

2010 Ekim

www.guven-kutay.ch

GÖBEK / MİL BAĞLANTILARI

ÖZET

09

M. Güven KUTAY

DİKKAT:

İyi niyet, bütün dikkat ve çabama karşın yanlışlar olabilir . Bu nedenle sonucu sorumluluk verecek hesaplarda, ya imalatçının vereceği veya özel deneyler sonucu elde edilen değerlerle hesabın yapılmasını salık verir , hiçbir şekilde maddi, manevi vede hukuki sorumluluk taşımayacağımı belirtirim.

İÇİNDEKİLER

0.	Genel	1
0.1.	Sembol ve tanımlamaları	1
0.2.	Mil / Göbek bağlantıları için konstrüksiyon önerileri.....	3
0.3.	Sökülemeyen bağlantılar.....	3
0.4.	Sökülebilen bağlantılar	3
0.4.1.	Şekil bağlantısı.....	4
0.4.1.1.	Şekil bağlantısı, doğrudan (ara parçasız)	4
0.4.1.2.	Şekil bağlantısı, dolaylı (ara parçalı)	4
0.4.2.	Kuvvet bağlantısı	4
0.4.2.1.	Kuvvet bağlantısı, doğrudan (ara parçasız).....	4
0.4.2.2.	Kuvvet bağlantısı, dolaylı (ara parçalı).....	4
1.	Kamalı bağlantılar	6
1.1.	Uygu kama bağlantısı	6
1.2.	Çakma kamalar	8
1.3.	Kamalı veya dişli miller	9
1.4.	Uygu kama bağlantısına örnek.....	12
2.	Profilli bağlantılar	13
2.1.	Profilli mil bağlantısına örnek.....	15
3.	Silindrik sıkı geçmeler	16
3.1.	Genel	16
3.2.	Hesap.....	17
3.3.	Montaj	18
3.4.	Silindrik sıkı geçmeye örnek.....	20
4.	Konik geçmeler	22
4.1.	Konik geçme, kama olarak.....	22
4.2.	Konik geçme, boyuna sıkı geçme olarak	23
4.3.	Konik geçmeye örnek	24
5.	Sıkma geçmeler.....	25
5.1.	İki parçalı sıkma geçme	25
5.2.	Bir tarafı yarık sıkma geçme	25
5.3.	Sıkma geçmelere örnek.....	26
6.	Konu İndeksi	28

0. Genel

0.1. Sembol ve tanımlamaları

Büyük Harfler

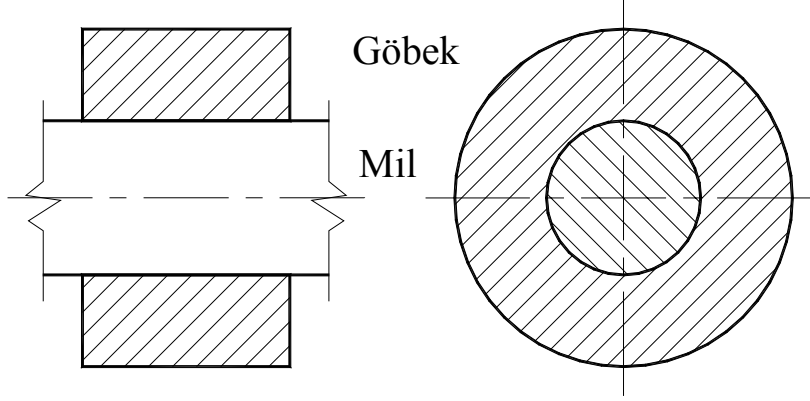
Sembol	Birim	Tanımı
A_{aG}	mm	Göbek alt sapması
A_{aM}	mm	Mil alt sapması
A_{sg}	mm ²	sıkı geçme alanı
$A_{üG}$	mm	Göbek üst sapması
$A_{üM}$	mm	Mil üst sapması
C	–	koniklik
D	mm	çap, dış çap
D_{dG}	mm	Göbek dış çapı
D_{dM}	mm	Milin dış çapı
D_{iG}	mm	Göbek iç çapı
D_{iM}	mm	Milin iç çapı
D_K	mm	koniklikte büyük çap
D_{sg}	mm	Geçme çapı, nominal çap
E	N/mm ²	Elastiklik modülü
$F_ç$	N	Çevre kuvveti
F_N	N	normal kuvvet
F_t	N	Geçme çapında teğet kuvvet
G	mm	düzleşme
K	–	Sıkı geçmede malzeme faktörü
L	mm	uygu kaması boyu, boy
L'	mm	kamanın zorlanan esas boyu
L_{sg}	mm	Geçme boyu
M_t	Nm	Torsiyon momenti, burma momenti
P	kW	güç
Q	–	çaplar oranı
$R_e / R_{p0,2}$	N/mm ²	Akma sınırı
R_z	–	yüzey pürüzlük kalitesi
S_a	mm	Sıkı geçmenin alt değeri
S_A	–	akma sınırı için emniyet katsayısı
SG_T	mm	Sıkı geçme tolerans alanı
S_H	–	tutukluk katsayısı
S_K	–	kopma sınırı için emniyet katsayısı
S_p	–	plastiklik katsayısı
$S_{ü}$	mm	Sıkı geçmenin üst değeri
Z	mm	geçme ölçüsü

Küçük Harfler

Sembol	Birim	Tanımı
b	mm	uygu kaması eni, en
c_B	–	İşletme faktörü
d	mm	çap, iç çap
d_{or}	mm	ortalama çap
d_K	mm	koniklikte küçük çap
h	mm	uygu kaması yüksekliği
i	–	bağlantıdaki kama adedi

Sembol	Birim	Tanımı
n	d/dak	devir sayısı
n _{ci}	–	cıvata sayısı
p _{AEM}	N/mm ²	akma sınırı için emniyetli yüzey basınç
p _{EM}	N/mm ²	emniyetli yüzey basınç
p _{he}	N/mm ²	hesaplanan yüzey basınç
p _{KEM}	N/mm ²	kopma sınırı için emniyetli yüzey basınç
p _{or}	N/mm ²	ortalama yüzey basınç
p _{sg} p _{sg}	N/mm ²	sıkı geçme yüzey basınç
Eski Yunan harfleri		
Sembol	Birim	Tanımı
α	°C	eğim açısı
φ	–	kama adedine göre seçilen faktör
μ ₀	–	geçme yüzeyinde sürtünme katsayısı
ν	–	Poisson sayısı
ρ	°C	sürtünme açısı
σ _r	N/mm ²	Radyal gerilme
σ _t	N/mm ²	Teğetsel gerilme
θ	°C	ısı, temperatur

0.2. Mil / Göbek bağlantıları için konstrüksiyon önerileri



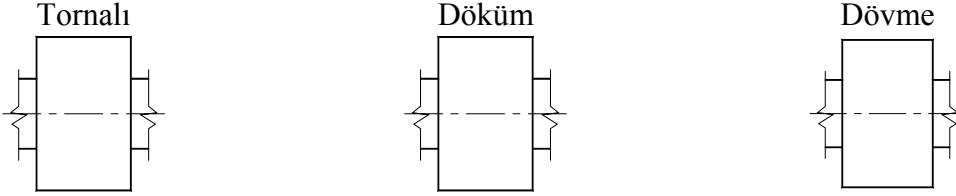
Şekil 0.1, Mil-Göbek bağlantısının prensip şeması

Bağlantı prensibinde şu varyantlar vardır:

1. Sökülmeyen bağlantılar;
mil ve göbek zarar görmeden ayrılamaz. Yani tekrar tekrar sökölüp takılamaz.
2. Sökülebilen bağlantılar;
mil ve göbek zarar görmeden ayrılabilir. Yani tekrar tekrar sökölüp takılabilir.

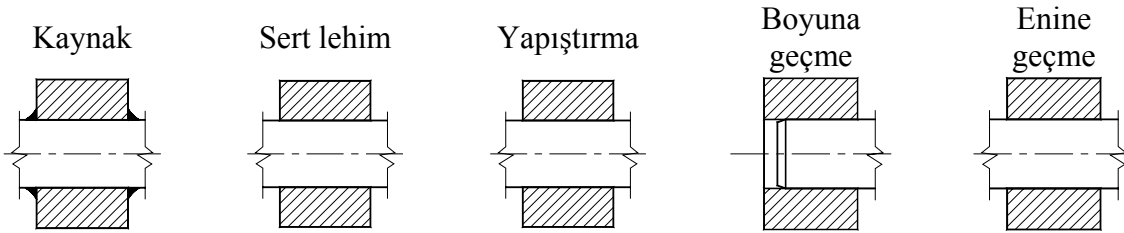
0.3. Sökülemeyen bağlantılar.

Tek parçalı sistem:



Bu varyantlar şekillendirme açısından daha alt varyantlara ayrılırlar.

İki parçalı sistem:



Bu varyantlar şekillendirme açısından daha alt varyantlara ayrılırlar.

Örneğin: Göbek ve mil enine kesiti burada daire olarak verilmiştir. Bu 3, 4 ... köşe olabilir. Boyuna kesiti silindir yerine konik olabilir.

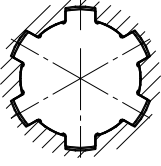
0.4. Sökülebilen bağlantılar

1. Şekil bağlantısı
2. Kuvvet bağlantısı

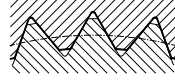
0.4.1. Şekil bağlantısı

0.4.1.1. Şekil bağlantısı, doğrudan (ara parçasız)

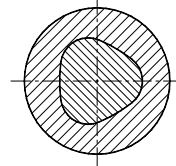
Kamalı mil

Evolvent
profilli

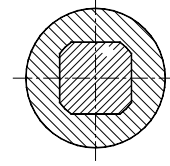
Sivri diş profilli



Profil P3G



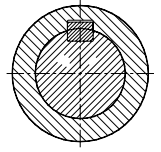
Profil P4G



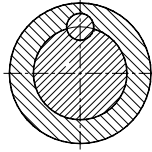
0.4.1.2. Şekil bağlantısı, dolaylı (ara parçalı)

Konum, boyuna

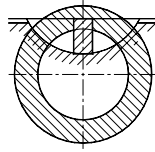
Uygu kama



Yuvarlak pim

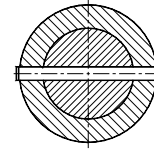


Yarım ay kama

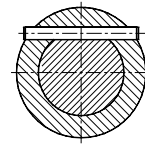


Konum, enine

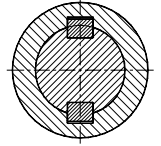
Saplama ortada



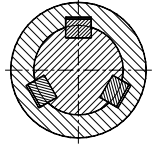
Saplama teğet



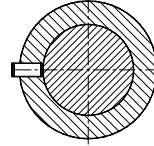
İki kamalı



Üç kamalı



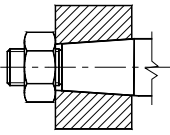
Vida saplama



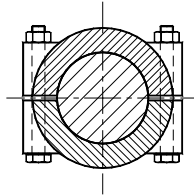
0.4.2. Kuvvet bağlantısı

0.4.2.1. Kuvvet bağlantısı, doğrudan (ara parçasız)

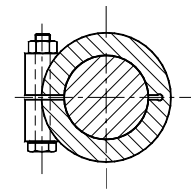
Konik



Çift sıkma

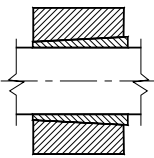


Tek sıkma

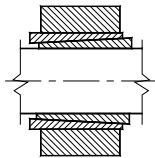


0.4.2.2. Kuvvet bağlantısı, dolaylı (ara parçalı)

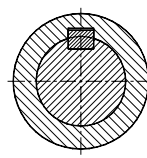
Konik bilezik



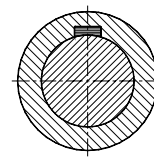
Çift konik bilezik



Çakma kama



Teğet kama



Bu şekilde devam edilerek daha bir sürü varyant bulunur.

