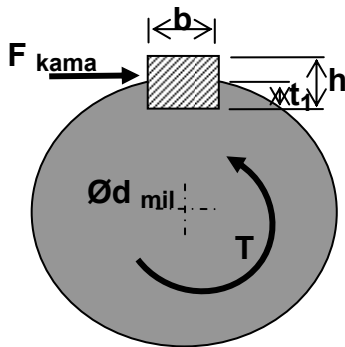
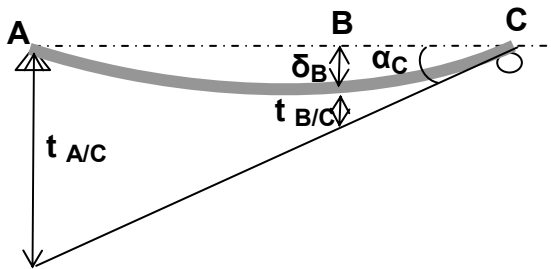
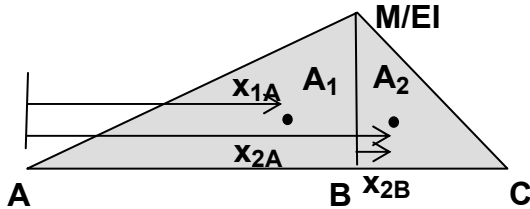
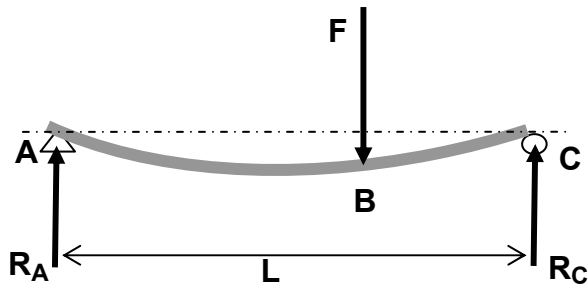


MOMENT ALAN METODU İLE

EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI BULUNMASI :



M : Kirişin (milin) eğilme momenti

E : Kirişin Elastiklik modülü $E_{çelik} = 210000 \text{ N/mm}^2$ $I = \pi d^4 / 64$: Kirişin Atalet momenti α : Kirişin teğet eğim açısı: $\alpha \approx \tan \alpha$ (küçük açı radyan) δ : Kirişin eğilme miktarı A_1 : M/EI grafiğinde AB arası alan A_2 : M/EI grafiğinde BC arası alan $\alpha_C = -t_{A/C} / AC$ $\alpha_C = (t_{B/C} + \delta_B) / BC$ $\alpha_{B/C}$: B eğim açısı ile A eğim açısı arasındaki fark ; bu fark B ile A arasındaki alanla bulunur : $\alpha_{B/C} = \alpha_B - \alpha_C$ $\alpha_{B/C} = A_2$ $\alpha_{A/C} = \alpha_A - \alpha_C$ $\alpha_{A/C} = A_1 + A_2$

t : Teğet deformasyonu

 $t_{A/C}$: A ile C arasındaki teğet deformasyonu ; A ile C arasındaki alanların A'ye göre momenti ile bulunur : $t_{A/C} = A_1 \cdot x_{1A} + A_2 \cdot x_{2A}$ $t_{B/C}$: B ile C arasındaki teğet deformasyonu ; B ile C arasındaki alanın C'ye göre momenti ile bulunur $t_{B/C} = A_2 \cdot x_{2B}$

Bilinen yerlerdeki eğim açıları ve eğilme miktarları

yukardaki bağıntılarla bulunur. Maksimum

deformasyonun olduğu yerde $\alpha = 0$ olup, maksimum eğilme miktarı yukardaki bağıntılarla bulunur.KAMALAR $b \times h \times L$

$$F_{kama} = \frac{T}{d/2}$$

$$\tau = \frac{F_{kama}}{b \cdot L} \leq \tau_{em}$$

$$\sigma_{mil} = \frac{F_{kama}}{t_1 \cdot L} \leq p_{em \text{ mil}}$$

$$\sigma_{göbek} = \frac{F_{kama}}{(h - t_1) \cdot L} \leq p_{em \text{ göbek}}$$

Çizelge:1 Standart paralel yüzeyli düz kama ölçüleri TS 147/9

Mil çapı	Kama genişliği		Kama yüksekliği	Milde kama derinliği	Göbekte kama derinliği	Göbekte kama derinliği	“L” kama boyları	
	$\leq d$	$> d$					dan	e.kadar
6	8	2	2	1,2	1	0,5	6	20
8	10	3	3	1,8	1,4	0,9	8	36
10	12	4	4	2,5	1,8	1,2	10	45
12	17	5	5	3	2,3	1,7	12	56
17	22	6	6	3,5	2,8	2,2	16	70
22	30	8	7	4	3,3	2,4	20	90
30	38	10	8	5	3,3	2,4	25	110
38	44	12	8	5	3,3	2,4	31	140
44	50	14	9	5,5	3,8	2,9	40	160
50	58	16	10	6	4,3	3,4	45	180
58	65	18	11	7	4,4	3,4	50	200

Standart Kama “L1 boyları: TS 147/9

6,8,10,12,17,22,30,38,44,50,58,65,75,85,95,110,130,150,170,200,230,260,290,330,380,440,550

Mil çapı		Tolerans Kalitelerinin ölçü aralığı (DIN 17151) μm																			
		IT01	IT0	IT 1	IT 2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
>d	<=d																				
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
6	10	0.4	0.4	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80	120	1	1.5	2.6	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	620	1000	1600	2500	4000	6300
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

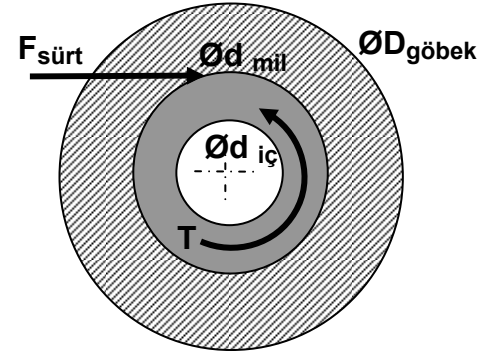
Çizelge 3 : Miller için alt ve üst sınırlar (göbek için aynı değerler işaret değiştirir) μm

Mil çapı		Miller için üst sınırlar μm								Miller için alt sınırlar μm									
		a	b	c	d	e	f	g	h	m	n	p	r	s	u	v	x	y	z
>d	<=d																		
1	3	-270	-140	-60	-20	-14	-6	-2	0	2	4	6	10	14	18		20		26
3	6	-270	-140	-70	-30	-20	-10	-4	0	4	8	12	15	19	23		28		35
6	10	280	-150	-80	-40	-25	-13	-5	0	6	10	15	19	23	28		34		42
10	14	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-6	0	7	12	18	23	28	33	39	45		60
14	18	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-6	0	7	12	18	23	28	33	39	45		60
18	24	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-7	0	8	15	22	28	35	41	47	54	63	73
24	30	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-7	0	8	15	22	28	35	48	55	64	75	88
30	40	-310	-170	-120	-80	-50	-25	-9	0	9	17	26	34	43	60	68	80	94	112
40	50	-320	-180	-130	-80	-50	-25	-9	0	9	17	26	34	43	70	81	97	114	136
50	65	-340	-190	-140	-100	-60	-30	-10	0	11	20	32	41	53	87	102	122	144	172
65	80	-360	-200	-150	-100	-60	-30	-10	0	11	20	32	43	59	102	120	146	174	210
80	100	-380	-220	-170	-120	-72	-36	-12	0	13	23	37	51	71	124	146	178	214	258
100	120	-410	-240	-180	-120	-72	-36	-12	0	13	23	37	54	79	144	172	210	254	310
120	140	-460	-260	-200	-145	-85	-43	-14	0	15	27	43	63	92	170	202	248	300	365
140	160	-520	-280	-210	-145	-85	-43	-14	0	15	27	43	65	100	190	228	380	340	415
160	180	-580	-310	-230	-145	-85	-43	-14	0	15	27	43	68	108	210	525	310	380	465
180	200	-660	-340	-240	-170	-100	-50	-15	0	17	31	50	77	122	236	284	350	425	520
200	225	-740	-380	-260	-170	-100	-50	-15	0	17	31	50	80	130	258	310	385	470	575
225	250	-820	-420	-280	-170	-100	-50	-15	0	17	31	50	84	140	284	340	425	520	640
250	280	-920	-480	-300	-190	-110	-56	-17	0	20	34	56	84	158	315	385	475	580	710
280	315	-1050	-540	-330	-190	-110	-56	-17	0	20	34	56	98	170	350	425	525	650	790
315	355	-1200	-600	-360	-210	-125	-62	-18	0	21	37	62	108	190	390	475	590	730	900
355	400	-1350	-680	-400	-210	-125	-62	-18	0	21	37	62	114	208	435	530	660	820	1000
400	450	-1500	-760	-440	-230	-135	-68	-20	0	23	40	68	126	232	490	595	740	920	1100
450	500	-1650	-840	-480	-230	-135	-68	-20	0	23	40	68	132	252	540	660	820	1000	1250

$$\delta_{\text{toplam geçme}} = \frac{b \cdot p}{E_g} \left(\frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} + v \right) + \frac{b \cdot p}{E_m} \left(\frac{d_m^2 + d_{iç}^2}{d_m^2 - d_{iç}^2} - v \right)$$

$$\sigma_{\text{göbekte çekme}} = \frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} p_{\text{mak}} \quad \sigma_{\text{milde basma}} = \frac{d_m^2 + d_{iç}^2}{d_m^2 - d_{iç}^2} p_{\text{mak}}$$

$$T \leq \mu \cdot p_{\text{min}} \cdot (\pi \cdot d_{\text{mil}} \cdot b) \cdot \frac{d_{\text{mil}}}{2}$$



örnek: 12 mm. Çaplı milde H8 / u8 geçmesi için alt üst toleransları ve toplam geçmeyi bulunuz :

IT 8 kalitesi için 12mm çapta çizelge-2' den ölçü aralığı 0,027 mm çıkar.

“H8” göbek için alt sınır çizelge-3'den “0” olduğuna göre üst sınır 0+0,027=0,027 mm olur:

yani göbek 12,000 ile 12,027 mm ölçüleri arasında imal edilecektir.

“u8” mil için alt sınır çizelge-3'den “0,033” olduğuna göre üst sınır 0,033+0,027=0,060 mm. olur

yani mil 12,033 ile 12,060 mm ölçüleri arasında imal edilecektir.

bu durumda en çok geçme: 0,060- 0 = 0,060 mm ;

en az geçme: 0,033 - 0,027 = 0,006 mm olur. (tatlı sıkı)

MİL MUKAVEMETİ - MİL ÇAPI

Millerde statik burulma momenti (tork) “T” ve değişken eğilme momenti “M” neticesinde mil çapı :

$$d^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M}{\sigma_{em_d}} \right)^2 + \left(\frac{T}{\sigma_{em_s}} \right)^2}$$

Burada emniyetli gerilmeler: $\sigma_{em_s} = \frac{\sigma_{ak}}{S}$ $\sigma_{em_d} = \frac{\sigma_d}{S} \cdot \frac{K_y \cdot K_b}{K_c}$

“σ_{ak}” malzemenin akma gerilmesi, Konstrüksiyon çeliklerinde sürekli (yorulma) mukavemeti σ_d=0,5 · σ_K
“S” net emniyet katsayısı olup normal 1,5 – 2 arasındır. Can ve mal emniyeti durumunda 3 - 4 arası olabilir.
Yüzey faktörü “K_y”, büyüklük Faktörü “K_b”. Çentik faktörü “K_c” aşağıdaki tablo ve şekillerden bulunur.

Çizelge-4 Millerde Çentik Faktörleri “K _c ”						
	Kama (freze)		Kademe d/D≈0,7 : r/d≈0,1	Enine Pim d/D≈0,14	Sıkı geçme	Segman yuvası
	Çark	parmak				
eğilme	1,3-1,6	1,6 - 2	1,5	1,4 - 1,8	1,7 - 1,9	2,5 - 3,5
burulma	1,3-1,6	1,3-1,6	1,25	1,4 - 1,8	1,3- 1,4	2,5 - 3,5

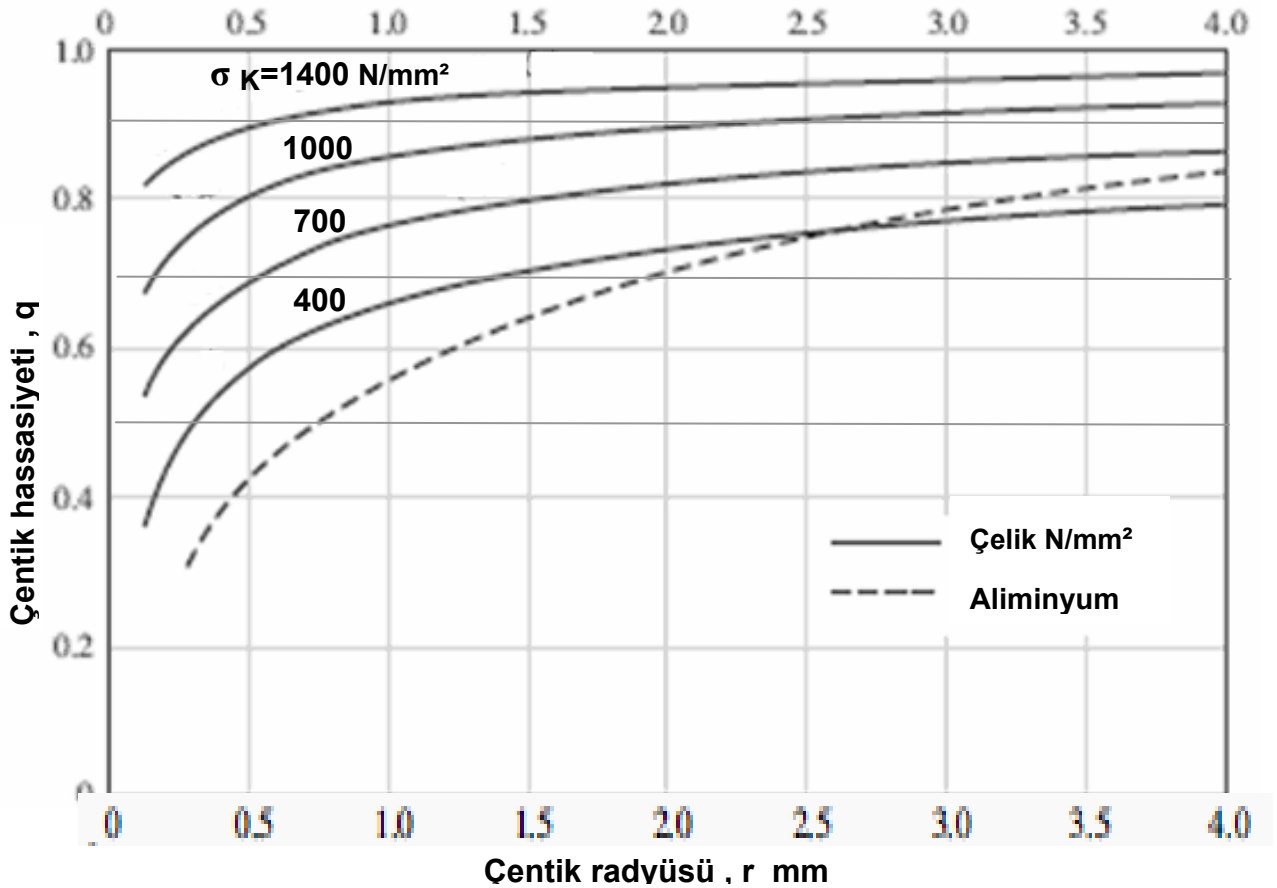
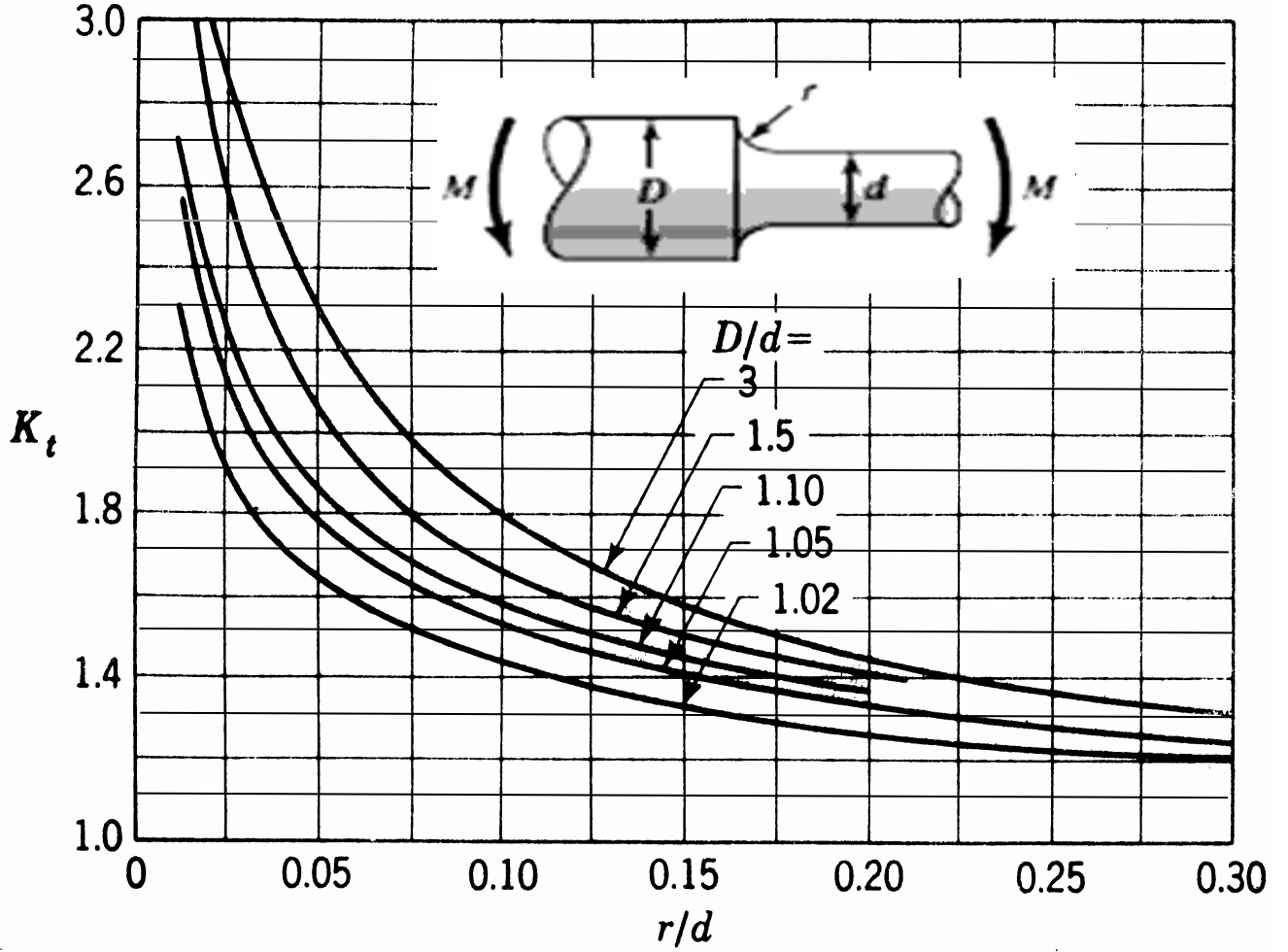
Çizelge-5 Yüzey faktörü : “K _y ”		
	σ _K N/mm ²	“K _y ”
Polisaj	tümü	1
Taşlama	tümü	0,88
Torna ve soğuk şekil- lendirme	400	0,84
	600	0,75
	800	0,71
	1000	0,67
	1200	0,65
	1600	0,63

