

MAKİNE ELEMANLARI 2

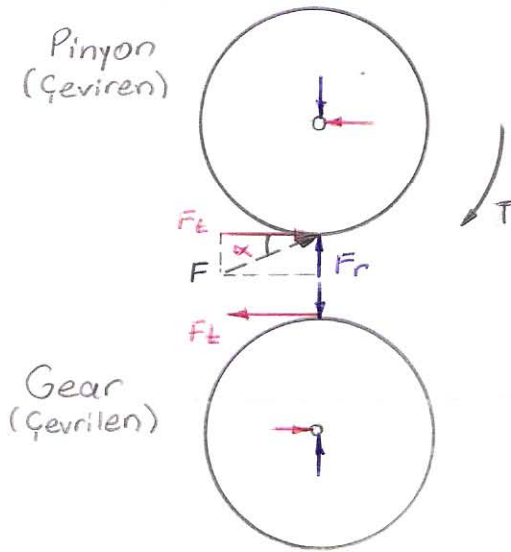
DIŞLI KUVVETLERİ

- a) Düz Dişli Çark
- b) Helis Dişli Çark
- c) Konik Dişli Çark
- d) Sonsuz vıda ve karşılık dişlisi

Dişlilerde verim

Düz Dişli — 0,98
Helis Dişli — 0,97
Konik Dişli — 0,96
V Kayış — 0,85~0,9

DÜZ DIŞLI ÇARK



α = Kavrama Açısı

$$\alpha = 20^\circ$$

F_t = Teğetsel Kuvvet

F_r = Radyal (merkezcil) Kuvvet
merkezden geçer.

$$\tan \alpha = \frac{F_r}{F_t}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha$$

$$T = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

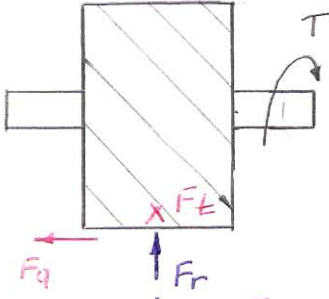


- Hareketin sürekliliğinin sağlanması için dişler involid eğrisi ile yapılır.
- Eğer denge var ise giriş milidir. Eğer denge yoksa çıkış milidir.
Çünkü çıkış mili iş yapar.
- Hızı düşürmek için küçük dişliden büyük dişliye hareket iletilir.
- Pinyon dişli, motordan hareketi ilk alan dişlidir.

HELİSEL DİŞLİ ÇARK

Sağ Helis

Pinyon
(Çeviren)

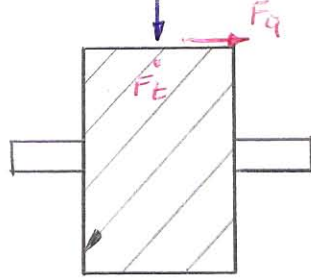


Eğer ok
Bize doğru geliyorsa (•)
Bizden gidiyorsa (X) olur.

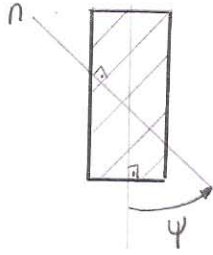
F_q = Eksenel kuvvet

ψ = Helis açısı

Gear
(Çevrilen)



Sol helis



$$T = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \psi}$$

$$F_q = F_t \cdot \tan \psi$$

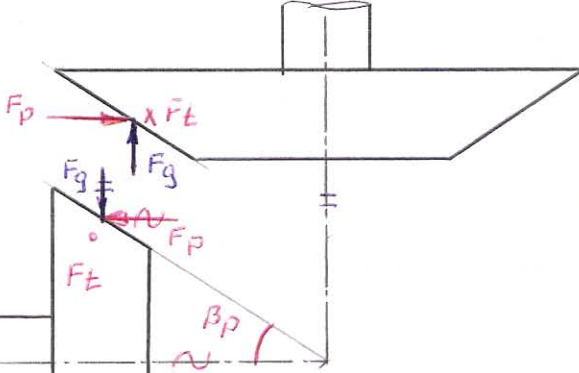
α_n = Kavrama açısı

$\alpha_n = 20^\circ$

(Normal düzlemindedir)

KONİK DİŞLİ ÇARK

Gear
(Çevrilen)



T

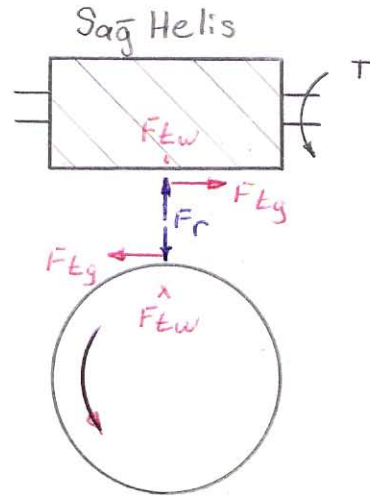
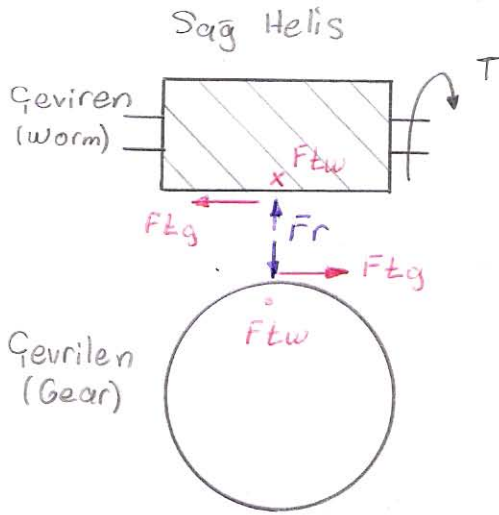
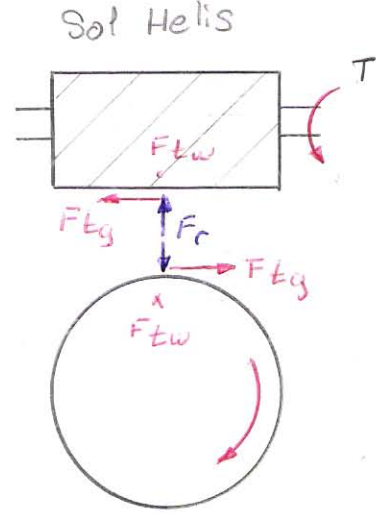
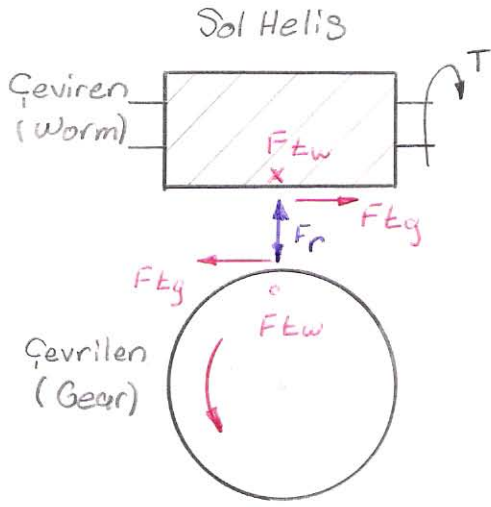
Pinyon
(Çeviren)

$$T = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_p = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \sin \beta_p$$

$$F_g = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta_p$$

SONSUZ VİDA VE KARŞILIK DIŞLISI



$$T = F_{t_w} \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_{t_g} = F_{t_w} \left(\frac{1 - \frac{M \cdot \tan \psi}{\cos \alpha_n}}{\tan \psi + \frac{M}{\cos \alpha_n}} \right)$$

$$F_r = F_{t_w} \left(\frac{\sin \alpha_n}{\cos \alpha_n \cdot \sin \psi + M \cdot \cos \psi} \right)$$

$$\text{Verim} = \tan \psi \left(\frac{\cos \alpha_n - M \cdot \tan \psi}{\cos \alpha_n \cdot \tan \psi + M} \right)$$

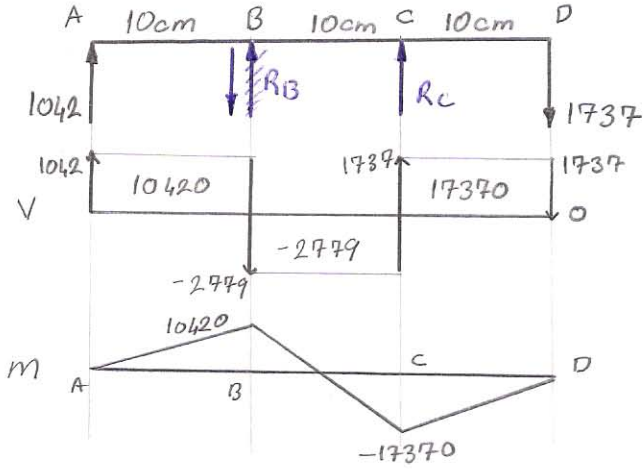
$$P = T \cdot \omega$$

$$P = \text{Güç [Watt]}$$

$$T = \text{Torque [Nm]}$$

$$\omega = \text{Açısal hız [rad/sn]}$$

Düşey Düzlem Moment Diyagramı (DDMD)



$$\sum M_B = 0$$

$$-1042 \cdot 10 + R_C \cdot 10 - 1737 \cdot 20 = 0$$

$$R_C = 4516 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$1042 + 4516 + R_B - 1737 = 0$$

$$R_B = -3821 \text{ (YD)}$$

* Burada en fazla yüke maruz kalan rulman C rulmanıdır.

$$M_C = \sqrt{17370^2 + 19100^2} = 50800 \text{ Nm}$$

MİL ÇAPI HESABI

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot \sigma_D \cdot (1 - k^4)} \sqrt{\left[k_e \cdot m_e + \frac{\alpha \cdot F_a \cdot d_o (1 + k^2)}{8} \right]^2 + (k_b \cdot T)^2}$$

$\swarrow$ malzeme $\swarrow$ içi dolu mu? boş mu? $\swarrow$ Eğilme $\swarrow$ Burkulma $\swarrow$ Burulma

m_e = Eğilme momenti

T = Tork (Döndürme Momenti)

$$k = \frac{d_i}{d_o} \text{ iç çap}$$

$$d_o \text{ dış çap}$$

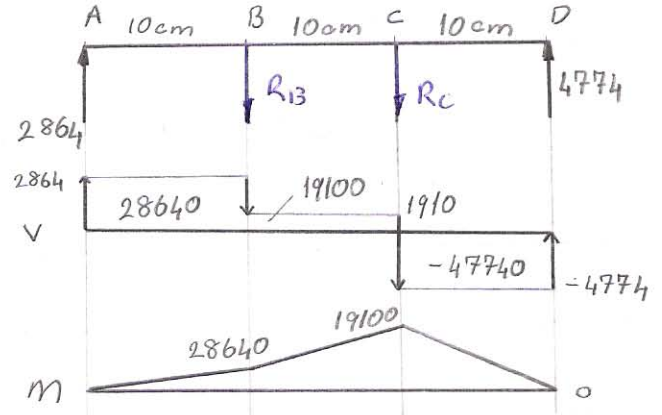
özel durum
içi dolu ise $\Rightarrow k = 0$

k_e = Eğilme katsayısı

k_b = Burulma katsayısı

F_a = Eksenel yük

Düzdeğilde $F_a = 0$ alınır.



