

Makina Mühendisliğine Giriş

Ders 07: Mekanik Enerji, İş ve Güç

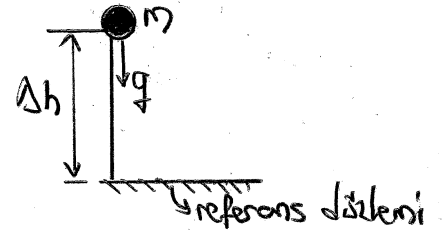
Yerçekimi ivmesi: $g = 9,807 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{Deniz seviyesi} \\ 45^\circ \text{ enlem için} \end{array} \right.$

* Potansiyel enerji:

Maddeler, bulunduğu ortamdaki referans zeminden olan yüksekliklerinden (kot farkından), kütlesinden ve kütlelerine uygulanan yerçekimi kuvvetinden dolayı bir gizli enerjiye sahiptir. Bu enerjiye potansiyel enerji denir.

$$U_g = m g \Delta h \quad (\text{J})$$

Δh → Kot farkı (m)
 g → Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
 m → Kütle (kg)



U_g , referans düzeyine göre >0 , <0 ve $=0$ olabilir.

* Elastik potansiyel enerji:

Uzatıldığı veya eğildiğinde bir cisim tarafından depolanan enerji

Yay tarafından depolanan enerji:

$$U_e = \frac{1}{2} k \Delta L^2 \quad (\text{J}) \quad \Delta L = L - L_0 \quad (\text{m})$$

k → yay sabiti, N/m
 ΔL → uzunluk farkının karesi, m^2
 L_0 → ilk uzunluk
 L → son uzunluk

$U_e \geq 0$ olur.

* Kinetik enerji:

Kuvvet veya moment bir makınaya etkiğinde bileşenler hareket eder ve hızla bağlı olarak enerji depolanır. Buna kinetik enerji denir.

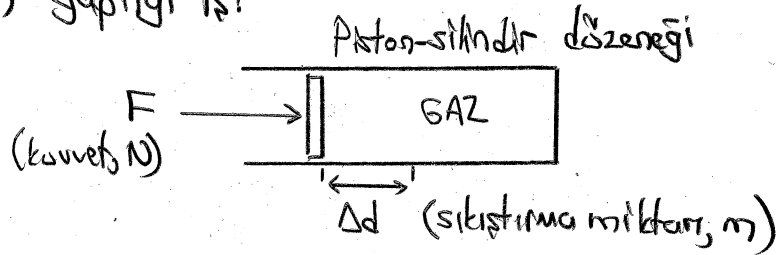
titresim
dönme
öteleme (düz çizgi üzerinde hareket)

$$W_k = \frac{1}{2} m V^2 \text{ (J)}$$

hızın karesi, $(m/s)^2$
kütle, kg

$W_k \geq 0$ olur.

* Bir kuvvetin yaptığı iş:



$$İ_s, W = F \cdot \Delta d \text{ (J)}$$

$\downarrow$ $\downarrow$
N m

$\Delta d > 0$, $\Delta d < 0$, $\Delta d = 0$ olabilir.

Güç: Birim zamanda yapılan iş, P

$$P = P_{ort} = \frac{W}{\Delta t} \text{ (J/s} \equiv \text{W)}$$

$\downarrow$ zaman farkı (s)

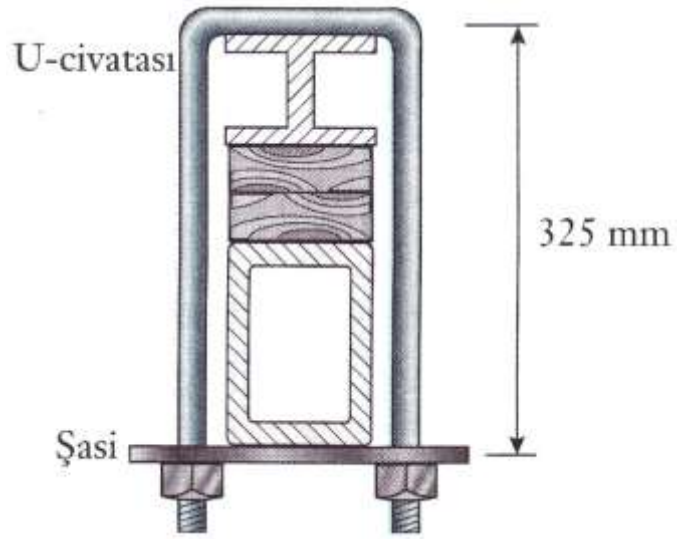
$$1 \text{ W} = 1,341 \cdot 10^{-3} \text{ hp}$$

(beygir gücü)