Çizelge-6 Büyüklük faktörü “K _b ”					
d “mm”	≤10	20	30	50	200
“K _b ”	1	0,9	0,8	0,7	0,6

$$K_C = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

K_t : teorik çentik faktörü

q : malzemenin çentik hassasiyeti :



Millerde sadece mukavemet kontrolü yeterli değildir. Millerde fazla sehim “ δ ” ve burulma açısı “ θ ” kritik hızın düşük olmasına sebep olur ve sınırlanmalıdır:

$$\text{Dişli çarklı millerde Sehim} : \frac{\delta_{\text{mak}}}{L} < 0,0002 \dots 0,0005 \quad \text{Kritik Hız : } \frac{n_{kr}}{\text{dev/dak}} \approx 950 \sqrt{\frac{1}{\sum \delta_i}} \quad (\text{destekler kenarda ise})$$

yataklar arası uzaklık

$$\text{Burulma açısı sınırı: } \theta = \frac{T \cdot \frac{L}{G \cdot I_p}}{\frac{\pi d^4}{32}} < \underbrace{0,005 \dots 0,009}_{\text{her metrede}} \text{ rad} \quad \text{Kritik Tork : } T_{kr} = 2 \cdot \pi \cdot E \frac{I_p}{L}$$

güç iletimi yapanlar arasındaki uzaklık

Burada elastiklik modülü : $E_{\text{çelik}} \approx 210000 \text{ N/mm}^2$ kayma modülü : $G_{\text{çelik}} \approx 80000 \text{ N/mm}^2$

Millerde eğim açıları “ α ” rulman ömrünü azaltır: Sabit bilyalılarda $\alpha < 0,5^\circ \approx 0,009 \text{ rad}$

silindirik makaralılarda $\alpha < 0,2^\circ \approx 0,0035 \text{ rad}$

Dişli çarkların bulunduğu noktalarda $\alpha < 0,06^\circ \approx 0,001 \text{ rad}$

TERMAL UZAMA

$$\Delta_t = \alpha_t \cdot L \cdot \Delta T \quad \text{termal uzama katsayısı } \alpha_t = 17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

çelik

KAVRAMA ORANI

Dişlilerde Kavrama Oranı “ ε ” en az 1,1 olmalı , bu değer arttıkça sessizlik artar :

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{r1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{r2}^2} - (d_1 + d_2) \sin \alpha}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot \cos \alpha}$$

d_1, d_2 : bölüm dairesi çapları
 dişüstü çapı : $d_a = d + 2 \cdot m$: tam dişler için
 diş dibi çapı : $d_r = d - 2,5 \cdot m$: tam dişler için

Tavsiye edilen “ ε ” değerleri : $\alpha=15^\circ$ için $\varepsilon=1,7\dots2,5$ $\alpha=20^\circ$ için $\varepsilon=1,5\dots1,9$ $\alpha=25^\circ$ için $\varepsilon=1,2\dots1,5$

DÖNEN DİSKLERDE MERKEZKAÇ GERİLME

D dış çaplı (mm) ; d iç çaplı (mm) ; w (rad/s) hızla dönen ρ ($\rho_{\text{çelik}}=7800 \text{ kg/m}^3$) yoğunluğunda bir silindirik gövdede hızdan oluşan maksimum teğet çekme gerilmesi σ_{mak} (N/mm²) : (poison oranı $\nu_{\text{çelik}}=0,3$)

$$\sigma_{\text{mak}} = \rho \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + d^2) \cdot \left(\frac{3 + \nu}{32 \cdot 10^{12}} \right)$$

DÜZ DIŞLİ MUKAVEMETİ:

– **Eğilme Kontrolü (Lewis)** : $\sigma = \frac{2 \cdot T}{k \cdot m^3 \pi^2 \cdot y \cdot Z} \leq ? \sigma_{em} = \frac{\sigma_K}{3} \cdot K_v$

Lewis faktörü “y” için Çizelge-8’e bakınız. Genişlik faktörü: $k = \frac{b}{\pi \cdot m} \leq 4$ Diş genişliği “b” buradan bulunur

Hız faktörü “Kv” düz dişlilerde hıza göre : $K_v = \frac{3}{3+v}$ $K_v = \frac{6}{6+v}$ $K_v = \frac{5,6}{5,6+\sqrt{v}}$
 $v \leq 10$ m/s $10 < v \leq 20$ m/s $v > 20$ m/s

– **Yüzey Basıncı Kontrolü (Buckingham)** : Dinamik Yük: $F_d = F_t + \frac{21 \cdot v \cdot (b \cdot C + F_t)}{21 \cdot v + \sqrt{b \cdot C + F_t}} \leq ? F_w$

Burada “Ft” gücün hıza bölümü ile de bulunur: $F_t = \frac{P}{v}$ Deformasyon Katsayısı “C” Ç-11’den bulunur.

Aşınma yükü : $F_w = d_p \cdot b \cdot K \cdot \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$

Burada “dp” pinyon çapıdır.

Aşınma yükü faktörü “K” Çizelge-12’den bulunur.

– **Statik yük (Eğilme) kontrolü (Buckingham)**: $F_0 = \frac{\sigma_K}{3} \cdot b \cdot y \cdot \pi \cdot m \geq ? F_d$

KONİK DIŞLİ ÇARKLAR

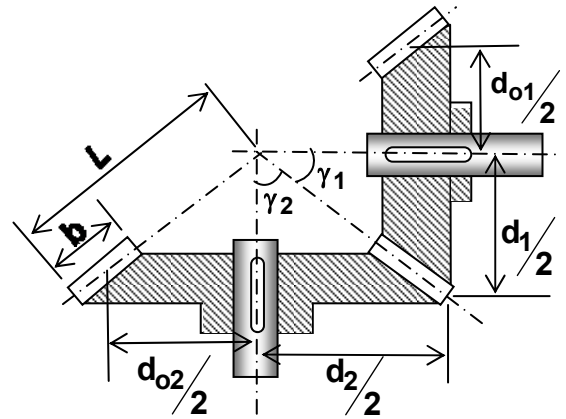
Konik açısı şekilden: $\tan \gamma_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$

Ortalama ve bölüm çapı bağıntısı : $d_o = d - b \cdot \sin \gamma$

Eşdeğer diş sayısı : $Z_{eş} = \frac{Z}{\cos \gamma}$

Konik Çarklarda Dişli Kuvvetleri :

$F_t = \frac{2 \cdot T}{d_o}$ $F_r = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \cos \gamma$ $F_e = F_t \cdot \tan \alpha \cdot \sin \gamma$

**Konik Dişli Mukavemeti:**

- Eğilme Kontrolü (Lewis) : $\sigma = \frac{2 \cdot T}{b \cdot m^2 \pi \cdot y_{eş} \cdot Z} \cdot \left(\frac{L}{L-b} \right) \leq ? \sigma_{em} = \frac{\sigma_K}{3} \cdot K_v$

burada “Z” hakiki diş sayısıdır.

eşdeğer diş sayısı için “yeş” Çizelge-8’den bulunur.

“b” genişliği konik için: $\frac{1}{4} \leq \frac{b}{L} \leq \frac{1}{3}$ buradan $L \geq 3 \cdot b$ tercih edilir.

Bölüm dairesindeki “v” hızı faktörü Kv konik için bütün hızlarda :

$K_v = \frac{6}{6+v}$ talaşlı imalat $K_v = \frac{5,6}{5,6+\sqrt{v}}$ döküm imalat

- **Yüzey Basıncı Kontrolü (Buckingham)** : Dinamik Yük: $F_d = F + \frac{21 \cdot v \cdot (b \cdot C + F)}{21 \cdot v + \sqrt{b \cdot C + F}} \leq ? F_w$

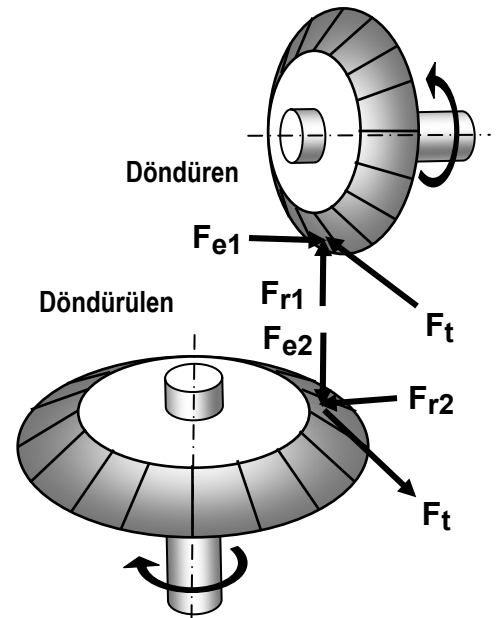
Burada “F” gücün hıza bölümü ile bulunur: $F = \frac{P}{v}$ Deformasyon Katsayısı “C” Çizelge-11’den bulunur.

Aşınma yükü: $F_w = 0,75 \cdot \frac{d_p \cdot b \cdot K}{\cos \gamma_1} \cdot \frac{2 \cdot Z_{2eş}}{Z_{1eş} + Z_{2eş}}$

Burada “dp” pinyon çapıdır.

Aşınma yükü faktörü “K” Çizelge-12’den bulunur.

- **Statik yük (Eğilme) kontrolü (Buckingham)**: $F_0 = \frac{\sigma_K}{3} \cdot b \cdot y_{eş} \cdot \pi \cdot m \cdot \frac{L-b}{L} \geq ? F_d$



Çizelge-7 Standart Modül: mm	
Alın, Helis, Konik Dişliler :“m”, “m _n ”	
1- (1,125)-1,25- (1,375)-1,5- (1,75)- 2-(2,25)-2,5- (2,75)-3- (3,5)-4- (4,5)- 5 -(5,5)- 6 -(7)- 8- (9)-10-(11)-12-(14)-16-(18)- 20-(22)- 25-(28)-32-(36)-40- (45)- 50	
Sonsuz Vida Çarkı , “m _n ”, mm	
1- 1,25- 1,6- 2 - 2,5- 3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20	

Çizelge-9 Dişli imalat hatası sınırı “e _{sınır} ”, mm									
“v” m/s	1,25	2,5	5	7,5	10	15	20	25	25<v
e _{sınır} mm	0,14	0,10	0,0718	0,0527	0,04	0,0273	0,020	0,015	0,015

Çizelge-10 Dişli imalat Hataları “e”, mm									
Modül	1	2	4	6	8	10	12	14	26
Ticari	0,05	0,05	0,054	0,065	0,08	0,093	0,1	0,105	0,115
Hassas	0,025	0,025	0,027	0,032	0,038	0,045	0,05	0,054	0,067
ÇokHassas	0,012	0,012	0,014	0,015	0,018	0,023	0,025	0,027	0,035

Çizelge-8 Lewis Form Faktörü : “y” (bazen Y = π · y kullanılır)				
Z	14½° tam	20° tam	20° kök	25° tam
12	0,067	0,078	0,099	0,088
13	0,071	0,083	0,103	0,093
14	0,075	0,088	0,108	0,098
15	0,078	0,092	0,111	0,102
16	0,081	0,094	0,115	0,106
17	0,084	0,096	0,117	0,109
18	0,086	0,098	0,120	0,112
19	0,088	0,100	0,123	0,115
20	0,090	0,102	0,125	0,118
21	0,092	0,104	0,127	0,120
22	0,093	0,105	0,129	0,122
23	0,094	0,106	0,130	0,124
24	0,096	0,107	1,032	0,126
25	0,097	0,108	0,133	0,128
26	0,098	0,109	0,135	0,130
27	0,099	0,111	0,136	0,131
28	0,100	0,112	0,137	0,133
29	0,101	0,113	10,38	0,134
30	0,101	0,114	0,139	0,135
32	0,101	0,116	0,141	0,139
34	0,104	0,118	0,142	0,140
36	0,105	0,120	0,144	0,142
38	0,106	0,122	0,145	0,144
40	0,107	0,124	0,146	0,145
50	0,110	0,130	0,151	0,152
60	0,113	0,134	0,154	0,156
80	0,116	0,139	0,159	0,162
100	0,117	0,142	0,161	0,166
150	0,119	0,146	0,165	0,171
200	0,120	0,147	0,167	0,174
300	0,122	0,150	0,170	0,176
Kra	0,124	0,154	0,175	0,180

Çizelge-11 Deformasyon katsayısı “C” değerleri “N/mm” veya “kN/m”								
Malzeme		Kavrama açısı α	Dişteki hata “e”, mm					Formül
Pinyon	Dişli		0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	
D.Demir	Çelik	14½°	55	110	220	330	440	C = 5500 · e
Çelik	D.Demir	14½°	76	152	304	456	608	C = 7600 · e
Çelik	Çelik	14½°	110	220	440	660	880	C = 11000 · e
D.Demir	D.Demir	20°	57	114	228	342	456	C = 5700 · e
Çelik	D.Demir	20°	79	158	316	474	632	C = 7900 · e
Çelik	Çelik	20°	114	228	456	684	912	C = 11400 · e
D.Demir	D.Demir	20° kök	59	118	236	354	472	C = 5900 · e
Çelik	D.Demir	20° kök	81	162	324	486	648	C = 8100 · e
Çelik	Çelik	20° kök	119	238	476	714	952	C = 11900 · e
D.Demir	D.Demir	25°	62	124	248	372	496	C = 6200 · e
Çelik	D.Demir	25°	85	170	340	510	680	C = 8500 · e
Çelik	Çelik	25°	125	250	500	750	1000	C = 12500 · e

Çizelge-12 “K” Gerilme Yorulma katsayısı :						
$K = \frac{p_{em}^2 \cdot \sin \alpha}{1,4} \cdot \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_c} \right) \leftarrow p_{em\text{çellik}} = 2,75 \cdot \text{BHN} - 70$						
Malzeme			Yüzey dayanma limiti P _{em} N/mm ²	“K” kN/m ²		
Pinyon	Ortalama BHN	Çark		14,5°	20°	25°
Çelik	150	Çelik	342	206	282	356
Çelik	200	Çelik	480	405	555	684
Çelik	250	Çelik	618	673	919	1130
Çelik	300	Çelik	755	1004	1372	1688
Çelik	350	Çelik	893	1404	1918	2371
Çelik	400	Çelik	1030	1869	2553	3160
Çelik 150		D.Demir	342	303	414	511
Çelik 200		D.Demir	480	600	820	1014
Çelik 250		D.Demir	618	1000	1310	1670
Çelik 150		Fos.Bronz	342	317	427	531
Çelik 200		Fos.Bronz	445	503	689	1055
D.Demir 160		D.Demir	549	1050	1420	1755
D.Demir 180		D.Demir	618	1330	1820	2250

Rulmana gelen radyal yük "Fr" ve aksel yük "Fe" ile eşdeğer yük bulunur "Peş";

$$P_{eş} = X \cdot F_r + Y \cdot F_e$$

Burada X ve Y Çizelge.13'den rulman tipine bağlı olan "e" yardımı ile bulunur. Hesaplanan "Peş" yardımı ile rulman ömrü "L" milyon devir olarak bulunur;

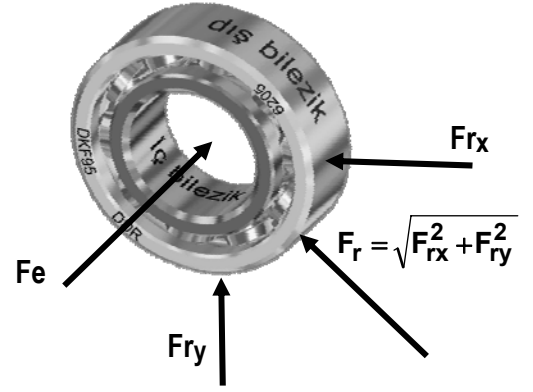
$$L = \left(\frac{C}{P_{eş}} \right)^k \rightarrow 3 \text{ (bilyalı)}, 3,33 \text{ (makaralı)}$$

Burada rulmanların kapasiteleri "C" çizelge-14'dedir, Eğer ömür biliniyor ise istenen "C" aynı formülden

$$C = P_{eş} \cdot L^{1/k}$$

Milyon devir olan "L" rulman ömrü, mil devri "n" yardımı ile saat olarak rulman ömrüne "Lh" çevrilir:

$$L_h = L \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60}$$



Çizelge-13 Rulmanlarda Dinamik Yük Faktörleri "X", "Y"

Tek sıralı radyal rulman				$\frac{F_a}{F_r} \leq e : X = 1, Y = 0$					
Rulman tipi		e	$\frac{F_a}{F_r} > e$		Rulman tipi		$\frac{F_a}{F_r} > e$		
F_a/C_0			X	Y	e	X	Y		
161, 160 60, 62, 63, 64 RLS, RMS	0,014	0,19	0,56	2,3	302 10	0,42	0,4	1,45	
	0,028	0,22		2,0		11 ... 13		0,41	1,5
	0,066	0,26		1,7		14		0,42	1,45
	0,084	0,28		1,55		15		0,44	1,4
	0,11	0,30		1,45		16 ... 22		0,42	1,45
	0,17	0,34		1,3		24		0,44	1,4
	0,28	0,38		1,15		303 02 ... 03		0,29	0,4
0,42	0,42	1,05	04 ... 05	0,30	2,0				
0,56	0,44	1,0	06 ... 07	0,31	1,9				
E, L, M, BO	0,2	0,5	2,5	08 ... 20	0,34	1,75			
72 B, 73 B	1,14	0,35	0,57	313 05 ... 13	0,83	0,4	0,72		
QJ 2, QJ 3 *)	0,95	0,6	1,07	322 06 ... 08	0,37	0,4	1,6		
320 04 X, 320/22 X 05 X ... 07 X 08 X ... 09 X 10 X 11 X 12 X ... 40 X	0,39	0,4	1,55	09	0,40		1,5		
	0,44		1,35	10 ... 12	0,42		1,45		
	0,39		1,55	13	0,40		1,5		
	0,44		1,35	14	0,42		1,45		
	0,39		1,55	15 ... 16	0,43		1,4		
	0,44		1,35	17 ... 22	0,42		1,45		
302 03 ... 04	0,35	0,4	1,75	24	0,43		1,4		
05 ... 08	0,38		1,6	323 05	0,30	0,4	2,0		
09	0,41		1,5	06 ... 07	0,31		1,9		
			08 ... 15	0,34	1,75				

