

ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЕЙ

©2018 В.Ф. Павлов, В.С. Вакулюк, В.К. Шадрин, О.Ю. Семёнова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

ON THE EVALUATION OF THE RESIDUAL STRESSES INFLUENCE ON THE ENDURANCE LIMIT OF PARTS UNDER STRESS CONCENTRATION CONDITIONS

Pavlov V.F., Vakulyuk V.S., Shadrin V.K., Semyonova O.Yu. (Samara National Research University,
Samara, Russian Federation)

It's been stated that the average integral residual stresses criterion reflects well the relation between residual stresses and the endurance limit increase of hardened parts in all studied cases.

Для оценки влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости деталей в работе [1] на основании решения задачи [2] о дополнительных остаточных напряжениях в наименьшем сечении поверхностно упрочнённой детали после нанесения на неё надреза полуэллиптического профиля был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений в виде

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

где $\sigma_z(\xi)$ – осевые остаточные напряжения по толщине a опасного сечения детали, $\xi = a/t_{кр}$ – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$, $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе детали на пределе выносливости.

Приращение предела выносливости $\Delta P_R(\Delta\sigma_R, \Delta\tau_R)$ упрочнённой детали с концентратором напряжений при использовании критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ определяется по следующей формуле:

$$\Delta P_R = \bar{\psi}_p \cdot |\bar{\sigma}_{ocm}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_p(\bar{\psi}_\sigma, \bar{\psi}_\tau)$ – коэффициент влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{ocm}$.

По результатам большого числа экспериментов, проведённых в НИЛ-31 и на кафедре сопротивления материалов Самарского университета [3], установлено:

– при различных методах поверхностного упрочнения, степенях наклёпа, размерах и формах концентраторов, асимметриях цикла напряжений для оценки предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей с концентраторами напряжений обосновано использование критерия среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$, вычисляемых по толщине поверхностного слоя опасного сечения, равной критической глубине нераспространяющейся трещины усталости $t_{кр}$;

– критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости $t_{кр}$ в опасном сечении упрочнённых деталей с концентраторами напряжений определяется только размерами опасного поперечного сечения и не зависит от вида поверхностного упрочнения, материала, последовательности изготовления и упрочнения концентратора, наклёпа, типа и размеров концентратора, величины сжимающих остаточных напряжений, типа деформации и асимметрии цикла напряжений;

– коэффициент $\bar{\psi}_p$ влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ зависит от типа деформации (изгиб, растяжение-сжатие и кручение), асимметрии цикла и степени концентрации напряжений; по результатам исследований предложены методики учёта влияния этих факторов при определении коэффициента $\bar{\psi}_p$;

– исследования, проведённые на гладких и корсетных образцах, показали, что критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ можно использовать и для прогнозирования предела выносливости поверхностно упрочнённых гладких деталей, но лишь в том случае, когда сжимающие остаточные напряжения не изменяются под действием переменных нагрузок;

– критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ может быть использован и в случае работы детали при повышенной температуре, но при этом в расчёт необходимо брать остаточные напряжения детали в конце её ресурса, то есть с учётом релаксации;

– для исследованных видов поверхностного упрочнения (гидро- и пневмодробеструйная обработка, обкатка роликом, алмазное выглаживание, обработка микрошариками, азотирование, цементация, борирование), различных материалов (стали, сплавы на основе никеля, титана, алюминия), степеней равномерного и неравномерного наклёпа, величины (-29 – -2200 МПа) и характера распределения остаточных напряжений, типа

и размеров концентраторов, поперечных размеров деталей критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ хорошо отражает связь между остаточными напряжениями и приращением предела выносливости.

Библиографический список

1. Павлов В. Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений. / Известия вузов. Машиностроение. – 1986. – №8. – С. 29-32.

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.

УДК 621.787:539.319

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ АЗОТИРОВАННОГО СЛОЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ПЛОСКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА

©2018 В.П. Сазанов, Д.С. Мокшин, А.П. Филатов, В.Э. Костичев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE INFLUENCE OF THE NITRIDIED LAYER DEPTH ON THE ENDURANCE LIMIT OF PLATE SPECIMENS MADE OF STEEL 30ХГСА

Sazanov V.P., Mokshin D.S., Filatov A.P., Kostichev V.Je. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The influence of the nitridied layer depth on the endurance limit of plate specimens made of steel 30ХГСА has been studied. It's been stated that the optimal depth of the nitridied layer for specimens of the 3 mm thickness is 0,10-0,12 mm.

В работе проведено исследование влияния глубины азотированного слоя на предел выносливости и остаточные напряжения плоских образцов толщиной 3 мм из стали 30ХГСА в состоянии поставки ($\sigma_{0,2} = 380$ МПа, $\sigma_g = 669$ МПа, $\delta = 15,6\%$,

$\psi = 20,2\%$). Азотирование образцов на глубину 0,05-0,25 мм для определения остаточных напряжений и испытаний на усталость проводилось в заводских условиях по вариантам, представленным в табл. 1.