

2009 Kasım

# MUKAVEMET ve MALZEME

05-Ö

## ÖZET

M. Güven KUTAY

## İÇİNDEKİLER

1	Parçalardaki gerilmeler .....	7
1.1	Önemli zorlanma çeşitleri .....	7
1.1.1	Karşılaştırma momentleri .....	11
1.1.2	Hertz basma gerilmesi .....	11
1.2	Kesit yöntemi için örnekler .....	14
1.2.1	İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması .....	14
1.2.2	Sistemi etkileyen " F " kuvvetini eksenlere göre $F_x$ , $F_y$ ve $F_z$ bileşenlerine ayrılması .....	14
1.2.3	Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi .....	14
1.2.4	Çeşitli kesitlerde Hesaplama .....	17
1.2.4.1	Dolu kesit hesaplaması .....	17
1.2.4.2	Kaval kesit .....	18
1.2.4.2.1	Kapalı form .....	18
1.2.4.2.2	Açık form .....	19
1.2.4.3	Adacıklar konstrüksiyonunun hesaplanması .....	20
1.2.4.3.1	Normal kuvvet ve normal kuvvetten doğan eğilme momenti .....	20
1.2.4.3.2	Çapraz kuvvet ve çapraz kuvvetten doğan torsiyon momenti .....	21
1.3	Çeşitli kesitlerin alanı, eğilme atalet ve mukavemet momentleri .....	22
1.4	Çeşitli kesitlerin torsiyon atalet ve mukavemet momentleri .....	28
1.5	Çeşitli malzemenin sürtünme katsayısı .....	30
2	Malzeme ve Malzemenin mukavemet değerleri .....	32
2.1	Malzemenin mukavemet değerleri için formüller .....	32
2.2	Çentik sayısı .....	33
2.3	Malzemenin çevre ısı 20° C de bilinen değerleri .....	34
2.3.1	DM-Diyagramının konstrüksiyonu .....	34
2.3.2	Devamlı Mukavemet Diyagramında okuma örneği .....	35
2.3.3	100°C ile 600°C arası bilinen mekanik ve fiziksel özellikler .....	36
2.3.3.1	Çekme zorlanmasında kopma mukavemeti $\sigma_{CKO}$ .....	36
2.3.3.2	Çekme zorlanmasında akma sınırı mukavemeti $\sigma_{AK}$ .....	36
2.3.3.3	Elastiklik modülü değeri " E " .....	36
2.3.3.4	Isıl genişleme katsayısı " $\alpha$ " .....	37
2.3.3.5	Isı iletme özelliği " $\lambda$ " .....	37
2.3.3.6	Değişken çekmebasma mukavemeti $\sigma_{CDG}$ .....	38
2.3.3.7	Eğilme sınırı mukavemeti $\sigma_{EG}$ .....	38
2.3.3.8	Değişken eğilme mukavemeti $\sigma_{EGDG}$ .....	38
2.3.3.9	Torsiyon sınırı mukavemeti $\tau_t$ .....	38
2.3.3.10	Değişken torsiyon mukavemeti $\tau_{TDG}$ .....	38
2.3.4	Isıl işlemler .....	38
2.3.5	Şekillendirme .....	38
2.3.5.1	Talaşlı imalat .....	39
2.3.5.2	Kaynak yapma .....	39
2.4	Malzemenin 20 ile 700 °C arası mekanik değerleri .....	40
2.5	Malzemenin geometrik katsayıları .....	48
2.5.1	Yüzey pürüzlüğü katsayısı " $b_1$ " .....	48
2.5.2	Malzemenin büyüklük katsayısı " $b_2$ " .....	49
2.5.3	Çentik şekil sayısı $\square_{Çİ}$ .....	50
2.5.3.1	Duyarlılık sayısı .....	66
2.6	Emniyet katsayısı $S_{DGER}$ .....	67
2.7	Eşdeğer sertlik büyüklükleri, Brinell, Vickers ve Rockwell .....	69
2.8	Profiller .....	71
3	Kaynaklar .....	79
3.1	Literatür .....	79
3.2	Standartlar .....	79
4	Konu İndeksi .....	81

## Sembol ve Tanımlamalar

Genelde indeks küçük harf ise, bu hesaplanan veya hesaplamak için verilen değeri gösterir. Eğer indeks büyük harf ise, bu malzemenin değerini veya karşılaştırma için gerekli değeri gösterir.

### Büyük harfler

Sembol	Birim	Tanımı
A	m <sup>2</sup>	Alan
A <sub>5</sub> / A <sub>10</sub>	%	kopma uzama oranı
A <sub>g</sub>	m <sup>2</sup>	gerilme alanı
A <sub>iz</sub>	m <sup>2</sup>	izdüşüm alanı
A <sub>tot</sub>	%	çekme genliği
C	J/kg/K	özgül ısı (20-400°C)
E	N/mm <sup>2</sup>	Elastiklik modülü
F	N	kuvvet
F <sub>0</sub>	N	tutuk sürtünme kuvveti
F <sub>A</sub> , F <sub>B</sub>	N	Mesnet veya yatak kuvvetleri
F <sub>bk</sub>	N	burkma kuvvet
F <sub>ç</sub>	N	çapraz kuvvet
F <sub>EĞ</sub>	N	Eğme kuvveti
F <sub>m</sub>	N	kitle kuvveti
F <sub>max</sub>	N	max. kuvvet
F <sub>max,min</sub>	N	maksimum veya minimum kuvvet
F <sub>n</sub>	N	normal kuvvet (hesap kesitine dik kuvvet)
F <sub>nom</sub>	N	nominal kuvvet
F <sub>or</sub>	N	ortalama kuvvet
F <sub>SÜR</sub>	N	Sürtünme kuvveti
F <sub>sür</sub>	N	Sürtünme kuvveti
F <sub>x,y,z</sub>	N	Kuvvet, X/Y/Z-ekseni yönünde
G	N/mm <sup>2</sup>	Kayma modülü
H	–	sertlik
HB	HB	Birinell-sertliği
I	mm <sup>4</sup>	atalet momenti
K <sub>IC</sub>	N/mm <sup>3/2</sup>	kopma sünekliği, CT-deney çubuğu
L	m	boy
L <sub>bk</sub>	m	hesapsal burkulma boyu
M	Nm	Moment, indeksine göre
m	kg	kütle
M <sub>eğ</sub>	Nm	Eğilme momenti
M <sub>t</sub>	Nm	Torsiyon momenti
N	–	yüklemeye sayısı
N <sub>Y</sub>		işletmede yüklemeye sayısı
P	W	Güç
p <sub>EM</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Emniyetli yüzey basma mukavemeti
p <sub>he</sub>	N/mm <sup>2</sup>	hesaplanan yüzey basıncı

Sembol	Birim	Tanımı
$R_{aB}$	$N/mm^2$	kesme mukavemeti
$R_{bB}$	$N/mm^2$	eğilme mukavemeti
$R_{bw}$	$N/mm^2$	değişken eğilme mukavemeti
$R_{\phi bw}$	$N/mm^2$	değişken $\phi/b$ mukavemeti
$R_{d-0,1}$	$N/mm^2$	% 0,1-ezilme sınırı
$R_{dB}$	$N/mm^2$	basma mukavemeti
$R_e/R_{p0,2}$	$N/mm^2$	gerinme mukavemeti, 0,2% gerinme mukavemeti
$R_{eH}$	$N/mm^2$	üst akma dayanıklılığı (mukavemeti)
$R_{eL}$	$N/mm^2$	alt akma mukavemeti
$R_m$	$N/mm^2$	çekme kopma mukavemeti
$R_{p0,1}$	$N/mm^2$	% 0,1-genlik sınırı
$R_{tB}$	$N/mm^2$	torsiyon mukavemeti
$S$	–	Ağırlık merkezi noktası
$S$	$mm^2$	kesit alanı
$S_{BK}$	–	gerekli burkulma emniyet sayısı
$S_{bk}$	–	hesaplanan burkulma emniyet sayısı
$S_{GER}$	–	İşletme için gerekli emniyet katsayısı
$S_{he}$	–	İşletmedeki hesaplanan emniyet katsayısı
$T$	$s^{-1}$	periyod
$W$	$mm^3$	Mukavemet momenti, indeksine göre
$W_{eg}$	$mm^3$	Eğilme mukavemet momenti
$W_t$	$mm^3$	torsiyon mukavemet momenti
$X_S$	mm	Ağırlık merkezinin X-değeri
$Y_S$	mm	Y-ekseni değeri, indeksine göre
$Z$	%	kopma büzülmesi

**Küçük harfler**

Sembol	Birim	Tanımı
$a$	$m/s^2$	ivme
$a$	m	mesafe, Hertz basıncında yarı çap
$b$	m	en, genişlik
$b$	$m/s^2$	frenleme ivmesi
$b_1$	–	Yüzey pürüzlüğü katsayısı
$b_2$	–	Büyüklik katsayısı
$c_B$	–	<b>İŞLETME KATSAYISI</b>
$e$	mm	Ağırlık merkezi ile kenar mesafesi
$f$	mm	Sehim, indeksine göre
$f_{ger}$	mm	Gerekli sehim
$g$	$m/s^2$	yerçekimi ivmesi
$i$	m	atalet yarı çapı
$m$	kg	kitle
$n$	d/dak	devir sayısı
$P$	$N/mm^2$	basınç, tazyik, baskı, basım
$r$	m	yarı çap

## ESKİ YUNAN HARFLERİ

Sembol	Birim	Tanımı
$\alpha$	$10^{-6}K^{-1}$	Isıl genleşme katsayısı
$\alpha_{\zeta t}$	–	çentik şekil sayısı
$\alpha_0$	–	zorlanma katsayısı
$\beta_{\zeta t}$	–	çentik katsayısı
$\chi$	$mm^{-1}$	eğim sayısı
$\delta$	%	gerçek kopma uzaması
$\varepsilon$	%	uzama, gerilme
$\varepsilon_e$	%	elastik uzama
$\varepsilon_{en}$	%	enine uzama
$\varepsilon_p$	%	orantısız uzama
$\varepsilon_r$	%	kalıcı uzama
$\eta$	–	mukavemet değeri oranı
$\eta_{\zeta t}$	–	çentik duyarlılık sayısı
$\eta_{\chi}$	–	destek katsayısı
$\varphi$	$^{\circ} / deg$	açı
$\kappa$	–	sınır değerler oranı
$\lambda$	$W/(mK)$	Isı iletme özelliği
$\lambda$	–	narinlik derecesi
$\lambda_0$	–	narinlik sınırı
$\lambda_{hes}$	[ 1 ]	hesaplanan narinlik derecesi
$\mu$	–	kaygan sürtünme katsayısı
$\mu_0$	–	tutuk sürtünme katsayısı
$\nu$	–	esneklik katsayısı, Poisson ( <i>Puason</i> ) sayısı
$\rho$	$^{\circ} / deg$	kaygan sürtünme açısı
$\rho$	$kg/m^3$	özgül ağırlığı
$\rho$	$\Omega mm^2$	özgül elektrik direnci
$\rho^*$	–	çentik şekil sayısı
$\rho_0$	$^{\circ} / deg$	tutuk sürtünme açısı
$\sigma_{1,2}$	$N/mm^2$	asal normal gerilmeler
$\sigma_{AKB}$	$N/mm^2$	basma akma mukavemeti
$\sigma_{AKEG}$	$N/mm^2$	eğilme akma mukavemeti
$\sigma_{bc, by}$	$N/mm^2$	cidar veya yüzey basıncı
$\sigma_{bH}$	$N/mm^2$	Hertz yüzey basıncı
$\sigma_{BK}$	$N/mm^2$	burkulma mukavemeti
$\sigma_{bk}$	$N/mm^2$	burkulma/flambaj gerilmesi
$\sigma_{BKEM}$	$N/mm^2$	emniyetli burkulma mukavemeti
$\sigma_{BYEM}$	$N/mm^2$	Emniyetli yüzey basma mukavemeti
$\sigma_{\zeta, b}$	$N/mm^2$	çekme(ç) veya basma (b) gerilmesi
$\sigma_{\zeta D, BD}$	$N/mm^2$	devamlı çekme veya basma mukavemeti
$\sigma_{\zeta DG}$	$N/mm^2$	değişken çekme gerilmesi
$\sigma_{\zeta DG} ; \sigma_{BDG}$	$N/mm^2$	değişken çekme veya basma mukavemeti

Sembol	Birim	Tanımı
$\sigma_{CDL}; \sigma_{BDL}$	$N/mm^2$	dalgalı çekme veya basma mukavemeti
$\sigma_{CEM}, \sigma_{BEM}$	$N/mm^2$	emniyetli çekme veya basma mukavemeti
$\sigma_{ÇSK}, \sigma_{BSK}$	$N/mm^2$	şekle göre çekme veya basma mukavemeti
$\sigma_D/\tau_D$	$N/mm^2$	devamlı mukavemet
$\sigma_{DG}/\tau_{DG}$	$N/mm^2$	değişken mukavemet
$\sigma_{DL}/\tau_{DL}$	$N/mm^2$	dalgalı mukavemet
$\sigma_E$	$N/mm^2$	elastik mukavemet
$\sigma_{eg}$	$N/mm^2$	eğilme gerilmesi
$\sigma_{EGD}$	$N/mm^2$	devamlı eğilme mukavemeti
$\sigma_{EGDG}$	$N/mm^2$	değişken eğilme mukavemeti
$\sigma_{EGDL}$	$N/mm^2$	dalgalı eğilme mukavemeti
$\sigma_{EGEM}$	$N/mm^2$	emniyetli eğilme mukavemeti
$\sigma_{EGSK}$	$N/mm^2$	şekle göre eğilme mukavemeti
$\sigma_{EM}/\tau_{EM}$	$N/mm^2$	emniyetli mukavemet
$\sigma_{EZ}$	$N/mm^2$	ezilme mukavemeti
$\sigma_{EZB}$	$N/mm^2$	basmada ezilme mukavemeti
$\sigma_{kar}$	$N/mm^2$	karşılaştırma gerilmesi
$\sigma_{KO}/\tau_{KO}$	$N/mm^2$	kopma mukavemeti
$\sigma_{KOEK}$	$N/mm^2$	eğilme kopma mukavemeti
$\sigma_O/\tau_O$	$N/mm^2$	orantılı mukavemet
$\sigma_{SK}/\tau_{SK}$	$N/mm^2$	şekle göre mukavemet
$\sigma_{tp}/\tau_{tp}$	$N/mm^2$	toplam gerilme
$\sigma_{X,Y,Z}$	$N/mm^2$	normal gerilme X, Y veya Z yönünde
$\sigma / \tau$	$N/mm^2$	gerilme
$\tau_{AKT}$	$N/mm^2$	torsiyon akma mukavemeti
$\tau_{k,t}$	$N/mm^2$	kesme veya torsiyon gerilmesi
$\tau_{KD,TD}$	$N/mm^2$	devamlı kesme veya torsiyon mukavemeti
$\tau_{KDG,TDG}$	$N/mm^2$	değişken kesme veya torsiyon mukavemeti
$\tau_{KDL,TDL}$	$N/mm^2$	dalgalı kesme veya torsiyon mukavemeti
$\tau_{KEM}$	$N/mm^2$	emniyetli kesme mukavemet
$\tau_{KO}$	$N/mm^2$	kayma kopma mukavemeti
$\tau_{KOK,KOT}$	$N/mm^2$	kesme veya torsiyon kopma mukavemeti
$\tau_{KSK,TSK}$	$N/mm^2$	şekle göre kesme veya torsiyon mukavemeti
$\tau_{TEM}$	$N/mm^2$	emniyetli torsiyon mukavemet
$\tau_{XY}$	$N/mm^2$	kayma gerilmesi, X eksenini yönünde, Y eksenine dik
$\omega$	1/s	açısal hız
$\omega$	–	burkulma katsayısı

## 1 Parçalardaki gerilmeler

### 1.1 Önemli zorlanma çeşitleri

$$F(1) \quad S_{he} = \frac{\sigma_{SK}, (\tau_{SK})}{\sigma_{he}, (\tau_{he})} \geq S_{GER}$$

$$S_{he} = \sigma_{SK} / \sigma_{he} \geq S_{GER}$$

$$F(2) \quad \frac{S_{he}}{S_{GER}} \geq 1$$

$$F(3) \quad \text{Boyutlama: FORMÜL} = \sigma_{EM} (\tau_{EM})$$

$\sigma_{EM}$  ve  $\tau_{EM}$  aşağıda verilmiştir.

$$F(4) \quad \text{Kontrol: } \sigma_{he} (\tau_{he}) = \text{FORMÜL} = \sigma_{EM} (\tau_{EM})$$

$$F(5) \quad \text{Kuvvet: maksimum}$$

$$F_{max} = c_B \cdot F$$

$c_B$  işletme katsayısı

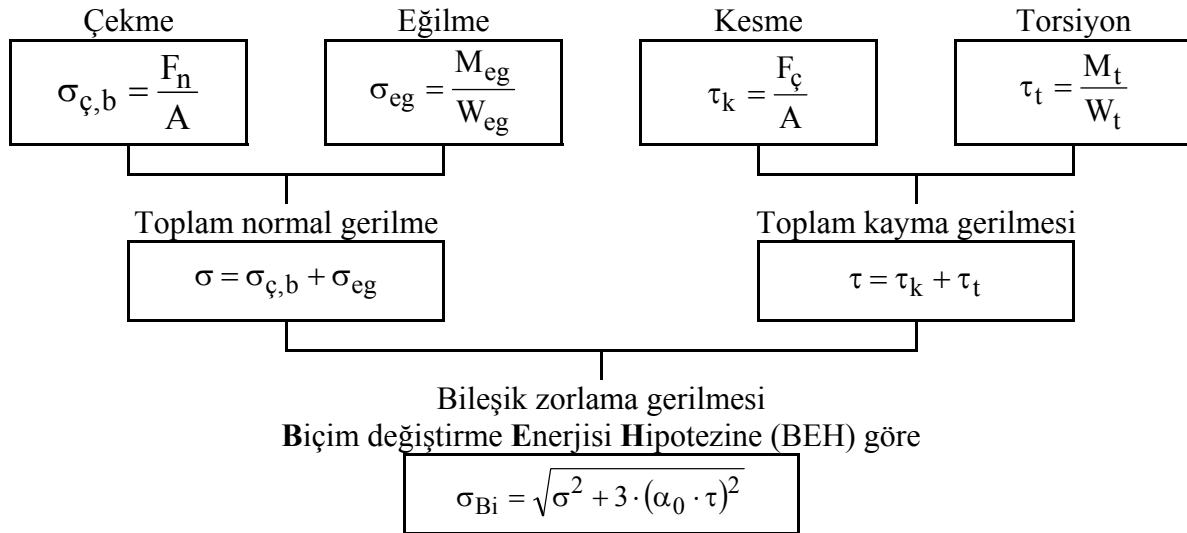
$$F(6) \quad \text{Sürtünme}$$

$$F_{SÜR} = \mu \cdot F_n$$

$\mu$  sürtünme katsayısı

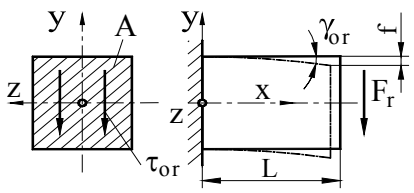
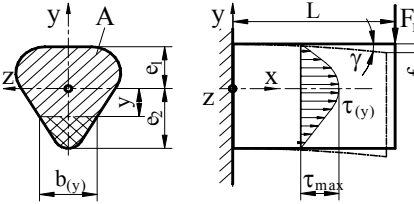
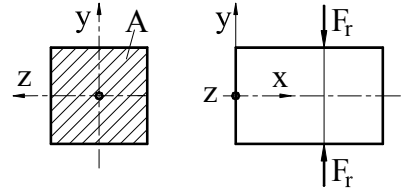
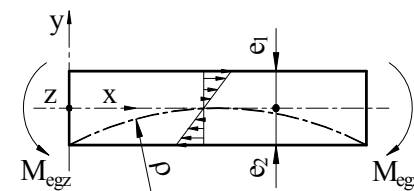
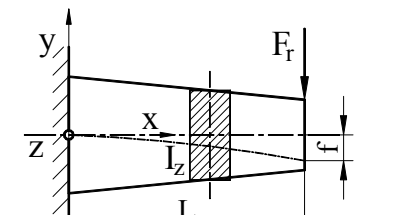
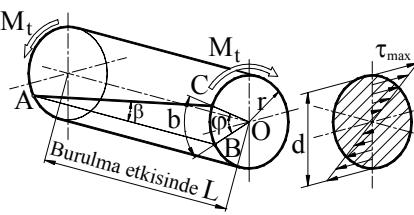
$$F(7) \quad \text{Parçadaki gerilmeler}$$

### PARÇADAKİ GERİLMELERE GENEL BAKIŞ

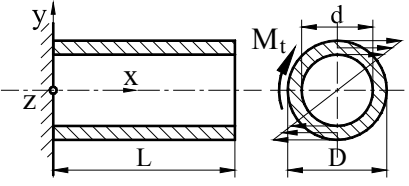
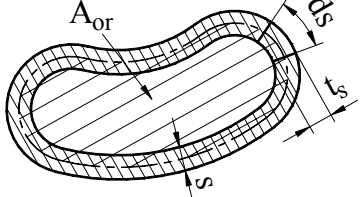
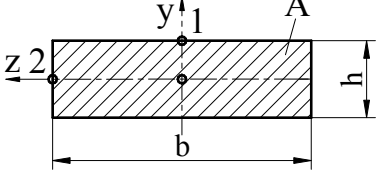
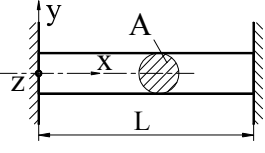
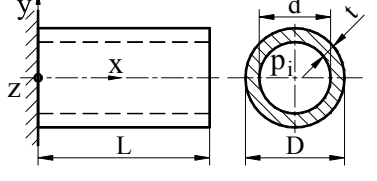
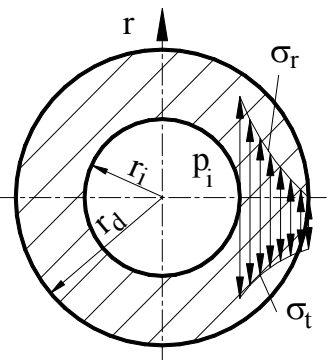


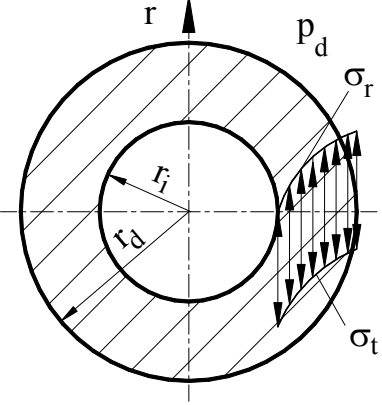
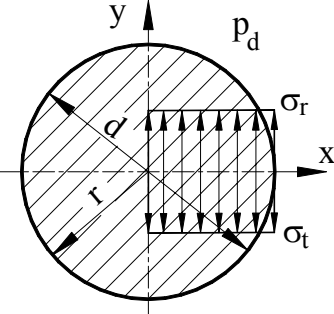
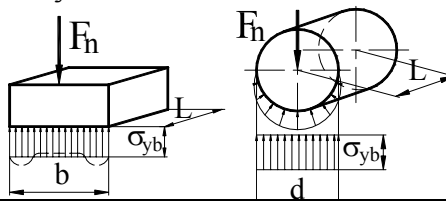
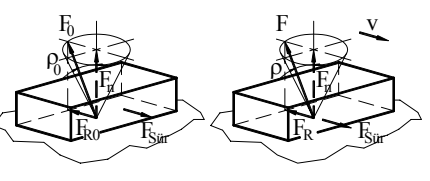
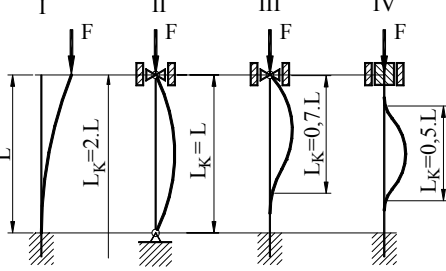
Bileşik zorlama gerilmesi çeşitli hipotezlere göre toplanır. Makina elemanlarında kaynaklar hariç bütün hesaplar BEH ne göre yapılır. Kaynak bağlantılarında Normal Gerilme Hipotezi NGH kullanılır.