Ana ölçü mm			rulman	Kapasite N		“radyus”		Ana ölçü mm			rulman	Kapasite N		“radyus ”
d	D	B	sembol	C	C0	r mm	d	D	B	sembol	C	C0	r mm
10	28	8	16100	4000	2240	0,5		35	62	9	16007	10400	8630	0,5
10	26	8	6000	3980	2230	0,5		35	62	14	6007	13600	10400	1,5
10	30	9	6200	4420	2600	1		35	72	17	6207	22200	16200	2
10	35	11	6300	7580	4520	1		35	80	21	6307	28900	20900	2,5
10	28	8	E10	3350	780	0,5		35	100	25	6407	47800	35400	2,5
11	32	7	E11	2700	770	0,5		35	72	23	4207	30100	30500	2
12	30	8	16101	4820	2860	0,5		35	80	31	4307	47500	48800	2
12	28	8	6001	4420	2600	0,5		40	68	9	16008	11100	9940	0,5
12	32	10	6201	6000	3530	1		40	68	15	6008	14300	11500	1,5
12	37	12	6301	8500	5100	1,5		40	80	18	6208	25100	18700	2
12	32	14	4201	8710	6870	1		40	90	23	6308	35300	26200	2,5
12	32	7	E12	2700	770	0,5		40	110	27	6408	55300	41700	3
13	30	7	E13	2700	770	0,5		40	80	23	4208	32900	35700	2
14	35	8	E14	3560	1050	0,5		40	90	33	4308	56200	60200	2
15	32	8	16002	4820	2990	0,5		45	75	10	16009	13200	11800	1
15	32	9	6002	4820	2990	0,5		45	75	16	6009	17800	15000	1,5
15	35	11	6202	6700	4130	1		45	85	19	6209	28200	21400	2
15	42	13	6302	9880	6150	1,5		45	100	25	6309	45800	34900	2,5
15	35	14	4202	9510	7790	1		45	120	29	6409	67200	51700	3
15	35	8	E15	3560	1050	0,5		45	85	23	4209	34100	38300	2
15	40	10	BO15	5760	1600	1		50	80	10	16010	13500	12600	1
17	35	8	16003	5150	3360	0,5		50	80	16	6010	18500	16300	1,5
17	35	10	6003	5150	3360	0,5		50	90	20	6210	30100	23900	2
17	40	12	6203	8280	5220	1		50	110	27	6310	53600	41600	3
17	47	14	6303	11800	7470	1,5		50	130	31	6410	79900	62800	3,5
17	62	17	6403	19900	13100	2		50	90	23	4210	35100	41000	2
17	40	16	4203	12900	11200	1		55	90	11	16011	16300	15600	1
17	40	10	L17	4570	1370	1		55	90	18	6011	24000	21000	2
17	44	11	BO17	6910	1980	1		55	100	21	6211	37300	30300	2,5
20	42	8	16004	6780	4600	0,5		55	120	29	6311	62000	48900	3
20	42	12	6004	8090	5310	1		55	140	33	6411	87400	71100	3,5
20	47	14	6204	11100	7220	1,5		55	100	25	4211	40500	48100	2,5
20	52	15	6304	13900	8950	2		60	95	11	16012	16700	16700	1
20	72	19	6404	26900	18400	2		60	95	18	6012	24900	22800	2
20	47	18	4204	16000	14200	1,5		60	110	22	6212	45100	37300	2,5
20	52	21	4304	22500	20800	1,5		60	130	31	6312	70900	56700	3,5
20	47	12	E20	7030	2160	1,5		60	150	35	6412	95000	80000	3,5
20	52	15	M20	9730	2850	2		60	110	28	4212	52700	63800	2,5
25	47	8	16005	6150	4570	0,5		65	100	11	16013	17700	18700	1
25	47	12	6005	8620	6000	1		65	100	18	6013	26600	24000	2
25	52	15	6205	12100	8300	1,5		65	120	23	6213	49100	41300	2,5
25	62	17	6305	20600	13900	2		65	140	33	6313	80300	65200	3,5
25	80	21	6405	31400	22200	2,5		65	160	37	6413	103000	89400	3,5
25	52	18	4205	17900	17100	1,5		65	120	31	4213	61300	77000	2,5
25	62	24	4305	28300	27500	1,5		70	110	13	16014	23400	23900	1
25	52	15	L25	6880	2320	1,5		70	110	20	6014	32200	30300	2
25	67	17	M25	12600	3870	2		70	125	24	6214	53400	45300	2,5
30	55	9	16006	9550	7320	0,5		70	150	35	6314	90200	74300	3,5
30	55	13	6006	11300	8400	1,5		70	180	42	6414	125000	119000	4
30	62	16	6206	16800	11900	1,5		70	125	31	4214	65300	85900	2,5
30	72	19	6306	24400	17400	2		75	115	13	16015	21300	22800	1
30	90	23	6406	37700	27200	2,5		75	115	20	6015	33300	32600	2
30	62	20	4206	22700	22900	1,5		75	130	25	6215	56600	50100	2,5
30	72	27	4306	37400	37400	1,5		75	160	37	6315	98300	83900	3,5
30	72	19	M30	15600	5180	2		75	190	45	6415	134000	130000	4
								75	130	31	4215	66900	90600	2,5

Makine Elemanları-III ödev örneği

Mil, pinyon ve çarklar çelik:

$$\sigma_K = 850 \quad \sigma_{ak} = 670 \quad pem = 570 \quad N/mm^2$$

$$BHN = 325 \quad \mu = 0,25 \quad \nu = 0,3$$

$$\text{Konik dişliler: modül=... } Z_1=14 \quad Z_2=65 \quad \alpha=20^\circ$$

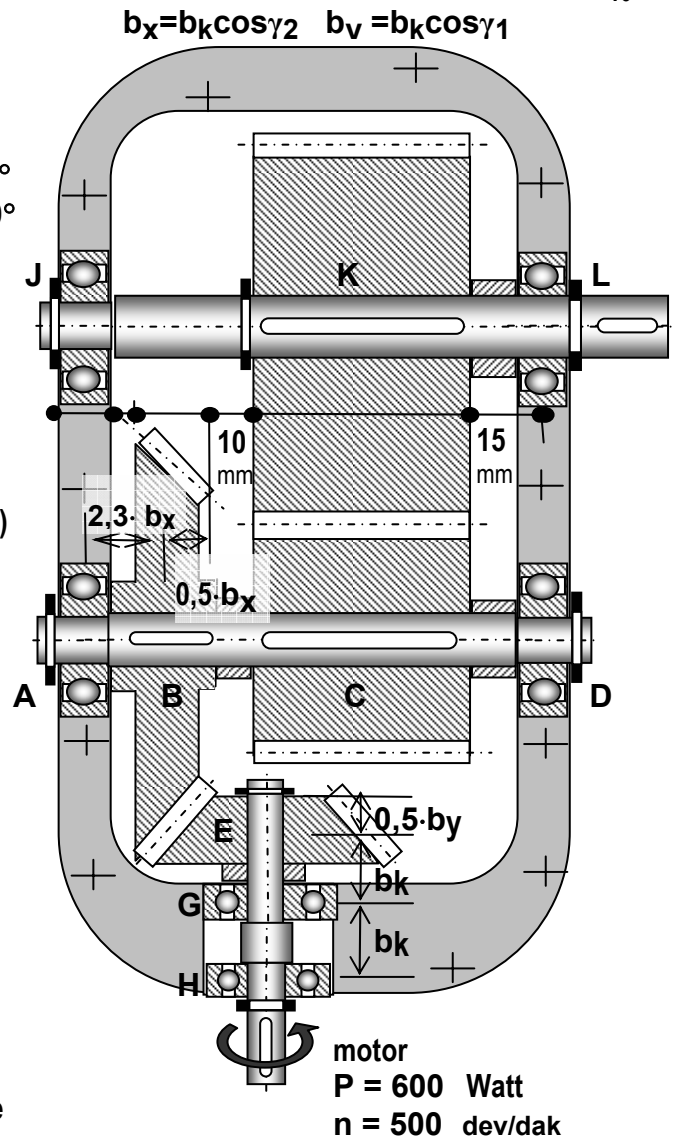
$$\text{Düz dişliler: modül=... } Z_1=14 \quad Z_2=65 \quad \alpha=20^\circ$$

Miller : Yüzey: taşlama : B,C,K kama $K_\zeta = 1,6$

Emniyet her yerde = 1.5

G'de kademe radyusları rulman ile aynı

- 1- Konik ve düz dişlilerin en küçük modülünü, ölçülerini ve kuvvetlerini bulunuz.
>>> bütün dişliler hassas; yetmiyorsa çok hassas
- 2- AD(tam sayı), ve JL(rulman çapı) ; HE (rulman çapı) mil çaplarını bulunuz.
- 3- 5400 saat ömürlü A, D, J, L, G, H rulmanlarını çaptan çapa en az 4 mm kademeli seçiniz
>>> A ve H aksenal yük taşıyor
>>> Rulmanları 160,161,60,62,63,64 (sabit) tipi rulmanlardan sırasıyla seçiniz, kapasite kurtarmıyor ise uygun çift rulman seçiniz.
- 4- B, C ve K düz kamalarını seçiniz
- 5- E'deki sıkı geçmede göbekte H serisini kullanıp sırasıyla 8,7,6,5 kalitelerini deneyerek mil-göbek geçme toleransını bulunuz. Kaliteleri en fazla 1 farklı mümkün olan en düşük kalitede seçiniz.
- 6- JL milinde J, K ve L'deki eğim açılarını kontrol ediniz; maksimum eğilme miktarını kontrol ediniz ; ve K'daki eğilme miktarı yardımı ile kritik hızı bulunuz.
- 7- HE milinde E'deki eğim açısını ve miktarını kontrol ediniz
- 8- Kritik görülen AD milinde Burulma açısını, kritik torku kontrol ediniz.
("D'deki rulmanın eğim açısını ; B ve C'de eğilme miktarlarını kontrol ediniz ; kritik hızı bulunuz).
>>>Bu parantezli kısım çözüldü fakat ödevde yok!
- 9- Düz dişlilerde kavrama oranı bulup sesi kontrol ediniz.
- 10- B dişlisinde merkezkaç gerilmeyi kontrol ediniz
- 11- AD milinin 100°C farkta termal uzamasını bulunuz



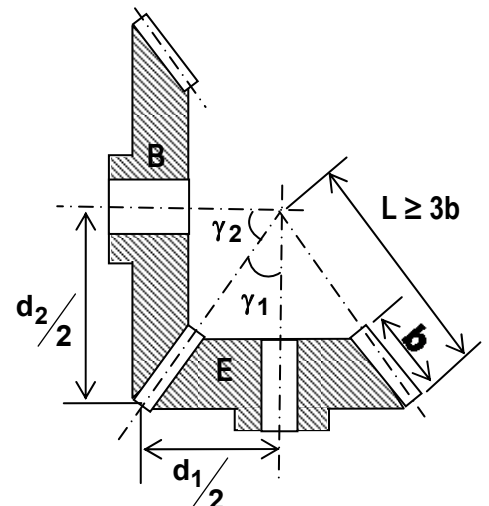
CEVAPLAR:

HE, AD, JL millerinde açısal hızlar ve Torklar;

$$n_{HE} = \frac{500}{d/dak} \rightarrow \cdot \frac{\pi}{30} \rightarrow w_{HE} = \frac{52,4}{rad/s} \rightarrow T_{HE} = \frac{600}{52,4} \rightarrow \frac{11450}{Nmm}$$

$$n_{AD} = 500 \cdot \frac{14}{65} = \frac{108}{d/d} \rightarrow w_{AD} = \frac{11,3}{rad/s} \rightarrow T_{AD} = \frac{600}{11,3} \rightarrow \frac{53100}{Nmm}$$

$$n_{JL} = 108 \cdot \frac{14}{65} = \frac{23,3}{d/d} \rightarrow w_{JL} = \frac{2,44}{rad/s} \rightarrow T_{JL} = \frac{600}{2,44} \rightarrow \frac{246000}{Nmm}$$



$$\tan \gamma_2 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{65}{14} = 4,643 \rightarrow \gamma_2 = 77,8^\circ \rightarrow \gamma_1 = 12,2^\circ$$

$$\text{Eşdeğer diş sayıları : } Z_{1eş} = \frac{Z_1}{\cos \gamma_1} = \frac{14}{\cos 12,2} = 14,32 \quad Z_{2eş} = \frac{Z_2}{\cos \gamma_2} = \frac{65}{\cos 77,8} = 307,5$$

Öncelikle Buckingham denklemine bakılarak en küçük modülün 2,5 mm olduğu görülür:

$$d_{1E} = 2,5 \cdot 14 = 35 \quad d_{2B} = 2,5 \cdot 65 = 162,5 \text{ mm}$$

$$\sin 77,8 = \frac{162,5}{3 \cdot b} \rightarrow b \leq 27,7 \rightarrow b_{konik} = 27 \text{ mm}$$

$$\text{Ortalama çaplar: } d_{o1} = d_1 - b \cdot \sin \gamma_1 = 35 - 27 \cdot \sin 12,2 = 29,3$$

$$d_{o2} = 162,5 - 27 \cdot \sin 78,8 = 136,1 \text{ mm}$$

Buckinghamda gerekli olan "C", Çelik-çelik malzeme için : Çizelge-11'den "C=11400·e"

$$v_k = 52,4 \cdot \frac{35}{2} = 918 \text{ mm / s} \rightarrow 0,918 \text{ m / s} \rightarrow \text{Çizelge-9'da } v=0,918 \text{ m/s için : } e_{sınır} = 0,14' \text{ den}$$

fazla

$$\text{Çizelge-10 : } m=2,5 \text{ için: } \rightarrow e_{hassas} = 0,0255 \text{ mm} < e_{sınır} = 0,14 \dots \text{uygun} \rightarrow C = 11400 \cdot 0,0255 = 291 \text{ kN/m}$$

$$\text{bulunur; } F = \frac{P}{v} = \frac{600}{0,918} = 652$$

$$F_d = F + \frac{21 \cdot v \cdot (b \cdot C + F)}{21 \cdot v + \sqrt{b \cdot C + F}} = 652 + \frac{21 \cdot 0,918 \cdot (0,027 \cdot 291000 + 652)}{21 \cdot 0,918 + \sqrt{0,027 \cdot 291000 + 652}} = 2123? \leq F_w$$

$$\text{Çizelge-12'den çelik-çelik (BHN325) ortalama : } K = \frac{1372 + 1918}{2} = 1645 \text{ kN/m}^2$$

$$F_w = 0,75 \frac{d_p \cdot b \cdot K}{\cos \gamma_1} \cdot \frac{2 \cdot Z_{2eş}}{Z_{1eş} + Z_{2eş}} = 0,75 \frac{0,035 \cdot 0,027 \cdot 1645000}{\cos 12,2} \cdot \frac{2 \cdot 307,5}{14,32 + 307,5} = 2279 > F_d = 2123 \text{ N aşınmaya dayanır}$$

$$\text{Çizelge-8'den interpolasyon: } Z_{1eş} = 14,32 \rightarrow y_{eş} = 0,08928$$

$$F_0 = \frac{\sigma_K}{3} \cdot b \cdot y_{eş} \cdot \pi \cdot m \cdot \frac{L - b}{L} = \frac{850}{3} \cdot 27 \cdot 0,08928 \cdot \pi \cdot 2,5 \cdot \frac{2 \cdot b}{3 \cdot b} = 3576 > F_d = 2123 \text{ N dayanır}$$

Konik pinyonun Lewis eğilme kontrolü

$$\sigma_E = \frac{2 \cdot T_{EH}}{b \cdot m^2 \pi \cdot y_{eş} \cdot Z_1} \cdot \frac{L}{L - b} = \frac{2 \cdot 11450}{27 \cdot 2,5^2 \pi \cdot 0,08928 \cdot 14} \cdot \frac{3 \cdot b}{2 \cdot b} = \frac{518}{\text{N/mm}^2} ? \leq \sigma_{em} = \frac{\sigma_K}{3} \cdot K_v = \frac{850}{3} \cdot \frac{6}{6 + 0,918} = \frac{246}{\text{eğilmeye dayanır}}$$

C ve K'da düz dişlilerde önce Buckinghamdan başlayarak kontroller yapılınca: en küçük modül m=2,75

$$d_{1C} = 2,75 \cdot 14 = 38,5 \quad d_{2K} = 2,75 \cdot 65 = 178,8 \rightarrow b_C \leq 4 \cdot \pi \cdot 2,75 = 34,5 \rightarrow b_{Cdüz} = 34 \text{ mm}$$

$$C = 11400 \cdot e \quad v_h = 113 \cdot \frac{385}{2} = 217 \text{ mm/s} \rightarrow 0,217 \text{ m/s} \rightarrow \text{Çizelge-9'da } v=0,217 \text{ m/s için : } e_{sınır} =$$

$$0,14 \dots \text{Çizelge-10'da } m=2,75 \text{ için: } e_{hassas} = 0,02575 \text{ mm} < e_{sınır} = 0,14 \dots \text{uygun}$$

$$C = 11400 \cdot 0,02575 = 294 \text{ kN/m bulunur; } F_t = P/v = 2765$$

$$F_d = F_t + \frac{21 \cdot v \cdot (b \cdot C + F_t)}{21 \cdot v + \sqrt{b \cdot C + F_t}} = 2765 + \frac{21 \cdot 0,217 \cdot (34 \cdot 294 + 2765)}{21 \cdot 0,217 + \sqrt{34 \cdot 294 + 2765}} = 3260? \leq F_w$$

$$F_w = d_p \cdot b \cdot K \cdot \frac{2 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} = 0,0385 \cdot 0,0034 \cdot 1645000 \cdot \frac{2 \cdot 65}{14 + 65} = 3543 > F_d = 3260 \text{ N} \quad \text{aşınmaya dayanır}$$

Çizelge-8'de: $Z_1=14 \rightarrow y_{e\varnothing}=0,088$

$$:F_0 = \frac{\sigma_K}{3} \cdot b \cdot y \cdot \pi \cdot m = \frac{850}{3} \cdot 34 \cdot 0,088 \cdot \pi \cdot 2,75 = 7323 > F_d = 3260 \text{ N} \text{ dayanır}$$

