

УДК 621.787:539.319

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Сазанов В. В., Попков А. А., Михалкина С. А.

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

При прогнозировании приращения предела выносливости упрочнённых деталей (образцов) с надрезом используется критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [1] в виде

$$\bar{\sigma}_{ост} = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^1 \frac{\sigma_z(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi,$$

где $\sigma_z(\xi)$ – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении детали с концентратором; $\xi = y/t_{кр}$ – расстояние от дна впадины концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$; $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе поверхностно упрочнённой детали на пределе выносливости.

Приращение предела выносливости при изгибе в случае симметричного цикла $\Delta\sigma_{-1}$ упрочнённой детали с использованием критерия $\bar{\sigma}_{ост}$ определяется по формуле:

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_{\sigma} \cdot |\bar{\sigma}_{ост}|,$$

где $\bar{\psi}_{\sigma}$ – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости по разрушению.

В настоящем исследовании были проанализированы приведённые в работах [2-5] результаты испытаний на усталость при изгибе в случае симметричного цикла сплошных диаметром D и полых диаметром D/d цилиндрических образцов с надрезами радиуса R , упрочнённых различными методами поверхностного пластического деформирования: пневмодробеструйной обработкой, гидродробеструйной обработкой, обкаткой роликом, алмазным выглаживанием и обработкой микрошариками.

Влияние остаточных напряжений, вызванных упрочняющей обработкой, на приращение предела выносливости образцов с надрезом изучалось по значениям коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$. Проанализированы результаты испытаний на усталость 89 партий образцов, средняя величина коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$ для которых составила 0,358.

Для образцов различных диаметров были получены интервальные оценки коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$ и построены доверительные интервалы для его математического ожидания [6] при доверительных вероятностях $p = 0,9$, $p = 0,95$ и $p = 0,99$. Доверительные интервалы представлены в таблицах 1 и 2.

Из приведённых в таблицах 1 и 2 данных видно, что при различной доверительной вероятности для сплошных образцов доверительные интервалы коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$ меньше, чем для полых образцов. Это обстоятельство необходимо учитывать при прогнозировании предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей с концентраторами напряжений.

Таблица 1. Доверительные интервалы коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ для сплошных цилиндрических образцов

D, мм	R, мм	Доверительные интервалы		
		$p = 0,9$	$p = 0,95$	$p = 0,99$
10	0,3	(0,3470;0,3585)	(0,3458;0,3597)	(0,3434;0,3621)
	0,5	(0,3569;0,3991)	(0,3469;0,4091)	(0,3062;0,4498)
15	0,3	(0,3491;0,3754)	(0,34614;0,3784)	(0,3393;0,3852)
25	0,3	(0,3375;0,3735)	(0,3325;0,3785)	(0,3195;0,3915)
	0,5	(0,3263;0,3604)	(0,3182;0,3685)	(0,2854;0,4013)
	1,0	(0,3517;0,3843)	(0,3459;0,3901)	(0,3275;0,4085)
50	0,3	(0,3047;0,3860)	(0,2854;0,4053)	(0,2071;0,4836)
	0,5	(0,3331;0,3899)	(0,3044;0,4186)	(0,0752;0,6478)

Таблица 2. Доверительные интервалы коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ для полых цилиндрических образцов

D, мм	d, мм	R, мм	Доверительные интервалы		
			$p = 0,9$	$p = 0,95$	$p = 0,99$
15	5	0,3	(0,3547;0,3773)	(0,3519;0,3801)	(0,3455;0,3865)
		0,5	(0,3199;0,3927)	(0,3028;0,4099)	(0,2328;0,4867)
15	10	0,3	(0,3430;0,3763)	(0,3385;0,3809)	(0,3264;0,3929)
25	15	0,3	(0,3259;0,3706)	(0,3180;0,3785)	(0,2928;0,4037)
		0,5	(0,3073;0,3841)	(0,2890;0,4023)	(0,2150;0,4764)
		1,0	(0,3491;0,3963)	(0,3379;0,4075)	(0,2928;0,4530)

Библиографический список

1. Павлов, В. Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений [Текст]/ В. Ф. Павлов // Известия вузов: Машиностроение. – 1986. – №8. – С. 29-32.
2. Павлов, В. Ф. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений [Текст]/ В. Ф. Павлов, В. А. Кирпичёв, В. Б. Иванов. – Самара: Издательство СНИЦ РАН, 2008. – 64 с.
3. Павлов, В. Ф. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям [Текст]/ В. Ф. Павлов, А. К. Столяров, В. С. Вакулук, В. А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНИЦ РАН, 2008. – 124 с.
4. Павлов, В. Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям [Текст]/ В. Ф. Павлов, В. А. Кирпичёв, В. С. Вакулук. – Самара: Издательство СНИЦ РАН, 2012. – 125 с.
5. Бордаков, С. А. Формирование остаточных напряжений в поверхностном слое неупрочнённых деталей под действием циклических нагрузок [Текст]/ С.А. Бордаков, Ю.Н. Сургутанова. – Самара: Издательство СНИЦ РАН, 2010 – 127 с.
6. Денискина, Е. А. Статистический анализ данных [Текст]/ Е. А. Денискина, П. Э. Коломиец. – Самара: СГАУ, 2005. – 64 с.