



TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Mekanik Yapı Elemanları

• Bağlama Elemanları: Kamalar

Doç. Dr. Garip GENÇ

Kaynaklar :

1. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Mechanical Engineering Design
2. R. C. Hibbeler, Mechanics of Materials
3. Prof. Dr. Nihat Akkuş, Ders Notları
4. Prof. Dr. İrfan Kaymaz, Ders Notları
5. Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU, Ders Notları

www.garipgenc.com

Page 1

➤ Bağlama Elemanları

- ✓ Bağlama elemanları; makinayı oluşturan parçaları, özelliklerini bozmadan, fonksiyonlarını ortadan kaldırmadan birbirine bağlayan elemanlardır. Çoğunlukla standart büyüklüklerde seri olarak imal edilirler. Standartları vardır. İstenilen tasarıma göre seçilirler.

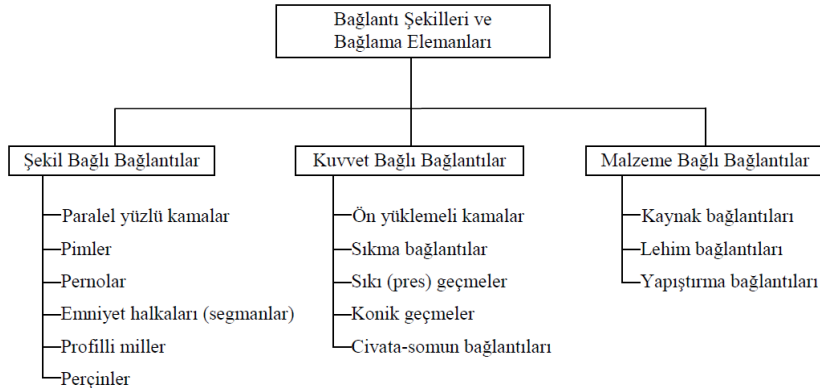


www.garipgenc.com

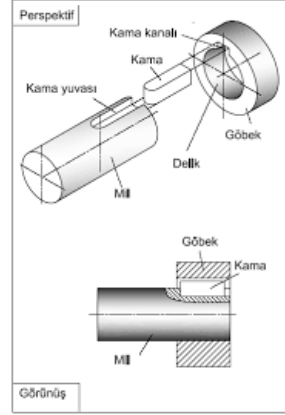
Page 2

• **Bağlama elemanları, bağlantı şekillerine göre 3 grupta toplanırlar:**

- 1) **Şekil bağı bağlantılar:** Kuvvet iletimini bağlantı elemanının şekli ve geometrisi sağlar. Bağlantı elemanı çıkarıldığında kuvvet aktarımı ortadan kalkar. Paralel yüzlü kamalar, pimler, pernolar, emniyet halkaları, profilli mil, perçin vb bu grupta ele alınabilir.
- 2) **Kuvvet bağı bağlantılar:** Bağlanacak parçalar birbirleri arasında sıkıştırılır ve ortaya çıkan sürtünme kuvveti ile birbirine bağlanırlar. Ön yüklemeli kamalar, sıkma bağlantılar, sıkı (pres) geçmeler, konik geçmeler, civata-somun bağlantıları vs kuvvet bağı bağlantı örnekleridir.
- 3) **Malzeme bağı bağlantılar:** Bağlantı yerinde malzeme bağı vardır. Kaynak, lehim ve yapıştırıcılar buna örnektir.

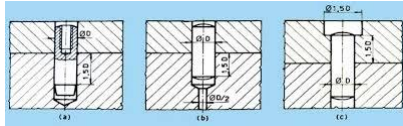


- ✓ Mil üzerine yerleştirilen dişli çark, kasnak, volan gibi disk şeklindeki elemanların ortasındaki bağlantı bölgesine "**Göbek**" denir. Mil ve göbek birbirine bağlanarak moment etkisi ile birlikte aksel kuvvet iletimi sağlanmalıdır.
- ✓ Burada mil ile göbek bağlantısını sağlamak için "**Kama**" ve "**Sıkı Geçme**" bağlantılarının hesapları incelenecektir.