Düz dişlide C pinyonunda Lewis eğilme kontrolü

$$\sigma_C = \frac{2 \cdot T_{AD}}{k \cdot m^3 \pi^2 \cdot y \cdot Z_1} = \frac{2 \cdot 53100}{34 \cdot 2,75^3 \pi^2 \cdot 0,088 \cdot 14} = \frac{105}{\text{N/mm}^2} \leq \sigma_{em} = \frac{\sigma_K}{3} \cdot K_v = \frac{850}{3} \cdot \frac{3}{3 + 0,918} = \frac{264}{\text{eğilmeye dayanır}} \quad v < 10 \text{ m/s}$$

$$\text{Konik dişli kuvvetleri : } F_{tB} = \frac{2 \cdot T_{AD}}{d_{o2B}} = \frac{2 \cdot 53100}{136,1} = 780 \text{ N} = F_{tC}$$

$$F_{rB} = F_{tB} \cdot \tan \alpha \cdot \cos \gamma_2 = 780 \cdot \tan 20 \cdot \cos 77,8 = 60,0 \text{ N} = F_{eE}$$

$$F_{eB} = F_{tB} \cdot \tan \alpha \cdot \sin \gamma_2 = 780 \cdot \tan 20 \cdot \sin 77,8 = 277 \text{ N} = F_{rE}$$

$$\text{Düz dişli kuvvetleri : } F_{tC} = \frac{2 \cdot T_{AD}}{d_{1C}} = \frac{2 \cdot 53100}{38,5} = 2758 \text{ N} = F_{tK}$$

$$F_{rC} = F_t \cdot \tan \alpha = 2758 \cdot \tan 20 = 1004 \text{ N} = F_{rK}$$

Cevap 2-

$$b_x = b_k \cos \gamma_2 = 27 \cos 77,8 = 5,71$$

$$b_y = b_k \cos \gamma_1 = 27 \cos 12,2 = 26,4$$

$$\text{Şekilden } AB = 2,3 \cdot 5,71 = 13,1 \approx 13 \text{ mm} \quad BC = \frac{5,71}{2} + 10 + \frac{34}{2} = 19,86 \approx 30 \text{ mm} \quad CD = \frac{34}{2} + 15 = 32 \text{ mm}$$

$$JK = AB + BC = 43 \quad ; \quad KL = CD = 32 \quad ; \quad EG = GH = 27$$

AD MİLİ

$$M_B = -277 \cdot \frac{136,1}{2} = -18850 \text{ Nmm}$$

$$d^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M}{\sigma_{emd}}\right)^2 + \left(\frac{T}{\sigma_{ems}}\right)^2}$$

$$\sigma_{ems} = \frac{\sigma_{ak}}{S} = \frac{670}{1,5} = 447$$

$$\sigma_{emd} = \frac{\sigma_d}{S} \cdot \frac{K_y \cdot K_b}{K_\varnothing} = \frac{0,5 \cdot 850 \cdot 0,88 \cdot K_b}{1,5 \cdot K_\varnothing}$$

En fazla yük C'de : kama $K_\varnothing=1,6$; çap 10 mm farzedilirse $K_b=1$; $\sigma_{emd}=156$

$$d_{AD}^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{26111^2 + 54946^2}{156^2} + \frac{53100^2}{447^2}}$$

$$d_{AD} \geq 16,1 \rightarrow 17 \text{ mm}$$

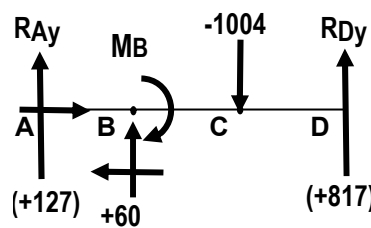
17 mm için tekrar $K_b=0,93$; $\sigma_{emd}=145$

Bu değerlerle çap tekrar bulunur ;

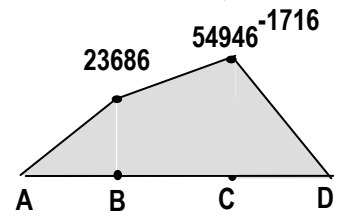
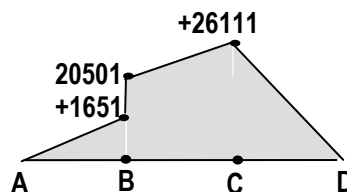
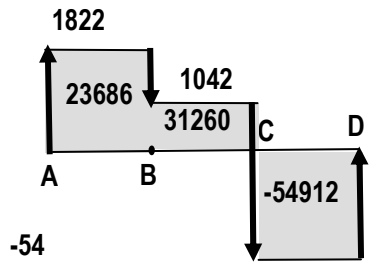
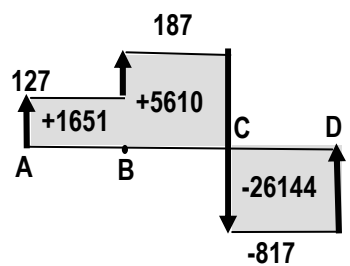
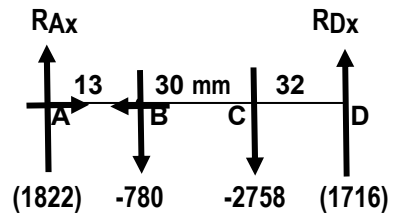
$$d_{AD} \geq 16,44 \rightarrow 17 \text{ mm} : \text{aynı çap bulunana}$$

kadar tekrarlanır (Basit iterasyon).

yz düşey (ön) düzlem



xz yatay (üst) düzlem



Myz düşey eğilme momenti (Nmm)

Mxz yatay eğilme momenti

“D” rulmanı seçimi : (ömür 5400 saat ve eksenel yük yok)

13

$$L = L_h \cdot \frac{n \cdot 60}{10^6} = 5400 \cdot \frac{108 \cdot 60}{10^6} = 35,0 \text{ milyon devir}$$

en az kademe 4 mm : $d_D = d_{AD} - 4 = 17 - 4 = 13 \rightarrow$ en yakın küçük standart rulman çapı $d_D = 12$ mm

$$F_{rD} = \sqrt{817^2 + 1716^2} = 1901 \text{ N} \quad \text{eksenel kuvvet : } F_{eD} = 0 \text{ olduğundan } P_{eş} = 1 \cdot 1901 + 0 = 1901 \text{ N}$$

$$C_D = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1901 \cdot \sqrt[3]{35,0} = 6218 \text{ N} \rightarrow \text{bu kapasiteyi ilk kurtaran 12 mm çaplı “6301” rulmanı seçilir}$$

“A” rulmanı seçimi : (ömür 5400 saat ve eksenel yük 277 N)

$$\text{Radyal kuvvet: } F_{rA} = \sqrt{127^2 + 1822^2} = 1826 \text{ N} \quad \text{eksenel kuvvet : } F_{eA} = 277 \text{ N}$$

en az kademe 4 mm : $d_A = d_{AD} - 4 = 17 - 4 = 13 \rightarrow$ en yakın küçük standart rulman çapı $d_A = 12$ mm

$$\frac{F_e}{F_r} = \frac{277}{1826} = 0,152 < ? e \quad \text{“e” bilinmediğinden önce eksenel yük önemsiz farzedilir : } X=1 \quad Y=0$$

$$P_{eş} = 1 \cdot 1826 + 0 \cdot 277 = 1826 \text{ N}$$

$$C_A = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1826 \cdot \sqrt[3]{35,0} = 5972 \text{ N}$$

“A” için bu kapasiteyi ilk kurtaran 12 mm çaplı 6000 N kapasiteli “6201” rulmanı seçilir. Bu rulmanın statik kapasitesi $C_0 = 3530$ N olduğundan $\frac{F_e}{C_0} = \frac{277}{3530} = 0,0785 \rightarrow e = 0,26 \dots 0,2$ değerinin 0,152’den büyük

olduğu ve eksenel yükün yine önemsiz olduğu aynı X, Y, Peş değerleri olduğu anlaşılır. (X, Y, Peş değerleri aynı olana kadar tekrarlanır)

B, C kamaları :

Sayfa-1’deki Tablo’dan 17 mm çapa 6x 6 ‘lık düz kama uygundur;

bütün malzemeler aynı olduğundan kayma gerilmesi ile göbekteki basma hesabı :

$$F_{kama} = \frac{T}{d/2} = \frac{53100}{17/2} = 6247 \text{ N} \quad \tau = \frac{F_{kama}}{b \cdot L} \leq \frac{\tau_{em}}{0,5 \cdot \sigma_{em}} \quad L \geq \frac{F_{kama}}{b \cdot \tau_{em}} = \frac{6247}{6 \cdot 0,5 \cdot 447} = 4,66 \text{ mm}$$

$$\sigma_{göbek} = \frac{F_{kama}}{(h - t_1) \cdot L} \leq p_{em \text{ göbek}} \quad L \geq \frac{F_{kama}}{(h - t_1) \cdot p_{em}} = \frac{6247}{(6 - 3,5) \cdot 570} = 4,38 \text{ mm}$$

Tablodan “ $L \geq 4,66$ mm” dan büyük olan en küçük standart boy 17 mm. olduğundan ;

B,C kamaları : 6 x 6 x 17 (Boy kısa olduğundan yarım kama da tavsiye edilir.)

JL MİLİ

Uçta kaplin (esnek) var farzedilirse JL milini rulmanların desteğinde

sadece “K” düz dişli kuvvetleri “Ft” ve “Fr” etkilemektedir; Bu milde

kuvvetlerin “Fn” bileşkesi alınıp tek bileşke düzlemde hesap yapılabilir ;

$$F_{nK} = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} = \sqrt{2758^2 + 1004^2} = 2935 \text{ N}$$

En fazla yük K’da : kama $Kç = 1,6$; çap 17 mm farzedilirse $K_b = 0,93$;

$$\sigma_{em_d} = 145$$

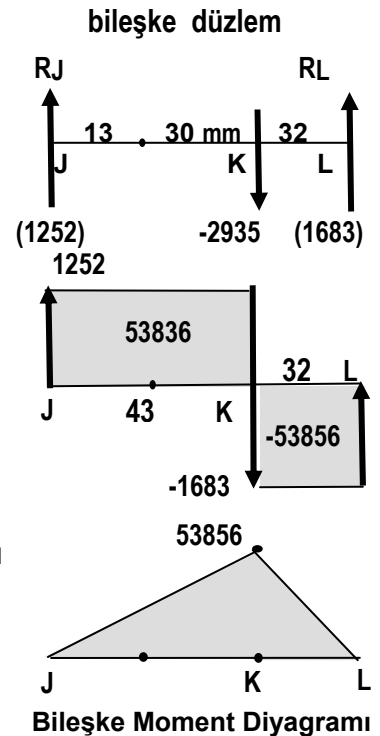
$$d_{JL}^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{53856^2}{145^2} + \frac{246000^2}{447^2}} \quad d_{JL} \geq 18,9 \rightarrow 19 \text{ mm için tekrar}$$

$K_b = 0,91$; $\sigma_{em_d} = 142$; çap tekrar bulunur ; $d_{JL} \geq 18,97 \rightarrow 19$ mm (aynı

çap): L’ye rulman takılacağından $d_{JL} = 20$ mm seçilir

J’de en az kademe 4 mm : $d_J = d_{JL} - 4 = 20 - 4 = 16$ mm \rightarrow

En yakın standart rulman çapı $d_J = 15$ mm



$$JL_{\text{devir}} = \frac{\text{saat}}{\text{ömrü}} \cdot n_{JL} \cdot 60 = 5400 \cdot 23,3 \cdot 60 \Rightarrow 7,55 \text{ milyon devir}$$

eksenel kuvvetler : $F_{eJ} = F_{eL} = 0$ olduğundan $X=1$; $Y=0$: $P_{eş} = F_r$

$$P_{eşJ} = F_{rJ} = 1252 \text{ N} \quad J \text{ için} \quad C_J = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1252 \cdot \sqrt[3]{7,55} = 2456 \text{ N}$$

bu kapasiteyi ilk kurtaran 15 mm çaplı "J" için "16002" rulmanı seçilir .

$$P_{eşL} = F_{rL} = 1683 \text{ N} \quad L \text{ için} \quad C_L = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1683 \cdot \sqrt[3]{7,55} = 3302 \text{ N}$$

bu kapasiteyi ilk kurtaran 20 mm çaplı "L" için "16004" rulmanı seçilir

K kaması

Sayfa-1'deki Tablo'dan 20 mm çapa 6x 6 'lık düz kama uygundur;

$$F_{kama} = \frac{T}{d/2} = \frac{246000}{20/2} = 24600 \text{ N}$$

$$L \geq \frac{F_{kama}}{b \cdot \tau_{em}} = \frac{24600}{6 \cdot 0,5 \cdot 447} = 18,3 \text{ mm} \quad L \geq \frac{F_{kama}}{(h - t_1) \cdot p_{em}} = \frac{24600}{(6 - 3,5) \cdot 570} = 17,3 \text{ mm}$$

Tablodan " $L \geq 18,3 \text{ mm}$ " den büyük olan en küçük standart boy 22 mm. olduğundan

"K" kaması : 6 x 6 x 22 (yarımay kama da tavsiye edilir.)

HE MİLİ

$$M_E = +60 \cdot 29 \cdot \frac{3}{2} = +879 \text{ Nmm}$$

En fazla yük G'de rulman var, kama yok, 4 mm kademe var; HG GE'den 4 mm fazla. Kademe çentiği :

$$K_{\zeta} = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

henüz rulman seçilmediğinden $radyus=1$ farzedilirse;

Çentik hassasiyeti "q" Sayfa 4'den $\sigma_K = 850$ için ;

$q \sim 0,8$ bulunur:

Teorik faktör "Kt" çapa bağlıdır: rulmanlı küçük GE

çapı "d=10" ve "4 mm" kademeli büyük HG çapı

"D=14" farzedilirse :

$$D/d=14/10=1,4 : r/d=1/10=0,1 \rightarrow "K_t=1,66"$$

bulunur; $K_{\zeta} = 1 + 0,8 \cdot (1,66 - 1) = 1,54$

10 mm küçük çaptaki $K_b=1$; $\sigma_{em_d} = 162$

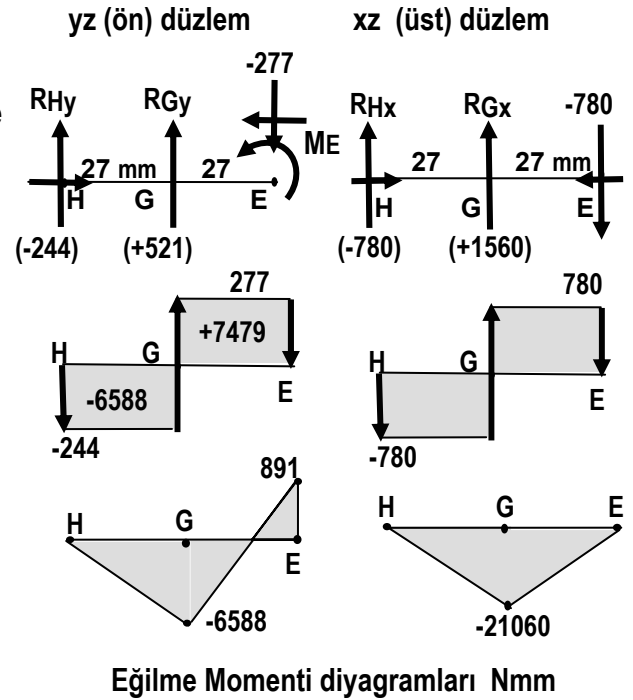
$$d_{GE}^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{6588^2 + 21060^2}{162^2} + \frac{11450^2}{447^2}} \quad d_{GE} \geq 11,2$$

HE mili için en yakın rulman iç çapı olan 12 mm ve 4 mm kademeli HG mili için 16 mm seçilerek tekrar

denenir; $D/d=16/12=1,333$: $r/d=1/12=0,0833 \rightarrow "K_t=1,73"$ $K_{\zeta} = 1 + 0,8 \cdot (1,73 - 1) = 1,59$

$K_b=0,98$ olur Bu değerlerle $\sigma_{em_d} = 154$ çıkar, mil çapı yukarda tekrar denenirse $d_{HE} \geq 11,4$ çıkar yine

en yakın rulman iç çapı olan 12 mm ve 4 mm kademeli HG mili için 16 mm uygun olduğu görülür. Yalnız rulman seçtikten sonra radyus belli olacaktır, o zaman bu çap tekrar kontrol edilmelidir.



“G” ve “H” rulmanı seçimi :

$$EH \frac{\text{devir}}{\text{ömrü}} = \frac{\text{saat}}{\text{ömrü}} \cdot n_{EH} \cdot 60 = 5400 \cdot 500 \cdot 60 \Rightarrow 162 \frac{\text{milyon}}{\text{devir}}$$

Bu milde G'ye fazla yük geldiğinden aksel yükü “H” taşıyacak şekilde konstrüksiyon yapılmıştır;

“G”de radyal kuvvet : $F_{rG} = \sqrt{521^2 + 1560^2} = 1645 \text{ N}$: aksel kuvvet : $F_{eG} = 0$ olduğundan

$$P_{eş} = 1645 \text{ N}$$

$C_G = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1645 \cdot \sqrt[3]{162} = 8998 \text{ N}$: bu kapasiteyi sağlayan 12 mm çaplı sabit bilyalı rulman yoktur;

çift rulman seçilirse $P_{eş}$ ve kapasite yarıya düşer: $C_G = 8998/2 = 4499 \text{ N}$ için 2 adet “16101” rulmanı seçilir. Bu rulmanın radyusu 0,5'dir . 12 mm.lik HE mili için bu radyus tekrar denir; bu radyus için

$$q \sim 0,75 : D/d = 16/12 = 1,333 : r/d = 0,5 / 12 = 0,0417 \rightarrow "Kt = 2,1" K_{\text{ç}} = 1 + 0,75 \cdot (2,1 - 1) = 1,82$$

Bu değerlerle $\sigma_{em,d} = 134$ çıkar, mil çapı yukarda tekrar denirirse $d_{GE} \geq 11,9$ çıkar yine

en yakın rulman iç çapı olan 12 mm ve 4 mm kademeli HG mili için 16 mm uygun olduğu görülür.

