

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ
НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16Т**

Сазанов В.П., Шадрин В.К., Письмаров А.В., Денискина Е.А., Прошлецов А.Д.
Самарский университет, г. Самара, sopromat@ssau.ru

Ключевые слова: гидродробеструйная обработка, образец-свидетель, остаточные напряжения, первоначальные деформации, предел выносливости.

Исходными данными для исследования являются результаты испытаний на усталость и результаты экспериментального определения остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя цилиндрических деталей из алюминиевого сплава Д16Т с наружным диаметром $D = 10$ мм, $D = 15$ мм, $D = 25$ мм и $D = 40$ мм [1]. Гладкие детали и образцы-свидетели подвергались гидродробеструйной обработке (ГДО), а затем на них были нанесены круговые надрезы полукруглого профиля радиусом 0,3 мм. В качестве образцов-свидетелей использовались втулки с наружным диаметром 51,5 мм и внутренним 45 мм.

Расчётная часть исследований выполнена методом конечно-элементного моделирования с использованием комплекса PATRAN/NASTRAN [2, 3]. Расчёты проводились в следующей последовательности:

– определение первоначальных деформаций в образце-свидетеле (втулка диаметром 51,5x45 мм);

– расчёт распределения остаточных напряжений в гладких деталях и деталях с надрезами по полученным значениям первоначальных деформаций образца-свидетеля.

Прогнозирование влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости деталей с надрезами при изгибе в случае симметричного цикла $(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$ производилось по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [4, 5]

$$(\Delta\sigma_{-1})_{расч} = \bar{\psi}_{\sigma} |\bar{\sigma}_{ост}|. \quad (1)$$

Коэффициент $\bar{\psi}_{\sigma}$ влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ рассчитывался по зависимости, установленной в работе [1]

$$\bar{\psi}_{\sigma} = 0,612 - 0,081\alpha_{\sigma}, \quad (2)$$

где α_{σ} – теоретический коэффициент концентрации напряжений, который определялся по графикам справочника [6] и представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта и испытаний образцов

D , мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	α_{σ}	$\bar{\psi}_{\sigma}$	$(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$, МПа	$(\Delta\sigma_{-1})_{он}$, МПа	Расхождение, %
10	-208	2,7	0,393	81,6	70	17
15	-166	2,8	0,385	63,8	57,5	11
25	-123	2,9	0,377	46,4	45	3
40	-78	3,1	0,361	28,2	30	6

Далее по формуле (1) вычислялись расчётные значения приращений предела выносливости $(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$ упрочнённых ГДО деталей с надрезами (табл. 1) и сравнивались с опытными значениями $(\Delta\sigma_{-1})_{он}$, приведёнными в работе [1].

Из данных табл. 1 видно, что расхождение между расчётными и опытными значениями приращения предела выносливости не превышает 17%. 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.

Список литературы

1. 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.
2. Сазанов В.П., Чирков А.В., Самойлов В.А., Ларионова Ю.С. Моделирование перераспределения остаточных напряжений в упрочнённых цилиндрических образцах при опережающем поверхностном пластическом деформировании / Вестник СГАУ, 2011. № 3 (27). Ч. 3. С. 171-174.
3. Павлов В.Ф., Столяров А.К., Вакулюк В.С., Кирпичёв В.А. Расчёт остаточных в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям. Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. 124 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.
5. Павлов В.Ф. Влияние на предел выносливости величины и распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали с концентратором. Сообщение I. Сплошные детали / Известия вузов. Машиностроение. 1988. № 8. С. 22-26.
6. Петерсон Р.Е. Коэффициенты концентрации напряжений. М.: Мир, 1977. 304 с.

Сведения об авторах

Сазанов Вячеслав Петрович, к.т.н., без звания, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Шадрин Валентин Карпович, к.т.н., доцент, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Письмаров Андрей Викторович, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Денискина Екатерина Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры высшей математики. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Прошлецов Алексей Дмитриевич, студент гр. 2309. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF HARDENING TREATMENT ON FATIGUE RESISTANCE OF CYLINDRICAL PARTS FROM 2024 ALUMINUM ALLOY

Sazanov V.P., Shadrin V.K., Pismarov A.V., Deniskina E.A., Proshlecov A.D.
Samara University, Samara, Russia, spromat@ssau.ru

Keywords: hydroblasting, witness sample, residual stresses, initial deformations, endurance limit.

In the study, the possibility of assessing the effect of advanced surface plastic deformation by hydro-shot blasting on the endurance limit of cylindrical parts of various diameters (10-40 mm) from the 2024 alloy with circular notches of a semicircular profile was studied based on the results of determining the residual stresses (initial deformations) of the witness sample. It has been established that the highest compressive residual stresses in smooth parts, obtained by calculation, differ from the experimentally determined ones by no more than 7%, and in parts with notches - by 8%. Using the criterion of average integral residual stresses, the increments of the fatigue limit of parts with notches due to surface hardening are determined by the calculation method. The discrepancy between the experimental and calculated values of the increase in the endurance limit of hardened parts with concentrators does not exceed 17%.