

Δs_{-1} проводилась по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{s}_{ост}$ [1]:

$$\Delta s_{-1} = \bar{y}_s \cdot |\bar{s}_{ост}|,$$

где \bar{y}_s – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости по разрушению;

$$\bar{s}_{ост} = \frac{2}{p} \int_0^1 \frac{s_j(x)}{\sqrt{1-x^2}} dx;$$

$s_j(x)$ – меридиональные остаточные напряжения в наименьшем сечении образца; $x = a/t_{кр}$ – расстояние от поверхности образца до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$.

Значения критерия $\bar{s}_{ост}$ и коэффициента \bar{y}_s приведены в табл. 1. Анализ этих данных показывает, что величина коэффициента \bar{y}_s составляет в среднем 0,528 и совпадает со значением \bar{y}_s , вычисленным по зависимости [2]

$$\bar{y}_s = 0,612 - 0,081a_s,$$

где $a_s = 1,06$ – теоретический коэффициент концентрации напряжений для исследованных корсетных образцов.

Таким образом, проведённое исследование показывает, что критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{s}_{ост}$ может быть использован для оценки предела выносливости образцов из сплава ВНС-17 после термической и химико-термической обработок.

Библиографический список

1. Павлов, В.Ф. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.Б. Иванов. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 64 с.

2. Кирпичёв, В.А. Влияние остаточных напряжений на предел выносливости детали при различной степени концентрации / В.А. Кирпичёв [и др.] // Проблемы и перспективы развития двигателестроения. Материалы докладов международной научно-технической конференции. – Ч.2. – Самара: СГАУ, 2009. – С. 178-179.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/13944).

УДК 621.787: 539.319

ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОЛЫХ ОБРАЗЦОВ С ОДИНАКОВОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ

Кирпичёв В.А., Семёнова О.Ю., Чирков А.В., Киселёв П.Е.

Самарский государственный аэрокосмический университет

INFLUENCE OF RESIDUAL STRESSES ON ENDURANCE LIMIT OF HOLLOW CYLINDRICAL SPECIMENS WITH SAME WALL THICKNESS

Kirpichyev V.A., Semyonova O.Yu., Chirkov A.V., Kiselyov P.E. The residual stresses in smooth hollow specimens and specimens with notches after advanced plastic deforming are studied. Its influence on endurance limit in condition of stress concentration is also researched.

Исследовалось влияние сжимающих остаточных напряжений на предел выносливости полых цилиндрических образцов из

стали 20 диаметром $D = 25$ мм с отверстием диаметром $d = 15$ мм и диаметром $D = 50$ мм с отверстием диаметром

$d = 40$ мм. Для сравнения эксперименты проводились также на сплошных цилиндрических образцах диаметром $D = 10$ мм.

Гладкие образцы диаметром $D = 10$ мм и $D = 25$ мм подвергались пневмодробеструйной обработке (ПДО), а образцы диаметром $D = 10$ мм, $D = 25$ мм и $D = 50$ мм – обкатке роликом (ОР) при усилии $P = 0,5$ кН и $P = 1,0$ кН. Затем на все упрочнённые и неупрочнённые гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля радиуса $R = 0,5$ мм.

Остаточные напряжения в гладких образцах определялись методом колец и полосок. Распределение осевых S_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a гладких образцов приведено на рис. 1. Следует отметить, что остаточные напряжения в гладких образцах диаметром $D = 10$ мм, $D/d = 25/15$ мм/мм, $D/d = 50/40$ мм/мм практически не различаются при одной и той же упрочняющей обработке.

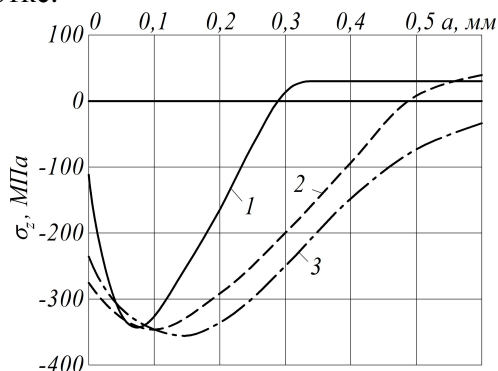


Рис. 1. Осевые остаточные напряжения S_z в упрочнённых гладких образцах из стали 20 после: 1 – ПДО; 2 – ОР, $P = 0,5$ кН; 3 – ОР, $P = 1,0$ кН

Остаточные напряжения в образцах с надрезом определялись расчётным путём.

