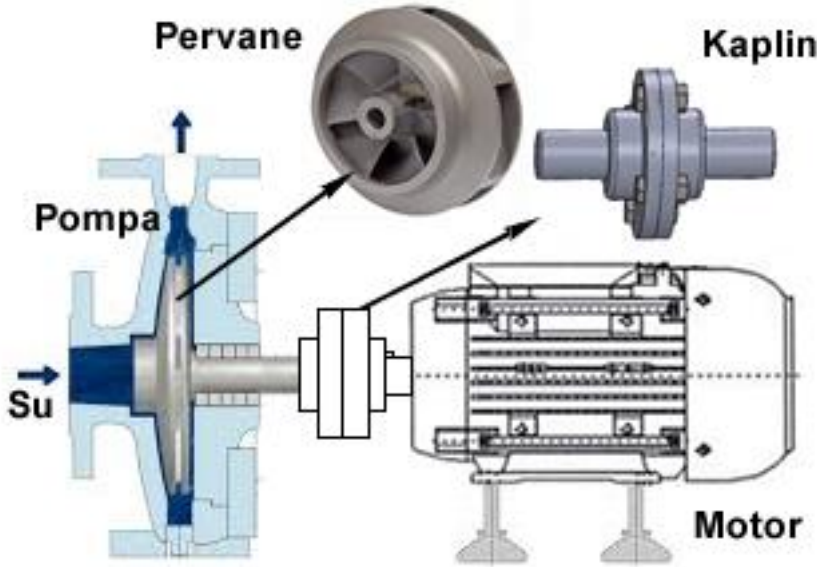
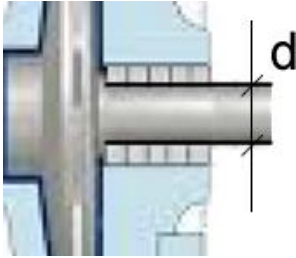


Sınav klasik olarak okunacaktır. Kağıtlar üzerinde oturma sıra numarası vardır. Yakınızdaki birinin hatası diğerlerinde çıkarsa hepsi kopya işlemi görür. Kağıtlarınızı saklayın. Formül kağıtları ve üzerine yazılacak notlar serbesttir. Bu kağıtlar sınav kağıdı hükmündedir. Üzerine isimlerinizi yazın. Başkasında görülürse direk kopyadır. Sınav kağıdı ile birlikte teslim edin. Birimleri olabildiğince hassas almaya çalışın. Süre 120 dk. Başarılar. İ. Çayiroğlu

NOT 1: sorularda sizce eksik bir yer varsa kendiniz karar alıp tamamlayın !.. **NOT 2:** Bu sınavdaki soruları bir bütünlük içinde çözmeye çalışın. Mümkün olduğunca önceki sorulardan gelen değerleri kullanın. **NOT 3:** Sorular Eşit Puanlıdır (12.5 p)



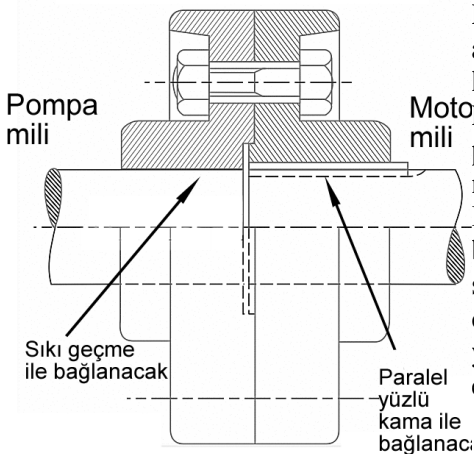
1) Şekildeki gibi bir santrifüj pompa ile 30 metre yüksekliğindeki bir binanın tepesine saniyede 10 litre su basılacaktır. %40 kayıplara gittiğini varsayarsak bu iş için gerekli olan motor gücünü bulunuz? (Motor Gücü= Basınc x Debi dir. Binanın tepesine suyu basmak için gerekli olan Basınc= Yoğunluk x YerÇekimi İvmesi x Yükseklik tir) (Bu soruda formülleri verilen bir konuda birimleri doğru kullanıp gerekli motor gücü hesaplanabiliyor mu, Bu ölçülmektedir. Birimleri gösterin.).



