

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАЗМАХА ПОРОГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В УПРОЧНЁННЫХ ДЕТАЛЯХ С НАДРЕЗАМИ

Сургутанов Н. А., Сургутанова Ю. Н., Пилипив О. М., Криволапов М. Р., Дюжий Д.А.
Самарский университет, г. Самара, sprogmat@ssau.ru

Ключевые слова: коэффициент интенсивности напряжений, концентратор напряжений, остаточные напряжения.

В процессе эксплуатации в деталях, работающих при переменных нагрузках, накапливаются дефекты, которые приводят к образованию трещин и последующему нарушению работоспособности деталей. Для определения критической глубины трещины используется такая характеристика повреждённой нагруженной конструкции как коэффициент интенсивности напряжений (КИН).

Получению зависимости увеличения размера трещины за один цикл нагружения dt/dN от величины размаха КИН K_I (индекс I обозначает тип разрушения – отрыв) ΔK_I было посвящено большое количество исследований, в результате которых был разработан стандартный метод измерения, описанный в работе [1]. На рис. 1 представлена типичная диаграмма $(dt/dN) - \Delta K_I$.

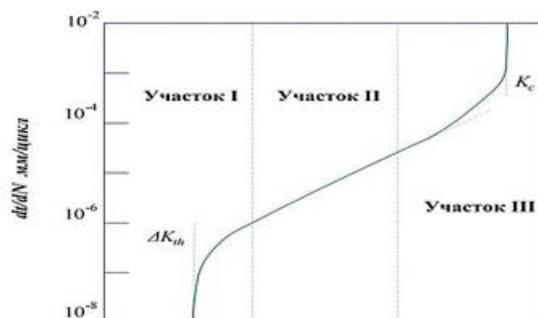


Рисунок 1 – Типичная диаграмма $dt/dN - \Delta K_I$

Наиболее важным для данной работы является участок I диаграммы. Существенной особенностью этого участка развития трещины является наличие такого значения КИН, ниже которого трещина распространяться не будет. Это значение определяется, как пороговое для усталостного роста трещины и обозначается через K_{th} . Данный коэффициент является основной характеристикой, контролирующей начало развития трещины, а, следовательно, и определяющей величину предела выносливости.

При построении диаграммы $(dt/dN) - \Delta K_I$ размах КИН предполагался равным K_{max} при $R \leq 0$ и $K_{max} - K_{min}$ при $R \geq 0$, где $R = K_{max} / K_{min}$ – коэффициент асимметрии цикла напряжений. В работе [2] пороговый КИН $K_{max/th} (\Delta K_{th})$ принимался как максимальное значение КИН, при котором трещина не растёт в течение заданного числа циклов нагружения.

В работе [3] была предложена методика расчёта КИН K_I при помощи МКЭ-пакета ANSYS в цилиндрических деталях, ослабленных круговым надрезом полукруглого профиля (рис. 2), испытывающих деформацию растяжения.

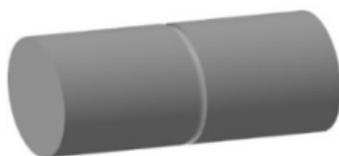


Рисунок 2 – Цилиндрическая деталь с круговым надрезом полукруглого профиля

Четверть цилиндрической детали представлена на рис. 3, где L – длина детали, D – диаметр, d – диаметр в наименьшем сечении, R – радиус полукруглого надреза, t – глубина трещины.

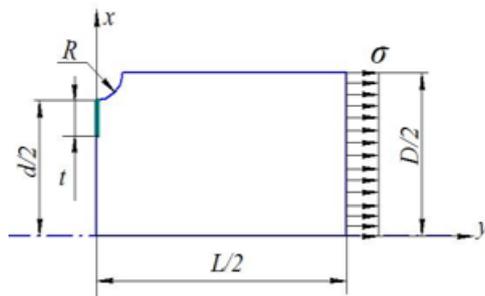


Рисунок 3 – Четверть цилиндрической детали

В данном исследовании задача нахождения размаха порогового КИН ΔK_{th} была решена аналитически при помощи МКЭ-пакета ANSYS.

В конечно-элементную модель цилиндрической детали, рассмотренную в работе [3] были введены остаточные напряжения с помощью метода термоупругости. После этого для упрочнённой детали с концентратором напряжений при циклическом нагружении на положительном полупериоде был определён пороговый КИН ΔK_{th} , соответствующий начальной глубине структурного дефекта $t_0 = 0,05$ мм.

На рис. 4 представлены графики изменения КИН в зависимости от глубины трещины для случаев без упрочнения и с упрочнением детали с $D = 10$ мм, $d = 9$ мм и $R = 0,5$ мм.

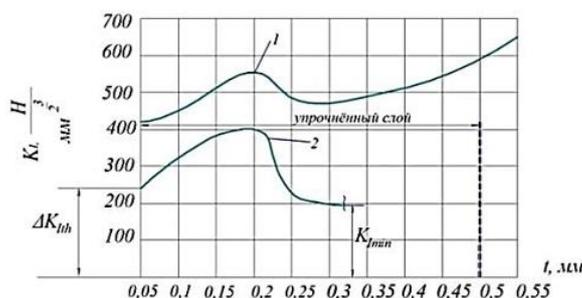


Рисунок 4 – Изменение $K_I(t)$ в деталях с $D = 10$ мм, $d = 9$ мм, $R = 0,5$ мм; 1 – без упрочнения; 2 – с упрочнением

Вывод

По результатам исследования было получено значение размаха порогового КИН $\Delta K_{th} = 247 \frac{H}{3 \text{ мм}^2}$ в упрочнённой цилиндрической детали с концентратором напряжений.

Список литературы

1. Трощенко В.Т., Покровский В.В., Прокопенко А.В. Трещиностойкость металлов при циклическом нагружении. – Киев.: Наук. думка, 1987. 253 с.
2. 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. 128 с. 9 19-5/1700.

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.

Пилипив Олег Михайлович, аспирант. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Криволапов Максим Романович, студент гр. 1203. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Дюжий Даниил Анатольевич, студент гр. 1203. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

DETERMINATION OF THE MAGNITUDE OF THE SPAN OF THE THRESHOLD COEFFICIENT OF STRESS INTENSITY IN HARDENED DETAILS WITH INCISIONS

Surgutanov N.A., Surgutanova YU.N., Pilipiv O.M., Krivolapov M.R., Dyuzhij D.A.
Samara University, Samara, Russia, sopromat@ssau.ru

Keywords: stress intensity coefficient, stress concentrator, residual stresses

In this study, we considered the problem of finding the range of the threshold stress intensity factor for hardened parts with stress concentrators. A method was proposed for determining analytically using the ANSYS software in hardened cylindrical parts experiencing tensile deformation.