Bu özetle şu bağlantılar ele alınmıştır:

1. Kamalı bağlantılar
2. Profilli bağlantılar
3. Silindirik sıkı geçmeler
4. Konik geçmeler
5. Sıkma geçmeler

Tablo 1, Göbek / Mil bağlantılarında tasarım için ölçü önerileri

Bağlantı cinsi	Göbek çapı D		Göbek boyu L	
	Kır döküm	Çelik, çelik döküm	Kır döküm	Çelik, çelik döküm
Uygu kama	(2,0 ... 2,2) d	(1,8 ... 2,0) d	(1,6 ... 2,1) d	(1,1 ... 1,4) d
Düz kamalı miller, Evolvent profil kamalı miller ^{*)1}	(1,8...2,0) d ₁	(1,8...2,0) d ₁	(1,0...1,3) d ₁	(0,6... 0,9) d ₁
Boyuna kayan göbek	(1,8 ... 2,0) d	(1,6 ... 1,8) d	(2,0 ... 2,2) d	(1,8 ... 2,0) d
Profilli mil	(1,6 ... 1,8) d	(1,3 ... 1,6) d	(1,8 ... 2,0) d	(1,6 ... 1,8) d
Silindirik sıkı geçme, konik sıkı geçme	(2,2 ... 2,6) d	(2,0 ... 2,5) d	(1,2 ... 1,5) d	(0,8 ... 1,0) d
Bilezik kama	(2,0 ... 2,2) d	(1,8 ... 2,0) d	(1,6 ... 2,0) d	(1,2 ... 1,5) d

Genelde büyük değerler mukavemet değeri düşük olan, küçük değerler mukavemet değeri büyük olan malyemeler için kullanılır.

*)1 Değerler tek taraflı etki gösteren torsiyon momenti ve hafif sıra için geçerlidir. Orta sıra için değerlerin $\approx 70\%$ ve ağır sıra için değerlerin $\approx 45\%$ alınır. d₁ kamalı milin iç veya göbek çapı. Yandan devirme kuvveti etkisindeki büyük diskler, kavramalar veya tekerleklerde göbek boyu daha uzun alınmalıdır.

Tablo 2, Göbek / Mil bağlantılarında emniyet katsayıları

Bağlantı cinsi	Göbek malzemesi		
	Çelik, çelik döküm $p_{AEM} = R_e / S_A$	Kır döküm $p_{KEM} = R_m / S_K$	
Uygu kama	tek yönlü moment	$S_A \approx 1,1 \dots 1,5$	$S_K \approx 1,5 \dots 2,0$
	değişken, çift yönlü moment	1,3 ... 2,5	3,0 ... 4,0
kayan göbek kaması ^{*)2} ve kamalar		3,0 ... 4,0	3,0 ... 4,0
Profilli mil		1,5 ... 2,0	2,0 ... 3,0
kamalı miller	tek yönlü moment, darbesiz	1,3 ... 1,5	1,7 ... 1,8
	çift yönlü moment, darbeleri	2,7 ... 3,6	3,4 ... 4,0
Silindirik sıkı geçme ^{*)3}		2,5 ... 3,0	2,5 ... 3,0
Konik sıkı geçme ^{*)3}		2,5 ... 3,0	2,5 ... 3,0
Bilezik kamalar, kamalar		1,5 ... 3,0	2,0 ... 3,0

*)2 S_A veya S_K şu durumlarda daha büyük alınmalıdır:

yüksüz kaygan göbek için $\geq 3(6)$

yük altında kayan göbek için $\geq 6(12)$

*)3 Değerler $Q_G = D_N/D_{DG} \approx 0,6(0,4)$ ve çelik, çelik döküm vade kır döküm için önerilmiştir.

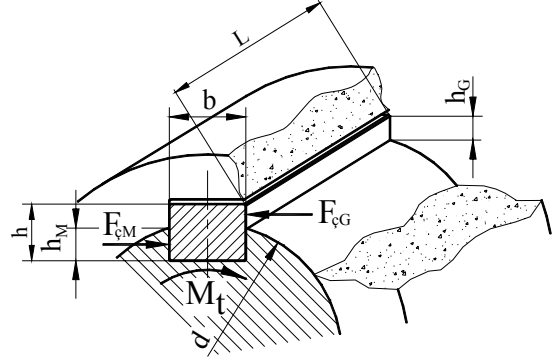
Konik geçmede $d \equiv D_N (D_{orN})$ değeri alınır.

1. Kamalı bağlantılar

1.1. Uygu kama bağlantısı

Burada verilen hesaplama tarzı pratikte tek tarflı etki gösteren ve işletme kuvveti kama boyunca eşit yayımlı yüzey basıncı için geçerlidir. Diğer şartlarda detaylı hesap tarzı veren literatüre veya ilgili standartlara göre yapılmalıdır. Standart uygu kamalarında malzeme olarak islah çeliği C 45K , W.Nr. 1.0503 kullanılmaktadır. Uygu kama bağlantıları genelde boyları $L < 0,8.d$ olursa hesaplanır. Hesaplar yan yüzeyi basıncı için dayanım bakımından zayıf olan (bu genelde göbektir) parça için yapılır. Kesmeye zorlanmadan oluşan kesme gerilimi standart uygu kamalarında pek kritik değildir.

d	mm	çap
F_{ζ}	N	kamayı etkileyen çevre kuvveti
M_t	Nmm	bağlantıdaki torsiyon momentini
h	mm	kama yüksekliği, h_G göbekte kama yüksekliği, h_M milde
L	mm	hesap için kama boyu
b	mm	Kama genişliği
n	min^{-1}	devir sayısı



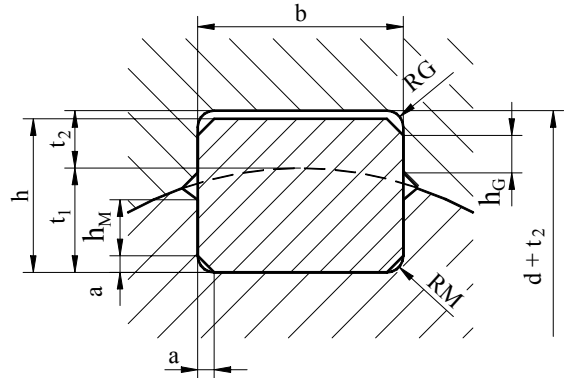
Yüzey basıncı:

$$F 1 \quad p_{he} = \frac{F_{\zeta}}{h' \cdot L' \cdot i \cdot \varphi} \leq p_{EM}$$

$$h' \approx 0,45 \cdot h$$

$$i = 1 \quad \varphi = 1 \quad \text{Genel hal}$$

$$i = 2 \quad \varphi = 0,75 \quad \text{Özel durum}$$



Kesme gerilimi:

$$F 2 \quad \tau_k = \frac{F_{\zeta}}{b \cdot L'} \leq \tau_{\zeta EM}$$

Burma (torsiyon) momenti için gerekli en küçük kama boyu:

$$F 3 \quad L' \geq \frac{F_{\zeta}}{h' \cdot p_{zul} \cdot i \cdot \varphi} \quad *)1$$

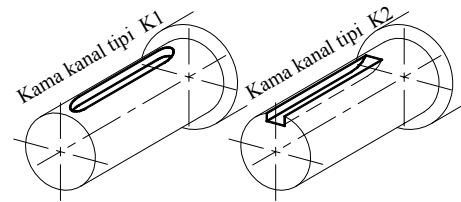
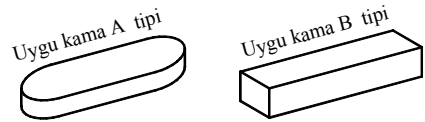
$$L' = L - b \quad \text{A tipi uygu kamalar için}$$

$$L' = L \quad \text{B tipi uygu kamalar için}$$

$$L' \leq 1,2 \cdot d \quad \text{bu orantı aşılmamalı}$$

$$\text{Çevre kuvveti} \quad F_{\zeta} = 2 \cdot M_t / d$$

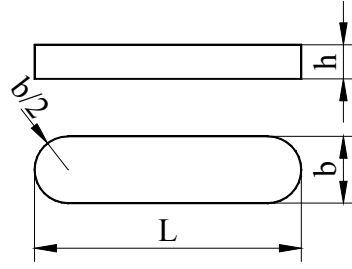
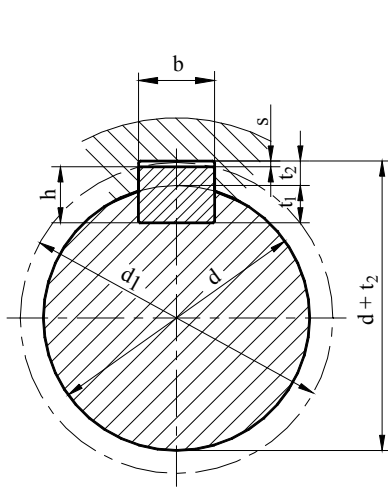
$$\text{Moment} \quad M_t = 9,55 \cdot 10^6 P_{max} / n$$



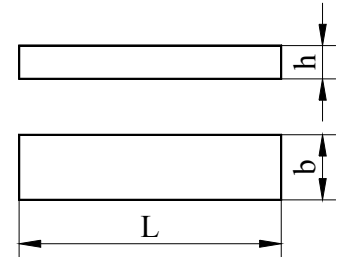
*)1 Standart kama boyları: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 122; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 28'; 320 mm

Emniyet değerleri için zayıf olan malzemenin değerleri alınır. Buda genelde göbektir.
 p_{EM} için bak Tablo 2

Tablo 3, Uygu kama boyutları, mm olarak (DIN 6585-1 e göre)



A tipi



B tipi

Tanımlama örneği: A tipi için, $b=12$ mm, $h=8$ mm, $L=56$ mm
Uygu kama DIN 6885-A 12x8x56

A ve B tipleri aralarında karışık olarakda kullanılabilir.
Örneğin kamanın bir ucu yuvarlak, diğer ucu düz olabilir.
Böyle bir kamanın tanımı:

Uygu kama DIN 6885-AB 12x8x56 dir.