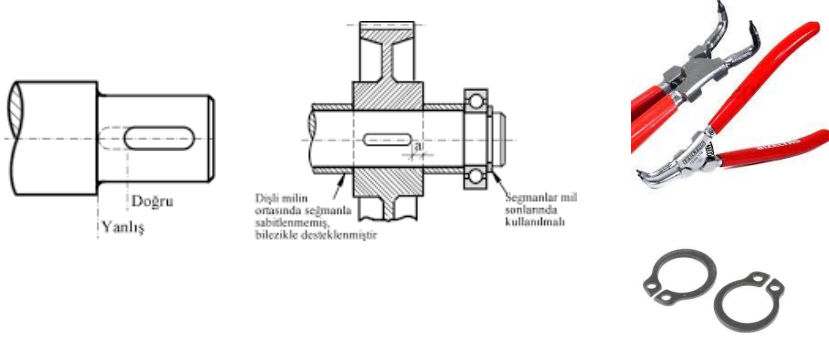


➤ **Pim, Perno, Segman Kavramları:**

- ✓ Kamalar boyuna çalışan elemanlardır. Bu elemanlar enine çalıştığında daha çok pim olarak adlandırılırlar. Pimler merkezleme pimi, bağlama elemanı ve emniyet pimi olarak kullanılabilir.
- ✓ Çoğunlukla pimler buldukları yerde sıkışması için konik yada çentikli olarak imal edilirler. Pim hesapları ise daha çok kesilmeye karşı yapılmalıdır.
- ✓ Perno ise pim gibi çalışır fakat daha çok kısa mil şeklindedir. Parçaları dönel şekilde birbirine bağlamak için kullanılır. Bu elemanların yüzeyleri ezilmeye karşı aynı zamanda kesitleri kesilmeye karşı kontrol edilmelidir.



- ✓ Mil ve pernoları aksel yönde sabitleyen segmanlar (emniyet halkaları) yay çeliğinden yapılır ve bu elemanlar sökölüp takılması çok kolaydır.
- ✓ Mil üzerinde keskin köşeli kanal oturacağı için çentik etkisinden korunmak için mil sonlarında kullanılmalıdır. Delik içerisinde de sabitleme için kullanılabilir.



www.garipgenc.com

Page 7

➤ Kama Bağlantıları

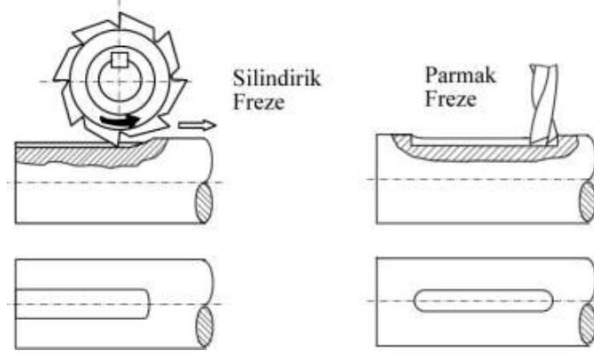
- ✓ Dişli çark, kasnak gibi elemanların millere çözülebilir tarzda bağlanmalarını, hareketi milden göbeğe yada göbekten mile geçişini sağlayan aradaki küçük parçalara **kama** denir.
- ✓ Kamalar olmazsa mil göbek içinde boşta dönmeye başlayacaktır. Kamaları konik ve paralel yüzlü olmak üzere iki bölüm halinde incelenebilir.



www.garipgenc.com

Page 8

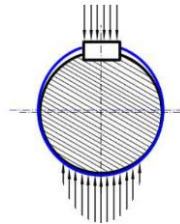
- ✓ Kama kanalları açılırken frezede iki türlü kesici kullanabilir. Bunlar "freze çakısı" (silindirik freze) ve parmak freze ucu. Freze çakısı kullanıldığında yuvanın kenarları eğik olarak boşluklu olur. Parmak frezede ise kama boşluksuz olarak yuvaya oturur.



a) Konik Kamalar

- ✓ Kamanın alt ve üst yüzeyi konik olarak imal edilip göbekte mil arasına çakılarak uygulandığında konik kama bağlantısı elde edilmiş olur. Bu durumda hareket üst ve alt yüzeylerin **sürtünme kuvveti** ile iletilir.
- ✓ Yan yüzeyler birbirine değse bile hesaplamalarda değmediği kabul edilir. Hesaplamalarda hareketi iletebilmek için kamayı ne kadar sıkıştırmak gerektiği ($Fç=?$) ve yüzeylerin ezilmemesi için kamanın boyunun ne olması gerektiği ($L=?$) hesaplanır.