	Zorlanma şekli	Gerilme	Şekil değiştirme
F(8) Şekil 1		Çekme gerilmesi: $\sigma_{\check{c}} = \frac{F_n}{A} \leq \sigma_{\check{c}EM}$	Esneme: $\epsilon_x = \frac{\Delta L_x}{L} = \frac{\sigma_x}{E} = \frac{F_n}{E \cdot A}$ Uzama $F_n > 0$ veya kısalma $F_n < 0$ : $\Delta L_x = \frac{F_n \cdot L}{E \cdot A}$
F(9) Şekil 2		Basma gerilmesi: $-\sigma_b = \frac{-F_n}{A}$	Enine uzama veya kısalma Eğer $F_n$ çekme “+” ise $\epsilon_y = -v \cdot \epsilon_x \quad \epsilon_z = -v \cdot \epsilon_x$ Eğer $F_n$ basma “-” ise $\epsilon_y = v \cdot \epsilon_x \quad \epsilon_z = v \cdot \epsilon_x$

	Zorlanma şekli	Gerilme	Şekil değiştirme
F(10) Şekil 3	Kayma zorlanması (ortalama) 	Ortalama kayma gerilmesi: $\tau_{or} = \frac{F_R}{A}$	Ortalama kayma $\gamma_{or} = \frac{\tau_{or}}{G} = \frac{F_R}{G \cdot A}$  Sehim: $f = \gamma_{or} \cdot L$
F(11) Şekil 4	Kayma zorlanması (hakiki) 	Kayma gerilmesi $\tau(y) = \frac{F_R \cdot H_z(y)}{I_z \cdot b(y)}$ statik moment $H_z(y)$ : $H_z(y) = \int_y^{e_2} y \cdot b(y) \cdot dy$ $\tau_{max} = \frac{F_R \cdot H_z(y=0)}{I_z \cdot b(y=0)}$	Kiriş sehim $f(x) = k_A \cdot \frac{F_R}{G \cdot A} \cdot x$ $f(x) < f_{max}$ $f_{max} = \frac{\tau_{max}}{G}$ $f(L) = k_A \cdot \frac{F_R}{G \cdot A} \cdot L$ $k_A = \text{Kesit şekil faktörü}$
F(12) Şekil 5	Kesmeye zorlanma (ortalama) 	Kesme gerilmesi $\tau_k = \frac{F_R}{A}$	Kesilme, kesilme mukavemeti aşıldınca oluşur. Malzemenin kesilme mukavemeti:  Yumuşak $\tau_{KE} = R_m$ Sert $\tau_{KE} = 0,8 \cdot R_m$
F(13) Şekil 6	Eğilmeye zorlanma (kuvvetsiz) 	Eğilme gerilmesi $\sigma_{eg} = \frac{M_{egz}}{I_z} \cdot y$ max. değer: $\sigma_{eg max} = \frac{M_{egz}}{I_z} \cdot e_{max}$	Kavis $k = \frac{1}{\rho} = \frac{M_{egz}}{E \cdot I_z} \cdot e_{max}$ $\rho = \text{kavis yarı çapı}$ $\rho = \frac{E \cdot I_z}{M_{egz} \cdot e_{max}} = \frac{E \cdot W_z}{M_{egz}}$
F(14) Şekil 7	Eğilmeye zorlanma (genel) 	Eğilme gerilmesi $\sigma_{eg(x;y)} = \frac{M_{eg(x)}}{I_z(x)} \cdot y$ max. değer: $\sigma_{eg max} = \frac{M_{egz}}{W_{egz}}$	Eğilme eğrisinin ikinci dereceden integral denklemi: $f''(x) = -\frac{M_{egz}}{E \cdot I_z}$ Sabit kesit için f: $f = \frac{F_R \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$
F(15) Şekil 8	Burulmaya zorlanma, Dolu daire 	Torsiyon gerilmesi $\tau_{t(r)} = \frac{M_t}{I_t} \cdot r$ max. değer $\tau_{t max} = \frac{M_t \cdot d}{I_t \cdot 2} = \frac{M_t}{W_t}$	Burulma açısı Düz milde: $\varphi^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_t \cdot L_B}{G \cdot I_t}$ Kademeli milde: $\varphi^\circ \approx \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{(32/\pi) \cdot M_t}{G} \cdot \sum \left( \frac{L_i}{d_i^4} \right)$



	Zorlanma şekli	Gerilme	Şekil değiştirme
F(16) Şekil 9	Burulmaya zorlanma, Boru 	Torsiyon gerilmesi $\tau_{t \max} = \frac{M_t}{W_t}$ $W_t = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}$	Burulma açısı $\varphi^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_t \cdot L_B}{G \cdot I_t}$ $I_t = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32}$
F(17) Şekil 10	Burulmaya zorlanma, ince cidarlı 	Torsiyon gerilmesi $\tau_{t(s)} = \frac{M_t}{2 \cdot A_{or} \cdot t(s)}$ max. değer $\tau_{t \max} = \frac{M_t}{2 \cdot A_{or} \cdot t_{\min}}$	Burulma $\varphi = \frac{M_t \cdot L_B}{G \cdot I_t}$ $I_t = \frac{4 \cdot A_{or}^2}{\oint ds / t(s)}$ $\varphi = \frac{M_t \cdot L_B}{G} \cdot \frac{\oint ds / t(s)}{4 \cdot A_{or}^2}$
F(18) Şekil 11	Burulmaya zorlanma, ince lama 	Torsiyon gerilmesi $\tau_{t1} = \frac{2 \cdot M_t \cdot y}{I_{tz}}$ max. değerler eksenlere göre: $\tau_{t \max 2} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{2M_t}{I_{ty}} \cdot \frac{b}{2} = \frac{3 \cdot M_t}{b^2 \cdot h}$	Burulma $\varphi = \frac{M_t}{G \cdot I_{ty}} = \frac{3 \cdot M_t}{G \cdot b^3 \cdot h}$ $I_{ty} = \frac{b^3 \cdot h}{3}$
F(19) Şekil 12	Isı etkisi, iki tarafı sabit kiriş 	Isı gerilmesi $\sigma_{\Delta t} = -E \cdot \alpha_{or} \cdot \Delta T$	Bir ucu serbest, uzama $\varepsilon_{\Delta t} = \frac{\Delta L}{L} = \alpha_{or} \cdot \Delta T$ $\Delta L = L \cdot \alpha_{or} \cdot \Delta T$
F(20) Şekil 13	İnce cidarlı boru, içten basınç 	Teğetsel gerilme $\sigma_t = \frac{p_i \cdot d_{or}}{2 \cdot t}$ Eksenel gerilme: $\sigma_x = \frac{p_i \cdot d_{or}}{4 \cdot t}$	Kazan formülü Çap değişikliği $\Delta d_{or} = \frac{d_{or} \cdot \sigma_t}{E}$ Boy değişikliği $\Delta L = \frac{L \cdot \sigma_x}{E}$
F(21) Şekil 14	Kalın cidarlı boru, içten basınçlı 	Teğetsel gerilme: $\sigma_t = p_i \cdot \frac{(r_d/r)^2 + 1}{(r_d/r_i)^2 - 1}$ Eksenel gerilme: $\sigma_x = p_i \cdot \frac{1}{(r_d/r_i)^2 - 1}$ $Q = r_i / r_d = d_i / d_d$ ve $r_i < r < r_d$ $\Delta r = \frac{p_i}{E} \cdot \left[ (1 - \nu) \cdot Q^2 \cdot r + (1 + \nu) \cdot \frac{r_i^2}{r} \right] / (1 - Q^2)$ $\Delta r_i = \frac{p_i \cdot r_i}{E} \cdot \left[ \frac{1 + Q^2}{1 - Q^2} + \nu \right]$	Radyal gerilme: $\sigma_r = -p_i \cdot \frac{(r_d/r)^2 - 1}{(r_d/r_i)^2 - 1}$ $\Delta r_d = \frac{p_i \cdot r_d}{E} \cdot \frac{2 \cdot Q^2}{1 - Q^2}$

	Zorlanma şekli	Gerilme	Şekil değiştirme
F( 22 )  Şekil 15	Kalın cidarlı boru, dıştan basınç 	Tegetsel gerilme: $\sigma_t = -p_d \cdot \frac{(r_d/r_i)^2 + (r_d/r)^2}{(r_d/r_i)^2 - 1}$  Eksenel gerilme: $\sigma_x = -p_d \cdot \frac{(r_d/r_i)^2}{(r_d/r_i)^2 - 1}$  $\Delta r = -\frac{p_d}{E} \cdot \left[ (1-\nu) \cdot r + (1-\nu) \cdot \frac{r_i^2}{r} \right] / (1-Q^2)$  $\Delta r_i = -\frac{p_d \cdot r_i}{E} \cdot \frac{2}{1-Q^2} \quad \Delta r_d = -\frac{p_d \cdot r_d}{E} \cdot \left[ \frac{1+Q^2}{1-Q^2} - \nu \right]$	Radyal gerilme: $\sigma_r = -p_d \cdot \frac{(r_d/r_i)^2 - (r_d/r)^2}{(r_d/r_i)^2 - 1}$
F( 23 )  Şekil 16	Dolu mil, dıştan basınç 	Tegetsel gerilme: $\sigma_t = -p_d = \text{sabit}$  Eksenel gerilme: $\sigma_x = -p_d = \text{sabit}$  Çap değişmesi: $\Delta d_d = -\frac{p_d \cdot d}{E} \cdot (1-\nu)$	Radyal gerilme: $\sigma_r = -p_d = \text{sabit}$
F( 24 )  Şekil 17	Yüzey ve cidar basıncı 	Yüzey/cidar gerilmesi: $\sigma_{yb} = \frac{F_n}{A}$ $p_{he} = \frac{F_n}{A}$	Etki alanı Dokunma alanı: $A = b \cdot L$  İzdüşüm alanı: $A = d \cdot L$
F( 25 )  Şekil 18	Sürtünme 	Tutuk Sürtünme $F_{\text{Sür}} = \mu_0 \cdot F_n$ $\mu_0 = \tan \rho_0$ $F_{\text{Sür}} = \tan \rho_0 \cdot F_n$ $F_0 = F_n / \cos \rho_0$	Kayma Sürtünmesi $F_{\text{Sür}} = \mu \cdot F_n$ $\mu = \tan \rho$ $F_{\text{Sür}} = \tan \rho \cdot F_n$ $F_0 = F_n / \cos \rho$
F( 26 )  Şekil 19	Burkulma, Flambaj 	Euler'e göre burkulma: $\sigma_{bkE} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$  Tetmajer'e göre burkulma: $\sigma_{bkT} = a - b \cdot \lambda$ a ve b, bak Tablo 2  Omega usulü burkulma: $\sigma_{bk} = \frac{\omega \cdot F}{A} \leq \sigma_{BEM}$ $\omega, \text{ bak Tablo 3,}$	$\lambda > \lambda_0 \quad \lambda = L_K / i_{\min}$ $i_{\min} = \sqrt{I / A}$  $\lambda < \lambda_0 \quad \lambda_0 = 2 \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_0}}$  $\sigma_0 \approx 0,8 \cdot \sigma_{AK}$ $S_{bk} = \sigma_{bk} / \sigma_b < S_{bkEM}$ S <sub>bkEM</sub> için bak Tablo 1 $\sigma_{BEM} \text{ St 37} = 140 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{BEM} \text{ St 52} = 210 \text{ N/mm}^2$

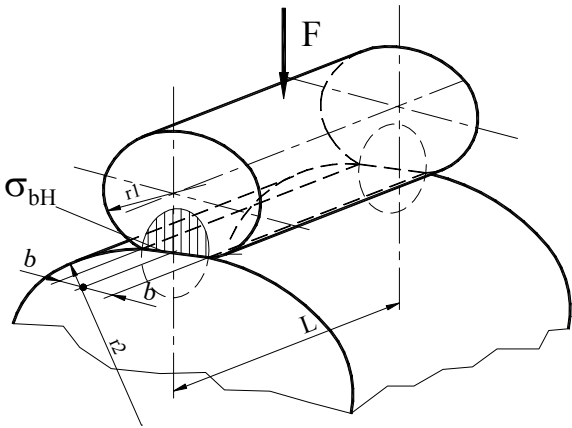
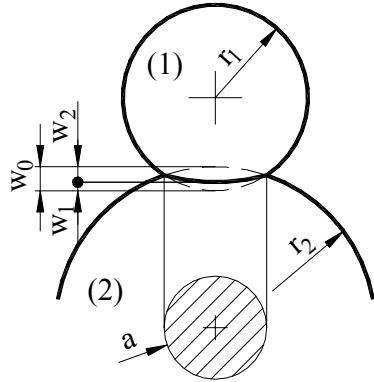
Tablo 1, Burkulma için gerekli emniyet katsayısı  $S_{bkEM}$ 

Burkulmanın (Flambaj) tanımı	Parçanın tanımı	$S_{bkEM}$
Elastik burkulma	Küçük parçalar	6 – 8
	Büyük parçalar	4 – 6
Elastik olmayan burkulma	Küçük ve büyük parçalar	3 – 5

## 1.1.1 Karşılaştırma momentleri

	Tanımlama	Formül
F(27)	<b>Biçim değiştirme Enerjisi Hipotezine, BEH'e göre:</b>	$M_{kar} = \sqrt{M_{eg}^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_t)^2}$
F(28)	<b>Normal Gerilme Hipotezine, NGH'e göre</b>	$M_{kar} = 0,5 \cdot \left( M_{eg} + \sqrt{M_{eg}^2 + (\alpha_0 \cdot M_t)^2} \right)$
F(29)	<b>Kayma Gerilmesi Hipotezine, KGH'e göre</b>	$M_{kar} = \sqrt{M_{eg}^2 + (\alpha_0 \cdot M_t)^2}$
		$\alpha_0 = 0,7$ Torsiyon statik veya dalgalı, eğilme değişken $\alpha_0 = 1,0$ Torsiyon ve eğilme aynı cinsten. $\alpha_0 = 1,5$ Torsiyon değişken veya dalgalı, eğilme statik.

## 1.1.2 Hertz basma gerilmesi

			
Şekil 20, Hertz basma gerilmesi, silindir		Şekil 21, Hertz basma gerilmesi, küre	
F(30)	$\sigma_{bHSi} = -\sqrt{\frac{F \cdot E}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \cdot (1 - \nu^2)}}$	F(31)	$\sigma_{bHKü} = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot F \cdot E^2}{r^2 \cdot (1 - \nu^2)}}$
F(32)	$b = \sqrt{\frac{8 \cdot F \cdot r \cdot (1 - \nu^2)}{\pi \cdot E \cdot L}}$	F(33)	$w_0 = \sqrt[3]{\frac{2,25 \cdot (1 - \nu^2)^2 \cdot F^2}{r \cdot E^2}}$
		F(34)	$a = \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot (1 - \nu^2) \cdot F \cdot r}{E}}$
F(35)	$E = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$	F(36)	$r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$ veya $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$ Eğer $r_2 = \infty$ ise $r = r_1$ alınır.

Eğer ikinci cisim iç yuvarlaksa r'nin işareti "-" alınır.

Tablo 2, Tetmajer için değerler

	E N/mm <sup>2</sup>	$\lambda_0$	a N/mm <sup>2</sup>	b N/mm <sup>2</sup>
St37	$2,1 \cdot 10^5$	104	310	1,14
St50 St60	$2,1 \cdot 10^5$	89	335	0,62
%5-Ni-Çelik	$2,1 \cdot 10^5$	86	470	2,30
Kırdöküm	$1,0 \cdot 10^5$	80	$\sigma_{bk} = 776 - 12 \lambda + 0,053 \lambda^2$	
Çamağacı	$1,0 \cdot 10^4$	100	29,3	0,194

Tablo 3,  $\omega$ , Omega değerleri. DIN 4114 ve DIN 1052 den

$\lambda_{he}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
St 37	1,04	1,14	1,30	1,55	1,90	2,43	3,31	4,32	5,47	6,75	8,17
St 52	1,06	1,19	1,41	1,79	2,53	3,65	4,96	6,48	8,21	10,13	12,26
Tahta	1,08	1,26	1,62	2,20	3,00	4,32	5,88	7,68	9,72	12,00	14,52

Tablo 4, Önemli mukavemet değerleri hipotezleri ve bozulma şekilleri

Bozulma		Kopup ayrılma	Kayarak kopma	
Hipotez		NGH	KGH	BEH
Gerilme hali		Karşılaştırma gerilmesi		
3-Eksenli	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$	$\sigma_1$	$\sigma_1 - \sigma_3 = 2 \cdot \tau_{max}$	$\frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$
	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 = 0$	$\sigma_1$	$\sigma_1 = 2 \cdot \tau_{max}$	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1 \cdot \sigma_2}$
2-Eksenli	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 = 0$	$\sigma_1$	$\sigma_1 - \sigma_3 = 2 \cdot \tau_{max}$	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3}$
	$\sigma_x, \sigma_y, \tau$	$\frac{1}{2} \cdot (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau^2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 4 \tau^2} \cdot 1$ $\cdot (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 4 \tau^2} \cdot 2$	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau^2}$
	$\sigma_x, \tau$ $\sigma_y = 0$	$0,5 \cdot \left( \sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4 \cdot \tau^2} \right)$	$\sqrt{\sigma_x^2 + 4 \cdot \tau^2}$	$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau^2}$

**BEH** Biçim değiştirme Enerjisi Hipotezi

**NGH** Normal Gerilme Hipotezi

**KGH** Kayma Gerilmesi Hipotezi

\*)1  $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 4 \tau^2} > \sigma_x + \sigma_y$

\*)2  $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 4 \tau^2} < \sigma_x + \sigma_y$

\*)3 Eğilme ve torsiyon zorlamasında **BEH** - Biçim değiştirme Enerjisi Hipotezi pratikte çok iyi sonuçlar vermiştir. Bunun içinde hesaplamalarda genelde BEH kullanılır ve kayma gerilmesi " $\tau = \alpha_0 \cdot \tau$ " olarak kabul edilir.

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

$$\alpha_0 = 0,7$$

Torsiyon statik veya dalgalı, eğilme değişken


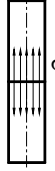
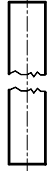
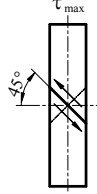


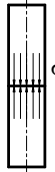
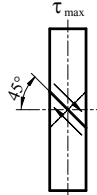

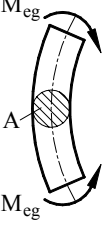
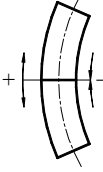






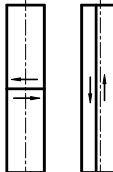
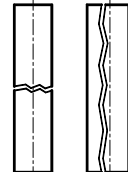
$$\alpha_0 = 1,0$$

Torsiyon ve eğilme aynı cinsten.

$$\alpha_0 = 1,5$$

Torsiyon değişken veya dalgalı, eğilme statik

Tablo 5, Tek eksenli zorlanmada bozulma şekilleri ve gerilmeleri

Zorlanma		Gevrek malzeme		Yumuşak malzeme	
		max. normal gerilme	Çekerek kopma	max. kayma gerilme	Kayarak kopma
Çekme					
		$\sigma_{\max} = \frac{F}{A}$		$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	
Basma			Çekerek kopma olamaz. Yayılm olur		
		$\sigma_{\max} = -\frac{F}{A}$		$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	
Eğilme					
		$\sigma_{\max} = \frac{M_{eg}}{W_{eg}}$		$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	
Burulma Torsiyon					
		$\sigma_{\max} = 2 \cdot \tau_{\max}$		$\tau_{\max} = \frac{M_t}{W_t}$	
Kullanılan hipotez		Normal Gerilme Hipotezi		Kayma Gerilmesi Hipotezi	

Mekanik zorlanmada en önemli bozulma şekilleri:

#### Bozulma şekli

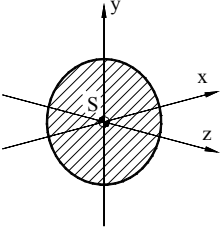
Akma kopması  
Zorla kopma  
Yorulma kopması

#### Karşılaştırılan mukavemet değeri

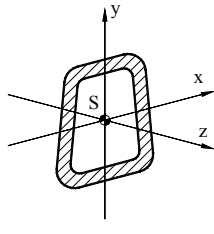
Akma mukavemet değeri,  $R_e$   $R_{p0,2}$   
Kopma mukavemet değeri,  $R_m$   
Devamlı mukavemet değeri  $\sigma_D$

## 1.2 Kesit yöntemi için örnekler

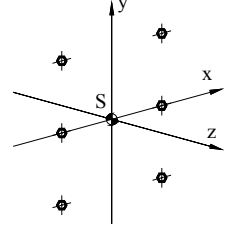
### 1.2.1 İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması



Şekil 22, Dolu kesit;  
Örneğin: Mil



Şekil 23, Kaval kesit; Örneğin: Döküm veya kaynak  
konstrüksiyonu



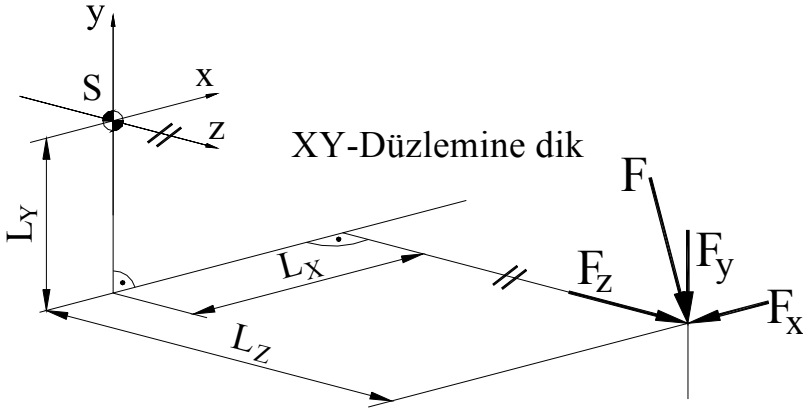
Şekil 24, Adacıklar,  
Cıvatalar, Perçinler

Hesaplama kesitini XY-Düzlemi ve konstrüksiyonun koordinat sistemi X,Y ve Z eksenleri vade konstrüksiyonun ağırlık merkezi S yukarıda gösterildiği gibi belirlenmiş olsun.

Yer ve yön için eksenlerin eksi (-) yönünden artı (+) yönüne doğru bakıldığını kabul edilip, saat yelkovanı hareket yönüne göre belirleyelim.

Momentler bir düzlemde, kuvvetler etki doğrultularında değerleri değişmeden kaydırılırlar.

### 1.2.2 Sistemi etkileyen “ F “ kuvvetini eksenlere göre $F_x$ , $F_y$ ve $F_z$ bileşenlerine ayrılması



Burada “ S “ konstrüksiyonun ağırlık merkezi vade X,Y ve Z eksenleride koordinat sistemi olarak alınmıştır.

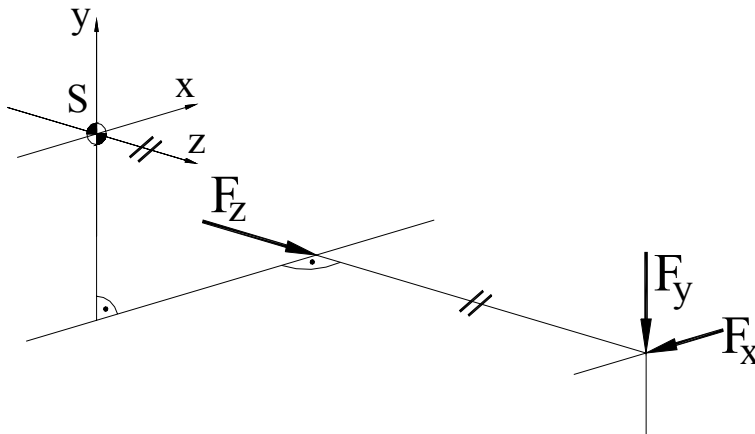
Sistemi etkileyen “ F “ kuvvetini eksenlere göre  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  bileşenlerine ayırılım

Şekil 25, Sistemi etkileyen “ F “ kuvvetini eksenlere göre  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  bileşenlerine ayrılması

### 1.2.3 Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi.

Kuvvet bileşkenleri tek tek koordinat eksenlerine paralel olarak ağırlık merkezine kaydırılır.

a) Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması.



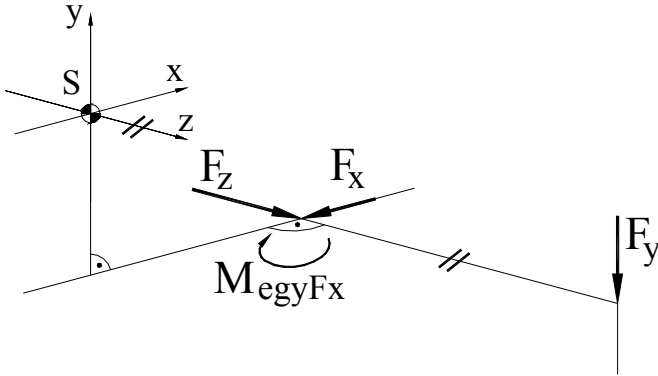
Burada  $F_z$  kuvveti Z-eksenine paralel olarak kaydırılır.

Bu durumda hiçbirsey değişmez. Kuvvet istenilen noktaya kadar kaydırılır.

Şekil 26, Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması

b) Kuvvetin etki doğrultusunun dışında kaydırılması:

- Kuvvetin hesaplama kesitine dik olarak kaydırılması,  
Yön: Z-eksenine paralel.



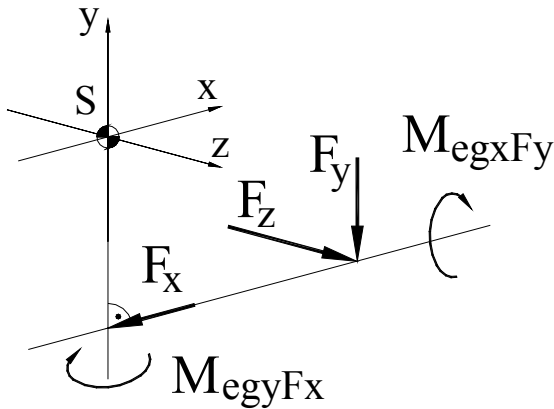
Şekil 27, Z-eksenine paralel

Burada  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetleri Z-eksenine paralel kaydırılıyor ve kuvvetin kaydırılmasından bir eğilme momenti doğuyor. Şöyleki:

$$M_{eg} = F_{x,y,z} \cdot L_{F_{x,y,z}}$$

$M_{eg}$  Eğilme momenti  
 $F_{x,y,z}$  Kuvvet bileşkenleri  
 $L_{F_{x,y,z}}$  Kuvvetin ilk bulunduğu yer ile yeni kaydırıldığı yer arasındaki mesafe

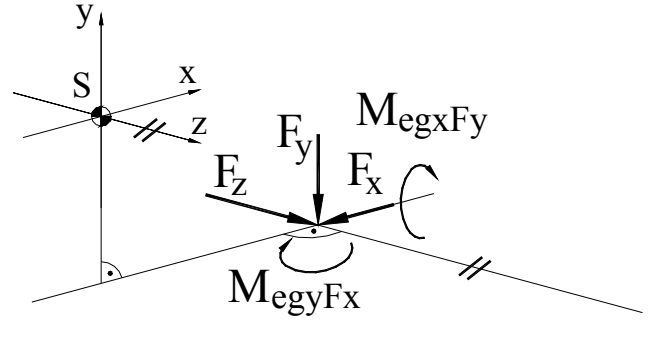
- Hesaplanan kesit içindeki kuvvetlerin kesit düzleminde kaydırılmaları;  
Yön: Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması:



Şekil 29, Kuvvetin etki doğrultusunda kaydırılması

Burada  $F_x$  kuvveti ve  $M_{egyFx}$  momenti kuvvetin etki doğrultusu olan X-eksenine boyunca kaydırılır.

Değişen bir şey olmaz. Kuvvet ve moment X-ekseni boyunca istenilen noktaya kadar kaydırılır.



Şekil 28, Z-eksenine paralel

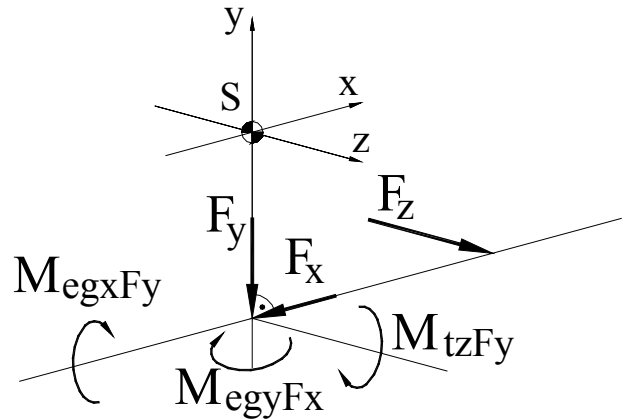
Momentler:

$$F_x \Rightarrow M_{egyFx} = F_x \cdot L_z$$

Yelkovana karşı

$$F_y \Rightarrow M_{egxFy} = F_y \cdot L_z$$

Yelkovan yönünde



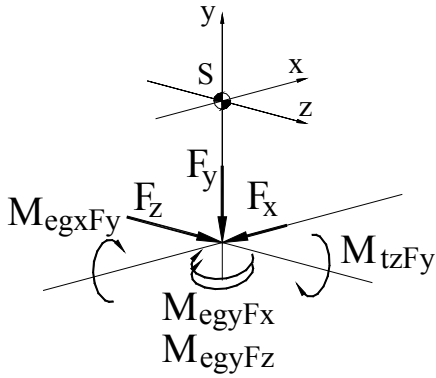
Şekil 30, Kuvvetin paralel olduğu eksene göre kaydırılması

Burada  $F_y$  kuvveti ve  $M_{egxFy}$  momenti X-eksenine paralel kaydırılır.

$F_y$  kuvvetinin kaydırılmasından torsiyon momenti doğar:

$$M_{tzFy} = F_y \cdot L_x \quad \text{Yelkovana karşı}$$

- Hesap yapılan kesitin düzleminde kuvvetlerin kaydırılması:

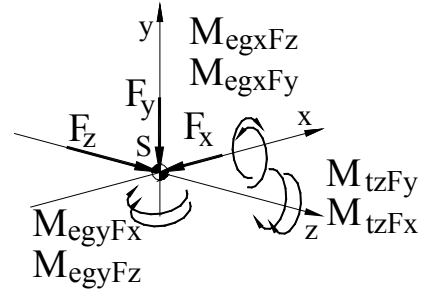


Şekil 31, X-eksenine paralel

Burada  $F_z$  kuvveti X-eksenine paralel kaydırılıyor.