Mil çapı d	Uygu kama b	h	boy sınırları L	Toleranslar		Kanal derinliği				d ₁ *)1
				min.	max.	Mil t ₁	Mil Tol.	Göbek t ₂	Göbek Tol.	
6	8	2	6 ... 20	0,2	0,42	1,2		1,0		d + 2,5
8	10	3	6 ... 36	0,2	0,42	1,8	+0,1	1,4	+0,1	d + 3,5
10	12	4	8 ... 45	0,3	0,53	2,5	0	1,8	0	d + 4,0
12	17	5	10 ... 56	0,3	0,53	3,0		2,3		d + 5,0
17	22	6	14 ... 70	0,3	0,53	3,5		2,8		d + 6,0
22	30	8	18 ... 90	0,3	0,79	4,0		3,3		d + 8,0
30	38	10	22 ... 110	0,3	0,79	5,0		3,3		d + 8,0
38	44	12	28 ... 140	0,3	0,79	5,0		3,3		d + 8,0
44	50	14	36 ... 160	0,3	0,79	5,5		3,8		d + 9,0
50	58	16	40 ... 180	0,3	0,79	6,0	+0,2	4,3	+0,2	d + 11
58	65	18	50 ... 200	0,4	0,91	7,0	0	4,4	0	d + 11
65	75	20	63 ... 220	0,4	0,91	7,5		4,9		d + 12
75	85	22	63 ... 250	0,4	0,91	9,0		5,4		d + 14
85	95	25	70 ... 280	0,4	0,91	9,0		5,4		d + 14
95	110	28	80 ... 320	0,4	0,91	10		6,4		d + 16

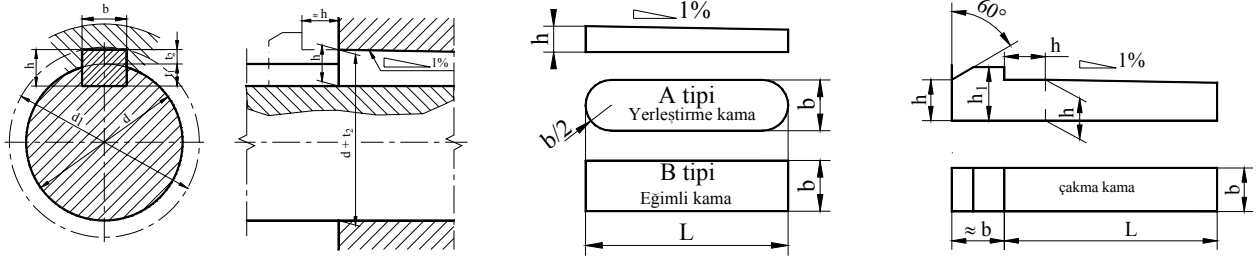
*)1 Kamalı milin tam ortalanarak geçirilebileceği en küçük çap

Tablo 4, Uygu kama kanalları için toleranslar, mm olarak

Kama boyu		6 ... 28	32 ... 80	90 ... 320
Toleranslar	Kanal boyu	+0,2 / 0	+0,3 / 0	+0,5 / 0
	Kama boyu	0 / -0,2	0 / -0,3	0 / -0,5
Kanal genişliği b		boşluklu geçme	ara geçmesi	sıkı geçme
Toleranslar	Mil	N9	N9	P9
	Göbek	H9	JS9	P9

1.2. Çakma kamalar

Tablo 5, 1% eğimli kama (DIN 6886) ve çakma kamalar(DIN 6887), boyutlar mm olarak



A, B tipi ve çakma kama için tanımlama örneği: boyutlar; b=20mm, h=12mm, L=100mm

Kama DIN 6886- A 20x12x100

Kama DIN 6886- B 20x12x100

Çakma kama DIN 6887- 20x12x100, Malzeme: C 45 K

Mil çapı		Kama			Kama boyu L	Kanal derinliği				d ₁ *)1
d büyük	d kadar	b h9	h h9 h11	h ₁		Mil		Göbek		
					t ₁	Tol.	t ₂	Tol.		
10	12	4	4	7	14 ... 45	2,5	+0,1	1,2	+0,1	d + 4
12	17	5	5	8	14 ... 56	3,0	0	1,7	0	d + 5
17	22	6	6	10	16 ... 70	3,5		2,2		d + 6
22	30	8	7	11	20 ... 90	4,0		2,4		d + 8
30	38	10	8	12	25 ... 110	5,0		2,4		d + 8
38	44	12	8	12	32 ... 140	5,0		2,4		d + 8
44	50	14	9	14	40 ... 160	5,5		2,9		d + 9
50	58	16	10	16	45 ... 180	6,0	+0,2	3,4	+0,2	d + 11
58	65	18	11	18	50 ... 200	7,0	0	3,4	0	d + 11
65	75	20	12	20	56 ... 220	7,5		3,9		d + 12
75	85	22	14	22	63 ... 250	9,0		4,4		d + 14
85	95	25	14	22	70 ... 280	9,0		4,4		d + 14
95	110	28	16	25	80 ... 320	10		5,4		d + 16

*)1 Kamalı milin tam ortalanarak geçirilebileceği en küçük çap

Tablo 6, Çakma kama kanalları için toleranslar, mm olarak

Kama boyu		14 ... 28	32 ... 80	90 ... 320
Toleranslar	Kanal boyu	+0,2 / 0	+0,3 / 0	+0,5 / 0
	Kama boyu	0 / -0,2	0 / -0,3	0 / -0,5
Kanal genişliği b		boşluklu geçme	-	sıkı geçme
Toleranslar	Mil	D10	-	P9
	Göbek	D10	-	P9

1.3. Kamalı veya dişli miller

Kamalı ve dişli mil değişken ve darbeleri etki gösteren burma (torsiyon) momenti için kullanılırlar. Mukavemet hesabı genelde tıpkı uygu kamalarında olduğu gibi kısa kama boyları için yapılır.

Kama bağlantısındaki ortalama yüzey basıncı:

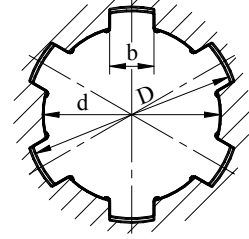
$$F 4 \quad p_{or} \approx \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t}{0,75 \cdot d_{or} \cdot h' \cdot L' \cdot i} \leq p_{EM}$$

$$h' \approx 0,4 \cdot (D-d)$$

$$d_{or} = (D+d)/2$$

c_B = işletme katsayısı
bak Tablo 17

$L' \leq 1,3 \cdot d$
daha büyük olamaz

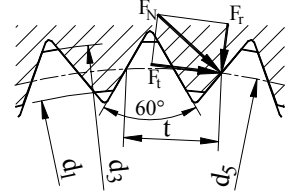


Dişli mil bağlantısı, sivri diş profili:

$$F 5 \quad p_{or} \approx \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t}{0,75 \cdot d_5 \cdot h' \cdot L' \cdot i} \leq p_{EM}$$

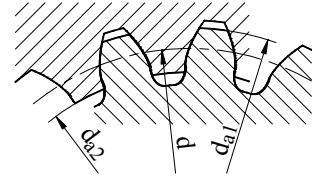
$$h' \approx 0,5 \cdot (d_3 - d_1)$$

p_{EM} siehe Tablo 2



Dişli mil, evolvent profili:

$$F 6 \quad p_{or} \approx \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t}{0,75 \cdot d \cdot h' \cdot L' \cdot i} \leq p_{EM}$$



$$h' \approx 0,5 \cdot [d_{a1} - (d_{a2} + 0,16 \cdot m)]$$

Tablo 7, Kamalı mil bağlantısı

Hafif dizi DIN ISO 14 (özet)					Orta dizi DIN ISO 14 (özet)					Ağır dizi DIN 5464 (özet)										
Merkez- leme	i	d	D	b	Merkez- leme	i	d	D	b	Merkez- leme	i	d	D	b						
iç çap merkez- lemesi	6	23	26	6	iç çap merkez- lemesi	6	11	14	3	iç çap veya profil yanağı merkez- lemesi	10	16	20	2,5						
		26	30	6			13	16	3,5			18	23	3						
		28	32	7			16	20	4			21	26	3						
iç çap veya profil yanağı merkez- lemesi	8	32	36	6			18	22	5			23	29	4	26	32	4	28	35	4
		36	40	7			21	25	5			26	32	6	32	40	5	36	45	5
		42	46	8			23	28	6			28	34	7	42	52	6	46	56	7
		46	50	9			26	32	6			32	38	6	52	60	5	56	65	5
		52	58	10			28	34	7			36	42	7	56	65	5	62	72	6
		56	62	10			42	48	8			42	48	8	62	72	6	72	82	7
iç çap veya profil yanağı merkez- lemesi	10	62	68	12	46	54	9	46	54			9	72	82	7	82	92	6		
		72	78	12	52	60	10	52	60			10	82	92	6	92	102	7		
		82	88	12	56	65	10	56	65			10	102	115	8	102	115	8		
		88	94	12	62	72	12	62	72			12	112	125	9	112	125	9		
		92	98	14	72	82	12	72	82			12								
		102	108	16	82	92	12	82	92			12								
112	120	18	92	102	14	92	102	14												
					102	112	16	102	112											
					112	125	18	112	125											

Tanımlama örneği, göbek için:
Kama profili DIN ISO 14-8x62x72

Tanımlama örneği, mil için:
Kamalı mil profili
DIN ISO 14-8x62x72

Tablo 8, DIN ISO 14 e göre profilli göbek ve mil için toleranslar

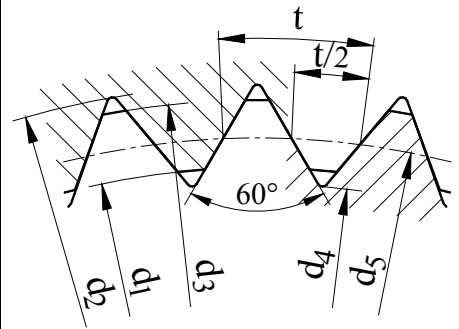
göbek için toleranslar						mil için toleranslar			
İşlendikten sonra muamele görmemiş			İşlendikten sonra muamele görmüş			b	d	D	Geçme tipi
b	d	D	b	d	D				
H9	H7	H10	H11	H7	H10	d10 f9 h10	f7 g7 h7	a11 a11 a11	boşluklu geçme ara geçmesi sıkı geçme

Tablo 9, DIN ISO 14 e göre profilli göbek ve mil için toleranslar

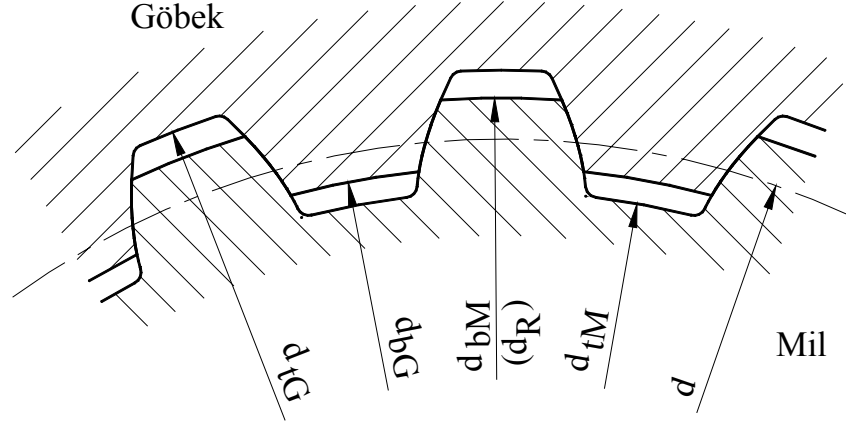
Parça	Merkezleme şekli	b		d	D	
Göbek	iç çap veya profil yanağı merkezlemesi	sertleştirilmemiş	sertleştirilmiş	H7	H11	
		D9	F10			
Mil	iç çap	mil göbekte hareketli	h8	e8	f7	a11
		mil göbekte sabit	p6	h6	f6	
	profil yanağı	mil göbekte hareketli	h8	e8	-	
		mil göbekte sabit	u6	k6	-	

Tablo 10, DIN 5481 e göre sivri diş profilli mil, ölçüler mm olarak

Anma çapı $d_1 \times d_2$	Anma ölçüsü d_1 A11	Hesap-sal d_2	Anma ölçüsü d_3 a11	Hesap-sal d_4	d_5	Hatve (d_5 için) t	Diş sayısı z
8x10	8,1	9,9	10,11	8,26	9	1,010	28
10x12	10,1	12	12	10,2	11	1,152	30
12x14	12	14,18	14,2	12,06	13	1,317	31
15x17	14,9	17,28	17,2	14,91	16	1,571	32
17x20	17,3	20	20	17,37	18,5	1,761	33
21x24	20,8	23,76	23,9	20,76	22	2,033	34
26x30	26,5	30,36	30	26,40	28	2,513	35
30x34	30,5	34,17	34	30,38	32	2,792	36
36x40	36	40,16	39,9	35,95	38	3,226	37
40x44	40	44,42	44	39,72	42	3,472	38
45x50	45	50,2	50	44,97	47,5	3,826	39
50x55	50	55,25	54,9	49,72	52,5	4,123	40
55x60	55	60,39	60,0	54,76	57,5	4,301	42