2) Pompanın istenen debiyi verebilmesi için 2500 d/d ile dönmesi gerekmektedir. Bu esnada Pompanın mili dinamik olarak zorlanmaktadır. (± şeklinde kabul edilecek). Pompada kullanılacak milin çapını belirleyin. (Birinci soruyu çözmediyseniz gerekli değerleri kendiniz tahmin ederek alınız-doğru tahmin puanlamayı etkiler)

3) Pompanın mili için bulduğumuz çapı sürekli mukavemet açısından kontrol etmek istiyoruz. Bu iş için kullanılacak Sürekli mukavemet diyagramı hazır bulunmamaktadır ve kendimiz çizeceğiz. Sürekli mukavemet diyagramını (ortalama ve genlik değerlerine bakan diyagram) ölçekli olarak elle çizin (mesafe ve orantılara dikkat edin) Oluşan titreşim dalgasını diyagram içerisinde orantılı olarak gösterin.

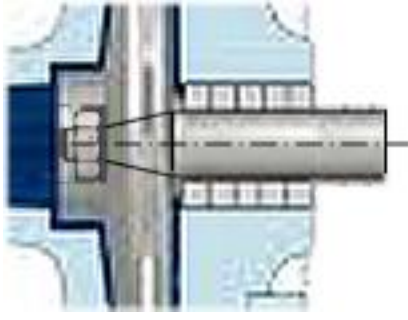
		ÇEKME		EĞİLME		BURULMA	
Gerilme Değerleri	$\sigma_{\text{ÇekmeKopma}}$	$\sigma_{\text{çAK}}$	$\sigma_{\text{çD}}$	σ_{eAK}	σ_{eD}	σ_{bAK}	σ_{bD}
Malzeme							
Fe 60	600	380	260	540	320	220	180



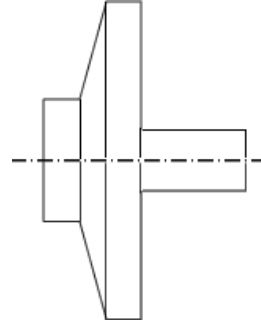
Motor mili ile pompa mili arasındaki bağlantı kaplin kullanılarak yapılacaktır. Pompa mili kaplinin sol parçasına sıkı geçme ile, motor mili ise sağ parçaya Paralel Yüzlü kama ile bağlanacaktır. (Önceki soruları çözmediyseniz mil çapını 30 mm alarak yandaki sorulara devam ediniz.)

4) Pompa mili Kapline sıkı geçme ile bağlanırsa milin en küçük çap toleransını bulunuz. Mil ve kaplin aynı malzemeden yapılacaktır. (Verilenler: Mil ve göbek $E=20 \times 10^4$ N/mm², $\nu = 0.3$, $\mu=0.15$, $R_t=16 \mu$)

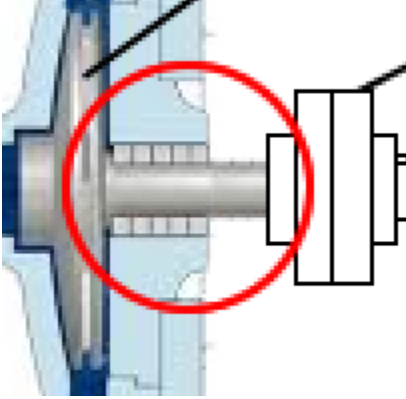
5) Motor mili paralel yüzlü kama ile kapline bağlanacağına göre Kama boyutlarını belirleyip gerekli kama boyunu hesaplayın. (Kama, mil ve Kaplin hepsi aynı malzeme kabul edilecek ve $\tau_{\text{em}}=30\text{N/mm}^2$, $P_{\text{em}}=20\text{N/mm}^2$)



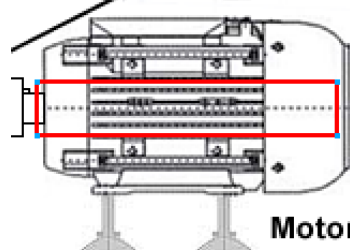
6) Pompa pervanesi mile konik geçme ile bağlanacaktır. Pervanenin sıyırmaması için civata ile ne kadar bir baskı oluşturulmalıdır. (Kullanacağınız koniklik için gerekli ölçüleri kendiniz belirleyin. Mantıklı değerler alabilmek puanlamayı etkiler. Var olan bazı değerleri önceki sorulardan alın).