(X) olursa yukarı, (-) olursa aşağı alınır.

$$\sum M_B = 0$$

$$-2864 \cdot 10 - R_C \cdot 10 + 4774 \cdot 20 = 0$$

$$R_C = 6684 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2864 - R_B - 6684 + 4774 = 0$$

$$R_B = 954 \text{ N}$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0,0044 \frac{L}{r_j}} \quad \frac{L}{r_j} < 115$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{a_k}}{\pi^2 \cdot n \cdot E} \left(\frac{L}{r_j} \right)^2 \quad \frac{L}{r_j} > 115$$

r_j = Jirasyon yarıçapı

$$r_j = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\textcircled{1} \quad I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \textcircled{2} \quad I = \frac{\pi (d_o^4 - d_i^4)}{64}$$

$\gamma_D = 0,18 \sqrt{K}$
 $\gamma_D = 0,3 \sqrt{K}$ } çıkan sonucun
 küçüğünü al
 Kama var ise %25 azalt

$$E_{şelik} = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

L = Boy

n = uç bağlantı katsayısı

rulmanlı yataklık için $\Rightarrow n = 2,25$

	k_e	k_b	
Yük yavaş uygulanırsa	1	1	Sabit miller (Aks)
Yük aniden uygulanırsa	1,5 - 2	1,5 - 2	
Yük yavaş uygulanırsa	1,5	1	Dönen miller (Şaft)
Yük aniden uygulanırsa	1,5 - 2	1 - 1,5	
Yük Ağır darbeli uygulanırsa	2 - 3	1,5 - 3	

Sorunun devamı

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 6750 (1 - 0^4)} \sqrt{(1.50800)^2 + (1 + 28646)^2}$$

$$d_o^3 = 44$$

$$d_o = 3,5 \text{ cm} = 35 \text{ mm}$$

$$\gamma_D = 0,18 \sqrt{K} = 900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_D = 0,3 \sqrt{K} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

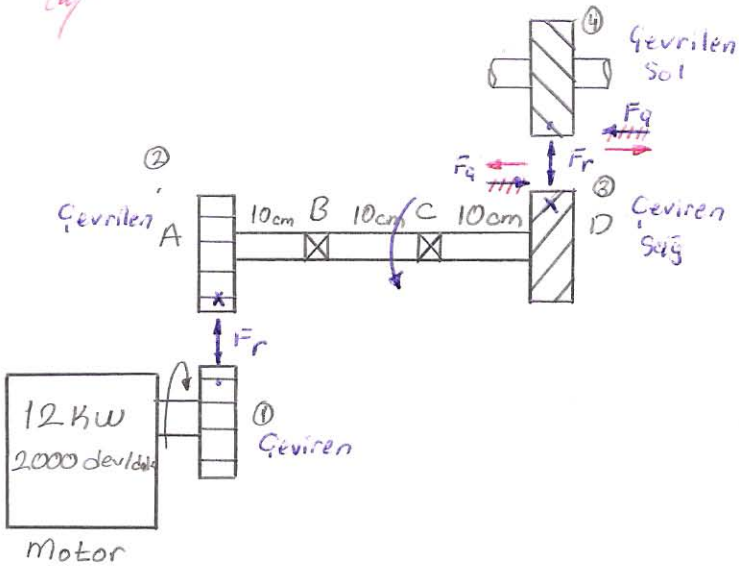
küçüğünü al

$$900 \cdot 0,75 = 675 \text{ kg/cm}^2$$

(Kama var)

$$\times 10 \text{ N/cm}^2$$

$$F_a = 0 \text{ (Düz Dişli)}$$



$$d_1 = 8 \text{ cm}$$

$$d_2 = 16 \text{ cm}$$

$$d_3 = 10 \text{ cm}$$

$$d_4 = 20 \text{ cm}$$

$$\bar{V}_k = 6000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{V}_{ak} = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_e = 1,5$$

$$k_b = 2$$

$$k_{amalı}$$

$$\psi = 12^\circ$$



$$1) P = T \cdot \omega$$

$$12000 = T \cdot 2000 \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 57,295 \text{ Nm} = 5729 \text{ Nm}$$

$$2) 1 \text{ Nolu dişlide}$$

$$T = F_t \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$5729 = F_t \cdot \frac{8}{2}$$

$$F_t = 1432 \text{ N}$$

$$3) 1 \text{ Nolu dişlide}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha$$

$$F_r = 1432 \cdot \tan 20^\circ$$

$$F_r = 521 \text{ N}$$

$$4) T_{AD} = 2 \times 5729 = 11458 \text{ Nm}$$

$$5) 3 \text{ Nolu dişlide}$$

$$T_{AD} = F_t \cdot \frac{d_3}{2}$$

$$11458 = F_t \cdot \frac{10}{2}$$

$$F_t = 2291 \text{ N}$$

$$6) 3 \text{ Nolu dişlide}$$

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \psi}$$

$$F_r = 2291 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 12^\circ}$$

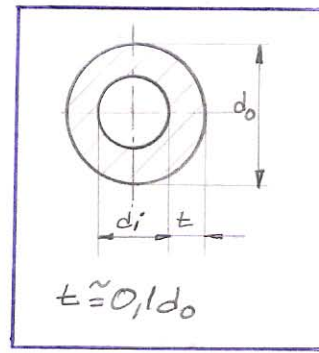
$$F_r = 852 \text{ N}$$

$$7) 3 \text{ Nolu dişlide}$$

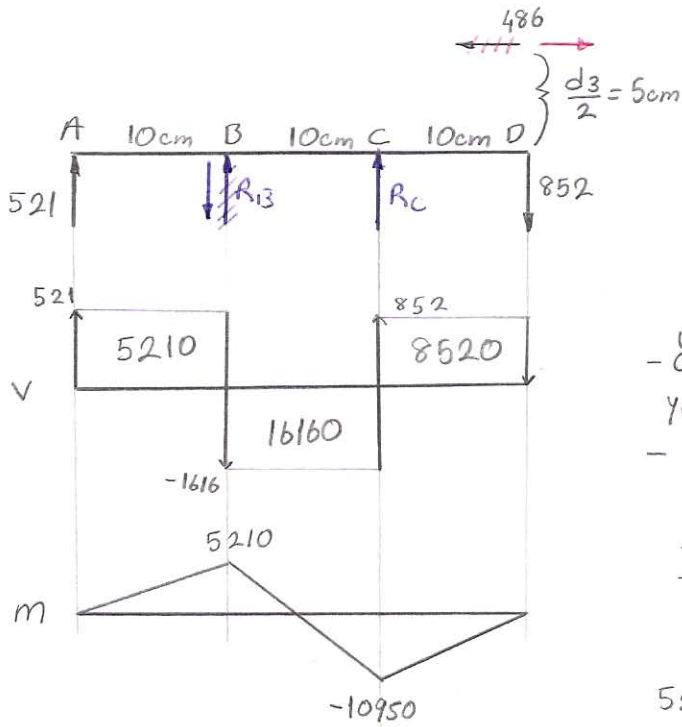
$$F_a = F_t \cdot \tan \psi$$

$$F_a = 2291 \cdot \tan 12^\circ$$

$$F_a = 486 \text{ N}$$



DDMD



3 Nolu dişli Sol helis olduğundan dolayı milde basma kuvveti uygular. Bundan dolayı milde flambaj oluşur. Flambaj olmaması

Değişecek olanlar

- Ön sayfada 3 ve 4 Nolu dişlideki F_a 'ların yönü
- Bu sayfada 486 N'luk kuvvetin yönü

$$\sum M_B = 0$$

$$-521 \cdot 10 + R_C \cdot 10 - 852 \cdot 20 - 486 \cdot 5 = 0$$

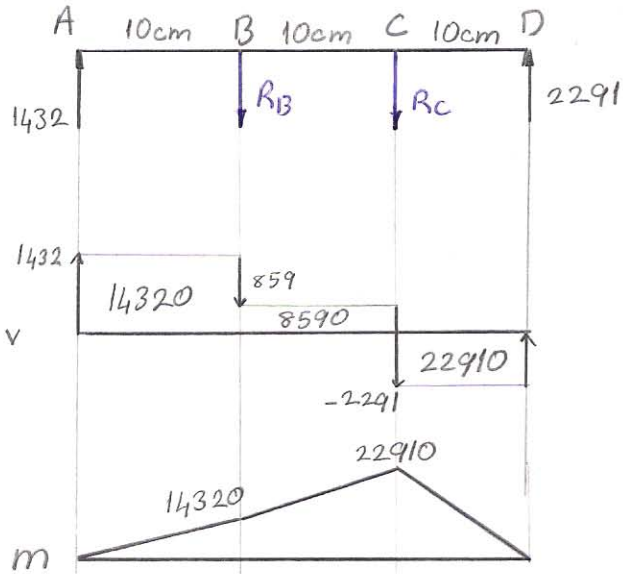
$$R_C = 2468 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$521 + R_B + 2468 - 852 = 0$$

$$R_B = -2137 \text{ N (Y.D.)}$$

YDMD



$$\sum M_B = 0$$

$$-1432 \cdot 10 - R_C \cdot 10 + 2291 \cdot 20 = 0$$

$$R_C = 3150 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$1432 - R_B - 3150 + 2291 = 0$$

$$R_B = 573 \text{ N}$$

$$M_C = \sqrt{10950^2 + 22910^2} = 25392 \text{ N·cm}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \gamma_D (1 - k^4)} \sqrt{\left(k_e \cdot m_e + \frac{\alpha F_a \cdot d_o (1 + k^2)}{8} \right)^2 + (k_b \cdot T)^2}$$

$$\gamma_D = 0,18 \gamma_k = 1080 \text{ kg/cm}^2$$

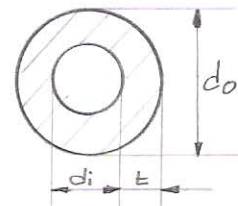
$$\gamma_D = 0,3 \gamma_{ak} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_D = 1080 \cdot 0,75 = 810 \text{ kg/cm}^2 = 8100 \text{ N/cm}^2$$

kemerli

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 8100 (1 - 0,8^4)} \sqrt{(1,5 \cdot 25392)^2 + (2 \cdot 11458)^2}$$

$$d_o = 3,81 \text{ cm}$$

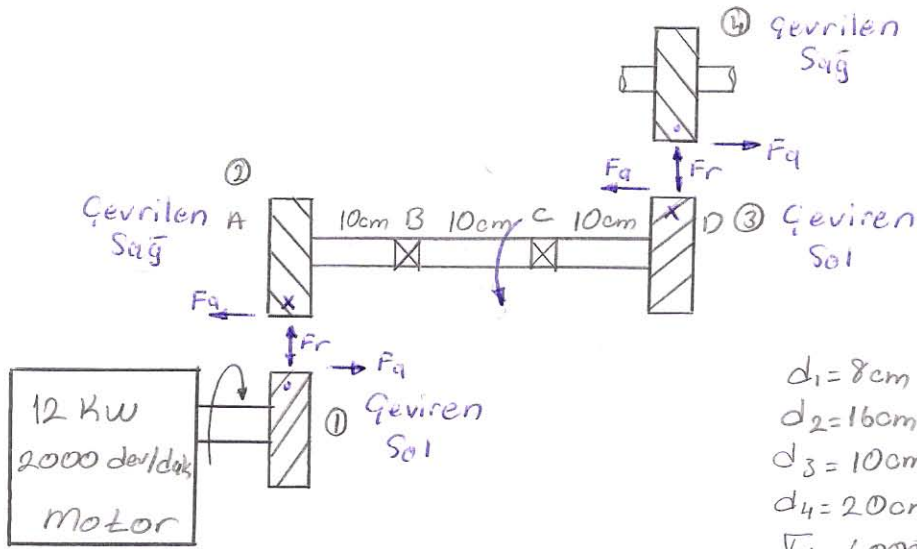


$$d_i = d_o - 2t$$

$$d_i = (d_o - 2 \cdot 0,1 \cdot d_o)$$

$$d_i = 0,8 d_o$$

$$k = \frac{0,8 d_o}{d_o} = 0,8$$



$$\begin{aligned}
 d_1 &= 8 \text{ cm} \\
 d_2 &= 16 \text{ cm} \\
 d_3 &= 10 \text{ cm} \\
 d_4 &= 20 \text{ cm} \\
 V_k &= 6000 \text{ kg/cm}^2 \\
 V_{ak} &= 4000 \text{ kg/cm}^2 \\
 K_e &= 1,5 \\
 K_b &= 2 \\
 K_{amalı} &= ? \\
 \psi &= 12^\circ
 \end{aligned}$$