Tablo 11, DIN 5480 e göre evolvent profil dişli mil (Kavrama açısı 30°)



Özet , ölçüler mm olarak

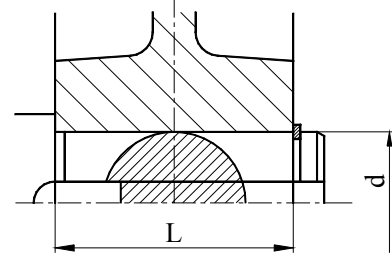
Referens çapı	Diş Sayısı	Modül	Bölüm daireesi	Mil		Göbek	
				Baş daireesi d_{bM}	Taban daireesi d_{tM}	Baş daireesi d_{bG}	Taban daireesi d_{tG}
d_R	z	m	d				
20	14	1,25	17,5	19,75	17,25	17,5	20
22	16	1,25	20	21,75	19,25	19,5	22
25	18	1,25	22,5	24,75	22,25	22,5	25
26	19	1,25	23,75	25,75	23,25	23,5	26
28	21	1,25	26,25	27,75	25,25	25,5	28
30	22	1,25	27,5	29,75	27,25	27,5	30
32	24	1,25	30	31,25	29,25	29,5	32
35	16	2	32	34,6	30,6	31	35
37	17	2	34	36,6	32,6	33	37
40	18	2	36	39,6	35,6	36	40
42	20	2	40	41,6	37,6	38	42
45	21	2	42	44,6	40,6	41	45
48	22	2	44	47,6	43,6	44	48
50	24	2	48	49,6	45,6	46	50
55	17	3	51	54,4	48,4	49	55
60	18	3	54	59,4	53,4	54	60
65	20	3	60	64,4	58,4	59	65
70	22	3	66	69,4	63,4	64	70
75	24	3	72	74,4	68,4	69	75
80	25	3	75	79,4	73,4	74	80
90	16	5	80	89	79	80	90
100	18	5	90	99	89	90	100

1.4. Uygu kama bağlantısına örnek

Kırdökümden (GG25) yapılmış bir kayış kasnağı St 50-2, W.Nr.1.0050 mile bir uygu kaması (DIN 6885 T1, FormB) ile bağlanmak isteniyor.

Bilinen büyüklükler:

$$\begin{aligned} d &= 80 \text{ H7/h6} & ; & & L &= 40 \text{ mm} \\ c_B &= 1, \text{ darbesiz ve dalgalı yüklenme.} \\ P_{\max} &= 11 \text{ kW} & ; & & n_M &= 90 \text{ d/dak} \end{aligned}$$



Kama bu şartlarla çalışır mı? Çalışırsa kama toleransları ne dir?

Kama boyutları Tablo 3 e göre: $b = 22 \text{ mm}$; $h = 14 \text{ mm}$ ve burada göbek genişliğine göre kama boyu ; $L = 40 \text{ mm}$

$$L_{GER} = 0.8 \cdot d = 0.8 \cdot 80 = 64 \text{ mm} > L = 40 \text{ mm} .$$

Eğer konstrüksiyondaki kama boyu 64 mm veya daha büyük olsaydı genelde kamayı hesaplamaya gerek kalmazdı. Fakat bu sonuca göre kama hesabı yapılmalıdır.

$$P_{he} \leq p_{EM}$$

$$P_{he} = 116 < p_{EM} = 125 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{EMGG25} = R_{mGG25} / S_K = 250 / 2$$

$$P_{EMGG25} = 125 \text{ N/mm}^2$$

$S_K = 1,5 \dots 2,0$ bak Tablo 2, Uygu kama, tek yönlü moment

$$S_K = 2,0$$

$$P_{he} = \frac{F_t}{h' \cdot L' \cdot i \cdot \varphi} = \frac{29'178}{6,3 \cdot 40 \cdot 1 \cdot 1} = 116$$

$$P_{he} = 116 \text{ N/mm}^2$$

$$F_t = 2 \cdot M_t / d_M = 2 \cdot 1167 / 0,08$$

$$F_t = 29'178 \text{ N}$$

$$M_t = P_{\max} / \omega = 11000 / 9,4$$

$$M_t = 1167 \text{ Nm}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_M = 2 \cdot \pi \cdot 90 / 60 = 9,4$$

$$\omega = 9,4 \text{ s}^{-1}$$

$$h' = 0.45 \cdot h = 0,45 \cdot 14$$

$$h' = 6,3 \text{ mm}$$

$i = 1$ ve $\varphi = 1$

Toleranslar:

	Kama	Mil	Göbek
Boy	Tablo 4	$0 / -0,3$	$+0,3 / 0$
Eni	Tablo 4	$h9$	$N9$
Yükseklik	Tablo 3	$h9$	$t_1 = 9 +0,2/0$
			$t_2 = 5,5 +0,2/0$
Açıklama:		Kama mile yerleştirilir. Montajda düşme imkanı olmaz.	Tek yönlü moment. Kayış kasnağı bağlantısı.

Kamalı veya dişli miller içinde hesaplamalar aynen bu sistemle yapılır. Hesaplanan yüzeydeki basınç, şekle göre ait olduğu formüllerle hesaplanır. Normal olarak standart kamada yüzey basıncı emniyet sınırları içindeyse, kesme mukavemet tahkiki yapılmaz.

2. Profilli bağlantılar

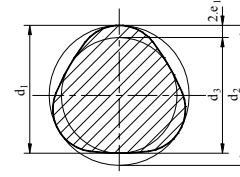
Bu bağlantılar genelde darbeleri moment nakline uygundur. Yük altında boyuna kayan bağlantı yalnız P4C-Profil dir.

Ortalama yüzey basıncı

- P3G

F 7

$$p_{or} \approx \frac{c_B \cdot M_t}{L' \cdot (0,75 \cdot \pi \cdot e_1 \cdot d_1 + 0,05 \cdot d_1^2)} \leq p_{EM}$$

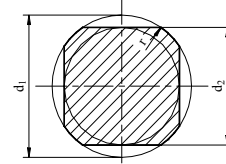


- P4C

F 8

$$p_{or} \approx \frac{c_B \cdot M_t}{L' \cdot (\pi \cdot e_r \cdot d_r + 0,05 \cdot d_r^2)} \leq p_{EM}$$

$$e_r = (d_1 - d_2) / 4 \quad d_r = d_2 + 2 \cdot e_r$$



En küçük göbek kalınlığı:

F 9

$$s \geq c \cdot \sqrt{\frac{c_B \cdot M_t}{\sigma_{Zzul} \cdot L'}}$$

Profil faktörü c için önerilen değer:

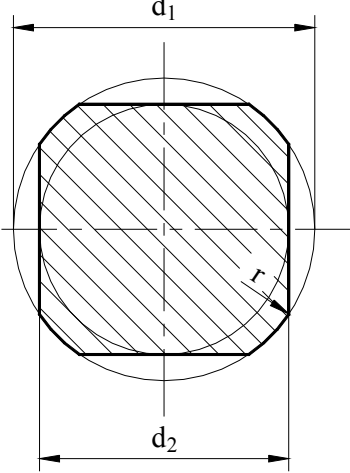
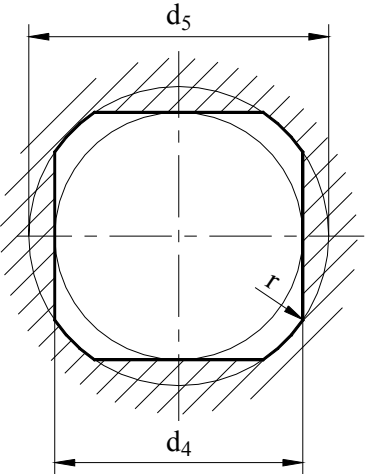
d ₁	P3G	P4C
≤ 35	1,44	0,7
> 35	1,20	

Tablo 12, P3G tipi profilli mil ve göbek

Welle	d ₁ *) ¹	d ₂	d ₃	e ₁
Nabe	d ₄ H7	d ₅	d ₆	e ₂
	14	14,88	13,12	0,44
	16	17	15	0,5
	18	19,12	16,88	0,56
	20	21,26	18,74	0,63
	22	23,4	20,6	0,7
	25	26,6	23,4	0,8
	28	29,8	26,2	0,9
	30	32	28	1
	32	34,24	29,76	1,12
	35	37,5	32,5	1,25
	40	42,8	37,2	1,4
	45	48,2	41,8	1,6
	50	53,6	46,4	1,8
	55	59	51	2
	60	64,5	55,5	2,25
	65	69,9	60,1	2,45
	70	75,6	64,4	2,8
	75	81,3	68,7	3,15
	80	86,7	73,3	3,35
	85	92,1	77,9	3,55
90	98	82	4	
95	103,5	86,5	4,25	
100	109	91	4,5	

*)1 Moment etkisi olmadan boyuna kayan bağlantılarda : g6, ve durgun (statik) bağlantılar için: k6

Tablo 13, P4C tipi profilli mil ve göbek

Mil	d_1 e9	d_2 *)1	e_1	
Göbek	d_3 H11	d_4 H7	e_2	
	14	11	1,6	
	16	13	2	
	18	15	2	
	20	17	3	
	22	18	3	
	25	21	5	
	28	24	5	
	30	25	5	
	32	27	5	
	35	30	5	
	40	35	6	
	45	40	6	
		50	43	6
		55	48	6
		60	53	6
65		58	6	
70		60	6	
75		65	6	
80		70	8	
85		75	8	
90		80	8	
95		85	8	
100	90	8		

*)1 Moment etkisi olmadan boyuna kayan bağlantılarda : g6,
durgun (statik) bağlantılar için: k6

Tanımlama örneği, P3G profilli mil için: $d_1 = 30$ und $d_2 = 32$, k6
Profil DIN 32711 – AP3G30k6

Tanımlama örneği, P4C profilli göbek için: $d_3 = 50$ und $d_4 = 43$, H7
Profil DIN 32712 – BP4C50H7

TS ye göre tanımlamalar ait oldukları standartlarda verilmiştir.

2.1. Profilli mil bağlantısına örnek

Paragraf 1.4 de verilen örnekteki değerlerle P3G ve P4C için ve darbeli ve çift yönlü yüklenmeyle hesapları yapalım.