$F_z$  kuvvetinin kaydırılmasından eğilme momenti doğar:

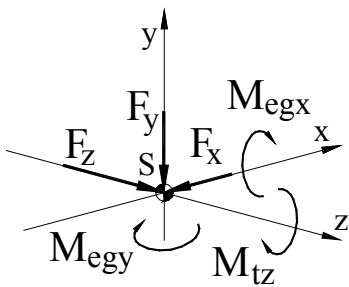
$$M_{egyFz} = F_z \cdot L_x \quad \text{Yelkovana karşı}$$



Şekil 32, Y-eksenine paralel

- $F_x$  kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni torsiyon momenti doğar:  
 $M_{tzFx} = F_x \cdot L_y$  Yelkovana karşı
- $F_y$  kuvvetinin ve  $M_{egzFy}$ ,  $M_{egxFy}$  momentleri-nin kaydırılmasından yeni bir şey doğmaz. Her şey olduğu gibi kalır.
- $F_z$  kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni eğilme momenti doğar:  
 $M_{egxFz} = F_z \cdot L_y$  Yelkovana karşı

- Böylece bütün hesaplanacak kesiti etkileyen dış kuvvetleri kesitin ve aynı zamanda konstrüksiyonun ağırlık merkezine getirmiş oluyoruz. Şimdi tek tek getirilen kuvvet ve momentleri toplayınca sistemi basite indiririz.



Şekil 33, Sistemin basite indirilmesi

$F_x$  ve  $F_y$  kuvvetleri hesaplanan kesit çapraz kuvvet ve  $F_z$  kuvvetide normal kuvvet olarak etkilerler.

$M_{egx}$  ve  $M_{egy}$  kesiti etkileyen eğilme ve  $M_{tz}$  de kesiti etkileyen torsiyon (burma) momentleridir.

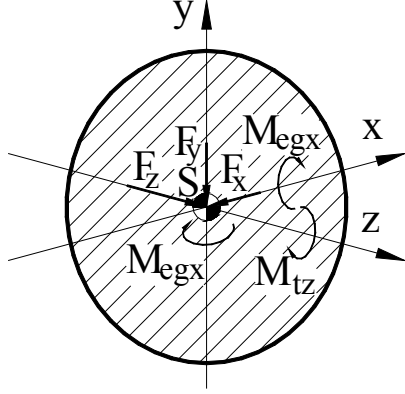


### 1.2.4 Çeşitli kesitlerde Hesaplama

Sırasıyla olasılıklı konstrüksiyon çeşitlerini ele alalım:

#### 1.2.4.1 Dolu kesit hesaplaması

Örneğin: Mil veya buna benzer konstrüksiyon elemanları.



Şekil 34, Bileşik gerilme

Bu parçalarda bileşik gerilme "BEH" biçim değiştirme Enerjisi Hipotezine göre hesaplanır:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

Normalgerilmeler:  $\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\phi, b}$

Kayma gerilmeleri:  $\tau = \tau_t + \tau_k$

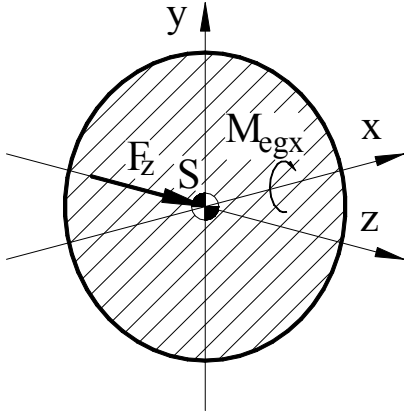
Zorlanma katsayısı " $\alpha_0$ ", pratikte:

$\alpha_0 = 0,7$  Torsiyon statik veya dalgalı, eğilme değişken

$\alpha_0 = 1,0$  Torsiyon ve eğilme aynı cinsten.

$\alpha_0 = 1,5$  Torsiyon değişken veya dalgalı, eğilme statik.

Normal kuvvet ve eğilme momenti



Şekil 35, Normal kuvvet ve eğilme momenti

$F_z$  kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{\phi} = \frac{F_z}{A}$$

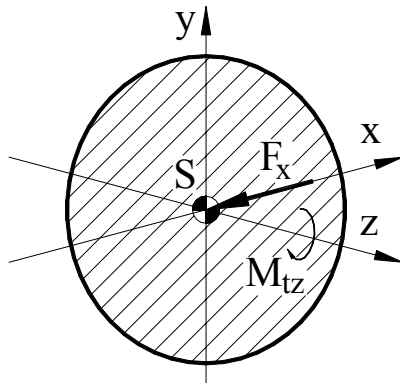
Burada alan  $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$  dir.

$M_{egx}$  momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti  $W_{eg} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$  dir.

Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti



Şekil 36, Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti

$F_x$  kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan  $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$  dir.

$M_{tz}$  momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi doğar:

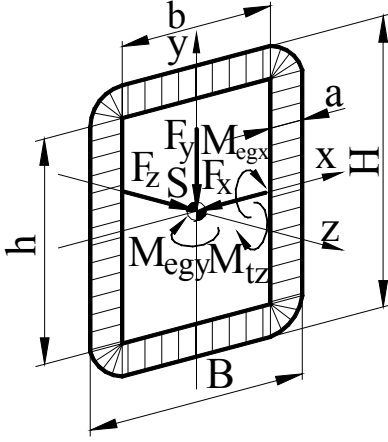
$$\tau_t = \frac{M_{tz}}{W_t}$$

Torsiyon karşı koyma momenti  $W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$  dir.

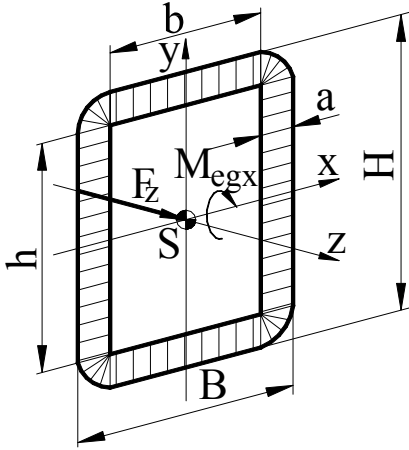
### 1.2.4.2 Kaval kesit

Örneğin: Döküm veya kaynak konstrüksiyonları.

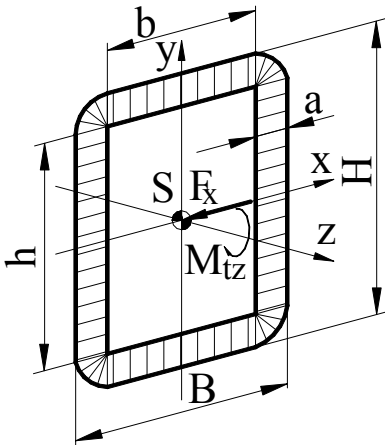
#### 1.2.4.2.1 Kapalı form



Şekil 37, Kapalı form, bileşik gerilme



Şekil 38, Kapalı form, çekme gerilmesi ve eğilme gerilmesi



Şekil 39, Kapalı form, kesme gerilmesi ve eğilme gerilmesi

Buradaki bileşik gerilme imata göre hesaplanır:

$$\text{Döküm } \sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH}$$

$$\text{Kaynak } \sigma_v = 0,5 \cdot \left( \sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

“NGH” Normal Gerilme Hipotezi

$$\text{Normalgerilmeler: } \sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\check{c},b}$$

$$\text{Kayma gerilmeleri: } \tau = \tau_t + \tau_k$$

Zorlanma katsayısı "  $\alpha_0$  ", bak Şekil 34.

$F_z$  kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{\check{c}} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan  $A = (H - h) \cdot (B - b)$  dir.

$M_{egx}$  momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti

$$W_{eg} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} \quad \text{dır.}$$

$F_x$  kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan olarak yalnız uzunlamasına etkilenen kaynak alanıdır  $A = 2 \cdot b \cdot a$  dır.

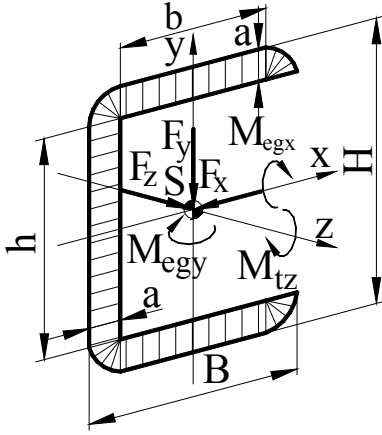
$M_{tz}$  momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi

$$\text{doğar: } \tau_t = \frac{M_{tz}}{W_t} \quad \text{Torsiyon karşı koyma momenti}$$

Bredt' e göre  $W_t \approx 2 \cdot A_{or} \cdot a$  dır ve

ortalama alan  $A_{or} = (b + a) \cdot (h + a)$  dır.

## 1.2.4.2.2 Açık form



Şekil 40, Açık form, bileşik gerilme

Buradaki bileşik gerilme imalat göre hesaplanır:

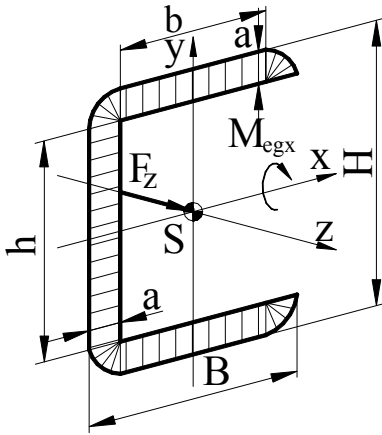
$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH göre}$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot \left( \sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

Normalgerilmeler:  $\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{\zeta, b}$

Kayma gerilmeleri:  $\tau = \tau_t + \tau_k$

Zorlanma katsayısı " $\alpha_0$ ", bak Şekil 34.



Şekil 41, Açık form, çekme gerilmesi ve eğilme gerilmesi

$F_z$  kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

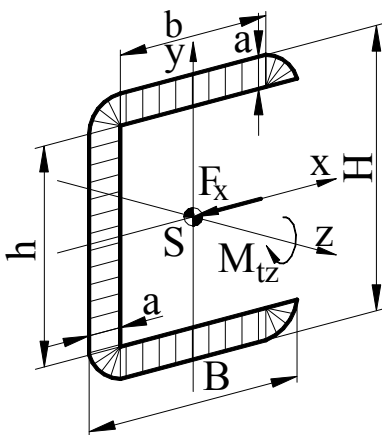
$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan  $A = 2 \cdot a \cdot b + a \cdot h$  dır.

$M_{egx}$  momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti Steiner e göre hesaplanır.



Şekil 42, Açık form, kesme gerilmesi ve torsiyon (burulma) gerilmesi

$F_x$  kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan, yalnız kuvvete paralel olan kaynak dikişlerinin alanıdır;

$$A = 2 \cdot b \cdot a \quad \text{dır.}$$

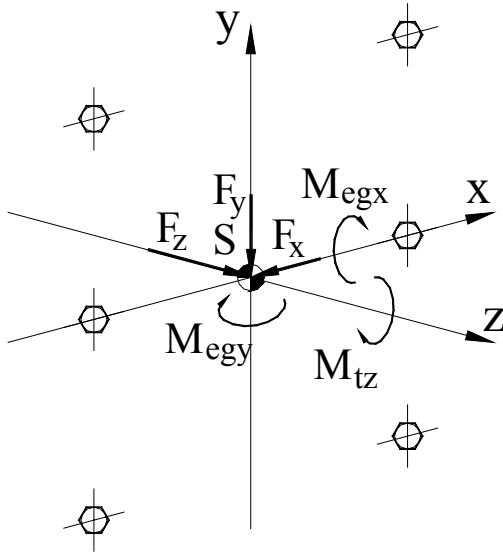
$M_{tz}$  momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi doğar:

$$\tau_t = \frac{F_{Mt_z}}{A_{=}}$$

Kuvvet  $F_{Mt_z} = \frac{M_{tz}}{h+a}$  dır ve

### 1.2.4.3 Adacıklar konstrüksiyonunun hesaplanması

Örneğin: Cıvatalar, perçinler, nokta kaynağı v.s.

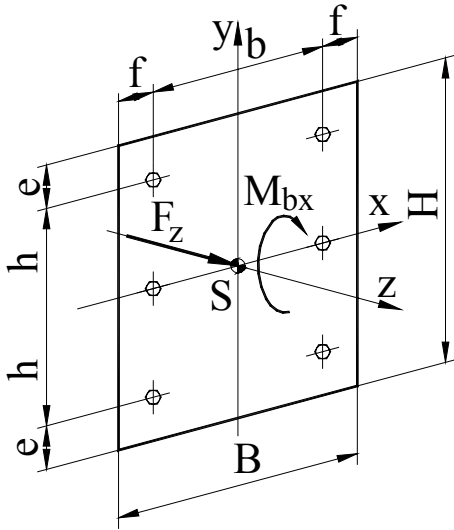


Şekil 43, Adacıklar

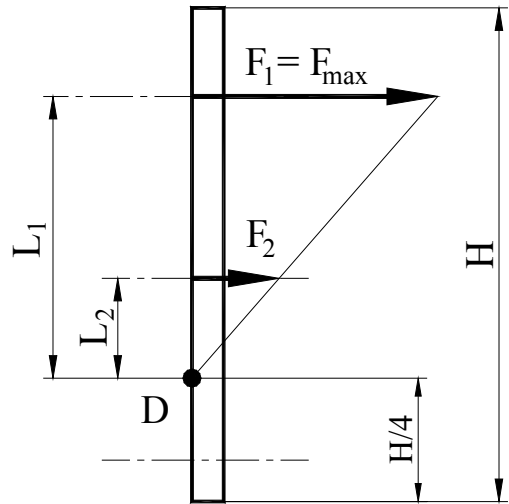
Burada etki gösteren kuvvet ve momentler tek tek ele alınıp en fazla yüklenilen adanın bulunması gerekir.

En fazla yüklenilen adanın bulunması içinde aşağıda verilen sistemlerle hesaplar yapılır.

#### 1.2.4.3.1 Normal kuvvet ve normal kuvvetten doğan eğilme momenti



Şekil 44, Normal kuvvet, perspektif



Şekil 45, Normal kuvvet, şematik

Normal kuvvet  $F_z$  den doğan çekme kuvveti :

$$F_{nç} = F_z / n$$

Eğilme momentinden doğan çekme kuvveti:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{eg}}{z} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_n^2}$$

n Adacıkların sayısı (burada 6)  
z Sıranın sayısı (burada 2)

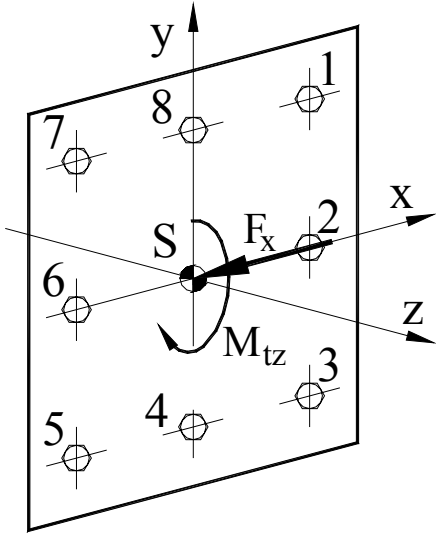
Böylece burada:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{egx}}{2} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2}$$

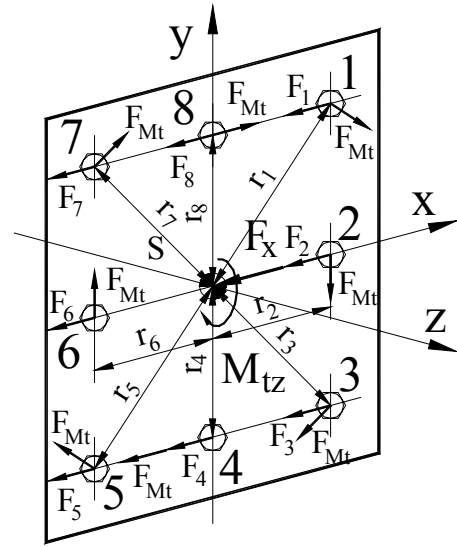
maksimum yüklenen bir adanın toplan zorlanması:

$$F_{max} = F_{nç} + F_{çMeg}$$

## 1.2.4.3.2 Çapraz kuvvet ve çapraz kuvvetten doğan torsiyon momentini



Şekil 46, Çapraz kuvvet, perspektif



Şekil 47, Çapraz kuvvet, şematik

Çapraz kuvvet  $F_x$  den doğan kesme kuvveti :

$$F_{\text{çk}} = F_x / n$$

Torsiyon momentinden doğan kesme kuvveti:

$$F_{\text{çmax Mt}} = \frac{M_{tz} \cdot r_{\text{max}}}{\sum r^2}$$

$n$  Adacıkların sayısı (burada 8)

$r$  Adacıkların ağırlık merkezine olan mesafeleri

Böylece burada:

$$F_{1Mt} = F_{3Mt} = F_{5Mt} = F_{7Mt} = \frac{M_{tz} \cdot r_1}{4 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_4^2}$$

$$F_{2Mt} = F_{6Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

$$F_{4Mt} = F_{8Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_4}{r_1}$$

maksimum yüklenen bir adanın toplam zorlanması bu üç sonuçtan hangisi büyükse odur.

$F_2$  Hesaplanır

$F_3$  Hesaplanır

$F_4 = F_{\text{çk}} + F_{4t}$  Hesaplanır

## 1.3 Çeşitli kesitlerin alanı, eğilme atalet ve mukavemet momentleri

Tablo 6, Çeşitli kesitlerin eğilme atalet ve mukavemet momentleri

Kesit		Formüller			
Şekil 48		<b>Üçgen</b>		$I_u = b \cdot h^3 / 12$	
		$A = b \cdot h / 2$ $e_x = h / 3$		$I_v = b \cdot h^3 / 4$	
		$I_x = b \cdot h^3 / 36$ $I_y = b^3 \cdot h / 36$		$W_x = b \cdot h^2 / 24$ $W_y = b^2 \cdot h / 24$	
Eşkenar üçgende:		$h = 0,8660 \cdot b$ $A = 0,4330 \cdot b^2$	$e_x = 0,2887 \cdot b$ $e_y = 0,5 \cdot b$	$I_x = 0,01804 \cdot b^4$ $I_y = I_x$	$W_x = 0,03125 \cdot b^3$ $W_y = 0,03608 \cdot b^3$
Şekil 49		<b>Rombus</b>		$I_x = b \cdot h^3 / 48$	
		$A = b \cdot h / 2$		$I_v = b^3 \cdot h / 48$	
		$e_x = h / 2$ $e_y = b / 2$		$W_x = b \cdot h^2 / 24$ $W_y = b^2 \cdot h / 24$	
Şekil 50		<b>Dikdörtgen</b>		$I_x = b \cdot h^3 / 12$	
		$A = b \cdot h$		$I_y = b^3 \cdot h / 12$	
		$e_x = h / 2$ $e_y = b / 2$		$I_u = b \cdot h^3 / 3$ $I_v = b^3 \cdot h / 3$	
				$W_x = b \cdot h^2 / 6$ $W_y = b^2 \cdot h / 6$	
Şekil 51		<b>Dikdörtgen, ortası boş</b>		$I_x = b \cdot (H^3 - h^3) / 12$	
		$A = b \cdot (H - h)$		$I_y = b^3 \cdot (H - h) / 12$	
		$e_x = H / 2$ $e_y = b / 2$		$W_x = b \cdot (H^3 - h^3) / (6 \cdot H)$ $W_y = b^2 \cdot (H - h) / 6$	
Şekil 52		<b>Kare</b>		$I_x = I_y = h^4 / 12$	
		$A = h^2$ $e_x = e_y = h / 2$		$I_{k1} = I_{k2} = h^4 / 12$	
		$e_{k1} = e_{k2} = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{2}$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071 \cdot h$		$W_x = W_y = h^3 / 6$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{h^3}{12} \cdot \sqrt{2}$ $W_{k1} = W_{k2} = 0,11785 \cdot h^3$	

	Kesit	Formüller	
Şekil 53		<b>Kare, içi boş, kaval kare</b> $A = H^2 - h^2$ $e_x = e_y = H / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071.H$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2} = (H^4 - h^4) / 12$	$W_x = W_y = \frac{1}{6} \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{\sqrt{2}}{12} \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$
		<b>Kare, içi yuvarlak boş</b> $A = H^2 - \pi \cdot d^2 / 4$ $e_x = e_y = H / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071.H$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$ $I_x = (H^4 - 3 \cdot \pi \cdot d^4 / 16) / 12$	$W_x = W_y = \frac{1}{6 \cdot H} \cdot \left( H^4 - \frac{3 \cdot \pi \cdot d^4}{16} \right)$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{I_{k1}}{0,7071 \cdot H}$
Şekil 55		<b>Altıgen, altıköşe</b> $A = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot h^2 = 0,866 \cdot h^2$ $h = R \cdot \sqrt{3} \quad R = h / \sqrt{3}$ $e_x = h / 2 \quad e_y = R$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$	$I_x = \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{144} \cdot h^4 = 0,06014 \cdot h^4$ $W_x = W_{k1} = \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{72} \cdot h^3 = 0,12028 \cdot h^3$ $W_y = W_{k2} = \frac{5}{48} \cdot h^3 = 0,10417 \cdot h^3$
Şekil 56		<b>Sekizgen, Sekizköşe</b> $A = 0,8284 \cdot h^2$ $s = h / (1 + \sqrt{2}) = 0,4142 \cdot h$ $t = s \cdot \sqrt{2} / 2 = 0,2929 \cdot h$ $e_x = e_y = h / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = \sqrt{s^2 + h^2} / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,5412 \cdot h$	$A = \frac{R^2 \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{2}$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$ $I_x = 0,05473 \cdot h^4$ $W_x = W_y = 0,1095 \cdot h^3$ $W_{k1} = W_{k2} = 0,10107 \cdot h^3$
Şekil 57		<b>Yamuk</b> $A = h \cdot (a + b) / 2$ $e_x = \frac{h}{3} \cdot \frac{a + 2 \cdot b}{a + b}$ $e_y = a / 2$	$I_x = \frac{h^3}{36} \cdot \frac{a^2 + 4 \cdot a \cdot b + b^2}{a + b}$ $I_y = \frac{h}{48} \cdot (a^3 + a^2 \cdot b + a \cdot b^2 + b^3)$ $W_x = I_x / (h - e_x)$ $W_y = I_y / e_y = 2 \cdot I_y / a$
Şekil 58		<b>Daire</b> $A = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot d^2 / 4$ $U = \text{çevre} = \pi \cdot d$ $e_x = e_y = d / 2 = R$	$I_x = I_y = \pi \cdot d^4 / 64 = \pi \cdot R^4 / 4$ $I_x = I_y \approx 0,05 \cdot d^4 \approx 0,7854 \cdot R^4$ $W_x = W_y = \pi \cdot d^3 / 32 = \pi \cdot R^3 / 4$ $W_x = W_y \approx 0,1 \cdot d^3 \approx 0,7854 \cdot R^3$

Kesit		Formüller
Şekil 59		<p><b>Daire yarım</b></p> $A = \pi \cdot R^2 / 2 = \pi \cdot d^2 / 8$ $A = 1,57080 \cdot R^2$ $I_x = \left( \frac{\pi}{8} - \frac{8}{9 \cdot \pi} \right) \cdot R^4 = 0,1098 \cdot R^4$ $I_y = \pi \cdot R^4 / 8 = 0,3927 \cdot R^4$ $e_x = 4 \cdot R / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot R$ $e_y = R$ $W_x = 0,1907 \cdot R^3$ $W_y = \pi \cdot R^3 / 8 = 0,3927 \cdot R^3$
Şekil 60		<p><b>Daire içi boş, Boru kesiti</b></p> $A = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = \pi \cdot (R^2 - r^2)$ $e_x = e_y = D / 2$ $I_x = I_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64$ $I_x = I_y = \pi \cdot (R^4 - r^4) / 4$ <p>Eğer kalınlık çapa oranla çok küçük ise, yani <math>(t/d_m)^2 \ll 1</math> ise</p> $I_1 = I_2 = \frac{\pi \cdot d_m^3 \cdot s}{8}$ $W_1 = W_2 = \frac{\pi \cdot d_m^2 \cdot s}{4}$
Şekil 61		<p><b>İçi boş yarım daire, yarım boru kesiti</b></p> $I_y = 1,1098 (R^4 - r^4) - 0,283 R^2 r^2 \frac{(R - r)}{R + r}$ $e_1 = \frac{(R^2 + R r + r^2)}{0,75 \pi (R + r)}$ $e_2 = R - e_1$ $W_{1,2} = \frac{I_y}{e_{1,2}}$
Şekil 62		<p><b>Daire dik delikli</b></p> $I_b = 0,01 \cdot D^3 \cdot (5D - 8,5d)$ $W_b = 0,1 \cdot D^2 \cdot (D - 1,7d)$
Şekil 63		<p><b>Daire çeyrek</b></p> $A = \pi \cdot R^2 / 4 = 0,7854 \cdot R^2$ $e_x = e_y$ $e_x = 0,4244 \cdot R$ $e_2 = 0,5756 \cdot R$ $e_{k1} = 0,6002 \cdot R$ $e_{k2} = 0,7071 \cdot R$ $I_x = I_y = 0,05488 \cdot R^4$ $I_u = I_v = 0,05488 \cdot R^4$ $W_x = W_y = 0,09534 \cdot R^3$ $W_{k1} = 0,1009 \cdot R^3$ $W_{k2} = 0,06399 \cdot R^3$
Şekil 64		<p><b>Daire ile dikkenar arası parça,</b></p> <p><b>Köşe dikişi</b></p> $A = R^2 \cdot (1 - \pi/4) = 0,2146 \cdot R^2$ $e_x = 0,7766 \cdot R$ $e_1 = 0,2234 \cdot R$ $e_2 = 0,3912 \cdot R$ $e_3 = 0,3159 \cdot R$ $e_{k1} = 0,0983 \cdot R$ $e_{k2} = 0,7071 \cdot R$ $I_x = I_y = 0,00755 \cdot R^4$ $I_u = I_v = 0,1370 \cdot R^4$ $I_{k1} = 0,011980 \cdot R^4$ $I_{k2} = 0,003105 \cdot R^4$ $W_x = W_y = 0,00972 \cdot R^3$ $W_{k1} = 0,016950 \cdot R^3$ $W_{k2} = 0,007937 \cdot R^3$