1) $P = T \cdot \omega$

$$12000 = T \cdot 2000 \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 57,295 \text{ Nm} = 5729 \text{ Ncm}$$

2) 1 Nolu dişli

$$T = F_t \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$5729 = F_t \cdot \frac{8}{2}$$

$$F_t = 1432 \text{ N}$$

3) 1 Nolu dişlide

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha$$

$$F_r = 1432 \cdot \tan 20^\circ$$

$$F_r = 532 \text{ N}$$

4) 1 Nolu dişlide

$$F_a = F_t \cdot \tan \psi$$

$$F_a = 1432 \cdot \tan 12^\circ$$

$$F_a = 304 \text{ N}$$

5) $T_{AD} = 2 \times 5729 = 11458 \text{ Ncm}$

6) 3 Nolu dişlide

$$T = F_t \cdot \frac{d_3}{2}$$

$$11458 = F_t \cdot \frac{10}{2}$$

$$F_t = 2291 \text{ N}$$

7) 3 Nolu dişlide

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \psi}$$

$$F_r = 2291 \frac{\tan 20^\circ}{\cos 12^\circ}$$

$$F_r = 852 \text{ N}$$

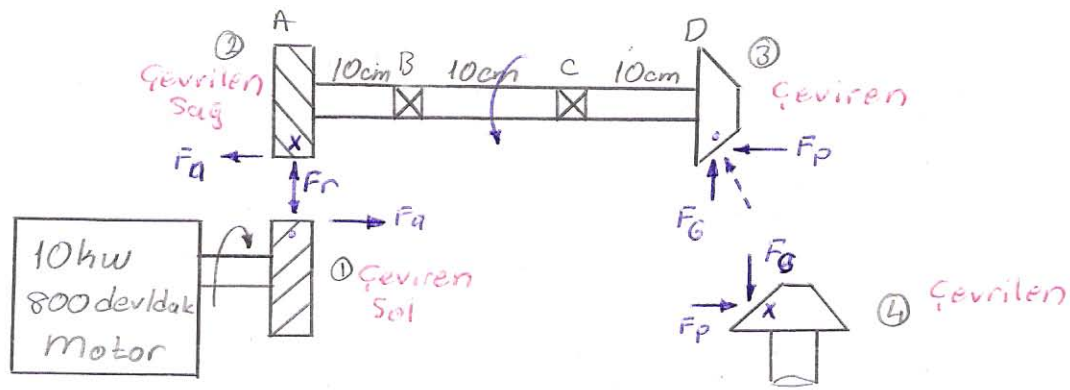
8) 3 Nolu dişlide

$$F_a = F_t \cdot \tan \psi$$

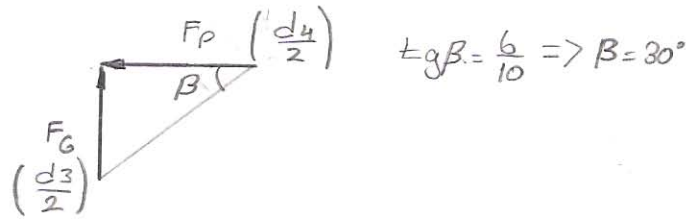
$$F_a = 2291 \cdot \tan 12^\circ$$

$$F_a = 486 \text{ N}$$

Çöz



1) 3 Nolu dişlide (Koniklik Açısı)



$d_1 = 8\text{cm}$
 $d_2 = 10\text{cm}$
 $d_3 = 12\text{cm}$
 $d_4 = 20\text{cm}$
 $V_H = 6000 \text{ kg/cm}^2$
 $V_{ak} = 4000 \text{ kg/cm}^2$
 $K_e = 1,5$
 $K_b = 2$
 K_{emali}
 $\psi = 12^\circ$
 $d_{AD} = ?$

2) 1 Nolu dişlide

$$P = T \cdot \omega$$

$$10000 = T \cdot 800 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 119,36 \text{ Nm} = 11936 \text{ Ncm}$$

3) 1 Nolu dişlide

$$T = F_t \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$11936 = F_t \cdot \frac{8}{2}$$

$$F_t = 2984 \text{ N}$$

4) 1 Nolu dişlide

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \psi}$$

$$F_r = 2984 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 12^\circ}$$

$$F_r = 1110 \text{ N}$$

$$5) T_{AD} = 11936 \cdot \frac{10}{8}$$

$$T_{AD} = 14875 \text{ Ncm}$$

6) 3 Nolu dişlide

$$T = F_t \cdot \frac{d_3}{2}$$

$$14875 = F_t \cdot \frac{12}{2}$$

$$F_t = 2479 \text{ N}$$

7) 3 Nolu dişlide

$$F_p = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \sin \beta_p$$

$$F_p = 2479 \cdot \tan 20^\circ \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_p = 451 \text{ N}$$

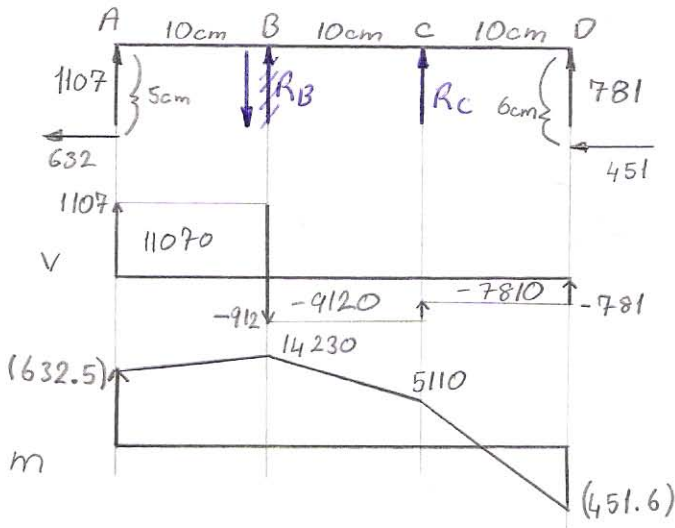
8) 3 Nolu dişlide

$$F_g = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta_p$$

$$F_g = 2479 \cdot \tan 20^\circ \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_g = 781 \text{ N}$$

DDmD



$$\sum M_B = 0$$

$$-1107 \cdot 10 - 632 \cdot 5 + 10R_C + 781 \cdot 10 - 451 \cdot 6 = 0$$

$$R_C = 131 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$1107 + 131 + R_B + 781 = 0$$

$$R_B = -2019 \text{ (Y.D.)}$$

$$M_B = \sqrt{14230^2 + 29750^2} = 32978 \text{ N·cm}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 8100} \sqrt{\left(1,5 \cdot \frac{32978}{\text{kg}}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{14875}{\text{T}}\right)^2}$$

$$\gamma_D = 0,18 \cdot 6000 = 1080 \text{ kg/cm}^2$$

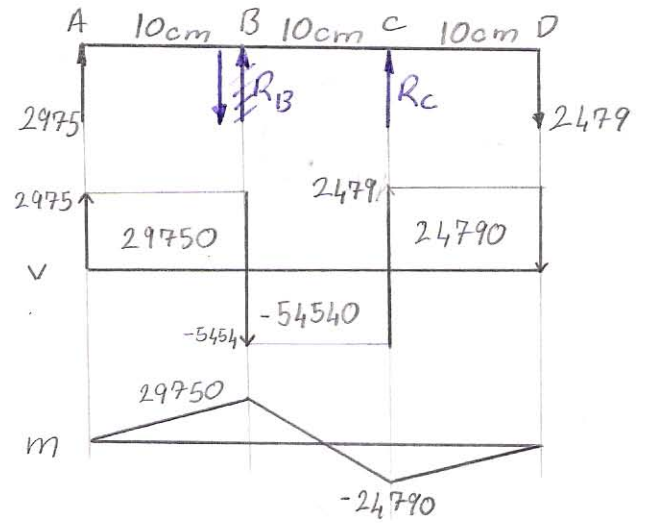
$$\gamma_D = 0,3 \cdot 4000 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_D = 0,75 \cdot 1080 = 810 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 8100 \text{ N/cm}^2$$

$$F_{q \text{ toplam}} = 632 + 451 = 1083 \text{ N}$$

Y.D.m.D



$$\sum M_B = 0$$

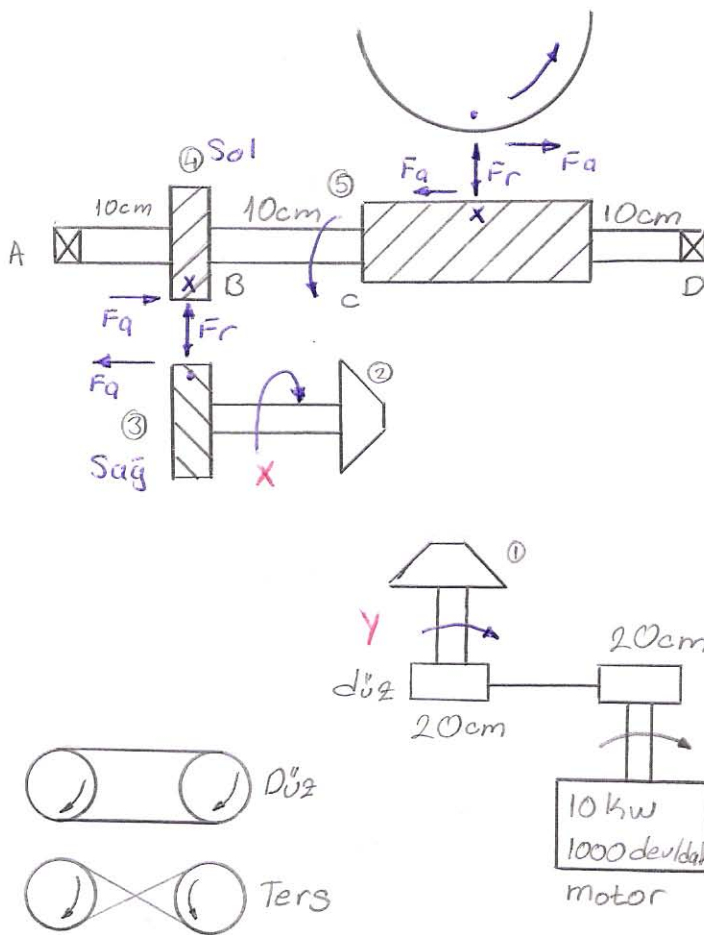
$$-2975 \cdot 10 + R_C \cdot 10 - 2479 \cdot 20 = 0$$

