

УДК 621.787:539.319

ВЛИЯНИЕ ВИДА ЭПЮРЫ СЖИМАЮЩИХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Павлов В.Ф., Шадрин В.К., Матвеева К.Ф., Чуриков Д.С., Анисимов С.А.
Самарский университет, г. Самара, Россия, sprogmat@ssau.ru

Ключевые слова: азотирование, предел выносливости, полнота эпюры остаточных напряжений.

В исследовании изучалось влияние вида эпюры сжимающих остаточных напряжений, созданных в поверхностном слое азотированием на предел выносливости образцов с концентраторами напряжений. Оценка влияния азотирования на предел выносливости образцов при изгибе в случае симметричного цикла σ_{-1} проводилась по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [1], вычисленных по глубине опасного сечения образцов, равной критической глубине нераспространяющейся трещины усталости

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_{\sigma} \cdot |\bar{\sigma}_{ост}|,$$

где $\bar{\psi}_{\sigma}$ – коэффициент влияния упрочнения на предел выносливости,

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

$\sigma_z(\xi)$ ($\sigma_{\varphi}(\xi)$) – осевые (меридиональные) остаточные напряжения в опасном сечении детали (образца) по толщине поверхностного слоя; a , $\xi = \frac{a}{t_{кр}}$ – расстояние от поверхности опасного сечения детали (образца) до текущего слоя, выраженное в долях; $t_{кр}$, $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе детали (образца) на пределе выносливости.

Цилиндрические образцы с V-образным надрезом (рис. 1) из сталей ВНС40 и 38Х2МЮА подвергались азотированию.

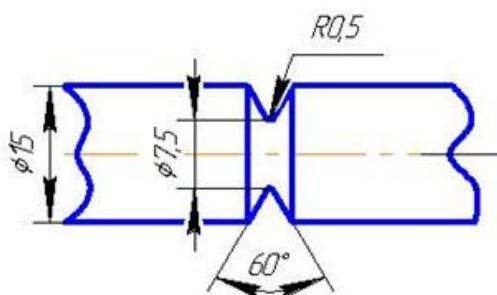


Рис. 1. Рабочая часть образцов с V-образным надрезом из сталей ВНС40 и 38Х2МЮА

Меридиональные σ_{φ} (осевые σ_z – в наименьшем сечении) остаточные напряжения определялись по методике работы [2] и по глубине поверхностного слоя a наименьшего сечения образцов приведены на рис. 2. Из приведённых на рис. 2 эпюр видно, что после азотирования сжимающие остаточные напряжения в образцах из стали ВНС40 имеют второй

подповерхностный максимум на глубине 0,18 мм. Глубина слоя со сжимающими остаточными напряжениям в наименьшем сечении образцов из стали ВНС40 составляет 0,37 мм, из стали 38Х2МЮА – 0,31 мм. Следовательно, эпюра сжимающих остаточных напряжений в опасном сечении образцов из стали ВНС40 после азотирования является более полной, чем образцов из стали 38Х2МЮА.

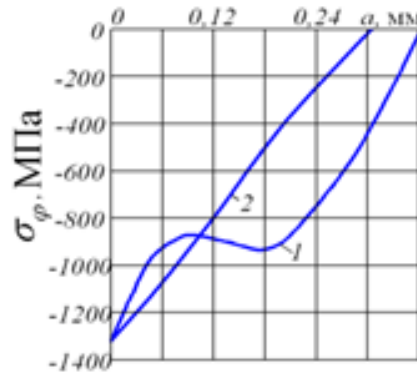


Рис. 2. Остаточные напряжения в образцах с надрезами из сталей ВНС40 (1) и 38Х2МЮА (2)

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. Значения предела выносливости σ_{-1} приведены в табл. 1. Видно, что при одинаковых остаточных напряжениях на поверхности дна надреза, предел выносливости образцов после азотирования из стали ВНС40 на 70 МПа выше, чем образцов из стали 38Х2МЮА. Это различие объясняется бóльшей полнотой эпюры остаточных напряжений в образцах из стали ВНС40, чем в образцах из стали 38Х2МЮА.

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

Материалы	Неупроч. образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы		
		σ_{-1} , МПа	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_{\sigma}$
ВНС40	200	560	-947	0.380
38Х2МЮА	165	455	-816	0.356

Из данных табл. 1 следует, что среднее значение коэффициента $\bar{\psi}_{\sigma}$ влияния упрочнения на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ составляет 0,368 и незначительно отличается от $\bar{\psi}_{\sigma} = 0,36$, установленного в работе [2] для образцов и деталей из других материалов с аналогичной концентрацией напряжений.

Таким образом, предел выносливости поверхностно упрочнённых деталей определяется не величиной сжимающих остаточных напряжений на поверхности, а полнотой эпюры остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя опасного сечения детали, равной критической глубине нераспространяющейся трещины усталости.

Список литературы

1. Павлов, В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений / В.Ф. Павлов // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1986. – № 8. – С. 29-31.
2. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.

Сведения об авторах

Павлов Валентин Фёдорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов. Область научных интересов: исследования в области механики остаточных напряжений.

Шадрин Валентин Карпович, к.т.н., доцент. Область научных интересов: исследования в области механики остаточных напряжений.

Матвеева Карина Фёдоровна, аспирант. Область научных интересов: исследования в области механики остаточных напряжений.

Чуриков Дмитрий Сергеевич, аспирант. Область научных интересов: исследования в области механики остаточных напряжений.

Анисимов Сергей Алексеевич, аспирант. Область научных интересов: исследования в области механики остаточных напряжений.

A VARIANT OF THE DIAGRAM OF THE COMPRESSIVE OF RESIDUAL STRESS ON AN ENDURANCE LIMIT OF HARDENED PARTS

Pavlov V.F., Shadrin V.K., Matveeva K.F., Churikov D.S., Anisimov S.A.
Samara University, Samara, Russia, sopromat@ssau.ru

Keywords: nitriding, endurance limit, residual stress diagram completeness.

Studies carried out on nitrided and case-hardened specimens made of VNS40 and 38KhMYuA steels have established that the fatigue limit of hardened parts is determined not by the magnitude of compressive residual residues on the surface, but by the completeness of the plot.