7) Su kesildiğinde ve pompa boşta döndüğünde pervane titreşime girmektedir. Pervanenin titreşime girmemesi için motorun hangi devirde dndrlmemesi gerekir. (Kanat ve milin birlikte burulma yay katsayısı=10.000.000 Nmm ve Polar atalet momenti =80.000 mm⁴ alın.)



8.a) Pompa milinin gövde üzerinde yataklanmasına ait Teknik resmin detaylarını, Teknik Resim kurallarına uygun olarak elle çiziniz. Mil üzerinden suyun sızdırmazlık yapmaması gerektiğine de dikkat edin.

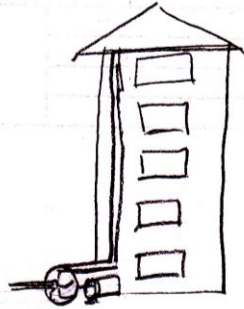


Motor

8.b) Motor içindeki rotor mili iki ucundan yataklanırken nasıl tedbirler düşünürsünüz. Bu konuda iki uçtaki yatakların teknik resmini çiziniz.

CEVAPLAR

①



$$Q \text{ (debi)} = 10 \text{ litre/s} = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = 30 \text{ m.}$$

$$[1 \text{ litre} = 1 \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000} = 0,001 \text{ m}^3]$$

$$P = \rho \times Q \times h$$

(gök) (Burg) (debi)

$$P = 294300 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,010 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = 2943 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} [\text{Watt}] = \underline{\underline{2,943 \text{ kW}}}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Baskı {
Suyun
yoėunluėu
1000 kg/m³

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30 \text{ m}$$

$$P = 294300 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$= \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \cdot \frac{1}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

%40 gk kayıplara pittiphe

gre bu gvde

%40 artırmalıdır

$$2,943 \cdot 1,4$$

$$= \underline{\underline{4,12 \text{ kW}}}$$

$$[F] = [m] \cdot [a]$$

$$[N] = [kg] \cdot \frac{[m]}{[s^2]}$$

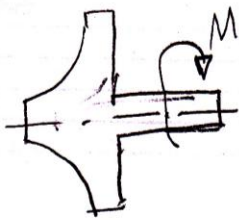
$$kg = \frac{N \cdot s^2}{m}$$

$$F = m \cdot a$$

dan
N ve kg
dönüřümü bulunur

$$P = 294300 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} [\text{Pascal}]$$

②



Pompa'nın milinde sadece burulma zorlanması vardır. Buna göre çapı veren formül;

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 M_d}{\pi \tau_{em}}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 15730 \text{ Nmm}}{\pi \cdot 18 \text{ N/mm}^2}}$$

$$d = 16,44 \text{ mm}$$

devir gücüsek olduğu için çap düşük çıktı.

$d \approx 20 \text{ mm}$ alalım.

Bundan sonraki sorularda da bu çapı kullanarak devam edelim.

$$M_d = 9550 \frac{P}{n} \quad \begin{matrix} P \sim \text{kW} \\ n \sim \text{d/d} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Not:} \\ \text{Bu formülde} \\ \text{birimler} \\ \text{yazıldığı} \\ \text{şekilde} \\ \text{olmak} \\ \text{zorundadır} \end{matrix}$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{4,12 \text{ kW}}{2500 \text{ d/d}}$$

$$M_d = M_b = 15,73 \text{ Nm} = 15730 \text{ Nmm}$$

Milın malzemesi soruda direkt verilmemiş ama hemen altındaki tablodan Fe60 olduğunu anlıyoruz. Verilmeyen değerleri de alabileceğimizden bu tabloyu kullanalım.

$$\tau_{em} = \frac{\sqrt{b_0}}{10} = \frac{180}{10} = 18 \text{ N/mm}^2$$

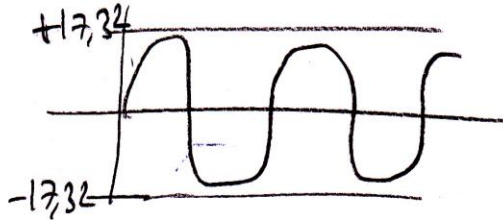
③ Milde sadece burulma zorlanması vardır.

$$\tau_b = \frac{M_b}{\frac{I_p}{r}} = \frac{15,73 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{\frac{\pi \cdot 20^4}{32} \text{ mm}^4 \cdot \frac{20}{2} \text{ mm}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tilde{\tau}_b = \mp 10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tilde{\tau}_{es} = \sqrt{(\tilde{\sigma}_s + \tilde{\sigma}_e)^2 + 3\tau_b^2} = \sqrt{3 \cdot 10^2} = 17,32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Milde oluşan zorlanmanın diyagramı

