

исследования, приведенные в промежуточных отчетах по указанной теме, позволили установить резонансный характер воздействия электромагнитного поля малой мощности на физико-химические системы, в которых происходят гетерофазные превращения, причем эффекты наблюдаются в интервале радиочастот.

В результате неравновесного фазового перехода скачкообразно изменяются характеристики открытых физико-химических систем. Устанавливается своеобразное критическое состояние, в этом случае системы откликаются на слабые или сверхслабые внешние возмущения, в том числе и слабые акустические поля. Важность исследования межфазной неустойчивости в физико-химических системах имеет большое практическое значение для нахождения новых оптимальных режимов, их целесообразного использования, а также для моделирования стационарных и переходных процессов.

УДК 539.319:621.787

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМОЭКСПОЗИЦИИ

Кирпичёв¹ В.А., Саушкин² М.Н., Филатов¹ А.П., Лунин¹ В.В.

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

Для оценки влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости деталей в условиях концентрации напряжений в работе [1] был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ в виде

$$\bar{\sigma}_{ocm} = \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{\sigma_z(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi, \quad (1)$$

где $\sigma_z(\xi)$ – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении детали с концентратором; $\xi = a/t_{кр}$ – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$, $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости.

Зависимость для определения приращения предела выносливости при изгибе $\Delta\sigma_{-1}$ упрочнённой детали с использованием критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ имеет вид

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_\sigma |\bar{\sigma}_{ocm}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_\sigma$ – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости.

В настоящем исследовании критерий $\bar{\sigma}_{ocm}$ использован для исследования влияния остаточных напряжений на предел выносливости упрочнённых образцов с концентраторами напряжений из сплавов В95 и Д16Т, подвергнутых обработке на пневмодробеструйной установке.

Гладкие образцы диаметром 15 мм с отверстием диаметром 5 мм обрабатывались дробью диаметром 1,5-2 мм при давлении воздуха 0,25 МПа в течение 10 минут. Затем упрочнённые и неупрочнённые образцы подвергались термоэкспозиции при температуре $T = 125^\circ\text{C}$ в течение 100 часов. Далее на все гладкие образцы наносились надрезы полукруглого профиля двух радиусов $R=0,3$ мм и $R=0,5$ мм.

Остаточные напряжения в образцах определялись методом колец и полосок [2], в образцах с надрезом – по методике работы [3]. Эпюры осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a в гладких и надрезанных образцах представлены на рис.1.

Из приведённого на рис.1 распределения остаточных напряжений видно, что после термоэкспозиции в образцах из сплава В95 сжимающие остаточные напряжения значительно меньше, чем в образцах из сплава Д16Т.

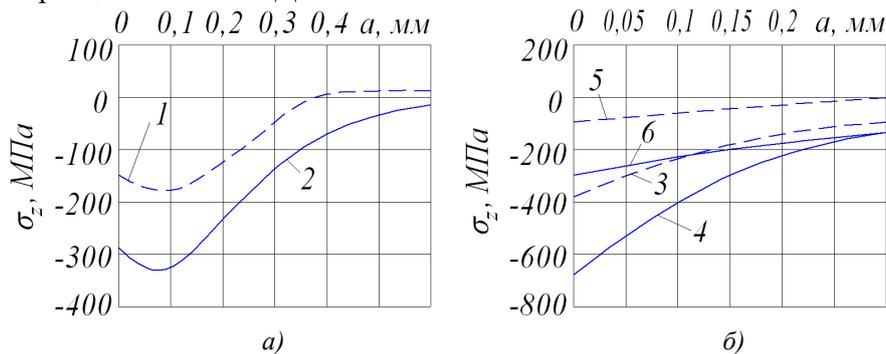


Рисунок 1. Осевые остаточные напряжения σ_z после упрочнения и термоэкспозиции в гладких образцах (а) и в образцах с надрезом (б) из сплавов В95 (1, 3, 5) и Д16Т (2, 4, 6):
3, 4 – $R = 0,3$ мм; 5, 6 – $R = 0,5$ мм

Испытания на усталость образцов с надрезом при чистом изгибе в случае симметричного цикла проводились при $T = 20^\circ\text{C}$ на машинах МУИ-6000, база испытаний - 10^7 циклов нагружения. Результаты испытаний на усталость и определения остаточных напряжений представлены в таблице.

Из приведённых в таблице данных можно видеть, что коэффициент влияния остаточных напряжений $\bar{\psi}_\sigma$ на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ составляет в среднем 0,368 и близок к значению $\bar{\psi}_\sigma = 0,36$, установленному в [4] для упрочнённых образцов с такой же степенью концентрации напряжений.

Таблица

Материал	Радиус надреза, R, мм	Неупрочнённые образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы			
			σ_{-1} , МПа	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
В95	0,3	105	155	0,310	-141	0,355
	0,5	107,5	115	0,320	-21,3	0,352
Д16Т	0,3	82,5	175	0,320	-250	0,370
	0,5	82,5	150	0,310	-171	0,395

Таким образом, проведённое исследование показывает, что критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ можно применять для оценки влияния поверхностного упрочнения и последующего температурного воздействия на предел выносливости образцов с концентраторами, изготовленными из алюминиевых сплавов В95 и Д16Т.

Список литературы

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. Иванов С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ, 1971. – Вып.53. – С. 32-42.
3. Иванов С.И., Шатунов М.П., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений на выносливость образцов с надрезом // Вопросы прочности элементов авиационных конструкций. – Куйбышев: КуАИ, 1974. – Вып.1. – С. 88-95.

4. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Иванов В.Б. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений. – 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 621.787: 539.319

ВЛИЯНИЕ ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ ИЗ СПЛАВОВ В95 И Д16Т

Кирпичёв В.А., Чирков А.В., Иванова А.В., Сургутанов Н.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для сокращения длительных и дорогостоящих испытаний на усталость при внедрении в производство новых упрочняющих технологий необходимо разрабатывать и апробировать научно обоснованные расчётные методы прогнозирования характеристик сопротивления усталости деталей. Известно, что основную роль в повышении сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей в условиях концентрации играют сжимающие остаточные напряжения [1]. В работе [2] для оценки приращения предела выносливости упрочнённых деталей с концентраторами по остаточным напряжениям был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ в виде

$$\bar{\sigma}_{ocm} = \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{\sigma_z(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi, \quad (1)$$

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

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

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_\sigma \cdot |\bar{\sigma}_{ocm}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_\sigma$ – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости.

Для проверки возможности применения критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ в случае поверхностного упрочнения деталей из алюминиевых сплавов были проведены эксперименты на образцах с надрезами из материалов В95 и Д16Т.

Гладкие образцы диаметром 15 мм с отверстием 5 мм подвергались пневмодробеструйной обработке (ПДО) дробью диаметром 1,5-2 мм при давлении воздуха 0,25 МПа в течение 10 минут. Затем на все упрочнённые и неупрочнённые гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля двух радиусов $R=0,3$ мм и $R=0,5$ мм. Остаточные напряжения в гладких образцах определялись экспериментально, а в образцах с надрезом – суммированием дополнительных напряжений, возникающих при нанесении надрезов на упрочнённую поверхность, с остаточными напряжениями гладких образцов.