

Из данных рис. 1 следует, что для образцов рассматриваемого размера с концентратором на начальном участке роста трещины наблюдаются два экстремума коэффициента интенсивности напряжений – максимальное и минимальное значения. Следует отметить, что в упрочнённом образце значительно выше разница (размах) между экстремальными значениями.

Остановка роста трещины возможна в том случае, когда минимальное значение K_I будет меньше его порогового значения K_{Ih} . Судя по характеру зависимостей такое возможно только в случае упрочнённого образца с концентратором напряжений. В неупрочнённых образцах с концентраторами нераспространяющиеся трещины усталости обнаружены не были [1]. Таким образом, полученные результаты расчёта достаточно точно подтверждаются результатами испытаний на усталость исследованных образцов.

Библиографический список

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. Кудрявцев П.И. Нераспространяющиеся усталостные трещины. / М.: Машиностроение, 1982. – 171 с.

3. Кирпичёв В.А., Сазанов В.П., Сургутанов Н.А., Шадрин В.К. О связи коэффициента интенсивности напряжений и нераспространяющейся трещины усталости. Материалы X Всероссийской научной конференции по механике деформируемого твёрдого тела (18-22 сентября 2017 г., Самара, Россия). / Самара: СамГТУ. – 2017. – Т. 2. – С. 23-26.

4. 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. 22-25.

5. Павлов В.Ф. Влияние на предел выносливости величины и распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали с концентратором. Сообщение II. Полюс детали. / Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – №12. – С. 37-40.

УДК 621.787:539.319

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЁННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

©2018 В.П. Сазанов, Ю.Н. Сургутанова, А.А. Прохоров, О.М. Пилипив

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE ENDURANCE LIMIT OF SURFACE HARDENED CYLINDRICAL PARTS MADE OF CONSTRUCTION STEELS PREDICTION

Sazanov V.P., Surgutanova Yu.N., Prohorov A.A., Pilipiv O.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The results of the hardened parts made of construction steels endurance limit prediction after pneuma- and hydro shot-blastig are presented in the study. The results of the calculation have been compared with the results of the fatigue tests.

Проведённые многочисленные эксперименты показывают, что наиболее точно связь между приращением предела выносливости упрочнённых деталей и остаточными напряжениями отражает критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$, предложенный в работе [1]. Данный крите-

рий рассчитывается на критической глубине нераспространяющейся трещины усталости $t_{кр}$ и учитывает влияние на сопротивление усталости не только величины, но и характера распределения остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя опасного сечения детали.

В настоящем исследовании критерий среднеинтегральных остаточных напряжений использован для оценки влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости сплошных и полых цилиндрических образцов с надрезами при изгибе в случае симметричного цикла нагружения. Оценка влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости детали $\Delta\sigma_{-1}$ при изгибе в случае симметричного цикла с использованием критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ [2, 3] производится по следующей зависимости:

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

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

В свою очередь коэффициент $\bar{\psi}_{\sigma}$ вычисляется для случая изгиба по следующей формуле [4]:

$$\bar{\psi}_{\sigma} = 0.612 - 0.081\alpha_{\sigma}, \quad (2)$$

где α_{σ} – теоретический коэффициент концентрации напряжений.

Для сравнения с расчётными значениями параметров, в исследовании использованы результаты испытаний на усталость при изгибе в случае симметричного цикла нагружения сплошных и полых цилиндрических образцов различного диаметра из широко применяемых в машиностроении конструкционных сталей 20, 45, 40X и 30XГСА [4].

Круговые надрезы с радиусом $R = 0,3$ мм были выполнены по технологии опережающего поверхностного пластического деформирования после упрочнения поверхности образцов (пневно-(ПДО) и гидродробеструйная обработка (ГДО)). С использованием критерия среднеинтегральных остаточных напряжений были вычислены приращения предела выносливости упрочнённых образцов с надрезами. Установлено, что расчётные значения приращений предела выносливости при изгибе в случае симметричного цикла нагружения для образцов с надрезами отличаются от экспериментальных не более, чем на 11 %. Результаты расчёта и испытаний цилиндрических полых и сплошных образцов приведены в табл.1. Обозначения геометрических параметров в табл. 1 соответствуют рис. 1.