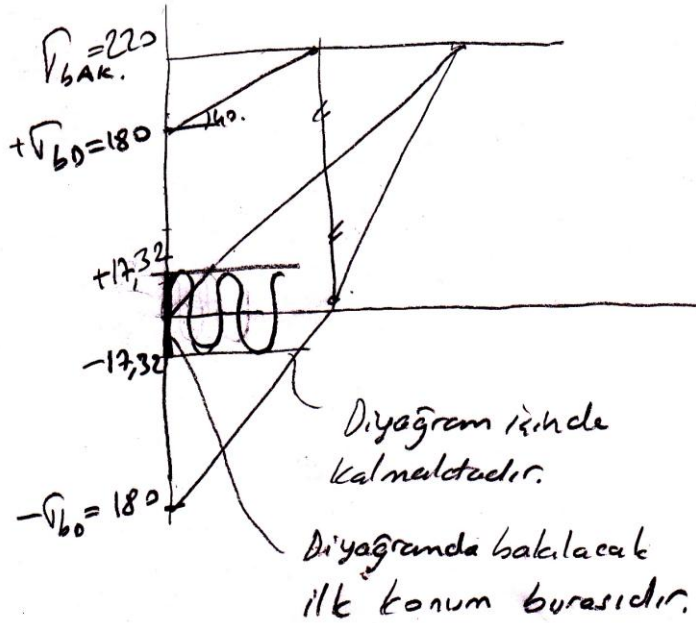


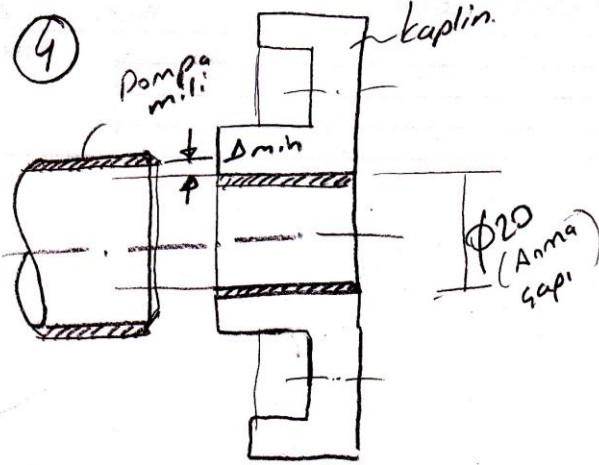
Sürekli Mukavemet Diyagramını çizelim. Burulma için.

Tablodan

$$\sigma_{BAK} = 220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{b0} = 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$





Soruda kaplinin delik toleransı verilmiştir. Bunu kendimiz alalım.

$$\phi 20 \begin{matrix} +15 \\ +0 \end{matrix} \text{ olsun.}$$

Buna göre milin en küçük çapını bulalım.

En küçük çap minimum çap farkına göre hesaplanır. Yani hareketi iletebilmek için gerekli en küçük çap farkıdır. En küçük çap farkı ise Δ_{min} , delik en büyük, mil en küçük iken ortaya çıkar. Hesaplama adımlarımız şu şekilde olur.

$$P, n \rightarrow M_d \rightarrow M_s \rightarrow P_{min} \rightarrow \Delta_{min} \rightarrow \phi_{min}.$$

$$M_s = k \cdot M_d \quad (k = 1,25 \text{ alalım. Soruda verilmiştir. Az titreşimli kabul edelim. Sonuçta sürekli dönen bir sistem.})$$

$$= 1,25 \cdot 15,73 \text{ Nm}$$

~ 2, soruda bulunmuyor.

$$M_s = 19,66 \text{ Nm.}$$

$$P_{min} = \frac{2 \cdot M_s \sim 19,66 \text{ Nm.}}{\pi \cdot \mu \cdot b \cdot d^2 \sim 20^2} = \frac{2 \cdot 19660 \text{ Nmm.}}{\pi \cdot 0,1 \cdot 30 \text{ mm} \cdot 20^2 \text{ mm}^2} =$$

$\left. \begin{matrix} \mu \\ \text{or} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \text{Soruda verilmiştir} \\ b = 30 \text{ mm} \\ \text{alalım.} \end{matrix}$

$$P_{min} = 10,42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Buradan Δ_{min} çap farkını bulalım.