$$R_C = 7933 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2975 + R_B + 7933 + 2479 = 0$$

$$R_B = -8429 \text{ N (Y.D.)}$$



$$\bar{r}_h = 7000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{r}_{ak} = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_e = 1,5$$

$$k_b = 2$$

$$k_{amali}$$



$$\psi_{sis} = 15^\circ$$

$$M = 0,1$$

$$d_1 = 8 \text{ cm}$$

$$d_2 = 16 \text{ cm}$$

$$d_3 = 10 \text{ cm}$$

$$d_4 = 20 \text{ cm}$$

$$d_5 = 10 \text{ cm}$$

$$d_6 = 50 \text{ cm}$$

$$d_{AD} = ?$$

$$1) P = T \cdot \omega$$

$$10000 = T \cdot 1000 \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 95,54 \text{ Nm} = 9554 \text{ Ncm}$$

$$2) \text{ 1ve 2 Nolu dişli arasında}$$

$$T_x = 9554 \cdot \frac{16}{8} = 19108 \text{ Ncm}$$

$$3) \text{ 3 Nolu dişlide}$$

$$T = F_t \cdot \frac{d_3}{2}$$

$$19108 = F_t \cdot \frac{10}{2}$$

$$F_t = 3821 \text{ N}$$

$$4) \text{ 3 Nolu dişlide}$$

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \psi}$$

$$F_r = 3821 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 15^\circ}$$

$$F_r = 1440 \text{ N}$$

$$5) \text{ 3 Nolu dişlide}$$

$$F_a = F_t \cdot \tan \psi$$

$$F_a = 3821 \cdot \tan 15^\circ$$

$$F_a = 1024 \text{ N}$$

$$6) \text{ 3ve 4 Nolu dişliler arasında}$$

$$T_{AD} = 19108 \cdot \frac{20}{10} \frac{d_4}{d_3} = 38216 \text{ Ncm}$$

$$7) \text{ 5 Nolu dişlide}$$

$$T_{AD} = F_t \cdot \omega \cdot \frac{d_5}{2}$$

$$38216 = F_t \cdot \omega \cdot \frac{10}{2}$$

$$F_t \cdot \omega = 7643 \text{ N}$$

$$8) F_r = F_t \cdot \omega \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha \cdot \sin \psi + M \cdot \cos \psi} \right)$$

$$F_r = 7643 \left(\frac{\sin 20^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \sin 15^\circ + 0,1 \cdot \cos 15^\circ} \right)$$

$$F_r = 7692 \text{ N}$$

$$9) F_{tg} = 7643 \left(\frac{1 - \frac{0,1 \cdot \tan 15^\circ}{\cos 20^\circ}}{\tan 15^\circ + \frac{0,1}{\cos 20^\circ}} \right)$$

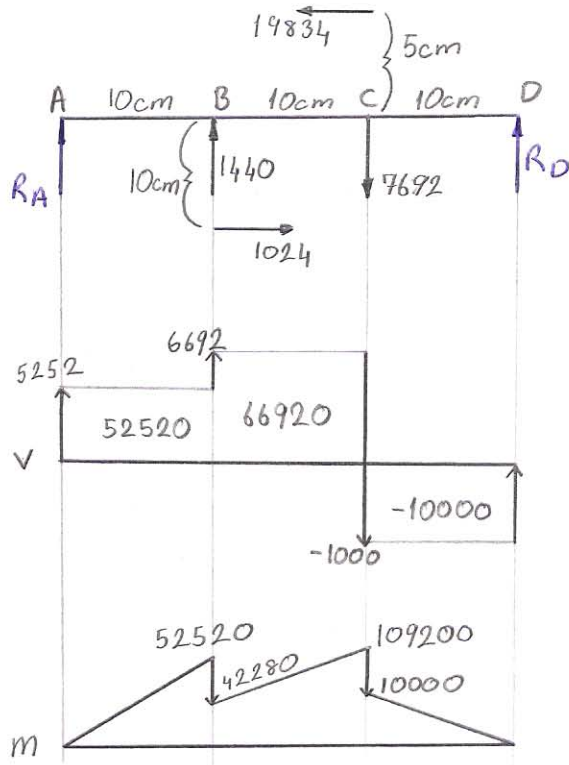
$$F_{tg} = 19834 \text{ N}$$

$$10) \text{ Verim} = \tan 15^\circ \left(\frac{\cos 20^\circ - 0,1 \cdot \tan 15^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \tan 15^\circ + 0,1} \right)$$

$$\eta = 0,69$$

$$\eta = \%69$$

D.D.m.D



$$\sum M_A = 0$$

$$1440 \cdot 10 + 1024 \cdot 10 - 7692 \cdot 20 + 19834 \cdot 5 + R_D \cdot 30 = 0$$

$$R_D = 10000 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + 1440 - 7692 + 10000 = 0$$

$$R_A = 5252 \text{ N}$$

$$M_C = \sqrt{109200^2 + 63690^2} = 126416 \text{ Ncm}$$

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi \cdot 9450} \sqrt{(1.5 \cdot 126416)^2 + (2 \cdot 38216)^2}$$

$$d_o^3 = 110$$

$$d_o = 4.79 \text{ cm} = 47.9 \text{ mm}$$

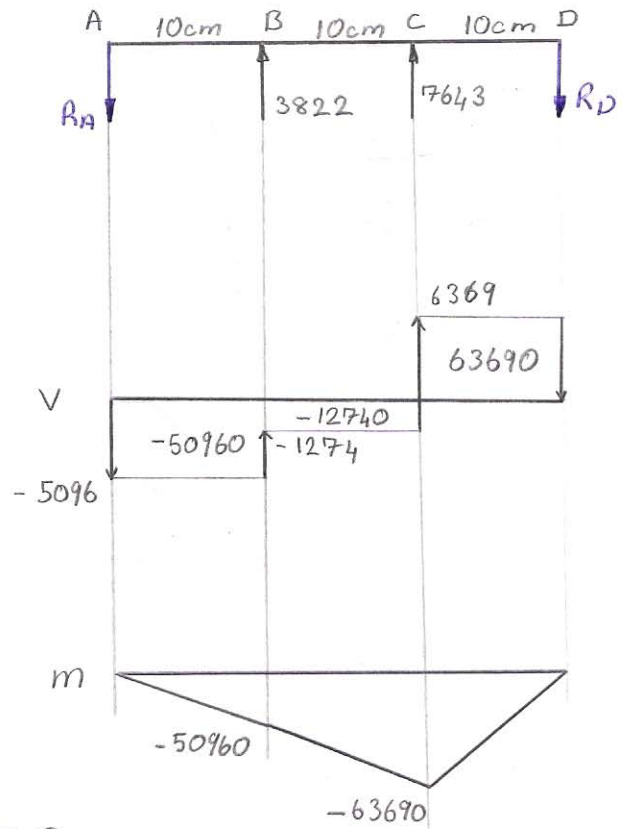
$$J_D = 0.18 \cdot 7000 = 1260 \text{ kg/cm}^2$$

$$J_D = 0.3 \cdot 6000 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$J_D = 1260 \cdot 0.75 = 945 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 9450 \text{ N/cm}^2$$

Y.D.m.D



$$\sum M_A = 0$$

$$3822 \cdot 10 + 7643 \cdot 20 - R_D \cdot 30 = 6369 \text{ N}$$

$$R_D = 6369 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_A + 3822 + 7643 - 6369 = 0$$

$$R_A = 5096 \text{ N}$$

* Yataylanma olduğundan dolayı
 $F_q = 0$ kabul edilir.

Yukarıdaki soruya ek olarak.

- a) Çıkış gücünü verimlerden giderek
b) kuvvetlerden giderek bulunuz.

Çözüm

a) $P_{\text{çıkış}} = \eta \cdot P_{\text{giriş}}$

$$P_{\text{çıkış}} = 0,69 \cdot 10000$$

$$P_{\text{çıkış}} = \underline{\underline{6900 \text{ W}}}$$

Sağlama

$$T_{\text{çıkış}} = F \cdot \frac{d_6}{2} = 19834 \cdot \frac{50}{2} = 495850 \text{ Ncm} = \underline{\underline{4958,5 \text{ Nm}}}$$

$$i = \frac{d_3}{d_w \cdot \tan \psi}$$

İletim Oranı

$$i = \frac{50}{10 \cdot \tan 15^\circ} = \underline{\underline{18,66}}$$

$$P_{\text{çıkış}} = T \cdot \omega = 4958,5 \cdot \frac{250}{18,66} \cdot \frac{2\pi}{60} = \underline{\underline{6956 \text{ W}}}$$

Başka yolla

$$P_{\text{çıkış}} = 0,85 \cdot 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,69 \cdot 10 = 5,46 \text{ kW}$$

Kasnak konik Helis Sonsuz $P_{\text{giriş}}$

b) $T = 9554 \text{ Ncm}$

1) $T_y = 9554 \cdot 0,85 = 8121 \text{ Ncm}$
Kasnak

2) $T_x = 8121 \cdot 0,96 \cdot 2 = 15592 \text{ Ncm}$
Konik

3) $T = F \cdot \frac{d_3}{2}$
 $15592 = F \cdot \frac{10}{2}$
 $F = \underline{\underline{3118 \text{ N}}}$

4) $F_r = 3118 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 15^\circ} = 1174 \text{ N}$

5) $F_q = 3118 \cdot \tan 15^\circ = 835 \text{ N}$

6) $T_{AD} = F \cdot \frac{d_4}{2} \cdot 0,97$

$$T_{AD} = 30248 \text{ Ncm}$$

7) $T_{AD} = F \cdot \omega \cdot \frac{d_5}{2}$

$$30248 = F \cdot \omega \cdot \frac{10}{2}$$

$$F \cdot \omega = \underline{\underline{6049 \text{ N}}}$$

8) $F_r = 6049 \left(\frac{\sin 20^\circ}{\cos 20^\circ \sin 15^\circ + 0,15 \cos 15^\circ} \right) = \underline{\underline{6088 \text{ N}}}$

9) $F \cdot \tan 15^\circ = 6049 \cdot 2,59 = \underline{\underline{15697 \text{ N}}}$

10) $P_{\text{çıkış}} = \left(\frac{15697 \cdot 0,97}{2} \right) \cdot \frac{250}{18,66} \cdot \frac{2\pi}{60}$
 $\underbrace{\hspace{1cm}}_{T_{\text{çıkış}}}$

$$P_{\text{çıkış}} = \underline{\underline{5502 \text{ W}}}$$

$$d_o = ?$$

RULMAN ÖMÜR HESABI

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^m$$

$L = \text{Ömür (milyon devir)}$

$m = 3 \rightarrow \text{Bilyalı}$

$m = \frac{10}{3} \rightarrow \text{Silindirik Makaralı}$

$C = \text{Dinamik yük taşıma kapasitesi}$
 $C_0 = \text{Statik yük taşıma kapasitesi}$ } Rulman kataloğundan
Bakılacak

* Rulmanın yük taşıma kapasitesi rulman bilyasının veya makarasının koşu yolunda (dönme ekseninde) iz bırakmasıyla alakalıdır. İz bırakıyorsa taşıma kapasitesi aşılmış olur.

$P = \text{Eşdeğer yük taşıma kapasitesi}$

$$P = x F_r + y F_a$$

* x ve y katsayılarını bulmak için;

① $\frac{F_a}{C_0}$ 'ı bul. Bulduğun bu sonuca göre rulman kataloğundan

(e) değerine bak.

