

Сазанов В.П., Сургутанов Н.А., Микушев Н.Н., Письмаров А.В.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА
ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ГЛУБИНЫ ТРЕЩИНЫ
В ГЛАДКИХ И НАДРЕЗАННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ**

В данном исследовании были изучены закономерности изменения коэффициента интенсивности напряжений K_I (индекс I обозначает тип разрушения – отрыв) с увеличением глубины трещины в цилиндрических сплошных образцах различных размеров поперечного сечения при наличии концентраторов напряжений и без них. Коэффициенты интенсивности напряжений служат мерой сингулярности напряжений около вершины трещины, то есть области предразрушения, и играют для этой области такую же роль, как коэффициенты концентрации напряжений в сопротивлении материалов для макрообъёмов тела [1,2].

В работе исследовались сплошные гладкие цилиндрические образцы длиной $L = 60$ мм, диаметром D , а также сплошные цилиндрические образцы длиной $L = 60$ мм, диаметром D и диаметром d в наименьшем сечении, ослабленные круговыми надрезами полукруглого профиля $R = 0,5$ мм (рис. 1). Геометрические параметры исследуемых образцов приведены в табл. 1.

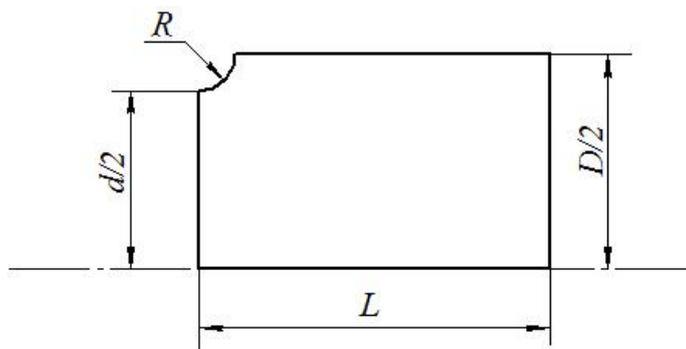


Рис. 1. Цилиндрический образец с надрезом

В среде программного продукта ANSYS был проведён расчёт коэффициента интенсивности напряжений K_I для гладких цилиндрических образцов и цилиндрических образцов с концентратором напряжений. Решалась статическая упругая задача, напряжённое состояние принималось осесимметричным. Материал цилиндра считался изотропным со следующими механическими характеристиками: модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент поперечной деформации $\mu = 0,33$.

Таблица 1. Геометрические параметры образцов

Образец, №	Радиус надреза R , мм	Длина L , мм	Высота D , мм	Высота d , мм
1	–	60	10	–
2			25	
3			40	
4	0,5		10	9,0
5	25		24,4	
6	40		39,0	

При решении задачи в силу симметрии образцов и напряжённого состояния для уменьшения вычислительных затрат моделировался не весь образец, а лишь его четверть. Граничные условия назначались исходя из симметрии модели. На правом торце задавалась внешняя нагрузка в виде растягивающих напряжений $\sigma = 300$ МПа. По результатам исследований построены графики изменения коэффициента интенсивности напряжений K_I в зависимости от глубины трещины t (рис. 2 – 4).

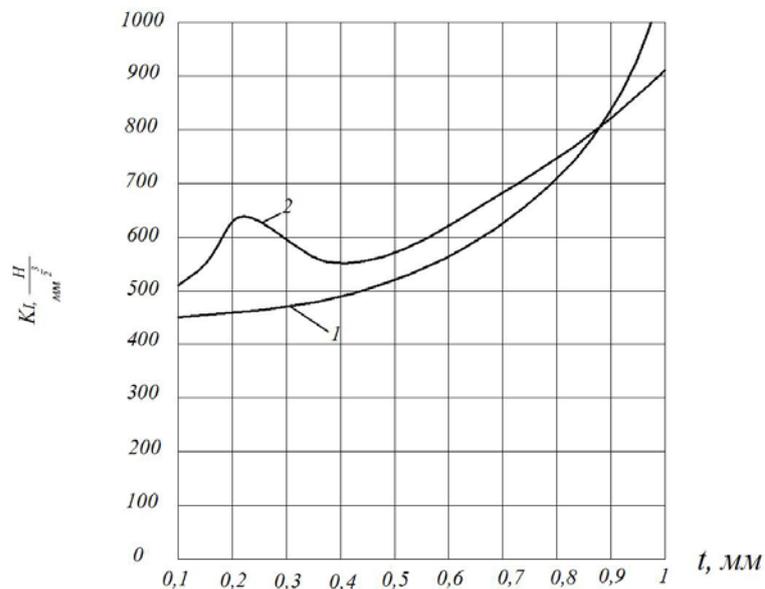


Рис. 2. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в цилиндрических образцах $D = 10$ мм, 1 – в гладких образцах; 2 – в образцах с надрезом радиуса $R = 0,5$ мм

