

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Кирпичёв В.А., Филатов А.П., Каранаева О.В., Иванова А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### EVALUATION OF INFLUENCE OF SURFACE TREATING ON ENDURANCE LIMIT OF SPECIMENS WITH STRESS CONCENTRATORS MADE OF ALUMINUM ALLOYS

*Kirpichev V.A., Filatov A.P., Karanaeva O.V., Ivanova A.V. Influence of various types of surface treating on endurance limit of specimens made of aluminum alloys is studied. It is established that for evaluation of endurance limit incrementation in that cases criterion of average residual stresses can be used.*

Для оценки влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости деталей (образцов) с концентраторами напряжений в работе [1] был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{S}_{ocm}$  в виде

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

где  $S_z(x)$  – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении детали с концентратором;  $x = y/t_{кр}$  – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях  $t_{кр}$  (рис. 1);  $t_{кр}$  – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе детали на пределе выносливости.

Приращение предела выносливости при изгибе в случае симметричного цикла  $\Delta S_{-1}$  упрочнённой детали с помощью критерия  $\bar{S}_{ocm}$  можно определить по следующей формуле:

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

где  $\bar{Y}_s$  – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости.

Для проверки возможности использования критерия  $\bar{S}_{ocm}$  в случае деталей из алюминиевых сплавов были проведены эксперименты на цилиндрических сплошных и

полых (рис. 1) образцах диаметром 10 – 15 мм с концентраторами в виде галтели и надреза из Д16Т (две плавки), В95 и В93. Сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое образцов создавались

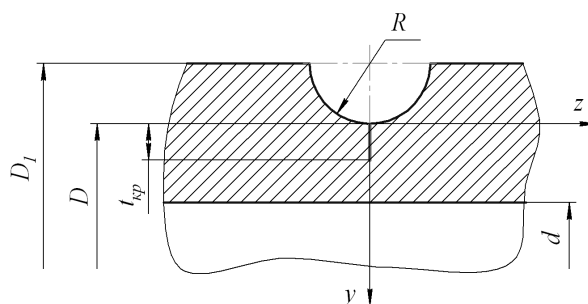


Рис. 1. Надрез полукруглого профиля обработкой микрошариками (ОМ), гидродробеструйной обработкой (ГДО) и пневмодробеструйной обработкой (ПДО)

Остаточные напряжения в гладких образцах определялись экспериментально методом колец и полосок. Остаточные напряжения в образцах с надрезами, нанесёнными на упрочнённую поверхность, определялись расчётом путём суммирования дополнительных остаточных напряжений, возникающих в образцах за счёт нанесения надрезов, и остаточных напряжений гладких образцов [2].

Образцы из сплава Д16Т(1) с галтелью радиусом  $R = 0,08$  мм подвергались ОМ. Гладкие образцы из сплава Д16Т(1) диаметром  $D_1 = 15$  мм как сплошные, так и с отверстием ( $d = 5$  мм и  $d = 10$  мм), а также из сплава В93 диаметром  $D_1 = 10$  мм подвергались ГДО. Гладкие образцы из сплавов

Таблица 1- Результаты испытаний на усталость и определения остаточных напряжений

Материал	Концентратор, размеры образцов и концентраторов				Неупроч. образцы $S_{-1}$ , МПа	Упрочнённые образцы				
	$R$ , мм	$D_1$ , мм	$D$ , мм	$d$ , мм		упрочн. обр-ка	$S_{-1}$ , МПа	$t_{кр}$ , мм	$\bar{S}_{ост}$ , МПа	$\bar{Y}_s$
Д16Т(1)	галтель 0,08	10	10	0	42,5	ОМ	72,5	0,220	-82	0,368
	надрез 0,3	15	14,4	0	75	ГДО	140	0,309	-171	0,380
		15	14,4	5	75	ГДО	135	0,296	-160	0,375
		15	14,4	10	70	ГДО	130	0,245	-167	0,358
Д16Т(2)	надрез 0,3	15	14,4	5	82,5	ПДО	182,5	0,300	-261	0,383
	надрез 0,5	15	14,4	5	82,5	ПДО	157,5	0,320	-197	0,381
В95	надрез 0,3	15	14,4	5	105	ПДО	200	0,310	-249	0,382
	надрез 0,5	15	14,0	5	107,5	ПДО	132,5	0,320	-72	0,347
В93	надрез 0,3	10	9,4	0	67,7	ГДО	100	0,203	-96	0,339

Д16Т(2) и В95 диаметром  $D_1 = 15$  мм с отверстием  $d = 5$  мм подвергались ПДО. На неупрочнённые и упрочнённые ГДО и ПДО гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля (рис.1) двух радиусов  $R = 0,3$  мм и  $R = 0,5$  мм.

Испытания образцов на многоцикловую усталость при изгибе в случае симметричного цикла проводились при нормальной температуре на машине МУИ-6000, база испытаний –  $10^7$  циклов нагружения. Выстоявшие базу испытаний упрочнённые образцы при напряжении, равном пределу выносливости, доводились до разрушения при большем напряжении для измерения критической глубины нераспространяющейся трещины усталости  $t_{кр}$ . Значения предела выносливости  $S_{-1}$ , глубины трещины  $t_{кр}$ , критерия  $\bar{S}_{ост}$  и коэффициента  $\bar{Y}_s$  приведены в табл. 1.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что для образцов с концентраторами в виде галтели и надреза из различных алюминиевых сплавов значение коэффициента влияния упрочнения  $\bar{Y}_s$  по критерию сред-

неинтегральных остаточных напряжений  $\bar{S}_{ост}$  составляет в среднем 0,368, что практически совпадает со значением  $\bar{Y}_s$  для упрочнённых образцов и деталей из других материалов с аналогичной 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.
1. Иванов, С.И. Влияние остаточных напряжений на выносливость образцов с надрезом// Вопросы прочности элементов авиационных конструкций / С.И. Иванов, М.П. Шатунов, В.Ф. Павлов. – Куйбышев: КуАИ. – 1974. – Вып. 1. – С. 88-95.

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