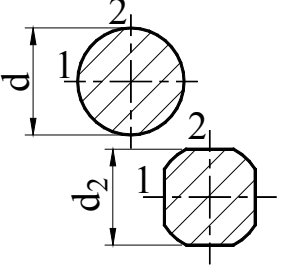
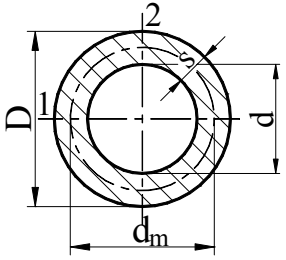
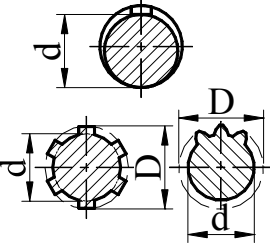
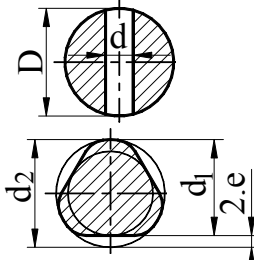
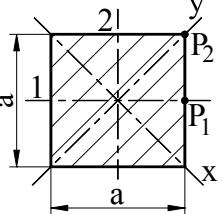
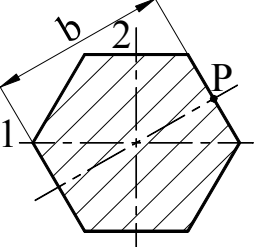
Kesit		Formüller																									
Şekil 65		<b>Daire dilimi merkezden</b> $A = b \cdot R / 2 = \pi \cdot R^2 \cdot \varphi^\circ / 360^\circ$ $b = \pi \cdot R \cdot \varphi^\circ / 180^\circ$ $\varphi^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{b}{R}$ $s = 2 \cdot \sin(\varphi/2) \cdot R$	$I_x = I_s - \frac{360}{\pi \cdot \varphi^\circ} \cdot \sin(\varphi/2) \cdot \frac{4 \cdot R^4}{9}$ $I_y = \frac{R^4}{8} \cdot \left( \pi \cdot \frac{\varphi^\circ}{180} - \sin \varphi \right)$ $I_s = \frac{R^4}{8} \cdot \left( \pi \cdot \frac{\varphi^\circ}{180} + \sin \varphi \right)$																								
		$e_x = 2 \cdot R \cdot s / (3 \cdot b)$ $e_x = \frac{2}{3} \cdot \sin(\varphi/2) \cdot \frac{360^\circ \cdot R}{\varphi^\circ \cdot \pi}$ $e_y = s / 2$ $W_{x \max} = \frac{I_x}{R - e_x}$ $W_{x \min} = \frac{I_x}{e_x}$ $W_y = \frac{I_y}{e_y} = \frac{2 \cdot I_y}{s}$																									
Şekil 66		<b>Daire kesiti kirişten</b> $A = \frac{R^2}{2} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180} - \sin \varphi \right)$ $A = (R \cdot (b - s) + s \cdot h) / 2$ $R = \frac{s^2}{8 \cdot h} + \frac{h}{2}$ $b = \pi \cdot R \cdot \varphi^\circ / 180^\circ$ $b = 0,01745 \cdot R \cdot \varphi^\circ$	$e_m = s^3 / (12 \cdot A)$ $e_x = e_m - R \cdot \cos(\varphi/2)$ $e_y = s / 2$ $s = 2 \cdot R \cdot \sin(\varphi/2)$ $s = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot R - h)}$ $h = R \cdot (1 - \cos(\varphi/2))$ $h = r - \sqrt{R^2 - (s/2)^2}$ $\tan(\varphi/2) = s / (2 \cdot (R \cdot h))$																								
		$y = \sqrt{R^2 - z^2} - R + h$ $I_x = \frac{R^4}{16} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{90} - \sin(2\varphi) \right) - \frac{20 \cdot R^4 \cdot (1 - \cos \varphi)^3}{\pi \cdot \varphi^\circ - 180 \cdot \sin \varphi}$ $z = 8 \cdot \sin(\varphi) - \sin(2\varphi)$ $I_y = \frac{R^4}{48} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{30} - z \right)$ $W_x = \frac{I_x}{h - e_x}$ $W_y = \frac{2 \cdot I_y}{s}$ Eğer $h = R/2$ ise, $\varphi = 120^\circ$ dir. Değerler şöyle olur: $A = 0,61418 \cdot R^2$ $e_x = 0,2050 \cdot R$ $I_x = 0,01066 \cdot R^4$ $W_x = 0,03613 \cdot R^3$																									
Şekil 67		<b>Elips</b> $A = \pi \cdot a \cdot b$ $e_x = a$ ; $e_y = b$ $I_x = \pi \cdot a^3 \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = \pi \cdot a \cdot b^3 / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b^3$ <b>Çevre</b> $\Ç = \mu \cdot (a+b)$ $\Ç \approx a + b + 3 \cdot \sqrt{a^2 + b^2}$	$I_y = \pi \cdot a \cdot b^3 / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = \pi \cdot a^2 \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = \pi \cdot a \cdot b^2 / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b^2$																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>(a-b)/(a+b)</th> <th>0,10</th> <th>0,20</th> <th>0,30</th> <th>0,40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\mu</math></td> <td>3,1495</td> <td>3,1731</td> <td>3,2127</td> <td>3,2686</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,50</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,3412</td> <td>3,4314</td> <td>3,5401</td> <td>3,6691</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3,8208</td> </tr> </tbody> </table>	(a-b)/(a+b)	0,10	0,20	0,30	0,40	$\mu$	3,1495	3,1731	3,2127	3,2686		0,50	0,60	0,70	0,90		3,3412	3,4314	3,5401	3,6691					3,8208
(a-b)/(a+b)	0,10	0,20	0,30	0,40																							
$\mu$	3,1495	3,1731	3,2127	3,2686																							
	0,50	0,60	0,70	0,90																							
	3,3412	3,4314	3,5401	3,6691																							
				3,8208																							
Şekil 68		<b>Elips, kaval, içi boş</b> $I_1 = \pi \cdot (a_1^3 \cdot b_1 - a_2^3 \cdot b_2) / 4$ $I_2 = \pi \cdot (a_1 \cdot b_1^3 - a_2 \cdot b_2^3) / 4$ Eğer kalınlık oranı çok küçük ise, yani $[s/(a+b)] \ll 1$ ise, $I_1 = \pi \cdot a_m^2 \cdot (a_m + 3 \cdot b_m) \cdot s / 4$ $W_1 = \pi \cdot a_m \cdot (a_m + 3 \cdot b_m) \cdot s / 4$	$W_1 = \pi \cdot (a_1^3 \cdot b_1 - a_2^3 \cdot b_2) / (4 \cdot a_1)$ $W_2 = \pi \cdot (a_1 \cdot b_1^3 - a_2 \cdot b_2^3) / (4 \cdot b_1)$																								

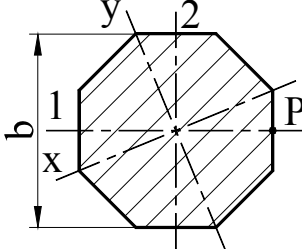
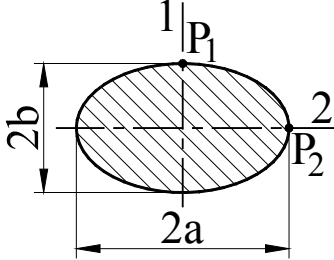
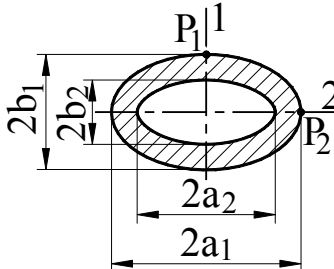
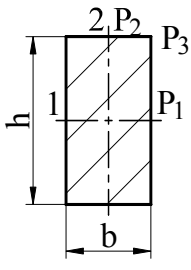
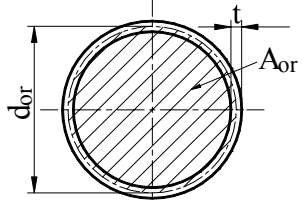
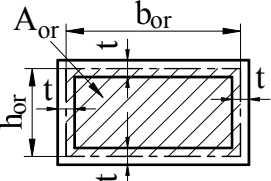
Kesit		Formüller
Şekil 69		<p><b>Elips, yarım</b></p> $A = \pi \cdot a \cdot b / 2 = 1,571 \cdot a \cdot b$ $e_x = 4 \cdot a / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot a$ $I_x = 0,1098 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = \pi \cdot a \cdot b^3 / 8 = 0,3927 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = \pi \cdot a^3 \cdot b / 8 = 0,3927 \cdot a^3 \cdot b$ $W_x = I_x / (a - e_x) = 0,1907 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = \pi \cdot a \cdot b^2 / 8 = 0,3927 \cdot a \cdot b^2$
Şekil 70		<p><b>Elips, çeyrek</b></p> $A = \pi \cdot a \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b$ $e_x = 4 \cdot a / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot a$ $e_y = 4 \cdot b / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot b$ $I_x = 0,05488 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 0,05488 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 0,1963 \cdot a^3 \cdot b$ $I_v = 0,1963 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = I_x / (a - e_x) = 0,09534 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = I_y / (b - e_y) = 0,09534 \cdot a \cdot b^2$
Şekil 71		<p><b>Elipse dik kenarlar arasında kalan parça</b></p> $A = (1 - \pi/4) \cdot a \cdot b = 0,2146 \cdot a \cdot b$ $e_x = 0,7766 \cdot a$ $e_y = 0,7766 \cdot b$ $I_x = 0,00755 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 0,00755 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = I_x / e_x = 0,00972 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = I_y / e_y = 0,00972 \cdot a \cdot b^2$
Şekil 72		<p><b>Parabol</b></p> $A = 4 \cdot a \cdot b / 3$ $e_x = 2 \cdot a / 5$ $I_x = 16 \cdot a^3 \cdot b / 175 = 0,09143 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 4 \cdot a \cdot b^3 / 15 = 0,2666 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 32 \cdot a^3 \cdot b / 105 = 0,3048 \cdot a^3 \cdot b$ $W_x = 16 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,1524 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = 4 \cdot a \cdot b^2 / 15 = 0,2666 \cdot a \cdot b^2$
Şekil 73		<p><b>Parabol, yarım</b></p> $A = 2 \cdot a \cdot b / 3$ $e_x = 2 \cdot a / 5$ $e_y = 3 \cdot b / 8$ $I_x = 8 \cdot a^3 \cdot b / 175 = 0,04571 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 19 \cdot a \cdot b^3 / 480 = 0,03958 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 16 \cdot a^3 \cdot b / 105 = 0,1524 \cdot a^3 \cdot b$ $I_v = 32 \cdot a \cdot b^3 / 105 = 0,3048 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = 8 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,07619 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = 19 \cdot a \cdot b^2 / 300 = 0,0633 \cdot a \cdot b^2$
Şekil 74		<p><b>Yarım parabolle dik kenarlar arasında kalan parça</b></p> $A = a \cdot b / 3$ $e_x = 7 \cdot a / 10$ $e_y = 3 \cdot b / 4$ $I_x = 37 \cdot a^3 \cdot b / 2100 = 0,01762 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = a \cdot b^3 / 80 = 0,01250 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 19 \cdot a^3 \cdot b / 105 = 0,1810 \cdot a^3 \cdot b$ $I_v = a \cdot b^3 / 5 = 0,2 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = 37 \cdot a^2 \cdot b / 1470 = 0,0252 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = a \cdot b^2 / 60 = 0,01667 \cdot a \cdot b^2$

Kesit		Formüller
Şekil 75		<p><b>Tam parabolle dik kenarlar arasında kalan parça</b></p> <p><math>b = c/2</math> ise</p> <p><math>A = a^2/6</math>      <math>c = a \cdot \sqrt{2}/2</math></p> <p><math>e_x = e_y = 4.a/5</math></p> <p><math>I_x = I_y = 11.a^4 / 2100</math></p> <p><math>I_x = I_y = 0,00524.a^4</math></p> <p><math>I_u = I_v = 47.a^4 / 420</math></p> <p><math>I_u = I_v = 0,1119.a^4</math></p> <p><math>W_x = W_y = 11.a^3 / 1680</math></p> <p><math>W_x = W_y = 0,00655.a^3</math></p>
		<p><b>Çeşitli profiller</b></p> <p>Şekil 76 ve Şekil 78 için: <math>b = b_1 + b_2</math>    <math>B = B_1 + B_2</math>    ve    <math>e_2 = H - e_1</math></p>
Şekil 76		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}</math></p> <p><math>W_1 = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}</math></p>
		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{12}</math></p> <p><math>W_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{6 \cdot H}</math></p>
Şekil 77		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{12}</math></p> <p><math>W_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{6 \cdot H}</math></p>
		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{3} - (B \cdot H + b \cdot h) \cdot e_1^2</math></p> <p><math>W_1 = \frac{I_1}{e_{1,2}}</math>    <math>e_1 = \frac{B \cdot H^2 + b \cdot h^2}{2(B \cdot H + b \cdot h)}</math></p>
Şekil 78		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{3} - (B \cdot H + b \cdot h) \cdot e_1^2</math></p> <p><math>W_1 = \frac{I_1}{e_{1,2}}</math>    <math>e_1 = \frac{B \cdot H^2 + b \cdot h^2}{2(B \cdot H + b \cdot h)}</math></p>
		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot (H^3 - h^3) + b \cdot (h^3 - h_1^3)}{12}</math></p> <p><math>W_1 = \frac{B \cdot (H^3 - h^3) + b \cdot (h^3 - h_1^3)}{6 \cdot H}</math></p>
Şekil 79		<p><math>I_1 = \frac{B \cdot (H^3 - h^3) + b \cdot (h^3 - h_1^3)}{12}</math></p> <p><math>W_1 = \frac{B \cdot (H^3 - h^3) + b \cdot (h^3 - h_1^3)}{6 \cdot H}</math></p>

## 1.4 Çeşitli kesitlerin torsiyon atalet ve mukavemet momentleri

Tablo 7, Çeşitli kesitlerin torsiyon atalet ve mukavemet momentleri

Kesit		Formüller
Şekil 80		<p><b>Daire</b></p> $I_t = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{\pi \cdot r^4}{2}$ $W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot r^3}{2}$ $I_t = 0,15 \cdot d_2^4$ $W_t = 0,2 \cdot d_2^3$ <p><math>\tau_{\max}</math> dış çevrededir</p>
Şekil 81		<p><b>Daire içi boş, Boru kesiti</b></p> $I_t = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi \cdot (R^4 - r^4)}{2}$ $W_t = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D} = \frac{\pi \cdot (R^4 - r^4)}{2 \cdot R}$ <p>Eğer kalınlık çapa oranla çok küçük ise, yani <math>(s/d_m)^2 \ll 1</math> ise,</p> $I_t = \frac{\pi \cdot d_m^3 \cdot s}{4}$ $W_t = \frac{\pi \cdot d_m^2 \cdot s}{2}$
Şekil 82		<p><b>Kamalı mil kesiti</b></p> $I_t = 0,1 \cdot d^4$ $W_t = 0,2 \cdot d^3$ $I_t = 0,006 \cdot (D + d)^4$ $W_t = 0,024 \cdot (D + d)^3$
Şekil 83		<p><b>Mil kesiti</b></p> $I_t = 0,02 \cdot D^3 \cdot (5D - 8,5d)$ $W_t = 0,2 \cdot D^2 \cdot (D - 1,7 \cdot d)$ $I_t = 0,1 \cdot d_1^2 \cdot (d_1^2 - 24e^2)$ $W_t = 0,162 \cdot d_1^3$
Şekil 84		<p><b>Kare</b></p> $I_t = 0,141 \cdot a^4$ $W_t = 0,208 \cdot a^3$
Şekil 85		<p><b>Altıköşe</b></p> $A = 0,83 \cdot b^2$ $I_t = 0,133 \cdot b^2 \cdot A$ $I_t = 0,115 \cdot b^4$ $W_t = 0,217 \cdot b \cdot A$ $W_t = 0,188 \cdot b^3$

Kesit		Formüller																																							
Şekil 86		<b>Sekizköşe</b> $I_t = 0,130 \cdot b^2 \cdot A = 0,108 \cdot b^4$ $W_t = 0,223 \cdot b \cdot A = 0,185 \cdot b^3$																																							
Şekil 87		<b>Elips</b> Şart: $a/b = n \geq 1$ , $\tau_{max}$ , $P_1$ noktasında ve $P_2$ de $\tau_2 = \tau_{max} / n$ $I_t = \frac{\pi \cdot a^3 \cdot b^3}{a^2 + b^2} = \frac{\pi \cdot n^3 \cdot b^4}{n^2 + 1}$ $W_t = \frac{\pi \cdot a \cdot b^2}{2} = \frac{\pi \cdot n \cdot b^3}{2}$																																							
Şekil 88		<b>Elips boru</b> Şart: $a_1 / b_1 = a_2 / b_2 = n \geq 1$ , $\tau_{max}$ , $P_1$ de ve $P_2$ de $\tau_2 = \tau_{max} / n$ $I_t = \frac{\pi \cdot n^3 \cdot (b_1^4 - b_2^4)}{n^2 + 1}$ $W_t = \frac{\pi \cdot n \cdot (b_1^4 - b_2^4)}{2 \cdot b_1}$																																							
	Eğer $h/b = n \geq 1$ ise $I_t = c_1 \cdot h \cdot b^3 = c_1 \cdot n \cdot b^4$ ; $W_t = c_2 \cdot h \cdot b^2 = c_2 \cdot n \cdot b^3$																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h/b</th> <th>1</th> <th>1,5</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> <th><math>\infty</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>c_1</math></td> <td>0,141</td> <td>0,196</td> <td>0,229</td> <td>0,263</td> <td>0,281</td> <td>0,298</td> <td>0,307</td> <td>0,312</td> <td>0,333</td> </tr> <tr> <td><math>c_2</math></td> <td>0,208</td> <td>0,231</td> <td>0,246</td> <td>0,267</td> <td>0,282</td> <td>0,299</td> <td>0,307</td> <td>0,312</td> <td>0,333</td> </tr> <tr> <td><math>c_3</math></td> <td>1,000</td> <td>0,858</td> <td>0,796</td> <td>0,753</td> <td>0,745</td> <td>0,743</td> <td>0,743</td> <td>0,743</td> <td>0,743</td> </tr> </tbody> </table>	h/b	1	1,5	2	3	4	6	8	10	$\infty$	$c_1$	0,141	0,196	0,229	0,263	0,281	0,298	0,307	0,312	0,333	$c_2$	0,208	0,231	0,246	0,267	0,282	0,299	0,307	0,312	0,333	$c_3$	1,000	0,858	0,796	0,753	0,745	0,743	0,743	0,743	0,743
h/b	1	1,5	2	3	4	6	8	10	$\infty$																																
$c_1$	0,141	0,196	0,229	0,263	0,281	0,298	0,307	0,312	0,333																																
$c_2$	0,208	0,231	0,246	0,267	0,282	0,299	0,307	0,312	0,333																																
$c_3$	1,000	0,858	0,796	0,753	0,745	0,743	0,743	0,743	0,743																																
Şekil 89	Eğer $h/b = n \geq 1$ ise, $\tau_{max}$ $P_1$ dedir. $P_2$ de $\tau_2 = c_3 \cdot \tau_{max}$ ve $P_3$ de $\tau_3 = 0$																																								
	<b>Şekil 90</b>																																								
	<b>Şekil 91</b>																																								
Çok ince cidarlı profillerde değerler Bredt formülü ile bulunur. Burada ortalama alan $A_{or}$ kalınlığın orta çizgisinin kapladığı alan ve $U$ bu çizginin çevre boyu olarak kabul edilir ve kalınlık sabittir. Yuvarlak kaval profil (boru) : $I_t = \pi \cdot d_{or}^3 \cdot t / 4$ $W_t = \pi \cdot d_{or}^2 \cdot t / 2 = 2 \cdot A_{or} \cdot t$ Dörtköşe kaval profil: $I_t = \frac{2 \cdot (b_{or} \cdot h_{or})^2 \cdot t}{b_{or} + h_{or}}$ $W_t = 2 \cdot b_{or} \cdot h_{or} \cdot t = 2 \cdot A_{or} \cdot t$																																									

### 1.5 Çeşitli malzemenin sürtünme katsayısı

Aşağıdaki tablolarda verilen değerler önerilen yaklaşık değerlerdir. Küçük değerler kaba, büyük değerler hassas yüzeyler için kullanılır.

Tablo 8, Çelik ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile çelik

Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı $\mu_0$			sürtünme katsayısı $\mu$		
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	ıslak	sabunlu
Çelik	0,15-0,2	0,1	0,12-0,15	0,05-0,1	---	---
Pik döküm veya bronz	0,18-0,25	0,1	0,15-0,2	0,05-0,1	---	---
Tesfiyeli bakır	---	---	0,35	---	---	---
Al-Cu-Mg cilalanmış	---	---	0,15	---	---	---
Al-Cu-Mg cilalanmamış	---	---	0,22	---	---	---
Al-Si-Mg zımparalanmış	---	---	0,16	---	---	---
Al-Si-Mg	---	---	0,21	---	---	---
G-Al-Si	---	---	0,1-0,15	---	---	---
Meşe	0,50-0,6	0,02-0,1	0,2-0,5	0,2-0,08	0,24-0,26	0,2
Buz	---	---	0,014	---	---	---
Akik taşı	---	---	0,20	0,12	---	---
Taş	---	---	0,3-0,7	---	---	---
Deri, deri kayış	0,5-0,6	0,3	0,28-0,6	0,2	0,36	---

Tablo 9, Bronz ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile bronz

Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı $\mu_0$			Sürtünme katsayısı $\mu$		
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	ıslak	sabunlu
Bronz	---	---	---	0,20	---	---
Pik döküm	0,22-0,26	0,16	0,15-0,2	0,10	---	---
Meşe	0,5-0,6	0,02-0,1	0,2-0,5	0,02-0,08	0,24-0,26	0,2

Tablo 10, Pik döküm ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile pik döküm

Malzeme	sürtünme tutukluluğu katsayısı $\mu_0$			sürtünme katsayısı $\mu$		
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	ıslak	sabunlu
Pik döküm	0,22-0,26	0,16	0,15-0,2	0,10	0,31	---
Bakır	---	---	0,38	---	---	---
Deri, deri kayış	0,5-0,6	0,03	0,28-0,6	0,20	0,36	---

Tablo 11, Çeşitli malzemelerin sürtünme katsayısı

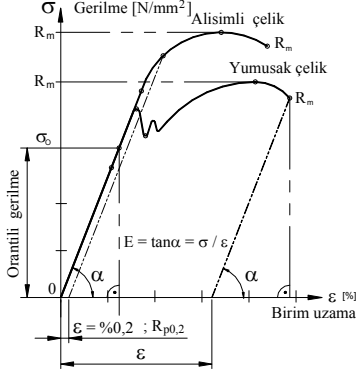
Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı $\mu_0$		Sürtünme katsayısı $\mu$			
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	sabunlu	ıslak
Tahta ile tahta	0,50-0,70	0,2	0,20-0,40	0,05-0,15	0,04-0,16	0,25
Toprak ile balçık	---	---	0,38-0,75	---	---	0,31
Deri ile meşe	---	---	0,27-0,47	---	---	---
Deri contalar ile metal	0,6	0,25	0,25	0,12	---	---
Tahta ile taş	---	---	0,40	---	---	---
Kendir ile meşe	---	---	0,53	---	---	0,33
Toprak ile toprak	---	---	0,25-1,00	---	---	---
Toprak ile nemli balçık	---	---	1,00	---	---	---
Toprak ile ıslak balçık	---	---	0,31	---	---	---
Toprak ile çakıl	---	---	0,81-1,11	---	---	---
Kargir duvar ile kuru balçık	---	---	0,51	---	---	---
Kargir duvar ile ıslak balçık	---	---	0,33	---	---	---
Kargir duvar ile Kargir duvar	---	---	0,60-0,70	---	---	---

Tablo 12, Çelik, pik döküm, çelik döküm ile çeşitli malzemelerden yapılmış Fren ve kavrama

Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı $\mu_0$		Sürtünme katsayısı $\mu$			
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	sabunlu	ıslak
Malzeme sinterbronzdan ise	0,20-0,40	0,08-0,13	0,18-0,30	0,06-0,09	---	---
Malzeme organik ise	0,30-0,50	---	0,28-0,40	0,06-0,10	---	---

## 2 Malzeme ve Malzemenin mukavemet değerleri

### 2.1 Malzemenin mukavemet değerleri için formüller

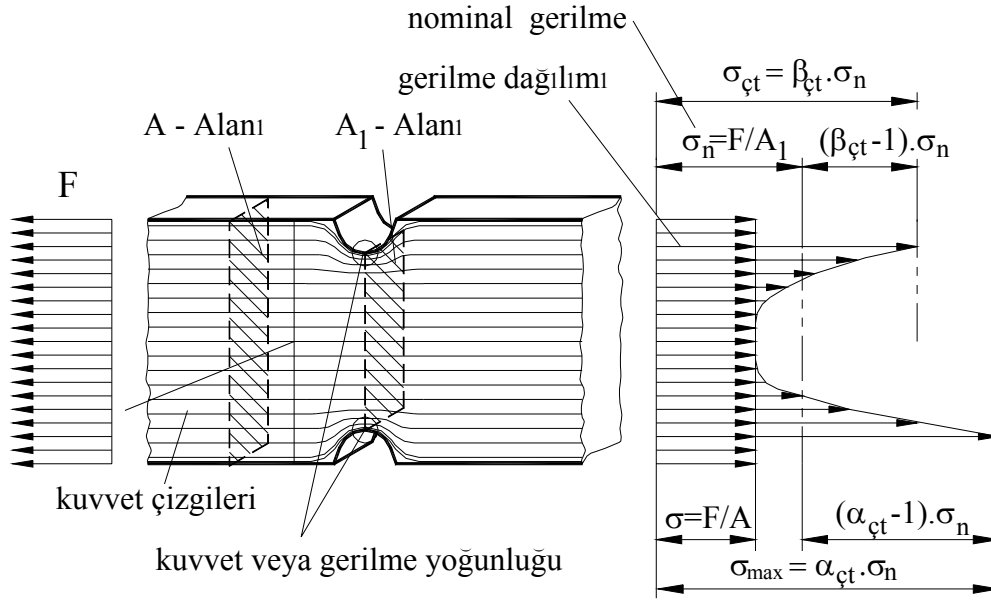
	Tanımlama	Formül
F( 37 )	Hooke kanunu  	$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \sigma = \frac{E}{\epsilon} \quad \epsilon = \sigma \cdot E$ <p>Elastiklik modülü/kayma modülü bağıntısı</p> $G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$ <p>Statik zorlama</p> $\sigma_{\max} = \sigma_n \cdot \alpha_{\text{Çt}}$ <p>Dinamik zorlama</p> $\sigma_{\max} = \sigma_n \cdot \beta_{\text{Çt}}$ <p>Çentik gerilmesi</p> $\sigma_{\text{Çt}} = \beta_{\text{Çt}} \cdot \sigma_{\text{he}}$
F( 38 )	Malzeme değerleri Malzemenin devamlı mukavemet değeri	$\sigma_D(\tau_D) = \frac{\sigma_{DG}(\tau_{DG})}{1 - \frac{(1 + \kappa) \cdot (1 - K_1)}{2 - K_1}} \leq \sigma_{AK}(\tau_{AK})$ $\sigma_{DG}(\tau_{DG}) \approx K_1 \cdot R_m$ $\sigma_{AK}(\tau_{AK}) \approx K_2 \cdot R_e(R_{p0,2})$ $\sigma_D = \sigma_M \pm \sigma_G \quad \tau_D = \tau_M \pm \tau_G$
F( 39 )	Sınır değerler oranı	$\kappa = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{M_{\min}}{M_{\max}}$
F( 40 )	Şekillenme mukavemet değeri :	$\sigma_{SK} = \frac{\sigma_D \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}}} \quad \tau_{SK} = \frac{\tau_D \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}}}$
F( 41 )	Emninetli mukavemet değeri	$\sigma_{EM} = \frac{\sigma_D \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{DGER}} \quad \tau_{EM} = \frac{\tau_D \cdot b_1 \cdot b_2}{\beta_{\text{Çt}} \cdot S_{DGER}}$ $\sigma_{EM} = \frac{\sigma_{SK}}{S_{GER}} \quad \tau_{EM} = \frac{\tau_{SK}}{S_{GER}}$

Tablo 13, K<sub>1</sub> ve K<sub>2</sub> Faktörleri

Malzeme	K <sub>1</sub>			K <sub>2</sub>		
	σ <sub>DG</sub> /R <sub>m</sub> (τ <sub>DG</sub> /R <sub>m</sub> )			σ <sub>AK</sub> /R <sub>p0,2</sub> (τ <sub>AK</sub> /R <sub>p0,2</sub> )		
	Çek/Bas	Eğilme	Torsiyon	Çek/Bas	Eğilme	Torsiyon
İmalat çeliği	0,44	0,50	0,3	1,0	1,40	0,58
İslah çeliği	0,40	0,48			1,25	0,65
Sementasyon çeliği	0,45	0,50			1,25	0,58
Çelik döküm (ÇD)	0,35	0,40	0,23	1,0	1,30	0,58
Demir döküm GGG	0,30	0,50	0,28	1,0	1,30	0,80
Hafif metal	0,30	0,40	0,25	•	•	•



