

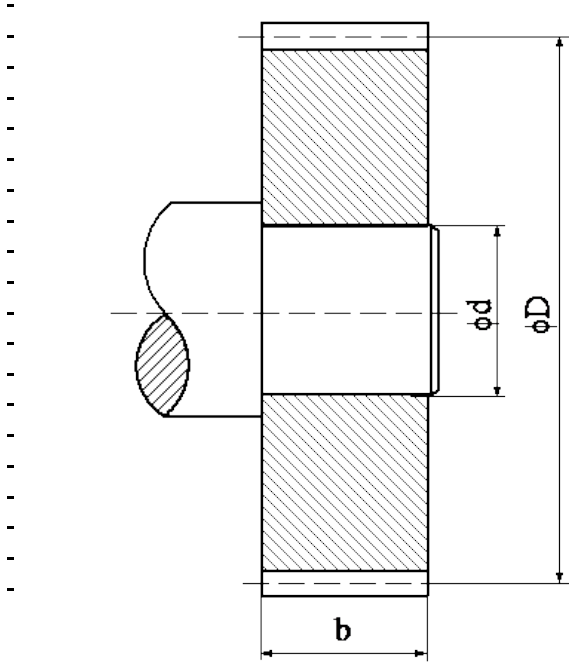
**MAKİNA ELEMANLARI I**  
**MAK 341 - Bütün Gruplar**  
**ÖDEV 2**

Şekilde çelik bir mile sıkı geçme olarak monte edilmiş dişli çark gösterilmiştir. Söz konusu bağlantının **P** gücünü **n** dönme hızında **k** misli emniyetle iletmesi istenmektedir.

Temas yüzeyindeki sürtünme katsayısı **m** dir. Her iki malzeme de çeliktir. Mil ve göbek için yüzey pürüzlülükleri ilgili literatürden temin edilecektir. Dişli çarkın **b** genişliği mil çapı (**d**) kadardır.

Tablodan uygun değerleri seçiniz. Buna göre:

- Bu bağlantının **P** gücünü **k** kat emniyetle iletibilmesi için mil ve göbek toleranslarını seçiniz.
- Bağlantı mukavemet açısından emniyet sınırları içinde midir? Gerekli hesaplamaları yaparak gösteriniz.
- Emniyetli değilse ne gibi konstrüktif tedbirler almak uygun olur?



**Öğrencinin**

Numarası : 040060450

Adı ve Soyadı : Birol ÇAPA

**Verilenler:**

**P = 300** [kW] İletilen güç  
**n = 2840** [d/d] Dönme hızı

(Verilmeyen standart değerler öğrenci tarafından ilgili literatürden alınacaktır)

**Uyarı:** Bu ödev kağıdı ön kapak olarak kullanılacaktır.

**TESLİM TARİHİ:** 22/11/2012

**NOT:** Sadece burulmadan kaynaklanan kayma gerilmelerini dikkate alarak  $t_{em}=30$  N/mm<sup>2</sup> değeri için yaklaşık olarak bir mil çapı hesaplayıp, buradan hareketle standart çapı seçiniz. D/d oranı yaklaşık olarak 1,75...2,5 aralığında alınabilir. Sürtünme katsayısı kuru sürtünme hali için 0,1...0,15 arasındadır. Moment iletimindeki emniyet değerleri k=1,25...2 aralığında seçilebilir.

**Dikkat:** Tablodan seçilen değerlerin aynı satırda olma zorunluğu yoktur.

Tablodan iletilen güç ve devir sayısı şöyle seçilmiştir:

İletilen güç [kW]	Devir sayısı [d/d]
300	2840

Döndürme momenti şu şekilde bulunabilir:

$$M_d = 9550 \frac{P}{N} = 9550 \frac{300}{2840}$$

$$M_d \cong 1009 Nm$$

Sürtünme momenti için moment iletimindeki emniyet değeri  $k = 1,8$  olarak seçilsin.

$$M_S = k M_d = 1,8 \cdot 1009 \cong 1817 Nm$$

Sıkı geçme için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$M_S = F_S \frac{d}{2} = \mu F_n \frac{d}{2} = \mu P \pi d b \frac{d}{2} = \mu P \pi b \frac{d^2}{2}$$