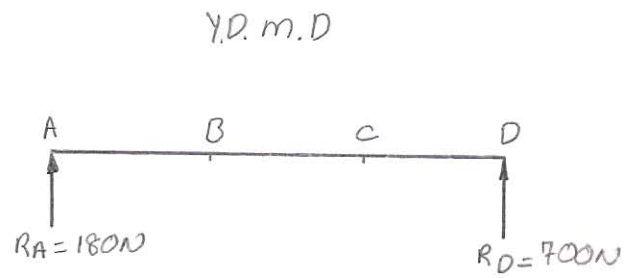
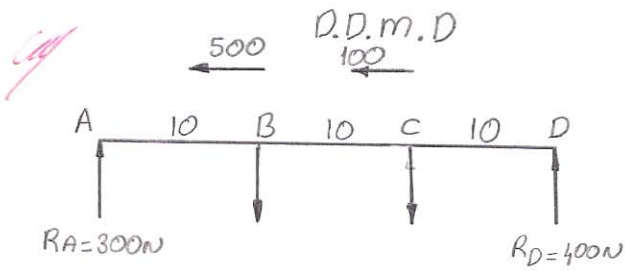
② $\frac{F_a}{F_r}$ 'yi bul. Bulduğun bu değeri e ile mukayese et.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \quad \text{ise} \quad x=1, y=0$$

$$\frac{F_a}{F_r} > e \quad \text{ise} \quad x, y \text{ değerleri kataloğtan okunur.}$$

"Özeller Haller

$$F_a = 0 \quad \text{ise} \quad P = F_r \text{ 'dir}$$



Verilenler

- $d = 3,9cm$

$d = 40mm$ 'lik rulman seçilir.

- Eksenel yükleri A rulmanı taşımaktadır.

İstenenler

- Rulman seçimlerini yapın. Rulmanların ömürlerini hesaplayın
- A rulmanı 2 varlığa çalışmakta ve rulmanın üzerindeki mil $w = 1000$ dev/dak ile dönerse kaç sene dayanır.

a) Rulman seçimi

$d = 40mm$ için

$C_{10} = 11,1kN = 11100N$
 $C_{0,10} = 9,94kN = 9940N$ } Katalogtan bakılır.

$F_a = 0$ old.

$P = F_r = \sqrt{400^2 + 700^2} = 806N$

$L_D = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{11100}{806}\right)^3 = \underbrace{2611}_{\text{milyon devir}} \times 10^6 \text{ dev}$

A rulman seçimi

$F_r = \sqrt{300^2 + 180^2} = 349N$

$F_a = 600N$

$\frac{F_a}{C_0} = \frac{600}{9940} = 0,06 \Rightarrow e = 0,26$ (tablodan bak)

$\frac{F_a}{F_r} = \frac{600}{349} = 1,7$

$\frac{F_a}{F_r} > e \Rightarrow 1,7 > 0,26$ olduğundan

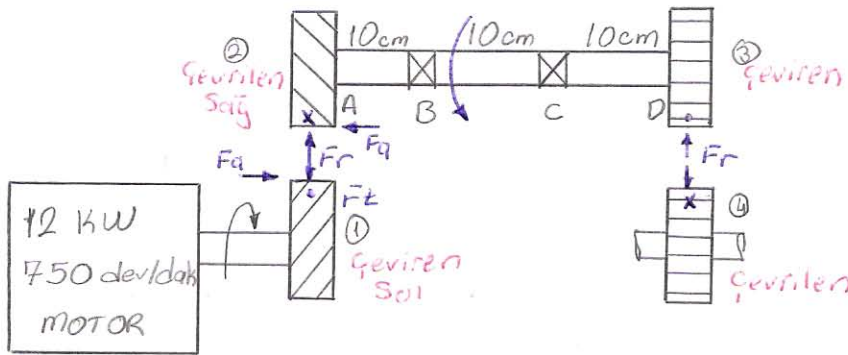
$x = 0,56, y = 1,7$ (tablodan bakılır)

$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 0,56 \cdot 349 + 1,7 \cdot 600 = 1215N$

$$L_A = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{11100}{1215} \right)^3 = 762 \times 10^6 \text{ dev}$$

b) 1 dakikada 1000 dev
 1 saatte 60x1000 dev
 1 Günde 16x6000 dev (2 vardiya => 2x8(saat))
 1 yılda 365x16x6000 dev

$$\frac{762 \times 10^6}{365 \times 16 \times 6000} = 2,17 \text{ sene}$$



$$d_1 = 8 \text{ cm}$$

$$d_2 = 16 \text{ cm}$$

$$d_3 = 10 \text{ cm}$$

$$d_4 = 15 \text{ cm}$$

$$\sqrt{\rho_k} = 7000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sqrt{\rho_{ak}} = 6000 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_e = 2$$

$$k_b = 2$$

$$k_{amalı}$$

$$\psi_{sis} = 15^\circ$$

$$B \text{ rulmanı eksenel yük taşıyın}$$

$$L_B = ?$$

$$L_C = ?$$

$$\text{Çeviren} \quad d_{AD} = ?$$

$$1) P = T \cdot \omega$$

$$12000 = T \cdot 750 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 15286 \text{ Ncm}$$

$$2) 1 \text{ Nolu dişlide}$$

$$T = F_t \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$15286 = F_t \cdot \frac{8}{2}$$

$$F_t = 3821 \text{ N}$$

$$3) 1 \text{ Nolu dişlide}$$

$$F_r = F_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \psi}$$

$$F_r = 3821 \cdot \frac{\tan 20^\circ}{\cos 15^\circ}$$

$$F_r = 1439 \text{ N}$$

$$4) F_a = F_r \cdot \tan \psi$$

$$F_a = 1439 \cdot \tan 15^\circ$$

$$F_a = 1023 \text{ N}$$

$$5) T_{AD} = 3 \times 15286$$

$$T_{AD} = 45858 \text{ Ncm}$$

$$7) F_r = F_t \cdot \tan \alpha$$

$$F_r = 9171 \cdot \tan 20^\circ$$

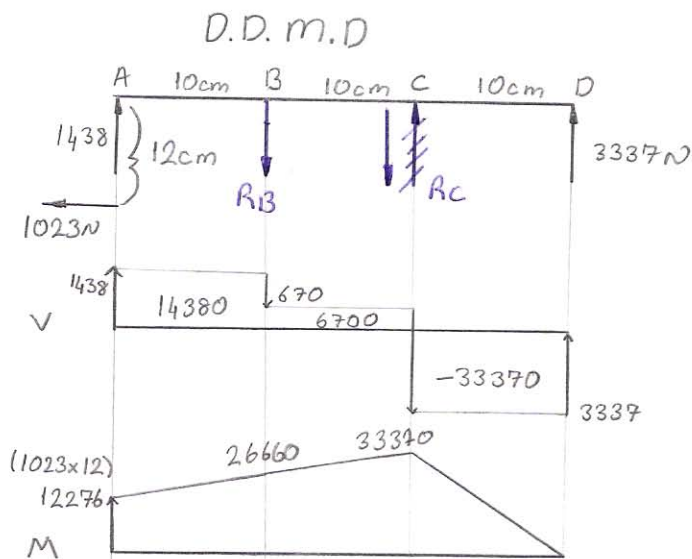
$$F_r = 3337 \text{ N}$$

$$6) 3 \text{ Nolu diğilde}$$

$$T = F_t \cdot \frac{d_3}{2}$$

$$45858 = F_t \cdot \frac{10}{2}$$

$$F_t = 9171 \text{ N}$$



$$\sum M_B = 0$$

$$-1438 \cdot 10 - 1023 \cdot 12 + R_C \cdot 10 + 3337 \cdot 20 = 0$$

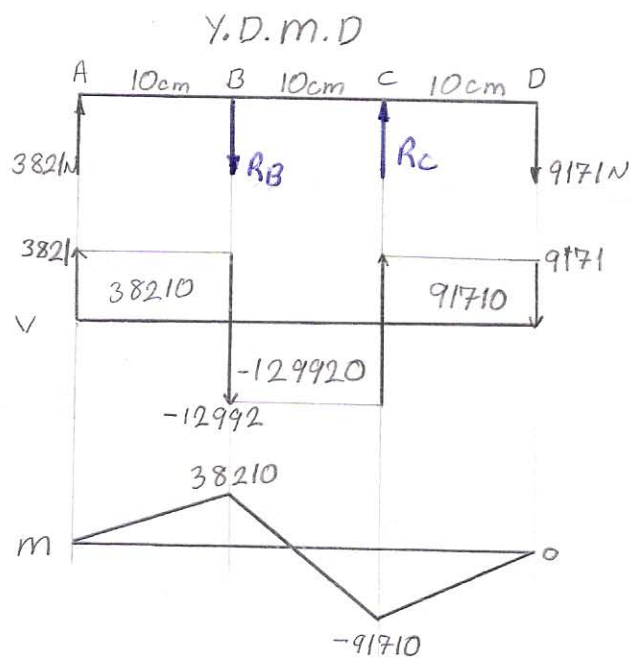
$$R_C = -4007 \text{ N (Y.D.)}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$1438 - R_B - 4007 + 3337 = 0$$

$$R_B = 769 \text{ N}$$

$$m_C = \sqrt{33370^2 + 91710^2} = 97592 \text{ Ncm}$$



$$\sum M_B = 0$$

$$-3821 \cdot 10 + R_C \cdot 10 - 9171 \cdot 20 = 0$$

$$R_C = 22163 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$3821 - R_B + 22163 - 9171 = 0$$

$$R_B = 16813 \text{ N}$$

$$\tau_D = 0,18 \cdot 7000 = 1260 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_D = 0,3 \cdot 6000 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_D = 0,75 \cdot 1260 = 945 \text{ kg/cm}^2 \\ = 9450 \text{ N/cm}^2$$

$$d_0^3 = \frac{16}{\pi \cdot 9450} \sqrt{(2 \times 97592)^2 + (2 \times 45858)^2} = 4,88 \text{ cm}$$

$$d_0 = \underline{\underline{48,8 \text{ cm}}}$$

$$d_0 = 50 \text{ mm için}$$

$$C_{180} = 13,5 \text{ kN} = 13500 \text{ N}$$

$$C_{0,180} = 12,6 \text{ kN} = 12600 \text{ N}$$

Coulman Seçimi (Eksenel yük yok)

$$P = F_r = \sqrt{22163^2 + 4007^2} = 22522 \text{ N}$$

$$L_C = \left(\frac{13500}{22522} \right)^3 = 0,215 \times 10^6 \text{ dev}$$

Boulman Seçimi

$$\frac{F_q}{C_0} = \frac{1023}{12600} = 0,0811 \Rightarrow e = \underline{\underline{0,28}}$$

$$F_r = \sqrt{789^2 + 16813^2} = 16830 \text{ N}$$

$$\frac{F_q}{F_r} = \frac{1023}{16830} = 0,0607$$

$$\frac{F_q}{F_r} < e \text{ olduğundan} \Rightarrow x=1, y=0 \text{ alınır.}$$

$$P = F_r = 16830 \text{ N}$$

$$L_B = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{13500}{16830} \right)^3 = 0,516 \times 10^6 \text{ dev}$$

MODÜL HESABI

DÜZ DİŞLİLER

Standard modüller

0,05	(0,22)	0,8	3	(14)	60
(0,055)	0,25	(0,85)	(3,5)	16	(70)
0,06	(0,28)	0,9	4	(18)	
(0,07)	0,3	(0,95)	(4,5)	20	
0,08	(0,35)	1	5	(22)	
(0,09)	0,4	(1,125)	(5,5)	25	
0,1	(0,45)	1,25	6	(28)	
(0,11)	0,5	(1,375)	(7)	32	
0,12	(0,55)	1,5	8	(36)	
(0,14)	0,6	(1,75)	(9)	40	
0,16	(0,65)	2	10	(45)	
(0,18)	0,7	(2,25)	(11)	50	
0,2	(0,75)	2,5	12	(55)	
		(2,75)			

- Bu modüller düz dişli ve helis dişliler için kullanılır.
- Parantez içindeki modüller zorda kalınmadıkça kullanılmayacaktır.

