УДК 621.17

Об охлаждении твердых тел при их упругом деформировании

Мойсейчик А.Е.
Белорусский национальный технический университет

На основании исследований лорда Кельвина, Био, экспериментов Надаи зависимость между изменениями температуры материала ΔT и компонентами напряженно-деформированного состояния (σ_{ij}, ε_{ij}) можно для адиабатических условий представить уравнением

$$\Delta T = \frac{T}{\rho C_\varepsilon} \sum_{ij} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial T} \varepsilon_{ij} + \frac{Q}{\rho C_\varepsilon}, \qquad (1)$$

$$ij = 1,\ 2,\ 3$$

где ρ – плотность, C_ε – теплоемкость материала при температуре T. Частные производные в (1) вычисляются с помощью уравнений, связывающих напряжения, деформации и температуру в изотропном упругом теле. Для адиабатических условий, когда Q=0, это уравнение сводится к виду

$$\Delta T = \frac{E \alpha_L T}{\rho C_\varepsilon (1 - 2\nu)} \sum_{i=1,2,3} \varepsilon_{ii}, \qquad (2)$$

где $\sum\limits_{i=1,2,3} \varepsilon_{ii}$ – сумма изменений трех линейных деформаций, E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона, α_L – температурный коэффициент расширения материала при температуре T. Учитывая связь между C_ε и C_p (удельные тепловыделения при постоянных деформации и давлении) и выражая линейные деформации через нормальные напряжения, уравнение (2) можно записать в виде

$$\Delta T = -\frac{\alpha_L}{\rho C_p} T \sum_{i=1,2,3} \sigma_{ii}. \qquad (3)$$

Обозначая $K_m = \alpha_L/(\rho C_p)$ это уравнение можно представить выражением:

$$\Delta T = -K_m T \Delta\sigma. \qquad (4)$$

Для нелегированных и слаболегированных сталей при температуре T=293K имеем K_m =3,09.10^{-12} Па$^{-1}$, для высоколегированных сталей – К $_m$ =4,36.10^{-12} Па$^{-1}$. Из формулы (4) следует, что при растяжении твердых тел в упругой стадии они охлаждаются, а при сжатии - нагреваются. Эксперименты показали, что такое охлаждение может составлять для сталей до 0,5 ^{0}С.

Величину охлаждения-нагрева (ΔT) при упругом деформировании твердых тел в первом приближении можно определить, допуская, что изменение объема тела ΔV_m достигается при механическом деформировании тела и его нагреве-охлаждении ($\Delta V_{\Delta T}$). Из равенства этих величин находится величина нагрева-охлаждения упруго деформируемого тела:

$$\Delta V_m=\Delta V_{\Delta t}=V_0\cdot\varepsilon(1-2\mu)=3\cdot\alpha V_0\Delta T, \qquad (5)$$

где ε , μ , α – соответственно, величина относительной деформации, коэффициенты Пуассона, теплового расширения. Из (5) получаем

$$\Delta T=-\ \varepsilon(1-2\mu)/3\alpha. \qquad (6)$$

Принимая для стали μ = 0.25-0.32, ε =0.002, α = 12x10^{-6} , получаем по упрощенной зависимости (6) ΔT=(0.2-0.28) ^{o}C.

УДК 621.762.4

Распределение нормальных напряжений в продольных сечениях балки при изгибе.

Дудяк А.И., Дикан Ж.Г., Еремеев Д.Н., Голубев И.А.
Белорусский национальный технический университет

При плоском поперечном изгибе балки, вызванном действием сосредоточенной силы, в поперечном сечении возникают нормальные напряжения. Была поставлена цель доказать возникновение нормальных напряжений в результате надавливания волокон друг на друга.

Из курсов «Сопротивление материалов» и «Теория упругости» известно, что при таком изгибе в поперечных сечениях бруса возникают только нормальные напряжения в поперечном направлении, а в перпендикулярном поперечному направлению они отсутствуют.

Была рассмотрена двух опорная балка прямоугольного сечения, нагруженная сосредоточенной силой посередине пролета.

Проведя ряд математических расчетов, было получено окончательное уравнение для определения нормальных напряжений в поперечных сечениях балки, вызванных надавливанием горизонтальных слоев балки при поперечном изгибе.