

Известно [3], что при оценке влияния упрочнения по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений на предел выносливости при кручении коэффициент $\bar{\psi}_\tau$ в два раза меньше соответствующего коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ при изгибе. На основании обработки большого количества экспериментальных данных в работе [4] для коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ была получена следующая зависимость:

$$\bar{\psi}_\sigma = 0,612 - 0,081 \alpha_\sigma, \quad (2)$$

где $\alpha_\sigma = 1,54$ – теоретический коэффициент концентрации напряжений, который был рассчитан методом конечных элементов для исследованных шлицевых деталей. Коэффициент $\bar{\psi}_\sigma$, вычисленный по формуле (2) при $\alpha_\sigma = 1,54$, составляет значение 0,488, поэтому коэффициент $\bar{\psi}_\tau = \bar{\psi}_\sigma / 2 = 0,244$. Следовательно, полученное в настоящем исследовании среднее значение коэффициента $\bar{\psi}_\tau = 0,234$ незначительно отличается от вычисленной с помощью зависимости (2)

величины коэффициента $\bar{\psi}_\tau$.

Библиографический список

1. Павлов В.Ф., Столяров А.К., Вакулюк В.С., Кирпичёв В.А. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. 124 с.
2. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений. / Известия вузов. Машиностроение. – 1986. №8. С. 29-32.
3. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. 125 с.
4. Кирпичёв В.А., Букатый А.С., Филатов А.П., Чирков А.В. Прогнозирование предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей при различной степени концентрации напряжений. / Вестник УГАТУ. – 2011. Т. 15, № 4 (44). С. 81-85.

УДК 621.787:539.319

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ ИЗ СПЛАВА ЭИ698 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ

©2016 В.А. Кирпичёв, А.П. Филатов, А.В. Чирков, О.В. Каранаева, П.Е. Киселёв

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE DEPENDENCE OF RESIDUAL STRESSES IN SPECIMENS MADE OF ALLOY ЭИ698 ON ULTRASONIC HARDENING REGIMES

Kirpichev V.A., Filatov A.P., Chirkov A.V., Karanaeva O.V., Kiselyov P.E. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Residual stresses in flat specimens made of ЭИ698 alloy after ultrasonic hardening under different regimes have been studied. Optimal regimes of ultrasonic hardening have been determined on ground of the average integral residual stresses criterion.

Исследовались остаточные напряжения в плоских образцах прямоугольного поперечного сечения с размерами 100×12×3 мм из сплава ЭИ698, обработанных на ультразвуковой установке при различной массе шариков и времени упрочнения. Остаточные напряжения определялись механическим методом [1] при последо-

вательном удалении поверхностных слоёв образцов электрохимическим травлением и измерением возникающих при этом перемещений.

В табл. 1 представлены шесть режимов ультразвукового упрочнения (m – масса шариков, τ – время упрочнения). На каждом режиме исследовалось по два образца.

Таблица 1 - Режимы ультразвукового упрочнения

№ режима	m , грамм	τ , с
1	150	120
2	150	150
3	150	180
4	200	120
5	200	150
6	200	180

На рис. 1 приведены осреднённые по двум образцам эпюры осевых σ_z остаточных напряжений по толщине a поверхностного слоя. С повышением интенсивности режимов упрочнения (увеличение массы шариков m и времени упрочнения τ) до определённой величины, максимальные сжимающие остаточные напряжения возрастают, возрастает и глубина их залегания. При дальнейшем повышении интенсивности режимов упрочнения эти напряжения уменьшаются, а глубина смены знака остаточных напряжений увеличивается, что объясняется более интенсивным наклёпом поверхностного слоя образцов.

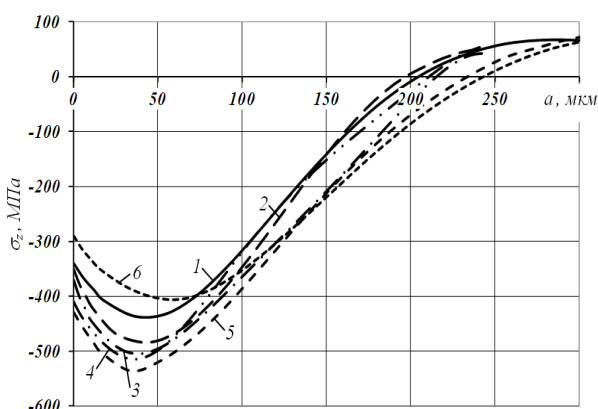


Рис. 1. Эпюры осевых σ_z остаточных напряжений (номера эпюр соответствуют режимам упрочнения, приведённым в табл. 1)

Значения и характер распределения осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя согласуются с ранее полученными данными при обработке УЗУ образцов из сплавов ЭИ698ВД и ЖС6У [2].

