

УДК 621.787:539.319

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦА-СВИДЕТЕЛЯ

Сургутанов Н. А., Попков А. А., Шадрин В. К.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В основе использования образцов-свидетелей лежит предположение о том, что обрабатываемые совместно деталь и образец-свидетель при упрочнении получают одинаковые первоначальные деформации. Были проведены исследования результатов испытаний на усталость и результатов экспериментального определения остаточных напряжений цилиндрических образцов (рис. 1) из алюминиевого сплава Д16Т диаметром $D = 10-40$ мм и стали 30ХГСА диаметром $D = 10-15$ мм [1].

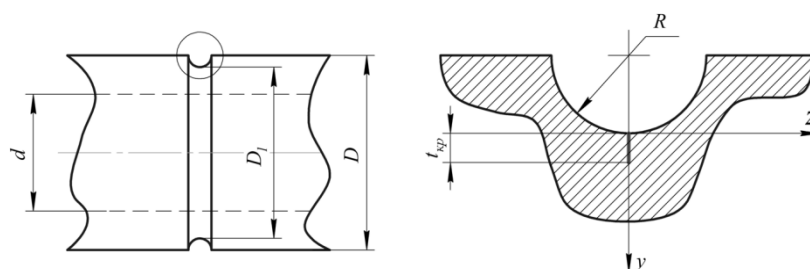


Рис. 1. Цилиндрический образец и нераспространяющаяся трещина усталости

Гладкие образцы до нанесения надрезов подвергались гидродробеструйной обработке (ГДО) в течение 8 минут дробью диаметром 2 мм в среде масла при давлении 0,19 МПа (Д16Т) и 0,28 МПа (сталь 30ХГСА). В качестве образца-свидетеля при проведении исследований вышеуказанных партий образцов использовались цилиндрические втулки с размерами 51,5x45 мм/мм, которые обычно применяются для определения остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя методом колец и полосок.

На неупрочнённые и упрочнённые гладкие образцы перед испытаниями на усталость наносились круговые надрезы полукруглого профиля радиуса $R = 0,3$ мм. Осевые остаточные напряжения по толщине поверхностного слоя наименьшего (опасного) сечения образцов с надрезами определялись аналитическим и численным методами с использованием расчётных распределений остаточных напряжений гладких образцов.

Расчётная часть исследований выполнялась методом конечно-элементного моделирования с использованием комплекса PATRAN/NASTRAN. Конечно-элементные модели в осесимметричном варианте представляли собой четверть сечения образца с наложением соответствующих граничных условий. Для моделирования применялся плоский треугольный элемент типа 2D-Solid с шестью узлами. Моделирование остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя осуществлялось методом термоупругости.

Следующий этап расчёта выполнялся на конечно-элементных моделях исследуемых гладких образцов по первоначальным деформациям образца-свидетеля. Известно, что при оценке приращенного предела выносливости определяющими являются осевые остаточные напряжения [2]. Поэтому сравнение расчётных и

экспериментальных распределений остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя для исследуемых образцов выполнялось по осевому компоненту.

Расхождение по наибольшим значениям сжимающих остаточных напряжений в образцах с надрезами $R = 0,3$ мм, вычисленных по экспериментальным и расчётным распределениям остаточных напряжений гладких образцов, не превышало 8%.

Таким образом, используя результаты определения остаточных напряжений в образцах-свидетелях, представляется возможным прогнозировать предел выносливости поверхностно упрочнённых деталей в условиях концентрации напряжений с приемлемой для многоциклового усталости точностью.

Выводы:

1. Апробированный в настоящем исследовании метод расчёта остаточных напряжений в цилиндрических деталях диаметром 10-40 мм из сплава Д16Т и 10-15 мм из стали 30ХГСА после гидродробеструйной обработки по первоначальным деформациям образца-свидетеля показал, что расхождение между расчётными и экспериментальными значениями остаточных напряжений в гладких деталях не превышает 7%, в деталях с концентраторами – 8%.

2. При оценке влияния упрочнения гидродробеструйной обработкой на многоцикловую усталость при изгибе деталей из сплава Д16Т и стали 30ХГСА с концентраторами установлено, что использование рассчитанных по первоначальным деформациям образца-свидетеля распределений остаточных напряжений позволяет прогнозировать приращение предела выносливости с точностью до 17%.

3. Для прогнозирования предела выносливости поверхностно упрочнённой детали с концентратором напряжений вначале необходимо определить первоначальные деформации образца-свидетеля, обработанного одновременно с упрочняемой деталью. По первоначальным деформациям образца-свидетеля производится расчёт остаточных напряжений в опасном сечении детали, с использованием которых вычисляется приращение предела выносливости поверхностно упрочнённой детали.

Библиографический список

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

2. Иванов, С. И. Влияние остаточных напряжений и наклёпа на усталостную прочность [Текст]/ С. И. Иванов, В. Ф. Павлов // Проблемы прочности. – 1976. – №5. – С. 25-27.