

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-

ного перехода $R = 0,5$ мм и $R = 2,5$ мм; наибольший поперечный размер $H = 12,5$ мм; наименьший поперечный размер $d = 5$ мм; величина $b = 5$ мм; длина области $c = 21,9$ мм; угол раскрытия концентратора $\beta = 32,5^\circ$. В расчётах также принималось: модуль продольной упругости материала $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$.

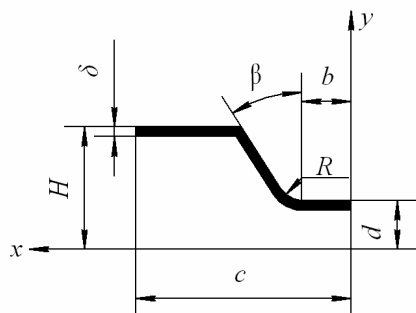


Рис. 1. Область образца, разбиваемая на конечные элементы

Гладкие плоские образцы из сплава ЭП742 подвергались ультразвуковому упрочнению (УЗУ) шариками диаметром 1 мм при различном времени обработки: 1 – $\tau = 20$ с, 2 – $\tau = 40$ с, 3 – $\tau = 60$ с, 4 – $\tau = 80$ с. Остаточные напряжения в гладких образцах после УЗУ определялись экспериментально по методике работы [1]. На рис. 2 представлено распределение остаточных напряжений σ_x по толщине поверхностного слоя a .

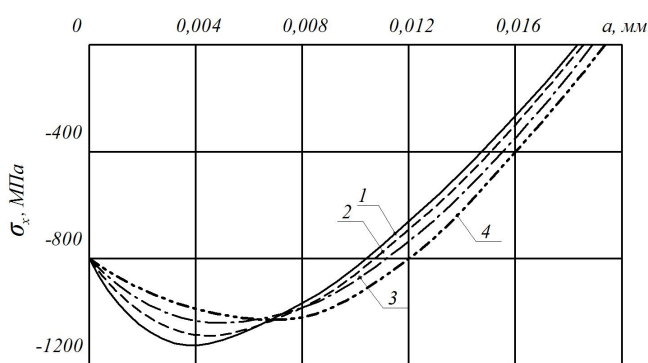


Рис. 2. Остаточные напряжения в гладких образцах после УЗУ, определённые экспериментально: 1 – $\tau = 20$ с, 2 – $\tau = 40$ с, 3 – $\tau = 60$ с, 4 – $\tau = 80$ с

По эпюрам остаточных напряжений σ_x гладких плоских образцов (рис. 2) определялось распределение первоначальных деформаций по толщине упрочнённого поверхностного слоя [2]. Толщина слоя с первоначальными деформациями δ при всех вариан-

тах упрочнения УЗУ принималась $\delta = 0,2$ мм. Распределение остаточных напряжений, полученное расчётным путём по первоначальным деформациям, для гладких образцов представлено на рис. 3, а для образцов с галтельным переходом $R = 2,5$ мм – на рис. 4.

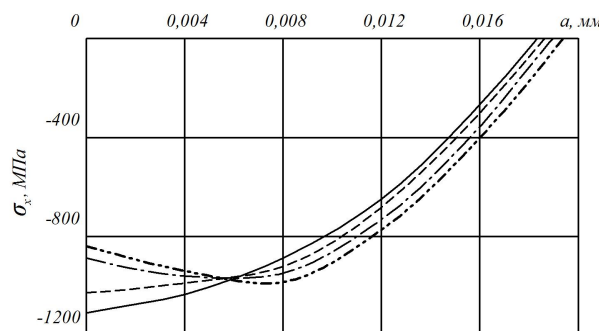


Рис. 3. Остаточные напряжения в гладких образцах после УЗУ, определённые расчётным методом: 1 – $\tau = 20$ с, 2 – $\tau = 40$ с, 3 – $\tau = 60$ с, 4 – $\tau = 80$ с

Несовпадение эпюр остаточных напряжений у поверхности гладких образцов, полученных экспериментально и расчётным методом (рис. 2 и 3), объясняется небольшим числом конечных элементов в слое δ . С увеличением числа конечных элементов в упрочнённом слое δ расхождение будет уменьшаться.

