

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 нередки 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.

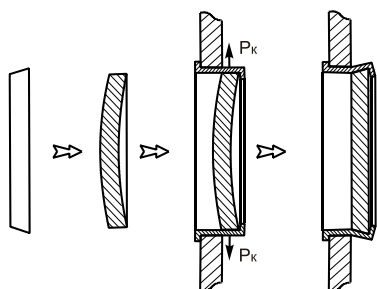


Рис. 1. ТМС с промежуточной втулкой

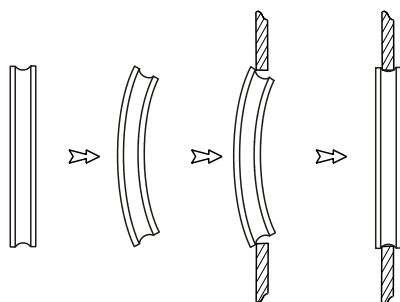


Рис. 2. ТМС для тонкостенных участков

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.