

сти. Существенно увеличивается по сравнению с обработкой микрошариками толщина поверхностного слоя с сжимающими остаточными напряжениями, составляя в варианте 3 – 0,17 мм, 4 – 0,18 мм, что способствует повышению сопротивления усталости [1].

В табл.1 представлены значения критерия среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [2], с помощью которого оценивается влияние поверхностного упрочнения на сопротивление многоциклового усталости.

Таблица 1- Результаты определения остаточных напряжений и испытаний на усталость

Вариант	Метод ППД	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	t_0 , МПа
1	неупрочнённые	–	270
2	ОМ	-450	320
3	ПДО	-690	365
4	ПДО в заневоленном состоянии	-800	410

Испытания пружин на усталость при отнулевом цикле растяжения с целью определения предельной амплитуды цикла напряжений t_0 проводились на специально созданной для этих целей установке. Результаты испытаний на усталость представлены в табл. 1.

Анализируя результаты определения остаточных напряжений и испытаний на усталость, можно видеть, что во всех случаях поверхностное пластическое деформирование приводит к увеличению сопротивления

усталости. Наиболее эффективным из рассмотренных вариантов поверхностного упрочнения является пневмодробеструйная обработка пружин в заневоленном состоянии, которая приводит к увеличению предельной амплитуды в 1,5 раза по сравнению с исходным состоянием. Во всех случаях приращение предельной амплитуды цикла напряжений t_0 находится в соответствии с уровнем, характером распределения остаточных напряжений в поверхностном слое пружин и значением критерия среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$.

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. 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. 29-32.

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

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА ВНС-17 ПРИ НОРМАЛЬНОЙ И ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРАХ

Вакулук В.С.¹, Кирпичёв В.А.¹, Саушкин М.Н.², Шадрин В.К.¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

RESIDUAL STRESSES AND FATIGUE RESISTANCE OF SPECIMENS MADE OF BHC-17 ALLOY AT NORMAL AND RAISED TEMPERATURES

Vakuljuk V.S., Kirpichyev V.A., Saushkin M.N., Shadrin V.K. It is studied influence of nitriding on residual stresses and limit of endurance of corset specimens made of BHC-17 alloy at normal and raised temperatures. It is shown that criterion of average residual stresses can be used for forecasting of specimens' limit of endurance.

В настоящем исследовании изучалось влияние азотирования корсетных образцов круглого поперечного сечения с наименьшим диаметром 7,5 мм из сплава ВНС-17 на предел выносливости через величину и распределение меридиональных S_j остаточных напряжений поверхностного слоя, ответственных за изменение предела выносливости [1]. После механической обработки (шлифование) образцы подвергались термической и химико-термической обработке по режимам, приведённым в табл. 1.

Таблица 1- Режимы обработки, результаты определения предела выносливости и остаточных напряжений образцов

№ п / п	Режимы обработки	Температура испытаний	S_{-1} , МПа	$\bar{S}_{ост}$, МПа	\bar{y}_s
1	закалка 860°C; отпуск 580°C – 10 час	20°C	640	-384	–
2	закалка 860°C; отпуск 580°C – 10 час; азотирование 560°C – 36 час	20°C	760	-617	0,51 5
3	закалка 860°C; отпуск 580°C – 10 час; азотирование 580°C – 30 час; азотирование 630°C – 20 час	500°C	360	-116	–
4	закалка 860°C; отпуск 580°C – 10 час; азотирование 580°C – 30 час; азотирование 630°C – 20 час; отпуск 600°C – 2 час	500°C	400	-190	0,54 1

Испытания образцов на усталость при чистом изгибе в случае симметричного цикла проводились на машине МВП-10000, база испытаний – $30 \cdot 10^6$ циклов нагружения,

температура испытаний – 20°C и 500°C. Результаты определения предела выносливости S_{-1} представлены в табл. 1. Можно видеть, что азотирование привело к повышению сопротивления усталости образцов.

Меридиональные S_j остаточные напряжения определялись методом удаления половины поверхности образца в пределах его корсетной части. Исследовались остаточные напряжения в образцах как непосредственно после термической обработки, так и после испытаний на усталость. Следует отметить, что остаточные напряжения в образцах, прошедших базу испытаний при напряжении, равном пределу выносливости, практически не отличались от остаточных напряжений образцов, не подвергавшихся испытаниям на усталость. Эпюры меридиональных S_j остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a представлены на рис. 1.

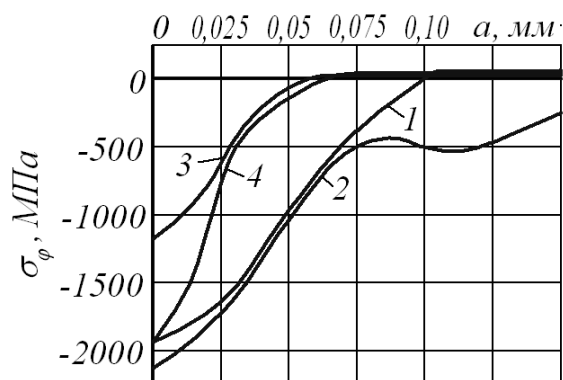


Рис. 1. Меридиональных S_j остаточные напряжения в образцах; номера эпюр соответствуют номерам вариантов табл. 1

Из данных рис. 1 видно, что при различных вариантах термической и химико-термической обработок действуют сжимающие напряжения с максимумом на поверхности, достигающим после азотирования -2160 МПа (эпюра 2). В результате испытаний на усталость образцов при температуре 500°C произошло существенное уменьшение остаточных напряжений и уменьшение глубины их залегания (эпюры 3 и 4).

Оценка влияния остаточных напряжений на приращение предела выносливости

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