Sonsuz vida ve kurguluk dişlisinin standard modülleri

1 / 1,25 / 1,6 / 2 / 2,5 / 3,15 / 4 / 5 / 6,3 / 8 / 10 / 12,5 / 16 / 20

Sonsuz vida ve dişli çarkı için verilen standard modüller, sonsuz vidada eksenel kesitte, çarkta ise alın kesitinde geçerlidir.

$$d = m \cdot Z$$

d = çap (mm)

Z = Diş sayısı

$$Z_{min} = 17 \text{ diş}$$

- $Z_{min} = 17$ alınacaktır. 17'nin altında düşüşü zaman alttan ve üstten zayıflar

Not= 7 dişin altına indiğimiz zaman kesintisiz güç iletimi imkansızlaşır. Bu nedenle $z_{min}=7$ (dünya rekoru)

- 17 dişin altına indiğimiz zaman alttan veya üstten kesilmeye başlar yani zayıflar. Büyük güç aktarımı gerektiren dişli kutusu, şanzıman gibi yerlerde kullanılmaz.

DAYANIM HESABI

Lewis Denklemi

$$m^3 = \frac{2T}{\sigma \cdot k \cdot \pi^2 \cdot Y \cdot Z}$$

Aşınmaya karşı yüzey dayanımını arttırmak için dişlere yüzey sertleştirme işlemi yapılır.

k 'nin büyük olması, diş genişliğinin büyük olmasıyla ilgilidir. Diş genişliği büyük olursa iki dişlinin eksen paralellliği bozulursa dişlerin b genişliğinin sadece bir kısmı temas eder. Buda istenmez.

T = Tork (Döndürme Momenti) [Nmm]

Z = Diş Sayısı

$$k = \frac{b}{m \cdot \pi} \leq 4 \quad \boxed{k=4}$$

Y = Lewis Faktörü
(Tablo 1 Sayfa 227)

b = diş genişliği [mm]

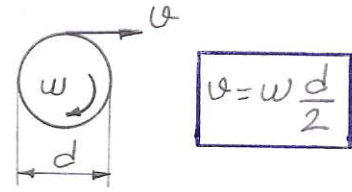
σ = Dişte oluşan gerilim [N/mm²]

τ bulunurken malzemenin τ_{ak} 'sına göre hesaplanmaz. Çünkü malzemeye durgun yük gelmediğinden malzeme sürekli yorulur.

$$\tau_{em} = \tau_o \left(\frac{3}{3+\psi} \right) \quad \psi < 10 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \tau_o \left(\frac{6}{6+\psi} \right) \quad 10 \leq \psi \leq 20 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \tau_o \left(\frac{5,6}{5,6+\sqrt{\psi}} \right) \quad 20 < \psi$$



$$\tau_o = \frac{\tau_k}{S} \quad \text{Çelik}$$

$$\tau_o = 55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Döküm}$$

$$\tau \leq \tau_{em}$$

Kırılmaz

Aşınma Kontrolü

$$F_w = d_p \cdot b \cdot k \cdot Q \quad d_p = \text{Pinyonun çapı [m]}$$

* Küşük dişli daha çok aşınır. Pinyon olarak küçük dişli alınacak.

b = diş genişliği [m]

Q = Katsayı

k = Gerilme Yorulması Katsayısı [N/mm^2]
(Tablo 3 Sayfa 228)

$$Q = \frac{2z_g}{z_p + z_g}$$

$$Q = \frac{2z_g}{z_g - z_p}$$

– Dökme demir, çelikten aşınmaya karşı daha dayanıklıdır.

– Kırılacaksa önce küçük dişli kırılır.
Pinyon çelik, karşılığı dökme demir olur.
Çelik döküme göre daha az mukavemetli olduğundan pinyon çelik olur.

BUCKINGHAM DENKLEMİ

$$F_d = \frac{21v(bC + F_t)}{21v + \sqrt{bc + F_t}} + F_t$$

$$F_t = \frac{T}{\frac{d}{2}}$$

b = diş genişliği [m]

v = Tegetsel hız [m/s]

Yapılacak işlemler

- ① $\tau \leq \tau_{em}$ (Lewis)
- ② $F_w = d.p. \cdot b \cdot K \cdot Q$
- ③ $F_o = \tau_o \cdot b \cdot Y \cdot \pi \cdot m$
(Statik yük taşıma kapasitesi)
- ④ $F_d = \frac{21v(bC + F_t)}{21v + \sqrt{bc + F_t}}$
(Dinamik yük kontrolü)

C = Deformasyon katsayısı

Sayfa 226 → Şekil 18-3

Şekil 18-3

Sayfa 228 → Tablo 2

C değerini buradan al.

modülü bulmak için

- ① $F_o > F_d$
- ② $k = \frac{b}{m \cdot \pi} \leq 4$
- ③ $F_w > F_d$
- ④ $\tau \leq \tau_{em}$



$$Z_p = 20$$

$$i = 4$$

$$\omega_p = 1600 \text{ dev/dak}$$

$$\tau_k = 300 \text{ N/mm}^2$$

18kW güç aktarılacak

$$m_{min} = ?$$

$$① P = T \cdot \omega$$

$$18000 = T \cdot 1600 \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 107,4 \text{ Nm} = 107400 \text{ Nmm}$$

2) Varsayalım hız $v = 10 \text{ m/s}$ olsun (Varsayım)

$$\tau_{em} = \frac{\tau_k}{3} \left(\frac{6}{6+v} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{6}{6+10} \right) = 37,5 \text{ N/mm}^2$$

$$3) m^3 = \frac{2T}{\sqrt{k} \cdot \pi^2 \cdot \gamma \cdot z} = \frac{2 \cdot 107400}{37,5 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,102 \cdot 20}$$

$$m \approx \underline{\underline{4,4}}$$

$m=4$ olsun (varsayım)

$$d = m \cdot z = 20 \cdot 4 = 80 \text{ mm}$$

$$\vartheta = \omega \cdot \frac{d}{2} = 1600 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,080}{2} = 6,7 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \frac{\sqrt{k}}{3} \left(\frac{3}{3+\vartheta} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{3}{3+6,7} \right) = 30,9 \text{ N/mm}^2$$

$$m^3 = \frac{2T}{\sqrt{k} \cdot \pi^2 \cdot \gamma \cdot z}$$

$$4^3 = \frac{2 \cdot 107400}{\sqrt{k} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,102 \cdot 20}$$

$$\tau = \underline{\underline{41,6 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\tau_{em} = 37,5 \text{ N/mm}^2$$

$\tau > \tau_{em}$ olduğundan
dişli kırılır.

$m=5$ olsun (varsayım)

$$d = m \cdot z = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$\vartheta = \omega \cdot \frac{d}{2} = 1600 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,100}{2} = 8,3 \text{ m/s}$$

$\vartheta \leq 10 \text{ m/s}$ olduğundan

$$\tau_{em} = \frac{\sqrt{k}}{3} \left(\frac{3}{3+\vartheta} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{3}{3+8,3} \right) = \underline{\underline{26,5 \text{ N/mm}^2}}$$

$$m^3 = \frac{2T}{\sqrt{k} \cdot \pi^2 \cdot \gamma \cdot z}$$

$$5^3 = \frac{2 \cdot 107400}{\sqrt{k} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,102 \cdot 20}$$

$$\tau = 21,3 \text{ N/mm}^2$$

$\tau \leq \tau_{em}$ olduğundan
kırılmaz.

$$4) b = k \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 5 = 62,83 \text{ mm}$$

$$b = \underline{\underline{62 \text{ mm}}}$$

Çünkü $k > 4$ olursa $b = 62,83 \text{ mm}'yi$ geçer

$$Q = \frac{2Z_g}{Z_g + Z_p} = \frac{2 \cdot \overset{(i \cdot Z_p)}{(4 \cdot 20)}}{80 + 20} = 1,6$$

BHN 400 için Tablo 3'ten

$$K = 2553 \text{ kN/m}^2 = 2553000 \text{ N/mm}^2$$

$$F_w = d_p \cdot b \cdot K \cdot Q$$

$$F_w = 0,100 \cdot 0,062 \cdot 2553000 \cdot 1,6$$

$$F_w = \underline{\underline{253257 \text{ N}}}$$

$$5) F_0 = \underset{w}{V_0} \cdot b \cdot Y \cdot \pi \cdot m$$

$$\text{Gelik } \frac{\sqrt{K}}{3}$$

$$F_0 = \frac{300}{3} \cdot 62 \cdot 0,102 \cdot \pi \cdot 5 = \underline{\underline{9933 \text{ N}}}$$

$$6) F_t = \frac{T}{\frac{d}{2}} = \frac{107400}{\frac{100}{2}} = \underline{\underline{2148 \text{ N}}}$$

- $m=5$ için $e=0,015$ (Sayfa 226 Şekil 18-4)

- Sayfa 226'dan $\vartheta=8,3 \text{ m/s}$ 'ye göre bulunan e değeri onaylanır.

- Tablo 2'den gelik-gelik, 20° tam derin için

$$C = \frac{\overset{0,01}{114} + \overset{0,02}{228}}{2} = \underset{0,015}{171} \text{ kN/m}$$