Buna denklemden basınç çekilirse:

$$P = \frac{2M_S}{\mu \pi d^2 b}$$

Mil için burulmadan kaynaklanan kayma gerilmelerini incelensin:

$$\tau_b = \frac{M_d}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{16M_d}{\pi d^3} \leq \tau_{kem}$$

Bu ifadeye göre mil çapı için şu denklem yazılabilir:

$$\frac{16M_d}{\pi \tau_{kem}} \leq d^3 \rightarrow \frac{16 \cdot 1009 \cdot 10^3}{\pi 30} \leq d^3$$

$$55,54 mm \leq d$$

Mil çapı için ön şekillendirme amacı ile  $d = 60 mm$  alınsın.

$$\frac{D}{d} = 2 \rightarrow D = 2 \cdot 60 = 120 mm$$

Dişli çarkın **b** genişliği mil çapı (**d**) kadardır. Buna göre

$$\frac{b}{d} = 1 \rightarrow b = 60 mm$$

Bu ön şekillendirmeye göre basınç şöyle bulunur:

$$P = \frac{2M_S}{\mu \pi d^2 b} = \frac{2 \cdot 1817 \cdot 10^3}{(0,15)\pi \cdot 60^2 \cdot 60} = 35,72 \frac{N}{mm^2}$$

Yüzeyler arasında bu basıncı oluşturmak için olması gereken sıklığın değeri şöyle bulunabilir:

$$Q_G = \frac{D_i}{D_d} = \frac{60}{120} = 0,5$$

$$\Delta d = \frac{2Pd}{E(1 - Q_G^2)} = \frac{2 \cdot 35,72 \cdot 60}{2,1 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0,5^2)} = 0,02722 \text{ mm} \cong 27,22 \mu\text{m}$$

$$\Delta d[\text{teorik}] = 27,22 \mu\text{m}$$

IT7 kalitesindeki, 60mm çaplı mil için ve 120 mm dış çaplı ve 60 mm iç çaplı göbek için yüzey pürüzlülüğü değerleri maksimum 30 mikrometre verilmiştir. Mil için  $R_{zM} = 4 \mu\text{m}$  göbek için  $R_{zG} = 6 \mu\text{m}$  alınsın.

$$\Delta U = 0,8(R_{zM} + R_{zG}) = 0,8(4 + 6) = 8 \mu\text{m}$$

Nominal dimension		Tolerance grades											
over	incl.	IT1 max	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
mm		$\mu\text{m}$											
1	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1,5	2,5	4	7	11	18	25	39	62	100	160	250
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400

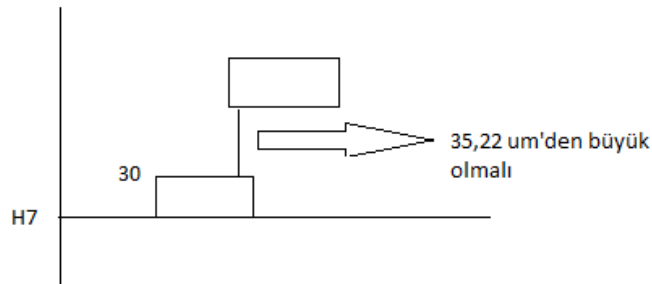
Buna göre gerçek sıklık şöyle verilebilir:

$$\Delta d[\text{gerçek}] = \Delta d[\text{teorik}] + \Delta U = 27,22 + 8 = 35,22 \mu\text{m} \leq U_{min}$$

Minimum sıklık bu değerden büyük olmalıdır.

H7 delik sistemine göre tolerans  $H7 \text{ } \phi 60_0^{+30}$  olarak veriliyor.

