

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ УПРОЧНЕНИЯ КРОМОК СКВОЗНЫМ НАКЛЁПОМ

©2016 А.С. Букатый, В.В. Алёшкин, Н.А. Сургутанов, К.Ф. Матвеева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE INVESTIGATION OF GTE COMPRESSOR BLADES TECHNOLOGICAL RESIDUAL DEFORMATIONS AFTER HARDENING OF EDGES BY STRAIGHT-THROUGH PEENING

Bukaty A.S., Alyoshkin V.V., Surgutanov N.A., Matveeva K.F. (Samara national research university, Samara, Russian Federation)

The carried out methods of technological residual deformations prediction let define hardening regimes ensuring the fatigue resistance increase and GTE blades geometric accuracy.

Дробеструйная обработка в настоящее время является наиболее распространённым методом поверхностного пластического деформирования (ППД) упрочнения лопаток, позволяющим значительно повысить сопротивление усталости. Однако при попадании инородных тел в проточную часть двигателя в кромках лопаток образуются забоины глубиной до 3 мм и более, приводящие к снижению долговечности и разрушению пера лопатки. Повышение показателей долговечности в условиях образования забоин в кромках лопаток компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) обеспечивается применением сквозного наклёпа кромки выглаживанием шариком или роликом. Данный метод является относительно новым методом упрочняющей обработки, которому посвящены исследования отечественных и зарубежных учёных [1, 2]. Внедрение данного метода упрочнения в производство осложнено рядом факторов, одним из которых является изменение геометрических размеров и формы лопатки после упрочнения. Высокий уровень остаточных напряжений (ОН) от традиционной упрочняющей обработки микрошариками дополняется остаточными напряжениями в кромках лопаток. При этом ширина наклёпанной зоны может достигать до 10 мм от края кромки. Результирующее напряжённо-деформированное состояние лопатки с остаточными напряжениями может привести к большим остаточным деформациям, превышающим технологические допуски. С целью назначения режимов упрочняющей обработки методами ППД разработана методика [3]. Применение

методики к лопатке компрессора ГТД привело к необходимости разработки модели (рис. 1), позволяющей прогнозировать остаточные деформации лопатки при различных уровнях и зонах формирования остаточных напряжений в поверхностном слое пера и в кромках.

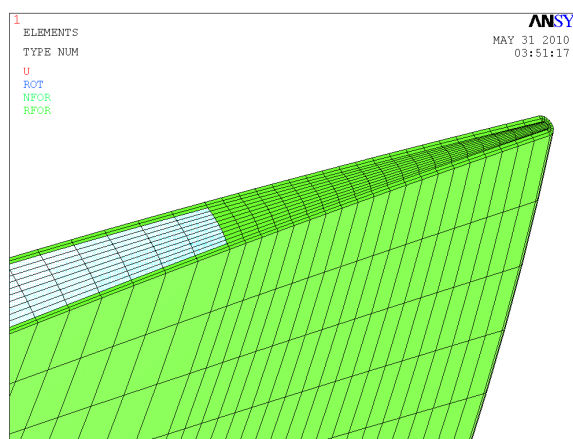


Рис. 1. Конечно-элементная модель лопатки в области кромки

Остаточные напряжения моделируются в поверхностном слое a , толщина которого составляет 0,05 – 1,00 мм. В настоящей работе для расчётов использовался программный пакет ANSYS 11. Модель компрессорной лопатки разрабатывалась в системе Unigraphics. Кромки модели лопатки разделялись на объёмы, представляющие собой упрочнённый поверхностный слой и основной материал кромки. Объёмы выделялись с приращением по длине 1 мм от края кромки. Построенная модель обладает универсальностью с точки зрения оптимизации процессов дробеструйного упрочнения микрошариками и сквозного наклёпа кромки, так как позволяет моделировать остаточные деформации

лопатки от совместного действия указанных методов упрочняющей обработки, и при этом варьировать зоны приложения и уровни остаточных напряжений.

Моделирование ОН осуществлялось на основе использования начальных напряжений, которые определяются расчётно-экспериментальным методом [4]. Для моделирования сквозного наклёпа кромок использованы эпюры ОН с глубиной залегания ~0,9 мм, приведённые в работе [1]. Расчётному прогнозированию подвергались следующие параметры лопатки: максимальные прогиб пера, разворот концевого поперечного сечения относительно корневого сечения и удлинение лопатки. Результаты расчётов различных режимов упрочняющей обработки на лопатке с длиной пера 120 мм показали, что при одинаковом сквозном упрочнении только одних кромок уже возникают существенные деформации, превышающие технологические допуски.

При загрузке эквивалентных начальных напряжений 400 МПа, рассчитанных по остаточным напряжениям согласно методике [4], при ширине наклёпанных кромок 6 мм прогиб пера лопатки составил 2,20 мм, разворот поперечного сечения пера 0,57 град, удлинение 0,34 мм. При дополнительном упрочнении дробеструйной обработкой всей поверхности пера деформации лопатки увеличиваются до 2,23 мм, 0,57 град и 0,38 мм, соответственно. Полученные

результаты более чем в 2 раза превышают технологические допуски, следовательно, при назначении режимов упрочнения необходимо учитывать возможные деформации лопаток и регулировать уровень ОН.

Библиографический список

1. Ножницкий Ю.А., Фишгойт А.В., Ткаченко Р.И., Теплова С.В. Разработка и применение новых методов упрочнения деталей ГТД, основанных на пластическом деформировании поверхностных слоёв. / Вестник двигателестроения. 2006. № 2. С. 8-16.
2. Prevéy P.S., Jayaraman N., Shepard M.J. Improved HCF Performance and FOD Tolerance of Surface Treated Ti-6-2-4-6 Compressor Blades. [Электронный документ] // 9th National Turbine Engine High Cycle Fatigue Conference. 2004. P. 10.
3. Букатый А.С. Назначение оптимальных режимов упрочнения деталей ГТД с учётом геометрии упрочняемых деталей. // 7-я междунар. конф. «Авиация и космонавтика–2008»: Тезисы докл. – М.: изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. С. 68.
4. Букатый С.А., Букатый А.С. Энергетический метод определения рациональных режимов упрочнения тонкостенных и маложёстких деталей ГТД поверхностным пластическим деформированием. / Авиационно-космическая техника и технология. 2009. – № 10 (67). С. 45-49.

УДК 621.787.539.319

ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ШЛИЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ

©2016 В.С. Вакулюк, А.П. Морозов, В.В. Алёшкин, Л.В. Денисов, Д.В. Анохин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE INFLUENCE OF RESIDUAL STRESSES ON THE FATIGUE RESISTANCE OF SPLINED PARTS

Vakulyuk V.S., Morozov A.P., Alyoshkin V.V., Denisov L.V., Anokhin D.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The influences of various versions of splined parts manufacture technology on the endurance limit under torsion have been examined. It's been established that the influence evaluation can be made by the average integral residual stresses criterion in the dangerous section of spline tooth.

Изучалось влияние технологии изготовления полых шлицевых деталей из сталей 12Х2Н4А и 30ХГСА на остаточные напряжения и сопротивление многоциклового

усталости. Все детали имели 24 зуба, модуль $m = 1$ мм и изготавливались по стандартной технологии, принятой в авиационном двигателестроении (табл. 1).