**Механічні властивості твердих тіл**

Що відбудеться якщо:

* на пружинний амортизатор подіяти з певною силою? (під дією сили пружина стиснеться (розтягнеться) – її довжина зменшиться (збільшиться))
* пом’яти в руці шматочок пластиліну? (зміниться його форма)
* натягти тятиву лука? (одночасно зміняться її розміри та форма)

**1. Деформація. Види деформації**

**Деформація – це зміна форми та (або) розмірів тіла.**

***Проблемне питання***

• Яка причина виникнення деформації?

Причина виникнення деформації полягає в тому, що під дією сил, прикладених до тіла, його різні частини рухаються по-різному й у результаті частини тіла зміщуються одна відносно одної.

Якщо після припинення дії зовнішніх сил тіло повністю відновило свої форму і розміри, то воно зазнало *пружної деформації*; якщо форма і розміри не відновилися, тіло зазнало *пластичної деформації.*

За характером зміщення частин тіла одна відносно одної розрізняють деформації *розтягнення, стиснення, зсуву, вигину, кручення.*

***Деформація розтягнення.*** Якщо ж тіло розтягувати, то під дією руки відстань між шарами молекул збільшиться і тіло знову змінить свої розміри. Її *зазнають троси, канати, ланцюги в піднімальних пристроях, стяжки між вагонами.*

***Деформація стиснення.*** При стисканні твердого тіла зміщуються в напрямку дії сили шари його молекул, у результаті чого розміри тіла зменшуються. Її *зазнають стовпи, ніжки столів і стільців, фундаменти будинків.*

***Деформація зсуву.*** Шари молекул зсунуться один відносно одного, а саме тіло змінює свою форму. Її *зазнають* *цвяхи та болти, які скріплюють частини різних конструкцій; тканина, яку розрізають ножицями.*

***Деформація вигину*** (водночас деформація розтягнення та стиснення). На опуклому боці тіла відстань між шарами молекул збільшується, тобто ця частина тіла зазнає деформації розтягнення. На ввігнутому боці тіла відстань між шарами молекул зменшується – ця частина тіла зазнає деформації стиснення. Середні шари не зазнають ані розтягнення, ані стиснення, а отже, не впливають на міцність конструкції. Саме тому зазвичай їх видаляють, замінюючи *стрижні порожніми трубами (рама велосипеда, трубчасті кінцівки кісток, трубчасті стебла злаків).*

***Деформація кручення.*** Зсув шарів молекул відбуватиметься неоднаково – кожний шар буде повертатися на певний кут відносно іншого шару. Її *зазнають вали всіх машин, гвинти, ключі, викрутки.*

**

**2. Механічна напруга**

****Видовження** $∆x$ **– це фізична величина, яка дорівнює зміні довжини тіла при деформації розтягнення або стиснення:**

$$∆x=x-x\_{0}$$

**Відносне видовження** $ε$ **– це фізична величина, яка дорівнює відношенню видовження** $∆x$ **до початкової довжини тіла** $x\_{0}$**:**

$$ε=\frac{∆x}{x\_{0}} або ε=\frac{∆x}{x\_{0}}∙100\%$$

**Механічна напруга** $σ$ **– це фізична величина, яка характеризує деформоване тіло й дорівнює відношенню модуля сили пружності** $F\_{пруж}$ **до площі** $S$ **поперечного перерізу тіла.**

|  |
| --- |
| *Модулі Юнга для деяких матеріалів* |
| Матеріал | Модуль Юнга$$E, ×10^{9}Па$$ |
| Алюміній | 63–70 |
| Бетон | 15–40 |
| Каучук | 7,9ꞏ10–3 |
| Мідь (лиття) | 82 |
| Срібло | 82,7 |
| Скло | 49–78 |
| Чавун ковкий | 150 |

$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S} [σ]=Па=1\frac{Н}{м^{2}}$$

**Закон Гука:**

**У випадку малих пружних деформацій розтягнення та стиснення механічна напруга прямо пропорційна відносному видовженню.**

$$σ=E\left|ε\right|$$

$[E]=Па$ – Модуль Юнга характеризує пружні властивості матеріалу; його визначають експериментально та фіксують у таблицях.