## 2.2 Çentik sayısı

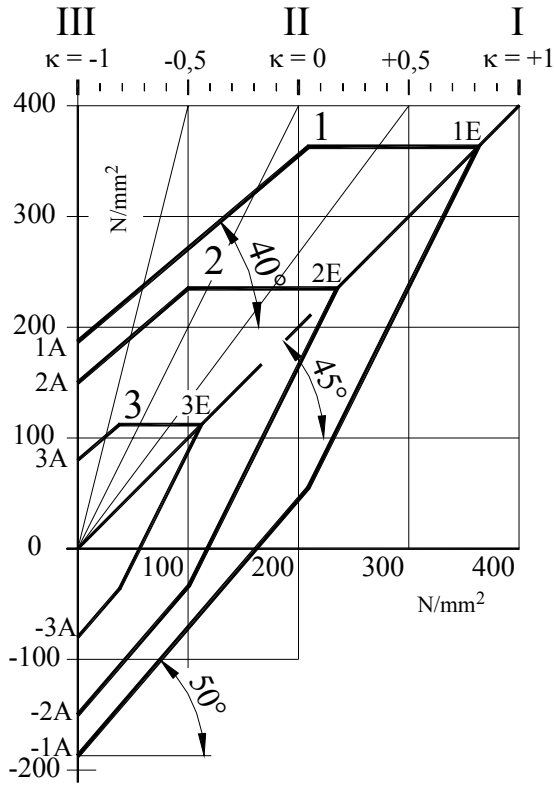


Şekil 93, Parçada kuvvet ve gerilmelerin dağılımı

	Tanımlama	Formül
F(42)	Çentik sayısı	
F(42)	Thum'a göre:	$\beta_{\text{Çt}} = 1 + \eta_{\text{Çt}} \cdot (\alpha_{\text{Çt}} - 1)$
F(43)	H. Neuber'e (Noyber) göre çentik duyarlılık sayısı:	$\eta_{\text{Çt}} = \frac{1}{1 + \frac{8}{r} \cdot \left(1 - \frac{R_e}{R_m}\right)^3}$
F(44)	Siebel'e göre çentik sayısı:	$\beta_{\text{Çt}} = \frac{\alpha_{\text{Çt}}}{\eta_{\chi}}$ <span style="float: right;"><math>HV_0 = 40 \text{ HV } 10</math></span>
F(45)	Destek katsayısı	$\eta_{\chi} = \frac{\alpha_{\text{Çt}}}{\beta_{\text{Çt}}}$
F(46)	Petersen'e göre çentik sayısı:	$\beta_{\text{Çt}} = \frac{1 + \sqrt{\rho^* \cdot \chi_0}}{1 + \sqrt{\rho^* \cdot \chi}} \cdot \alpha_{\text{Çt}}$ <span style="float: right;"><math>\rho^* = \left(\frac{HV_0}{HV}\right)^2</math></span>

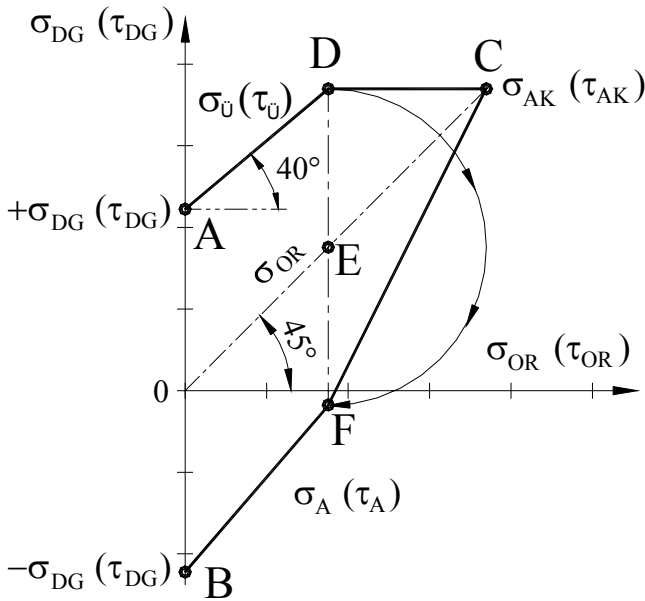
Eğim sayısı  $\chi$  bak Tablo 52

### 2.3 Malzemenin çevre ısı 20° C de bilinen değerleri



Şekil 94, Devamlı Mukavemet diyagramının anlatımı yapılmış olup, değerler birler hanesi sıfır veya beş olarak yuvarlatılmıştır.

#### 2.3.1 DM-Diyagramının konstrüksiyonu



Şekil 95, DM-diyagramı konstrüksiyonu

Devamlı mukavemet değerleri

Devamlı mukavemet diyagramının anlatımı

- 1 ≡ Devamlı eğilme mukavemeti diyagramı
- 2 ≡ Devamlı çekme, basma mukavemeti diyagramı
- 3 ≡ Devamlı torsiyon mukavemeti diyagramı

- 1A, -1A ≡ Değişken eğilme mukavemeti
- 2A, -2A ≡ Değişken çekme mukavemeti
- 3A, -3A ≡ Değişken torsiyon mukavemeti

- 1E ≡ Eğilmede akma sınırı mukavemeti
- 2E ≡ Çekmede akma sınırı mukavemeti
- 3E ≡ Torsiyonda akma sınırı mukavemeti

Buradaki değerler çevre ısı 20°C de deney laboratuvarında çapı  $d \leq 16$  mm olan deney çubuklarından elde edilen minimum değerlerdir. Devamlı mukavemet diyagramının konstrüksiyonu, teoride anlatıldığı gibi, çoğu zaman yalnız tam değişken mukavemet değeri ve akma mukavemet değerinden kaynaklanarak

1. Koordinat sistemi  $\sigma_D$  ve  $\sigma_{OR}$  için aynı ölçekle çizilir.
2.  $+\sigma_{DG}$  Y-ekseninde A noktası olarak ve  $-\sigma_{DG}$  X-eksenine göre simetriği G noktası olarak işaretlenir.
 
$$X_A = 0 \quad Y_A = +\sigma_{DG}$$

$$X_G = 0 \quad Y_G = -\sigma_{DG}$$
3. B noktası Devamlı mukavemet formülü ile  $\kappa = +1$  için hesaplanıp işaretlenir.
 
$$X_B = Y_B = R_m \cdot (2 - K_1)$$
4. C noktası  $\sigma_{AK}$ - veya  $\tau_{AK}$  ile belirlenir. Buradan X eksenine  $R_{p0,2}$ - ( $\sigma_{AK}$ - veya  $\tau_{AK}$ -) paralel çizilir ve  $\sigma_{OR}$ -doğrusunun kesit noktası C olarak belirlenir.

$$X_C = Y_C = \sigma_{AK} = K_2 \cdot R_e$$

5. ( $\sigma_{AK} = +1$  ve  $\sigma_F$ ) doğrularının kesiştiği D noktasından X eksenine çizilen dikin  $\sigma_{OR}$ -doğrusunu kestiği nokta E noktasıdır.

$$X_D = \frac{(\sigma_{AK} - \sigma_{DG}) \cdot (2 - K_1)}{2 \cdot (1 - K_1)} \quad Y_D = \sigma_{AK} = K_2 \cdot R_e$$

6. D noktasının E ye göre simetrisi F noktasını verir.

$$X_F = \frac{(\sigma_{AK} - \sigma_{DG}) \cdot (2 - K_1)}{2 \cdot (1 - K_1)} \quad Y_F = \sigma_{AK} - 2 \cdot (\sigma_{AK} - X_F)$$

7. F noktasından G ye ve C ye çizilen doğrular  $\sigma_A$  verir.

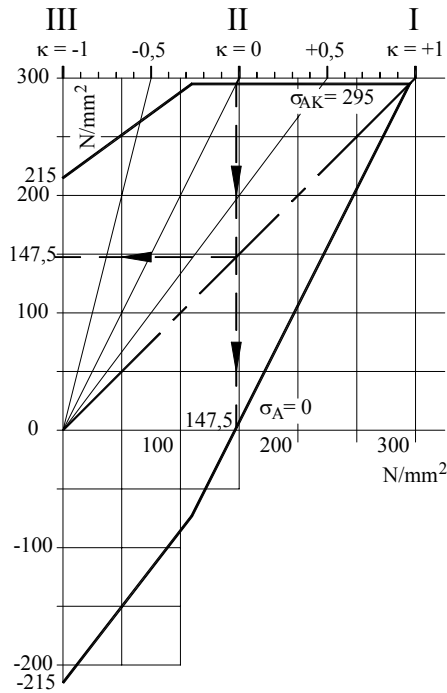
Aynı şekilde eğilme ve torsiyon içinde devamlı mukavemet diyagramları konstrüksiyonu yapılır.

### 2.3.2 Devamlı Mukavemet Diyagramında okuma örneği

St 50-2 çeliğinde tam dalgalı yüklenmede istenilen şu değerleri bulunuz:

1. Tam dalgalı çekme mukavemet değeri,
2. Genlik mukavemet değeri,
3. Devamlı çekme mukavemet değeri.

Çözüm: St 50-2 için yapılmış olan devamlı çekme mukavemet diyagramı alınır. Böyle bir diyagram yoksa bunun konstrüksiyonu yapılmalıdır. Burada aranan tam dalgalı mukavemet değeri



olduğuna göre  $\sigma_A = 0$  ve  $\sigma_{\bar{U}} > 0$  dır.

Sınır değerler oranını bulacak olursak:

$$\kappa = \sigma_A / \sigma_{\bar{U}} = 0 / \sigma_{\bar{U}} = 0 \quad \underline{\kappa = 0}$$

Çalışmalarımıza başlamadan önce bir anlaşma yapalım. Burada muhakkakki altın ile değil demir ile çalıştığımızı bildiğimize göre kuyumculuk yapmıyoruz demektir. Bunun içinde: mukavemet değerlerinin son sayısını yani birler hanesini ya sıfıra yada 5 e yuvarlayalım.

#### 1.1. Tam dalgalı çekme mukavemet değeri

Diyagramda  $\kappa = 0$  benzerlik doğrusu bulunur. Bu doğrunun mukavemet üst sınır çizgisi ile kesişme noktasının Y eksenindeki değeri, aranan tam dalgalı çekme mukavemeti değeridir.

$$\underline{\underline{\sigma_{CDL} = \sigma_{AK} = 295 \text{ N/mm}^2}}$$

#### 1.2. Genlik mukavemet değeri

Burada genlik mukavemet değeri ile ortalama mukavemet değeri aynıdır. Çünkü:  $\sigma_A = 0$  dır. Ortalama mukavemet değerini okuyacak olursak:

Şekil 96, St 50 için devamlı çekme mukavemet diyagramı

$$\sigma_{OR} = 147,5 \text{ N/mm}^2 \text{ okunur, buda } \underline{\underline{\sigma_G = 145 \text{ N/mm}^2}} \text{ dir}$$

#### 1.3. Devamlı çekme mukavemet değeri

$$\text{Devamlı çekme mukavemeti: } \sigma_D = \sigma_{OR} \pm \sigma_G = 145 \pm 145 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{CD} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Üst mukavemet sınırı: } \sigma_{\bar{U}} = \sigma_{OR} + \sigma_G = 145 + 145 = 290$$

$$\sigma_{\bar{U}} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Alt mukavemet sınırı: } \sigma_A = \sigma_{OR} - \sigma_G = 145 - 145 = 0$$

$$\sigma_A = 0 \text{ N/mm}^2$$

### 2.3.3 100°C ile 600°C arası bilinen mekanik ve fiziksel özellikler

Burada değerler şu şekilde kabul edilmelidir:

#### 2.3.3.1 Çekme zorlanmasında kopma mukavemeti $\sigma_{\text{ÇKO}}$

Çekme zorlanmasında kopma mukavemeti  $\sigma_{\text{ÇKO}}$ , çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile bulunmuş minimum değerlerdir. ISO ya göre yeni sembolü  $R_m$  dir.

#### 2.3.3.2 Çekme zorlanmasında akma sınırı mukavemeti $\sigma_{\text{AK}}$

Çekme zorlanmasında akma sınırı mukavemeti  $\sigma_{\text{AK}}$ , çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile bulunmuş minimum değerlerdir. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki 2E noktasının değerlerini gösterir. ISO ya göre yeni sembolü  $R_e$  vede  $R_{p0,2}$  dir.

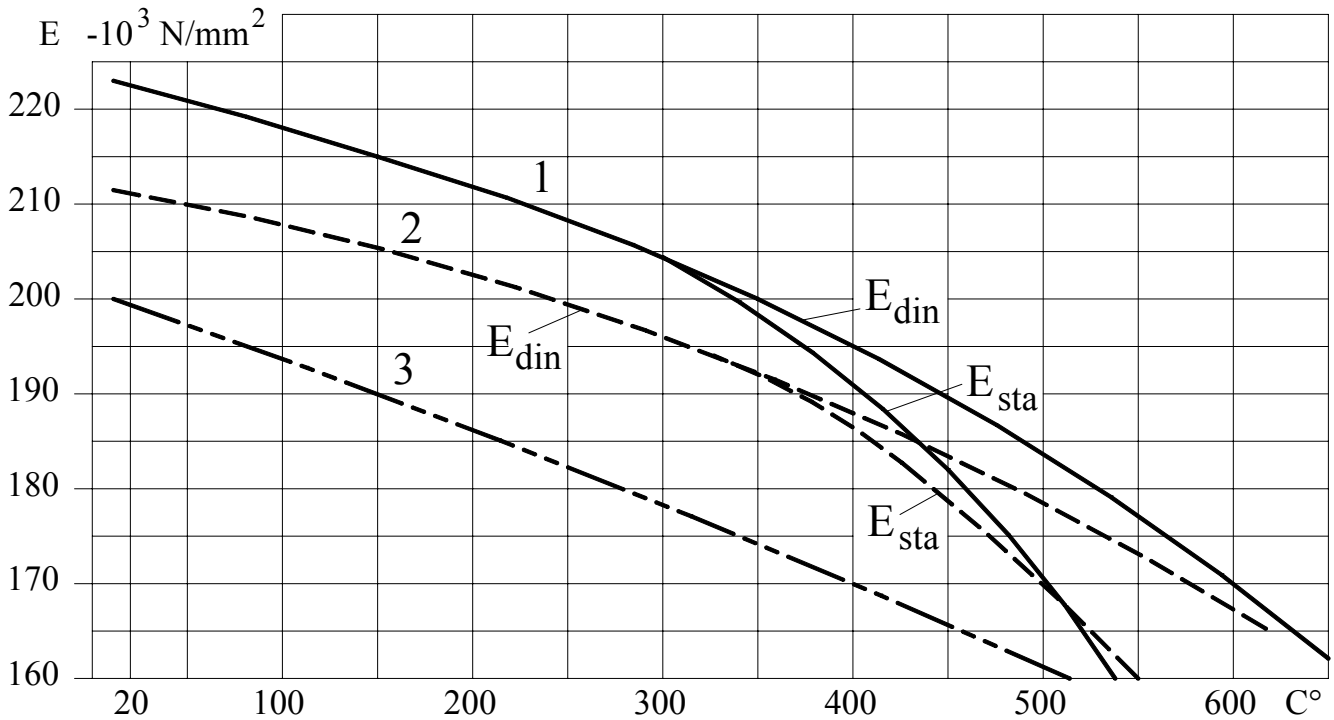
#### 2.3.3.3 Elastiklik modülü değeri " E "

Elastiklik modülü değeri için 100°C ile 600°C arası bilinen değerler Tablolara alınmasına karşın, burada ısı etkisindeki elastiklik modülü değişimi üç çeşit tipik çelik grubu için bir Tabloda gösterilmiştir. Bu Tabloda verilen değerler  $\pm\%5$  doğruluğundadır. Kayma modülü değeri Tablolarda:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Tablo 14, Elastiklik modülünün ısıya göre değişimi

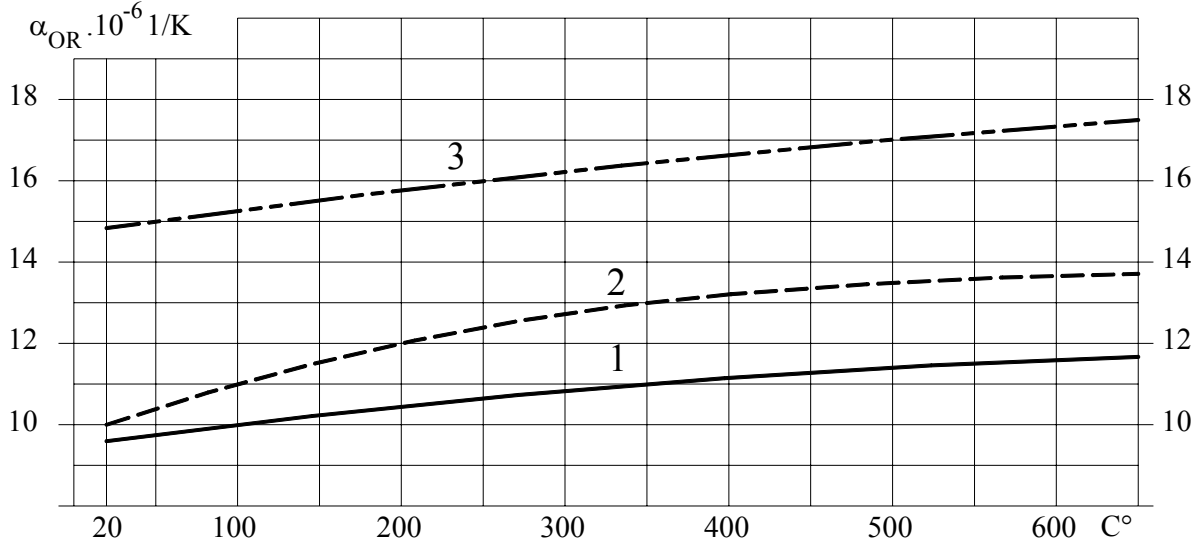


- Burada:
- 1 %12 Cr alışımlı çeliklere ilişkin olan değeri gösterir
  - 2 az alışımlı, ferrit dokulu çeliklere ilişkin değeri gösterir
  - 3 fazla alışımlı, ostenitik dokulu çeliklere, % 15 ile % 20 Cr vede % 9 ile % 15 Ni alışımlı, çeliklere ilişkin değeri gösterir.

### 2.3.3.4 Isıl genleşme katsayısı " $\alpha$ "

Isıl genleşme katsayısı  $\alpha$  değeri için 100°C ile 600°C arası bilinen değerler Tablolara alınmasına karşın, burada ısı etkisindeki ısı genleşme katsayısı değişimi üç çeşit tipik çelik grubu için bir Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 15, Isıl genleşme katsayısı "  $\alpha$  " nın ısıya göre değişimi

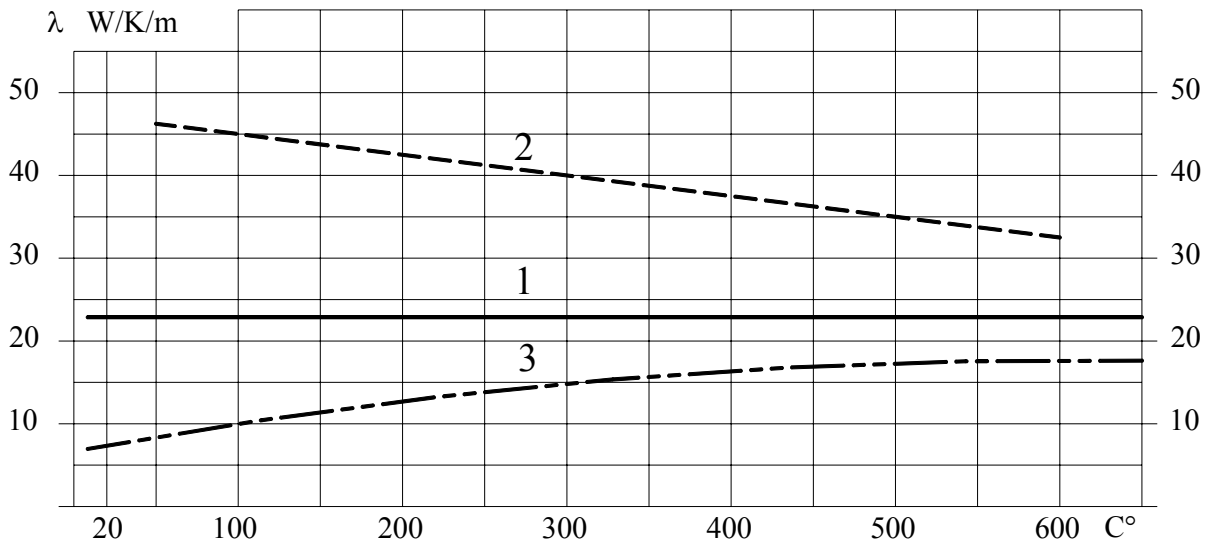


Burada: 1 %12 Cr alışımlı çeliklere ilişkin olan değeri gösterir  
 2 az alışımlı, ferrit dokulu çeliklere ilişkin değeri gösterir  
 3 fazla alışımlı, ostenitik dokulu çeliklere, % 15 ile % 20 Cr vede % 9 ile % 15 Ni alışımlı, çeliklere ilişkin değeri gösterir.

### 2.3.3.5 Isı iletme özelliği " $\lambda$ "

Isı iletme özelliği  $\lambda$  değeri için, 100°C ile 600°C arası bilinen değerler Tablolara alınmamıştır. Burada ısı etkisindeki ısı iletme özelliği değişimi üç çeşit tipik çelik grubu için bir Tabloda gösterilmiştir.

Tablo 16, Isı iletme özelliği "  $\lambda$  " nın ısıya göre değişimi



Burada: 1 %12 Cr alışımlı çeliklere ilişkin olan değeri gösterir  
 2 az alışımlı, ferrit dokulu çeliklere ilişkin değeri gösterir  
 3 fazla alışımlı, ostenitik dokulu çeliklere, % 15 ile % 20 Cr vede % 9 ile % 15 Ni alışımlı, çeliklere ilişkin değeri gösterir.

### 2.3.3.6 Değişken çekme–basma mukavemeti $\sigma_{\text{CDG}}$

Değişken çekme–basma mukavemeti  $\sigma_{\text{CDG}}$  değerleri, çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile minimum değer olarak bulunmuştur. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki  $\pm 2A$  noktalarının değerlerini gösterir.

### 2.3.3.7 Eğilme sınırı mukavemeti $\sigma_{\text{EG}}$

Eğilme sınırı mukavemeti  $\sigma_{\text{EG}}$  değerleri, çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile minimum değer olarak bulunmuştur. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki 1E noktasının değerini gösterir.

### 2.3.3.8 Değişken eğilme mukavemeti $\sigma_{\text{EGDG}}$

Değişken eğilme mukavemeti  $\sigma_{\text{EGDG}}$  değerleri, çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile minimum değer olarak bulunmuştur. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki  $\pm 1A$  noktalarının değerlerini gösterir.

### 2.3.3.9 Torsiyon sınırı mukavemeti $\tau_t$

Torsiyon sınırı mukavemeti  $\tau_t$  değerleri, çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile minimum değer olarak bulunmuştur. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki 3E noktasının değerini gösterir.

### 2.3.3.10 Değişken torsiyon mukavemeti $\tau_{\text{T DG}}$

Değişken torsiyon mukavemeti  $\tau_{\text{T DG}}$  değerleri, çapları 16 mm den küçük deney çubukları ile minimum değer olarak bulunmuştur. Büyüklükler devamlı mukavemet diyagramındaki  $\pm 3A$  noktalarının değerlerini gösterir.

## 2.3.4 Isıl işlemler

Isıl işlemler genelde malzeme konusu içinde ayrıntılı olarak öğrenilir. Burada çok özel durum "**malzemenin (çeliğin) eskimeye dayanıklılığı**" kısaca anlatılmıştır. Diğer verileri konstrüktör kendi bilgisiyle değerlendirmelidir.

Genelde eskimeye dayanıklı çelikler denince akla şu çelik grupları gelir:

- Karbon tutarı  $> \% 0,3$  olan çelikler,
- az alışımlı islah çelikleri,
- fazla alışımlı çelikler,
- Karbon tutarı  $< \% 0,3$  olan bazı aliminyum alışımlı çelikler.

Eskime genel olarak malzemenin özelliklerinin zaman ve ısı etkisiyle değişmesidir. Bu değişme özellikle malzemenin gevrekleşmesine neden olur. Bu aslında çeliğin bileşiminde bulunan azotun kristal şeklinin değişmesidir. Eskime doğal ve yapay eskime diye ikiye ayrılır:

**Doğal eskime** Malzemenin normal çevre ısısı etkisinde başka etkenler olmadan eskimesidir.

**Yapay eskime** Malzemenin belirli bir ısıyla ısıtılması veya belirli bir ısıda soğutul-ması, malzemenin şekillendirilmesi ( bu arada ısı doğar ) ve diğer etkenler ile eskimesidir.

## 2.3.5 Şekillendirme

Malzemenin şekillendirilmesi çeşitli yollarla yapılabilir. Talaşlı imalat burada anlatılmıştır.

Örneğin : ; Kaynak ; Döküm ; Dövme için burada bilgi verilmemiştir. Ayrıca geniş olarak başka bir kitapta anlatılmıştır.

### 2.3.5.1 Talaşlı imalat

Malzemenin talaşlı imalata uygun olup olmamasını ve özelliğini dört malzeme grubunda tanımlayabiliriz.

- 1.Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme gayet kolay işlenen ve işlenmesi için hiç bir şekilde ön işlem ve hazırlık istemeyen malzemedir. Bütün talaşlı imalat yapılan makinalarda ve işlemlerde malzeme olarak kullanılabilir. Bu malzemelerin alışımda kükürt ve kurşun vardır. Bu elementler malzemenin talaşlı imalata uygun olması özelliğidir. Örneğin : Otomat çelikleri.
- 2.Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme normal işlenen malzemedir. Bütün talaşlı imalat yapılan makinalarda ve işlemlerde malzeme olarak kullanılabilir. Bu malzemenin tipik örneği imalat çelikleridir. İşlenme derecesinin zorluğu malzemenin mukavemet değeri ile doğru orantılı olarak artar.
- 3.Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme zor işlenen malzemedir. Bütün talaşlı imalat yapılan makinalarda ve işlemlerde malzeme olarak kullanılması salık verilmez. Bu malzemenin tipik örneği ostenitik çelikleridir. ostenitik çeliklerin sertlik özelliklerinden dolayı, tornada özel bıçaklarla torna edilebilmelerine karşın, matkapla delmek, frezede işlemek ve vida yivi açmak çok zordur. Bu malzemelerin çalışılmasında aletlerin kırılma riski her an vardır.
- 4.Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme çok çok zor işlenen malzemedir. Bu malzemenin tipik örneği alışımlı ve ostenitik çelikleridir. Bunları işlemek çok zor ve büyük riskli olduğundan pek talaşlı imalatta kullanılması salık verilmez.

### 2.3.5.2 Kaynak yapma

Malzemenin kaynak yapılabilme özelliğini dört malzeme grubunda tanımlayabiliriz.