“H”de radyal kuvvet : $F_{rH} = \sqrt{244^2 + 780^2} = 817 \text{ N}$ “H”de aksel kuvvet : $F_{eH} = 60 \text{ N}$

$$\frac{F_e}{F_r} = \frac{60}{817} = 0,0734 < ? e \text{ “e” bilinmediğinden önce aksel yük önemsiz farzedilir : } X=1 \text{ } Y=0$$

$$P_{eş} = X \cdot F_r + Y \cdot F_e = 1 \cdot 817 + 0 \cdot 60 = 817 \text{ N} \quad C_H = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 817 \cdot \sqrt[3]{162} = 4453 \text{ N}$$

“H” için bu kapasiteyi ilk kurtaran en küçük 12 mm çaplı “16101” rulmanı seçilir. Bu rulmanın statik

kapasitesi $C_0 = 2860 \text{ N}$ olduğundan $\frac{F_e}{C_0} = \frac{60}{2860} = 0,0209 \rightarrow e = 0,205 \dots$ değerinin 0,0734'den büyük olduğu

ve aksel yükün yine önemsiz olduğu aynı X, Y, $P_{eş}$ değerleri olduğu anlaşılır. (X, Y, $P_{eş}$ değerleri aynı olana kadar tekrarlanır)

HE MİLİNDE E PİNYONUNDA SIKI GEÇME

E'de sıkı geçme yapılacak göbek boyu : $b_{GE} = b_k \cdot \cos \gamma_1 = 27 \cdot \cos 12,2 = 26,4 \rightarrow 26 \text{ mm}$

E pinyonunun ortalama çapı göbek dış çapı sayılır : $D_g = 29,3 \text{ mm}$

GE'de mil çapı : $d_m = 12 \text{ mm}$; milin iç çapı sıfırdır: $d_{iç} = 0$

Bu sıkı geçmenin öncelikle HE torku (motor torku) olan 11450 Nmm 'yi 1,5 emniyetle taşıması gerekir.

$$T_{HE} = 11450 \cdot 1,5 = \mu \cdot p_{\min} \cdot (\pi \cdot d_{\text{mil}} \cdot b) \cdot \frac{d_{\text{mil}}}{2} = 0,25 \cdot p_{\min} \cdot (\pi \cdot 12 \cdot 26) \cdot \frac{12}{2} \quad p_{\min} = 11,7 \text{ N/mm}^2$$

ayrıca geçmenin yaptığı basınçtan göbeğin çatlamaması gerekir:

$$\sigma_{\text{mak}} = \frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} p_{\text{mak}} = \frac{29,3^2 + 12^2}{29,3^2 - 12^2} p_{\text{mak}} = \sigma_{\text{ems}} = 447 \text{ N/mm}^2 \quad p_{\text{mak}} = 318 \text{ N/mm}^2$$

milde iç çap sıfır olduğundan milde basma hesabına gerek yoktur

kaymadan torku tutacak bu p_{\min} ve göbeği çatlatmayacak p_{mak} değerlerini sağlayan geçme miktarları

$$\delta_{\text{mak}} = \frac{b \cdot p}{E_g} \left(\frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} + \nu \right) + \frac{b \cdot p}{E_m} \left(\frac{d_m^2 + d_{iç}^2}{d_m^2 - d_{iç}^2} - \nu \right) = \frac{26 \cdot p_{\text{mak}}}{210000} \left(\frac{29,3^2 + 12^2}{29,3^2 - 12^2} + 0,3 \right) + \frac{26 \cdot p_{\text{mak}}}{210000} \left(\frac{12^2 + 0}{12^2 - 0} - 0,3 \right)$$

olabilecek en fazla geçme : $\delta_{\text{mak}} = 0,0947 \text{ mm}$

gerekli en az geçme aynı deklemden veya orantı ile : $\delta_{\min} = 0,0947 \cdot 11,7 / 318 = 0,00347 \text{ mm}$

milde de bir alt kalite olan 9 çok düşük olduğundan 8 ile başlanır.

Çizelge-2'den 12 mm çapta IT8 için alt ve üst sapma miktarı arasındaki fark: 0,027 mm

Göbekte H8 serisinin alt toleransı 0 olunca üst toleransı +0,027 olur.

Bu durumda IT8 kalitesinde mil için en fazla tolerans $\delta_{mil_{mak}} = 0 + 0,0947 = 0,0947$ mm

mil için en az tolerans $\delta_{mil_{min}} = 0,027 + 0,00347 = 0,03047$ mm

bu en az toleransı u serisinin 33 μ m ile kurtardığı görülür. u8'de üst sınır 0,033+0,027=0,060 mm olur

bu üst sınırdır da 0,0947'den küçük olduğu için "H8 / u8" uygundur.

JL MİLİNDE EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI

JL milinde L'de eğim açısı " α_L " için şekilden

$$\alpha_L = -t_{J/L} / JL$$

bağıntısı kullanılır. Burada J ile L arasındaki teğet

deformasyonu " $t_{J/L}$ "; J ile L arasındaki alanların J'ye

göre momenti ile bulunur :

$$t_{J/L} = x_{1J} \cdot A_1 + x_{2J} \cdot A_2$$

$$t'_{J/L} = 43 \frac{2}{3} \cdot 1157904 + \left(43 + \frac{32}{3}\right) \cdot 861696 = 79571825$$

Bu değer E · I değerine bölünür :

$$d_{JL} = 20 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I = 210000 \cdot \pi \frac{20^4}{64} = 1649 \cdot 10^6$$

$$t_{J/L} = \frac{79571825}{1649 \cdot 10^6} = 0,04827 \text{ mm}$$

Şekildeki üçgenden bu değer JL'ye bölünerek " α_L " bulunur :

$$\alpha_L = -\frac{t_{J/L}}{JL} = -\frac{0,04827}{75} = -0,000643 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

$$\alpha_{J/L} = \frac{A_{JL}}{EI} = \frac{1157904 + 861696}{1649 \cdot 10^6} = 0,001225 = \alpha_J - \alpha_L = \alpha_J - (-0,000643)$$

$$\alpha_J = 0,000582 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

Bu açının bilyalı rulmanların sınırı olan 0,5°'den küçük olduğu anlaşılır.

K dişlisinde eğim açısı " α_K "; " $\alpha_{K/L} = \alpha_K - \alpha_L$ " bağıntısı ile bulunur : " $\alpha_{K/L}$ ", K ile L arasındaki alandır (861696 / EI)

$$\alpha_K = \alpha_L + \alpha_{K/L} = -0,000643 + \frac{861696}{1649 \cdot 10^6} = -0,000121 \text{ rad} < 0,001 \text{ uygun}$$

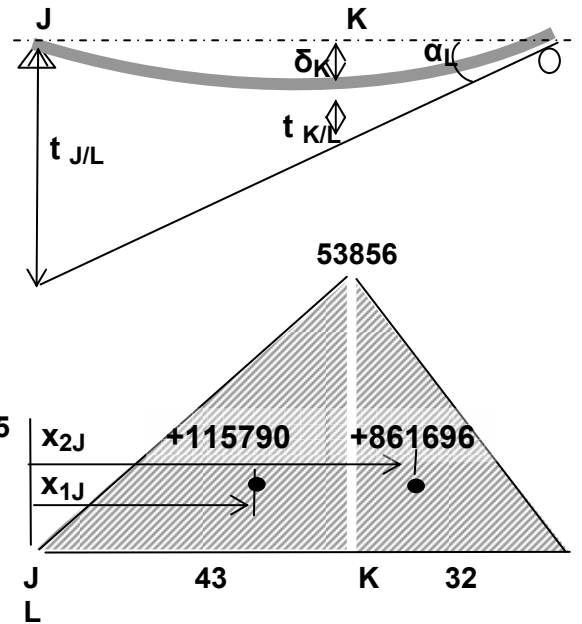
bu eğimin dişlilerin sınırı olan 0,001 radyandan küçük olduğu anlaşılır.

Teğet deformasyonu " $t_{K/L}$ "; K ile L arasındaki alanın K'ya göre momenti ile bulunur :

$$t'_{K/L} = \frac{32}{3} \cdot 861696 = 9206955 \rightarrow t_{K/L} = \frac{9206955}{1649 \cdot 10^6} = 0,005586 \text{ mm}$$

Yine yukardaki üçgenden " $\delta_K + t_{K/L} = \alpha_L \cdot KL$ " yardımı ile K'da deformasyon " δ_K " bulunur :

$$\delta_K = \alpha_L \cdot KL - t_{K/L} = 0,000643 \cdot 32 - 0,005586 = 0,0150 \text{ mm}$$

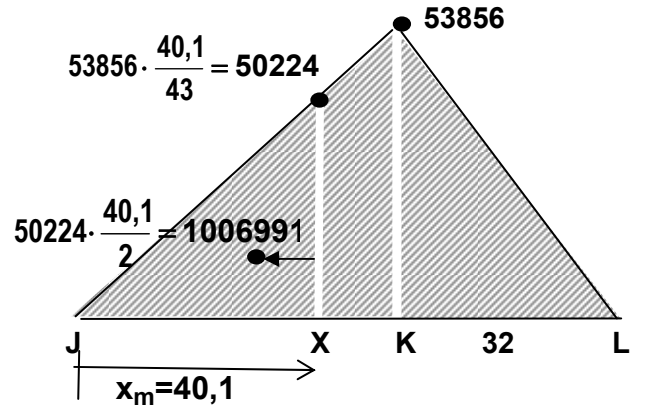


Milde yeri bilinmeyen "X" noktasındaki maksimum deformasyon bulunmak istenirse bu nokta " $\alpha_X=0$ " yardımı ile toplam alanı ikiye bölen yerdedir

$$\frac{1157904 + 861696}{2} = \frac{x}{2} \cdot \frac{53856}{43} \cdot x$$

$$x=40,1 \text{ mm}$$

$$t_{X/J} = \frac{40,1}{3} \cdot \frac{1006991}{1649 \cdot 10^6} = 0,008163 \text{ mm}$$



$$\delta_{X_{\text{mak}}} = \alpha_J \cdot XL - t_{X/J} = 0,000582 \cdot 40,1 - 0,008163 = 0,0152 \text{ mm}$$

HE MİLİNDE EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI

Önce Moment grafiğindeki G_x mesafesi ve alanlar bulunur :

$$\frac{6588}{891} = \frac{Gx}{27 - Gx} \rightarrow Gx = 23,8 \rightarrow x_E = 27 - 23,8 = 3,2 \text{ mm}$$

HG çapı 16 GE çapı 12 mm.dir :

$$d_{HG} = 12 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I_{HG} = 210000 \cdot \pi \frac{16^4}{64} = 676 \cdot 10^6$$

$$d_{GE} = 12 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I_{GE} = 210000 \cdot \pi \frac{12^4}{64} = 214 \cdot 10^6$$

HE milinde H'da eğim açısı " α_H " için şekilden

$$\alpha_H = - t_{G/H} / HG$$

bağıntısı kullanılır. Burada H ile G arasındaki teğet deformasyonu " $t_{G/H}$ "; G ile H arasındaki alanın G'ye göre momenti ile bulunur : Düşey grafik için :

$$t'_{G/Hd} = 88938 \cdot \frac{27}{3} = 805302$$

Bu değer $E \cdot I$ değerine bölünür :

$$t_{G/Hd} = \frac{805302}{676 \cdot 10^6} = 0,00119 \text{ mm}$$

$$\alpha_{Hd} = \frac{t_{G/Hd}}{HG} = \frac{0,00119}{27} = +0,0000441 \text{ rad} < 0,009$$

UYGUN

E'de eğim açısı " α_E "; " $\alpha_{H/E} = \alpha_H - \alpha_E$ " bağıntısı ile bulunur :

" $\alpha_{H/E}$ ", H ile E arasındaki alanların EI değerlerine bölümleridir ;

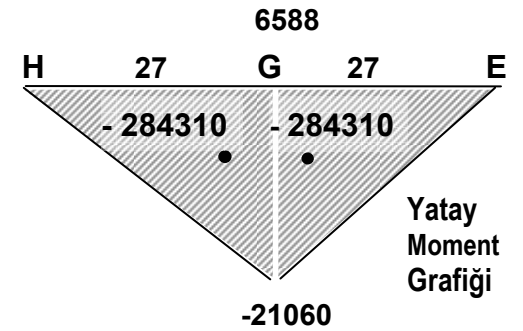
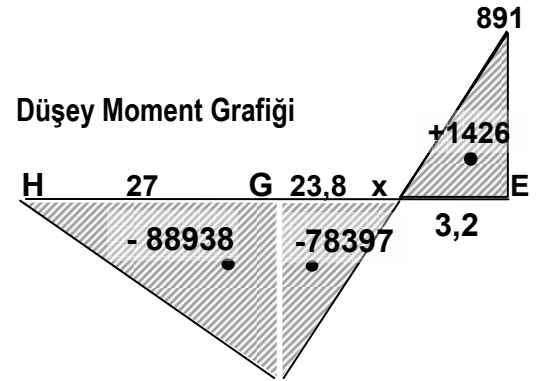
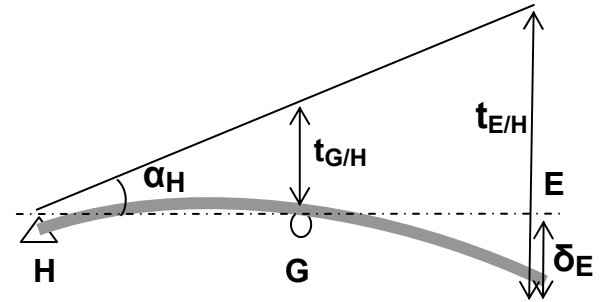
$$\alpha_{Ed} = \alpha_{Hd} - \alpha_{H/E} = 0,0000441 - \frac{88938}{676 \cdot 10^6} - \frac{78397 - 1426}{214 \cdot 10^6} = -0,000460 \text{ rad} < 0,001$$

UYGUN

Teğet deformasyonu " $t_{E/H}$ "; H ile E arasındaki alanların E'ye göre momenti ile bulunur.

$$t_{E/Hd} = \left(27 + \frac{27}{3}\right) \cdot \frac{88938}{676 \cdot 10^6} + \left(3,2 + \frac{2 \cdot 23,8}{3}\right) \cdot \frac{78397}{214 \cdot 10^6} - \frac{3,2}{3} \cdot \frac{1426}{214 \cdot 10^6} = 0,0118 \text{ mm}$$

Yine şekildeki üçgenden " $\delta_{Ed} = +t_{E/Hd} - \alpha_{Hd} \cdot HE$ " yardımı ile E'de düşey deformasyon " δ_{Ed} " bulunur :



$$\delta_{Ed} = t_{E/Hd} - \alpha_{Hd} \cdot HE = 0,0118 - 0,0000441 \cdot 54 = 0,0094 \text{ mm}$$

Yatay grafik için aynı işlemler tekrarlanır :

$$t'_{G/Hy} = 284310 \cdot \frac{27}{3} = 2558790 \rightarrow t_{G/Hy} = \frac{2558790}{214 \cdot 10^6} = 0,0120 \text{ mm}$$

$$\alpha_{Hy} = \frac{t_{G/Hy}}{HG} = \frac{0,0120}{27} = 0,000444 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

E'de eğim açısı " α_E "; " $\alpha_{H/E} = \alpha_H - \alpha_E$ " bağıntısı ile bulunur :

" $\alpha_{H/E}$ ", H ile E arasındaki alanların EI değerlerine bölümüdür.....(yatay için 2×284310) :

$$\alpha_{Ey} = \alpha_{Hy} - \alpha_{H/Ey} = 0,000444 - \frac{284310}{676 \cdot 10^6} - \frac{284310}{214 \cdot 10^6} = -0,00131 > 0,001 \rightarrow E \text{ dişlisi hizasında eğim fazla}$$

$$t'_{E/Hy} = \left(27 + \frac{27}{3}\right) \cdot \frac{284310}{676 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 27}{3} \cdot \frac{284310}{214 \cdot 10^6} = 0,0392$$

$$\delta_{Ey} = t_{E/Hy} - \alpha_{Hy} \cdot HE = 0,0392 - 0,000444 \cdot 54 = 0,0152 \text{ mm}$$

$$\delta_{Emak} = \sqrt{\delta_{Ed}^2 + \delta_{Ey}^2} = \sqrt{0,0152^2 + 0,0094^2} = 0,0179 \text{ mm}$$

$\delta_{mak}/HE = 0,0179 / 54 = 0,000331 > 0,0002 \rightarrow$ deformasyon da fazladır, GE boyu kısaltılması veya çapın artırılması tavsiye edilir.