Kasnak: Kirdökümden (GG25),

Mil: St 50-2, W.Nr.1.0050

Nominal ölçü

$d_{1P4C} \approx d_{2P3G} \approx 80 \text{ mm}$

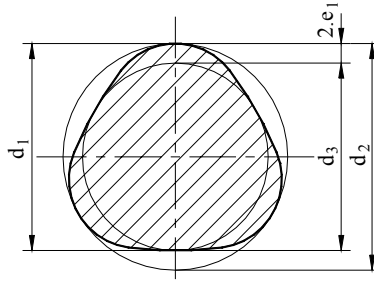
$L = 50 \text{ mm}$

$c_B = 2,$

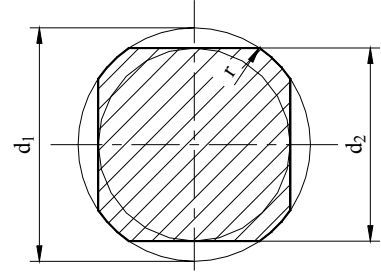
Darbeli ve çift yönlü yüklenme

$P_{\max} = 11 \text{ kW}$

$n_M = 90 \text{ d/dak}$



P3G



P4C

P3G profilinin hesaplanması

$$P_{or} \leq p_{EM} \quad P_{orP3G} = 92 \text{ N/mm}^2 > p_{EMGG25} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{EMGG25} = R_{mGG25} / S_K = 250 / 3$$

$S_K = 2,0 \dots 3,0$ bak Tablo 2, çift yönlü moment, darbeli

$$P_{orP3G} = \frac{c_B \cdot M_t}{L' \cdot (0,75 \cdot \pi \cdot e_1 \cdot d_1 + 0,05 \cdot d_1^2)} = 92$$

$$e_1 = 3,35 \text{ mm} ; d_1 = 80 \text{ mm} \text{ bak Tablo 12} , c_B = 2$$

$$M_t = P_{\max} / \omega = 11000 / 9,4 \text{ Paragraf 1.4 den}$$

P4C profilinin hesaplanması

$$P_{or} \leq p_{EM} \quad P_{orP4C} = 100 \text{ N/mm}^2 > p_{EMGG25} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{orP4C} = \frac{c_B \cdot M_t}{L' \cdot (0,75 \cdot \pi \cdot e_r \cdot d_r + 0,05 \cdot d_r^2)} = 100,58$$

$$e_r = (d_1 - d_2) / 4 = (80 - 70) / 4 = 2,5$$

$$d_r = d_2 + 2 \cdot e_r =$$

P3G biraz rizikolu.

$$S_{Khe} = 2,7 < S_K = 3,0$$

$$p_{EMGG25} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$S_K = 3,0$$

$$P_{orP3G} = 92 \text{ N/mm}^2$$

$$M_t = 1167 \text{ Nm}$$

P4C biraz rizikolu.

$$S_{Khe} = 2,5 < S_K = 3,0$$

$$P_{orP3G} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$e_r = 2,5 \text{ mm}$$

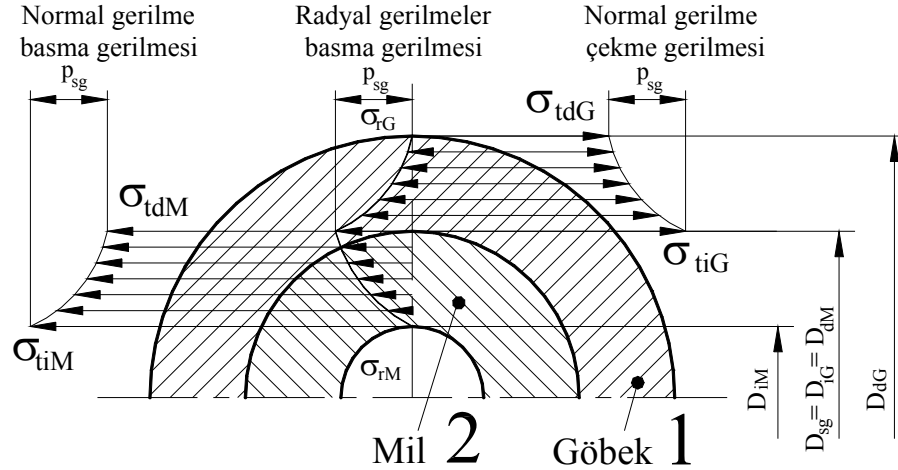
$$d_r = 75 \text{ mm}$$

İstenilen emniyet katsayısına göre sonuçlar pek iç açıcı değil. Fakat sonuçların verdiği emniyet katsayıları da 2,5 veya 2,7 . Bu değerlerde pek yabana atılacak cinsden değil. Artık iş konstruktörün kararına bağlıdır.

3. Silindirik sıkı geçmeler

3.1. Genel

Bu bağlantılar ya "**enine sıkı geçme**", yani göbek ve mil arasında ısı farkıyla yapılan birleştirme (göbek ısıtılır veya mil soğutulur), veya "**boyuna sıkı geçme**", yani pres kuvvetiyle geçme olarak iki şekilde adlandırılır.



D_{sg}	mm	Geçme çapı, nominal çap	F_t	N	Geçme çapında teğet kuvvet
D_{dG}	mm	Göbek dış çapı	L_{sg}	mm	Geçme boyu
D_{iG}	mm	Göbek iç çapı	σ_t	N/mm ²	Teğetsel gerilme
D_{dM}	mm	Milin dış çapı	σ_r	N/mm ²	Radyal gerilmeler
D_{iM}	mm	Milin iç çapı	p_{sg}	N/mm ²	sıkı geçme yüzey basıncı
F_ζ	N	Geçme çapında çevre kuvveti	R_e	N/mm ²	Akma sınırı
M_t	Nmm	Torsiyon momentini	$R_{p0,2}$	N/mm ²	Akma sınırı

Sıkı geçmeli kaval milde gerilmeler:

$$F 10 \quad \sigma_{tiG} = p_{sg} \cdot \frac{1 + Q_G^2}{1 - Q_G^2}$$

$$F 11 \quad \sigma_{tdG} = p_{sg} \cdot \frac{1 + Q_G^2}{1 - Q_G^2} - p_{sg} = \sigma_{tiG} - p_{sg}$$

$$F 12 \quad -\sigma_{tiM} = p_{sg} \cdot \frac{1 + Q_M^2}{1 - Q_M^2} + p_{sg} = \frac{2 \cdot p_{sg}}{1 - Q_M^2}$$

$$F 13 \quad -\sigma_{tdM} = p_{sg} \cdot \frac{1 + Q_M^2}{1 - Q_M^2}$$

Dolu milde gerilmeler ($D_{iM} = 0$):

$$F 14 \quad \sigma_{kariG} = \frac{2 \cdot p_{sg}}{1 - Q_G^2} \leq \frac{3}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_{eG} \text{ (veya } R_{p0,2})}{S_{pG}}$$

$$F 15 \quad \sigma_{kariM} = \sigma_{tiM} = \left| \frac{2 \cdot p_{sg}}{1 - Q_G^2} \right| \leq \frac{3}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_{eM} \text{ (veya } R_{p0,2})}{S_{pM}}$$

Sıkı geçmede hesaplar DGH ye göre yapılır
(Değişken Gerilmeler Hipotezi).

Böylece elastik ve plastik sıkı geçme halleri pratik için geçerli basitlikte hesaplanır.

Çaplar oranı:

$$Q_G = D_{sg}/D_G < 1$$

$$Q_M = D_M/D_{sg} < 1$$

R_e veya $R_{p0,2}$ değerleri malzeme büyüklüğüne göre alınır.

esnek malzeme için:

$$S_p \approx 1 \dots 1,3$$

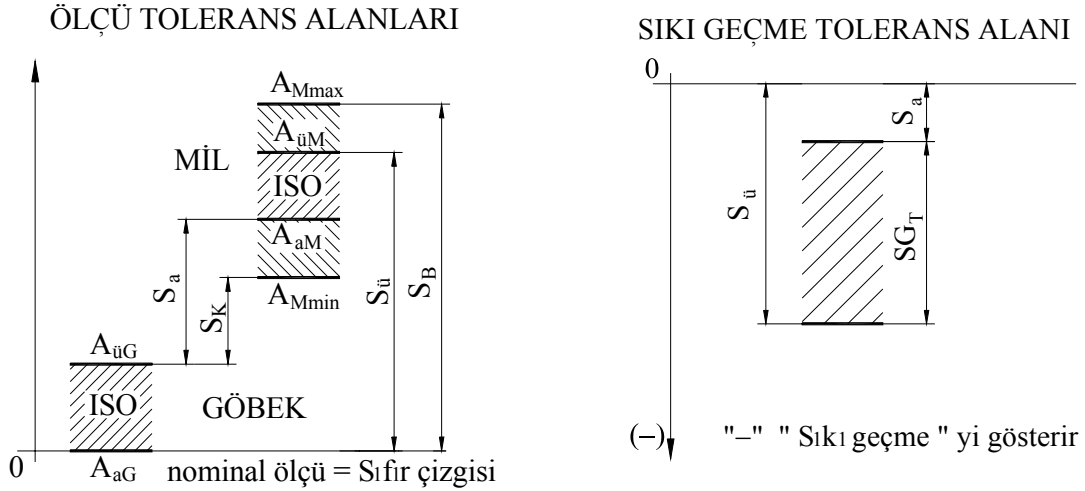
gevrek malzeme için:

$$S_p \approx 2 \dots 3$$

3.2. Hesap

Bütün sıkı geçme fonksiyonu, sıkı geçme yüzeyinin preslenmesine bağlıdır. Sıkı geçme preslemesi aşağıda Şekil 2 gösterilmiştir. Toleranslar hakkında daha detaylı bilgi için "**02 Toleranslar**" a bakınız.

Şekil 2, Ölçü ve geçme tolerans alanları



ISO veya seçmeye göre sapmalar:

$A_{üG}$ Göbek üst sapması

A_{aG} Göbek alt sapması

$A_{üM}$ Mil üst sapması

A_{aM} Mil alt sapması

S_a Sıkı geçmenin alt değeri

S_u Sıkı geçmenin üst değeri

S_a ve S_u ISO ya veya seçmeye göre hesaplanır

SG_T Sıkı geçme tolerans alanı

Genelde sapmalar:

S_B Sıkı geçme büyük değeri; malzemenin mukavemet değerine göre hesaplanır.

S_K Sıkı geçme küçük değeri; işletme fonksiyonuna göre hesaplanır.

Geçmeden önceki sapma değerleri:

F 16 $S_B = Z_b + G$

En büyük sıkı geçme değeri

F 17 $S_K = Z_k + G$

En küçük sıkı geçme değeri

En büyük sıkı geçme ölçüsü:

F 18 $Z_b = p_{sgb} \cdot D_{sg} \cdot \frac{K}{E_G}$

En üst sınır değeri malzemenin mukavemet değerine göre

En büyük emniyetli sıkı geçme yüzey basıncı:

F 19 $p_{sgbM} \leq \frac{R_{eM}}{S_{pM}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$ Dolu mil için

F 20 $p_{sgM} \leq \frac{R_{eM}}{S_{pM}} \cdot \frac{1-Q_M^2}{\sqrt{3}}$ Kaval mil için

Burada en küçük p_{sg} değeri hesap için geçerlidir.

