

Применение консервативного подхода в практических задачах.

При проведении работ по снятию ограничений назначенного ресурса дефлектора диска турбины высокого давления (ТВД) одного из реальных двигателей по результатам фрактографических исследований изломов дефлектора, у которого капиллярным (ЛЮМ-1ОВ) контролем были обнаружены свечения, получены для нескольких трещин зависимости шага между бороздками от глубины трещины, имеющие неудовлетворительный разброс на всех исследуемых участках разрезов дефлектора. Повторное выполнение фрактографических исследований не представилось возможным в связи с отсутствием разрезов дефлектора. Таким образом, в сложившейся ситуации применение консервативного подхода при определении РП дефлектора диска ТВД по КБРТ оказалось необходимой мерой.

Заключение. Применение консервативного подхода – вынужденная мера, используемая в случае наличия результатов фрактографических исследований неудовлетворительного качества, либо же их отсутствия.

Список использованных источников

1. «Нормы прочности авиационных газотурбинных двигателей военной авиации». – М.: ЦИАМ, 2005. – 253 с.
2. Методика «Определение долговечности, периодичности инспекций и назначенного ресурса основных деталей ГТД по концепции безопасного развития дефекта». – М.: ЦИАМ, 2005. – 74 с.

УДК 621.787:4

*Н.А. Сургутанов, В.С. Вакулюк, Ю.Н. Сургутанова,
А.А. Прохоров, В.А. Пелевин*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ТРЕЩИНЫ

Введение. При проектировании современных элементов инженерных конструкций, узлов и деталей машин большое внимание уделяется их конструкционной прочности. Под действием внешних нагрузок в процессе эксплуатации в деталях накапливаются дефекты, которые приводят к образованию трещин и последующему нарушению работоспособности деталей. Анализ характера поломок деталей машин показывает,

что большинство из них следует отнести к классу усталостных разрушений деталей, имеющих концентраторы напряжений.

Методика исследования. Основными методами, позволяющими значительно повысить сопротивление усталости в условиях концентрации напряжений, являются применяемые при изготовлении деталей способы упрочняющей технологии, в особенности, широко используемое в современном машиностроении поверхностное пластическое деформирование (ППД).

После ППД в поверхностном слое деталей возникают сжимающие остаточные напряжения, улучшающие свойства поверхностного слоя (повышается его твёрдость, прочность, сопротивление отрыву). В результате ППД происходит существенное повышение сопротивления усталости [1, 2].

В данном исследовании было изучено влияние остаточных напряжений на закономерности изменения коэффициента интенсивности напряжений (КИН) K_I (индекс I обозначает тип разрушения – отрыв) с увеличением глубины трещины. В среде программного продукта ANSYS был проведён расчёт коэффициента интенсивности напряжений K_I для цилиндрических осесимметричных деталей, ослабленных круговым надрезом полукруглого профиля $R = 0,5$ мм. Решалась статическая упругая задача, напряжённое состояние принималось осесимметричным. Исследовалась цилиндрическая деталь длиной $L = 60$ мм, диаметром D и диаметром d в наименьшем сечении (рис.1).

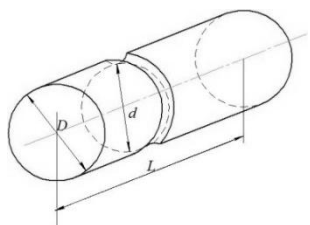


Рис.1. Цилиндрическая деталь с круговым надрезом полукруглого профиля

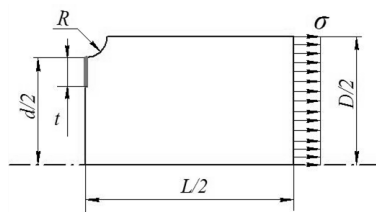


Рис. 2. Цилиндрическая деталь с концентратором

Геометрические параметры исследуемых деталей приведены в табл. 1. В силу симметрии при решении задачи о напряжённом состоянии для уменьшения вычислительных затрат моделировалась четверть детали (рис. 2).

Табл. 1. Геометрические параметры цилиндрических образцов

Образец, №	Радиус надреза R, мм	Длина L, мм	Диаметр D, мм	Диаметр d, мм
1	0,5	60	10	9,0
2			25	24
3			50	49

Конечно-элементная модель разбивалась сеткой конечных элементов типа *Plane 182*. На правом торце задавалась внешняя нагрузка в виде растягивающих напряжений $\sigma = 300$ МПа. При помощи метода термоупругости [3] были введены остаточные напряжения в конечно-элементных моделях цилиндрических деталей и вычислен КИН при увеличении глубины трещины. Толщина упрочнённого слоя принималась равной 0,5 мм и отсчитывалась от дна концентратора. Первоначальная деформация $\varepsilon_0 = 0,001$ принималась на поверхности образца и $\varepsilon_0 = 0$ на толщине 0,5 мм. Полукруглый надрез $R = 0,5$ мм наносился после операции упрочнения.