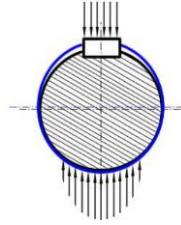
Şekil. Yüzeylerde oluşan basınç nedeniyle göbek şekli ve ona bağlı merkez değişir.



a) Konik Kamalar

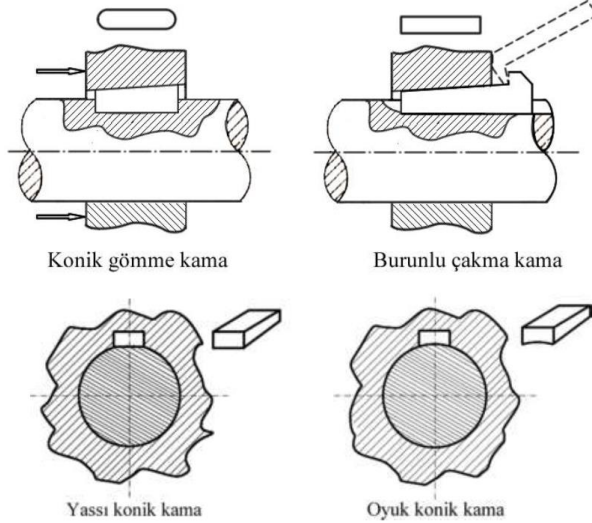
- ✓ Bu tip kamalar hareketi sürtünme ile iletildiği için kuvvet bağı bağlantılar grubunda gösterilir. Kama çakılarak monte edildiği için üst yüzeyden göbeğe alt yüzeyden mile baskı yapar. Bu nedenle göbek mikron mertebesinde de olsa ovalleşir.
- ✓ Bu durum mil ve kasnak merkezlerini eksantrik yapar. Eksantrikliğin oluşmasının istenmediği hassas bağlantılarda konik pres geçme yada germe halkaları (konik bilezikler) kullanılabilir (bkz: konik pres geçmeler).

Şekil. Yüzeylerde oluşan basınç nedeniyle göbek şekli ve ona bağlı merkez değişir.