$$\Delta_{min} = P_{min} \cdot d \left[\underbrace{\frac{1}{E_1} \left(\frac{1+C_1^2}{1-C_1^2} - \nu_1 \right)}_{\text{mil ile alakalı.}} + \underbrace{\frac{1}{E_2} \left(\frac{1+C_2^2}{1-C_2^2} + \nu_2 \right)}_{\text{Gözet ile alakalı.}} \right]$$

Bu formülde $C_2 = \frac{D_{is} \sim 20 \text{ mm}}{D_{dis} \sim \text{verilmemiş}} = \frac{20}{40} = 0,5$ olur.
 Genellikle 2 katı alınabilir $D_{dis} = 40 \text{ mm}$ alalım.

$$\Delta_{min} = 10,42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 20 \text{ mm} \left[\underbrace{\frac{1}{20 \times 10^4} \left(\frac{1+0}{1-0} - 0,3 \right)}_{\text{N/mm}^2} + \underbrace{\frac{1}{20 \times 10^4} \left(\frac{1+0,5^2}{1-0,5^2} + 0,3 \right)}_{\text{N/mm}^2} \right]$$

$3,5 \cdot 10^{-6}$
 $1,229 \cdot 10^{-5}$

$$\Delta_{min} = 0,1159 \text{ mm} = 116 \mu.$$

Yörrey pürüzlülüklerinin ezilmesi ile oluşacak kayıp

$$\begin{aligned} \delta &= 2 (0,6 R_{em} + 0,6 R_{ed}) \\ &= 2 (0,6 \cdot 16 \mu + 0,6 \cdot 16 \mu) \end{aligned}$$

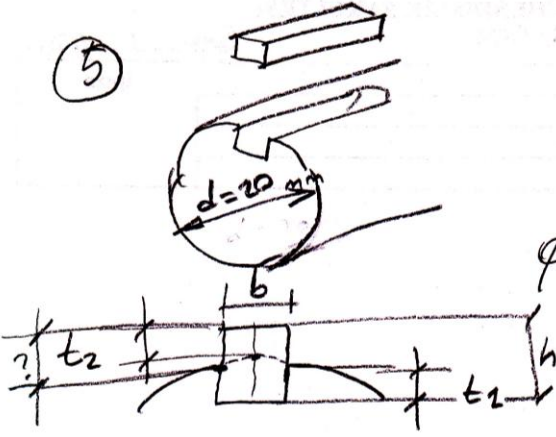
$\delta = 38,4 \mu$ mikronluk bir kayıp yörreylerin ezilmesi ile oluşmaktadır. Bu değer bulunan sap farkının üzerine eklenmelidir.

$$U_{mm} = \Delta_{min} + \delta_{ez} = 116 \mu + 38 \mu = 154 \mu.$$

$$\phi_{min}^{\text{mil sap}} = \phi_{max}^{\text{delik sap}} + U_{mm} = 20,015 + 0,154 = \boxed{20,169} \text{ mm.}$$

olur.
 Mil-hareketi iletebilmesi için en doğru bu esastır olmalıdır.

5



Tabloda verilen en düşük değer olarak $\phi 22$ nın kama ölçülerini kullanalım.

$\phi 22$	$b \times h$	t_1	t_2
	8×7	4,1	2,9

Kama boyunu hesapladıktan kama ortadan kesilmeye uğrar ve yanlardan erir. 3 parçada aynı maddeden olduğu için her birinin zayıf olduğunu düşünmeye gerek yoktur. Tabloda verilen ölçülere bakarak 2,9 ölçüsünü olduğu tarafta kama ile

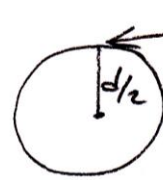


parçeler arasında erime olacaktır. Buna göre boyu hesaplayalım.

$$P = \frac{F_N}{2,9 \cdot L} \leq P_{em}$$

$$L = \frac{F_N}{2,9 \cdot P_{em}} = \frac{1573 \text{ N}}{2,9 \text{ mm} \cdot 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$L = 27 \text{ mm.}$$