- 1. Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme gayet kolay, hiç bir şekilde ön işlem ve hazırlık istemeyen ve ek masrafsız kaynak yapılabilecek malzemedir. Özellikle elektrik veya oksijen kaynağının her türüyle kaynaklanabilecek malzemedir. Kaynak yapıldıktan sonra, kolaylıkla kaynak yerleride işlenebilir. Herhangi bir nedenden ötürü parçanın iç gerilmelerinden arınması için bir ısıl işlem gerekirse, bu işlem için gerekli olan ısı sınırları Tablolarda parantez içinde verilmiştir.
- 2. Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme normal kaynak yapılan malzemedir. Bu malzemeleri iç gerilmeler meydana getirmeden kaynak yapabilmek için ön ısıtmaya gerek vardır. Kaynak yapıldıktan sonra kolaylıkla kaynak yerlerinin işlenebilmesi ve iç gerilmelerden parçayı arıtmak için, parçaya ısıl işlem uygulamak gerekir. Parçanın iç gerilmelerinden arınması için bir ısıl işlem gerekirse, bu işlem için gerekli olan ısı sınırları Tablolarda parantez içinde verilmiştir.
- 3. Grup malzeme** Bu gruptaki malzeme zor kaynak yapılan malzemedir. Bu malzemeleri kaynak çatlamlarına sebep vermeden kaynatabilmek için bir ön hazırlık yapılması gereklidir. Bütün ön hazırlıklara karşın genede iç gerilmeler meydana gelir. Kaynak yapıldıktan sonra kaynak yerlerinin işlenmesi zordur. İç gerilmelerden parçayı arıtmak için, parçaya ısıl işlem uygulamak gerekir. Parçanın iç gerilmelerinden arınması için bir ısıl işlem gerekirse, bu işlem için gerekli olan ısı sınırları Tablolarda parantez içinde verilmiştir. Bu grup malzeme zorunlu kalınmadıkça kaynak konstrüksiyonda kullanılmamalıdır.
- 4. Grup malzeme** Bu gruptaki malzemenin normal yollardan kaynak yapılması olanaksızdır. Çeşitli ön hazırlıklara karşın kaynak yapıldığında, kaynak dikişlerinin yöresinde ve kendilerinde oldukça fazla sertleşmenin ve çatlakların olabileceği baştan kabul edilmelidir. Bu grup hiç bir zaman kaynak konstrüksiyonunda kullanılmamalıdır.

## 2.4 Malzemenin 20 ile 700 °C arası mekanik değerleri

Tablo 17, Demir döküm GGG, Küre grafitli, DIN01693

												Çekme	Eğilme	Torsiyon	
												K <sub>1</sub>	0,29	0.50	0.26
												K <sub>2</sub>	1.00	1.63	0.50

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
GGG-40	0.7040	20	370	240	0.285			7.20	166		
GGG-50	0.7050	20	500	320	0.285						
GGG-60	0.7060	20	600	380	0.285						
GGG-70	0.7070	20	700	440	0.285						
GGG-80	0.7080	20	800	500	0.285						

Tablo 18, Çelik döküm GS, DIN01681

												Çekme	Eğilme	Torsiyon	
												K <sub>1</sub>	0.35	0.40	0.23
												K <sub>2</sub>	1.00	1.30	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
GS-38	1.0420	20	380	200							
GS-45	1.0446	20	450	230							
GS-52	1.0552	20	520	260							
GS-60	1.0558	20	600	300							

Tablo 19, Döküm malzeme GS, DIN01681

												Çekme	Eğilme	Torsiyon	
												K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.25
												K <sub>2</sub>	1.00	1.60	0.75

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
GS-C 25	1.0619	20	440	225	0.30	22	160	7.85	211		530
G-X 22 Cr Mo V 12 1	1.0619	20	740	540	0.30	15	240	7.75	219		700

Tablo 20, İmalat Çeliği, DIN17100

												Çekme	Eğilme	Torsiyon	
												K <sub>1</sub>	0.44	0.52	0.25
												K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
ST33	1.0035	20	290	175	0.30	18	140	7.85	211		530
UST37-2	1.0036	20	290	185	0.30			7.85	210		
ST37-2	1.0037	20	340	205	0.30	26		7.85	211		530
RST37-2	1.0038	20	340	205	0.30	26	120	7.85	211		530
ST44-2	1.0044	20	410	275	0.30			7.85	210		
St50	1.0050	20	470	295	0.30	20-16	160	7.85	210		
ST50-2	1.0050	20	490	245	0.30	20	160	7.85	211		530
ST60-2	1.0060	20	570	335	0.30			7.85	210		
ST70-2	1.0070	20	670	365	0.30			7.85	210		
ST37-3	1.0116	20	340	235	0.30			7.85	210		
ST44-3	1.0144	20	410	275	0.30			7.85	210		
St37-2 K	1.0159	20	440	285	0.30	9	180	7.85	211		530
ST37-2K	1.0161	20	460	315	0.30			7.85	210		



Tablo 20, İmalat Çeliği, DIN17100

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.52	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
St37.0 N	1.0254	20	340	225	0.30	25	120	7.85	211		530
ST50-2K	1.0533	20	590	420	0.30			7.85	210		
ST60-2K	1.0543	20	690	490	0.30		180	7.85	210		
St52-3 N	1.0570	20	490	315	0.30	22	180	7.85	211		530
ST70-2K	1.0633	20	780	560	0.30			7.85	210		

Tablo 21, Semantasyon çeliği, DIN 17210

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
C 10	1.0301	20	640	390	0.30			7.85	210		
C 15 G	1.0401	20	490	245	0.30	25	140	7.85	211		530
Ck 10	1.1121	20	640	390	0.30			7.85	210		
Cm 15	1.1140	20	740	440	0.30			7.85	210		
Ck 15	1.1141	20	740	440	0.30			7.85	210		
15CrNi6	1.5919	20	780	490	0.30	20	215	7.85	211		530
18CrNi8	1.5920	20	1230	835	0.30			7.85	210		
17CrNiMo6	1.6587	20	1180	835	0.30			7.85	210		
15Cr3	1.7015	20	780	510	0.30			7.85	210		

Tablo 21, Semantasyon çeliği, DIN 17210

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
17Cr3	1.7016	20	780	510	0.30			7.85	210		
16MnCr5	1.7131	20	880	635	0.30			7.85	210		
16MnCrS5	1.7139	20	880	635	0.30			7.85	210		
20MnCr5	1.7147	20	1080	735	0.30			7.85	210		
20MnCrS5	1.7149	20	1080	735	0.30			7.85	210		
20MoCr4	1.7321	20	880	635	0.30			7.85	210		
20MoCrS5	1.7323	20	880	635	0.30			7.85	210		

Tablo 22, İslah Çeliği, DIN17200

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.40	0.48	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.65

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
C 22	1.0402	20	400	230	0.30			7.85	210		
C 35	1.0501	20	490	245	0.30	20	160	7.85	211		530
C 60	1.0601	20	650	380	0.30			7.85	210		
20Mn 5 V	1.1133	20	490	295	0.30	20	180	7.85	211		530

Cm 22	1.1149	20	550	350	0.30			7.85	210		
Ck 22	1.1151	20	550	370	0.30			7.85	210		
Cm 35	1.1180	20	630	430	0.30			7.85	210		
Ck 35	1.1181	20	600	410	0.30	20	160	7.85	211		530
Cm 45	1.1201	20	700	500	0.30			7.85	210		
Ck 60	1.1221	20	800	550	0.30			7.85	210		
Cm 60	1.1223	20	850	580	0.30			7.85	210		

Tablo 22, İslah Çeliği, DIN17200

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.40	0.48	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.65

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X10CrAl 7	1.4713	20	420	220	0.30	20	160	7.85	206		750
30CrNiMo8	1.6580	20	1250	1050	0.30	12	280	7.85	211		530
34CrNiMo6	1.6582	20	980	880	0.30	14	310	7.85	211		530
28NiCrMo V 8 5	1.6932	20	880	880	0.30	14	310	7.85	211		530
26NiCrMoV 14 5	1.6957	20	800	700	0.30	18	280	7.85	211		530
46Cr2	1.7006	20	900	650	0.30			7.85	210		
46CrS2	1.7025	20	900	650	0.30			7.85	210		
41Cr4	1.7035	20	1000	800	0.30			7.85	210		
41CrS4	1.7039	20	1000	800	0.30			7.85	210		
25CrMoS4	1.7213	20	900	700	0.30			7.85	210		
25CrMo4	1.7218	20	900	700	0.30			7.85	210		

Tablo 22, İslah Çeliği, DIN17200

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.40	0.48	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.65

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
34CrMo4	1.7220	20	1100	900	0.30	15	220	7.85	211		530
42CrMo4	1.7225	20	1100	900	0.30	15	220	7.85	211		530
42CrMoS4	1.7227	20	1100	900	0.30			7.85	210		
50CrMo4	1.7228	20	1100	900	0.30			7.85	210		
50CrV4	1.8159	20	1100	900	0.30			7.85	210		

Tablo 23, Küçük molüküllü-İmalat Çeliği, DIN17102

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.52	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
StE255	1.0461	20	360	255	0.30				211		
StE255	1.0463	20	360	255	0.30	25		7,85	211		
StE315	1.0505	20	440	315	0.30				210		
StE380	1.8900	20	500	380	0.30				210		
StE460	1.8905	20	560	460	0.30				210		
StE500	1.8907	20	610	500	0.30				210		

Tablo 24, Otomat Çeliği, DIN01651

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.52	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
9SMn28	1.0715	20	380		0.30			7.85	210		
9SMnPb28	1.0718	20	370	215	0.30	23	140	7,85	211		530
10S20	1.0721	20	360		0.30			7.85	210		
10SPb20	1.0722	20	490	390	0.30			7.85	210		
35S20	1.0726	20	590	400	0.30			7.85	210		
60S20	1.0728	20	780	540	0.30			7.85	210		
35SPb20	1.0756	20	620	420	0.30			7.85	210		
60SPb20	1.0758	20	830	570	0.30			7.85	210		
GS-20Mn 5 N	1.1120	20	500	260	0.30	22	180	7,85	211		530

Tablo 25, Paslanmaz Çelikler, DIN17440

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.50	0.75

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X6Cr17	1.4016	20	450	270	0.30				210		
X20Cr13	1.4021	20	750	550	0.30	16	210	7,75	219		700
X46Cr13	1.4034	20	800		0.30				210		
X20CrNi 17 2	1.4057	20	800	600	0.30	14	270	7,75	206		900

Tablo 25, Paslanmaz Çelikler, DIN17440

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.50	0.75

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X12CrMoS 17 n	1.4104	20	690	440	0.30	11	210	7,75	205		850
X5CrNi18 10	1.4301	20	500	195	0.30				210		
X2Cr Ni 19 11	1.4306	20	460	180	0.30	41	170	7,90	196		850
X45CrMoV15	1.4416	20	900		0.30				210		
X6CrNi Ti 18 10	1.4541	20	500	200	0.30	40	180	7,90	196		850
X12Cr Ni 25 21	1.4845	20	500	210	0.30	35	180	7,90	196		1050

Tablo 26, Nikelli Çelikler, DIN17211

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
34CrAlMo5	1.7043	20	800	600	0.30			7.85	210		
31CrMo12	1.8515	20	1000	800	0.30			7.85	210		
15CrNiMoV5 9	1.8521	20	900	750	0.30			7.85	210		
34CrAlNi7	1.8550	20	880	685	0.30	12	300	7,75	211		530

Tablo 27, Çeşitli Çelikler

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X20Cr MoV 121	1.4922	20	700	500	0.30	14	240	7,75	219		700
X12Cr Ni 25 21	1.4845	20	700	500	0.30	14	240	7,90	219		700
X22Cr MoV 121	1.4923	20	850	700	0.30	11	280	7.75	219		700
X21Cr MoV 12 1	1.4926	20	910	750	0.30	13	280	7.75	219		700
X6CrNi WNb 16 16	1.4945	20	640	490	0.30	17	210	7.92	196		850
X12CrNiW Ti 16 13	1.4962	20	590	440	0.30	20	200	7.90	196		850

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.50	0.75

Tablo 27, Çeşitli Çelikler

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X5CrNi Ti 26 15	1.4980	20	880	590	0.30	15	300	7.92	200		850
X8CrNiMo VNb 16 13	1.4988	20	550	260	0.30	30	200	7.92	196		850
30CrMoV 9	1.7707	20	900	700	0.30	12	280	7.85	211		530
21CrMoV 5 7	1.7709	20	680	590	0.30	16	240	7.85	211		550
23CrMo 5	1.7255	20	640	440	0.30	17	210	7.85	211		530
13CrMo 4 4	1.7335	20	420	240	0.30	20	140	7.85	211		530

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.44	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.50	0.75

Tablo 28, Çeşitli Çelikler, DIN17458

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
X2CrNi Mo 17 13 2	1.4404	20	490	190	0.30	35	180	7,92	196		850
X6CrNiMo Ti 17 12 2	1.4571	20	500	200	0.30	35	180	7,92	196		850

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.40	0.45	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.50	0.75

Tablo 29, Çeşitli Çelikler

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
15Mo3	1.5415	20	440	190	0.30	20	140	7,85	211		530
22 Mo 4	1.5419	20	490	295	0.30	20	160	7,85	211		530
23CrNi Mo 7 4 7	1.6749	20	640	490	0.30	18	210	7,85	211		530

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.75

Tablo 30, Çeşitli Çelikler

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.42	0.49	0.24
K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.75

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
30CrMo NiV 5 11	1.6946	20	700	600	0.30	16	240	7,85	211		550
		100	665	555					207	11.00	
		200	620	510					200	12.00	
		300	590	470					193	12.75	
		400	540	430					184	13.20	
		500	470	375					175	13.50	
		600	340	255					164	13.70	
26NiCr MoV 11 5	1.6948	20	750	600	0.30	18	240	7,85	211		550
		100	660	570					207	11.00	
		200	610	530					200	12.00	
		300	550	485					193	12.75	
		400	490	430					184	13.20	
		500							175	13.50	
		600							164	13.70	
20CrMo NiV 4 7	1.6979	20	680	590	0.30	16	240	7,85	211		550
		100	660	550					207	11.00	
		200	620	510					200	12.00	
		300	590	470					193	12.75	
		400	540	430					184	13.20	
		500	470	375					175	13.50	
		600	340	255					164	13.70	
21CrMo V 5 11	1.8070	20	680	590	0.30	12	240	7,85	211		550
		100	660	550					207	11.00	
		200	620	510					200	12.00	
		300	590	470					193	12.75	
		400	540	430					184	13.20	
		500	470	375					175	13.50	
		600	340	255					164	13.70	

Tablo 31, Çeşitli Çelikler

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.30
K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.58

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
Cf45	1.1193	20	700	480	0.30			7.85	210		
Cf70	1.1249	20	780	560	0.30			7.85	210		
38Cr4	1.7043	20	930	740	0.30			7.85	210		
41CrMo4	1.7223	20	1080	880	0.30			7.85	210		

Tablo 32, Çeşitli Çelikler

	Çekme	Eğilme	Torsiyon
K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.25
K <sub>2</sub>	1.00	1.65	0.75

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
St35 BK	1.0308	20	440	295	0.30	6	150	7,85	211		530
St35 GBK	1.0308	20	315	195	0.30	25	120	7,85	211		530
H I	1.0345	20	340	205	0.30	24	110	7,85	211		530
H II	1.0425	20	400	230	0.30	22	130	7,85	211		530

Tablo 33, Çeşitli Çelikler

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
10CrMo 9 10 DIN17243	1.7380	20	450	270	0.30	22	160	7,85	211		550
		K <sub>1</sub>	0.44	0.52	0.25	K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.58		
			Çek	Eğil	Tors		Çek	Eğil	Tors		

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
NiCrTiAl F100 DIN17754	2.4952	20	1000	600	0.30	20	260	8,20	183		900
		K <sub>1</sub>	0.44	0.49	0.25	K <sub>2</sub>	1.00	1.40	0.73		
			Çek	Eğil	Tors		Çek	Eğil	Tors		

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
St35.8 DIN17175	1.0305	20	360	215	0.30	25	120	7,85	211		530
		K <sub>1</sub>	0.42	0.50	0.25	K <sub>2</sub>	1.00	1.60	0.75		
			Çek	Eğil	Tors		Çek	Eğil	Tors		

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
Ck 75 H+A DIN17222	1.1248	20	1500	1470	0.30		480	7,85	211		530
		K <sub>1</sub>	0.45	0.50	0.25	K <sub>2</sub>	1.00	1.25	0.65		
			Çek	Eğil	Tors		Çek	Eğil	Tors		

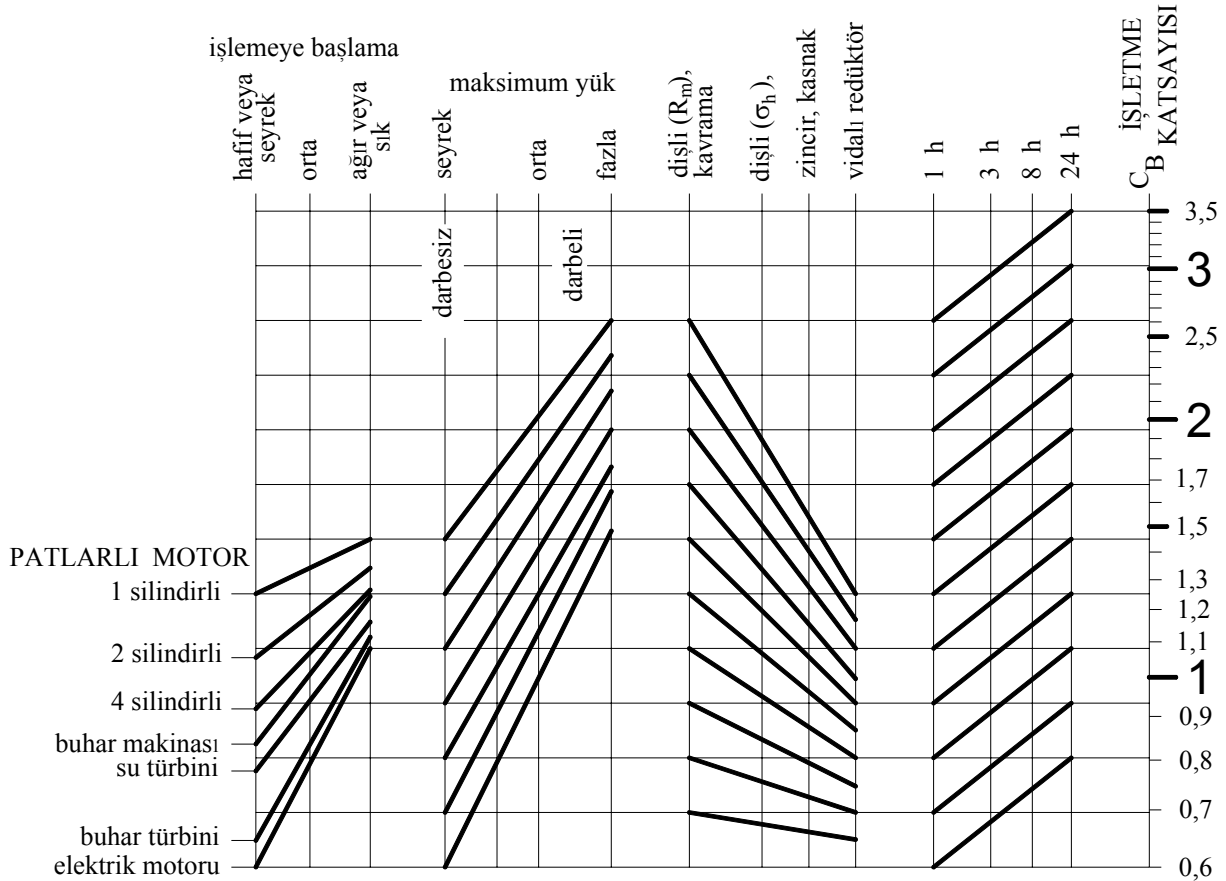
Tablo 34, Çeşitli Çelikler

DIN-İsmi	W-Nr.	T °C	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>e</sub> MPa	v [-]	A <sub>5</sub> min %	HB [-]	ρ kg/dm <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> 10 <sup>3</sup> MPa	α <sub>or</sub> 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Ok °C
NiCo20 Co18Ti	2.4632	20	1180	785	0.30	20	370	8,20	226	14.30	950
NiCo20Cr15 MoAlTi	2.4634	20	1000	750	0.30	7	265	8,00	188		950
NiCr13 Mo6Ti3	2.4662	20	1050	765	0.30	10	340	8,15	201		650
St22 (TSt 10 O1)	1.0320	20	270	765	0.30	20	120	7,85	211		530
St12 (USt 12 O3)	1.0330	20	270		0.30	28	110	7,85	211		530
USt13 (USt 13 O3)	1.0333	20	270		0.30	32	100	7,85	211		530
St14 O5 m (RRSt 14O4m)	1.0338	20	270		0.30	38	100	7,85	211		530

Tablo 35, İşletme katsayısı  $c_B$   
a) Genel

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

b) Richter-Ohlendorf'a göre işletme katsayısı seçimi



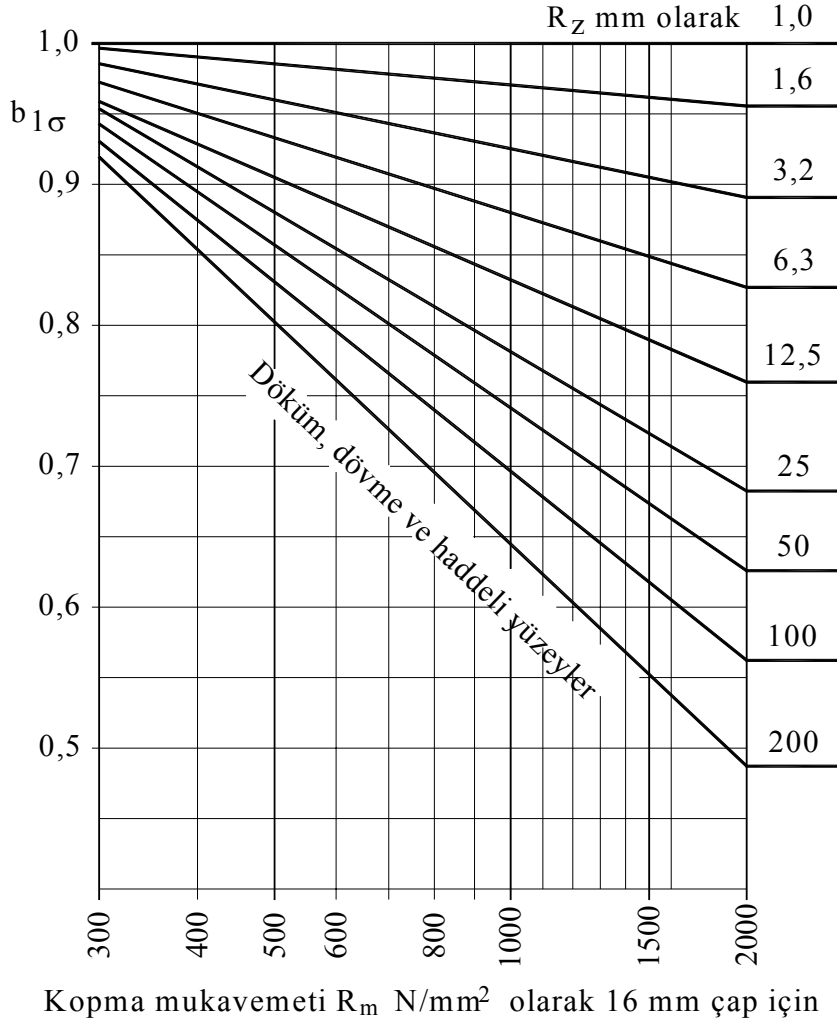
Şekil 97, Richter-Ohlendorf'a göre işletme katsayısı

## 2.5 Malzemenin geometrik katsayıları

### 2.5.1 Yüzey pürüzlüğü katsayısı " b<sub>1</sub> "

Tablo 36, Yüzey işleme kalitesi

Eski	▽▽▽▽			▽▽▽			▽▽			▽		
Yeni	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R <sub>a</sub> μm	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
R <sub>z</sub> μm	0,063	0,16	0,25	0,63	1,6	2,5	6,3	16	25	63	160	250

Tablo 37, Yüzey pürüzlüğü katsayısı b<sub>1</sub> seçme diyagramıŞekil 98, Yüzey pürüzlüğü katsayısı b<sub>1</sub>

X-Eksenine malzemenin kopma mukavemet taşınır. Bu malzemenin 16 mm çapından daha küçük çaptaki değeridir. μm değeri verilmemiş olan eğri haddeden çıkma, tufallı malzeme yüzeyi için geçerlidir.

$$F(47) \quad \text{Normal gerilmeler için:} \quad b_{1\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg R_z \cdot \left( \lg \frac{R_m}{20} - 1 \right)$$

$$F(48) \quad \text{Çapraz gerilmeler için:} \quad b_{1\tau} = 0,575 \cdot b_{1\sigma} + 0,425$$

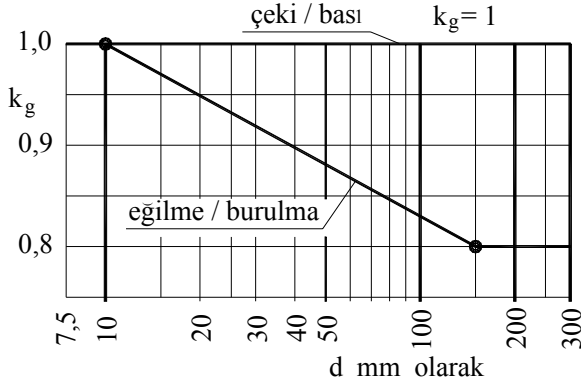


### 2.5.2 Malzemenin büyüklük katsayısı " b<sub>2</sub> "

Malzemenin büyüklük katsayısı b<sub>2</sub> seçme diyagramları

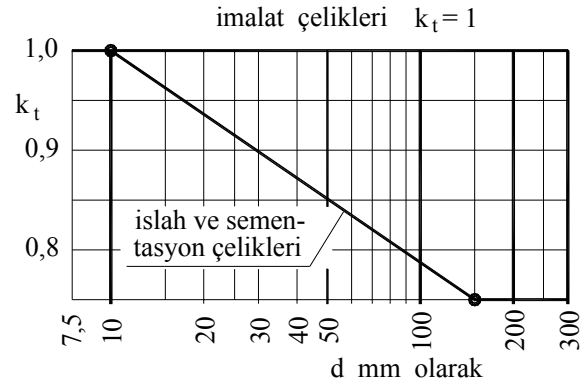
$$b_2 = k_g \cdot k_t \cdot k_\alpha$$

b <sub>2</sub>	1	Büyüklük katsayısı
k <sub>g</sub>	1	geometri katsayısı
k <sub>t</sub>	1	teknoloji katsayısı
k <sub>α</sub>	1	çentik katsayısı



Şekil 99, Geometri katsayısı

Çekme ve basma zorlamasında k<sub>g</sub> katsayısı 1 alınır.