www.garipgenc.com

Page 11



Şekil. Konik kuvvet bağı kama örnekleri

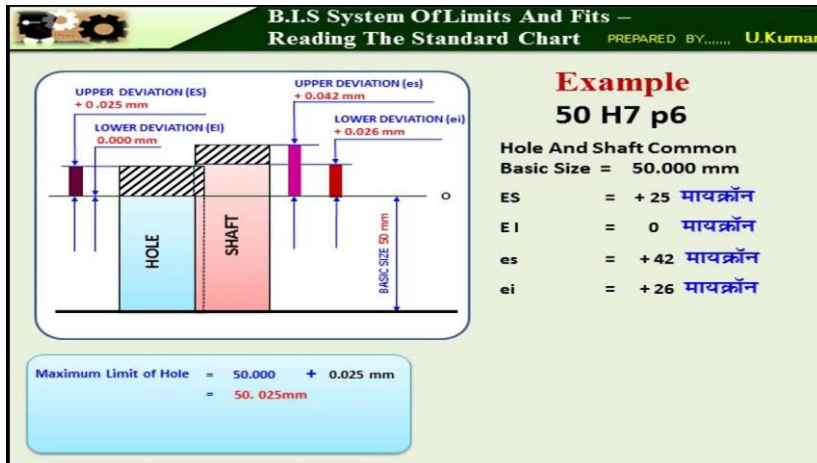
www.garipgenc.com

Page 12

• F_{çak} Kuvvetinin Hesabı

- ✓ Konik kamalar ile ilgili olarak yapılacak hesaplar iki şekilde olabilir. Konik kamanın hareketi iletebilmesi için yeterli yüzey sürtünmesini sağlayacak **sıkılıkta** olması gerekir. Bunun için ne kadarlık bir kuvvetle çakılması gerektiği hesaplanmalıdır (F_ç=?).
- ✓ Eğer çok fazla bir kuvvet ile çakılırsa bu durumda ya göbeği çatlatır yada yüzeyler plastik bölgeye geçecek şekilde ezilir.
- ✓ Plastik bölgeye geçen malzeme yüzey basıncını yeterli seviyede sağlayamaz ve bağlantı zamanla gevşeyecektir. Bu nedenle elastik bölgeyi aşmayacak şekilde yeterli sıkılıkta çakılmalıdır. Bu amaçla motor gücünden başlayarak gerekli çakma kuvvetini hesaplayalım.

• Sıkılık

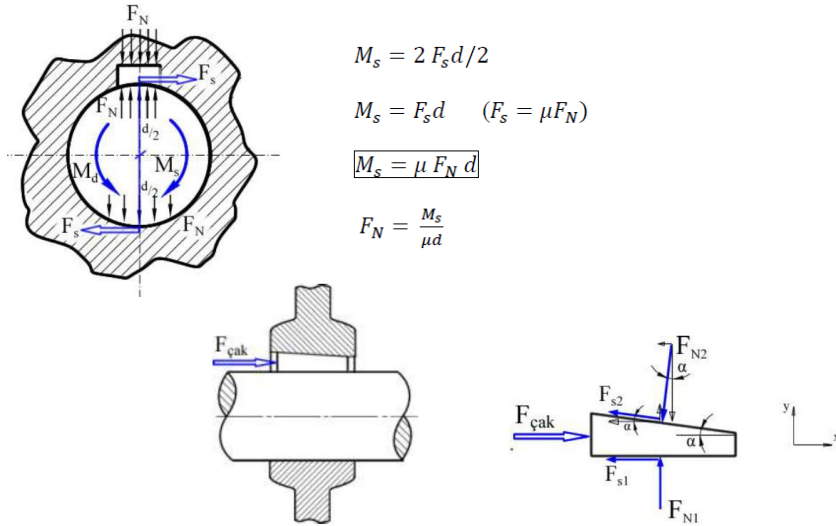


- ✓ Bağlantıda oluşan sürtünme momenti, motorun oluşturduğu momentten daha fazla olması gerekir.
- ✓ Ne kadar fazla olması gerektiği titreşim miktarına göre belirlenebilir. Titreşim bağlantının gevşemesine yol açan bir etkidir. Buna göre;

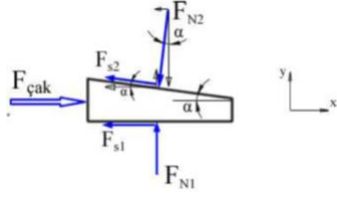
$$M_d = 9550 \frac{P}{n}$$

$$M_s = k M_d \quad (k=1,25 \text{ az titreşimli, } k=1,5 \text{ titreşimli, } k=2 \text{ darbeleri})$$

- ✓ Bu sürtünme momentini sağlamak için gerekli olan normal kuvveti bulalım. Normal kuvvet kamanın üst ve alt yüzeyi ile milin alt yüzeyinde oluşur.



x ve y eksenli yönlerindeki kuvvetlerin statik dengesini yazarak çakma kuvvetini veren ifadeyi bulalım.



$F_{s1} = \mu F_{N1}$ $F_{s2} = \mu F_{N2}$ olmak üzere;