F 21 $p_{sgG} \leq \frac{R_{eG}}{S_{pG}} \cdot \frac{1-Q_G^2}{\sqrt{3}}$ Göbek için

Sıkı geçme montajında düzleşme

$$F 22 \quad G \approx 0,8 \cdot (R_{ziG} + R_{zdM})$$

R_{ziG} ve R_{zdM} ya bilinir veya seçilir.
Elastik geçmede dikkate alınacak yardımcı değerler:

$$F 23 \quad K = \frac{E_G}{E_M} \cdot \left(\frac{1+Q_M^2}{1-Q_M^2} - \nu_M \right) + \frac{1+Q_G^2}{1-Q_G^2} + \nu_G$$

En küçük sıkı geçme ölçüsü:

$$F 24 \quad Z_k = p_{sgk} \cdot D_{sg} \cdot \frac{K}{E_G}$$

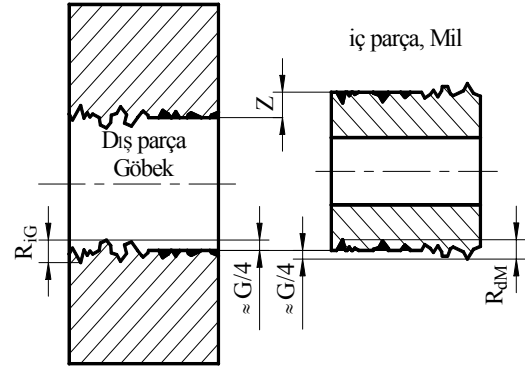
En küçük geçme basıncı:

$$F 25 \quad p_{sgk} = \frac{F_{hes}}{A_{sg} \cdot \mu_0}$$

$$F 26 \quad F_{hes} = (c_B \cdot S_H) \cdot F_{boy}$$

$$F 27 \quad F_{hes} = (c_B \cdot S_H) \cdot F_t$$

$$F 28 \quad F_{hes} = (c_B \cdot S_H) \cdot F_{Bihe}$$



En küçük sıkı geçme ölçüsü işletme fonksiyonuna göre hesaplanır

E N/mm² Elastikiyet modülü

ν [-] Poisson sayısı

F_{hes} Hesap için gerekli kuvvet

A_{sg} geçme yüzey alanı

$$A_{sg} = \pi \cdot D_{sg} \cdot L_{sg}$$

μ_0 Geçme yüzeyinde sürtünme katsayısı

Tutma katsayısı: $S_H \approx 1,5 \dots 2$

c_B İşletme katsayısı Tablo 17

$$F_{Bihe} = \sqrt{F_{boy}^2 + F_t^2}$$

3.3. Montaj**Boyuna sıkı geçme için gerekli pres kuvveti.**

$$F 29 \quad F_{sg} \approx A_{sg} \cdot p'_{sg} \cdot \mu_{sg}$$

$$F 30 \quad p'_{Fg} = \frac{(\ddot{U}_O - G) \cdot p_{Fg}}{Z_g} = \frac{(\ddot{U}_O - G) \cdot E_A}{D_F \cdot K}$$

$$S_B = A_{aG} - A_{üM}$$

μ_{sg} aus der Tablo 15

Enine sıkı geçme için gerekli ısı:

$$F 31 \quad \vartheta_G \approx \vartheta + \frac{S_B + S_{Tol}}{\alpha_G \cdot D_{sg}} + \frac{\alpha_M}{\alpha_G} \cdot (\vartheta_M - \vartheta)$$

ϑ çevre ısı (20°C).

$S_{Tol} \approx D_{sg}/1000$ veya daha emin

$S_{Tol} \approx S_B/2$

Tablo 14, Mekanik değerler

Malzeme	Poisson sayısı ν	Genişleme katsayısı α in K ⁻¹		özümlü ağırlık $\rho \approx \text{kg/m}^3$ olarak
		Isıtma	Soğutma	
Çelik	0,3	$11 \cdot 10^{-6}$	$-8,5 \cdot 10^{-6}$	7'800
Kır döküm	0,24 ... 0,26	$10 \cdot 10^{-6}$	$-8 \cdot 10^{-6}$	7'200
Cu-alışımı	0,35 ... 0,37	$(16 \dots 18) \cdot 10^{-6}$	$(-14 \dots -16) \cdot 10^{-6}$	$\leq 8'900$
Al-alışımı	0,3 ... 0,34	$23 \cdot 10^{-6}$	$-18 \cdot 10^{-6}$	$\geq 2'700$

Tablo 15, Tutma (Sürtünme) katsayısı (önerilen değerler)

İç parça (Mil) çelikten		Boyuna sıkı geçme tutma katsayısı μ		Enine sıkı geçme tutma katsayısı μ
Dış parça	Yağlama	Çözme μ_{sg}	Kayma μ	Sıkı geçme
Çelik, ÇD	Yağlı	0,07 ... 0,08	0,06 ... 0,07	0,12
	kuru	0,1 ... 0,11	0,08 ... 0,09	0,18 ... 0,2
Kır döküm	Yağlı	0,06	0,05	0,1
	kuru	0,10 ... 0,12	0,09 ... 0,11	0,16
Cu-alışım	Yağlı	-	-	-
	kuru	0,07	0,06	0,17 ... 0,25
Al-alışım	Yağlı	0,05	0,04	0,1 ... 0,15
	kuru	0,07	0,06	0,3 ... 0,45

Tablo 16, Isı ile geçirmede, emniyetli geçirme ısısı (önerilen değerler)

Göbek malzemesi	max. geçirme ısısı °C
İmalat çeliği, Çelik döküm, GGG ..	350
İslah edilmiş çelik veya çelik döküm	300
yüzeyi sertleştirilmiş çelik	250
Semente edilmiş çelik veya yüksek kaliteli imalat çeliği	200

İletilen max. moment:

- Tam dolu dış parça (Göbek)

$$F 32 \quad M_{tmax} \leq \frac{p_{sg} \cdot D_{sg}^2 \cdot \pi \cdot L_{sg} \cdot \mu}{2 \cdot c_B \cdot S_H}$$

- Çeşitli çaplı dış parça

$$F 33 \quad M_{tmax} = M_{t1} + M_{t2} + \dots + M_{tn}$$

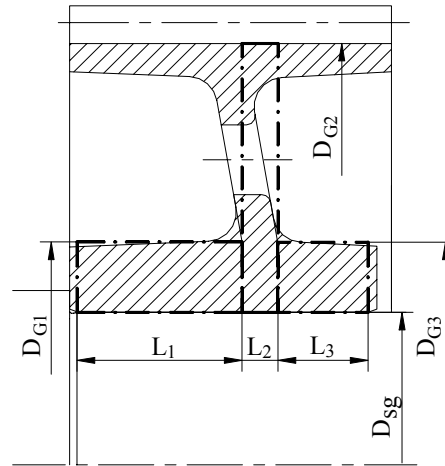
$$F 34 \quad M_{ti} \leq \frac{p_{sg} \cdot D_{sg}^2 \cdot \pi \cdot L_{si} \cdot \mu}{2 \cdot c_B \cdot S_H}$$

Sınır devir sayısı:

$$F 35 \quad n_{SI} = \frac{2}{\pi \cdot D_G} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p'_{sga}}{(3 + \nu_G) \cdot (1 - Q_G^2)} \cdot \rho_G}$$

$\nu_G = 0,3$ alınır

$$F 36 \quad n_{SI} \approx 29 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\frac{p'_{sga}}{D_G^2 \cdot (1 - Q_G^2)} \cdot \rho_G}$$



Burada göbek çelikten tam dolu rotasyon disk kabul edilmiştir.

n_{SI}	min^{-1}	Sınır devir sayısı
D_G	mm	Göbek dış çapı
p'_{sga}	N/mm^2	Geçmede en küçük yüzey basıncı
ρ_G	kg/m^3	Göbeğin özgül ağırlığı

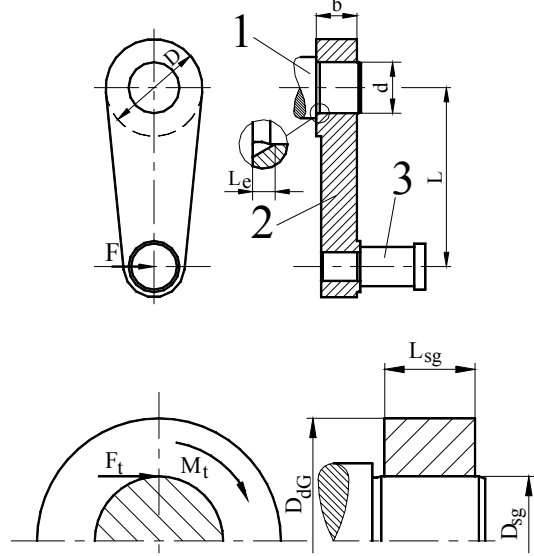
3.4. Silindrik sıkı geçmeye örnek

Şekildeki krank kolu enine sıkı geçme olarak konstrüksiyonu yapılmıştır. Göbek delik birimi sistemine göre H7 olarak seçilmiştir. Mil ISO ya göre 6 kaliteden seçilmesi ön görülmüştür. Milin toleransı ne kadar olmalı dır?

Göbeği monte etmek için ne kadar ısıtmak gereklidir?

Bilinen değerler:

Mil çapı	$d = 100 \text{ mm}$
max. Kuvvet	$F_{\max} = 8 \text{ kN}$
Eksenler mesafesi	$L = 300 \text{ mm}$
Kabul edilen dış çap	$D = 200 \text{ mm}$
Göbek genişliği	$b = 80 \text{ mm}$
Motaj eğimi	$L_e = 4 \text{ mm}$
1. Poz. Mil için	$R_{zdM} = 6 \mu\text{m}$
2. Poz. Göbek için	$R_{ziG} = 10 \mu\text{m}$
Geçmede sürtünme katsayısı	$\mu_0 = 0,14$
Tutma emniyet katsayısı	$S_A = 2$



Problemin krokisi

Mil	St 50-2, 1.0050	Göbek	St44-2, 1.0044
$R_{eM} = 265 \text{ N/mm}^2$	$E_M = 210'000 \text{ N/mm}^2$	$R_{eG} = 245 \text{ N/mm}^2$	$E_G = 210'000 \text{ N/mm}^2$
$\nu_M = 0,3$	$R_{zaM} = 0.0063 \text{ mm}$	$\nu_G = 0,3$	$R_{ziG} = 0.010 \text{ mm}$
$D_{sg} = 100 \text{ mm}$	$Q_M = 0$	$D_{dG} = 200 \text{ mm}$	$Q_G = 0,5$
$c_B = 1 \text{ Kuvvet max.}$		$A_{üG} = 0,035 \text{ mm}$	$A_{aG} = 0$

$$p_{sgk} = \frac{F_{hes}}{A_{sg} \cdot \mu_0} = \frac{96'000}{23'876 \cdot 0,14} = 28,7 \quad \text{F 25 ile}$$

$$p_{sgk} = 28,7 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{hes} = F_t = c_B \cdot S_A \cdot F_\zeta = 1 \cdot 2 \cdot 48 = 96$$

$$F_{hes} = 96 \text{ kN}$$

$$F_\zeta = 2 \cdot F_{\max} \cdot L / D_{sg} = 2 \cdot 8'000 \cdot 300 / 100 = 48'000$$

$$F_\zeta = 48 \text{ kN}$$

$$A_{sg} = \pi \cdot D_{sg} \cdot L_{sg} = \pi \cdot 100 \cdot 72 = 23'876$$

$$A_{sg} = 23'876 \text{ mm}^2$$

$$L_{sg} = b - 2 \cdot L_e = 80 - 2 \cdot 4 = 72$$

$$L_{sg} = 72 \text{ mm}$$

$$p_{sgb} = p_{sgG} \leq \frac{R_{eG}}{S_{pG}} \cdot \frac{1 - Q_G^2}{\sqrt{3}} = \frac{245}{1} \cdot \frac{1 - 0,5^2}{\sqrt{3}} = 105$$

$$p_{sgb} = 105 \text{ N/mm}^2$$

$$K = \frac{E_G}{E_M} \cdot \left(\frac{1 + Q_M^2}{1 - Q_M^2} - \nu_M \right) + \frac{1 + Q_G^2}{1 - Q_G^2} + \nu_G$$

$$K = 2,666667$$

$$Z_k = p_{sgk} \cdot D_{sg} \cdot \frac{K}{E_G} = 28,7 \cdot 100 \cdot 2,667 / 210'000$$

$$Z_k = 0,0365 \text{ mm}$$

$$Z_b = p_{sgb} \cdot D_{sg} \cdot \frac{K}{E_G} = 105 \cdot 100 \cdot 2,667 / 210'000$$

$$Z_k = 0,1333 \text{ mm}$$

$$G \approx 0,8 \cdot (R_{ziG} + R_{zdM}) \approx 0,8 \cdot (0,010 + 0,006) = 0,0128$$

