

УДК 621.787, 539.319

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА

Письмаров А. В., Пилипив О. М., Филатов А. П.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Одним из важных вопросов механики остаточных напряжений является установление связи между остаточными напряжениями и сопротивлением деталей усталости. Особую значимость эта задача приобрела в связи с широким применением на практике различных методов поверхностного упрочнения, приводящих к существенному увеличению характеристик сопротивления усталости, особенно в условиях концентрации напряжений. Наиболее актуально выявление зависимости сопротивления усталости от остаточных напряжений для деталей с концентраторами, так как разрушение этих деталей происходит, как правило, в местах нарушения призматической формы [1, 2]. У разработчика, как правило, существует достаточно широкий выбор методов поверхностного упрочнения деталей и в связи с этим необходимы методы и критерии оценки их эффективности при выборе в зависимости от целевой функции [2-8].

Объектом исследования являются цилиндрические образцы с надрезами из стали 30ХГСА, подвергнутые поверхностному упрочнению двумя методами: гидродробеструйной обработке (ГДО) и обкатке роликами (ОР). Предмет исследования – остаточные напряжения в поверхностном слое образцов после упрочнения. Цель работы – оценка влияния остаточных напряжений на многоцикловую усталость, а также установление возможности использования разработанных расчётных методик для оценки эффективности поверхностного упрочнения.

Исследования распределения остаточных напряжений в поверхностном слое, а также сопротивления многоциклового усталости цилиндрических образцов выполнены расчётными и экспериментальными методами. Полученные результаты определения пределов выносливости при изгибе в случае симметричного цикла цилиндрических образцов диаметром 10 мм из стали 30ХГСА с надрезами полукруглого профиля радиуса 0,3 мм показали, что упрочнение поверхности обкаткой роликом является более эффективным методом по сравнению с гидродробеструйной обработкой при принятых режимах технологических процессов. При этом приращение предела выносливости относительно неупрочнённых образцов при ОР почти в 2,5 раза выше, чем при ГДО.

Использованный в исследовании метод расчёта показал, что расхождение между расчётными и экспериментальными значениями приращений предела выносливости за счёт упрочнения для цилиндрических образцов с полукруглым надрезом не превышает 9% при ГДО и 4% при ОР. Установлено, что применение расчётно-экспериментальных методов прогнозирования предела выносливости позволит назначать оптимальные по сопротивлению многоциклового усталости режимы и методы поверхностного пластического деформирования деталей сложной формы без проведения испытаний на усталость натурных деталей.

Значения пределов выносливости при изгибе в случае симметричного цикла σ_{-1} , теоретического коэффициента концентрации напряжений α_σ , коэффициента влияния $\bar{\Psi}_\sigma$, среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$, приращений предела

выносливости за счёт упрочнения по результатам эксперимента $(\Delta\sigma_{-1})_{\text{эксп}}$ и расчёта $(\Delta\sigma_{-1})_{\text{расч}}$, глубин нераспространяющихся трещин усталости $t_{кр}$ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний на усталость и определения среднеинтегральных остаточных напряжений

Неупрочнённые образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы							
	упрочняющая обработка	σ_{-1} , МПа	α_{σ}	$\bar{\Psi}_{\sigma}$	$\bar{\sigma}_{\text{ост}}$, МПа	$(\Delta\sigma_{-1})_{\text{эксп}}$, МПа	$(\Delta\sigma_{-1})_{\text{расч}}$, МПа	$t_{кр}$, мм
180	ГДО	270	2,7	0,386	-208	90	82	0,203
	ОР	400	2,7	0,382	-583	220	229	0,203

Таким образом, проведённое исследование показало, что используя критерий среднеинтегральных остаточных напряжений, представляется возможным на этапе проектирования выбирать наиболее эффективный с точки зрения сопротивления усталости метод поверхностного упрочнения деталей.

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. 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.
3. Павлов, В. Ф. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям [Текст] / В. Ф. Павлов, А. К. Столяров, В. С. Вакулюк, В. А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 124 с.
4. Вакулюк, В. С. Сопротивление усталости детали в зависимости от толщины упрочнённого слоя при опережающем поверхностном пластическом деформировании [Текст] / В. С. Вакулюк // Вестник СГАУ. – 2012. – №3(34). – С. 172-176.
5. Кирпичёв, В. А. Прогнозирование предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей при различной степени концентрации напряжений [Текст] / В. А. Кирпичёв, А. С. Букатый, А. П. Филатов, А. В. Чирков // Вестник УГАТУ. – 2011. – Т.15. – №4(44). – С. 81-85.
6. Вакулюк, В. С. Исследование влияния толщины упрочнённого слоя на остаточные напряжения во впадине концентратора методом первоначальных деформаций [Текст] / В. С. Вакулюк // Вестник СамГТУ. Сер.: физ.-мат. науки. – 2010. – №1 (20). – С. 222-225.
7. Иванов, С. И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок [Текст] / С. И. Иванов // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ. – 1971. – Вып. 53. – С. 32-42.
8. Сазанов, В. П. Моделирование перераспределения остаточных напряжений в упрочнённых цилиндрических образцах при опережающем поверхностном пластическом деформировании [Текст] / В. П. Сазанов, А. В. Чирков, В. А. Самойлов, Ю. С. Ларионова // Вестник СГАУ. – 2011. – №3(27). Ч. 3. – С. 171-174.