AD MİLİNDE EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI

Düşey Bağıntılar:

AD milinde D'de düşey eğim açısı " α_{Dd} " için şekilden

$$\alpha_{Dd} = -t_{A/Dd} / AD$$

bağıntısı kullanılır. Burada A ile D arasındaki düşey teğet deformasyonu " $t_{A/Dd}$ "; A ile D arasındaki alanların A'ye göre momenti ile bulunur :

$$t_{A/Dd} = x_{1A} \cdot A_1 + x_{2A} \cdot A_2 + x_{3A} \cdot A_3 + x_{4A} \cdot A_4$$

$$t_{A/Dd} = 13 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10732 + 28 \cdot 615030 + 33 \cdot 84150 + \left(43 + \frac{32}{3}\right) \cdot 417776 = 42511446$$

Bu değer E · I değerine bölünür :

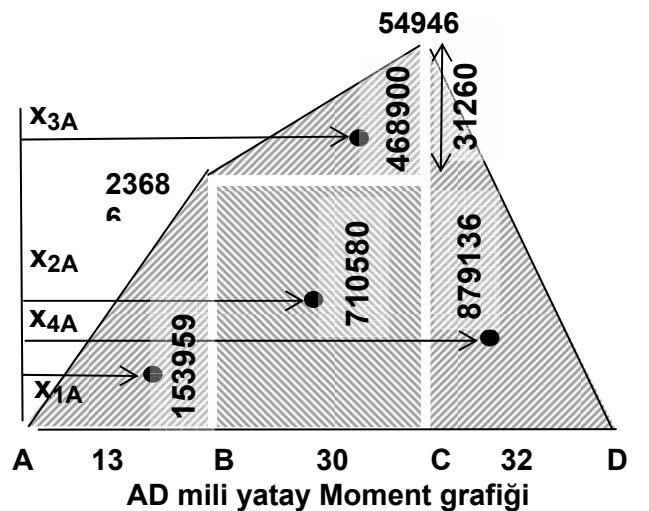
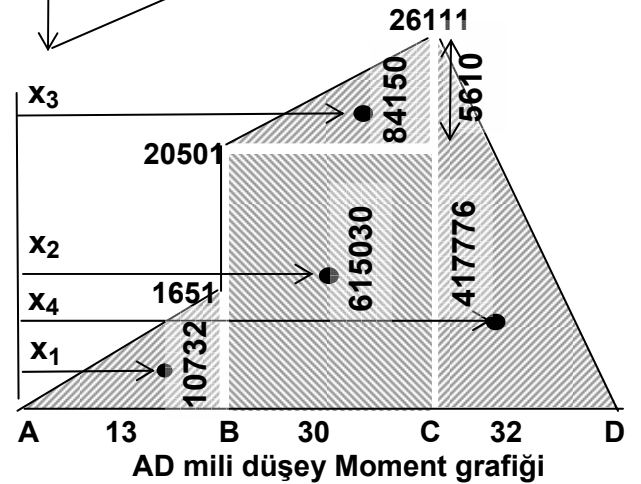
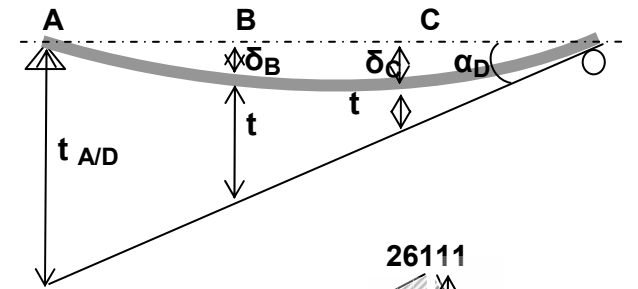
$$d_{AD} = 17 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I = 210000 \cdot \pi \frac{17^4}{64} = 861 \cdot 10^6$$

$$t_{A/Dd} = \frac{42511446}{861 \cdot 10^6} = 0,0494 \text{ mm}$$

Bu değer AD'ye bölünerek düşey " α_{Dd} " bulunur :

$$\alpha_{Dd} = \frac{0,0494}{75} = 0,000658 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

Bu açının bilyalı rulmanların sınırından çok küçük olduğu anlaşılır. Düşey teğet deformasyonu " $t_{C/Dd}$ " ,C ile D arasındaki alanın C'ye göre momenti ile bulunur :



$$t'_{C/Dd} = \frac{32}{3} \cdot 417776 = 4456000 \quad t_{C/Dd} = \frac{4456000}{861 \cdot 10^6} = 0,005176 \text{ mm} \quad 19$$

Yine şekildeki üçgenden " $\delta_{Cd} + t_{C/Dd} = \alpha_{Dd} \cdot CD$ " yardımı ile C'de düşey deformasyon " δ_{Cd} " bulunur :

$$\delta_{Cd} = \alpha_{Dd} \cdot CD - t_{C/Dd} = 0,000658 \cdot 32 - 0,005176 = 0,01588 \text{ mm}$$

düşey teğet deformasyonu " $t_{B/Dd}$ "; B ile D arasındaki alanların B'ye göre momenti ile bulunur :

$$t'_{B/Dd} = 15 \cdot 615030 + 20 \cdot 84150 + (30 + \frac{32}{3}) \cdot 417776 = 27900000 \rightarrow t_{B/Dd} = \frac{27900000}{861 \cdot 10^6} = 0,0324 \text{ mm}$$

Yine şekildeki üçgenden " $\delta_{Bd} + t_{B/Dd} = \alpha_{Dd} \cdot BD$ " yardımı ile B'de düşey deformasyon " δ_{Bd} " bulunur :

$$\delta_{Bd} = \alpha_{Dd} \cdot BD - t_{B/Dd} = 0,000658 \cdot 62 - 0,0324 = 0,00840 \text{ mm}$$

Yatay Bağlılıklar:

AD milinde D'de yatay eğim açısı " α_{Dy} " için şekilden

$$\alpha_{Dy} = - t_{A/Dy} / AD$$

bağıntısı kullanılır. Burada A ile D arasındaki yatay teğet deformasyonu " $t_{A/Dy}$ "; A ile D arasındaki

alanların A'ye göre momenti ile bulunur :

$$t'_{A/Dy} = x_{1A} \cdot A_1 + x_{2A} \cdot A_2 + x_{3A} \cdot A_3 + x_{4A} \cdot A_4$$

$$t'_{A/Dy} = 13 \cdot \frac{2}{3} \cdot 153959 + 28 \cdot 710580 + 33 \cdot 468900 + (43 + \frac{32}{3}) \cdot 879136 = 63880000$$

$$t_{A/Dy} = \frac{63880000}{861 \cdot 10^6} = 0,09743 \text{ mm}$$

Bu değer AD'ye bölünerek yatay " α_{Dd} " bulunur :

$$\alpha_{Dy} = \frac{0,09743}{75} = 0,00130 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

Bu açının bilyalı rulmanların sınırından çok küçük olduğu anlaşılır.

Yatay teğet deformasyonu " $t_{C/Dy}$ ", C ile D arasındaki alanın C'ye göre momenti ile bulunur :

$$t'_{C/Dy} = \frac{32}{3} \cdot 879136 = 9377000 \rightarrow t_{C/Dy} = \frac{9377000}{861 \cdot 10^6} = 0,01089 \text{ mm}$$

Yine şekildeki üçgenden " $\delta_{Cd} + t_{C/Dd} = \alpha_{Dd} \cdot CD$ " yardımı ile C'de düşey deformasyon " δ_{Cd} " bulunur :

$$\delta_{Cy} = \alpha_{Dy} \cdot CD - t_{C/Dy} = 0,0013 \cdot 32 - 0,01089 = 0,03071 \text{ mm}$$

yatay teğet deformasyonu " $t_{B/Dy}$ "; B ile D arasındaki alanların B'ye göre momenti ile bulunur :

$$t'_{B/Dy} = 15 \cdot 710580 + 20 \cdot 468900 + (30 + \frac{32}{3}) \cdot 879136 = 5579000 \rightarrow t_{B/Dy} = \frac{5579000}{861 \cdot 10^6} = 0,06479 \text{ mm}$$

Yine şekildeki üçgenden " $\delta_{By} + t_{B/Dy} = \alpha_{Dy} \cdot BD$ " yardımı ile B'de yatay deformasyon " δ_{By} " bulunur :

$$\delta_{By} = \alpha_{Dy} \cdot BD - t_{B/Dy} = 0,0013 \cdot 62 - 0,06479 = 0,01581 \text{ mm}$$

B ve C'deki bileşke deformasyonlar düşey ve yatay değerlerle bulunur :

$$\delta_B = \sqrt{\delta_{Bd}^2 + \delta_{By}^2} = \sqrt{0,0084^2 + 0,01581^2} = 0,0179 \text{ mm}$$

$$\delta_C = \sqrt{\delta_{Cd}^2 + \delta_{Cy}^2} = \sqrt{0,01588^2 + 0,03071^2} = 0,03454 \text{ mm}$$

Maksimum deformasyon B ile C arasında C'ye yakındır.

$$\delta_{\text{mak}}/AD \approx 0,03454/75 = 0,00046 > 0,0002 \dots (0,0005)$$

deformasyonun AD milinde fazla olduğu görülür, takım tezgahlarında ve yüksek devirlerde dikkat edilmesi gerekir.

Dişlilerde Kavrama Oranı “ ε ” için dişüstü 1.pinyon ve 2.çark için “ d_a ” ve dişdibi “ d_r ” çapları :

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 38,5 + 2 \cdot 2,75 = 44,0 \quad d_{a2} = 178,8 + 2 \cdot 2,75 = 184,5 \text{ mm}$$

$$d_{r1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 38,5 - 2,5 \cdot 2,75 = 31,63 \quad d_{r2} = 178,8 - 2,5 \cdot 2,75 = 172,1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{r1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{r2}^2} - (d_1 + d_2) \sin \alpha}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot \cos \alpha}$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{44^2 - 31,63^2} + \sqrt{184,5^2 - 172,1^2} - (38,5 + 178,8) \sin 20}{2 \cdot \pi \cdot 2,75 \cdot \cos 20} = 1,39 > 1,1 \text{ uygun}$$

B ÇARKINDA MERKEZKAÇ GERİLME

136 mm ortalama dış çaplı ; 17 mm iç çaplı ; $w=11,3$ rad/s hızla dönen $\rho_{\text{çelik}}=7800$ kg/m³ yoğunluğundaki

B çarkında merkezkaç çekme gerilmesi : (poisson oranı $\nu_{\text{çelik}}=0,3$)

$$\sigma_{\text{mak}} = \rho \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + d^2) \left(\frac{3 + \nu}{32 \cdot 10^{12}} \right) = 7800 \cdot 11,3^2 \cdot (136,1^2 + 17^2) \left(\frac{3 + 0,3}{32 \cdot 10^{12}} \right) = \underbrace{0,00193}_{\text{merkezkaç çok düşük}} \ll \sigma_{\text{em}} = 447$$

AD MİLİNDE TERMAL UZAMA

Termal uzama

$$\text{katsayısı } \alpha_{\text{çelik}} = 17 \cdot 10^{-6} \quad \text{için } \Delta_{tAD} = \alpha_{\text{çelik}} \cdot AD \cdot \Delta T = 17 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 100 = 0,1275 \text{ mm}$$

AD ve JL MİLİNDE KRİTİK DEVİR , TORK ve BURULMA AÇISI

AD'de Kritik Hız :

$$n_{krAD} \approx 950 \sqrt{\frac{1}{\sum \delta_i}} = 950 \sqrt{\frac{1}{(0,0179 + 0,03454)}} = \underbrace{4148}_{\text{kritik hız tehlikesi yok}} \gg n_{AD} = 500 \text{ dev/dak}$$

JL'de Kritik Hız :

$$n_{krJL} \approx 950 \sqrt{\frac{1}{\sum \delta_i}} = 950 \sqrt{\frac{1}{0,015}} = \underbrace{7757}_{\text{kritik hız tehlikesi yok}} \gg n_{JL} = 108 \text{ dev/dak}$$

Kritik Tork : AD milinde tork iletimi B çarkı ile C pinyonu arasındadır:

$$T_{krBC} = 2 \cdot \pi \cdot E \frac{I_{pBC}}{L_{BC}} = 2 \cdot \pi \cdot 210000 \cdot \frac{\pi \cdot 17^4 / 32}{30} = \underbrace{361 \cdot 10^6}_{\text{kritik tork tehlikesi yok}} \gg 53100 \text{ Nmm}$$

AD milinde Burulma açısı :

$$\theta_{BC} = \frac{T_{AD} \cdot L_{BC}}{G \cdot I_{pBC}} = \frac{53100 \cdot 30}{80000 \cdot \pi \cdot 17^4 / 32} = \underbrace{0,00243}_{\text{burulma açısı uygun}} < 0,005 \text{ rad}$$

Makine Elemanları-III Sınav örneği

Mil, pinyon ve çarklar çelik:

$$\sigma_K = 850 \quad \sigma_{ak} = 670 \quad p_{em} = 570 \quad N/mm^2$$

$$BHN = 325 \quad \mu = 0,25 \quad \nu = 0,3$$

Konik dişliler: modül=2,5 $Z_1=14$ $Z_2=65$ $\gamma_2=77,8^\circ$ Düz dişliler: modül=2,75 $Z_1=14$ $Z_2=65$ $\alpha=20^\circ$ AB=13 BC=30 CD=32 **HG=GE=27** $\varnothing d_{JL}=19$ $\varnothing d_L=15$ $\varnothing d_{GE}=12$ $\varnothing d_{GH}=16$ mmMiller taşlanmış $K_y=0,88$; kama $K_\zeta=1,6$;**L kademesinde radyus 0,5**

G kademesinde radyus 0,5

1- K ve L'de mil emniyetini bulunuz

2- G'de mil emniyetini bulunuz.

3- 5400 saat ömürlü L ve H rulmanlarını seçiniz

>> Rulmanları 160,161,60,62,63,64 tipi sabit rulmanlardan sırasıyla seçiniz, kurtarmıyor ise uygun çift rulman seçiniz.

4- **1,5 emniyetle** K ve E düz kamalarını seçiniz

5- E'de kama yerine H8/u8 ile sıkı geçme yapılması halinde mak. gerilme ve taşınan torku kontrol ediniz

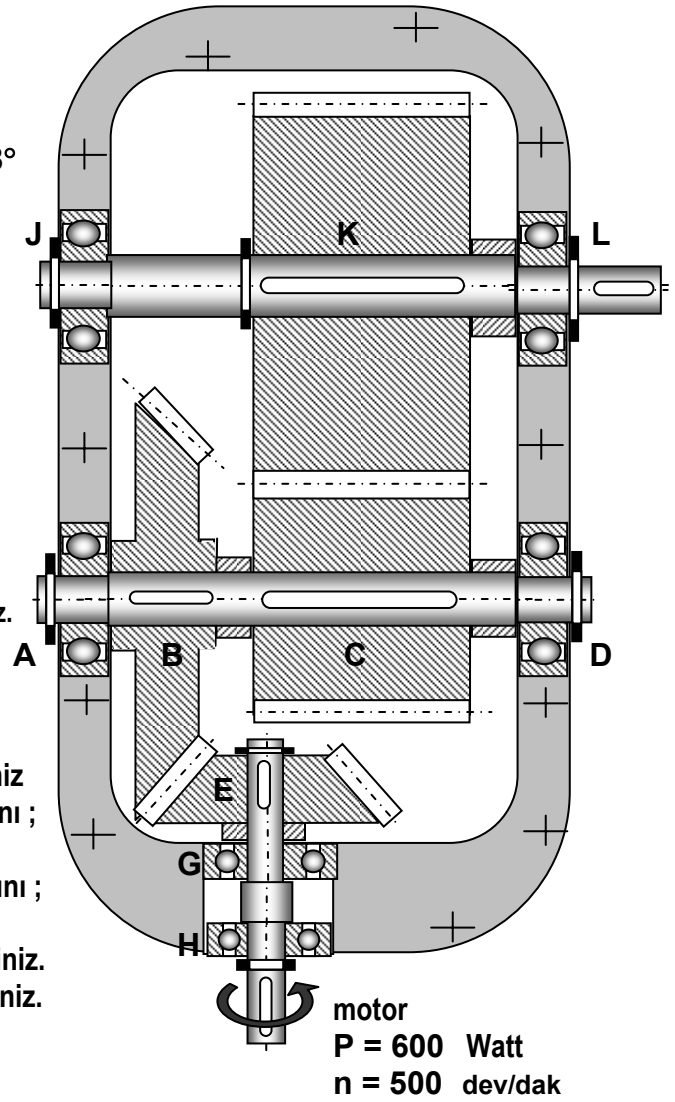
6- JL milinde L ve K'da eğimleri ; K'de eğilme miktarını ; JL milinde kritik hızı ;

HE milinde H ve E'de eğimleri ; E'de eğilme miktarını ; AD milinde kritik torku ve burulma açısını bulup kontrol ediniz.

7- Düz dişlilerde kavrama oranı bulup sesi kontrol ediniz.

8- B dişlisinde merkezkaç gerilmeyi kontrol ediniz

9- AD milinin 100°C farkta termal uzamasını bulunuz



CEVAPLAR:

HE, AD, JL millerinde açısal hızlar ve Torklar;

$$n_{HE} = \frac{500}{d/dak} \rightarrow \cdot \frac{\pi}{30} \rightarrow w_{HE} = \frac{52,4}{rad/s} \rightarrow T_{HE} = \frac{600}{52,4} \rightarrow \frac{11450}{Nmm}$$

$$n_{AD} = 500 \cdot \frac{14}{65} = \frac{108}{d/d} \rightarrow w_{AD} = \frac{11,3}{rad/s} \rightarrow T_{AD} = \frac{600}{11,3} \rightarrow \frac{53100}{Nmm}$$

$$n_{JL} = 108 \cdot \frac{14}{65} = \frac{23,3}{d/d} \rightarrow w_{JL} = \frac{2,44}{rad/s} \rightarrow T_{JL} = \frac{600}{2,44} \rightarrow \frac{246000}{Nmm}$$

Düz Dişli Çapları : $d_{1E} = 2,5 \cdot 14 = 35$ $d_{2B} = 2,5 \cdot 65 = 162,5$ mmKonik Dişli Çapları : $d_{1C} = 2,75 \cdot 14 = 38,5$ $d_{2K} = 2,75 \cdot 65 = 178,8$ Ortalama çaplar: $d_{oE} = d_1 \cdot b \cdot \sin \gamma_1 = 35 - 27 \cdot \sin 12,2 = 29,3$ $d_{oB} = 162,5 - 27 \cdot \sin 78,8 = 136,1$ mm

$$\text{Konik dişli kuvvetleri : } F_{tB} = \frac{2 \cdot T_{AD}}{d_{o2B}} = \frac{2 \cdot 53100}{136,1} = 780 \text{ N} = F_{tC}$$

$$F_{rB} = F_{tB} \cdot \tan \alpha \cdot \cos \gamma_2 = 780 \cdot \tan 20 \cdot \cos 77,8 = 60,0 \text{ N} = F_{eE}$$

$$F_{eB} = F_{tB} \cdot \tan \alpha \cdot \sin \gamma_2 = 780 \cdot \tan 20 \cdot \sin 77,8 = 277 \text{ N} = F_{rE}$$

$$\text{Düz dişli kuvvetleri : } F_{tC} = \frac{2 \cdot T_{AD}}{d_{1C}} = \frac{2 \cdot 53100}{38,5} = 2758 \text{ N} = F_{tK}$$

$$F_{rC} = F_t \cdot \tan \alpha = 2758 \cdot \tan 20 = 1004 \text{ N} = F_{rK}$$

JL MİLİ

Uçta kaplin (esnek) var farzedilirse JL milini rulmanların desteğinde sadece “K” düz dişli kuvvetleri “F_t” ve “F_r” etkilemektedir; Bu milde kuvvetlerin “F_n” bileşkesi alınıp tek bileşke düzlemde hesap yapılabilir ;

$$F_{nK} = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} = \sqrt{2758^2 + 1004^2} = 2935 \text{ N}$$

K'da kama için K_ç=1,6, çap 19 mm için K_b=0,91 ;

$$\sigma_{em_d} = 0,5 \cdot 850 \cdot 0,88 \cdot 0,91 / 1,6 \cdot S = 213 / S$$

$$d_K^3 = 19^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{53856^2}{S^2} + \frac{246000^2}{S^2}} \quad S_K = 1,51 > 1,5 \text{ uygun}$$

15mm çaplı “L” rulmanı seçimi :

$$JL \frac{\text{devir}}{\text{ömrü}} = \frac{\text{saat}}{\text{ömrü}} \cdot n_{JL} \cdot 60 = 5400 \cdot 23,3 \cdot 60 \Rightarrow 7,55 \text{ milyon devir}$$

eksenel kuvvetler : F_{eJ} = F_{eL} = 0 olduğundan X=1 ; Y=0 :

$$P_{eş} = F_r \quad P_{eşL} = F_{rL} = 1683 \text{ N} \quad L \text{ için}$$

$$C_L = P_{eş} \cdot \sqrt[3]{L} = 1683 \cdot \sqrt[3]{7,55} = 3302 \text{ N}$$

“L” için bu kapasiteyi ilk kurtaran 15 mm çaplı “16002” rulmanı seçilir (genişlik= 8)

L'de kademe çentiği : K_ç = 1 + q · (K_t - 1)

Çentik hassasiyeti “q” Sayfa 3'den radius= 0,5 mm ve σ_K = 850 için “q = 0,74” bulunur.

