

материалов»; сост. С.В. Гончарова, В.М. Хвасько. – Электрон. дан. Минск: БНТУ, 2019.

3. Механика материалов [Электронный ресурс]: Электронное учебное пособие/ Министерство образования Республики Беларусь Белорусский национальный технический университет; кафедра «Теоретическая механика и механика материалов»; сост. Ю.В. Василевич, Л.Е. Реут.– Электрон. дан. –Минск: БНТУ, 2022.

УДК 539.

ДЕФОРМАЦИЯ СДВИГА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Студент гр.10301122 Е. Стельмах

Научный руководитель – ст. преподаватель Дикан Ж.Г.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Одной из распространенных форм деформации является сдвиг различных слоев изделия (рисунок 1). Сдвиг происходит сразу в двух направлениях: в вертикальном и горизонтальном. Изменение положения может вызывать постепенное или резкое изменение первоначальной формы конструкции или отдельной детали.

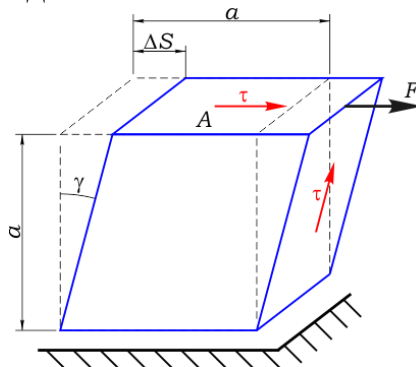


Рисунок 1. – Схема деформации сдвига

Главной особенностью этой деформации является сохранение постоянного объема. Причем независимо от того, в каком направлении действуют силовые факторы этот параметр остаётся неизменным.

Деформации сдвига наблюдаются при распиловке бруса, отрезании или рубке металла, в результате нарушения целостности крепления металлических или деревянных деталей, соединённых метизами, в местах крепления балки на опоре и скрепления мостовых пролётов, на перемычках соединения железнодорожных рельс.

На сдвиг работают заклепки, болты шарнирных соединений, цапфы крепления стоек шасси, пальцы соединения тяг, поршневые пальцы и другие элементы конструкций. Простейшим примером сдвига является резание ножницами. При сдвиге поперечные сечения бруса смещаются, оставаясь в параллельных плоскостях.

Экспериментально чистый сдвиг может быть осуществлён при кручении тонкостенной трубы (рисунок 2, а).

Рассмотрим элемент $abcd$, вырезанный из тонкостенной трубы (рисунок 2, б).

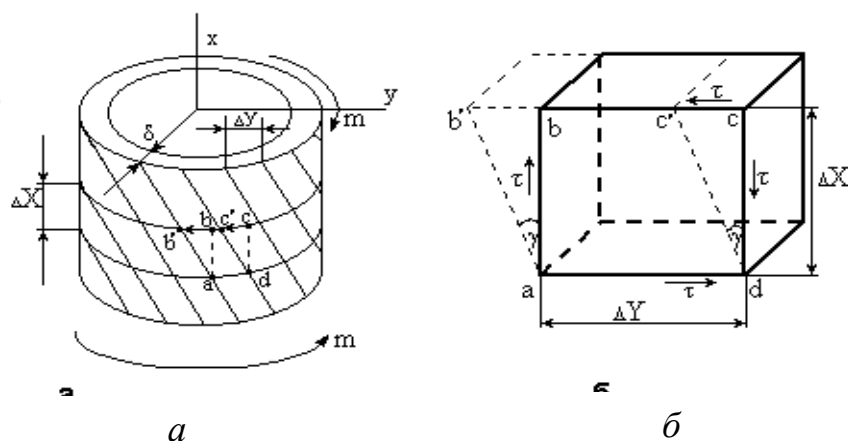


Рисунок 2. – Элемент тонкостенной трубы

При возникновении касательных напряжений элемент перекашивается. Если считать грань ad закреплённой, то грань bc сдвинется в положение $b'c'$. Все прямые углы между гранями изменятся на одну и ту же величину γ . Угол γ , представляющий изменение первоначального прямого угла между гранями элементарного параллелепипеда, называется углом сдвига.

Опыты показывают, что при сдвиге справедлив закон Гука, т. е.

$$\tau = G\gamma,$$

где G – модуль упругости при сдвиге (модуль упругости второго рода); как и модуль продольной упругости E , имеет размерность Н/мм^2 . Модуль упругости при сдвиге связан с модулем упругости при растяжении соотношением

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)},$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Для стали обычно принимают $G = 0,4E$ при $\mu = 0,25$.

