Открытое акционерное общество «Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение имени Ю.А.Гагарина», Комсомольск-на-Амуре.

## **APPLICATION GAZOLASER CUTTING THE POLYMERIC COATING OF SKIN**

© 2012 Fizulakov R.A., Breev S.V.

Main principles and know-how of introduction of original idea of use of laser radiation for nesting pattern sheeting before dimensional chemical etching are stated. The basic advantages of the given method are brought, the complexities arising at its use are noted and significant economic benefit is shown.

Конструкция обшивок фюзеляжа гражданских самолетов представляет собой тонкую формообразованную листовую деталь с большим числом

карманов. Такая особенность конструкции, обусловленная ограничением массы воздушного судна, делает невозможным обработку карманов традиционным