$$G = 0,0128 \text{ mm}$$

$$S_B = Z_b + G = 0,1333 + 0,0128 =$$

$$S_B = 0,146 \text{ mm}$$

$$S_K = Z_k + G = 0,0365 + 0,0128 =$$

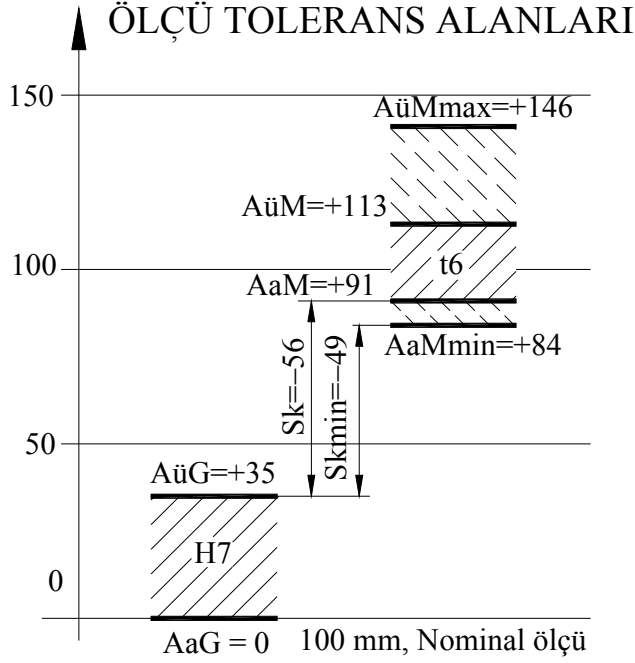
$$S_K = 0,049 \text{ mm}$$

$$A_{oM \max} = A_{aG} + S_B = 0 + 0,146 = +0,146$$

$$A_{oM \max} = +0,146$$

$$A_{uM \min} = A_{oG} + S_K = 0,035 + 0,049 = -0,084$$

$$A_{uM \min} = +0,084$$



Kalite IT6, 100 mm için 22 µm

$$A_{aM} = 91 \text{ µm} > A_{aM \min} = 84 \text{ µm}$$

$$A_{üM} = 91 + 22 = 113 \text{ µm}$$

Böylece aranan mil toleransları bulunmuş olur.

$$A_{aM} = 91 \text{ µm}$$

$$A_{üM} = 113 \text{ µm}$$

Enine sıkı geçme için gerekli temperatur

F 31 ile şu değerleri hesaplırsak:

Hakiki sıkı geçme $S_B = 0,113 \text{ mm}$

Sıkı geçme toleransı $S_{Tol} \approx S_B/2$

Genişleme katsayısı $\alpha_G = 11 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$

Çevre ısısı $\vartheta = 20^\circ C$

$$\vartheta_G \approx \vartheta + \frac{1,5 \cdot S_B}{\alpha_G \cdot D_{sg}} = 20 + \frac{1,5 \cdot 0,113 \cdot 10^6}{11 \cdot 100} =$$

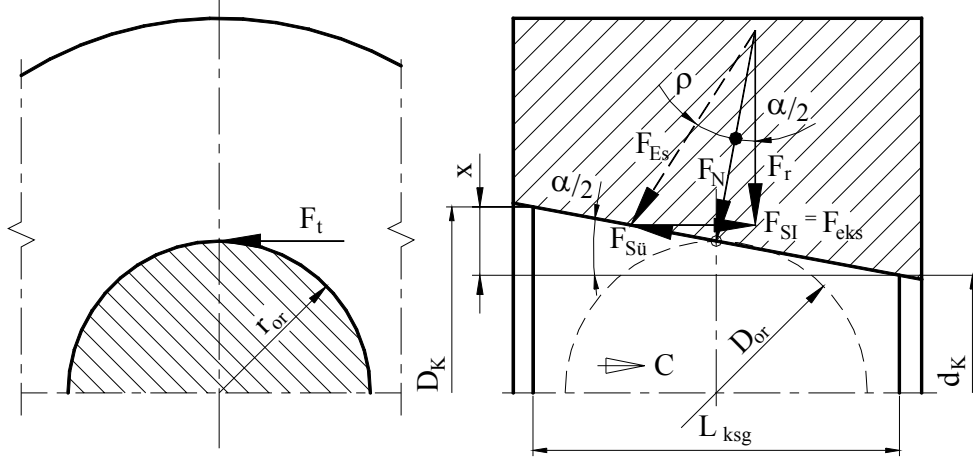
$$\vartheta_G = 174^\circ C$$

Tablo 16 ile imalat çeliği için $\vartheta_{\max} = 350^\circ C \geq \vartheta_G = 174^\circ C$.

Böylece konstrüksiyon için gerekli bütün değerler bulunmuş olur.

4. Konik geçmeler

Konik geçmeler prensipte kama fonksiyonudur. Aynı zamanda konik geçmeler özel boyuna sıkı geçme olarakta düşünebilirler.



D_K	mm	konikliğin büyük çapı
d_K	mm	konikliğin küçük çapı
D_{or}	mm	konikliğin ortalama çapı
L_{ksg}	mm	konik geçmenin boyu

α	°	koniklik açısı
ρ	°	sürtünme açısı
C	[-]	koniklik
F	N	kuvvet ($F_{eks} = F_{sg}$)

Koniklik C:

$$F 37 \quad C = \tan \alpha = \frac{D_K - d_K}{L_{ksg}}$$

Koniklik açısı

$$F 38 \quad \frac{C}{2} = \tan(\alpha/2) = \frac{D_K - d_K}{2 \cdot L_{ksg}}$$

Ana bağıntı:

$$F 39 \quad M_{tKons} \geq M_{tFonk}$$

Mil ve göbek çelik ise kilitleme koşulu;

$C \leq 1:5$ olmalıdır. Buda:

Sürtünme açısı $\rho \geq \alpha/2$ Koniklik açısı demektir.

$$\tan \rho = \mu \quad \text{atan } \mu = \rho$$

M_{tKons} Konstrüksiyona göre torsiyon momenti

M_{tFonk} Bilinen veya şartnameye göre hesaplanan torsiyon momenti

4.1. Konik geçme, kama olarak

Konstrüksiyona göre torsiyon momenti:

$$F 40 \quad M_{tKons} = F_t \cdot r_{or}$$

$$r_{or} = \frac{D_{or}}{2} = \frac{D_K + d_K}{4}$$

Teğetsel kuvvet:

$$F 41 \quad F_t = F_{Sü} = F_N \cdot \mu$$

bak Tablo 15 $F_t = F_{Sü} = \frac{2 \cdot M_t}{D_{or}}$

Presleme için gerekli kuvvet:

$$F 42 \quad F_{sp} \geq S_H \cdot \frac{2 \cdot M_t \cdot \sin(\rho + \alpha/2)}{D_{or} \cdot \sin \rho}$$

M_t Hesaplamak için geçerli moment. Eğer nominal moment biliniyorsa:

$M_t = c_B \cdot M_{tNom}$ olarak hesaplanır.

$S_H = 1,2 \dots 1,5$ tutma emniyet katsayısı

Hesaplanan geçme yüzey basıncı

$$F 43 \quad p_{ksgHes} = \frac{F_{sg} \cdot \cos \rho}{\pi \cdot D_{or} \cdot L_{ksg} \cdot \sin(\rho + \alpha/2)} \leq p_{sgEM} \quad p_{sgEM} \text{ bak Tablo 2}$$

Nakil edilebilinen max. torsiyon momenti

F 44

$$M_t \leq \frac{p_{ksgHes} \cdot D_{or}^2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot L_{sg}}{2 \cdot \cos(\alpha/2)}$$

Hedef ve gayeye göre moment c_B ve S_H ile büyütülür.

4.2. Konik geçme, boyuna sıkı geçme olarak**En küçük sıkı geçme ölçüsü:**

F 45

$$Z_k = \frac{p_{sgk} \cdot D_{or} \cdot K}{E_G \cdot \cos(\alpha/2)}$$

Yardımcı faktör " K " F 23 ile hesaplanır.
En küçük geçme yüzey basıncı
" p_{sgk} " F 25 ile hesaplanır.

En büyük sıkı geçme ölçüsü:

F 46

$$Z_b = \frac{p_{sgb} \cdot D_{or} \cdot K}{E_G \cdot \cos(\alpha/2)}$$

En büyük geçme yüzey basıncı
" p_{sgb} " F 19 ile hesaplanır.

En küçük gerekli geçme yüzey basıncı:

F 47

$$p_{sgkGER} = \frac{2 \cdot M_t \cdot \cos(\alpha/2)}{\pi \cdot D_{or}^2 \cdot L_{ksg} \cdot \mu} \leq p_{EM}$$

$$F_N = \frac{2 \cdot M_t}{D_{or} \cdot \mu} \quad M_t = 0,5 \cdot F_N \cdot D_{or} \cdot \mu$$

Nakil edilebilinen max. torsiyon momenti:

F 48

$$M_{tmax} \leq \frac{p_{sgb} \cdot D_{or}^2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot L_{sg}}{2 \cdot \cos(\alpha/2)}$$

Hedef ve gayeye göre moment c_B ve S_H ile büyütülür.

Gerekli geçme basıncını elde edecek en küçük itme boyu:

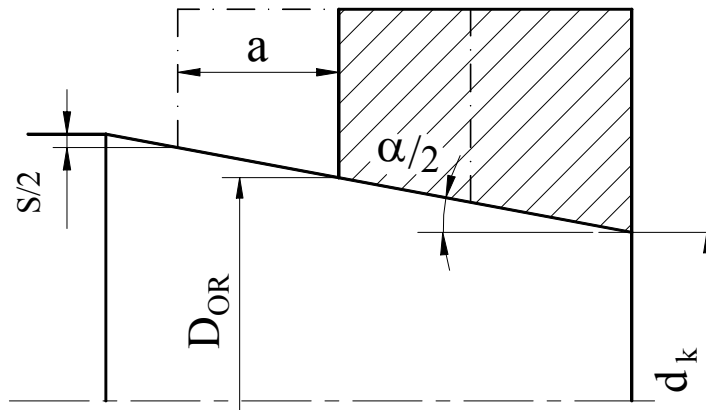
F 49

$$a_{min} = \frac{S_a}{2 \cdot \tan(\alpha/2)} = \frac{Z_k + G}{2 \cdot \tan(\alpha/2)}$$

Gerekli geçme basıncını elde edecek en büyük itme boyu:

F 50

$$a_{max} = \frac{S_{\bar{u}}}{2 \cdot \tan(\alpha/2)} = \frac{Z_b + G}{2 \cdot \tan(\alpha/2)}$$

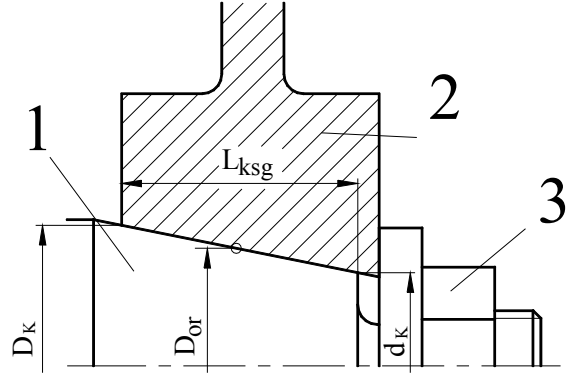


4.3. Konik geçmeye örnek

Resimde gösterilen kayış bağlantısı konik geçme olarak düşünülmüştür. Acaba konstrüksiyon bu yüklenmeyi çeker mi?