ISO-Toleransları														DIN 7154 T1 (8.66)'e göre		
Tek tip delik sistemi														Sınırlı ölçü $0 \mu\text{m}$ (1 $\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ )		
Nominal ölçü alanı ... üzerinde ... e kadar mm	İç tolerans yüzeyi	Dış tolerans yüzeyleri					İç tolerans yüzeyi	Dış tolerans yüzeyi					Büyük ölçü			
		Boşluk	Geçiş tolerans sahaları			Büyük ölçü		Boşluk	Geçiş tolerans sahaları							
	H6	h5	j6	k6	n6	p5	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6
50...65	+19 0	0 -13	+12 -7	+21 +2	+33 +20	+45 +32	+30 0	-30 -60	-10 -29	0 -19	+12 -7	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+60 +41	+72 +53
65...80															+62 +43	+78 +59



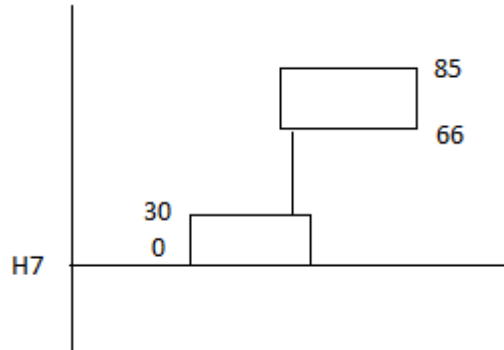
Verilen şekle göre mil toleransının alt saptması şöyle olmalıdır:

$$\text{Alt Sapma} = 30 + 35,22 = 65,22 \mu\text{m}$$

**Dimensional Tolerances of Shaft, Regularly Used Fitting**

Basic Size (mm)		Class of Tolerance Range for Shafts									Unit $\mu\text{m}$
Beyond	or Less	m6	n5 *	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6	
—	3	+8 +2	+8 +4	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20	
3	6	+12 +4	+13 +8	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28	
6	10	+15 +6	+16 +10	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34	
10	14	+18 +7	+20 +12	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+51 +40	
14	18									+56 +45	
18	24	+21 +8	+24 +15	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+67 +54	
24	30								+54 +41	+61 +48	+77 +64
30	40	+25 +9	+28 +17	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43		+64 +48	+76 +60	—
40	50								+70 +54	+86 +70	
50	65	+30 +11	+33 +20	+39 +20	+51 +32	+60 +43	+72 +59	+85 +75	+106 +102		
65	80										

Buna göre t6  $\text{Ø}60_{+66}^{+85}$  toleransı istenilen sıklığı verecektir. Sonuç olarak H7/t6 tolerans çifti minimum sıklık değerini sağlamaktadır.



Bu seçimlere göre minimum sıklık değeri şöyle bulunur:

$$\Delta d[\text{teorik\_maks}] = 85 - 0 = 85 \mu\text{m}$$

$$\Delta d[\text{teorik\_min}] = 66 - 30 = 36 \mu\text{m}$$

$$\Delta U = 0,8(R_{z\text{M}} + R_{z\text{G}}) = 0,8(4 + 6) = 8 \mu\text{m}$$

$$\Delta d[\text{gerçek\_maks}] = 85 - 8 = 77 \mu\text{m}$$

$$\Delta d[\text{gerçek\_min}] = 36 - 8 = 26 \mu\text{m}$$

Şeçilen boyutlandırma ve tolerans çiftine göre mil yüzeyi ve göbek iç yüzeyinde meydana gelebilecek minimum ve maksimum basınç miktarı aşağıda hesaplanmıştır:

$$\Delta d_{min} = \frac{2P_{min}d}{E(1 - Q_G^2)}$$

$$P_{min} = \frac{\Delta d_{min}E(1 - Q_G^2)}{2d} = \frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0,5^2)}{2 \cdot 60} = 34,125 \frac{N}{mm^2}$$

$$P_{maks} = \frac{\Delta d_{maks}E(1 - Q_G^2)}{2d} = \frac{77 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0,5^2)}{2 \cdot 60} \cong 101,1 \frac{N}{mm^2}$$

En tehlikeli durum basınç miktarı  $P_{maks}$  'a ulaştığı zaman yaşanacaktır.