Таблица 1- Результаты испытаний на усталость

D/d , мм/мм	Неупрочнённые образцы S_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы			
		обработка	S_{-1} , МПа	$\bar{S}_{осм}$, МПа	\bar{y}_s
10/0	120	ПДО	137,5	-48	0,365
		ОР, $P = 0,5$ кН	187,5	-178	0,379
		ОР, $P = 1,0$ кН	250	-333	0,390
25/15	110	ПДО	127,5	-47	0,372
		ОР, $P = 0,5$ кН	152,5	-128	0,332
		ОР, $P = 1,0$ кН	182,5	-218	0,333
50/40	60	ОР, $P = 0,5$ кН	87,5	-82	0,335
		ОР, $P = 1,0$ кН	105	-133	0,338

Распределение осевых S_z остаточных напряжений в наименьшем сечении образцов с надрезом $R = 0,5$ мм представлено на рис. 2.

Необходимо обратить внимание на то, что при упрочняющей обработке на одних и тех же режимах образцов диаметром $D = 10$ мм, $D/d = 25/15$ мм/мм, $D/d = 50/40$ мм/мм с надрезом $R = 0,5$ мм остаточные напряжения несколько различаются, причём на поверхности надрезов в образцах после обкатки роликом напряжения одинаковы.

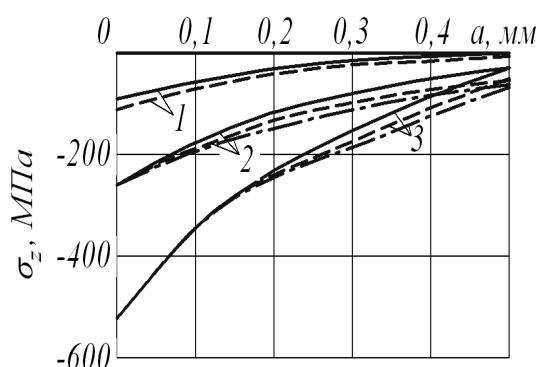


Рис. 2. Осевые остаточные напряжения S_z в упрочнённых образцах из стали 20 с надрезом $R = 0,5$ мм после: 1 – ПДО; 2 – ОР, $P = 0,5$ кН, 3 – ОР, $P = 1,0$ кН (— — $D = 10$ мм; --- — $D/d = 25/15$ мм/мм; - · - - $D/d = 50/40$ мм/мм)

Испытания на усталость при изгибе в случае симметричного цикла неупрочнённых и упрочнённых образцов диаметром $D = 10$ мм проводились на машине МУИ-6000, диаметром $D/d = 25/15$ мм – на машине УММ-01, диаметром $D/d = 50/40$ мм – на машине УМП-01, база испытаний – $3 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Результаты определения предела выносливости S_{-1} представлены в табл. 1.

Оценка влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости ΔS_{-1} упрочненных образцов проводилась по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{S}_{ост}$ [1] по следующей формуле:

$$\Delta S_{-1} = \bar{y}_s \cdot |\bar{S}_{ост}|,$$

где \bar{y}_s – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости,

$$\bar{S}_{ост} = \frac{2}{p} \int_0^1 \frac{S_z(x)}{\sqrt{1-x^2}} dx,$$

$S_z(x)$ – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении образца по толщине поверхностного слоя a , $x = a/t_{кр}$ – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$.

Значения критерия $\bar{S}_{ост}$ и коэффициен-

та \bar{y}_s приведены в табл. 1. Из данных табл. 1 видно, что коэффициент \bar{y}_s в среднем для всех партий образцов составляет значение 0,356, которое практически совпадает со значением $\bar{y}_s = 0,36$ для образцов и деталей из сталей других марок, алюминиевых сплавов и сплавов на основе никеля с такой же концентрацией напряжений [1].

Библиографический список

1. Павлов, В.Ф. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.Б. Иванов. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 64 с.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/13944).

УДК 539.319:621.787

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ПО ПЕРВОНАЧАЛЬНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ

Вакулук В.С.¹, Сазанов В.П.², Филиппов А.А.¹, Денискина Е.А.¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет

²ЗАО ВКБ РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, г. Самара

MODELLING OF RESIDUAL STRESSES DISTRIBUTION IN DETAILS WITH STRESS CONCENTRATORS ON INITIAL DEFORMATIONS

Vakuljuk V.S., Sazanov V.P., Filippov A.A., Deniskina E.A. On an example of the sample simulating a fur-tree groove of a disk of the turbine, definition possibility by a settlement method of residual stresses distribution in the strengthened complex-shaped details on residual stresses of a smooth detail is shown.

Для прогнозирования сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей машин необходимо знать распределение остаточных напряжений в наиболее опасных сечениях. Экспериментальное определение остаточных напряжений в деталях с концентраторами является весьма сложным, поэтому следует разрабатывать расчётные методы определения остаточных напряжений с использованием гладких образцов (деталей). Поставленную задачу по расчёту распреде-

ления остаточных напряжений в деталях сложной формы представляется возможным решить с достаточной для практики точностью методом первоначальных деформаций [1, 2].

В настоящем исследовании было изучено распределение остаточных напряжений в образцах, имитирующих область дна ёлочного паза диска турбины. Основными геометрическими параметрами расчётной области (рис. 1) являлись: радиус галтель-