

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Сергеенков В.Е.¹, Скичко Д.В.², Стачук А.А.³, Горбунов В.С.⁴

¹Сергеенков Владимир Евгеньевич - профессор, доктор наук;

²Скичко Дмитрий Владимирович - доцент, кандидат технических наук,
кафедра общенаучных и общетехнических дисциплин;

³Стачук Александр Александрович - преподаватель,
кафедра применения подразделений и частей материального обеспечения,

⁴Горбунов Виктор Станиславович – курсант,
командно-инженерный (автомобильно-дорожный) факультет,
Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва,
г. Санкт-Петербург

Аннотация: целью данной статьи является изучение внешних нагрузок, а также структурно–фазовых превращений в материале конструкции, в которых возникают внутренние силы, которые могут быть выражены через внешние нагрузки. Внутренние силы, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения тела, называют напряжениями. Введение понятия напряжений позволяет проводить расчеты на прочность конструкций и их элементов.

Ключевые слова: напряжение, исследование, нагрузки.

УДК-681.2.-2

Под воздействием внешних нагрузок, а также структурно – фазовых превращений в материале конструкции возникают внутренние силы, которые могут быть выражены через внешние нагрузки. Внутренние силы, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения тела, называют **напряжениями**. Введение понятия напряжений позволяет проводить расчеты на прочность конструкций и их элементов [1, 60].

Наличие в испытуемом образце (изделии) механических надрезов, трещин, внутренних дефектов металла (металлургического, технологического или эксплуатационного происхождения), сквозных отверстий, резких переходов от толстого к тонкому сечению и т.д. приводит к неравномерному распределению напряжений, создавая у основания надреза пиковую концентрацию нормальных напряжений (рис 1).

Такие источники концентрации напряжений называются **концентраторами напряжений**. Пик напряжений тем больше, чем меньше радиус концентратора напряжений и чем больше глубина надреза.

После снятия внешней нагрузки в теле могут остаться **внутренние напряжения**. Причиной возникновения внутренних напряжений могут быть также перепады температуры и структурно – фазовые превращения, происходящие в процессе технологической обработки материалов. Существует следующая **классификация внутренних напряжений**:

- внутренние напряжения первого рода – напряжения, возникающие между крупными частями тела (макроскопические напряжения) [2, 159];
- внутренние напряжения второго рода – напряжения, возникающие между смежными зёрнами или внутри зёрен (микроскопические напряжения);
- внутренние напряжения третьего рода – напряжения, возникающие внутри объема, охватывающего несколько ячеек кристаллической решетки (субмикроскопические напряжения).

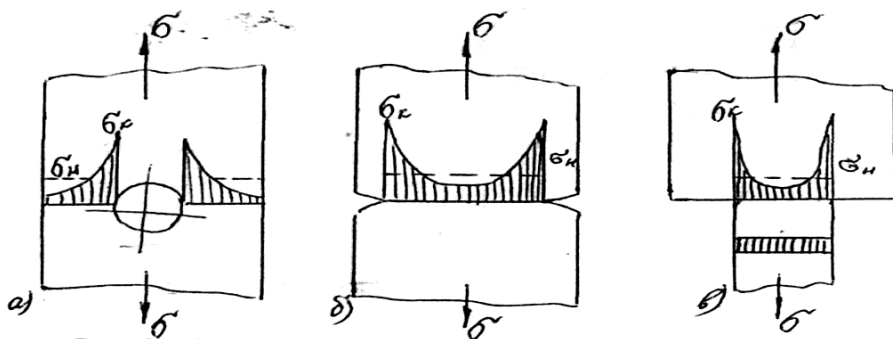


Рис. 1. Эпюры растягивающих напряжений при различных концентраторах напряжений:
 σ_n – номинальное (среднее) напряжение; σ_k – максимальное напряжение

Например, при растяжении полосы с небольшим отверстием (рис. 2) закон равномерного распределения напряжений вблизи отверстия нарушается. Напряженное состояние становится двухосным, а у края отверстия появляется пик напряжения. Данная особенность распределения напряжений получила название **концентрации напряжений**. Зона распространения повышенных напряжений ограничена узкой областью, расположенной в окрестности очага концентрации, или концентратора напряжений. В связи с локальным характером распределения эти напряжения называются **местными напряжениями**.