Напряжённое состояние прямоугольного параллелепипеда, на четырёх гранях которого действуют только одни касательные напряжения, называется чистым сдвигом.

Чистый сдвиг – это сдвиг, при котором на все четыре грани оказываются только напряжения, направленные по касательной к поверхности. В результате произойдет сдвиг всех слоев деталей от верхнего к нижнему. Тогда внешняя сила изменяет форму детали, а объем сохраняется.

Для оценки деформации сдвига определяются величина, направление и точка приложения действующей силы, модуль сдвига, угол изменения внешних граней изделия, тангенциальное напряжение и модуль кручения.

Условие прочности при сдвиге имеет вид

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} \leq [\tau],$$

где $[\tau]$ – допускаемое напряжение.

Деформации при кручении определяются углом закручивания. Под полным понимают угол поворота свободного конца. Относительным считают значение для определенной длины вала. Данные параметры рассчитывают с учетом прочности и жесткости деталей.

Угол, приходящийся на единицу длины стержня, называется относительным углом закручивания $\theta = \frac{d\varphi}{dz}$, тогда $\gamma = \rho\theta$. По закону Гука при сдвиге касательное напряжение $\tau = G\gamma = G\rho\theta$.

Условие жесткости при кручении имеет вид

$$\theta = \frac{M_k}{GI_p} \leq [\theta].$$

Пример. Деталь A закреплена на валу B с помощью шпонки $30 \times 8 \times 10$ ($l \times n \times b$) (рисунок 3). Диаметр детали $D = 100$ мм, вала $d = 50$ мм, для шпонки $[t_{\text{ср}}] = 80$ МПа, $[\sigma_{\text{сМ}}] = 200$ МПа.

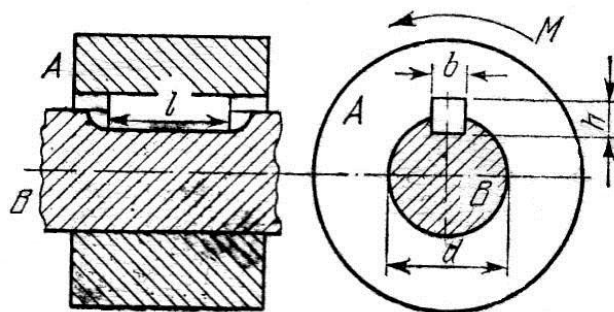


Рисунок 3

Определить допускаемый момент $[M]$, который с помощью шпонки можно передать от детали к валу.

Решение. Передаваемый момент $M = Ph = P \frac{d}{2}$, откуда $P = \frac{M}{\frac{d}{2}}$ – сила

давления детали на шпонку через момент, приложенный к детали, но, с другой стороны, P – предельное значение силы на срез шпонки, т. е. $[P_{\text{ср}}] = [t]bl = 8 \cdot 10^7 \text{ Па} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 = 24 \cdot 10^3 \text{ Н} = 24 \cdot 10^3 \text{ кН}$.

С другой стороны, из условия прочности на смятие шпонки

$$[P_{\text{см}}] = [\sigma_{\text{см}}] \frac{h}{2} l = 2 \cdot 10^8 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 = 24 \cdot 10^3 \text{ Н} = 24 \text{ кН}.$$

В данной задаче $[P_{\text{ср}}] = [P_{\text{см}}]$ и $M = P \frac{d}{2} = 24 \text{ кН} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Литература

1. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с.

2. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М. Д. Подскребко. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 797 с.

УДК 539.

РАСЧЕТ НА ЖЕСТКОСТЬ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Студент гр. 10111121 З.С. Сергеев, И.А. Тавгень

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Дудяк А.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Задача: под каким углом α следует приложить силу F к системе из двух стержней, чтобы узел A перемещался горизонтально влево (рисунок 1).

Из условия равновесия приведенной конструкции

$$\sum F(x) = 0: -F \sin \alpha + N_2 + N_1 \cos 60^\circ = 0.$$

Последнее уравнение предоставим в виде

$$N_2 = F \sin \alpha - N_1 \cos 60^\circ; \quad (1)$$

$$\sum F(y) = 0: -F \cos \alpha + N_1 \cos 30^\circ = 0,$$

откуда