

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ КОНЦЕНТРАТОРА НА МНОГОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ ОБРАЗЦОВ ПРИ ОПЕРЕЖАЮЩЕМ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Павлов В.Ф., Прохоров А.А., Колычев С.А., Селищев П.А., Званчук А.О.
Самарский университет, г. Самара, pavlov.vf@ssau.ru

Ключевые слова: упрочнение, глубина надреза, предел выносливости.

В работе исследовалось влияние глубины надреза полукруглого профиля при опережающем поверхностном пластическом деформировании (ОППД) полых цилиндрических образцов из стали 20 ($\sigma_s = 522$ МПа, $\sigma_T = 395$ МПа, $\delta = 26,1$ %, $\psi = 65,9$ %, $S_k = 1416$ МПа) диаметром 50 мм с отверстием диаметром 40 мм на предел выносливости при поперечном изгибе. Гладкие образцы обкатывались роликом диаметром 60 мм и профильным радиусом 1,6 мм при усилии 0,5 кН (ОР1) и 1,0 кН (ОР2). На неупрочнённые и упрочнённые образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля трёх радиусов: $R = 0,3$ мм, $R = 0,5$ мм, $R = 1,0$ мм.

Остаточные напряжения в гладких упрочнённых образцах определялись методом колец и полосок [1]. Остаточные напряжения в упрочнённых образцах с надрезами определялись как аналитическим методом [2], так и численным методом с использованием программного комплекса Nastran/Patran. В табл. 1 представлены значения остаточных напряжений $\sigma_z^{нов}$ на поверхности надреза. Из приведённых в табл. 1 данных видно, что с увеличением глубины надреза сжимающие остаточные напряжения в опасном сечении образцов с надрезами уменьшаются.

Испытания неупрочнённых и упрочнённых образцов на усталость при поперечном изгибе в случае симметричного цикла осуществлялись на машине УМП-02, база испытаний – $3 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Значения предела выносливости σ_{-1} приведены в табл. 1. Из приведённых в табл. 1 данных видно, что с увеличением глубины надреза при одном и том же режиме упрочнения предел выносливости упрочнённых образцов уменьшается. Это снижение предела выносливости объясняется уменьшением сжимающих остаточных напряжений в наименьшем сечении образцов с увеличением радиуса надреза после ОППД.

Упрочнённые образцы, выстоявшие базу испытаний при напряжении, равном пределу выносливости, испытывались до разрушения при бóльшем напряжении. На изломах таких образцов были выявлены нераспространяющиеся трещины усталости, критическая глубина $t_{кр}$ которых для каждой партии представлена в табл. 1. Необходимо заметить, что выявленные в исследовании величины $t_{кр}$ соответствуют зависимости критической глубины нераспространяющейся трещины усталости от размеров опасного сечения детали, установленной в работе [3].

Таблица 1 – Результаты испытаний на усталость и определения остаточных напряжений

Надрез R , мм	Неупрочн. образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы						
		упрочн. обр-ка	σ_{-1} , МПа	$\sigma_z^{нов}$, МПа	ψ_σ	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
0,3	55	ОР1	92,5	-747	0,050	0,73	-117	0,321
		ОР2	107,5	-861	0,061	0,73	-158	0,332
0,5	60	ОР1	87,5	-311	0,088	0,71	-82	0,335
		ОР2	105	-517	0,087	0,72	-133	0,338
1,0	57,5	ОР1	70	-87	0,144	0,69	-38	0,329
		ОР2	75	-114	0,154	0,68	-52	0,337

Оценка влияния ОППД на приращение предела выносливости образцов проводилась по осевым остаточным напряжениям на поверхности надреза σ_z^{nos} и среднеинтегральным остаточным напряжениям $\bar{\sigma}_{ocm}$ [4], определённым по глубине опасного сечения образцов, равной $t_{кр}$. Из представленных в табл.1 данных видно, что коэффициент влияния ОППД ψ_σ по критерию σ_z^{nos} изменяется в три раза и поэтому не может быть использован при оценке приращения предела выносливости за счёт упрочнения. Коэффициент влияния ОППД $\bar{\psi}_\sigma$ по критерию $\bar{\sigma}_{ocm}$ изменяется в исследовании только в 1,1 раза, поэтому критерий $\bar{\sigma}_{ocm}$ можно рекомендовать для использования на практике.

Список литературы

1. Иванов С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок / Остаточные напряжения. Куйбышев: КуАИ, 1971. Вып. 53. С. 32-42.
2. Иванов С.И., Шатунов М.П., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений на выносливость образцов с надрезом / Вопросы прочности элементов авиационных конструкций. Куйбышев: КуАИ, 1974. Вып. 1. С. 88-95.
3. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. 125 с.
4. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений / Известия вузов. Машиностроение, 1986. № 8. С. 29-32.

Сведения об авторах

Павлов Валентин Фёдорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Прохоров Андрей Александрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Колычев Сергей Александрович, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Селищев Павел Александрович, аспирант кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Званчук Анастасия Олеговна, студентка гр. 2301 Самарского университета. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

THE INFLUENCE OF A CONCENTRATOR DEPTH ON THE MULTICYCLIC FATIGUE OF SPECIMENS UNDER OUTSTRIPPING SUPERFICIAL PLASTIC DEFORMING

Pavlov V.F., Prohorov A.A., Kolychev S.A., Selishchev P.A., Zvanchuk A.O.
Samara University, Samara, Russia, pavlov.vf@ssau.ru

Keywords: hardening, cut depth, endurance limit.

The influence of a concentrator's (cut's) depth on a specimens' endurance limit after outstripping superficial plastic deforming has been examined. It's been stated that the increase of concentrator's depth leads to the decrease of compressive residual stresses in a dangerous section and a specimens' endurance limit decreases consequently.