

4. 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.

5. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С Вакулюк. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 125 с.

УДК 621.787:539.319

*Павлов В.Ф., Шадрин В.К., Прохоров А.А.,  
Караньева О.В., Богданова И.В.*

## **ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЕЙ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ПО ОСТАТОЧНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ**

В исследовании [1] было показано, что основное влияние на повышение сопротивления усталости деталей с концентраторами напряжений после поверхностного упрочнения оказывают сжимающие остаточные напряжения, наведённые в тонком поверхностном слое этих деталей. Для оценки влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости обычно используются два критерия: критерий осевых остаточных напряжений  $\sigma_z^{ног}$  на поверхности опасного сечения детали и критерий среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{\sigma}_{огм}$  [2], вычисляемых по методике работы [3].

Приращение предела выносливости  $\Delta P_R$  ( $\Delta\sigma_R$  – изгиб, растяжение-сжатие;  $\Delta\tau_R$  – кручение) поверхностно упрочнённых деталей с концентраторами напряжений при использовании критериев  $\sigma_z^{ног}$  и  $\bar{\sigma}_{огм}$  определяется по следующим формулам:

$$\Delta P_R = \psi_p \cdot |\sigma_z^{ног}|,$$

$$\Delta P_R = \bar{\psi}_p \cdot |\bar{\sigma}_{огм}|,$$

где  $\psi_p$  ( $\psi_\sigma$  – изгиб, растяжение-сжатие;  $\psi_\tau$  – кручение),  $\bar{\psi}_p$  ( $\bar{\psi}_\sigma$  – изгиб, растяжение-сжатие;  $\bar{\psi}_\tau$  – кручение) – коэффициенты влияния поверхностного упрочнения по критериям  $\sigma_z^{ног}$  и  $\bar{\sigma}_{огм}$ , соответственно, на предел выносливости деталей.

На кафедре сопротивления материалов и НИЛ-31 Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва для проверки возможности использования обоих критериев ( $\sigma_z^{ног}$  и  $\bar{\sigma}_{осм}$ ) при оценке влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости при изгибе, растяжении-сжатии и кручении были проведены экспериментальные исследования на образцах и деталях с различными концентраторами напряжений: надрезами и галтелями различных радиусов, резьбой, втулкой, напрессованной на вал.

Экспериментальные исследования проведены при различных видах поверхностного упрочнения (гидро- и пневмодробеструйная обработка, обкатка роликом, алмазное выглаживание, обработка микрошариками, азотирование, цементация), на образцах и деталях из различных материалов (стали 30ХГСА, 12Х18Н10Т, ЭИ961, ЭИ696, ВНС40, 16ХСН, ЭП479Ш, 38Х2МЮА, 40Х, 40ХН, 45, 40, 20; сплавы ЭИ437Б, ЭИ698ВД, ВКС-5, ВНС-17, ЭП718, ЖС6У, В93, В95, Д16Т, Д1П, 1953Т1, ВТ16, ВТ9, ВТЗ-1) с размерами опасного поперечного сечения от 3 мм до 73 мм.

Проведённые исследования показали, что при оценке влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию осевых  $\sigma_z^{ног}$  остаточных напряжений на поверхности опасного сечения образцов и деталей соответствующий коэффициент  $\psi_p$  изменяется в значительно больших пределах, чем коэффициент  $\bar{\psi}_p$  при оценке влияния поверхностного упрочнения по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{\sigma}_{осм}$ . Поэтому оценка влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости деталей с концентраторами напряжений по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{\sigma}_{осм}$  приводит к значительно более точным значениям предела выносливости, чем оценка по критерию осевых  $\sigma_z^{ног}$  остаточных напряжений на поверхности опасного сечения.

Таким образом, на основании проведённых исследований установлено, что для оценки предела выносливости при изгибе, растяжении-сжатии и кручении поверхностно упрочнённых деталей с концентраторами напряжений необходимо использовать критерий среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{\sigma}_{осм}$ .

## Библиографический список

1. Иванов, С.И. Влияние остаточных напряжений на усталостную прочность / С.И. Иванов, В.Ф. Павлов // Проблемы прочности. – 1976. – №5. – С. 25–27.
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.
3. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 125 с.

УДК 621.787:539.319

*Пилипиев О.М., Вакулюк В.С., Сазанов В.П.,  
Шадрин В.К., Туманов Д.В.*

### **ОСОБЕННОСТИ РАСКРЫТИЯ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В КОРСЕТНЫХ ОБРАЗЦАХ, УПРОЧНЁННЫХ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

В данной работе приведены результаты исследования влияния остаточных напряжений на характер раскрытия усталостной трещины в корсетных образцах, поверхность которых была подвергнута цементации. Цементация – это один из видов химико-термической обработки, которая заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали углеродом при нагреве в соответствующей среде. В результате процесса образуется диффузионный слой, под которым понимается слой детали у поверхности насыщения, отличающийся от исходного материала по химическому составу, структуре и свойствам. Окончательные свойства обрабатываемые детали приобретают в результате закалки и низкого отпуска, которые выполняются после цементации. Назначение цементации и последующей термической обработки – придать поверхностному слою высокую твёрдость и износостойкость, повысить контактную выносливость и сопротивление усталости при изгибе и кручении.