Величина местных напряжений в зависимости от геометрической формы детали определяется обычно теоретически при помощи методов математической теории упругости. Часто при определении местных напряжений используется также испытание моделей [3, 59].

Основным показателем местных напряжений является **теоретический коэффициент концентрации напряжений**:

$$K_T = \frac{\sigma_{\text{MAX}}}{\sigma_{\text{НОМ}}},$$

где σ_{MAX} – наибольшее местное напряжение;

$\sigma_{\text{НОМ}}$ – так называемое **номинальное напряжение**.

Напряжение, которое определяется по формулам сопротивления материалов без учета эффекта концентрации.

Обычно подсчет $\sigma_{\text{НОМ}}$ ведется по наиболее ослабленному сечению детали, как, например, по сечению AA

$$\sigma_{\text{НОМ}} = \frac{P}{F_{AA}}$$

где F_{AA} – площадь поперечного сечения [4, 54].

Номинальное напряжение выбирается в первую очередь из соображений, связанных с простотой расчета. Величина теоретического коэффициента концентрации определена для большинства встречающихся на практике типовых конструктивных элементов. Данные по величине K_T приводятся в виде таблиц и графиков в справочной литературе. На рис. 2.б приведена зависимость теоретического коэффициента концентрации напряжений от соотношения геометрических размеров для полосы с отверстием [5, 147].

Экспериментальное определение напряжения в точках образца выполняется путем тензометрирования. На рис. 3 показан фрагмент образца с установленными на нем тензорезисторами и приведены обозначения, используемые в дальнейшем изложении [6, 274].

На рис. 4 показано распределение напряжений вдоль оси образца Z, начиная от центра отверстия, на рис. 5 вдоль оси X, начиная от центра отверстия.

Напряжения в основном сечении от внешней силы $P_{\text{НАГ}}$:

$$\sigma_{\text{НАГ}} = \frac{P_{\text{НАГ}}}{b \cdot t},$$

где b – ширина образца;

t – толщина образца.

Номинальные напряжения в ослабленном сечении:

$$\sigma_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НАГ}}}{(b-d)} = \sigma_{\text{НА}} \cdot \frac{b}{b-d}.$$