Teorik faktör “K_t” çapa bağlıdır: JL çapı: D=19 L'de kademe : d=15 mm: D/d=19/15=1,27

r/d=0,5/15=0,0333 → “K_t=2,2” K_ç = 1 + 0,74 · (2,2 - 1) = 1,888 15 mm küçük çapta K_b=0,95

$$\sigma_{em_d} = 0,5 \cdot 850 \cdot 0,88 \cdot 0,95 / 1,888 \cdot S = 188 / S$$

L'de Moment grafiğinden L rulmanı genişliği yarisı 4 mm ötede moment oranı ile

$$\frac{M_{Lsol}}{53856} = \frac{4}{32} \rightarrow M_{Lsol} = 6732 \text{ Nmm bulunur;}$$

$$d_L^3 = 15^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{6732^2}{S^2} + \frac{246000^2}{S^2}} \rightarrow S_L = 0,89 < 1 \text{ dayanmaz : L'de kademe tavsiye edilmez}$$

K kaması

Sayfa-1'deki Tablo'dan 19 mm çapa 6x 6 'lık düz kama uygundur;

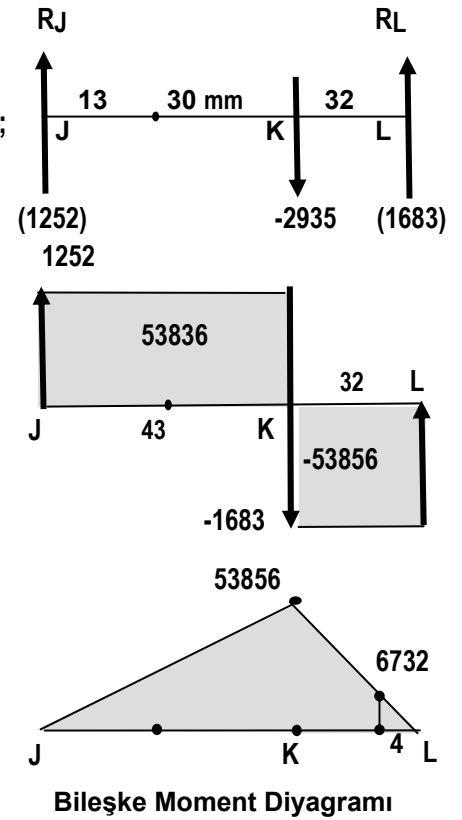
$$F_{kama} = \frac{T}{d/2} = \frac{246000}{19/2} = 25895 \text{ N}$$

$$L \geq \frac{F_{kama}}{b \cdot \tau_{em}} = \frac{25895}{6 \cdot 0,5 \cdot 447} = 19,3 \text{ mm} \quad L \geq \frac{F_{kama}}{(h-t_1) \cdot p_{em}} = \frac{25895}{(6-3,5) \cdot 570} = 18,2 \text{ mm}$$

Tablodan “L ≥ 19,3 mm”den büyük olan en küçük standart boy 22 mm. olduğundan

“K” kaması : 6 x 6 x 22

bileşke düzlem



HE MİLİ

$$M_E = +60 \cdot \frac{29,3}{2} = +879 \text{ Nmm}$$

En fazla yük G'de; HG ile GE G'de 4 mm kademeli ;

$$\text{Kademe çentiği : } K_{\zeta} = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

G kademe radyusu 0,5 mm olduğundan; çentik

hassasiyeti "q" Sayfa 4'den $\sigma_K = 850$ için ;

q ~ 0,75 bulunur:

$$D/d = 16/12 = 1,333 : r/d = 0,5 / 12 = 0,0417$$

$$\rightarrow "K_t = 2,1" \quad K_{\zeta} = 1 + 0,75 \cdot (2,1 - 1) = 1,82$$

12 mm küçük çaptaki $K_b = 0,88$;

$$\sigma_{em_d} = 0,5 \cdot 850 \cdot 0,88 \cdot 0,98 / 1,82 \cdot S = 201/S$$

$$d_G^3 = 12^3 \geq \frac{32}{\pi} \sqrt{\frac{6588^2 + 21060^2}{201^2/S^2} + \frac{11450^2}{670^2/S^2}} \rightarrow S_G = 1,53 \text{ uygun}$$

"H" rulmanı seçimi :

$$EH_{\text{devir}} = \frac{\text{saat}}{\text{ömrü}} \cdot n_{EH} \cdot 60 = 5400 \cdot 500 \cdot 60 \Rightarrow 162 \text{ milyon devir}$$

$$\text{"H"de radyal kuvvet : } F_{rH} = \sqrt{244^2 + 780^2} = 817 \text{ N} \quad \text{"H"de aksel kuvvet : } F_{eH} = 60 \text{ N}$$

$$\frac{F_e}{F_r} = \frac{60}{817} = 0,0734 < ? e \quad \text{"e" bilinmediğinden önce aksel yük önemsiz farzedilir : } X=1 \quad Y=0$$

$$P_{e\zeta} = X \cdot F_r + Y \cdot F_e = 1 \cdot 817 + 0 \cdot 60 = 817 \text{ N} \quad C_H = P_{e\zeta} \cdot \sqrt[3]{L} = 817 \cdot \sqrt[3]{162} = 4453 \text{ N}$$

"H" için bu kapasiteyi ilk kurtaran en küçük 12 mm çaplı "16101" rulmanı seçilir. Bu rulmanın statik

kapasitesi $C_0 = 2860 \text{ N}$ olduğundan $\frac{F_e}{C_0} = \frac{60}{2860} = 0,0209 \rightarrow e = 0,205 \dots$ değerinin 0,0734'den büyük olduğu

ve aksel yükün yine önemsiz olduğu aynı X, Y, $P_{e\zeta}$ değerleri olduğu anlaşılır. (X, Y, $P_{e\zeta}$ değerleri aynı olana kadar tekrarlanır)

E kaması

Sayfa-1'deki Tablo'dan 12 mm GE çapına 5x 5'lik düz kama uygundur;

bütün malzemeler aynı olduğundan kayma gerilmesi ile göbekteki basma hesabı :

$$F_{kama} = \frac{T}{d/2} = \frac{11450}{12/2} = 1908 \text{ N}$$

$$L \geq \frac{F_{kama}}{b \cdot \tau_{em}} = \frac{1908}{5 \cdot 0,5 \cdot 447} = 1,71 \text{ mm}$$

$$L \geq \frac{F_{kama}}{(h - t_1) \cdot p_{em}} = \frac{1908}{(5 - 3) \cdot 570} = 1,67 \text{ mm}$$

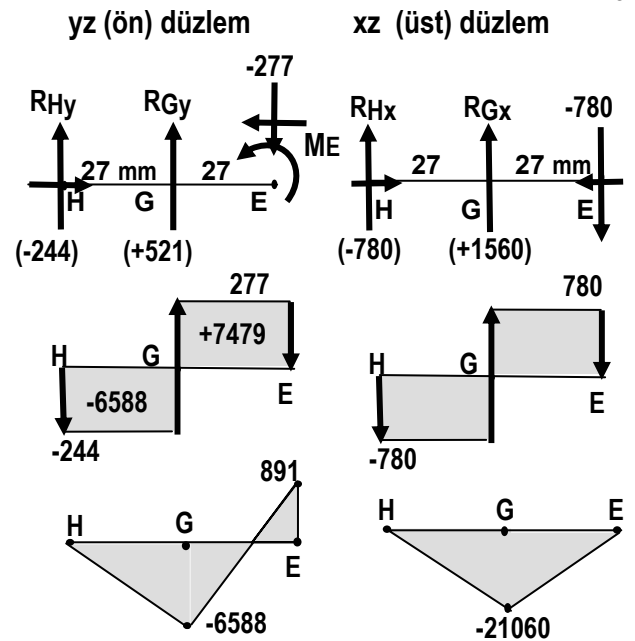
Tablodan " $L \geq 1,71 \text{ mm}$ " dan büyük olan en küçük standart boy 12 mm. olduğundan E kaması: 5x5x12

HE MİLİNDE E PİNYONUNDA SIKI GEÇME

$$E'de sıkı geçme yapılacak göbek boyu : b_{GE} = b_k \cdot \cos \gamma_1 = 27 \cdot \cos 12,2 = 26,4 \rightarrow 26 \text{ mm}$$

$$E pinyonunun ortalama çapı göbek dış çapı sayılır : D_g = 29,3 \text{ mm}$$

$$GE'de mil çapı : d_m = 12 \text{ mm} ; \quad \text{milin iç çapı sıfırdır: } d_{iç} = 0$$



Eğilme Momenti diyagramları Nmm

göbekte H8 serisine göre tolerans seçilecektir :

24

IT8 kalitesinde çizelge-2'den 12 mm çapta IT8 için alt ve üst sapma miktarı arasındaki fark: 0,027 mm

Göbekte H8 serisinin alt toleransı çizelge3'den 0 olunca üst toleransı +0,027 olur.

milde u8 serisinin alt toleransı çizelge3'den 0,033 olunca üst toleransı 0,033+0,027=0,060 mm olur

Bu durumda mak ölçme $\delta_{\max} = 0,060 - 0 = 0,060$ mm

min ölçme $\delta_{\min} = 0,033 - 0,027 = 0,006$ mm

$$\delta = \frac{b \cdot p}{E_g} \left(\frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} + v \right) + \frac{b \cdot p}{E_m} \left(\frac{d_m^2 + d_{iç}^2}{d_m^2 - d_{iç}^2} - v \right)$$

$$\delta_{\max} = 0,060 = \frac{26 \cdot p_{\max}}{210000} \left(\frac{29,3^2 + 12^2}{29,3^2 - 12^2} + 0,3 \right) + \frac{26 \cdot p_{\max}}{210000} \left(\frac{12^2 + 0}{12^2 - 0} - 0,3 \right) \quad p_{\max} = 202 \text{ N/mm}^2$$

aynı formülden veya orantıyla $\delta_{\min} = 0,006$ için $p_{\min} = 20,2 \text{ N/mm}^2$

maksimum göbekte meydana gelen gerilme :

$$\sigma_{\max} = \frac{D_g^2 + d_m^2}{D_g^2 - d_m^2} p_{\max} = \frac{29,3^2 + 12^2}{29,3^2 - 12^2} 202 = 283 < \sigma_{\text{ems}} = 447 \text{ N/mm}^2 \quad \text{uygundur}$$

minimum basınçta geçmenin taşıyabileceği tork HE milindeki 11450 Nmm'lik torktan büyük çıkar :

$$T = \mu \cdot p_{\min} \cdot (\pi \cdot d_{\text{mil}} \cdot b) \cdot \frac{d_{\text{mil}}}{2} = 0,25 \cdot 20,2 \cdot (\pi \cdot 12 \cdot 26) \cdot \frac{12}{2} = 29700 > T_{\text{HE}} = 11450 \text{ Nmm} \text{ uygundur}$$

JL MİLİNDE EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI

JL milinde L'de eğim açısı " α_L " için şekilden

$$\alpha_L = - t_{J/L} / JL$$

bağıntısı kullanılır. Burada J ile L arasındaki teğet

deformasyonu " $t_{J/L}$ "; J ile L arasındaki alanların J'ye göre momenti ile bulunur :

$$t_{J/L} = x_{1J} \cdot A_1 + x_{2J} \cdot A_2$$

$$t_{J/L} = 43 \frac{2}{3} \cdot 1157904 + \left(43 + \frac{32}{3} \right) \cdot 861696 = 79571825$$

Bu değer E·I değerine bölünür :

$$d_{JL} = 19 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I_{JL} = 210000 \cdot \pi \frac{19^4}{64} = 1344 \cdot 10^6$$

$$t_{J/L} = \frac{79571825}{1344 \cdot 10^6} = 0,05923 \text{ mm}$$

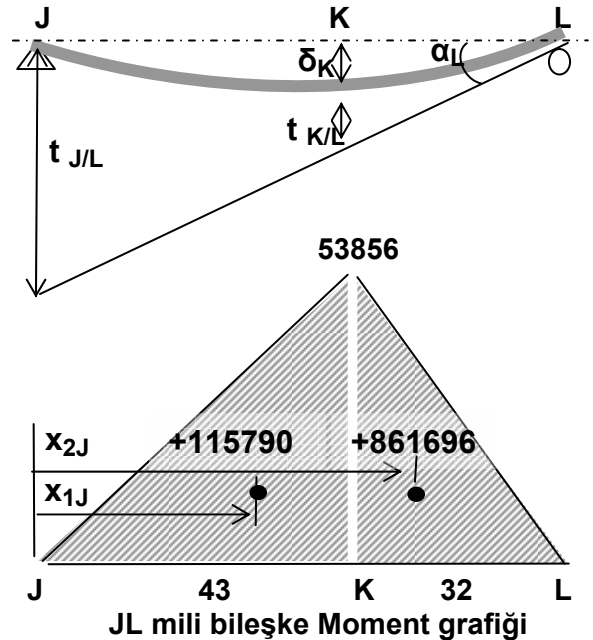
Şekildeki üçgenden bu değer JL'ye bölünerek " α_L " bulunur :

$$\alpha_L = - t_{J/L} / JL = - \frac{0,05923}{75} = -0,00079 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

K'da eğim açısı " α_K "; " $\alpha_{K/L} = \alpha_K - \alpha_L$ " bağıntısı ile bulunur :

" $\alpha_{K/L}$ ", K ile L arasındaki alandır (861696 / EI) ;

$$\alpha_K = \alpha_L + \alpha_{K/L} = -0,00079 + \frac{861696}{1344 \cdot 10^6} = -0,000149 \text{ rad} < 0,001 \text{ uygun}$$



Teğet deformasyonu “ $t_{K/L}$ ”; K ile L arasındaki alanın K'ya göre momenti ile bulunur :

$$t'_{K/L} = \frac{32}{3} \cdot 861696 = 9206955 \rightarrow t_{K/L} = \frac{9206955}{1344 \cdot 10^6} = 0,006854 \text{ mm}$$

Yine yukardaki üçgenden “ $\delta_K + t_{K/L} = \alpha_L \cdot KL$ ” yardımı ile K'da deformasyon “ δ_K ” bulunur :

$$\delta_K = \alpha_L \cdot KL - t_{K/L} = 0,00079 \cdot 32 - 0,006854 = 0,0184 \text{ mm}$$

Maksimum deformasyon J ile K arasında K'ya yakındır.

$$\delta_{K/JL} \approx 0,0184 / 75 = 0,000245 > 0,0002 \text{ fazla fakat yakın}$$

$$\text{JL MİLİNDE KRİTİK DEVİR : } n_{krJL} \approx 950 \sqrt{\frac{1}{\sum \delta_i}} = 950 \sqrt{\frac{1}{0,0184}} = 7003 \gg n_{JL} = 23,3 \text{ dev/dak}$$

kritik hız tehlikesi yok

HE MİLİNDE EĞİM AÇISI VE EĞİLME MİKTARI

Önce Moment grafiğindeki Gx mesafesi ve alanlar bulunur :

$$\frac{6588}{891} = \frac{Gx}{27 - Gx} \rightarrow Gx = 23,8 \rightarrow x_E = 27 - 23,8 = 3,2 \text{ mm}$$

HG çapı 16 GE çapı 12 mm.dir :

$$d_{HG} = 12 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I_{HG} = 210000 \cdot \pi \frac{16^4}{64} = 676 \cdot 10^6$$

$$d_{GE} = 12 \text{ mm} \rightarrow E \cdot I_{GE} = 210000 \cdot \pi \frac{12^4}{64} = 214 \cdot 10^6$$

HE milinde H'da eğim açısı “ α_H ” için şekilden

$$\alpha_H = - t_{G/H} / HG$$

bağıntısı kullanılır. Burada H ile G arasındaki teğet deformasyonu “ $t_{G/H}$ ”; G ile H arasındaki alanın G'ye göre momenti ile bulunur : Düşey grafik için :

$$t'_{G/Hd} = 88938 \cdot \frac{27}{3} = 805302$$

Bu değer E·I değerine bölünür :

$$t_{G/Hd} = \frac{805302}{676 \cdot 10^6} = 0,00119 \text{ mm}$$

$$\alpha_{Hd} = \frac{t_{G/Hd}}{HG} = \frac{0,00119}{27} = +0,0000441 \text{ rad} < 0,009$$

UYGUN

E'de eğim açısı “ α_E ”; “ $\alpha_{H/E} = \alpha_H - \alpha_E$ ” bağıntısı ile bulunur :

“ $\alpha_{H/E}$ ”, H ile E arasındaki alanların EI değerlerine bölümleridir ;

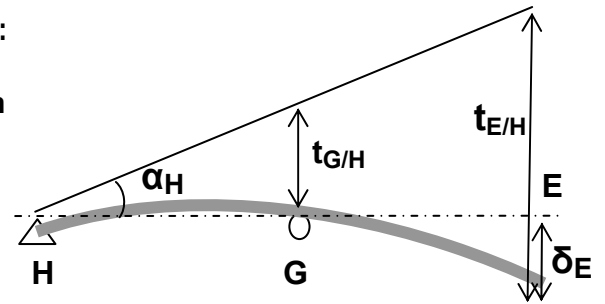
$$\alpha_{Ed} = \alpha_{Hd} - \alpha_{H/Ed} = 0,0000441 - \frac{88938}{676 \cdot 10^6} - \frac{78397 - 1426}{214 \cdot 10^6} = -0,000460 \text{ rad} < 0,001$$

UYGUN

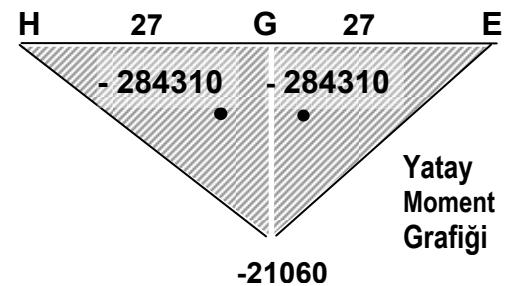
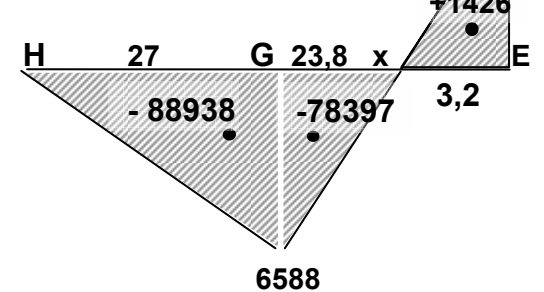
Teğet deformasyonu “ $t_{E/H}$ ”; H ile E arasındaki alanların E'ye göre momenti ile bulunur.

$$t_{E/Hd} = \left(27 + \frac{27}{3}\right) \cdot \frac{88938}{676 \cdot 10^6} + \left(3,2 + \frac{2 \cdot 23,8}{3}\right) \cdot \frac{78397}{214 \cdot 10^6} - \frac{3,2}{3} \cdot \frac{1426}{214 \cdot 10^6} = 0,0118 \text{ mm}$$

Yine şekildeki üçgenden “ $\delta_{Ed} = +t_{E/Hd} - \alpha_{Hd} \cdot HE$ ” yardımı ile E'de düşey deformasyon “ δ_{Ed} ” bulunur :



Düşey Moment Grafiği



$$\delta_{Ed} = t_{E/Hd} - \alpha_{Hd} \cdot HE = 0,0118 - 0,0000441 \cdot 54 = 0,0094 \text{ mm}$$

Yatay grafik için aynı işlemler tekrarlanır :

$$t'_{G/Hy} = 284310 \cdot \frac{27}{3} = 2558790 \rightarrow t_{G/Hy} = \frac{2558790}{214 \cdot 10^6} = 0,0120 \text{ mm}$$

$$\alpha_{Hy} = \frac{t_{G/Hy}}{HG} = \frac{0,0120}{27} = 0,000444 \text{ rad} < 0,009 \text{ uygun}$$

E'de eğim açısı “ α_E ” ; “ $\alpha_{H/E} = \alpha_H - \alpha_E$ ” bağıntısı ile bulunur :

“ $\alpha_{H/E}$ ”, H ile E arasındaki alanların EI değerlerine bölümüdür.....(yatay için 2×284310) :

$$\alpha_{Ey} = \alpha_{Hy} - \alpha_{H/Ey} = 0,000444 - \frac{284310}{676 \cdot 10^6} - \frac{284310}{214 \cdot 10^6} = -0,00131 > 0,001 \rightarrow E \text{ dişlisi hizasında eğim fazla}$$

$$t'_{E/Hy} = \left(27 + \frac{27}{3}\right) \cdot \frac{284310}{676 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 27}{3} \cdot \frac{284310}{214 \cdot 10^6} = 0,0392$$

$$\delta_{Ey} = t_{E/Hy} - \alpha_{Hy} \cdot HE = 0,0392 - 0,000444 \cdot 54 = 0,0152 \text{ mm}$$

$$\delta_{Emak} = \sqrt{\delta_{Ed}^2 + \delta_{Ey}^2} = \sqrt{0,0152^2 + 0,0094^2} = 0,0179 \text{ mm}$$

$\delta_{mak}/HE = 0,0179 / 54 = 0,000331 > 0,0002 \rightarrow$ deformasyon da fazladır, GE boyu kısaltılması veya çapın artırılması tavsiye edilir.