*Жорсткість тіла залежить від пружних властивостей матеріалу, з якого виготовлене тіло, і від геометричних параметрів тіла.*

$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S} σ=E\left|ε\right| ε=\frac{∆x}{x\_{0}}$$

$$\frac{F\_{пруж}}{S}=E\frac{\left|∆x\right|}{x\_{0}}$$

$$F\_{пруж}=\frac{ES}{x\_{0}}\left|∆x\right|=k\left|∆x\right| => k=\frac{ES}{x\_{0}}$$

**Діаграма напруг**

$σ\_{пр}$ – *межа пропорційності* – найбільша напруга, за якої виконується закон Гука.

$σ\_{пруж}$ – *межа пружності* – найбільша напруга, за якої деформація залишається пружною.

$σ\_{пл}$ – *межа плинності* – напруга, за якої зразок починає подовжуватися без збільшення навантаження.

$σ\_{міц}$ – *межа міцності* – найбільша напруга, у разі перевищення якої зразок руйнується.

*OAB* – ділянка пружних деформацій; *BC* – ділянка пластичних деформацій;

*CD* – ділянка плинності матеріалу; *EK* – руйнування зразка

**3. Пружність, пластичність, крихкість**

*Пружні матеріали:* матеріали, які виявляють пружні властивості за порівняно великих деформацій або за досить тривалої дії.

*Пластичні матеріали:* матеріали, в яких пружна деформація переходить у пластичну за незначних деформацій.

*Крихкі матеріали:* Матеріали, які руйнуються за дуже малих деформацій і майже не виявляють пластичних властивостей.

**Розв’язування задач**

1. Яка механічна напруга виникає у рейці з площею поперечного перерізу 8 см2 під дією сили 100 Н?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$S=8 см^{2}$$$$=8∙10^{-4}м^{2}$$$$F=10^{2} Н$$ | ***Розв’язання***$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S}$$За ІІІ законом Ньютона: $F\_{пруж}=F$$$σ=\frac{F}{S} [σ]=\frac{Н}{м^{2}}=Па$$$$σ=\frac{10^{2}}{8∙10^{-4}}=1,25∙10^{5}\left(Па\right)$$***Відповідь:***$ σ=125 кПа$. |
| $$σ - ?$$ |

2. Визначте механічну напругу, яка виникла у сталевому тросі, якщо його відносне видовження становить 0,003. Модуль Юнга вважайте рівним 206 ГПа.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$ε=3∙10^{-3}$$$$E=206 ГПа=2,06∙10^{11} Па$$ | ***Розв’язання***$$σ=E\left|ε\right| [σ]=Па$$$$σ=2,06∙10^{11}∙3∙10^{-3}=618∙10^{6} \left(Па\right)$$***Відповідь:***$ σ=618 МПа$. |
| $$σ - ?$$ |

3. Яка механічна напруга виникає в шийці гака підйомного крана під час рівномірного піднімання вантажу масою 6 т? Діаметр шийки гака 28 мм.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$m=6 т=6∙10^{3}кг$$$$d=28 мм$$$$=28∙10^{-3}м$$$$g=10 \frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S}$$За третім законом Ньютона, тіла діють з однаковими за модулем силами:$$F\_{пруж}=F\_{тяж}=mg$$$$S=πr^{2}=\frac{πd^{2}}{4}$$$$σ=\frac{4mg}{πd^{2}}$$$$\left[σ\right]=\frac{кг∙\frac{м}{с^{2}}}{м^{2}}=\frac{Н}{м^{2}}=Па$$$$σ=\frac{4∙6∙10^{3}∙10}{3,14∙\left(28∙10^{-3}\right)^{2}}≈10^{8} (Па)$$***Відповідь:***$ σ≈10^{8} Па$. |
| $$σ - ?$$ |