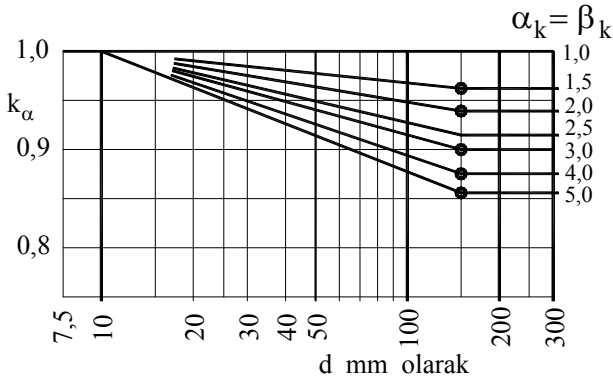


Şekil 100, Teknoloji katsayısı

İmalat çeliklerinde k<sub>t</sub> katsayısı 1 alınır.

$$k_g \approx 1 - 0,2 \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$

$$k_t \approx 1 - 0,25 \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$



Şekil 101, Form katsayısı

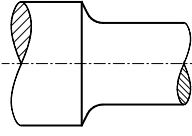
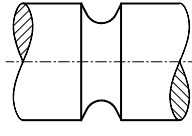
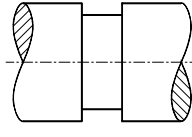
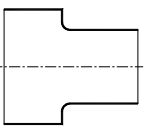
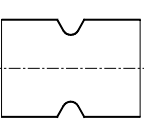
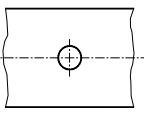
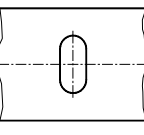
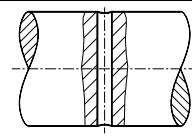
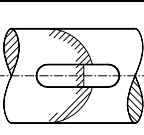
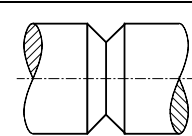
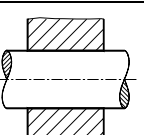
$$k_\alpha \approx 1 - 0,2 \cdot \lg \alpha_k \cdot \frac{\lg(d/7,5)}{\lg 20}$$

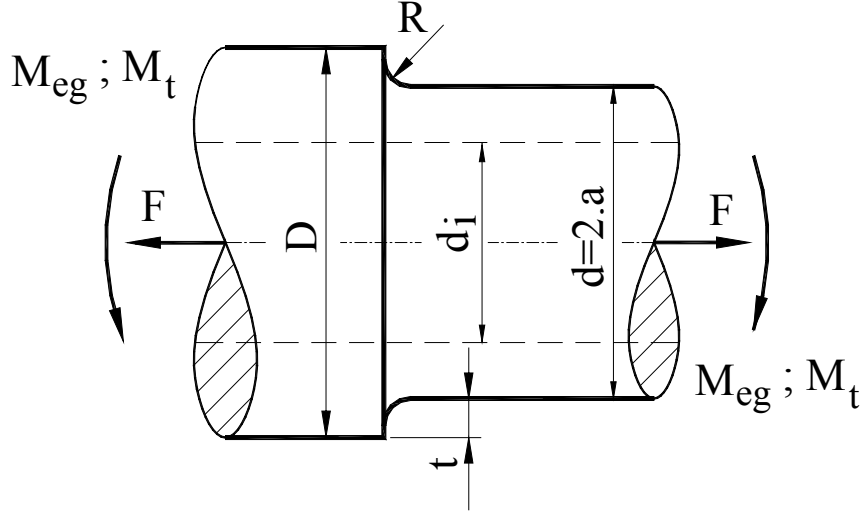
Tablo 38, Çeşitli kesitlerde çapa eşdeğer büyüklükler

Kesit şekli					
Çap eşdeğeri	d	d = 2.s	d = 2.t	d = a	d = 2hb/(h+b)

Şekil 102, Kesitlerde çapa eşdeğer büyüklükler

2.5.3 Çentik şekil sayısı  $\alpha_{Ct}$ Tablo 39, Çentik şekil sayısı  $\alpha_{Ct}$ 

PARÇANIN ŞEKLİ	Yüklenme hali		
	çekme/basma	eğilme	torsiyon
Çevresel faturalı mil 	Tablo 40/ç	Tablo 40/e	Tablo 40/t
Çevresel çentikli mil 	Tablo 41/ç	Tablo 41/e	Tablo 41/t
Segman faturalı mil 	Tablo 42	Tablo 42	Tablo 42
Çift taraflı faturalı lama 	Tablo 43/ç	Tablo 43/e	
Çift taraflı çentikli lama 	Tablo 44/ç	Tablo 44/e	
Delikli lama 	Tablo 45/ç		
Uzun delikli lama 	Tablo 46/ç		
Radyal delikli mil 	Tablo 47	Tablo 47	Tablo 47
Boyuna kama açılmış mil 		Tablo 48/e	Tablo 48/t
Keskin dipli çentikli mil 	Tablo 49		
Mile sıkı geçmeli göbek 		Tablo 50	Tablo 50

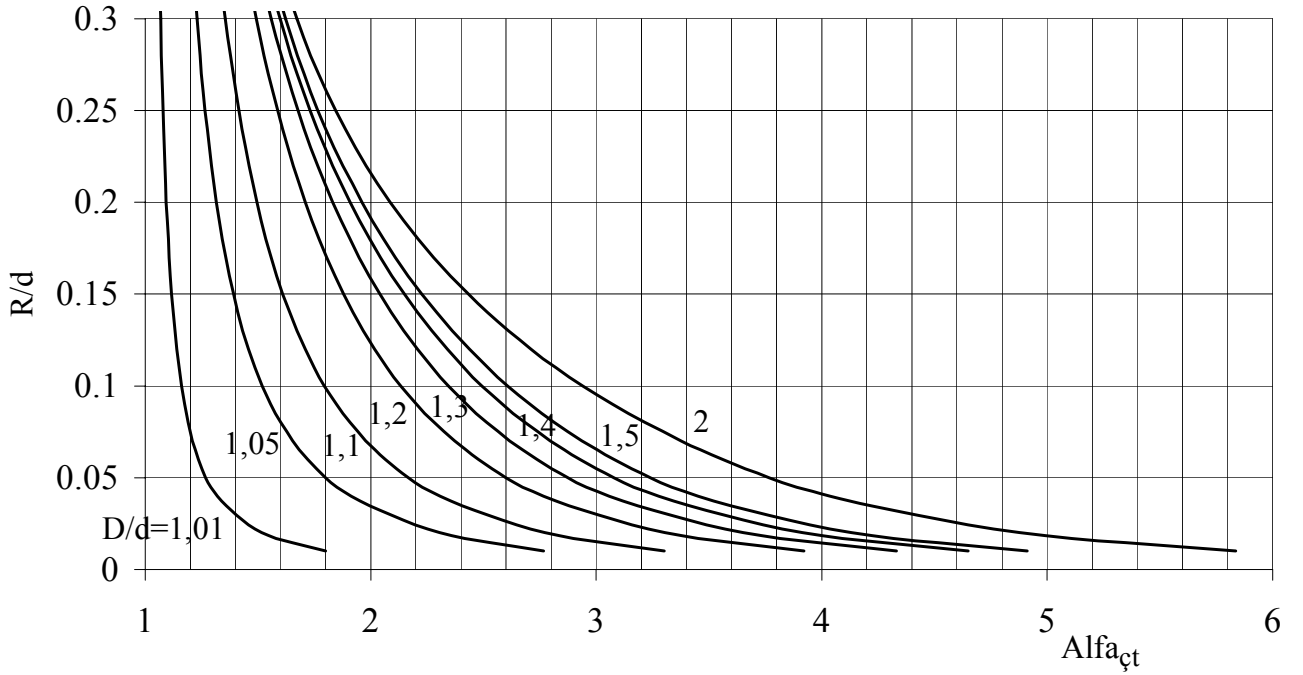
Tablo 40, Çevresel faturalı milde çentik şekil sayısı  $\alpha_{\text{çt}}$ 

Şekil 103, Çevresel faturalı mil

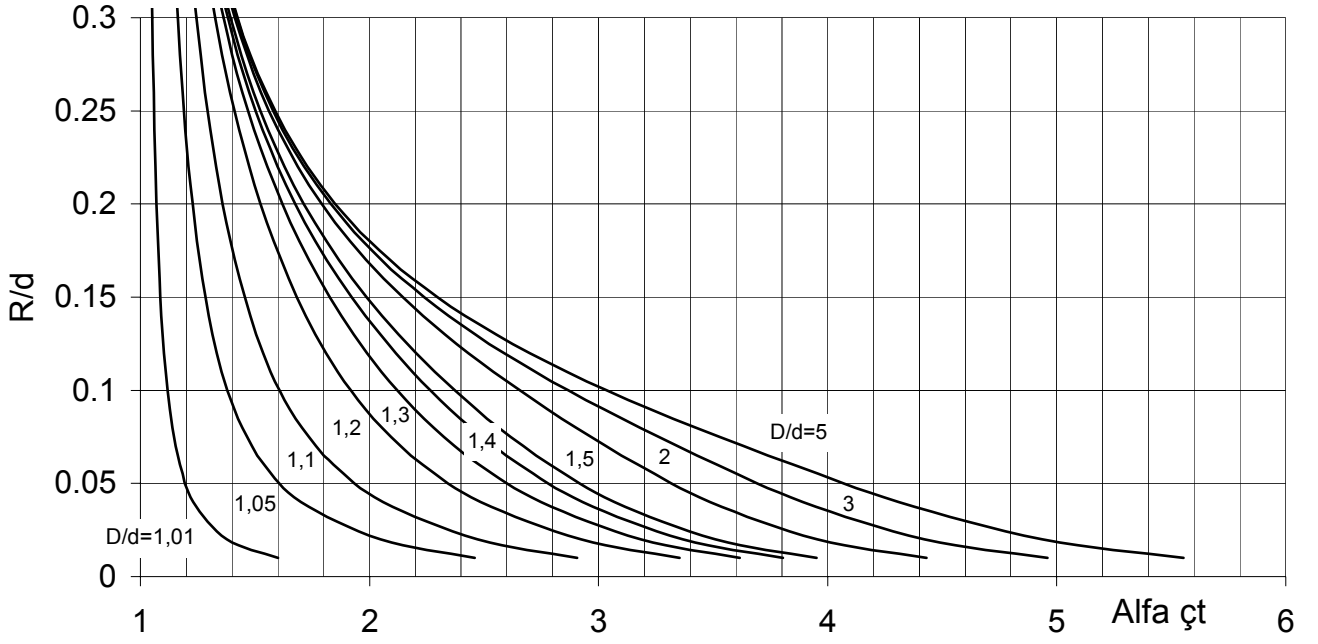
Çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\text{çt}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{A}{\left(\frac{t}{R}\right)^K} + B \cdot \left[\frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \cdot \sqrt{\frac{a}{R}}}\right]^L + C \cdot \frac{\frac{a}{R}}{\left(\frac{a}{R} + \frac{t}{R}\right) \cdot \left(\frac{t}{R}\right)^M}\right)}}$$

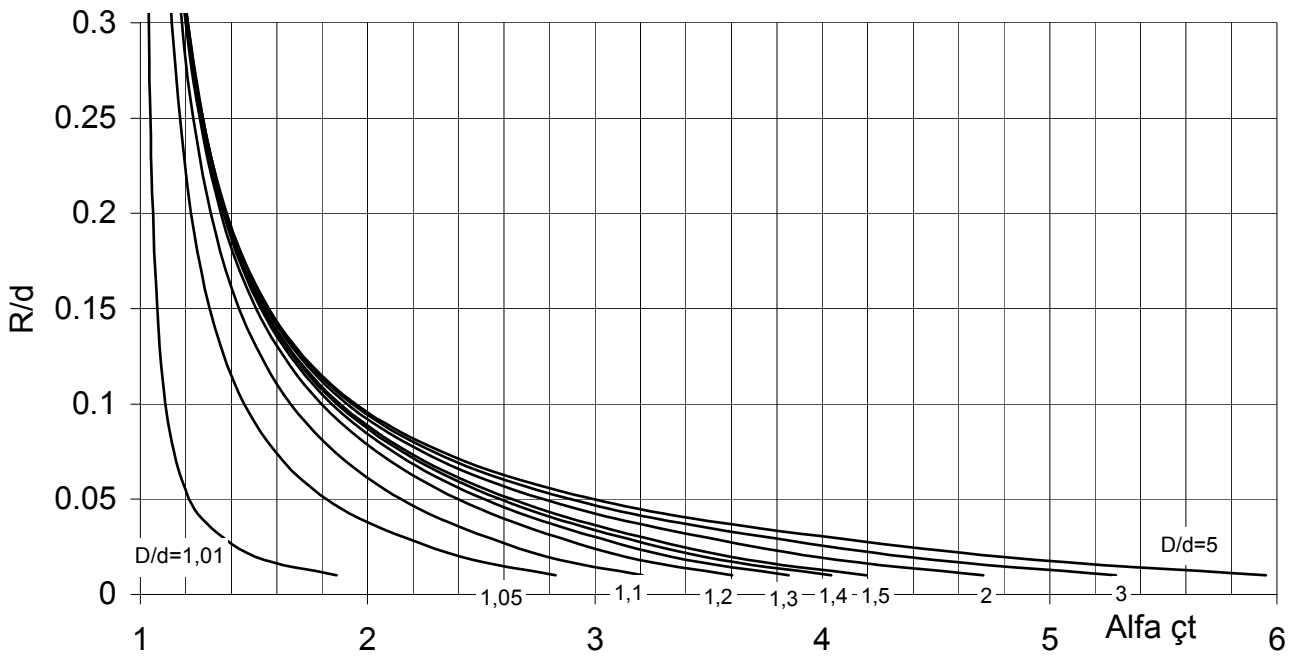
	çekme	eğilme	torsiyon
A	0,44	0,40	0,40
B	2,00	6,00	25,0
C	0,30	0,80	0,20
K	0,60	0,40	0,45
L	2,20	2,75	2,25
M	1,60	1,50	2,00



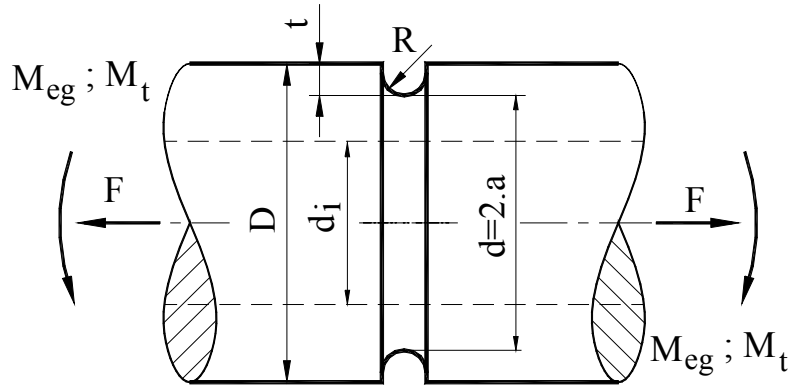
ç – çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı



e – eğilme zorlanmasında çentik şekil sayısı



t – torsiyon zorlanmasında çentik şekil sayısı

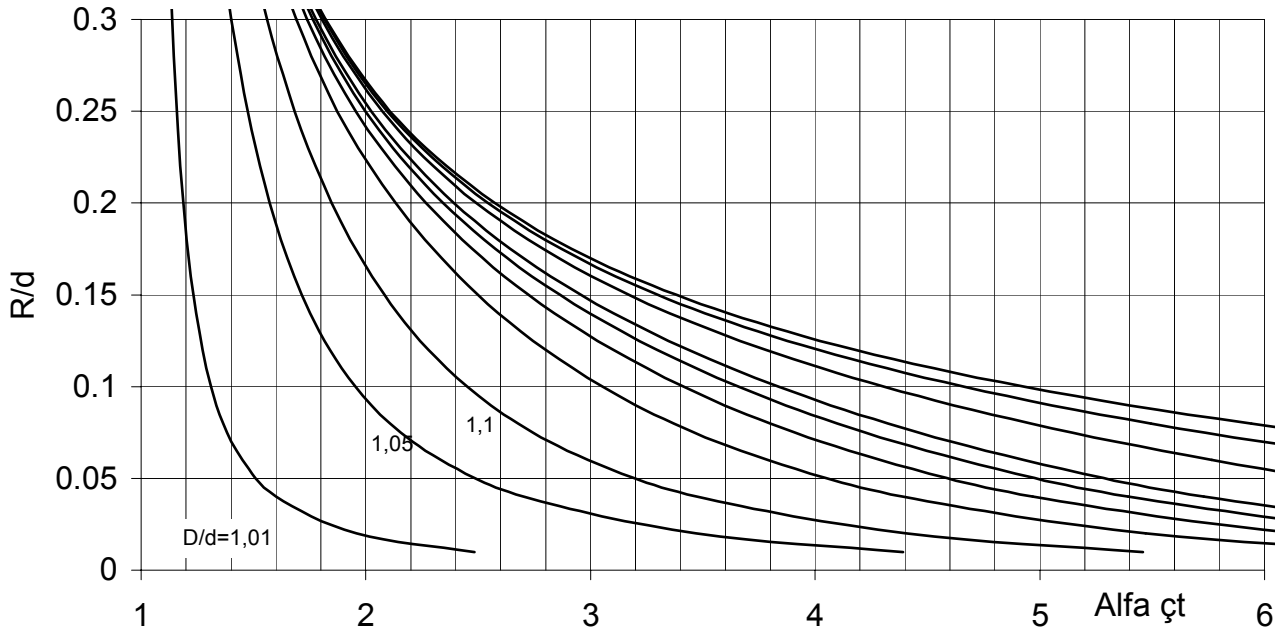
Tablo 41, Çevresel çentikli milde çentik şekil sayısı  $\alpha_{\text{Çt}}$ 

Şekil 104, Çevresel çentikli mil

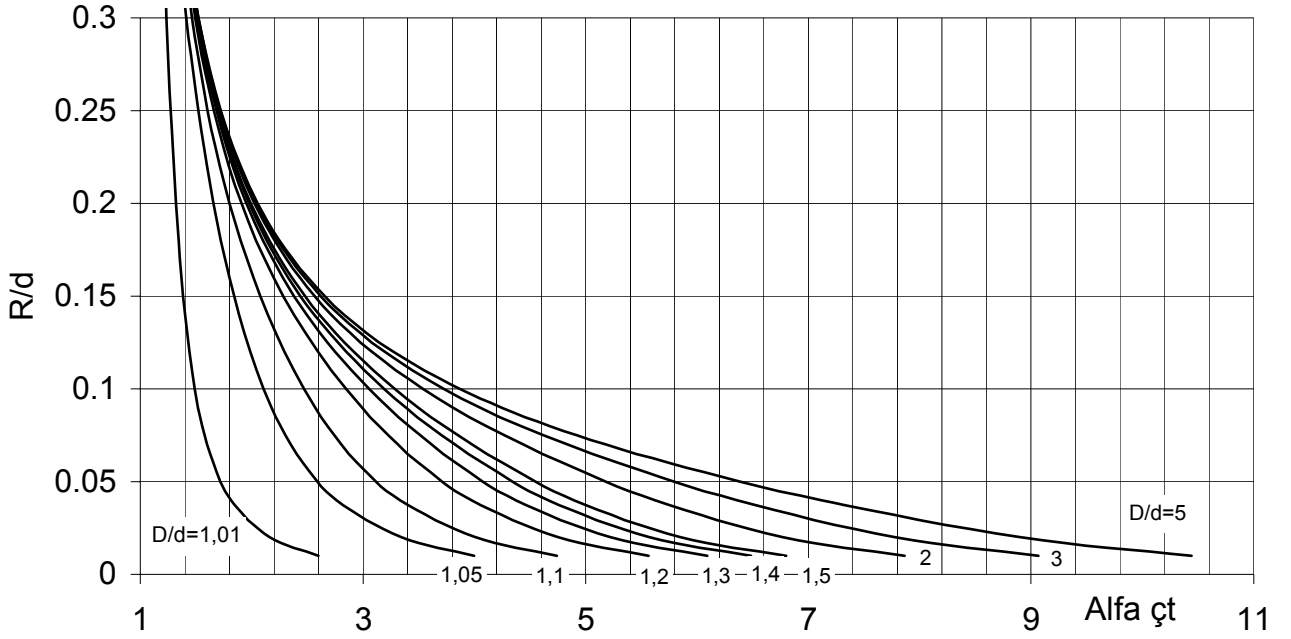
Çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\text{Çt}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{A}{\left(\frac{t}{R}\right)^K} + B \cdot \left[\frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \sqrt{\frac{a}{R}}}\right]^L + C \cdot \frac{a}{R} \cdot \left(\frac{a}{R} + \frac{t}{R}\right) \cdot \left(\frac{t}{R}\right)^M}}$$

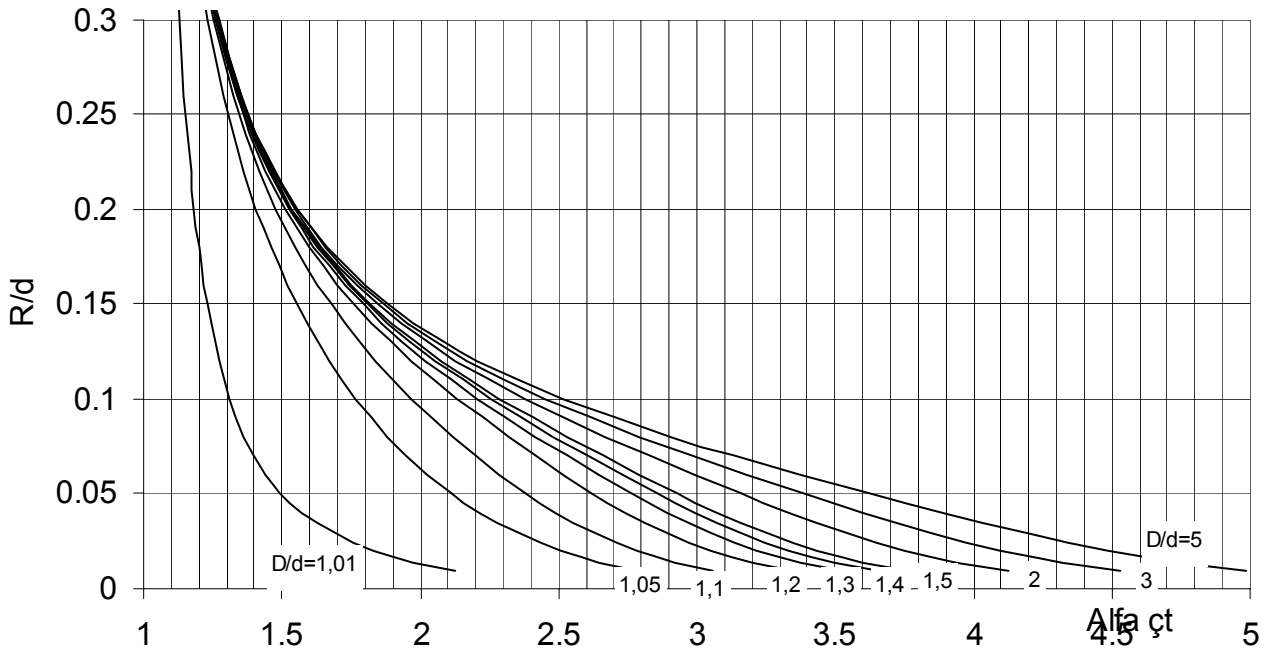
	çekme	eğilme	torsiyon
A	0,10	0,12	0,40
B	1,60	4,00	15,0
C	0,11	0,10	0,10
K	0,55	0,45	0,35
L	2,5	2,66	2,75
M	1,5	1,20	1,5



ç – çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı



e – eğilme zorlanmasında çentik şekil sayısı



t – torsiyon zorlanmasında çentik şekil sayısı

Tablo 42, Segman faturalı milde çentik şekil sayısı  $\alpha_{Ct}$  Y-Ekseninden okunacaktır

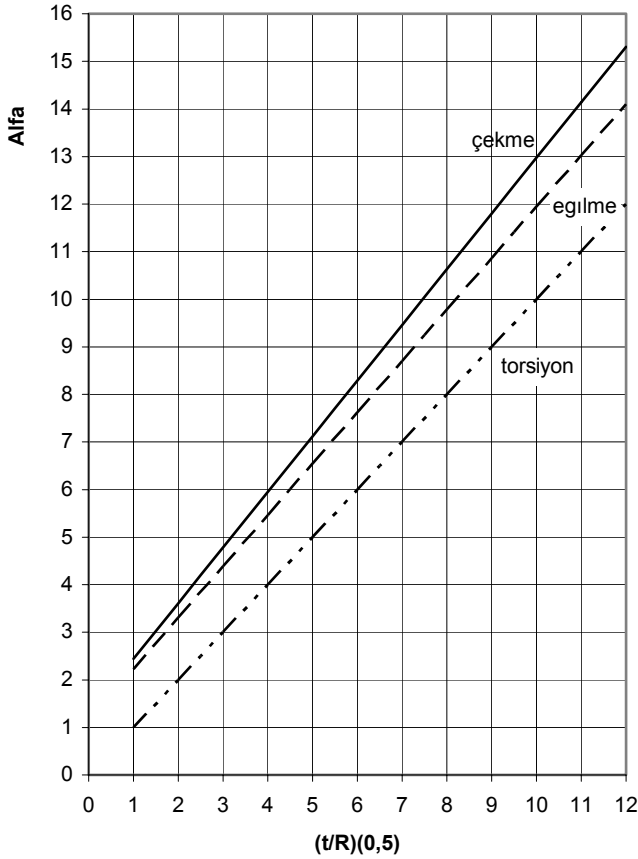
Tablo a'daki çentik şekil sayısı dolu mil için şu koşullarla geçerlidir:

$$\frac{m}{t} > 1,4 \quad \text{ve} \quad w = \frac{D}{2t} > 15$$

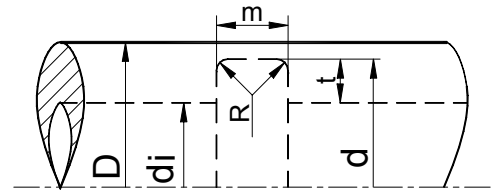
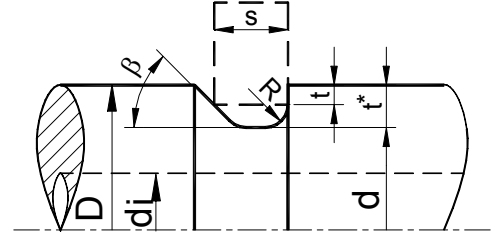
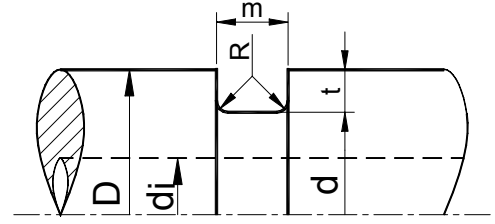
Tablo b'deki çentik şekil sayısı kaval mil için şu şartlarla geçerlidir:

$$w = \frac{D-d}{2t} < 3$$

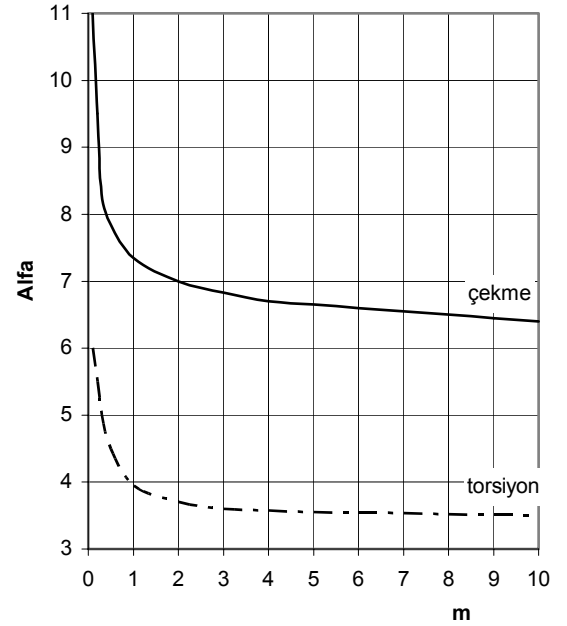
Çeşitli fatura şekilleri



a – dolu mil için çentik şekil sayısı



Şekil 105, Çeşitli faturalar



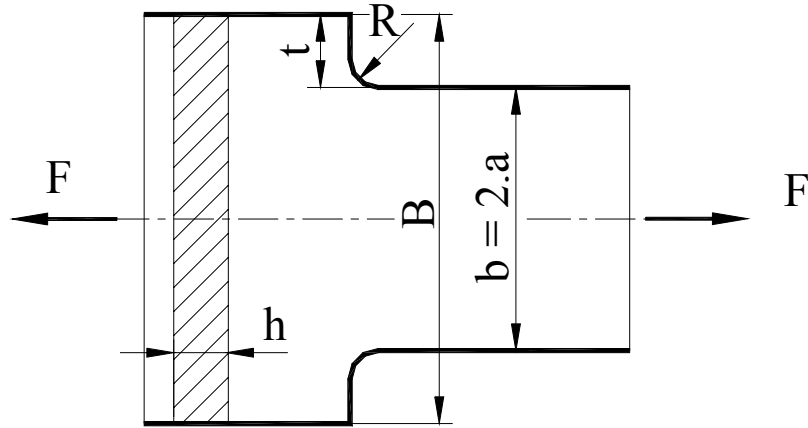
b – kanal genişliğinin etkisi  
 $D = 40 \text{ mm}$ ,  $t = 1,25 \text{ mm}$ ,  $r = 0,05 \text{ mm}$