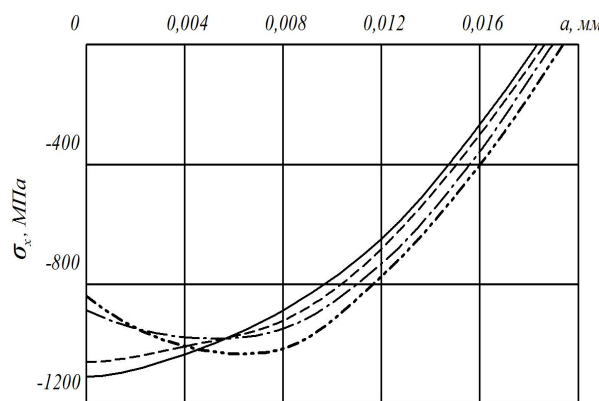


Рис. 4. Остаточные напряжения в образцах с галтельным переходом $R = 2,5$ мм после УЗУ, определённые расчётным методом: 1 – $\tau = 20$ с, 2 – $\tau = 40$ с, 3 – $\tau = 60$ с, 4 – $\tau = 80$ с

При радиусе галтели $R = 2,5$ мм концентрация остаточных напряжений мала (рис. 4), что и следовало ожидать, т.к. в этом случае отношение $R/\delta = 12,5$ достаточно велико [2]. Для данного отношения R/δ увели-

чение остаточных напряжений s_x по отношению к гладкому образцу на расстоянии 0,025 мм от поверхности не превышает 4% (в наименьшем сечении). При уменьшении R до 0,5 мм s_x растёт и приращение этих напряжений в галтели по отношению к гладкому образцу достигает 10%.

Таким образом, проведённое исследование показывает возможность расчёта остаточных напряжений в деталях сложной формы по первоначальным деформациям, определённым на аналогично упрочнённых гладких деталях (образцах).

Библиографический список

1. Биргер, И.А. Остаточные напряжения / И.А. Биргер. – М.: Машгиз, 1963. – 232 с.
2. Павлов, В.Ф. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям / В.Ф. Павлов, А.К. Столяров, В.С. Вакулюк, В.А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 124 с.

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

УДК 621.435

ОГРАНИЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИКЛОВ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, НАКЛАДЫВАЕМЫЕ СВОЙСТВАМИ ТОПЛИВ

Михеенков Е.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет

HEAT ENGINE CYCLE LIMITATIONS IMPOSED BY FUEL PROPERTIES

Mikheyenkov E.L. The heat energy of fuels used in a heat engine cycle is the source of the cycle's useful effect. The maximum fuel efficiency is particularly desirable in rocket and aircraft engines due their carrying the fuel (and the oxidant, in rocket engines) during the entire mission. In vehicle engines and power plants fuels are selected based on their cost and availability. Using the most prevalent Brayton cycle as an example, the article considers parameters that determine the maximum available heat factor introduced by a fuel into the cycle. Two parameters limiting the Brayton cycle's efficiency are considered, the maximum efficiency imposed by strength properties of materials and the maximum level of combustion products. The values of excess air factors for fuel combustion processes and limiting characteristics of heat engine cycles are determined for the case of Brayton cycles.

Источником получения полезного эффекта цикла тепловой машины является тепловая энергия топлив, применяемых в циклах. Максимальный эффект от топлив стремятся получить в циклах ракетных и авиационных двигателей, так как по своей специфике они возят горючее (а в ракетных двигателях и окислитель) с собой на все время выполнения поставленной задачи. Энергетические и транспортные силовые установки должны использовать доступное по цене и наличию в данном регионе горючее. На примере самого распространенного

цикла Брайтона рассмотрены факторы, определяющие максимальный коэффициент использования теплоты, вводимой топливом в цикл. Рассмотрены два фактора, накладывающие ограничения на КПД цикла Брайтона – максимально допустимый по прочностным свойствам материалов и максимальный уровень продуктов сгорания топлив. Определены значения коэффициентов избытка воздуха при сгорании топлив и предельные характеристики циклов тепловых машин по циклу Брайтона.