

## ВЛИЯНИЕ ЦЕМЕНТАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ КОЛЬЦЕВОЙ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В КОРСЕТНЫХ ОБРАЗЦАХ

Сазанов В.П., Декань А.А., Письмаров А.В., Анисимов С.А., Куликов С.В.  
Самарский университет, г. Самара, soproamat@ssau.ru

*Ключевые слова:* корсетный образец, остаточные напряжения, усталостная трещина.

В работе приведены результаты исследования влияния остаточных напряжений на параметры кольцевой усталостной трещины в корсетных образцах с поверхностным упрочнением методом цементации. В качестве исходных данных для расчёта были использованы экспериментальные результаты изучения влияния цементации на сопротивление усталости, которые были выполнены на корсетных образцах круглого поперечного сечения с наименьшим диаметром 7,5 мм из сплава 16ХЗНВФМБ (ВКС-5) [1].

Режимы термической и химико-термической обработок приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Режимы термической и химико-термической обработки корсетных образцов

№ п/п	Режимы термической и химико-термической обработки
1	Исходное состояние: закалка 900 °С; отпуск 600 °С – 1 час
2	Ионная цементация 950 °С – 1 час; отпуск 650 °С – 3 часа
3	Цементация 940 °С – 6 часов; отпуск 650°С – 3 часа; закалка 900°С ; обработка холодом: – 70 °С

Расчёты выполнены методом конечно-элементного моделирования с использованием комплекса ANSYS. Остаточное напряжённо-деформированное состояние моделировано методом термоупругости [2]. Были получены зависимости коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  от максимального напряжения цикла  $\sigma_{max}$  при фиксированных значениях глубины кольцевой трещины в наименьшем сечении образца. Представляющие наибольший интерес зависимости  $K_I = f(\sigma_{max})$  для критической глубины  $t_{кр}$  нераспространяющейся трещины усталости [1] представлены на рис.1. Как следует из рис. 1, график  $K_I = f(\sigma_{max})$  для неупрочнённого образца представляет собой линейную зависимость, исходящую из начала системы координат. Для упрочнённых образцов график функции является ломаной линией, которая состоит из трёх участков, первые два из которых связаны с задержкой полного раскрытия трещины.

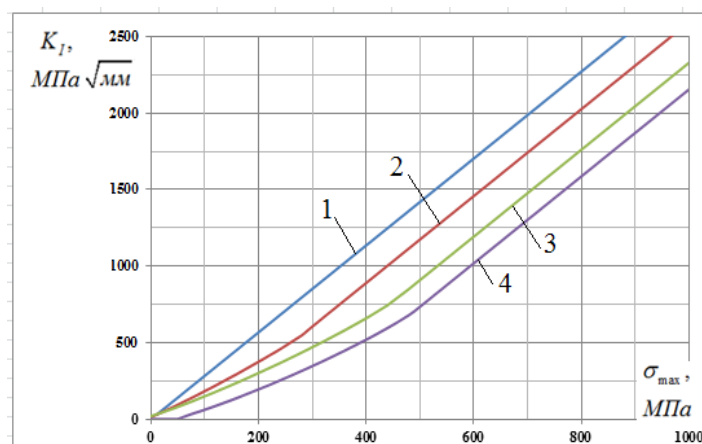


Рисунок 1 – Зависимости коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  от максимального напряжения цикла  $\sigma_{max}$  для корсетных образцов: 1 – без упрочнения; 2 – с упрочнением поверхности (режим 1); 3 – с упрочнением (режим 2); 4 – с упрочнением (режим 3, табл. 1)

Как показали результаты испытаний на усталость при изгибе в случае симметричного цикла, наибольшее приращение предела выносливости имели корсетные образцы, у которых зависимость  $K_f = f(\sigma_{max})$  на рис. 1 проходит ниже. Дополнительно следует отметить, что приращение предела выносливости достаточно хорошо коррелируется с уровнем коэффициента интенсивности напряжений при раскрытии усталостной трещины.

### Список литературы

1. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. 125 с.
2. Сазанов В.П., Кирпичёв В.А., Вакулюк В.С., Павлов В.Ф. Определение первоначальных деформаций в упрочнённом слое цилиндрической детали методом конечно-элементного моделирования с использованием расчётного комплекса PATRAN/NASTRAN / Вестник УГАТУ, 2015. Т. 19. № 2 (68). С. 35-40.
3. Кудрявцев П.И. Нераспространяющиеся усталостные трещины. М.: Машиностроение, 1982. 171 с.
4. Кудрявцев П.И., Морозова Т.И. Развитие усталостных трещин в сталях в связи с поверхностным наклёпом / Исследования по упрочнению деталей машин. М.: Машиностроение, 1972. С. 194-200.

### Сведения об авторах

Сазанов Вячеслав Петрович, к.т.н., без звания, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Декань Алексей Алексеевич, к.т.н., доцент. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Письмаров Андрей Викторович, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Анисимов Сергей Алексеевич, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Куликов Сергей Вячеславович, студент гр. 2313. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

### INFLUENCE OF CEMENTATION ON THE PARAMETERS OF A CIRCULAR FATIGUE CRACK IN CORSET SPECIMENS

Sazanov V.P., Dekan A.A., Pismarov A.V., Anisimov S.A., Kulikov S.V.  
Samara University, Samara, Russia, [sopromat@ssau.ru](mailto:sopromat@ssau.ru)

*Keywords: corset sample, residual stresses, fatigue crack.*

The paper presents the results of a study of the effect of residual stresses on the parameters of an annular fatigue crack in corset specimens with surface hardening by the method of chemical-thermal treatment (cementation). The experimental results obtained in the study of the effect of carburizing on fatigue resistance were taken as a basis, which were carried out on corset samples of a circular cross section with a smallest diameter of 7.5 mm from the VKS-5 alloy. It has been established that compressive residual stresses significantly reduce the stress intensity factor and its value correlates quite accurately with the increase in the endurance limit due to hardening.