

УДК 6221.78

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНАХ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ И БЕЗ НИХ

Заболотских Т. К., Бакиров А. Б., Жарков Д. А., Сургутанова Ю. Н.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

В данном исследовании были изучены закономерности изменения коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  (индекс I обозначает тип разрушения – отрыв) с увеличением глубины трещины в пластинах различных размеров поперечного сечения при наличии концентраторов напряжений и без них [1,2].

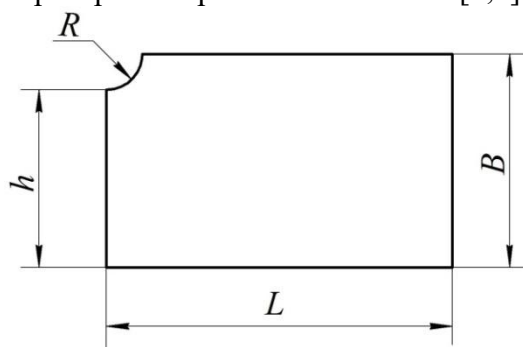


Рис. 1. Пластина с концентратором

В среде программного продукта ANSYS был проведён расчёт коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  для плоских гладких образцов и для образцов с концентратором напряжений в виде надреза полукруглого профиля. Решалась статическая упругая задача, напряжённое состояние принималось плоским. Материал пластины принимался изотропным со следующими механическими характеристиками: модуль продольной упругости –  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент поперечной деформации –  $\mu = 0,33$ . В данной работе исследовались плоские образцы прямоугольного поперечного сечения длиной  $L = 60$  мм, высотой  $B$  и высотой  $h$  в наименьшем сечении с надрезом полукруглого профиля радиуса  $R = 0,5$  мм (рис.1).

При решении задачи в силу симметрии детали и напряжённого состояния моделировалась не вся пластина, а лишь её четверть.

Граничные условия назначались, исходя из симметрии модели. На правом торце задавалась внешняя нагрузка в виде растягивающих напряжений  $\sigma = 300$  МПа.

Геометрический образ конечно-элементной модели пластины с полукруглым надрезом разбивался сеткой плоских 8-и узловых конечных элементов типа *Solid Quad 8 node 183*.

На основании проведённых исследований установлено, что для пластин рассматриваемых размеров без концентраторов напряжений на всём участке увеличения глубины трещины  $t$  происходит плавное увеличение коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  (рис. 2). Для пластин рассматриваемых размеров с концентратором в виде надреза полукруглого профиля радиуса  $R = 0,5$  мм коэффициент интенсивности напряжений  $K_I$  достигает максимального значения при глубине трещины, равной примерно  $0,02h$  (рис. 3), где  $h$  – высота пластины с концентратором напряжений в наименьшем сечении. 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], где  $D$  – диаметр наименьшего (опасного) сечения.

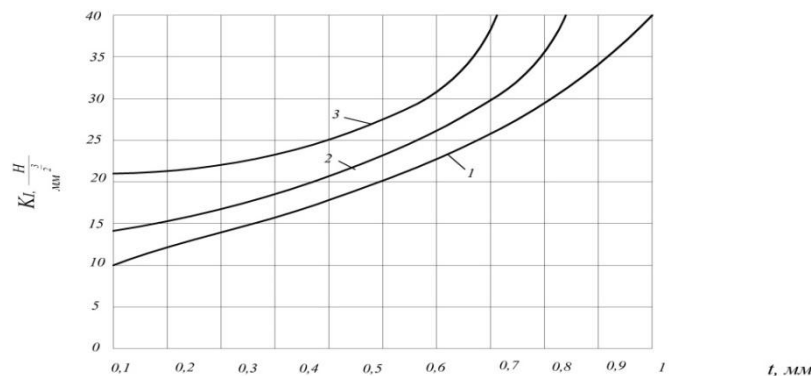


Рис. 2. Изменение коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  при увеличении глубины трещины в гладких пластинах: 1 –  $B = 20$  мм; 2 –  $B = 40$  мм; 3 –  $B = 50$  мм

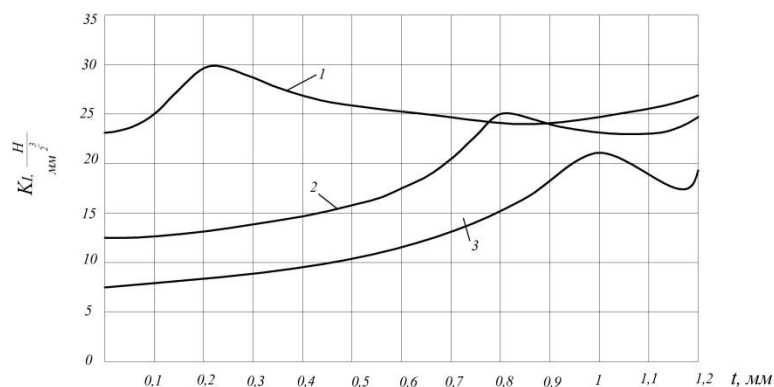


Рис. 3. Изменение коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  при увеличении глубины трещины в пластинах с надрезом радиуса  $R = 0,5$  мм, 1 –  $B = 20$  мм; 2 –  $B = 40$  мм; 3 –  $B = 50$  мм

#### Библиографический список

1. Кудрявцев, П. И. Развитие усталостных трещин в сталях в связи с поверхностным наклёпом [Текст] / П. И. Кудрявцев, Т. И. Морозова // Исследования по упрочнению деталей машин. М.: Машиностроение. – 1972. – С. 194-200.
2. 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.
3. Павлов, В. Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям [Текст] / В. Ф. Павлов, В. А. Кирпичёв, В. С. Вакулюк // Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.
4. Павлов, В. Ф. Влияние на предел выносливости величины и распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали с концентратором. Сообщение I. Сплошные детали [Текст] / В. Ф. Павлов // Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – №8. – С. 22-26.
5. Иванов, С. И. Остаточные напряжения и сопротивление усталости высокоресурсных резьбовых деталей [Текст] / С. И. Иванов, В. Ф. Павлов, Б. В. Минин, В. А. Кирпичёв, Е. П. Кочеров, В. В. Головкин. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2015. – 170 с.