$$M_{S_{maks}} = F_{S_{maks}} \frac{d}{2} = \mu F_{n_{maks}} \frac{d}{2} = \mu P_{maks} \pi b \frac{d^2}{2} = 0,15 \cdot 101,1 \cdot \pi \cdot 60 \cdot \frac{60^2}{2} = 5142754,8 Nmm$$

$$M_d = \frac{M_S}{k} = \frac{5142754,8}{1,8} = 2857086 Nmm$$

Mil için burulma moment hesabı yapıp emniyete bakılırsa şu görülecektir:

$$\tau_{maksG} = \frac{P}{1 - Q_M^2} = \frac{101,1}{1 - 0} = 101,1 \frac{N}{mm^2} \geq \tau_{kem} = 30 \frac{N}{mm^2} \text{ Emniyetsiz}$$

$$\sigma_{maksG} = \frac{2P}{1 - Q_M^2} = \frac{2 \cdot 101,1}{1 - 0} = 202,2 \leq \sigma_{kem} = 250 \frac{N}{mm^2} \text{ [St 52] Emniyetli}$$

Buna göre mil burulma açısından emniyetsiz durumdadır.

Göbek için iç yarıçap  $r_i = 30$  mm ve dış yarıçap  $r_d = 60$  mm olmak üzere iç ve dış bölümde teğetsel gerilmeler incelenirse şu görülecektir:

$$\tau_{maksG} = \frac{P}{1 - Q_G^2} \leq \tau_{kem} \text{ ve } \sigma_{maksG} = \frac{2P}{1 - Q_G^2} \leq \tau_{kem}$$

$$\tau_{maksG} = \frac{101,1}{1 - 0,5^2} = 134,8 \geq \tau_{kem} = 30 \frac{N}{mm^2} \text{ Emniyetsiz}$$

$$\sigma_{maksG} = \frac{2 \cdot 101,1}{1 - 0,5^2} = 269,6 \leq \sigma_{kem} = 250 \frac{N}{mm^2} \text{ [St 52] Emniyetsiz}$$

Von Misses Teorisi ile

$$\sigma_{maksG} = P \sqrt{\frac{3 + Q_G^4}{1 - Q_G^2}} = 101,1 \frac{\sqrt{3 + 0,5^4}}{1 - 0,5^2} = 101,1 \frac{1,81}{0,75} = 244 \frac{N}{mm^2} \leq \sigma_{kem} \text{ Emniyetli}$$

Buna göre göbek burulma açısından emniyetsiz durumdadır.

Bağlantıyı emniyetli hale getirmek için

1. Kenar kısmında oluşan büyük basıncın azaltılması için  $\frac{b}{a}$  oranı artırılabilir. Örneğin bu oranın 2 olması halinde basınç şöyle bulunur:

$$P = \frac{2M_s}{\mu\pi d^2 b} = \frac{2 \cdot 1817 \cdot 10^3}{(0,15)\pi \cdot 60^2 \cdot b} = \frac{2143}{b} = \frac{2143}{120} = 17,86 \frac{N}{mm^2}$$

$$\Delta d = \frac{2Pd}{E(1 - Q_G^2)} = \frac{2 \cdot 17,86 \cdot 60}{2,1 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0,5^2)} \cong 13,61 \mu m$$

$$\Delta d[\text{gerçek}] = \Delta d[\text{teorik}] + \Delta U = 13,61 + 8 = 21,61 \mu m \leq U_{min}$$

$$\text{Alt Sapma} = 30 + 21,61 = 65,22 \mu m$$

H7/s6 toleransı seçilebilirdi.

$$\Delta d[\text{teorik\_maks}] = 72 - 0 = 72 \mu m$$

$$\Delta U = 0,8(R_{zM} + R_{zG}) = 0,8(4 + 6) = 8 \mu m$$

$$\Delta d[\text{gerçek\_maks}] = 72 - 8 = 64 \mu m$$

$$P_{maks} = \frac{\Delta d_{maks} E (1 - Q_G^2)}{2d} = \frac{64 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0,5^2)}{2 \cdot 60} \cong 84 \frac{N}{mm^2}$$

2. Göbeğin iç çapına içeri doğru radius verilebilir ya da eğim yapılabilir. Kuvvet çizgilerini engellemek için mille temas yüzeyinden belirli uzaklıkla radius verilebilir. Temas yüzeyini artırılabilir. Mil çapı, göbekte temas ettiği bölgede artırılabilir.