

ИССЛЕДОВАНИЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ, ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, В КАЧЕСТВЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ОПОР РОТОРОВ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Зубко А. И., Донцов С. Н.

ОКБ им. А. Льюльки филиал «ОАО УМПО», г. Москва, Россия

Необходимость улучшения тактико-технических характеристик летательных аппаратов требует от разработчиков силовых установок достигать все более высоких значений газодинамических параметров рабочего цикла двигателя. Это возможно за счет уменьшения аэродинамического сопротивления элементов газоздушного тракта, путем уменьшения количества рабочих ступеней лопаточных машин и более совершенным профилированием их элементов, а так же увеличением рабочих частот вращения роторов и т. д.

Но при более высоких оборотах роторов резко увеличиваются нагрузки на все детали двигателя, особенно роторных систем. Нагрузки носят переменный характер по величине, интенсивности и частоте воздействия приложенных сил. И как следствие - подшипники опор роторов оказываются в очень сложных рабочих условиях, что значительно сокращает их ресурс.

Уже сегодня, на серийно выпускаемых двигателях, долговечность подшипников подходит к своему верхнему пределу. Это не позволяет использовать существующие конструкции подшипниковых опор роторов в перспективных двигателях.

Из этой ситуации можно выйти несколькими способами – увеличением качества изготовления подшипников качения, или применением подшипников других типов.

Работы по совершенствованию подшипников качения ведутся по различным направлениям уже не один год, но реальных результатов значительного увеличения их работоспособности пока не отмечено. Виною этому многие проблемы – начиная с качества изготовления материалов для изготовления деталей подшипников качения, и заканчивая технологическими возможностями производства не позволяющими достичь требуемых результатов.

В настоящее время появились новые керамические материалы, которые позволяют при их использовании для изготовления подшипников скольжения, резко уменьшить коэффициент трения в рабочей паре и получить величину потерь близкую к подшипникам качения. Таким образом, применение подшипников скольжения позволяет получить более высокие результаты при оценке механизма (ГТД) в целом.

Сравнения значения показателей характеризующих свойства материалов, традиционно используемых для подшипников скольжения (чугун, бронза, баббиты, капрон и т. д.), и керамики нового поколения, можно отметить, что у последних - более высокие твердость и коэффициент теплопередачи, меньший удельный вес, коэффициент термического расширения близкий к стали, и самое важное - значительно более низкий коэффициент трения.

Варьируя исходным составом, а, следовательно, и свойствами изготавливаемых керамических материалов, можно добиться получения не только работоспособных в условиях ГТД, керамических подшипников скольжения, но и получить рабочие характеристики лучшие, чем у металлических и гибридных подшипников качения.

В частности, у них более широкий рабочий температурный диапазон

(ограничивается характеристиками смазывающих материалов), виброустойчивость, химическая стойкость к различным агрессивным средам, бесшумность в работе, сохранение работоспособности с недостаточным количеством смазки или с полным ее отсутствием, а отказ подшипника наступает постепенно и поэтому легко диагностируется на начальных стадиях развития.

Керамические конструкционные материалы дают возможность изготавливать деталь из нескольких слоев с разными свойствами, что позволяет интегрировать подшипник в узлы и сборочные единицы отдельных модулей газотурбинных двигателей. Для примера приведен фрагмент образца многослойной конструкционной панели разработанной фирмой «Диапром» (город Москва). Каждый из слоев имеет свои, заданные разработчиком конструкции уникальные свойства. Такое решение, за счет использования изменения характеристик материалов в зависимости от величины напряжений в каждом сечении, позволяет значительно уменьшить весовые характеристики деталей при улучшении прочностных свойств детали в целом.

Но подшипники скольжения имеют и недостатки, которые необходимо учитывать для комплексной оценки всех факторов при принятии решения об использовании в конструкции подшипников скольжения:

- это повышенные требования к перекосу осей деталей подшипника;
- не полностью исследованные склонности к автоколебаниям на некоторых режимах работы двигателя и подшипника.

Для оценки возможности реализации в конструкции опор роторов ГТД керамических подшипников скольжения из керамических материалов нового поколения, специалистами ОКБ им. А. М. Люльки были разработаны и испытаны варианты керамических подшипников скольжения.

В качестве одного из критериев для сравнения подшипников был выбран расчетный коэффициент потерь в рабочей паре.

Для контроля технического состояния рабочих деталей испытываемого подшипника во время испытаний, были применены средства вибродиагностики. В частности использовались спектральный и орбитальный виды анализа вибрации и контроль изменения СКЗ вибрации в различных диапазонах частот.

Вывод: Созданная конструкция не только не уступает, но и по некоторым параметрам превосходит характеристики исследовавшихся ранее при таких же условиях и на этом же стенде аналогичных металлических роликовых подшипников качения и работоспособна в условиях МРП ГТД.

Конструкция керамического высокоскоростного авиационного подшипника скольжения нового поколения подтвердила работоспособность в условиях нагрузок опоры ротора ГТД при уменьшенных расходах в 10 и более раз в сравнении с подшипниками качения.