4. Циліндр, площа перерізу якого 2 см2, під дією вантажу масою 1,05 т стиснувся на 0,025 % початкової довжини. Визначте модуль Юнга матеріалу, з якого виготовлено брусок.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$S=2 см^{2}$$$$=2∙10^{-4}м^{2}$$$$m=1,05 т$$$$=1,05∙10^{3}кг$$$$ε=0,025 \%$$$$=2,5∙10^{-4}$$$$g=10 \frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S} F\_{пруж}=F\_{тяж}=mg$$$$ σ=E\left|ε\right| \frac{mg}{S}=E\left|ε\right|$$$$E=\frac{mg}{S\left|ε\right|} [E]=\frac{кг∙\frac{м}{с^{2}}}{м^{2}}=\frac{Н}{м^{2}}=Па$$$$E=\frac{1,05∙10^{3}∙10}{2∙10^{-4}∙2,5∙10^{-4}}=2,1∙10^{11} (Па)$$***Відповідь:***$ E=210 ГПа$. |
| $$E - ?$$ |

5. На скількох палях діаметром 12 см можна розмістити платформу масою 300 т, якщо допустима напруга на стиск становить 10 МПа?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=12 см$$$$=12∙10^{-2}м$$$$m=300 т$$$$=3∙10^{5}кг$$$$σ=10 МПа=10^{7} Па$$$$g=10 \frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S}$$За третім законом Ньютона, тіла діють з однаковими за модулем силами:$$F\_{пруж}=F\_{тяж}=mg$$$$S=Nπr^{2}=\frac{Nπd^{2}}{4}$$$$σ=\frac{4mg}{Nπd^{2}} => N=\frac{4mg}{σπd^{2}}$$$$N=\frac{кг∙\frac{м}{с^{2}}}{Па∙м^{2}}=\frac{Н}{\frac{Н}{м^{2}}∙м^{2}}=1$$$$N=\frac{4∙3∙10^{5}∙10}{10^{7}∙3,14∙\left(12∙10^{-2}\right)^{2}}≈26$$***Відповідь:***$ N≈26$. |
| $$N - ?$$ |

6. Для виготовлення попередньо напруженого залізобетону сталеві арматурні стрижні довжиною $x\_{0}=6 м$ і діаметром $d=20 мм$ видовжують на $∆x=2 мм$. Яку силу для цього необхідно прикласти? Модуль Юнга вважайте рівним 220 ГПа.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$x\_{0}=6 м $$$$d=20 мм$$$$=2∙10^{-2}м$$$$∆x=2 мм$$$$=2∙10^{-3}м$$$$E=220 ГПа=2,2∙10^{11} Па$$ | ***Розв’язання***$$σ=\frac{F\_{пруж}}{S}=\frac{F}{\frac{πd^{2}}{4}}=\frac{4F}{πd^{2}} σ=E\left|ε\right|=E\frac{∆x}{x\_{0}}$$$$\frac{4F}{πd^{2}}=E\frac{∆x}{x\_{0}} => F=\frac{E∆xπd^{2}}{4x\_{0}}$$$$\left[F\right]=\frac{Па∙м∙м^{2}}{м}=\frac{Н}{м^{2}}∙м^{2}=Н$$$$F=\frac{2,2∙10^{11}∙2∙10^{-3}∙3,14∙\left(2∙10^{-2}\right)^{2}}{4∙6}≈2,3∙10^{4}(Н)$$***Відповідь:***$ F≈23 кН$. |
| $$F - ?$$ |

**Дати відповіді на питання:**

*1. Що таке деформація?*

*2. Назвіть види деформації. За яких умов вони виникають? Наведіть приклади.*

*3. Дайте характеристику механічної напруги як фізичної величини.*

*4. Подайте два формулювання закону Гука. За яких умов виконується цей закон?*

*5. Що характеризує модуль Юнга? Якою є його одиниця в СІ?*

*6. У чому полягає явище плинності матеріалу?*

*7. Що таке межа міцності? Чим пружні матеріали відрізняються від пластичних? від крихких?*

**Домашнє завдання**

Опрацювати § 35, Вправа № 35 (3)