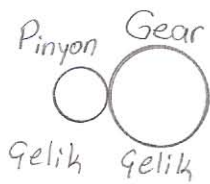
$$C = 171000 \text{ N/m okunur}$$

$$F_d = \frac{21\vartheta (b \cdot C + F_t)}{21\vartheta + \sqrt{b \cdot C + F_t}} + F_t = \frac{21 \cdot 8,3 (0,062 \cdot 171000 + 2148)}{21 \cdot 8,3 + \sqrt{0,062 \cdot 171000 + 2148}} + 2148$$

$$F_d = \underline{\underline{9885 \text{ N}}}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_d < F_0 \\ F_d < F_w \end{array} \right\} \text{old}$$

$$\boxed{m=5}$$



BHN 300
Çok Hassas

$$z_p = 30$$

$$i = 3$$

$$\omega_p = 2400 \text{ dev/dak}$$

$$\sigma_k = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 10 \text{ kW}$$

$$m_{\min} = ?$$

$$1) P = T \cdot \omega$$

$$10000 = T \cdot 2400 \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 39,788 \text{ Nm} = 39788 \text{ Nmm}$$

$$\vartheta = 10 \text{ m/s} \text{ olsun}$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_k}{3} \left(\frac{6}{6+\vartheta} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{6}{6+10} \right) = 37,5 \text{ N/mm}^2$$

$$m^3 = \frac{2T}{\sigma_k \cdot \pi^2 \cdot Y \cdot Z} = \frac{2 \cdot 39788}{37,5 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,114 \cdot 30}$$

$$m = 2,504$$

$$m = 3 \text{ olsun}$$

$$2) d = 2 \cdot m = 30 \cdot 2 = 60 \text{ mm}$$

$$\vartheta = \omega \cdot \frac{d}{2} = 2400 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,060}{2} = 11,3 \text{ m/s}$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_k}{3} \left(\frac{6}{6+\vartheta} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{6}{6+11,3} \right) = 34,68 \text{ N/mm}^2$$

$$m^3 = \frac{2T}{\sigma_k \cdot \pi^2 \cdot Y \cdot Z}$$

$$3 = \frac{2 \cdot 39788}{\sigma \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,114 \cdot 30}$$

$$\sigma = 21,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma \leq \sigma_{em} \text{ kırılmaz}$$

$$3) b = k \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 3 = 37,69 \text{ mm}$$

$$b = 37 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{2z_g}{2g+2p} = \frac{2 \cdot 90}{90+30} = 1,5$$

$$F_w = d_p \cdot b \cdot k \cdot Q = 909 \cdot 0,037 \cdot 1372000 \cdot 1,5$$

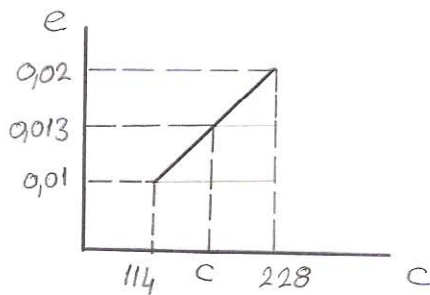
$$F_w = \underline{\underline{6853 \text{ N}}}$$

$$4) F_0 = \frac{\sqrt{k}}{3} \cdot b \cdot \pi \cdot \gamma \cdot m = \frac{300}{3} \cdot 37 \cdot \pi \cdot 0,114 \cdot 3$$

$$F_0 = \underline{\underline{3975 \text{ N}}}$$

$$5) F_L = \frac{T}{\frac{d}{2}} = \frac{39788}{\frac{90}{2}} = \underline{\underline{884 \text{ N}}}$$

$$6) e = 0,013 \quad (\text{Şekil 18-4 Sayfa 226})$$



$$\frac{0,02 - 0,013}{0,02 - 0,01} = \frac{228 - c}{228 - 114}$$

$$c = 148,2 \text{ kN/m} = 148200 \text{ N/m}$$

$$F_d = \frac{210 (b \cdot c + F_L)}{210 + \sqrt{b \cdot c + F_L}} + F_L = \frac{21 \cdot 11,3 (0,037 \cdot 148200 + 884)}{21 \cdot 11,3 + \sqrt{0,037 \cdot 148200 + 884}} + 884$$

$$F_d = 5649 \text{ N}$$

$$F_d < F_w$$

$$F_d > F_0 \Rightarrow \text{olmadı}$$

$$m = 4 \text{ olson}$$

$$1) d = 4.30 = 120 \text{ mm}$$

$$\omega = w \cdot \frac{d}{2} = 2400 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,120}{2} = 15,07 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \frac{\sqrt{K}}{3} \left(\frac{6}{6+d} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{6}{6+15,07} \right) = 28,47 \text{ N/mm}^2$$

$$4^3 = \frac{2.39788}{\sqrt{4} \cdot \pi^2 \cdot 0,114 \cdot 30}$$

$$\tau = 9,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \tau_{em} \text{ olduğundan kırılmaz}$$

$$2) b = k \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 4 = 50,2 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$F_w = d \cdot p \cdot k \cdot Q \cdot b = 0,120 \cdot 1372000 \cdot 1,5 \cdot 0,05$$

$$F_w = \underline{\underline{12348 \text{ N}}}$$

$$3) F_o = \frac{\sqrt{K}}{3} \cdot b \cdot \pi \cdot \gamma \cdot m = \frac{300}{3} \cdot 50 \cdot \pi \cdot 0,114 \cdot 4 = \underline{\underline{7162 \text{ N}}}$$

$$4) e = 0,014$$

$$\frac{228 - c}{228 - 114} = \frac{0,02 - 0,014}{0,02 - 0,01}$$

$$c = 159,6 \text{ kN/m} = 159600 \text{ N/m}$$

$$F_t = \frac{T}{d/2} = \frac{39788}{\frac{120}{2}} = 663 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{210 (b \cdot c + F_t)}{210 + \sqrt{b \cdot c + F_t}} + F_t = \frac{21 \cdot 15,07 (0,05 \cdot 159600 + 663)}{21 \cdot 15,07 + \sqrt{0,05 \cdot 159600 + 663}} + 663$$

$$F_d = 7543 \text{ N}$$

$$F_d > F_o \Rightarrow \text{Olmadı}$$

$$F_d < F_w$$

$m=5$ olsun

1) $d = m \cdot z = 5 \cdot 30 = 150 \text{ mm}$

$$\omega = \omega \cdot \frac{d}{2} = 2400 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,150}{2} = 18,84 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \frac{\sqrt{K}}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{18,84}} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{18,84}} \right) = 56,33 \text{ N/mm}^2$$

$$m^3 = \frac{2T}{\tau \cdot k \cdot \pi^2 \cdot Y \cdot z}$$

$$5^3 = \frac{2 \cdot 39788}{\tau \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 0,114 \cdot 30}$$

$$\tau = 4,7 \text{ N/mm}^2$$

$\tau \leq \tau_{em}$ olduğundan kırılmaz.

2) $b = k \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 5 = 62,8 \text{ mm}$

$$b = 62 \text{ mm}$$

$$F_w = d_p \cdot b \cdot K \cdot Q = 0,150 \cdot 0,062 \cdot 1372000 \cdot 15$$

$$F_w = \underline{\underline{19139 \text{ N}}}$$

3) $F_o = \frac{\sqrt{K}}{3} \cdot b \cdot \pi \cdot Y \cdot m = \frac{300}{3} \cdot 62 \cdot \pi \cdot 0,114 \cdot 5$

$$F_o = \underline{\underline{11102 \text{ N}}}$$

4) $F_t = \frac{T}{d/2} = \frac{39788}{150/2} = \underline{\underline{530 \text{ N}}}$

$$e = 0,0145$$

$$\frac{228 - c}{228 - 114} = \frac{0,02 - 0,0145}{0,02 - 0,01}$$

$$c = 165,3 \text{ kN/m} = 165300 \text{ N/m}$$

$$F_d = \frac{21\omega (b \cdot c + F_t)}{21\omega + \sqrt{b \cdot c + F_t}} + F_t = \frac{21 \cdot 18,84 (0,062 \cdot 165300 + 530)}{21 \cdot 18,84 + \sqrt{0,062 \cdot 165300 + 530}} + 530$$

$$F_d = 9068 \text{ N}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_d < F_o \\ F_d < F_w \end{array} \right\} \text{ olduğundan}$$

$$\boxed{m=5}$$

HELİSEL DİŞLİ ÇARKLARDA MODÜL HESABI

Formüller =

$$m_n^3 = \frac{2T}{\sigma \cdot k \cdot \pi^2 \cdot Y \cdot Z \cdot \cos \psi}$$

$$\sigma_{em} = \sigma_0 \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{\psi}} \right) \text{ Tüm hızlar için geçerli!}$$

$$k = \frac{b}{m \pi} \leq 6 \quad \boxed{k=6}$$

$$Z_{eq} = \frac{Z}{\cos^3 \psi}$$

Not = Helis dişlilerde Lewis faktörü (Y) eş değer diş sayısına (Z_{eq}) göre seçilir.

$$\boxed{m_n = m \cdot \cos \psi}$$

Not = Helis dişlilerde standardizasyon normal düzlemde dir. Bu nedenle daha önce verilmiş olan standardlar tablosundan seçeceğimiz değerler helis dişlilerde m_n olarak kabul edilir.

$$d = m \cdot Z$$

$$F_0 = \sigma_0 \cdot b \cdot Y \cdot \pi \cdot m \cdot \cos \psi$$

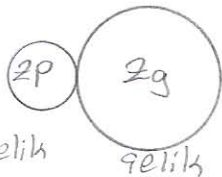
$$Q = \frac{2Z_g}{2Z_g + 2Z_p}$$

- Z_g ve Z_p 'leri Z değerinden alınacak

$$F_w = \frac{d_p \cdot b \cdot K \cdot Q}{\cos^2 \psi}$$

$$F_d = \frac{21\psi (b \cdot C \cdot \cos^2 \psi + F_t) \cdot \cos \psi}{21\psi + \sqrt{b \cdot C \cdot \cos^2 \psi + F_t}} + F_t$$

Çizim



BHN 400

$\omega_p = 750$ dev/dak

$i = 3$

$$\sigma_k = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 10 \text{ kW}$$

$$Z_p = 20$$

Çelik hassas

$$\psi = 18^\circ$$

$$m_{n \min} = ?$$

$$P = T \cdot \omega$$

$$10000 = T \cdot 750 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 127,32 \text{ Nm} = 127320 \text{ Nmm}$$

Hız $\omega = 30 \text{ m/s}$ olsun

$$\tau_{em} = \frac{\tau_k}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{10}} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{30}} \right) \Rightarrow \tau_{em} = 50,55 \text{ N/mm}^2$$

$$m_r^3 = \frac{2T}{\tau \cdot k \cdot \pi^2 \cdot \psi \cdot z \cdot \cos \psi} = \frac{2 \cdot 127320}{50,55 \cdot 6 \cdot \pi^2 \cdot 0,106 \cdot 20 \cdot \cos 18^\circ}$$

$$m = 3,48$$

$$m_n = m \cdot \cos \psi = 3,48 \cdot \cos 18^\circ = \underline{\underline{3,3}}$$

$m_n = 3$ olsun

$$m = \frac{m_n}{\cos \psi} = \frac{3}{\cos 18^\circ} = 3,15$$

$$d = m \cdot z = 3,15 \cdot 20 = 63 \text{ mm}$$

$$\omega = \omega \cdot \frac{d}{2} = 750 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,063}{2} = 2,47 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \frac{\tau_k}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{10}} \right) = \frac{300}{3} \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{2,47}} \right) = 78,08 \text{ N/mm}^2$$

$$(3,15)^3 = \frac{2 \cdot 127320}{\tau \cdot 6 \cdot \pi^2 \cdot 0,106 \cdot 20 \cdot \cos 18^\circ}$$

$$\tau = 68,23 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{em} > \tau_0$ olduğundan kırılmaz.

