

НАЗНАЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОБРАБОТКИ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ

Сургутанов Н.А., Сургутанова Ю.Н., Попов А.Д., Виноградова Е.А., Тырлышкин И.В.
Самарский университет, г. Самара, soproimat@ssau.ru

Ключевые слова: коэффициент интенсивности напряжений, режимы упрочнения, детали с концентратором напряжений, сопротивление усталости.

В данном исследовании для определения влияния режимов упрочняющей обработки на развитие трещины усталости в цилиндрических деталях в качестве критерия оценки использовался коэффициент интенсивности напряжений (КИН) [1].

В работе [2] рассматривается пример использования математического моделирования первоначальных деформаций в образах-свидетелях в виде алгебраических функций, соответствующих различным режимам упрочнения. Применение такого моделирования обеспечивает практически все возможные случаи характера изменения остаточных напряжений в упрочнённом поверхностном слое деталей.

Алгебраические выражения различных функций распределения первоначальных деформаций $f(\xi)$ приведены в табл. 1, а их графики – на рис. 1.

Таблица 1 – Функции распределения первоначальных деформаций по толщине упрочнённого поверхностного слоя деталей

Вариант	1	2	3	4
$f(\xi)$	$1 - \sqrt{1 - \xi^2}$	ξ^2	ξ	$1 - (1 - \xi)^2$

Выражение для первоначальных деформаций записывается в виде

$$\varepsilon(\xi) = \varepsilon_0 f(\xi), \quad (1)$$

где ε_0 – постоянная величина деформации; $f(\xi)$ – алгебраическая функция; $\xi = y/a$ – расстояние от поверхности детали до текущего слоя, выраженное в долях от толщины a упрочнённого слоя. Величина ξ изменяется в пределах от 0 до 1.

Функции распределения первоначальных деформаций (рис. 1 и табл. 1) соответствуют обработке деталей с различными режимами упрочнения [2].

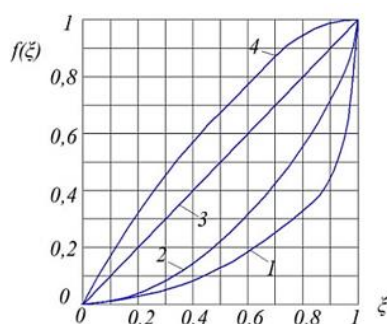


Рисунок 1 – Графики функции $f(\xi)$: номера кривых соответствуют функциям табл. 1

В работе был вычислен КИН для цилиндрических деталей диаметром $D = 10$ мм, ослабленных круговым надрезом полукруглого профиля с $R = 0,5$ мм и $R = 0,3$ мм, испытывающих деформацию растяжения. В качестве порогового коэффициента интенсивности напряжений ΔK_{th} для упрочнённой детали принимался КИН, соответствующий начальной глубине структурного дефекта $t_0 = 0,05$ мм [1]. Задавалась нагрузка, равная пределу выносливости для упрочнённых деталей.

При помощи МКЭ-пакета ANSYS для детали с $D = 10$ мм, с наименьшим диаметром $d = 9$ мм и $R = 0,5$ мм с полем остаточных напряжений были определены закономерности изменения КИН, наблюдающиеся при увеличении глубины трещины усталости (рис. 2).

При создании поля сжимающих остаточных напряжений рассматривались функции распределения первоначальных деформаций по толщине упрочнённого поверхностного слоя деталей $f(\xi)$, приведённые в табл. 1.

Из рис. 2 видно, что закономерность изменения КИН при увеличении глубины трещины t не зависит от вида распределения первоначальных деформаций по толщине упрочнённого слоя, изменяется лишь уровень КИН.

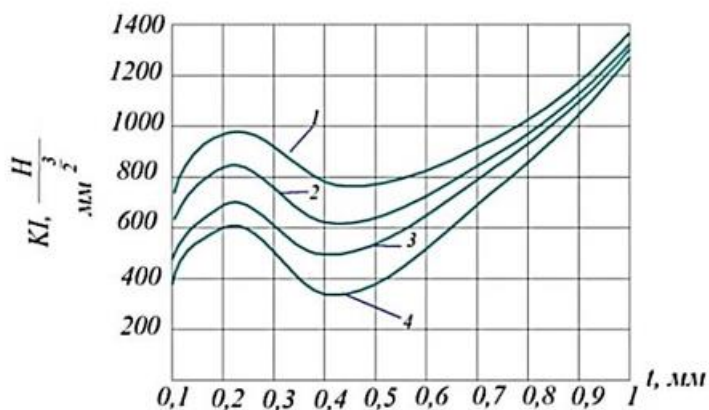


Рисунок 2 – Изменение КИН в детали с $D = 10$ мм, $d = 9$ мм с $R = 0,5$ мм для различных режимов упрочнения, соответствующих функциям 1 – 4 табл. 1

Чем ниже уровень КИН, тем значительнее сжимающие остаточные напряжения влияют на остановку развития трещины усталости, и, следовательно, на сопротивление усталости цилиндрических деталей с концентраторами напряжений.

Анализируя графики изменения КИН при увеличении глубины трещины усталости в деталях, подверженных различным режимам упрочняющей обработки, можно выбрать оптимальный режим упрочнения деталей, работающих при циклическом нагружении.

Список литературы

1. Сургутанов Н.А. Моделирование и определение закономерностей развития трещины усталости в поверхностном слое упрочнённых деталей: дисс. канд. техн. наук: 01.02.06. защищена 13.12.2019: утв. 21.10.2020 / Сургутанов Николай Андреевич. С. 2019.
2. Вакулюк В.С., Сазанов В.П., Шадрин В.К., Микушев Н.Н., Злобин А.С. Применение метода термоупругости при конечно-элементном моделировании остаточного напряжённого состояния в поверхностно упрочнённых деталях / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2014. Т. 16, № 4. С. 168-174.

Сведения об авторах

Сургутанов Николай Андреевич, к.т.н., без звания, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Сургутанова Юлия Николаевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры сопротивления материалов. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Попов Александр Денисович, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Виноградова Екатерина Алексеевна, студент гр. 1207. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Тырлышкин Иван Игоревич, студент гр. 1215. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

APPOINTMENT OF THE OPTIMUM PROCESSING MODE WHEN HARDENING DETAILS WITH STRESS CONCENTRATORS

Surgutanov N.A., Surgutanova YU.N., Popov A.D., Vinogradova E.A., Tyrlyshkin I.V.
Samara University, Samara, Russia, sopromat@ssau.ru

Keywords: stress intensity factor, hardening modes, details with stress concentrator, fatigue resistance.

In this study, the stress intensity coefficient (SIK) was used as an evaluation criterion to determine the effect of hardening treatment modes on the development of fatigue cracks in cylindrical parts. With the help of the ANSYS FEM package for a cylindrical part weakened by a circular incision of a semicircular profile with a field of residual stresses, the patterns of changes in SIK with an increase in the depth of the fatigue crack were determined. As a result, it was found that the lower the SIK level, the more significantly compressive residual stresses affect the arrest of fatigue crack development.