

УДК 539.374.02-574.4

А.А. ГРИГОРЬЕВ, А.А. ЛЕЖНЕВА

Пермский государственный технический университет, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Разработана технология применения термомеханического соединения на основе материала, обладающего эффектом «памяти формы» для оперативного восстановления герметичности корпусных деталей ГТД при сквозных пробоях в условиях эксплуатации или заделки технологических отверстий при производстве авиационной техники. Предложена методика расчета оптимальных параметров термомеханического соединения.

эффект памяти формы, термомеханическое соединение, оперативное восстановление

Введение

Разработка способа оперативного восстановления поврежденных элементов авиационной техники является актуальной научно-практической задачей. Ремонт таких элементов обычно осуществляется заменой конструкционной детали, что не всегда приемлемо из-за отсутствия запасной части в эксплуатирующей организации или на месте вынужденной посадки ЛА.

При изготовлении ряда узлов авиационных двигателей (блоки топливной автоматики, насосы и т.п.) возникает необходимость заделки технологических отверстий резьбовыми и гладкими пробками с применением клеевых составов. Так как эти узлы работают в условиях широкого диапазона температур рабочего тела и жестких вибраций, то нередко случаи ослабления и выпадения таких пробок.

Формулирование проблемы. На сегодняшний день не известны технологии оперативного восстановления герметичности поврежденных корпусных деталей авиационных двигателей в полевых условиях, а так же существует проблема заделки технологических отверстий на некоторых узлах ГТД при их производстве.

Решение проблемы

Использование ремонтного узла, содержащего заглушку из материала, обладающего эффектом «памяти формы» (ЭПФ), дает возможность решить

обозначенную выше проблему. Преимуществами использования при этом материалов с ЭПФ являются высокая надежность создаваемого термомеханического соединения (ТМС), простота механической обработки материала и сборки (исключается использование высокотемпературной сварки), а также относительно низкая себестоимость.

Ремонт осуществляется следующим образом. Повреждение корпусной детали в виде пробоины обрабатывается специальными фрезами до получения круглого отверстия определенного типа-размера, в которое непосредственно или через промежуточную втулку вставляется сферически деформированная круглая пластинка из материала с ЭПФ.

Затем заглушка нагревается до температуры, при которой происходит «возврат» ее первоначальной плоской формы, при этом заглушка деформирует либо промежуточную втулку, либо кромки отверстия, образуя прочное ТМС с натягом. Так как напряжения возврата у материалов с ЭПФ соизмеримы с пределом прочности самого материала заглушки, то обеспечивается надежное восстановление герметичности и прочности ремонтируемой детали. Схема и этапы формирования ТМС показаны на рис. 1, 2.

Для рационального использования сплавов с ЭПФ необходимо правильно учитывать их свойства, в первую очередь, развиваемое рабочее реактивное напряжение, полезную деформацию, температуры структурных превращений. С этой точки зрения

наибольшие преимущества имеют конструкционные материалы на основе никелида титана.

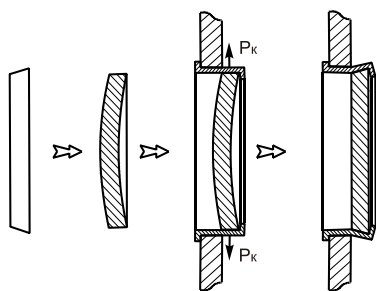


Рис. 1. ТМС с промежуточной втулкой

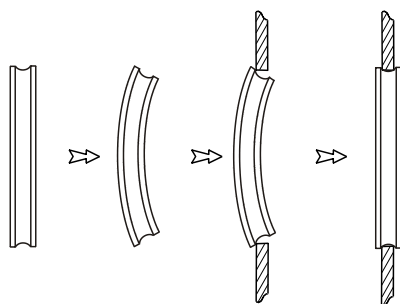


Рис. 2. ТМС для тонкостенных участков

Задача по выбору оптимальных параметров описанных выше ТМС, решена на основе расчета его напряженно-деформированного состояния с учетом реального поведения материалов.

Для обеспечения герметизации ТМС заглушка-втулка необходимо знать максимальную величину контактного давления p_K , действующего в сборке на диск и кольцо и возникающего при возврате диска (заглушки) в первоначальное плоское недеформированное состояние, и препятствующее этому возврату деформирование втулки (кольца). Известно, что материалы с ЭПФ в процессе формовосстановления генерируют напряжения термомеханического возврата (реактивные напряжения), которые зависят от природы материала, величины предварительного деформирования и жесткости противодействия. Во все известные методики расчета ТМС заложен следующий принцип. Сплав с ЭПФ генерирует напряжения такой величины, которые возникли бы при деформации материала, диаграмма которого совпадает с нелинейной зависимостью реактивных напряжений от деформации в виде $\sigma_R = f(\varepsilon)$. Подобный подход справедлив для случая простого или осесимметричного нагружения, когда направление

рабочего усилия совпадает с направлением предварительной деформации рассматриваемого элемента из материала с ЭПФ. В данном случае необходимо получить заданную величину рабочего усилия, не совпадающего по направлению с предварительным деформированием элемента.

Для определения величины контактного давления в соединении втулка-заглушка при решении краевой задачи деформирования численным методом конечных элементов использован итерационный метод переменных параметров упругости, позволяющий свести исходную физически нелинейную краевую задачу к последовательности линейных краевых задач с модулем упругости материала, рассчитанном на предыдущей итерационной процедуре по диаграмме зависимости напряжения - деформации, полученной экспериментально для данного материала.

Заключение

Проведенный расчет позволяет решить задачу выбора оптимальных геометрических параметров соединения (при заданном радиусе заглушки определить необходимую ее толщину, следовательно, высоту втулки и толщину ее стенки).

Таким образом, создана инженерная методика выбора оптимальных параметров ТМС для оперативного восстановления корпусных деталей ГТД.

Литература

1. Сплавы с эффектом памяти формы / Под ред. Х. Фунакобо. – М., 1990. – 235 с.
2. Лихачев В.А. Компьютерное конструирование материалов с ЭПФ // Известия вузов. Физика. – 1995. – № 11. – С. 52-64.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М., 1979. – 392 с.
4. Эффект памяти формы в сплавах / Под ред. В.А. Займовского. – М., 1979. – 450 с.

Поступила в редакцию 30.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.В. Бульбович, Пермский государственный технический университет, Пермь.