

ВЛИЯНИЕ ОБКАТКИ РОЛИКОМ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ РАЗЛИЧНОГО РАДИУСА

Павлов В. Ф., Петрова Ю. Н., Чуриков Д. С., Матвеева К. Ф., Катанаева Ю. А.
Самарский университет, г. Самара, pavlov.vf@ssau.ru

Ключевые слова: упрочнение роликом, надрезы различного радиуса, предел выносливости, остаточные напряжения

После поверхностного пластического деформирования (ППД) в поверхностном слое деталей изменяется структура, возникают наклёп и сжимающие остаточные напряжения. Известно [1], что основную роль в повышении сопротивления усталости упрочнённых деталей с концентраторами играют сжимающие остаточные напряжения. Для оценки влияния остаточных напряжений на предел выносливости таких деталей применяются два критерия: осевые остаточные напряжения на поверхности концентратора $\sigma_z^{нов}$ и среднеинтегральные остаточные напряжения $\bar{\sigma}_{ост}$ [2], вычисленные по толщине поверхностного слоя опасного сечения детали, равной критической глубине $t_{кр}$ нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе детали на пределе выносливости.

Гладкие образцы из стали 20 диаметром $D_l = 50$ мм подвергались обкатке роликом диаметром 60 мм и профильным радиусом 1,6 мм при усилиях $P = 0,5$ кН (ОР1) и $P = 1,0$ кН (ОР2) с подачей 0,11 мм/об и скоростью вращения образцов 400 об/мин. Затем на упрочнённые и неупрочнённые гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля радиусов $R = 0,3$ мм, $R = 0,5$ мм и $R = 1,0$ мм.

Осевые σ_z остаточные напряжения в гладких образцах определялись методом колец и полосок [3]. Остаточные напряжения в образцах с надрезами определялись расчётным путём – суммированием дополнительных остаточных напряжений за счёт перераспределения остаточных усилий после опережающего поверхностного пластического деформирования и остаточных напряжений гладких образцов. Значения $\sigma_z^{нов}$ и $\bar{\sigma}_{ост}$ приведены в табл. 1.

Испытания на усталость при изгибе в случае симметричного цикла неупрочнённых и упрочнённых образцов с надрезами проводились на машине УМП-02; база испытаний – $3 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Результаты определения предела выносливости σ_{-1} образцов представлены в табл. 1.

Табл. 1 – Результаты испытаний образцов с надрезами на усталость и определения остаточных напряжений

Концентратор	Неупроч. образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы						
		обработка	σ_{-1} , МПа	$\sigma_z^{нов}$, МПа	ψ_σ	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
надрез $R = 0,3$ мм	87,5	ОР1	117,5	-898	0,033	1,040	-94	0,322
		ОР2	130	-1004	0,042	1,110	-128	0,332
надрез $R = 0,5$ мм	92,5	ОР1	122,5	-396	0,078	1,077	-82	0,366
		ОР2	132,5	-547	0,073	1,024	-112	0,357
надрез $R = 1,0$ мм	92,5	ОР1	110	-126	0,139	1,073	-46	0,380
		ОР2	115	-166	0,136	1,035	-62	0,363

Упрочнённые образцы, выстоявшие базу испытаний при напряжении, равном пределу выносливости, доводились до разрушения при больших напряжениях. На изломах этих образцов были обнаружены нераспространяющиеся трещины усталости, критическая глубина $t_{кр}$ которых приведена в табл. 1.

Оценка влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости образцов по критерию $\sigma_z^{нов}$ приводит к значительному рассеянию соответствующего коэффициента ψ_σ .

Этот коэффициент в проведённом исследовании изменяется в широких пределах: от 0,033 до 0,139 (табл. 1), то есть изменяется в 4,2 раза, что неприемлемо для прогнозирования предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей. Оценка влияния поверхностного упрочнения по второму критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ приводит к существенно меньшему рассеянию соответствующего коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$. Коэффициент $\bar{\psi}_{\sigma}$ в проведённом исследовании изменяется от 0,322 до 0,380, составляя в среднем 0,353.

Таким образом, проведённое исследование показало, что при прогнозировании предела выносливости поверхностно упрочнённых цилиндрических образцов с надрезами различного радиуса наиболее оправдано использование критерия среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$. Для сохранения эффекта упрочнения при опережающем поверхностном пластическом деформировании с увеличением радиуса надреза необходимо увеличивать толщину слоя со сжимающими остаточными напряжениями гладкой заготовки.

Список литературы

1. Иванов С.И., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений и наклёпа на усталостную прочность / Проблемы прочности. 1976. №5. С. 25-27.
2. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений / Известия вузов. Машиностроение. 1986. №8. С. 29-32.
3. Иванов С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок / Остаточные напряжения. Куйбышев: КуАИ, 1971. Вып. 48. С. 179-183.

Сведения об авторах

Павлов Валентин Фёдорович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Петрова Юлия Николаевна, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Чуриков Дмитрий Сергеевич, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Матвеева Карина Фёдоровна, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Катанаева Юлия Александровна, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

ROLLER HARDENING INFLUENCE ON AN ENDURANCE LIMIT OF SPECIMENS WITH CUTS OF VARIOUS RADII

Pavlov V.F., Petrova Yu.N., Churikov D.S., Matveeva K.F., Katanaeva Yu.A.

Samara National Research University, Samara, Russia, pavlov.vf@ssau.ru

Keywords: roller hardening, cuts of various radii, endurance limit, residual stresses

The results of an endurance limit definition for roller hardened specimens of 50 mm diameter made of steel 20 with circular cuts of a semicircular profile of the radii $R = 0,3$ mm, $R = 0,5$ mm and $R = 1,0$ mm are presented. It's been stated that the most exact evaluation of roller hardening influence for specimens with cuts is made by the average integral residual stresses criterion.