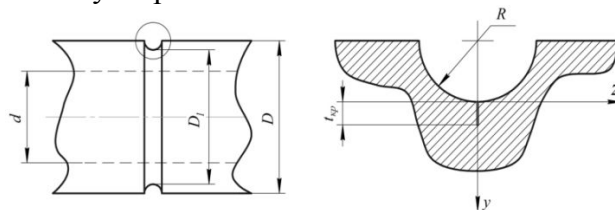


Рис. 1. Цилиндрический образец с надрезом

Таблица 1–Результаты расчётного и экспериментального определения предела выносливости упрочнённых образцов с надрезами из конструкционных сталей

	D , мм	d , мм	D_1 , мм	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	α_{σ}	$\bar{\psi}_{\sigma}$	$(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$, МПа	$(\Delta\sigma_{-1})_{эксп}$, МПа	Расхождение, %
Сталь 20 (ПДО)	10	0	9.4	0.203	-122	2.7	0.393	48.0	45.0	6
	25	0	24.4	0.527	-89	2.9	0.377	33.6	30.0	11
	25	15	24.4	0.453	-91	3.0	0.369	33.5	32.5	3
Сталь 45 (ГДО)	15	5	14.4	0.303	-159	2.8	0.385	61.2	57.5	6
	25	15	24.4	0.453	-131	3.0	0.369	48.3	45.0	7
	50	40	49.4	0.733	-87	3.1	0.361	31.4	30.0	4
40X (ГДО)	25	0	24,4	0,527	-109	2,9	0,377	41,1	42,5	3
	25	10	24,4	0,504	-110	2,9	0,377	41,4	42,5	3
	25	19	24,4	0,380	-117	3,0	0,369	43,2	40	8
30XГСА (ГДО)	10	0	9,4	0,203	-208	2,7	0,382	90	82	9

Полученные результаты подтверждают обоснованность использования критерия среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ и разработанного на его основе метода «образцов-свидетелей» для прогнози-

рования предела выносливости упрочнённых деталей.

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. 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. 22-25.

3. Павлов В.Ф. Влияние на предел выносливости величины и распределения остаточ-

ных напряжений в поверхностном слое детали с концентратором. Сообщение II. Полые детали. / Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – № 12. – С. 37-40.

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТАЦИИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ ВКС-5

©2018 О.Ю. Семёнова, Д.С. Мокшин, Е.А. Денискина, В.В. Сазанов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE ESTIMATION OF THE CEMENTATION INFLUENCE ON THE FATIGUE RESISTANCE OF SPECIMENS MADE OF STEEL ВКС-5

Semyonova O.Yu., Mokshin D.S., Deniskina E.A., Sazanov V.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The influence of the cementation on the endurance limit of corset specimens made of steel ВКС-5 has been examined. The average integral residual stresses criterion has been used for an estimation of a hardening influence on the endurance limit increment.

В проведённом исследовании использованы результаты испытаний на усталость корсетных образцов и результаты экспериментального определения остаточных напряжений по толщине упрочнённого слоя гладких образцов-свидетелей (цилиндрические втулки). Необходимый объём расчётов для анализа и сравнения с результатами испытаний проведён методом конечно-элементного моделирования.

Корсетные образцы круглого поперечного сечения с наименьшим диаметром 7,5 мм были изготовлены из конструкционной легированной стали 16ХЗНВФМБ (ВКС-5). Образцы после шлифования подвергались цементации на различных режимах. После цементации у корсетных образцов шлифованием обрабатывалась только коническая часть образцов, поэтому в рабочей (корсетной) части остаточное напряжённое состояние оставалось неизменным.

Распределения осевых остаточных напряжений по толщине упрочнённого поверхностного слоя гладких образцов (цилиндри-

ческие втулки) получены экспериментальным методом с использованием расчётных зависимостей работы [1]. Режимы термической и химико-термической обработки корсетных и гладких образцов приведены в табл. 1.

Прогнозирование приращения предела выносливости $(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$ поверхностно упрочнённых образцов выполнено по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [2]

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

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

Коэффициент $\bar{\psi}_{\sigma}$ определялся по эмпирической зависимости, установленной в работе [3]

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

где α_{σ} – теоретический коэффициент концентрации напряжений.