Анализ полученного распределения остаточных напряжений был проведён по следующим параметрам: $\sigma_z^{нов}$ – напряжения на поверхности образца, $\sigma_z^{макс}$ – максимальные сжимающие напряжения, $a^{макс}$ –

глубина залегания максимальных сжимающих напряжений, a^{OH} – глубина смены знака остаточных напряжений. Эти параметры по всем исследованным образцам сведены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты определения остаточных напряжений

№ режима	$\sigma_z^{нов}$, МПа	$\sigma_z^{макс}$, МПа	$a^{макс}$, мм	a^{OH} , мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа
1	-340	-440	0,045	0,155	-408
2	-350	-480	0,045	0,190	-478
3	-370	-500	0,040	0,230	-483
4	-410	-510	0,040	0,220	-488
5	-430	-540	0,040	0,235	-527
6	-290	-405	0,060	0,245	-378

Для оценки влияния остаточных напряжений на предел выносливости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений использовался критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [2, 3] в виде

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

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

Экспериментально установлено [2], что значение $t_{кр}$ зависит только от размеров опасного поперечного сечения детали. В исследованном случае при толщине образца 3 мм значение $t_{кр}$ должно составлять 0,065 мм (65 мкм). В табл. 2 представлены значения среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$, вычисленные по формуле (1) по толщине 0,065 мм поверхностного слоя упрочнённых УЗУ образцов.

Из приведённых в табл. 2 данных видно, что наибольшие значения критерия $\bar{\sigma}_{ост}$ наблюдаются при упрочнении образцов по режимам №3 – №5. Поэтому с точки зрения сопротивления многоциклового

усталости, при толщине упрочняемой детали 3 мм, наиболее рациональными будут эти режимы. Строго говоря, этот вывод справедлив для деталей с концентраторами напряжений. Для гладких деталей этот вывод несколько условен, так как на предел выносливости гладких деталей (образцов) опосредованно оказывает влияние и наклёп поверхностного слоя (увеличение твёрдости, предела текучести) через ту часть остаточных напряжений, которая остаётся в детали после воздействия переменных напряжений [4].

Таким образом, на основании полученных результатов исследования остаточных напряжений и проведённого анализа по указанным в табл. 2 параметрам можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальными по сопротивлению многоцик-

ловой усталости будут режимы №3 – №5.

Библиографический список

1. Биргер И.А. Остаточные напряжения. – М.: Машгиз, 1963. 232 с.
2. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. 125 с.
3. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений. / Известия вузов. Машиностроение. 1986. №8. С. 29-32.
4. Иванов С.И., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений и наклёпа на усталостную прочность. / Проблемы прочности. 1976. №5. С. 25-27.

УДК 681.3.06

ЭЛЕКТРОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ КЛАСТЕРЕ

©2016 М.С. Стенгач

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

E-LEARNING MANAGEMENT IN THE AEROSPACE CLUSTER

Stengach M.S. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The effects of using the learning management system Moodle with an electronic dean's office at the university level are considered. Application of the learning management system Moodle showed that this system is perfect for using at the department level. But when we talk about university level this system does not meet all the requirements of the teaching and learning activities.

Последние несколько лет в учебном процессе в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королёва (СГАУ) активно применяется система управления обучением (англ. learning management system, LMS) Moodle. Широкое использование Moodle выявило множество положительных сторон использования данной системы. Однако, будучи почти идеальной для использования на кафедральном уровне, эта система не совсем удовлетворяет требованиям работы на уровне университета.

Давайте рассмотрим, чем является Moodle с точки зрения организации учебного процесса? В учебном процессе можно выде-

лить два основных компонента: 1) содержание обучения и 2) контингент обучаемых.

1. Содержание обучения в Moodle представлено в виде электронных курсов, которые никак не связаны между собой. Каждый такой электронный курс может являться, например, дисциплиной какой-либо специальности, но при этом не иметь привязки к учебному плану специальности и не иметь никакой связи с предыдущими и последующими дисциплинами этой специальности.

2. Студенты или слушатели из базы данных выбираются для каждого электронного курса и, таким образом, группа студентов существует, пока идёт учебный процесс по данной дисциплине. После завершения