

Лабораторная работа № 5

Исследование концентрации напряжений в образце, ослабленном отверстием

Цель работы: экспериментально исследовать распределение нормальных напряжений в зоне отверстия при растяжении полосы и определить значение коэффициента концентрации напряжений.

Основные сведения

Явление возникновения местных зон повышенных напряжений в области резкого изменения формы детали называется концентрацией напряжений. Геометрические объекты, вызывающие концентрацию напряжений, называются концентраторами напряжений. К ним относятся отверстия, выточки, галтели [1, 2].

На рисунке 5.1 для полосы прямоугольного сечения толщиной h и шириной b , ослабленной круговым отверстием диаметром d , показано распределение нормальных напряжений σ в сечении $A-A$ при растяжении полосы силами P .

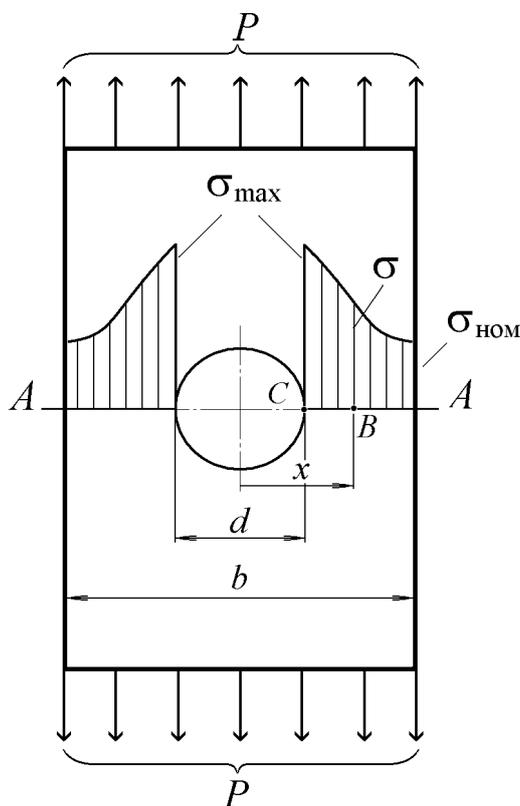


Рисунок 5.1 – Распределение напряжений вблизи отверстия

Здесь σ_{\max} – максимальные напряжения возле отверстия; $\sigma_{\text{ном}}$ – номинальные напряжения, которые определяются по формуле

$$\sigma_{\text{ном}} = \frac{P}{F_0}, \quad (5.1)$$

где $F_0 = b(h - d)$ – площадь ослабленного сечения $A-A$.

Теоретический коэффициент концентрации напряжений определяется по формуле

$$\alpha_T = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0} \quad (5.2)$$

Теоретическое значение напряжения в произвольной точке B с координатой x (рисунок 1) определяется выражением

$$\sigma(x) = \frac{1}{8} \sigma_0 \left[8 + \left(\frac{d}{x} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{d}{x} \right)^4 \right]. \quad (5.3)$$

График зависимости теоретического коэффициента концентрации от отношения d/b представлен на рисунке 5.2.

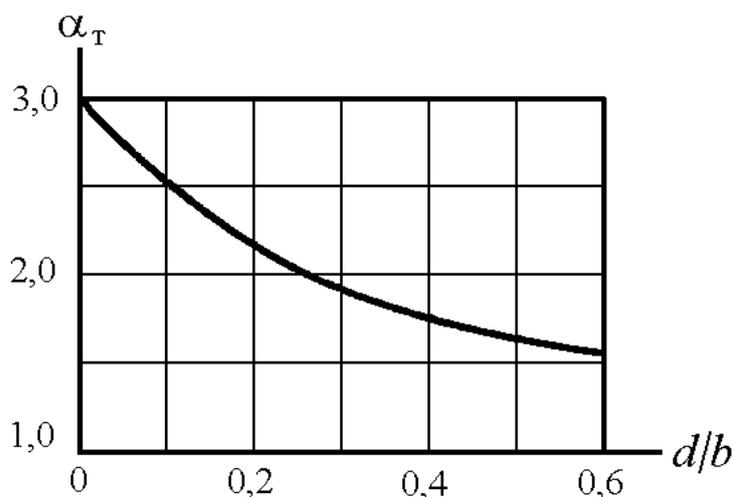


Рисунок 5.2 – Зависимость коэффициента концентрации α_T от отношения d/b

Максимальное значение напряжений в точке C определяется из (5.3) при $x = \frac{d}{2}$ и равно: $\sigma_{\max} = 3\sigma_0$, т.е. в этом случае $\alpha_T = 3$.