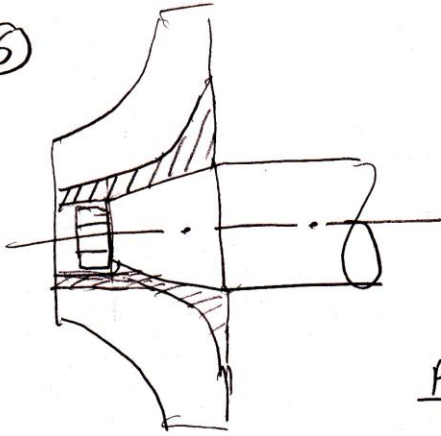
$$M_d = F_N \cdot \frac{d}{2}$$

$$15730 = F_N \cdot \frac{20 \text{ mm}}{2}$$

Nmm
2. soruda bulunmuştur.

$$F_N = 1573 \text{ N.}$$

⑥



Burada pompanın motorun püresi ile mili sıyırmanası için çözümleri olarak şu sırayı takip edebilirsiniz.

$$P, n \rightarrow M_d \rightarrow M_s \rightarrow P \rightarrow F_{\text{çek}}$$

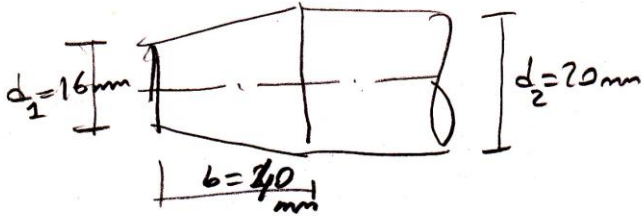
- 2 nolusorda motorun gücünden (4,12 kw) ve devrimden ($n=2500 \text{ d/d}$) döndürme momentini $M_d = 15,73 \text{ Nm}$ bulmştuk.

- Kanatlarda suyu basarken suda oluşan türbülanslar ziddi titreşim oluşturur. Bu nedenle $k=1,5$ alalım. Önceki sonuçlarda 1,25 alınmıştı. Burada da durabilir. Sonuçta milin her rotasyonu aynı titreşime maruz kalır.

$$M_s = k \cdot M_d = 1,5 \cdot 15,73 \text{ Nm} = 23,56 \text{ Nm}$$

- Yörrege bu kadar sürtünme momenti oluşturabilmek için gerekli olan P (basınç) $P = \frac{2 M_s \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot m \cdot b \cdot d^2}$ formülü ile bulunabilir.

Bu formülleleleki değerleri bulalım.



$$d = \frac{d_2 + d_1}{2} = \frac{20 + 16}{2} = 18 \text{ mm}$$

ortalama
çap

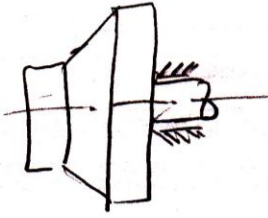
$$\tan \alpha = \frac{d_2 - d_1}{2b} = \frac{20 - 16}{2 \cdot 40} \Rightarrow \alpha = 2,86^\circ$$

$$P = \frac{2 \cdot 23560 \text{ Nmm} \cdot \cos 2,86}{\pi \cdot 0,15 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 18^2 \text{ mm}^2} = 7,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} [\text{MPa}]$$

- Bu göre basıncını sağlayacak olan çekme kuvveti;

$$F_{\text{çek}} = \pi \cdot P \cdot d \cdot b (\tan \alpha + \mu) = \frac{7,7 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 18 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm} \cdot 0,15 = 3482 \text{ N} = 348 \text{ kgf}$$

7



Mil daha çok burulma titreşimine
g.ter. Eşilme titreşimi izmde
kontrol etmek gerekir ama sadece
burulma titreşimini bulmak yeterli
sayılacaktır. Eşilme durumunda
notlarıdır (3. notlar Sh: 12)



$$C_c = \frac{3EI}{a^2(a+L)}$$

kullanmak
gerekir. Bu değere
alınmalıdır.

Burulma titreşimini veren Formül (Burulmaya göre kritik hız)

$$W_{kr} = \sqrt{\frac{C_c}{I_m}} = \sqrt{\frac{10.000.000 \text{ Nmm}}{230 \text{ Ns}^2 \text{ mm}}}$$

$$W_{kr} = 208 \text{ 1/s} \left[\frac{1}{s} \right]$$

$$n = \frac{30}{\pi} W \Rightarrow \frac{30}{\pi} 208 = 1991 \frac{1}{d.}$$

Soruda I_m
kütlesel atalet momenti
Polar ifadesiyle verilmiş.
Bu değeri kullanacağız.
Notlardaki sonlara bakarak
yaklaşık bir polar atalet
momenti alınır

$$I_m = 230 \text{ Ns}^2 \text{ mm.}$$

olsun.