Графики изменения КИН в зависимости от глубины трещины для цилиндрических образцов с полем остаточных напряжений (упрочнённых образцов) приведены на рис. 3-5.

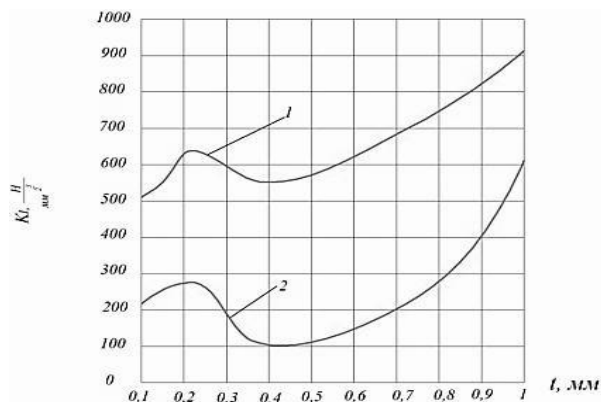


Рис. 3. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в деталях диаметром $D = 10$ мм с надрезом $R = 0,5$ мм: 1 – без упрочнения, 2 – с упрочнением

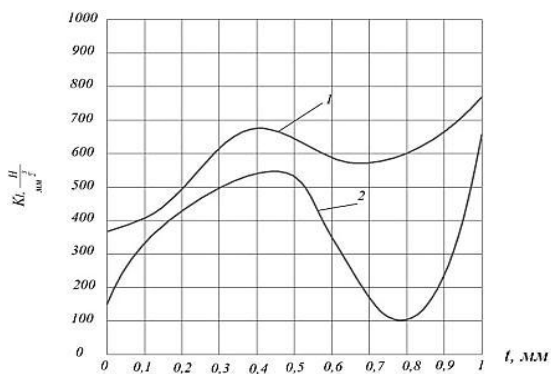


Рис. 4. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в деталях диаметром $D = 25$ мм с надрезом $R = 0,5$ мм: 1 – без упрочнения, 2 – с упрочнением

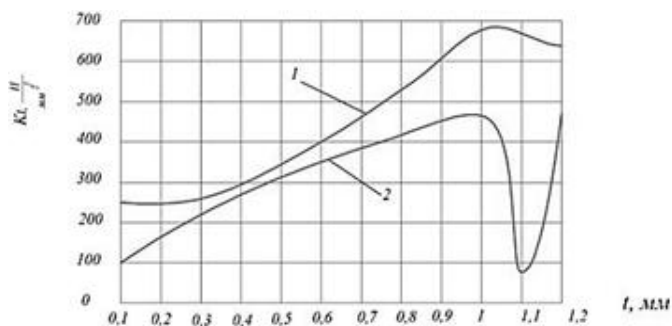


Рис. 5. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в деталях диаметром $D = 50$ мм с надрезом $R = 0,5$ мм: 1 – без упрочнения, 2 – с упрочнением

Закключение. Исследуя результаты, представленные на рис. 3-5, можно заключить, что при наличии сжимающих остаточных напряжений в упрочнённом слое цилиндрических деталей график зависимости КИН на $K_I(t)$ принимает экстремальное значение при достижении глубины трещины $t=0,02 d$, а также резко убывает вблизи этого значения глубины. Явление немонотонного изменения КИН при увеличении глубины уста-

лостной трещины на начальном этапе её роста можно объяснить наличием особой краевой зоны вблизи концентратора напряжений.

Список использованных источников

1. Павлов, В.Ф. Влияние на предел выносливости величины и распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали с концентратором. Сообщение I. Сплошные детали / В. Ф. Павлов. – Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – № 8. – С. 22-25.

2. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.

3. Вакулюк, В.С. Применение метода термоупругости при конечно-элементом моделировании остаточного напряжённого состояния в поверхностно упрочнённых деталях / В.С. Вакулюк, В.П. Сазанов, В.К. Шадрин, Н.Н. Микушев, А.С. Злобин – Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Т.16, № 4. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – С. 168 -174.

УДК 621.787:4

*Н.А. Сургутанов, Ю.Н. Сургутанова, Д.В. Туманов, С.А. Смоленцев,
Н.А. Смышляева*

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА РАЗВИТИЕ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ

Введение. В деталях, подверженных циклическому нагружению, в процессе эксплуатации накапливаются дефекты, которые приводят к образованию трещин и последующему нарушению их работоспособности. Необходимо анализировать рост трещины и не допускать достижения ею критического размера, при котором возможно разрушение конструкции. Для определения критической глубины трещины используется такая характеристика повреждённой нагруженной конструкции, как коэффициент интенсивности напряжений (КИН) [1].

Методика исследований. Для реальной конструкции определение КИН – довольно трудоёмкая задача. КИН является величиной, непре-