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{\text{çak}} - F_{s1} - F_{s2} \cos\alpha - F_{N2} \sin\alpha = 0$$

$$F_{\text{çak}} - \mu F_{N1} - \mu F_{N2} \cos\alpha - F_{N2} \sin\alpha = 0$$

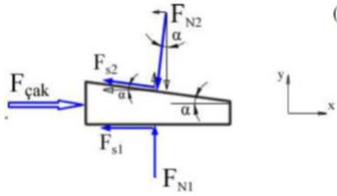
$$F_{\text{çak}} = \mu F_{N1} + \mu F_{N2} \cos\alpha + F_{N2} \sin\alpha \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{N1} - F_{N2} \cos\alpha + F_{s2} \sin\alpha = 0$$

$$F_{N1} - F_{N2} \cos\alpha + \mu F_{N2} \sin\alpha = 0$$

$$F_{N1} = F_{N2} (\cos\alpha + \mu \sin\alpha) \quad (2)$$



(2) nolu ifadeyi (1) nolu ifade içerisine yazarsak;

$$F_{\text{çak}} = \mu F_{N2} (\cos\alpha + \mu \sin\alpha) + \mu F_{N2} \cos\alpha + F_{N2} \sin\alpha$$

$$F_{\text{çak}} = \mu F_{N2} \cos\alpha + \mu^2 F_{N2} \sin\alpha + \mu F_{N2} \cos\alpha + F_{N2} \sin\alpha$$

$$F_{\text{çak}} = F_{N2} (2\mu \cos\alpha + \mu^2 \sin\alpha + \sin\alpha)$$

$$F_{\text{çak}} = F_{N2} [2\mu \cos\alpha + (\mu^2 + 1) \sin\alpha]$$

Burada: $(\mu^2 + 1) \cong 1$ alınabilir.

Bu iki ifade yaklaşık eşittir.

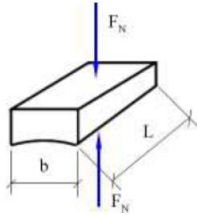
Örneklesek $\mu=0,3$ olursa $(0,3^2+1)=1,09$ olur.

Ayrıca eğim açısı çok küçük değerler olduğu için $F_{N1} \approx F_{N2} \approx F_N$ alınabilir. Buna göre $F_{\text{çak}}$ kuvveti aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$F_{\text{çak}} = F_N [2\mu \cos\alpha + \sin\alpha]$$

• Kama Boyunun Hesabi

- ✓ Sürtünme etkisini sağlayabilmek için kamanın alt ve üst yüzeylerinde oluşan (her iki kuvvet yaklaşık eşit kabul edilebilir) F_N kuvvetinin belli bir değerde olması gerekir.
- ✓ Bu kuvvetin değeri çok düşük olup milin boşa dönmesine, çok yüksek olup yüzeylerin ezilmesin yol açmaması gerekir.
- ✓ Yeterinden fazla oluşan F_N kuvveti yüzeylerde oluşan basıncın P_{em} basıncını geçmesine neden olur ve bu durumda temas yüzeyindeki zayıf malzemenin ezilmesine yol açar. Genellikle mil malzemesi daha sağlam yapılıdır.
- ✓ Göbekler çoğunlukla döküm malzeme olduğu için zayıf olabilir. Kama ise mile nazaran daha zayıf malzemeden yapılır. Ezilme durumunda milin ezilmesi yerine kamanın ezilmesi maliyet açısından tercih edilir.



$$P = \frac{F_N}{A} = \frac{F_N}{b L} < P_{em}$$

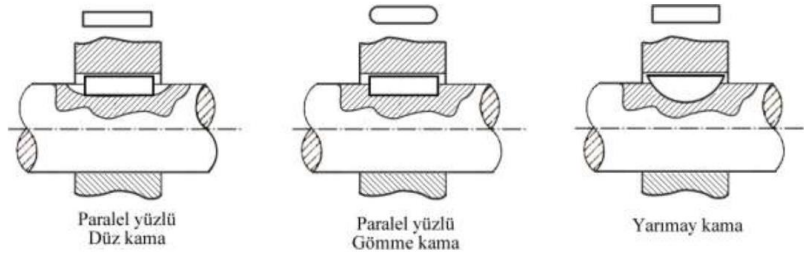
$$L = \frac{F_N}{b P_{em}}$$

www.garipgenc.com

Page 19

• Paralel Yüzlü Kamalar (Uygu kamaları)

- ✓ Kama yüzeyleri paralel yüzlü yapılırsa, serbest bir şekilde montaj boşluğuna konulabilir. Bu durumda hareketi yan yüzeylerden yaslanarak iletacaktır.
- ✓ Bu kamalarda ön gerilme olmadığı için şekil bağlı elemanlar olarak nitelendirilir.
- ✓ Paralel yüzlü kamaların çeşitli türleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