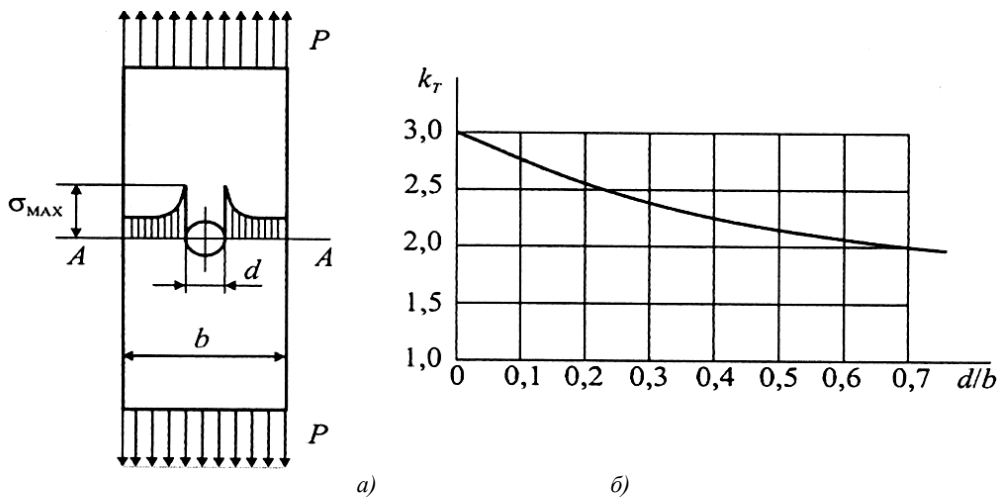


Рис. 2. Концентрация напряжений около отверстия

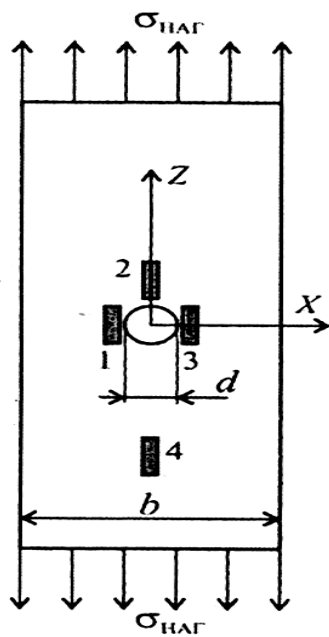


Рис. 3. Расположение тензорезисторов

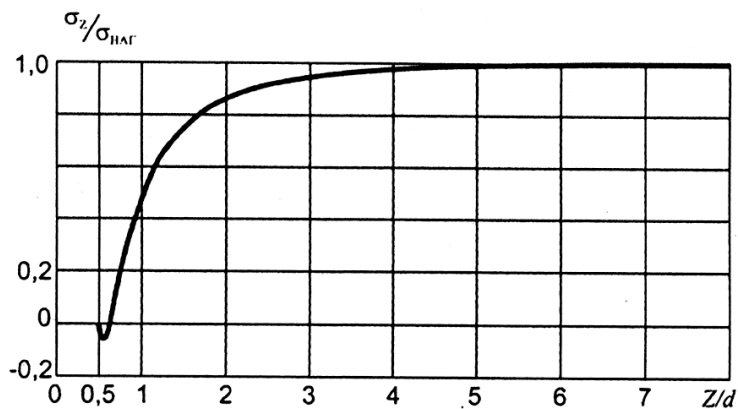


Рис. 4. Распределение нормальных напряжений вдоль оси Z образца

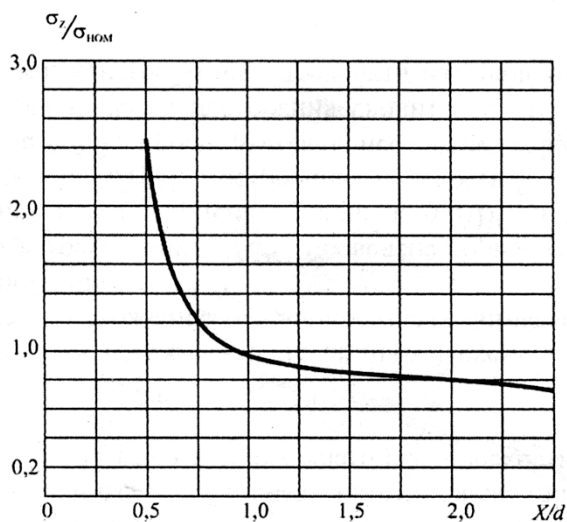


Рис. 5. Распределение нормальных напряжений вдоль оси X образца

Список литературы

1. Воробьев А.А., Жуков Д.А., Кононов Д.П. Материаловедение. Учебник для вузов. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2014.
2. Моряков О.С. Материаловедение. Учебник. М.: Академия, 2010.
3. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов. М.: Форум, 2010.
4. Батышев А.И. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие. М.: ИНФРА-М., 2014.
5. Сергеев В.Е., Молоков И.Е., Фролов В.И., Скичко Д.В. Основы материаловедения и технологии металлов. Учебно-методическое пособие. СПб.: ВА МТО, 2014.
6. Сергеев В.Е., Дубинин С.Г., Назаркин В.Г., Молоков И.Е., Фролов В.И. Основы материаловедения. Учебное пособие. СПб.: ВАТТ, 2009.