DÜZ DİŞLİLERDE KAVRAMA ORANI

Dişlilerde Kavrama Oranı “ ε ” için dişüstü 1.pinyon ve 2.çark için “ d_a ” ve dişdibi “ d_r ” çapları :

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 38,5 + 2 \cdot 2,75 = 44,0 \quad d_{a2} = 178,8 + 2 \cdot 2,75 = 184,5 \text{ mm}$$

$$d_{r1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 38,5 - 2,5 \cdot 2,75 = 31,63 \quad d_{r2} = 178,8 - 2,5 \cdot 2,75 = 172,1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{d_{a1}^2 - d_{r1}^2} + \sqrt{d_{a2}^2 - d_{r2}^2} - (d_1 + d_2) \sin \alpha}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot \cos \alpha}$$

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{44^2 - 31,63^2} + \sqrt{184,5^2 - 172,1^2} - (38,5 + 178,8) \sin 20}{2 \cdot \pi \cdot 2,75 \cdot \cos 20} = 1,39 > 1,1 \text{ uygun}$$

B ÇARKINDA MERKEZKAÇ GERİLME

136 mm ortalama dış çaplı ; 17 mm iç çaplı ; $w=11,3$ rad/s hızla dönen $\rho_{çelik}=7800$ kg/m³ yoğunluğundaki B çarkında merkezkaç çekme gerilmesi : (poisson oranı $\nu_{çelik}=0,3$)

$$\sigma_{mak} = \rho \cdot \omega^2 \cdot (D^2 + d^2) \left(\frac{3 + \nu}{32 \cdot 10^{12}} \right) = 7800 \cdot 11,3^2 \cdot (136,1^2 + 17^2) \left(\frac{3 + 0,3}{32 \cdot 10^{12}} \right) = 0,00193 \ll \sigma_{em} = 447$$

merkezkaç çok düşük

AD MİLİNDE TERMAL UZAMA :

$$\Delta_{tAD} = \alpha_t \cdot AD \cdot \Delta T = 17 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 100 = 0,1275 \text{ mm}$$

AD MİLİNDE KRİTİK TORK :

$$T_{krBC} = 2 \cdot \pi \cdot E \frac{I_{pBC}}{L_{BC}} = 2 \cdot \pi \cdot 210000 \cdot \frac{\pi \cdot 17^4}{32} = 361 \cdot 10^6 \gg 53100 \text{ Nmm}$$

kritik tork tehlikesi yok

AD MİLİNDE BURULMA AÇISI :

$$\theta_{BC} = \frac{T_{AD} \cdot L_{BC}}{G \cdot I_{pBC}} = \frac{53100 \cdot 30}{80000 \cdot \pi \cdot 17^4 / 32} \rightarrow \theta_{BC} = 0,00228 \text{ rad} < 0,005$$

burulma açısı uygun

Makine Elemanları-III ödev

Mil, pinyon ve çarklar çelik:

$$\sigma_K = \dots \quad \sigma_{ak} = \dots \quad p_{em} = \dots \quad N/mm^2$$

$$BHN = \dots \quad \mu = \dots \quad v = \dots$$

$$\text{Konik dişliler: modül} = \dots \quad Z_1 = 14 \quad Z_2 = \dots \quad \alpha = 20^\circ$$

$$\text{Düz dişliler: modül} = \dots \quad Z_1 = 14 \quad Z_2 = \dots \quad \alpha = 20^\circ$$

Miller : Yüzey: taşlama : B,C,K kama $K_\zeta = 1,6$

Emniyet her yerde = 1.5

G'de kademe radyusları rulman ile aynı

1- Konik ve düz dişlilerin en küçük modülünü, ölçülerini ve kuvvetlerini bulunuz.

>>> bütün dişliler hassas; yetmiyorsa çok hassas

2- AD(tam sayı), ve JL(rulman çapı) ; HE (rulman çapı) mil çaplarını bulunuz.

3- saat ömürlü A, D, J, L, G, H rulmanlarını çaptan çapa en az 4 mm kademeli seçiniz

>>> A ve H eksenel yük taşıyor

>>> Rulmanları 160,161,60,62,63,64 (sabit) tipi rulmanlardan sırasıyla seçiniz, kapasite kurtarmıyor ise uygun çift rulman seçiniz.

4- B, C ve K düz kamalarını seçiniz

5- E'deki sıkı geçmede göbekte H serisini kullanıp sırasıyla 8,7,6,5 kalitelerini deneyerek mil-göbek geçme toleransını bulunuz. Kaliteleri en fazla 1 farklı mümkün olan en düşük kalitede seçiniz.

6- JL milinde J, K ve L'deki eğim açılarını kontrol ediniz; maksimum eğilme miktarını kontrol ediniz ; ve K'daki eğilme miktarı yardımı ile kritik hızı bulunuz.

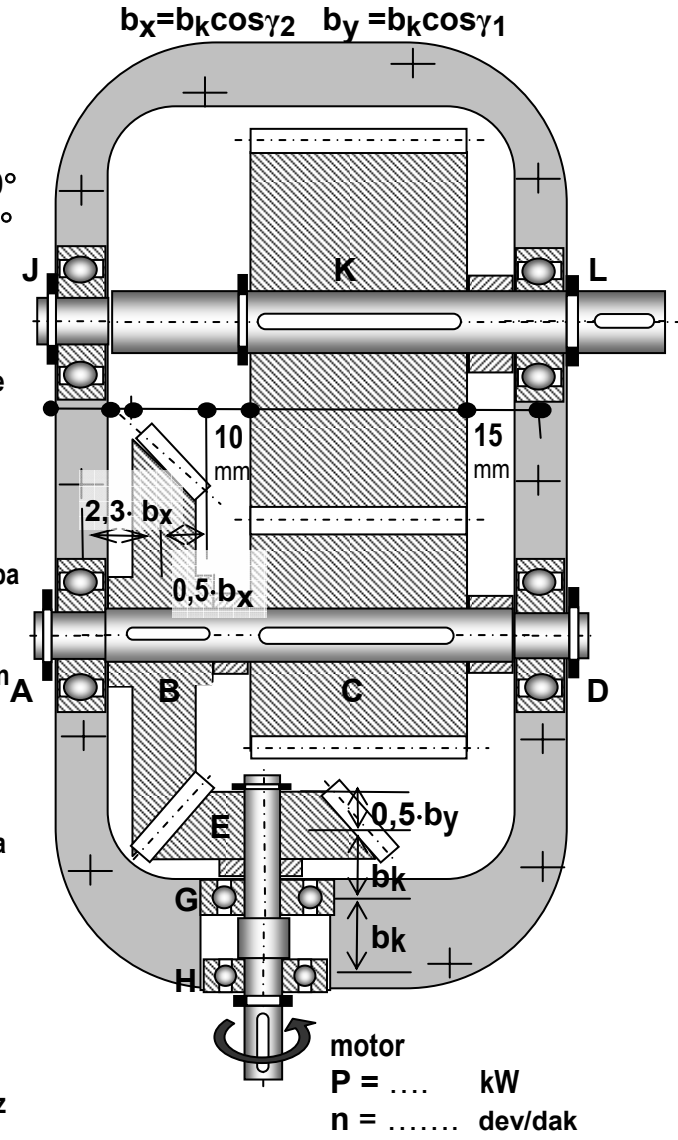
7- HE milinde E'deki eğim açısını ve miktarını kontrol ediniz

8- AD milinde Burulma açısını, kritik torku kontrol ediniz.

9- Düz dişlilerde kavrama oranı bulup sesi kontrol ediniz.

10- B dişlisinde merkezkaç gerilmeyi kontrol ediniz

11- AD milinin 100°C farkta termal uzamasını bulunuz



Ad,Soyad:.....

Öğr.No:.....

- 1- Konik: $m_1 = \dots$ Lewis $\sigma = \dots$ <? Buck. $F_d = \dots$ $F_w = \dots$ $F_o = \dots$
 düz: $m_2 = \dots$ Lewis $\sigma = \dots$ <? Buck. $F_d = \dots$ $F_w = \dots$ $F_o = \dots$
 Konik $F_{tB} = \dots$ $F_{rB} = \dots$ $F_{eB} = \dots$ düz $F_{tC} = \dots$ $F_{rC} = \dots$
- 2- miller AB=..... BC=..... CD=..... HG=..... mm
 $d_{AD} = \dots$ Düşey $M_{B1} = \dots$ $M_{B2} = \dots$ $M_C = \dots$ Yatay $M_B = \dots$ $M_C = \dots$
 $d_{JL} = \dots$ Bileşke $M_K = \dots$ $d_{GE} = \dots$ Düşey $M_G = \dots$ Yatay $M_G = \dots$ $K_\zeta = \dots$
- 3-Rulmanlar $C_A = \dots$ rulmanA=..... $C_D = \dots$ rulmanD=.....
 $C_J = \dots$ rulmanJ=..... $C_L = \dots$ rulmanL=.....
 $C_G = \dots$ rulmanG=..... $C_H = \dots$ rulmanH=.....
- 4-Kamalar $b_x \times h \times L$ $L_{kama} : \dots$ B,C: K:
- 5- Sıkı geçme : $\delta_{mil_{mak}} = \dots$ $\delta_{mil_{min}} = \dots$ geçme=.....
- 6- Eğim-Sehimler JL mili : $\alpha_L = \dots$ $\alpha_J = \dots$ $\alpha_K = \dots$
 $\delta_{mak} = \dots$ $\delta_K = \dots$ $n_{krJL} = \dots$
- 7- HE mili $\alpha_{Hd} = \dots$ $\alpha_{Ed} = \dots$ $\delta_{Ed} = \dots$
 $\alpha_{Hy} = \dots$ $\alpha_{Ey} = \dots$ $\delta_{Ey} = \dots$
- 8- $T_{krAD} = \dots$ $\theta_{BC} = \dots$
- 9- Kavrama oranı $\epsilon = \dots$?>1,1 10-merkezkaç $\sigma_{mak} = \dots$ 11-Termal $\Delta L_{AD} = \dots$

ÖDEV CEVAPLARI Ad,Soyad:.....

Öğr.No:.....

P = kW

1- Konik: $m_1=.....$ Lewis $\sigma=.....$ <? Buck. $F_d=.....$ $F_w=.....$ $F_o=.....$

düz: $m_2=.....$ Lewis $\sigma=.....$ <? Buck. $F_d=.....$ $F_w=.....$ $F_o=.....$

Konik $F_{tB}=.....$ $F_{rB}=.....$ $F_{eB}=.....$ düz $F_{tC}=.....$ $F_{rC}=.....$

2- miller AB=..... BC=..... CD=..... HG=..... mm

$d_{AD}=.....$ Düşey $M_{B1}=.....$ $M_{B2}=.....$ $M_c=.....$ Yatay $M_B=.....$ $M_c=.....$

$d_{JL}=.....$ Bileşke $M_K =$ $d_{GE} =.....$ Düşey $M_G =$ Yatay $M_G =$ $K_ç =$

3-Rulmanlar $C_A =.....$ rulmanA=..... $C_D =.....$ rulmanD=.....

$C_J =.....$ rulmanJ=..... $C_L =.....$ rulmanL=.....

$C_G =.....$ rulmanG=..... $C_H =.....$ rulmanH=.....

4-Kamalar bxhxL $L_{kama} :$ B,C: K:

5- Sıkı geçme : $\delta_{mil_{mak}} =.....$ $\delta_{mil_{min}} =$ geçme=.....

6- Eğim-Sehimler JL mili : $\alpha_L=.....$ $\alpha_J=.....$ $\alpha_K=.....$

$\delta_{mak}=.....$ $\delta_K=.....$ $n_{krJL} =.....$

7- HE mili $\alpha_{Hd} =.....$ $\alpha_{Ed}=.....$ $\delta_{Ed}=.....$

$\alpha_{Hy} =.....$ $\alpha_{Ey}=.....$ $\delta_{Ey}=.....$

8- TkrAD =..... $\theta_{BC}=.....$

9-Kavrama oranı $\varepsilon =.....$ $? > 1,1$

10-merkezkaç $\sigma_{mak}=.....$

11-Termal $\Delta L_{AD}=.....$

MAK 401 ÖDEV DEĞERLERİ 2009 YAZ

Öğr.No:	P kW	n d/d	σk	σk	BHN	pem	Z2konik	Z2düz	Ömür saat
Örnek prob.	0,6	500	850	670	325	570	65	65	5400
011222053	61	3900	850	670	400	700	30	30	1050
021222008	60	2850	700	570	375	660	32	32	1150
021222033	59	3800	850	670	400	700	36	36	1200
021222044	58	3750	700	570	375	660	47	47	1300
021227014	57	3700	850	670	400	700	42	42	1400
021227017	56	3650	700	570	375	660	43	43	1450
031222009	55	3600	850	670	400	700	48	48	1050
031222013	54	3500	700	570	375	660	49	49	1600
031222016	53	3450	850	670	400	700	44	44	1700
031222034	52	3400	700	570	375	660	45	45	1800
031222046	51	3350	850	670	400	700	40	40	1850
031222049	50	3300	700	570	375	660	41	41	1950
031222053	49	3250	850	670	400	700	46	46	1500
031227067	48	3200	700	570	375	660	47	47	1100
041222001	47	3150	850	670	400	700	41	42	1200
041222006	46	3050	700	570	375	660	43	43	1250
041222007	45	3000	850	670	400	700	46	48	1350
041222012	44	2950	700	570	375	660	49	49	2450
041222017	43	2900	850	670	400	700	37	44	2500
041222020	42	2850	700	570	375	660	45	45	2600
041222021	41	2800	850	670	400	700	34	40	1650
041222022	40	2750	700	570	375	660	41	41	2750
041222023	39	2700	850	670	400	700	53	56	2850
041222024	38	2600	700	570	375	660	57	57	2900
041222028	37	2550	550	470	350	610	51	52	3000
041222037	36	2500	700	570	375	660	44	57	3050
041222038	35	2450	550	470	350	610	57	58	3150
041222042	34	2400	700	570	375	660	43	59	3250
041222056	33	2350	550	470	350	610	53	54	3300
041222058	32	2300	700	570	375	660	44	58	3400
041222064	31	2250	550	470	350	610	50	50	3500
041227005	30	2150	700	570	375	660	49	51	3550
041227060	29	2100	550	470	350	610	49	56	3650
051222002	28	2050	700	570	375	660	54	57	3700
051222003	27	2000	550	470	350	610	38	62	3800
051222008	26	1950	700	570	375	660	50	53	3900
051222010	25	1900	550	470	350	610	46	63	3950
051222015	24	1850	700	570	375	660	44	59	4050
051222017	23	1750	550	470	350	610	44	68	4100
051222019	22	1700	700	570	375	660	50	62	4200
051222030	21	1650	550	470	350	610	37	66	4300
051222032	20	1600	700	570	375	660	61	61	4350
051222033	19	1550	550	470	350	610	38	66	4450
051222035	18	1500	700	570	375	660	67	67	4500
051222037	17	1450	550	470	350	610	58	62	4600
051222044	16	1400	700	570	375	660	63	63	4700
051222051	15	1300	550	470	350	610	50	60	4750
051222059	14	1250	700	570	375	660	69	69	4850
051222064	13	1200	550	470	350	610	64	64	4950
051222068	12	1150	700	570	375	660	65	65	5000
051227004	11	1100	550	470	350	610	60	60	5100
051227009	10	1050	700	570	375	660	61	61	5150
051227011	9	1000	550	470	350	610	66	66	5250
051227016	8	950	700	570	375	660	67	67	5350
051227028	7	850	550	470	350	610	62	62	5400
051227034	6	800	700	570	375	660	63	63	5500
051227035	5	750	550	470	350	610	68	68	5550
051227064	4	700	700	570	375	660	69	69	5650
051227068	3	650	550	470	350	610	64	64	5750
061222003	2	600	700	570	375	660	65	65	5800
061222042	1	600	550	470	350	610	70	70	5900
041227035	62	4000	700	570	375	660	35	35	1000
061227011	63	3150	850	670	400	700	34	34	1200
	64	3190	700	570	375	660	39	39	1200
	65	2230	850	670	400	700	38	38	1400