Bilinen değerler:

max. Güç	$P_{\max} = 11 \text{ kW}$
Mil devir sayısı	$n = 410 \text{ dak}^{-1}$
Ortalama konik çapı	$D_{\text{or}} = 35 \text{ mm}$
Konik boyu	$L_{\text{ksg}} = 35 \text{ mm}$
Koniklik	$C = 1 : 4$
Sürtünme katsayısı	$\mu_0 = 0,14$
Tutma emniyet katsayısı	$S_A = 1,5$
Milin malzemesi	8.8 kaliteli
cıvata malzemesi gibi kabul ediliyor.	
Göbek malzemesi	GS 60, 1.0558
1. Poz. Mil için	$R_{zM} = 6 \mu\text{m}$
2. Poz. Göbek için	$R_{zG} = 10 \mu\text{m}$
3. Poz. Somun	M 16,
	$\mu_{\text{ges}} \approx 0,12.$
	Somun moment ayarlı tork anahtarıyla sıkılacak.



Bağlantının kama olarak hesaplanması:

Fonksiyon için $F_{\text{spGER}} \leq F_{\text{önM16min}}$ koşulu sağlanmalıdır. Cıvata değerleri 8. bölümden.

$$F_{\text{önM16min}} = 81/1,6 \approx 50,625 \text{ kN}$$

$$F_{\text{önM16min}} = 50 \text{ kN}$$

$$F_{\text{spGER}} \geq S_H \frac{2 \cdot M_{\text{tFonk}}}{D_{\text{or}}} \cdot \frac{\sin(\rho + \alpha/2)}{\sin \rho} = 40'960,89$$

F 42

$$F_{\text{spGER}} = 41 \text{ kN}$$

$$S_H = S_A = 1,5$$

$$S_H = 1,5$$

$$M_{\text{tFonk}} = P_{\max} / \omega = 11'000 / 42,935 = 256,201$$

$$M_{\text{tFonk}} = 256,2 \text{ Nm}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 410 / 60 = 42,935$$

$$\omega = 43 \text{ s}^{-1}$$

$$r_{\text{or}} = D_{\text{or}} / 2 = 35 / 2$$

$$r_{\text{or}} = 17,5 \text{ mm}$$

$$\rho = \arctan \mu_0 = \arctan 0,14 = 8,530766$$

$$\rho = 7,96961^\circ$$

$$\alpha = \arctan C = \arctan 0,25 =$$

$$\alpha = 14,036243^\circ$$

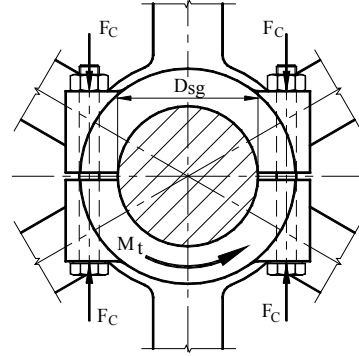
$$\text{Böylece } F_{\text{spGER}} = 41 \text{ kN} \leq F_{\text{önM16min}} = 50 \text{ kN}$$

koşulu sağlanmış olur ve konstrüksiyon bu şekilde imal edilebilir.

5. Sıkma geçmeler

5.1. İki parçalı sıkma geçme

D_{sg}	mm	Geçme çapı, nominal çap
F_{ϕ}	N	Geçmede çevre kuvveti
$F_{Sü}$	N	Geçmede sürtme kuvveti
M_t	Nmm	Torsiyon momentini
F_C	N	Cıvata da toplam kuvvet
F_{S1}	N	Sıkıştırma kuvveti
L_{sg}	mm	Geçme boyu
p_{sg}	N/mm ²	sıkı geçme yüzey basıncı



En küçük geçme yüzey basıncı:

$$F 51 \quad p_{sgk} \geq \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t \cdot S_H \cdot K}{\pi \cdot D_{sg}^2 \cdot L_{sg} \cdot \mu} \leq p_{EM}$$

Cıvata da gerekli sıkıştırma kuvveti:

$$F 52 \quad F_{S1} \geq \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t \cdot S_H \cdot K}{n_{Ci} \cdot \pi \cdot D_{sg} \cdot \mu}$$

Montajda hakiki geçme yüzey basıncı:

$$F 53 \quad P'_{sgM} = \frac{n_{Ci} \cdot F_C}{D_{sg} \cdot L_{sg}} \leq p_{sgEM}$$

$$S_H = 1,5 \dots 2,0$$

$$n_{Ci} = \text{Cıvata sayısı}$$

$$K = 1 \quad \text{eşit dağılmış geçme yüzey basıncı}$$

$$K = \pi^2/8 \quad \text{kosinus dağılımlı basınç}$$

$$K = \pi/2 \quad \text{çizgisel dağılımlı basınç}$$

$$P_{sgEM} \quad \text{bak Tablo 2}$$

$$c_B \quad \text{İşletme katsayısı Tablo 17}$$

Önerilen geçme toleransı: H7/k6

Özel haller için bak;

"02 Toleranslar ve Ölçülendirme"

5.2. Bir tarafı yarık sıkma geçme

Göbek yarısında gerekli pres kuvveti:

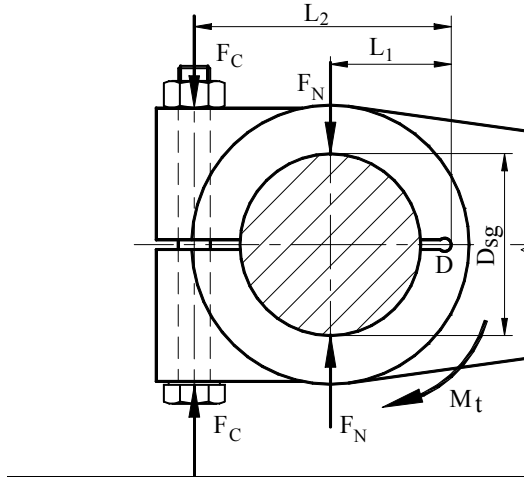
$$F 54 \quad F_N \geq \frac{c_B \cdot M_t}{D_{sg} \cdot \mu}$$

Cıvata da gerekli sıkıştırma kuvveti:

$$F 55 \quad F_{S1} \geq \frac{c_B \cdot M_t \cdot L_1 \cdot S_H}{n_{Ci} \cdot D_{sg} \cdot \mu \cdot L_2}$$

Montajda hakiki yüzey basıncı:

$$F 56 \quad P'_{sgM} = \frac{n_{Ci} \cdot F_C}{D_{sg} \cdot L_{sg}} \cdot \frac{L_2}{L_1} \leq p_{sgEM}$$



Ek bilgiler:

Önerilen geçme toleransı: H7/g6

$F_C = F_{ÖN}$ bak "08 Cıvatalar",

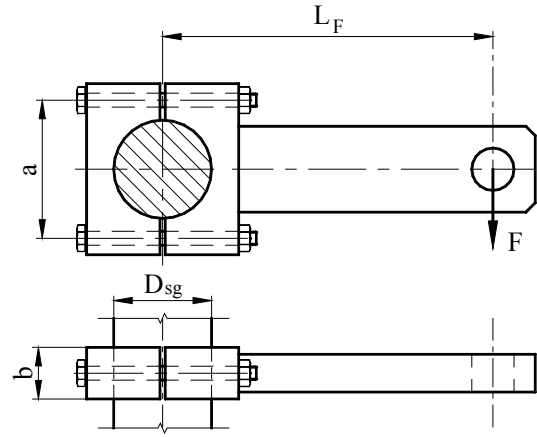
Özel haller için kabul edilecek toleranslar; bak "02 Toleranslar ve Ölçülendirme"

5.3. Sıkma geçmelere örnek

Şalter kolu olarak kullanılan kol montaj kolaylığı için iki parçalı yapıma zorunluğunda olduğundan şekilde gösterildiği gibi konstrüksiyonu yapılmıştır.

Bilinen değerler:

Kuvvet	$F = 600 \text{ N}$
Kuvvet kolu	$L_F = 125 \text{ mm}$
Tutma emniyet katsayısı	$S_H = 1,5$
Sürtünme katsayısı	$\mu_0 = 0,14$
Geçme çapı	$D_{sg} = 25 \text{ mm}$
Geçme boyu	$L_{ksg} = b = 20 \text{ mm}$
Malzeme	Mil St 50-2, Göbek St 37-2,



Cıvatalar hangi büyüklükte olmalıdır?

Eğer depoda 8.8 kalitesinde cıvata varsa. Konstrüksiyonun diğer değerleri doğru mudur?

Geçme toleransı ne olmalıdır?

Bağlantının hesaplanması:

Fonksiyon için $F_{\text{önGER}} \leq F_{S_{\text{min}}}$ ve $P_{sgM} < P_{EM}$ koşulu sağlanmalıdır.

$$F_{\text{önM8max}} = 18,6 \text{ kN} > F_{S_1} = 16,4 \text{ kN}$$

bak "08 Cıvatalar"

M 8

$$F_{S_{\text{imax}}} = \alpha_A \cdot F_{\text{ön}} = 1,6 \cdot 10,2 = 16'370$$

$$F_{S_1} = 16,4 \text{ kN}$$

$\alpha_A = 1,6$ moment ayarlı tork anahtarıyla sıkma

bak "08 Cıvatalar"

$$\alpha_A = 1,6$$

$$F_{S_1} \geq \frac{2 \cdot c_B \cdot M_t \cdot S_H \cdot K}{n_{C_i} \cdot \pi \cdot D_{sg} \cdot \mu_0} = 10'231,39$$

F 52

$$F_{S_1} = 10,2 \text{ kN}$$

$$M_{tFonk} = F \cdot L_F = 600 \cdot 125 = 75'000$$

$$M_{tFonk} = 75 \text{ Nm}$$

$K = 1$ eşit dağılmış geçme yüzey basıncı için ve en küçük değer. Böylece küçük bir emniyet kazanılır.

$$K = 1$$

$n_{C_i} = 2$ Bağlantıda sıkmayı gerçekleştiren cıvata sayısı

$$n_{C_i} = 2$$

$$p'_{sgM} = \frac{n_{C_i} \cdot F_{\text{önM8}}}{D_{sg} \cdot L_{sg}} = 74,4$$

$$p'_{sgM} = 75 \text{ N/mm}^2$$

$S_A = 2,5$ Tablo 2 den silindirik sıkı geçme için

$$S_A = 2,5$$

$$p_{EM} = R_{eSt37} / S_A = 235 / 2,5 = 94$$

$$p_{EM} = 94 \text{ N/mm}^2$$

Geçmede H7/k6 toleransları önerilen değerlerden alınır ve konstrüksiyon işler olarak kabul edilir.

Tablo 17, İşletme katsayısı c_B

Makinanın tanımı ve örnekler	İşletmenin tanımı	Çarpmanın (darbenin) şekli	İşletme katsayısı c_B
Elektrikli makinalar, türbinler, körükler, emici vantilatörler, taşlama makinaları, v.s	Muntazam çalışan, elektrik motoru ile tahrik edilen makinalar	hafif	1,0-1,1
Isı makinaları, planyalar, pistonlu komprosörler, vurmali makinalar, v.s.	İleri geri hareketle vede darbeli çalışan makinalar	orta	1,2-1,5
Presler, profil makasları, hizarlar, tomruk bıçkıları, v.s.		kuvvetli	1,6-2,0
Çekiçler, konkasörler, taş kırıcıları, dövme presleri, hadde makinaları, v.s.	Darbeli çalışan makinalar	çok kuvvetli	2,0-3,0

6. Konu İndeksi**B**

Boyuna sıkı geçme..... 16

Ç

Çakma kamalar 8

D

Dişli miller 9

E

Enine sıkı geçme..... 16

G

G/M-bağlantısında emniyet katsayıları..... 5

Iİşletme katsayısı c_B 27**K**

Kamalı miller 9

Konik geçme 22

Koniklik C..... 22

P

Profilli miller..... 13

S

Sıkma geçmeler..... 25

Silindrik sıkı geçmeler 16

U

Uygu kama boyutları..... 7

Uygu kamaları..... 6