Ağırlık kontrolü

$$b = k \cdot \pi \cdot m = 6 \cdot \pi \cdot 3,15 = 59,3$$

$$b = \underline{\underline{59 \text{ mm}}}$$

$$Q = \frac{2z_g}{2p + 2g} = \frac{2 \cdot 60}{60 + 20} = 1,5$$

$$F_w = \frac{d_p \cdot b \cdot k \cdot Q}{\cos^2 \psi} = \frac{0,063 \cdot 0,059 \cdot 2553000 \cdot 15}{\cos^2 18^\circ} = 15737 \text{ N}$$

$$F_o = \frac{\sqrt{k}}{3} \cdot b \cdot Y \cdot \pi \cdot m \cdot \cos \psi = \frac{300}{3} \cdot 59 \cdot 0,106 \cdot \pi \cdot 3,15 \cdot \cos 18^\circ = 5886 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{21 \cdot 2,47 + (0,059 \cdot 148200 \cdot \cos^2 18 + 4041) \cdot \cos 18^\circ}{21 \cdot 2,47 + \sqrt{0,059 \cdot 148200 \cdot \cos^2 18 + 4041}} + 4041$$

$$F_L = \frac{T}{d/2} = \frac{127320}{63/2}$$

$$F_d = 7698 \text{ N}$$

$$F_L = 4041 \text{ N}$$

$$e = 0,013$$

$$\frac{0,02 - 0,013}{0,02 - 0,01} = \frac{228 - C}{228 - 114}$$

$$C = 148,2 \text{ kN} = 148200 \text{ N}$$

$$F_d < F_w$$

$F_d > F_o$ olduğundan dayanmaz.

$$m_n = 4 \text{ olsun}$$

$$m = \frac{m_n}{\cos \psi} = \frac{4}{\cos 18} = 4,2$$

$$d = m \cdot z = 20 \cdot 4,2 = 84 \text{ mm}$$

$$v = w \cdot \frac{d}{2} = 750 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,084}{2} = 3,29 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = \frac{300}{2} \left(\frac{5,6}{5,6 + 3,29} \right) = 75,53 \text{ N/mm}^2$$

$$(4,2)^3 = \frac{2 \cdot 127320}{\pi \cdot 6 \cdot \pi^2 \cdot 0,106 \cdot 20 \cdot \cos 18}$$

$$\tau = 28,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \tau_{em} \text{ kırılmaz}$$

Aşınma kontrolü

$$b = k \cdot \pi \cdot m = 6 \cdot \pi \cdot 4,2 = 79,1$$

$$b = 79 \text{ mm}$$

$$Q = 1,5$$

$$F_w = \frac{dp \cdot b \cdot K \cdot Q}{\cos^2 \psi} = \frac{0,084 \cdot 0,079 \cdot 2553000 \cdot 1,5}{\cos^2 18} = 28095 \text{ N}$$

$$F_o = \frac{300}{3} 79,0106 \cdot \pi \cdot 4,2 \cdot \cos 18 = 10508 \text{ N}$$

$$e = 0,014$$

$$\frac{0,02 - 0,014}{0,02 - 0,01} = \frac{228 - C}{228 - 114}$$

$$C = 159,6 \text{ kN} = 159600 \text{ N}$$

$$F_L = \frac{T}{\frac{d}{2}} = \frac{127320}{\frac{84}{2}} = 3031 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{21,3,29 (0,079 \cdot 159600 \cdot \cos^2 18 + 3031) \cdot \cos 18}{21,3,29 + \sqrt{0,079 \cdot 159600 \cdot \cos^2 18 + 3031}} + 3031$$

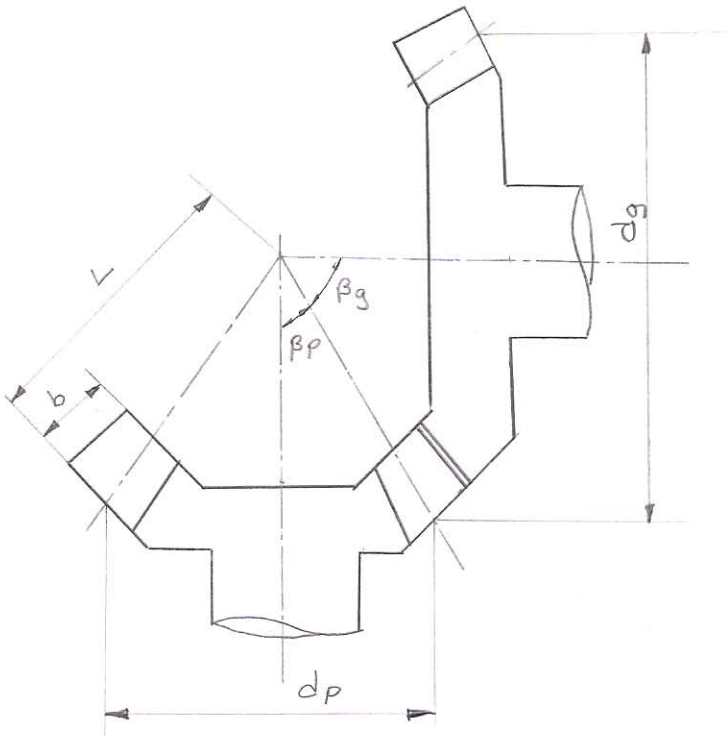
$$F_d = 8043 \text{ N}$$

$$F_d < F_w$$

$$F_d < F_o \text{ olduğundan dolayı}$$

$$m_n = 4 \text{ alınır}$$

KONİK DIŞLI MODÜL HESABI



$$m^2 = \frac{2T}{\sqrt{b} \cdot \pi \cdot Y \cdot Z} \left(\frac{L}{L-b} \right)$$

$$\frac{L}{4} \leq b \leq \frac{L}{3} \quad b = \frac{L}{3}$$

$$Z_{eqp} = \frac{Z_p}{\cos \beta_p} \quad Z_{eqg} = \frac{Z_g}{\cos \beta_g}$$

$$Q = \frac{2 Z_{eqg}}{Z_{eqg} + Z_{eqp}}$$

Not: Konik dişlilerde Lewis faktörü (\$Y\$) \$Z_{eq}\$'e göre seçilir.

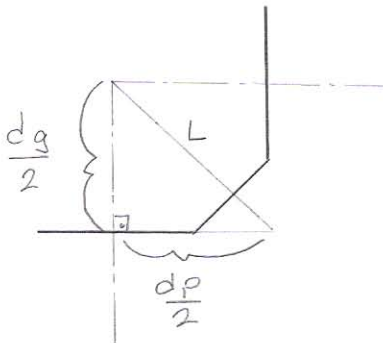
$$\sigma_{em} = \sigma_0 \left(\frac{b}{b+u} \right) \text{ çelik ve Tüm hızlar için}$$

$$\sigma_{em} = \sigma_0 \left(\frac{5,6}{5,6 + \sqrt{u}} \right) \text{ Döküm için}$$

$$F_0 = \sigma_0 \cdot b \cdot Y \cdot \pi \cdot m \left(\frac{L-b}{L} \right)$$

$$F_w = \frac{0,75 \cdot d_p \cdot b \cdot K \cdot Q}{\cos \beta_p}$$

$$F_d = \frac{210 (b \cdot C + F_t)}{210 + \sqrt{b \cdot C + F_t}} + F_t$$



$$L = \sqrt{\left(\frac{d_p}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_g}{2} \right)^2}$$

$$L = \sqrt{\left(\frac{m Z_p}{2} \right)^2 + \left(\frac{m Z_g}{2} \right)^2}$$

$$L = \frac{m}{2} \sqrt{Z_p^2 + Z_g^2}$$

$$Z_{eqp} = \frac{Z_p \sqrt{Z_p^2 + Z_g^2}}{Z_g}$$

$$Z_{eqg} = \frac{Z_g \sqrt{Z_p^2 + Z_g^2}}{Z_p}$$

Çöz

$$P = 16 \text{ kW}$$
$$\text{Çelik-Çelik}$$
$$\bar{\tau}_K = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Çelik hassas}$$
$$\text{BHN } 400$$
$$z_p = 17$$
$$i = 5$$

$$\omega_p = 1000 \text{ dev/dak}$$
$$m_{\min} = ?$$

$$P = T \cdot \omega$$

$$16000 = T \cdot 1000 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 152,78 \text{ Nm} = \underline{\underline{152780 \text{ Nmm}}}$$

$$L = \frac{m}{2} \sqrt{17^2 + 85^2} = 43,34 \text{ m} \rightarrow \text{modül}$$

$$b = \frac{L}{3} = \frac{43,34 \text{ m}}{3} = 14,44 \text{ m} \rightarrow \text{modül}$$

$$\omega = 10 \text{ m/s olsun}$$

$$\bar{\tau}_{em} = \frac{300}{3} \left(\frac{b}{b+10} \right) = \underline{\underline{37,5 \text{ N/mm}^2}}$$

$$m^2 = \frac{2 \cdot 152780}{37,5 \cdot (14,44 \text{ m}) \cdot \pi \cdot 0,096 \cdot 17} \cdot 1,5 = 5,48$$

$$\cos \beta_p = \frac{17}{17,33} = 0,98 \quad \cos \beta_g = \frac{85}{433,41} = 0,196$$

$$m = 6 \text{ olsun}$$

$$d = 6 \cdot 17 = 102 \text{ mm}$$

$$b = 14,44 \cdot 6 = 86,44$$
$$b = 86 \text{ mm}$$
$$\omega = 1000 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,102}{2} = \underline{\underline{5,34 \text{ m/s}}}$$

$$\bar{\tau}_{em} = \frac{300}{3} \left(\frac{6}{6+5,34} \right) = 52,9 \text{ N/mm}^2$$

$$b^2 = \frac{2 \cdot 152780}{\bar{\tau} \cdot 86 \cdot \pi \cdot 0,096 \cdot 17} \cdot 1,5$$

$$\bar{\tau} = 28,87 \text{ N/mm}^2 \leq \bar{\tau}_{em} \text{ olduğundan kırılmaz}$$

Aşınma Kontrolü

$$Q = \frac{2.433}{17+433} = 1,92$$

$$F_w = \frac{0,75 \cdot 0,102 \cdot 0,086 \cdot 2553000 \cdot 1,92}{0,98}$$

$$F_w = 32906 \text{ N}$$

$$F_o = \frac{300}{3} \cdot 86 \cdot 0,096 \cdot \pi \cdot 6 \left(\frac{260-86}{260} \right) = 10375 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{21.534 \cdot (0,086 \cdot 171000 + 2995)}{21.534 + \sqrt{0,086 \cdot 171000 + 2995}} + 2995$$

$$F_L = \frac{152780}{\frac{102}{2}} = 2995 \text{ N}$$

$$e = 0,015$$

$$C = \frac{228+114}{2} = 171 \text{ kW/m} = 171000 \text{ N/m}$$

$$F_d = 11090 \text{ N}$$

$$F_w > F_d$$

$$F_o < F_d \text{ Aşınır.}$$

$m=8$ olsun

$$d = 8.17 = 136 \text{ mm}$$

$$b = 14,44 \cdot 8 = 115 \text{ mm}$$

$$\omega = 1000 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{0,136}{2} = 7,12 \text{ m/s}$$

$$\tau_{em} = 100 \left(\frac{b}{b+7,12} \right) = 45,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma^2 = \frac{2 \cdot 152780}{\pi \cdot 115 \cdot \pi \cdot 0,096 \cdot 17} \cdot 1,5$$

$$\tau = 12,14 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{em} \text{ olduğundan kırılmaz.}$$

$$F_w = \frac{0,75 \cdot 0,136 \cdot 0,115 \cdot 2553000 \cdot 1,92}{0,98} = 58671 \text{ N}$$

$$F_o = \frac{300}{3} \cdot 115 \cdot 0,096 \cdot \pi \cdot 8 \cdot \frac{2}{3} = 18498 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{21.712 \cdot (0,115 \cdot 205200 + 2246)}{21.712 + \sqrt{(0,115 \cdot 205200 + 2246)}} + 2246$$

$$F_{\pm} = \frac{152780}{\frac{136}{2}} = 2246 \underline{\underline{N}}$$

$$e = 0,018$$

$$\frac{0,02 - 0,018}{0,02 - 0,01} = \frac{228 - C}{228 - 114}$$

$$F_d = 14708 \underline{\underline{N}}$$

$$C = 203,2 \text{ kN/m} = 205200 \underline{\underline{N/m}}$$

$$F_w > F_d$$

$$F_o > F_d \text{ Aşınmaz}$$

$$m_{\min} = 8 \text{ 'd'ic}$$