Экспериментальное определение коэффициента концентрации

Экспериментальные исследования проводят на стальном образце с отверстием, показанном на рисунке 5.3.

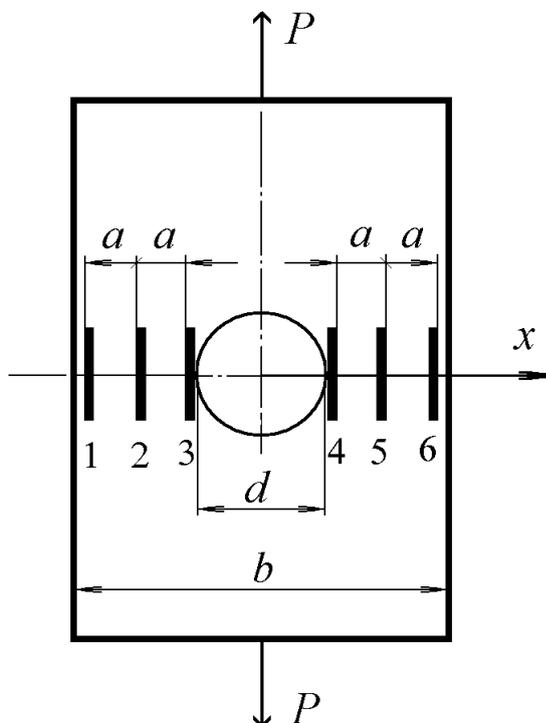


Рисунок 5.3 – Образец для испытаний

В точках 1, 2, ..., 6 вдоль продольной оси образца наклеены тензорезисторы, измеряющие продольную относительную деформацию ε_j в этих точках ($j=1, 2, \dots, 6$). Тензорезисторы установлены друг от друга на расстоянии a . Нормальные напряжения в исследуемых точках поперечного сечения определяются по закону Гука:

$$\sigma_j = E\varepsilon_j. \quad (5.4)$$

Здесь E – модуль упругости первого рода для материала полосы; $\varepsilon_j = k_T \Delta A_j$ – относительная деформация; k_T – тарировочный коэффициент для партии тензорезисторов, установленных на полосе; ΔA_j – приращение деформации в делениях для j -го тензорезистора при приложении внешней нагрузки ΔP .

Изменение относительной деформации в точках $j=1, 2, \dots, 6$ производится на тензометрической установке СИИТ-3 (см. лаб. раб. №4). Нагружение образца производится на испытательной машине Р-5 (см. лаб. раб. №1).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы и заготовить бланк протокола.
2. Занести исходные данные в протокол.
3. Определить величину допускаемой нагрузки $[P] = \frac{1}{3} \sigma_{\text{шт}} F$.
4. Закрепить образец в испытательной машине Р-5.
5. Внешним осмотром убедиться в целостности тензорезисторов, наклеенных на образец.
6. Соединить тензорезисторы с измерительной системой СИИТ-3 (см. лаб. раб. №4).
7. Нагрузить образец начальной нагрузкой $P_0 = 5 \dots 6$ кг для ликвидации зазоров в испытательной машине и предварительного нагружения образца.
8. Нагрузить образец рабочей нагрузкой $P_0 < P < [P]$ и измерить приращения деформаций каждого j -го тензорезистора в делениях тензометрической аппаратуры $\Delta A_j = A_j - A_{j0}$, где A_{j0} – показания, соответствующие нагрузке P_0 , A_j – нагрузке P_j .

Испытания повторяются три раза и определяют среднее приращение по трем опытам:

$$\Delta A_{j\text{cp}} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \Delta A_j.$$

9. Определить средние значения приращений относительных деформаций в точках:

$$\Delta \varepsilon_j = k_T \Delta A_{j\text{cp}},$$

где k_T – коэффициент тарировки тензометрической аппаратуры (см. лаб. Раб. №4).

10. Вычислить нормальные напряжения в точках j :

$$\Delta \sigma_j = E \Delta \varepsilon_j.$$

11. Вычислить максимальное напряжение в исследуемом сечении:

$$\Delta \sigma_{\text{max}} = \frac{1}{2} (\Delta \sigma_3 + \Delta \sigma_4).$$

12. Вычислить номинальные напряжения в исследуемом сечении

$$\Delta \sigma_{\text{ном}} = \frac{\Delta P}{F}.$$

13. Определить экспериментальное значение коэффициента концентрации напряжений

$$\alpha = \frac{\Delta \sigma_{\text{max}}}{\Delta \sigma_{\text{ном}}}.$$