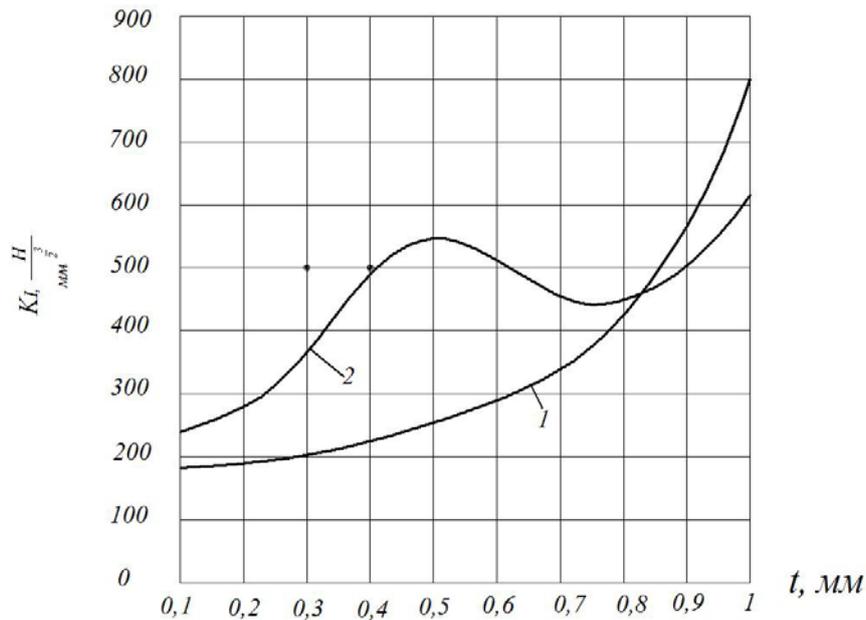


Рис. 3. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в цилиндрических образцах $D = 25$ мм, 1 – в гладких образцах; 2 – в образцах с надрезом радиуса $R = 0,5$ мм

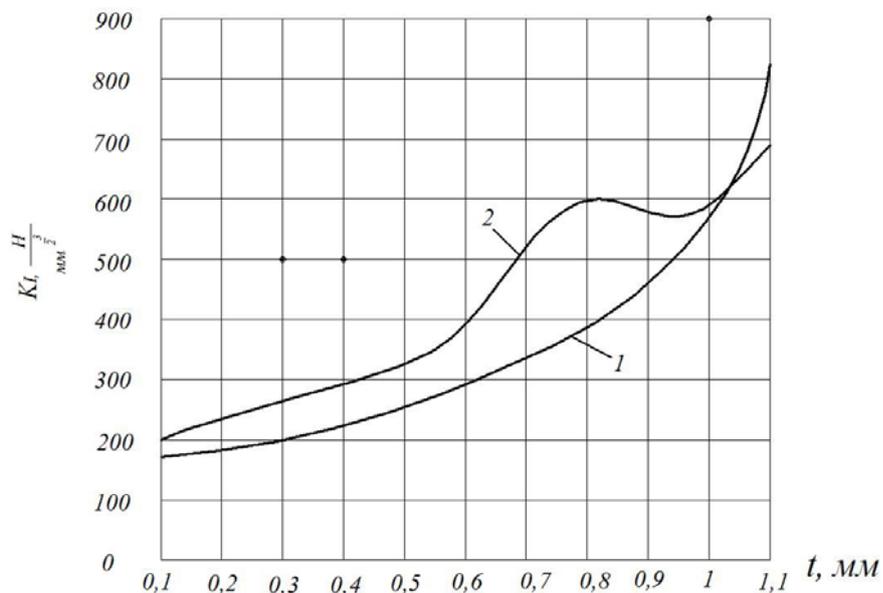


Рис. 4. Изменение коэффициента интенсивности напряжений K_I при увеличении глубины трещины в цилиндрических образцах $D = 40$ мм, 1 – в гладких образцах; 2 – в образцах с надрезом радиуса $R = 0,5$ мм

На основании проведённых исследований установлено, что коэффициент интенсивности напряжений K_I достигает максимального значения при глубине трещины, равной примерно $0,02d$, где d – диаметр наименьшего (опасного) сечения образца (рис. 1). Для цилиндрических образцов рассматриваемых размеров без концентратора напряжений на всём участке увеличения глубины трещины t происходит плавное изменение

коэффициента интенсивности напряжений K_I . Этот результат достаточно точно согласуется с размером критической глубины $t_{кр}$ нераспространяющейся трещины усталости для сплошных цилиндрических образцов и деталей с концентраторами напряжений, определяемый по формуле $t_{кр} = 0.0216d$, которая была получена на основании многочисленных экспериментов в работах [3-5].

Библиографический список

1. Трощенко, В.Т. Трещиностойкость металлов при циклическом нагружении [Текст] / В.Т. Трощенко, В.В. Покровский, А.В. Прокопенко. – Киев: Наукова Думка, 1987. – 256 с.
2. Кудрявцев, П.И. Нераспространяющиеся усталостные трещины [Текст] / П.И. Кудрявцев. – М.: Машиностроение, 1982. – 171 с.
3. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям [Текст] / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 125 с.
4. Иванов, С.И. Остаточные напряжения и сопротивление усталости высокопрочных резьбовых деталей [Текст] / С.И. Иванов, В.Ф. Павлов, Б.В. Минин, В.А. Кирпичёв, Е.П. Кочеров, В.В. Головкин. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2015. – 170 с.
5. Кирпичёв, В.А. Прогнозирование предела выносливости деталей при различной степени концентрации напряжений [Текст] / В.А. Кирпичёв, А.С. Букатый, А.П. Филатов, А.В. Чирков // Вестник УГАТУ. – 2011. – Т.15. – № 4 (44). – С. 81-85.