

Второй подход позволяет более полно осуществить моделирование взаимного влияния узлов газогенератора. Поскольку все процессы рассчитываются одновременно и моделируется в одной расчётной зоне, возможно определение совместной работы всех узлов газогенератора без дополнительных настроек решателя. Недостатком этого подхода является необходимость однородного задания состава рабочего тела и параметров моделирования, приводящая к неоправданному увеличению «расчётного веса» задачи. В данной постановке «тяжелая» задача может быть облегчена применением более грубой расчётной сетки, более простых моделей турбулентности и горения и использованием стационарных расчётов.

Таким образом первый подход видится более предпочтительным, поскольку позволяет путём более рационального моделирования достичь большей точности моделирования на тех же самых вычислительных ресурсах. Основным недостатком данного подхода является одностороннее влияние предыдущего расчёта на последующий, поскольку расчёты идут друг за другом, и как следствие получают расхождения по значениям основных интегральных параметров потока (массовый расход, полная температура и давление) на границах расчётных зон. Это расхождение можно сократить, введя учёт взаимовлияния узлов газогенератора путём

проведением итерационной коррекции граничных условий на основании серии расчётов. Для автоматизации этого процесса могут применяться программные сценарии.

Независимо от выбранного варианта моделирования при расчёте газогенератора необходимо определение основных «внешних» граничных условий: частоты вращения ротора, расхода топлива, среднего значения температуры перед турбиной, а также «программы регулирования» газогенератора. Поскольку неизменным условием моделирования является согласованность работы элементов газогенератора, то при адекватном моделировании должно быть обеспечено равенство мощностей турбины и компрессора. Возникшее рассогласование может оставаться без внимания (принимается за расчётную ошибку), либо должно компенсироваться управляющим воздействием: изменением частоты вращения ротора при сохранении режима работы КС или изменением количества подаваемого в КС топлива при сохранении частоты вращения ротора.

Таким образом, в настоящее время могут быть применены два варианта CFD-моделирования газогенератора с целью его газодинамической доводки. Выбор того или иного подхода зависит от требуемой точности расчёта, имеющихся в распоряжении вычислительных мощностей и времени на подготовку расчёта.

УДК 621.892

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛОПАТОК АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2012 Кротинов Н.Б.

Самарский государственный технический университет, Самара

OUTLOOK OF THERMOPLASTIC STRENGTHENING OF BLADES AIRCRAFT GAS TURBINE ENGINES

© 2012 Krotinov N.B.

SGTU, Samara

This paper is concerned with the technology, what make possible to increase fatigue resistance and reliability of turbine engines blades.

Основным элементом, во многом определяющим ресурс газотурбинного двигателя (ГТД) самолёта, является лопатка. От её долговечности и надёжности зависят не только межремонтные сроки эксплуатации, но и жизни людей.

С целью обеспечения усталостной прочности и долговечности, лопатки ГТД на финишной стадии производства упрочняются различными способами поверхностного пластического деформирования (ППД). Наряду с этими способами существует и термопластическое упрочнение (ТПУ) [1], характерной особенностью которого является формирование благоприятных сжимающих остаточных напряжений приблизительно той же величины, что и после ППД, но с гораздо большей релаксационной устойчивостью.

ТПУ воздействует на поверхность стрессом от резкого перепада температур, схожим с закалкой. Однако в отличие от последней, структура и фаза материала не изменяются. Кроме того, напряжения, возникающие при этом, являются не побочным, требующим операции отпуска, явлением, а положительным фактором, увеличивающим усталостную прочность.

Термопластическое упрочнение апробировано на лопатках ГТД различных типов и конструкций, обеспечив значительное преимущество по сравнению с самыми эффективными способами ППД. Например, ультразвуковое упрочнение свободными шариками (УЗУ) способно формировать сжимающие остаточные напряжения на уровне $\sigma_z^{\text{res}}=600$ МПа, обеспечивая прирост предела усталостной прочности ремонтных лопаток первой

ступени ГТД (материал ЭИ893) на 57% по сравнению с неупрочнёнными, тогда как ТПУ при тех же $\sigma_z^{\text{res}}=600$ МПа увеличило этот предел на 100%. Но более важным является не первоначальное значение остаточных напряжений и предела усталостной прочности, а их устойчивость в процессе эксплуатации двигателя: воздействие высоких температур и различного вида нагрузок приводят к ослаблению (релаксации) напряжённо-деформированного поля. Например, те же лопатки, обработанные УЗУ, через 10 тыс. часов эксплуатации показали снижение предела выносливости с 220 до 140 МПа, а обработанные ТПУ – с 270 до 260 МПа.

Следует отметить, что вышеприведённые данные были получены в процессе испытаний газотурбинных двигателей, используемых на газоперекачивающих станциях, то есть «на земле». Настороженное отношение к ТПУ, как к методу, достойному применения при производстве лопаток и для авиационных двигателей, вполне понятно. Однако перспективы для ТПУ и в этой области высоки. Производителям ГТД стоит внимательнее присмотреться и убедиться в высокой надёжности этого метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Термопластическое упрочнение – резерв повышения прочности и надёжности деталей машин: Монография / Б.А. Кравченко и др. – Самара: Самарский ГТУ, 2000. – 216 с.

УДК 621.892

ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ЛОПАТОК ГТД СМЕСЬЮ ШАРИКОВ И МИКРОШАРИКОВ С ПОДОГРЕВОМ

© 2012 В.Г. Круцило

Самарский государственный технический университет, Самара