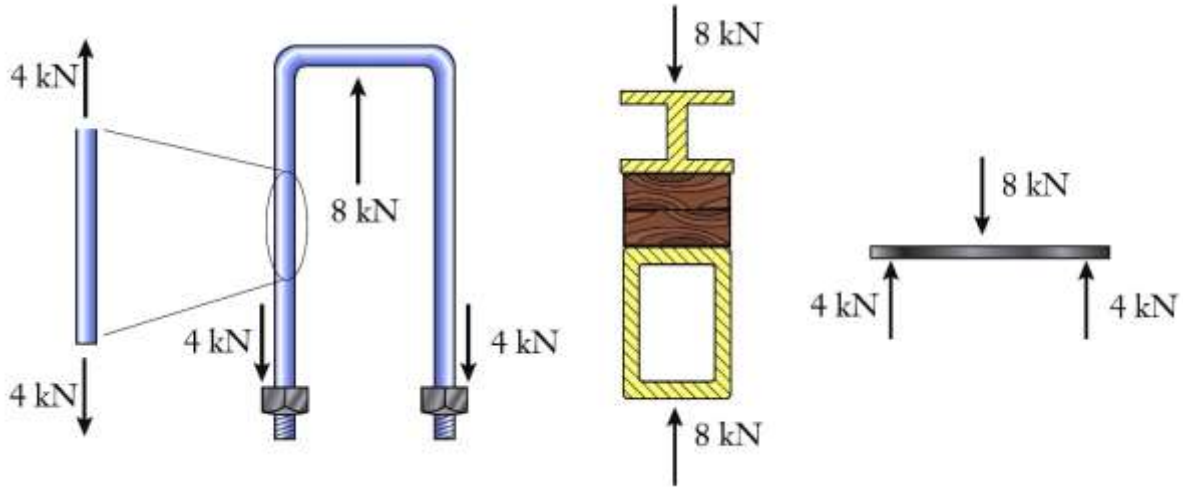
$$1 \text{ J} = 2,778 \cdot 10^{-7} \text{ kW.h}$$

(kilowatt.saat)

ÖRNEK: Şekil ile verilen ve I kirişi ile U cıvatası kullanılarak dikdörtgenler prizması şeklindeki iki malzeme sabit konuma getirilmiştir. Çapı 10 mm olan çelik çubuktan yapılmış U cıvatası, şasiye iki noktadan somun ile bağlanmış ve her iki kısmında 4 kN değerinde çekme kuvveti oluşmuştur. (a) U cıvatanın somun ile bağlanan kısımlarında oluşan çekme gerilmesini [MPa] olarak (b) U cıvatasındaki birim şekil değişimini [%] olarak, (c) uzunluk değişimini [m ve μm] olarak, (ç) cıvatanın 325 mm uzunluğundaki düz kısmı için çap değişimini [m ve nm] olarak ve (d) U cıvatanın somun ile bağlanan kısımlarında depolanan elastik potansiyel enerjiyi [J] olarak hesaplayınız. [Çelik için elastiklik modülünü 210 GPa ve Poisson oranını 0.3 olarak alınız].



Serbest Cisim Diyagramı (SCD):



Bilgi: Kuvvet etkisi altında bir kesitin göstereceği daralma veya genişleme şiddetini belirleyen malzeme özelliği boyutsuz “**Poisson oranı**” olarak isimlendirilir ve “ ν ” ile gösterilir. Çubuğun çap (D) ve uzunluk (L) değişimine (ΔD ve ΔL) göre tanımlanır:

$$\Delta D = - (\nu \cdot D \cdot \Delta L) / (L)$$

Denklemdaki “-” işareti, Çekme kuvveti etkisi altında ($\Delta L > 0$) çapın küçülmesi ($\Delta D < 0$), baskı kuvveti etkisi altında ise çapın genişlemesini gösterir. Birçok metal için $\nu < 0.3$ alınabilir ve genel olarak ν , 0.25 ile 0.35 arasında değişir.

Çözüm:

$$\text{Çivatasının kesit alanı: } A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (10 \text{ mm})^2}{4}$$

$$\begin{aligned} A &= 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= (78,54 \text{ mm}^2) (10^{-3} \text{ m/mm})^2 \\ &= \underline{\underline{7,854 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}} \end{aligned}$$

© Gekme gerilmesi:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} = \frac{4000 \text{ N}}{7,854 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2} = 5,093 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2 \\ &= 5,093 \cdot 10^7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\sigma = (5,093 \cdot 10^7 \text{ Pa}) (10^{-6} \text{ MPa/Pa})$$

$$= \underline{\underline{50,93 \text{ MPa}}}$$

(Çubukun dış kısımlarında önemli bir miktarda gerilmeler vardır. U çivatasının 90° köşeleri olan ve I-kirliğine temas eden dış kısımlarında farklı bir analiz gerekmektedir).