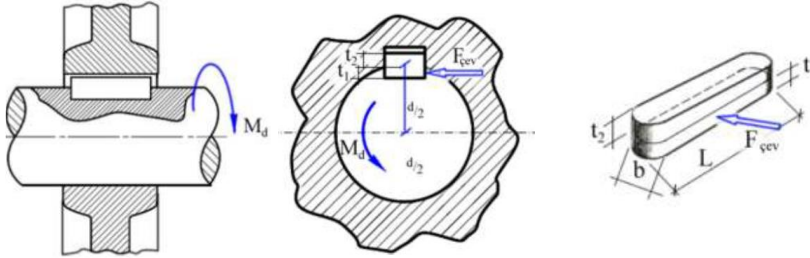


www.garipgenc.com

Page 20

• Kama Boyunun Hesabı (Paralel yüzlü kama için)

- ✓ Paralel yüzlü kama ile ilgili olarak yapılacak hesaplama sadece Kama boyunun hesabıdır.
- ✓ Bu kamalar yan yüzeylerden çalıştığı için, mil-kama, kama-göbek yüzeylerinin ezilmeye karşı kontrol edilmesi gerekir.
- ✓ Ayrıca kamanın kesilmeye karşı kontrol edilmesi gerekir.
- ✓ Her üç hesaplama içinde kama boyu belirlenmeli ve gerekli en büyük kama boyu tasarımda kullanılmalıdır.



www.garipgenc.com

Page 21

t_1L yüzeyinin ezilme durumunda mil yada kamadan biri ezilecektir. Kama malzemesi daha zayıf ise P_{em} kama için alınmalıdır.

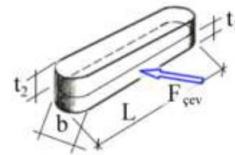
$$P = \frac{F_{çev}}{A_1} = \frac{F_{çev}}{t_1L} \leq P_{em} \rightarrow L_1 = \frac{F_{çev}}{t_1P_{em}}$$

Aynı işlemleri t_2L yüzeyi için yaparsak, bu yüzeyin ezilme durumunda göbek yada kamadan biri ezilecektir. Hangisi zayıf ise P_{em} onun için alınmalıdır.

$$P = \frac{F_{çev}}{A_2} = \frac{F_{çev}}{t_2L} \leq P_{em} \rightarrow L_2 = \frac{F_{çev}}{t_2P_{em}}$$

Kaman yanlardan ezilmenin yanında ortadan kesmeye de uğrayabilir. Bu durumda kesmeye uğrayan yüzey bL yüzeyi olacaktır. Kesilen malzeme kama olacağı için kamanın τ_{em} değeri kullanılmalıdır.

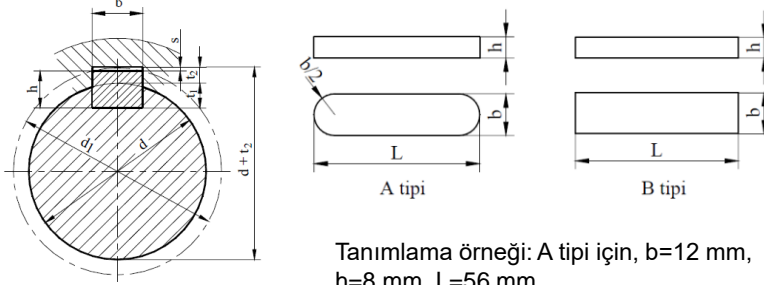
$$\tau = \frac{F_{çev}}{A_3} = \frac{F_{çev}}{bL} \leq \tau_{em} \rightarrow L_3 = \frac{F_{çev}}{b\tau_{em}}$$



www.garipgenc.com

Page 22

Not: Bu üç kama boyundan hangisi daha büyük ise emniyet için o değer kama boyu olarak alınmalıdır. Fakat belirlediğimiz kama boyunun her değerini standart olarak piyasada bulamayız. Bu değere en yakın üst standart değerini aşağıdaki tablodan seçerek sipariş verilmelidir.



