

Вопросы прочности элементов авиационных конструкций. Куйбышев: КуАИ. – 1971. – Вып.48. – С. 139-152.

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

4. 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

ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЕЙ ОТ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

©2018 В.Ф. Павлов, Ю.Н. Петрова, С.А. Михалкина, Ю.А. Катанаева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE ENDURANCE LIMIT OF HARDENED PARTS DEPENDENCE ON THE CHARACTER OF RESIDUAL STRESSES DISTRIBUTION

Pavlov V.F., Petrova Yu.N., Mihalkina S.A., Katanaeva Yu.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The endurance limit of hardened part increment is defined by the completeness of compressive residual stresses diagram through the surface layer thickness equal the critical depth of a non-propagating fatigue crack.

В исследовании изучалось влияние характера распределения сжимающих остаточных напряжений, наведённых в поверхностном слое азотированием на предел выносливости гладких образцов и образцов с концентраторами напряжений.

Оценка влияния сжимающих остаточных напряжений на приращение предела выносливости образцов при изгибе в случае симметричного цикла $\Delta\sigma_{-1}$ проводилась по двум критериям. Во-первых, по критерию остаточных напряжений на поверхности опасного сечения образцов $\sigma_z^{нов}$ по зависимости

$$\Delta\sigma_{-1} = \psi_\sigma \cdot |\sigma_z^{нов}|, \quad (1)$$

где ψ_σ – коэффициент влияния упрочнения на предел выносливости по критерию $\sigma_z^{нов}$.

Во-вторых, по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{осм}$ [1] по формуле

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_\sigma \cdot |\bar{\sigma}_{осм}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_\sigma$ – коэффициент влияния упрочнения на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{осм}$.

Цилиндрические образцы с V-образным надрезом при наименьшем диаметре 7,5 мм из сталей ВНС40 и 38Х2МЮА подвергались азотированию. Меридиональные σ_ϕ (осевые σ_z – в наименьшем сечении) остаточные напряжения определялись по методике, изложенной в работе [2], и по толщине поверхностного слоя a наименьшего сечения образцов приведены на рис. 1.

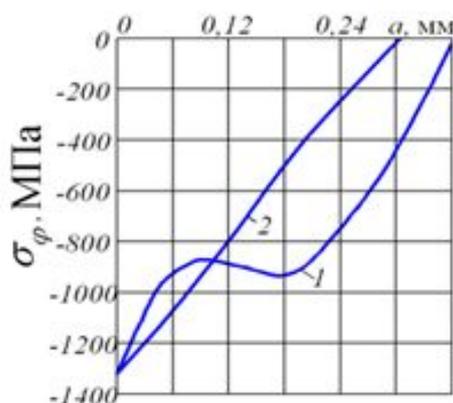


Рис. 1. Остаточные напряжения в образцах с надрезами из сталей ВНС40 (1) и 38Х2МЮА (2)

Из приведённых на рис. 1 данных видно, что после азотирования сжимающие ос-

точные напряжения в образцах из стали ВНС40 имеют второй подповерхностный максимум на глубине 0,18 мм. Толщина слоя со сжимающими остаточными напряжениями в наименьшем сечении образцов из стали ВНС40 составляет 0,37 мм, из стали 38Х2МЮА – 0,31 мм. Следовательно, рас-

пределение сжимающих остаточных напряжений в опасном сечении образцов из стали ВНС40 после азотирования является более полным, чем образцов из стали 38Х2МЮА. Значения остаточных напряжений на поверхности надреза σ_z^{nos} приведены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты испытаний на усталость и определения остаточных напряжений образцов с V-образными надрезами

Материал	Неупрочнённые образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы				
		σ_{-1} , МПа	σ_z^{nos} , МПа	ψ_σ	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
ВНС40	200	560	-1320	0,273	-947	0,380
38Х2МЮА	165	455	-1330	0,218	-816	0,356

Испытания образцов с V-образным надрезом на усталость при изгибе в случае симметричного цикла проводились на машине МУИ-6000, база испытаний – $5 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Результаты определения предела выносливости σ_{-1} приведены в табл.1. Можно видеть, что при практически одинаковых остаточных напряжениях на поверхности дна надреза, приращение предела выносливости за счёт азотирования образцов из стали ВНС40 на 70 МПа выше, чем образцов из стали 38Х2МЮА. Это различие объясняется большей полнотой эпюры сжимающих остаточных напряжений в образцах из стали ВНС40, чем в образцах из стали 38Х2МЮА.

Сравнивая значения коэффициентов ψ_σ и $\bar{\psi}_\sigma$, вычисленных по формулам (1) и (2), можно видеть, что коэффициент $\bar{\psi}_\sigma$ влияния упрочнения по критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ изменяется в значительно меньших пределах, чем коэффициент ψ_σ влияния упрочнения по критерию σ_z^{nos} . Среднее значение коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ составляет 0,368, что несущественно отличается от $\bar{\psi}_\sigma = 0,36$, установленного в работах [2, 3] для образцов и деталей

из других материалов с аналогичной концентрацией напряжений.

Таким образом, полнота эпюры сжимающих остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя, равной критической глубине нераспространяющейся трещины усталости, является определяющим фактором влияния упрочнения на предел 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. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулук В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. / Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.
3. 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.