© Dış kısımdaki birim şekil değişimi:

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\sigma}{E} = \frac{50,93 \text{ MPa}}{210 \cdot 10^3 \text{ MPa}} = 2,425 \cdot 10^{-4} \\ &= \underline{\underline{\%0,02425}} \end{aligned}$$

© U-çivatasının uzunluk değişimi:

$$\begin{aligned} L &= 325 \text{ mm} \rightarrow \Delta L = \epsilon L = (2,425 \cdot 10^{-4}) (0,325 \text{ m}) \\ &= \underline{\underline{7,882 \cdot 10^{-5} \text{ m}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= (7,882 \cdot 10^{-5} \text{ m}) (10^6 \text{ } \mu\text{m/m}) \\ &= \underline{\underline{78,82 \text{ } \mu\text{m}}} \end{aligned}$$

④ Gap değışimi:

$$\Delta D = -D \frac{\Delta L}{L} = -(0,3)(0,01 \text{ m}) \frac{(7,882 \cdot 10^{-5} \text{ m})}{(0,325 \text{ m})}$$

$$= -7,276 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\Delta D = (-7,276 \cdot 10^{-7} \text{ m})(10^9 \text{ nm/m})$$

$$= \underline{\underline{-727,6 \text{ nm}}}$$

Geliktan yapılan U-civatasındaki uzunluk değışimi bir insanın sağıının gapı kadar ve gap değışimi ise ışığın dalga boyundan bir miktar daha fazladır. Değışimler göz ile görölmez.

④ Elastik potansiyel enerji hesabı:

U-civatonın döz kısımlarının bir için yay katsayısı:

$$\text{Rijitlik (yay) katsayısı} \rightarrow k = \left| \frac{EA}{L} \right|$$

$$k = \frac{(210 \cdot 10^9 \text{ Pa})(7,854 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2)}{(0,325 \text{ m})} = 5,075 \cdot 10^7 \text{ N/m}$$

Elastik potansiyel enerji:

$$W_e = \frac{1}{2} k \Delta L^2 = \frac{1}{2} (5,075 \cdot 10^7 \text{ N/m})(7,882 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2$$

$$= 0,1576 \text{ Nm}$$

$$= \underline{\underline{0,1576 \text{ J}}}$$

İki adet döz kısım için:

$$2W_e = \underline{\underline{0,3152 \text{ J}}}$$

⑤

Örnek: 4 katlı bir binada yük taşımak için kullanılacak olan bir asansörün elektrik motorunun kapasitesinin belirlenmesi.

Asansör kabının ağırlığı: 2200 N

Taşıdığı max. yük: Kendi ağırlığı + 11000 N

Asansör 20 saniyede yer seviyesinden 4 kata çıkıyor. ($\Delta t = 20$ s)

Toplam yükseklik değişimi: 15 m ($= \Delta d$)

Çözüm:

$$\left. \begin{array}{l} W_{\text{kabin}} = 2200 \text{ N} \\ P_{\text{yük}} = 11000 \text{ N} \end{array} \right\} F = W_{\text{kabin}} + P_{\text{yük}} = 13200 \text{ N}$$

↓
Tam olarak yüklenmiş
asansördeki max. kuvvet.

Kabının kaldırılmasında yapılan iş:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot \Delta d = (13200 \text{ N}) (15 \text{ m}) \\ &= 1,98 \cdot 10^5 \text{ Nm} \\ &= \underline{\underline{198 \text{ kJ}}} \end{aligned}$$

Ortalama güç:

$$P_{\text{ort}} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{198 \text{ kJ}}{20 \text{ s}} = \underline{\underline{9,9 \text{ kW}}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ort}} &= (9,9 \cdot 10^3 \text{ W}) (1 \text{ hp} / 745,7 \text{ W}) \\ &= \underline{\underline{13,28 \text{ hp}}} \end{aligned}$$

Asansörün elektrik motorunun min. kapasitesi 13,28 hp olmalıdır (Hava direnci, sürtünme ve diğer etkiler göz önüne alınmamıştır).

Tasarım mühendisi; motor verimliliği, aşırı yüklenme oranını ve emniyet katsayısı gibi diğer faktörleri de dikkate

olarak belirlemelidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

Engineering Fundamentals and Problem Solving, Seventh Edition, A.R. Eide, R.D. Jenison, S.K. Mickelson, L.L. Northup, McGraw-Hill Education, 2018.

An Introduction to Mechanical Engineering, Fourth Edition, J. Wickert, K. Lewis, Cengage Learning, 2017.

GIECK Mühendislik Formülleri, Çeviri Editörü: A. Altuncu, Bilim ve Teknik Yayınevi, 2010.

Makine Mühendisliğine Giriş, 1. Basım, Editör: N. Geren, Editör Yardımcıları: İ. Efeoğlu, B. Ekici, S. Ergin, F. Erzincanlı, H. Rende, H. Yavuz, E. Altuğ, H. Ersoy, **H. Günerhan**, S. Kurt, S. Mıstıkoğlu, A. Uzun, Papatya Yayıncılık, 2017.

Fluid Mechanics, Fourth Edition, Y.A. Çengel, J.M. Cimbala, McGraw-Hill Education, 2020.

<https://www.huseyingunerhan.com/mmg/mmg.html> sayfasında verilen "Makina Mühendisliğine Giriş" dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

"Makina Mühendisliğine Giriş" derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltılması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).