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

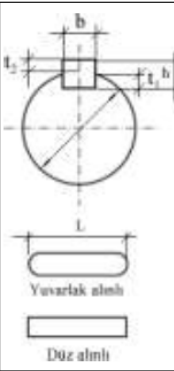
Tablo: Uygu kama boyutları, mm olarak (DIN 6585-1 e göre)

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

*)1 Kamah milin tam ortalanarak geçirilebileceği en küçük çap

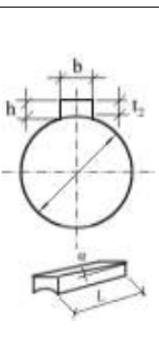
Ek-1: Kama ölçüleri için standartlardan alınan belli sayıdaki örnek için aşağıdaki tabloyu kullanabilirsiniz.

Paralel yüzü GÖMME ve FEDER kama standardı:

Paralel yüzü Gömme ve Feder kama		Ø	b x h	t ₁	t ₂
		22-30	8x7	4,1	2,4
31-38	10x8	4,7	2,8		
39-44	12x8	4,9	2,9		
45-50	14x9	5,5	3,0		
51-58	16x10	6,2	3,2		
59-65	18x11	6,8	3,5		
66-75	20x12	7,4	3,9		
76-85	22x14	8,5	4,8		
86-95	25x14	8,7	4,6		
96-110	28x16	9,9	5,4		
111-130	32x18	11,1	6,1		
131-150	36x20	12,3	6,9		

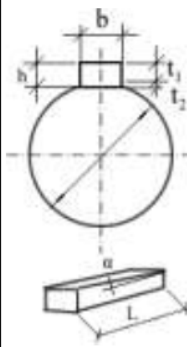
Ek-2: Kama ölçüleri için standartlardan alınan belli sayıdaki örnek için aşağıdaki tabloyu kullanabilirsiniz.

Eğik yüzü OYUK kama standardı:

Eğik yüzü Oyuk kama		Ø	b x h	t ₂
		22-30	8x3,5	3,2
31-38	10x4	3,7		
39-44	12x4	3,7		
45-50	14x4,5	4		
51-58	16x5	4,5		
59-65	18x5	4,5		
66-75	20x6	5,5		
76-85	22x7	6,5		
86-95	25x7	6,5		
96-110	28x7,5	6,9		
111-130	32x8,5	7,9		
131-150	36x9	8,4		

Ek-3: Kama ölçüleri için standartlardan alınan belli sayıdaki örnek için aşağıdaki tabloyu kullanabilirsiniz.

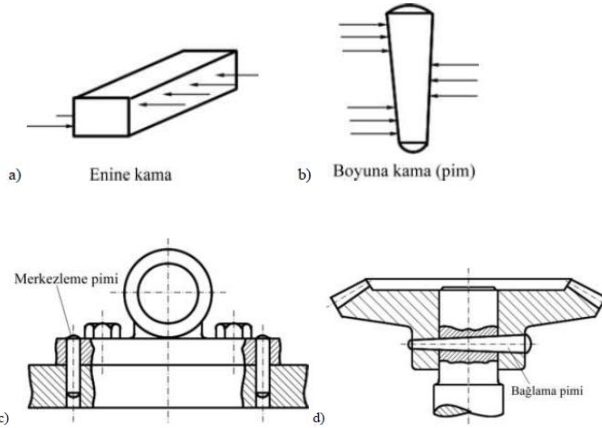
Eğik yüzü DÜZ kama standardı:

Eğik yüzü Düz Kama		Ø	b x h	t ₁	t ₂
		22-30	8x5	1,3	3,2
		31-38	10x6	1,8	3,7
		39-44	12x6	1,8	3,7
		45-50	14x6	1,8	4
		51-58	16x7	1,9	4,5
		59-65	18x7	1,9	4,5
		66-75	20x8	1,9	5,5
		76-85	22x9	1,8	6,5
		86-95	25x9	1,9	6,4
		96-110	28x10	2,3	6,9
		111-130	32x11	2,4	7,9
131-150	36x12	2,8	8,4		

www.garipgenc.com

Page 27

Ek-4:



www.garipgenc.com

Page 28