Tablo a'daki çentik şekil sayısı eğrileri formülle şu şekilde gösterilir:

Çekmeye zorlanan milde:  $\alpha_{Ct} = 1,27 + 1,17 \sqrt{t/R}$

Eğilmeye zorlanan milde:  $\alpha_{Ct} = 1,14 + 1,08 \sqrt{t/R}$

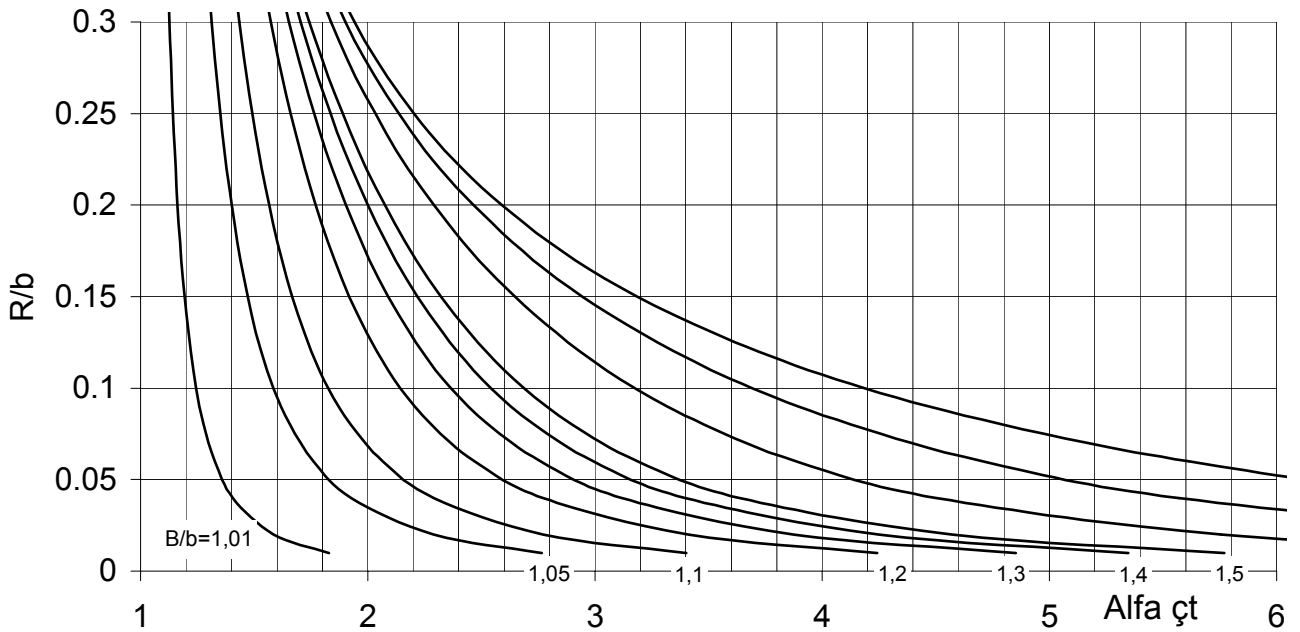
Torsiyona zorlanan milde:  $\alpha_{Ct} = 1,48 + 0,45 \sqrt{t/R}$

Tablo 43, Çift taraflı faturalı lamada çentik şekil sayısı  $\alpha_{\text{Çt}}$ 

Şekil 106, Çekme zorlanmasında çift taraflı faturalı lama

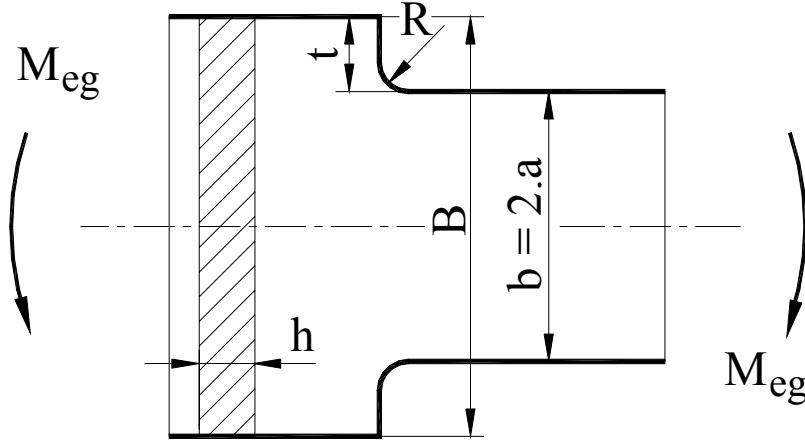
Çekme zorlanmasında çift taraflı faturalı lamada çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\text{Çt}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{0,55}{\left(\frac{t}{R}\right)^{0,8}} + 1,1 \cdot \left[\frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \cdot \sqrt{\frac{a}{R}}}\right]^{2,2} + 0,2 \cdot \frac{\frac{a}{R}}{\left(\frac{a}{R} + \frac{t}{R}\right) \left(\frac{t}{R}\right)^{1,33}}}}$$



ç - çekme zorlanmasında çift taraflı faturalı lamada çentik şekil sayısı

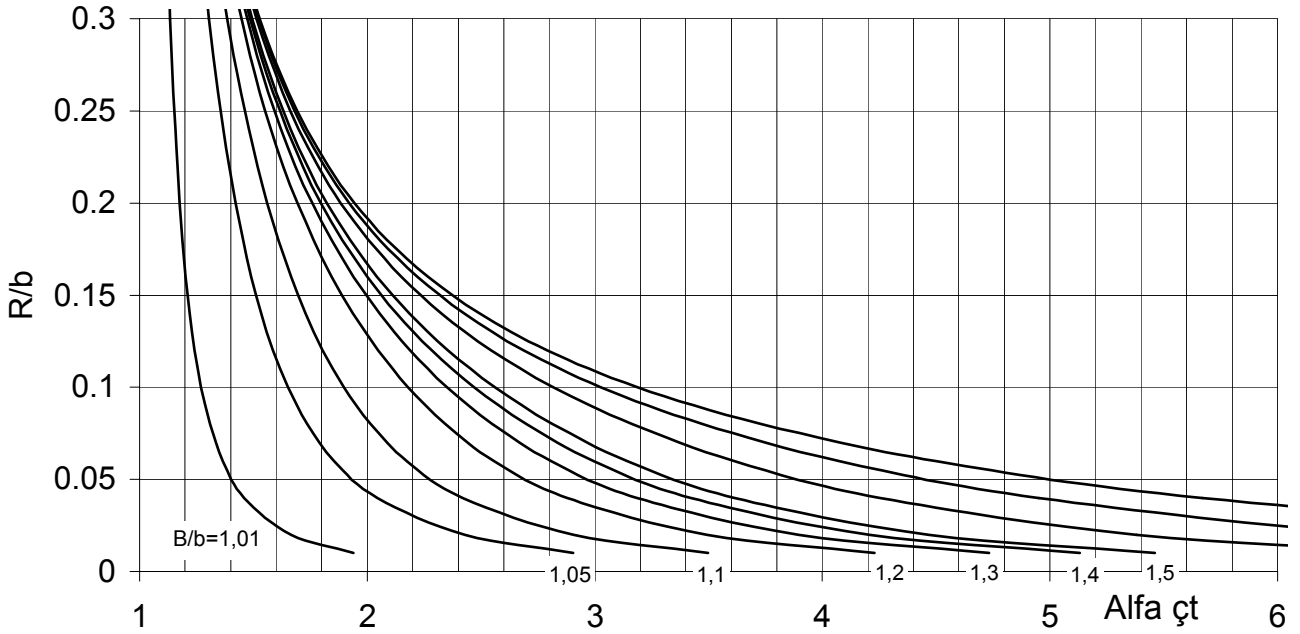




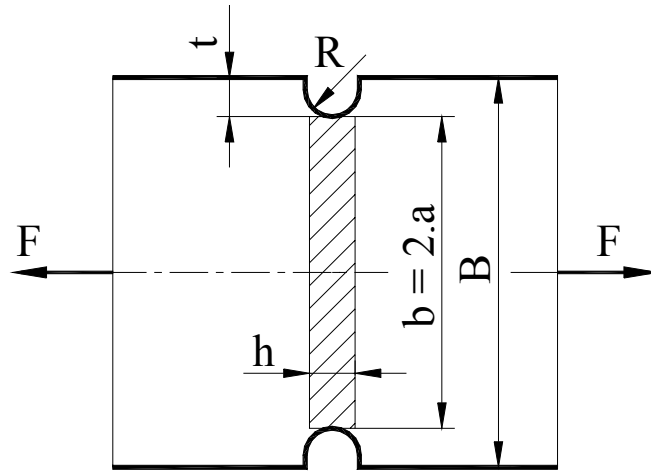
Şekil 107, Eğilme zorlanmasında çift tarafı faturalı lama

Eğilme zorlanmasında çift tarafı faturalı lamada çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\zeta t} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{t}{R}\right)^{0,66} + 3,8 \cdot \left[\frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \cdot \sqrt{\frac{a}{R}}}\right]^{2,25} + 0,2 \cdot \frac{\frac{a}{R}}{\left(\frac{a}{R} + \frac{t}{R}\right) \cdot \left(\frac{t}{R}\right)^{1,33}}}}$$



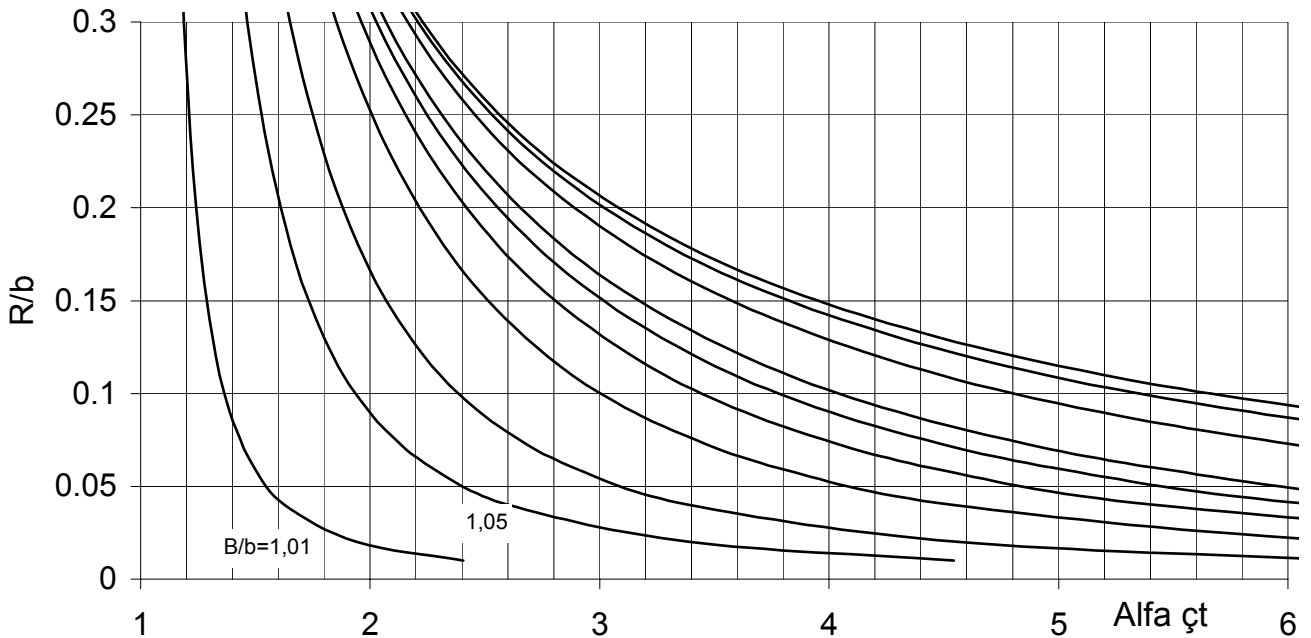
e - eğilme zorlanmasında çift tarafı faturalı lamada çentik şekil sayısı

Tablo 44, Çift taraflı çentikli lamada çentik şekil sayısı  $\alpha_{\text{Çt}}$ 

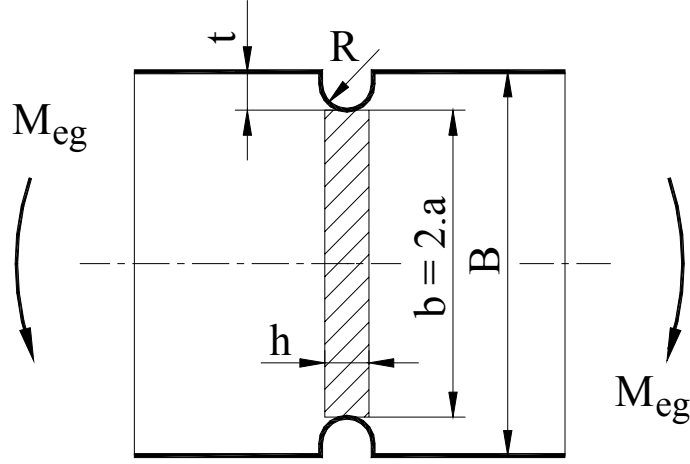
Şekil 108, Çekme zorlanmasında çift taraflı çentikli lama

Çekme zorlanmasında çift taraflı çentikli lamada çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\text{Çt}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{0,1}{\frac{t}{R}} + 0,7 \cdot \left[ \frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \sqrt{\frac{a}{R}}} \right]^2 + 0,13 \cdot \frac{\frac{a}{R}}{\left( \frac{a}{R} + \frac{t}{R} \right) \left( \frac{t}{R} \right)^{1,25}}}}$$



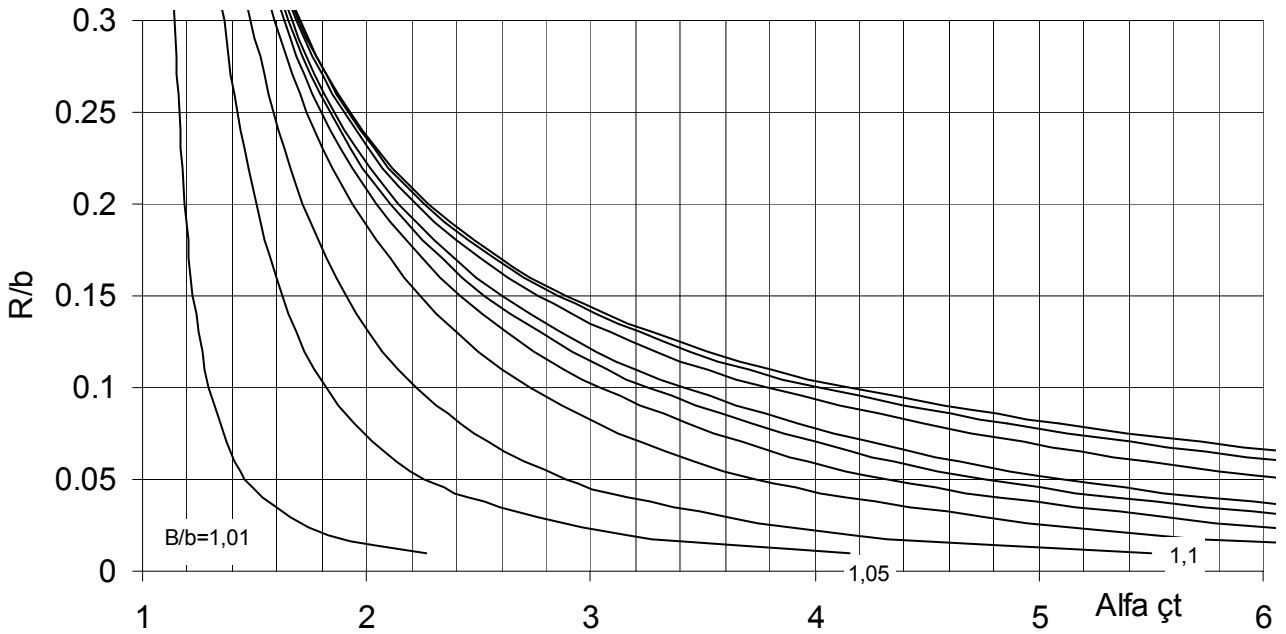
$\alpha$  - çekme zorlanmasında çift taraflı çentikli lamada çentik şekil sayısı



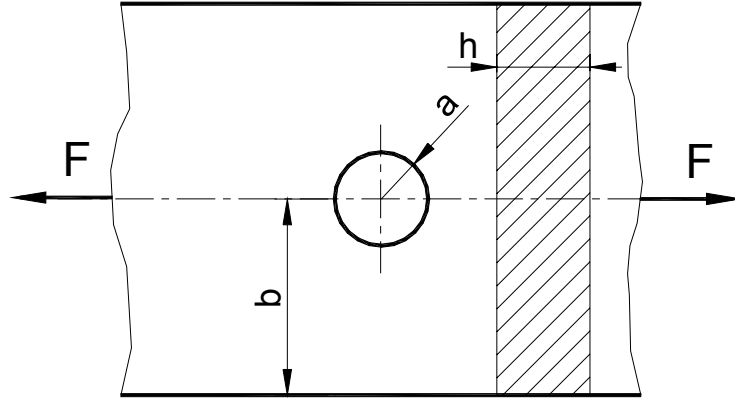
Şekil 109, Eğilme zorlanmasında çift tarafı çentikli lama

Eğilme zorlanmasında çift tarafı çentikli lamada çentik şekil sayısı formülü :

$$\alpha_{\text{çt}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{0,08}{\left(\frac{t}{R}\right)^{0,66}} + 2,2 \cdot \left[\frac{1 + \frac{a}{R}}{\frac{a}{R} \sqrt{\frac{a}{R}}}\right]^{2,25} + 0,2 \cdot \frac{\frac{a}{R}}{\left(\frac{a}{R} + \frac{t}{R}\right) \left(\frac{t}{R}\right)^{1,33}}}}$$



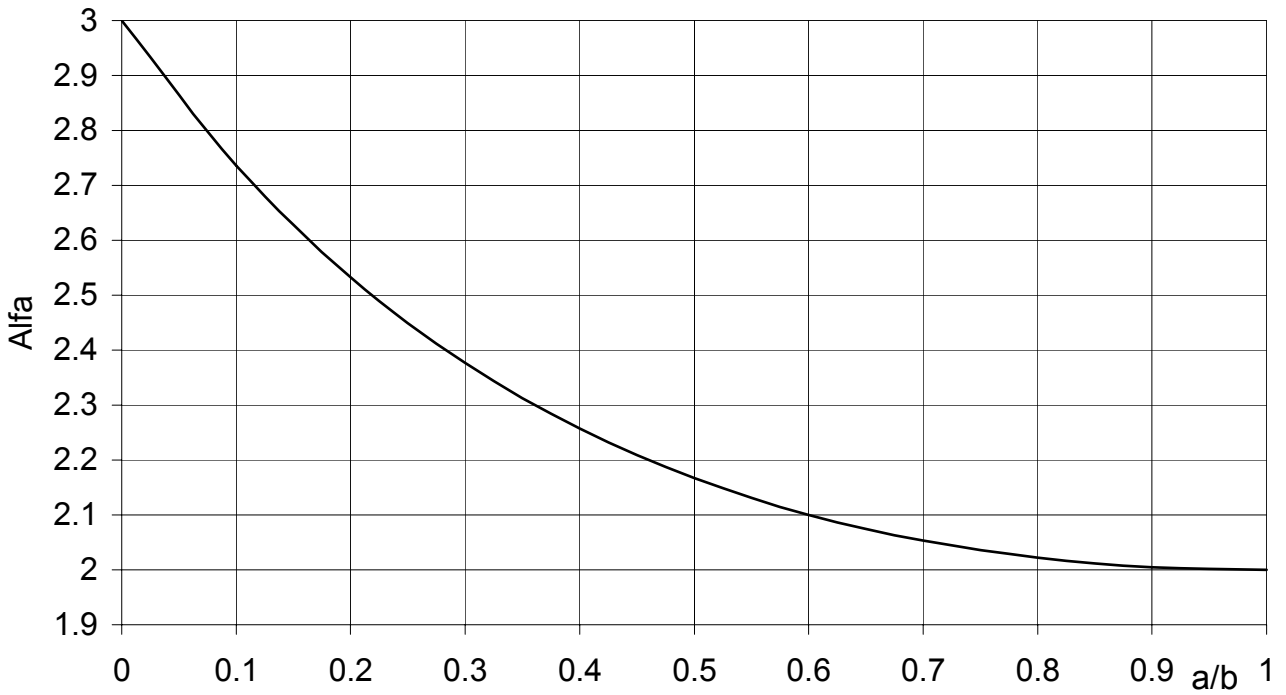
e - Eğilme zorlanmasında çift tarafı çentikli lamada çentik şekil sayısı

Tablo 45, Delikli lamada çentik şekil sayısı  $\alpha_{\zeta t}$ 

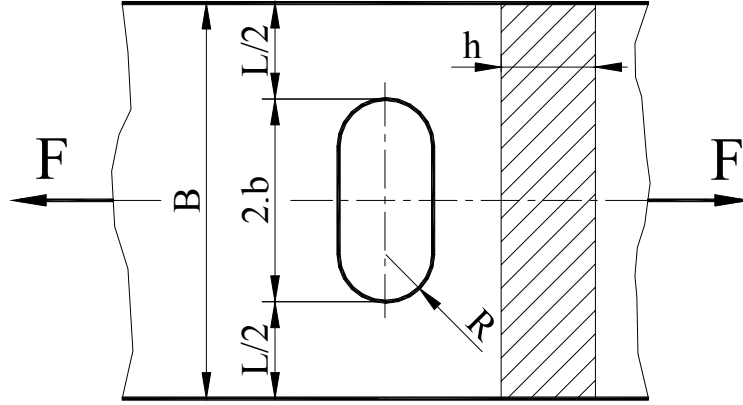
Şekil 110, Delikli lama

Çentik şekil sayısı formülü :

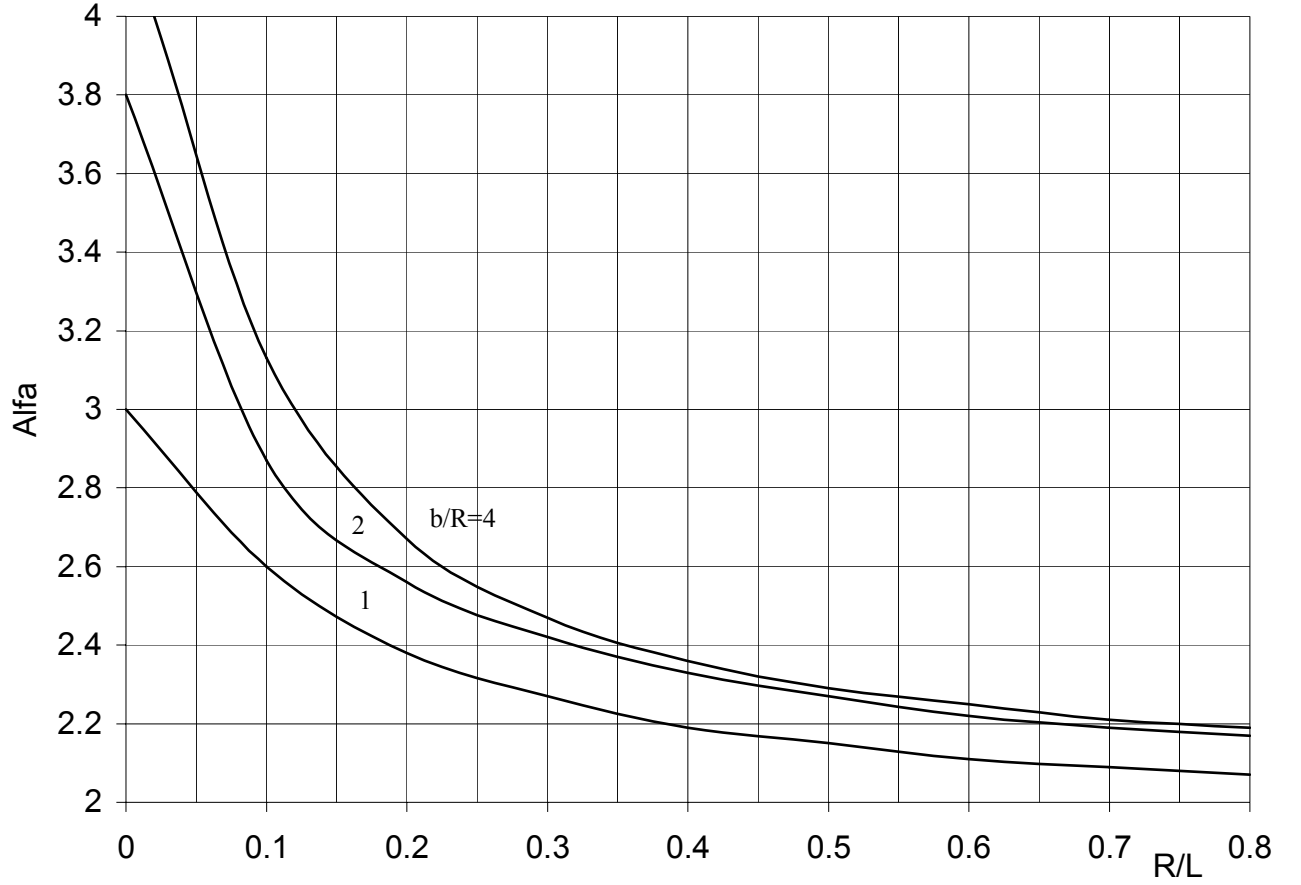
$$\alpha_{\zeta t} = \frac{3 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}{1 + \frac{a}{b}}$$



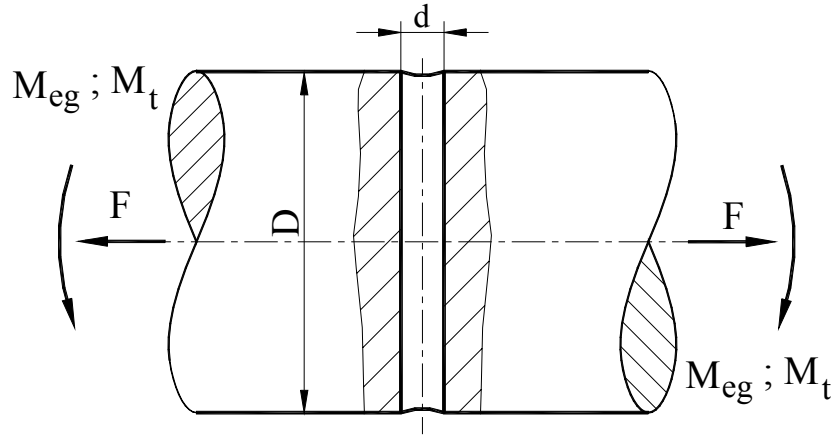
$\zeta$  - çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı

Tablo 46, Uzun delikli lamada çentik şekil sayısı  $\alpha_{\check{c}t}$ 

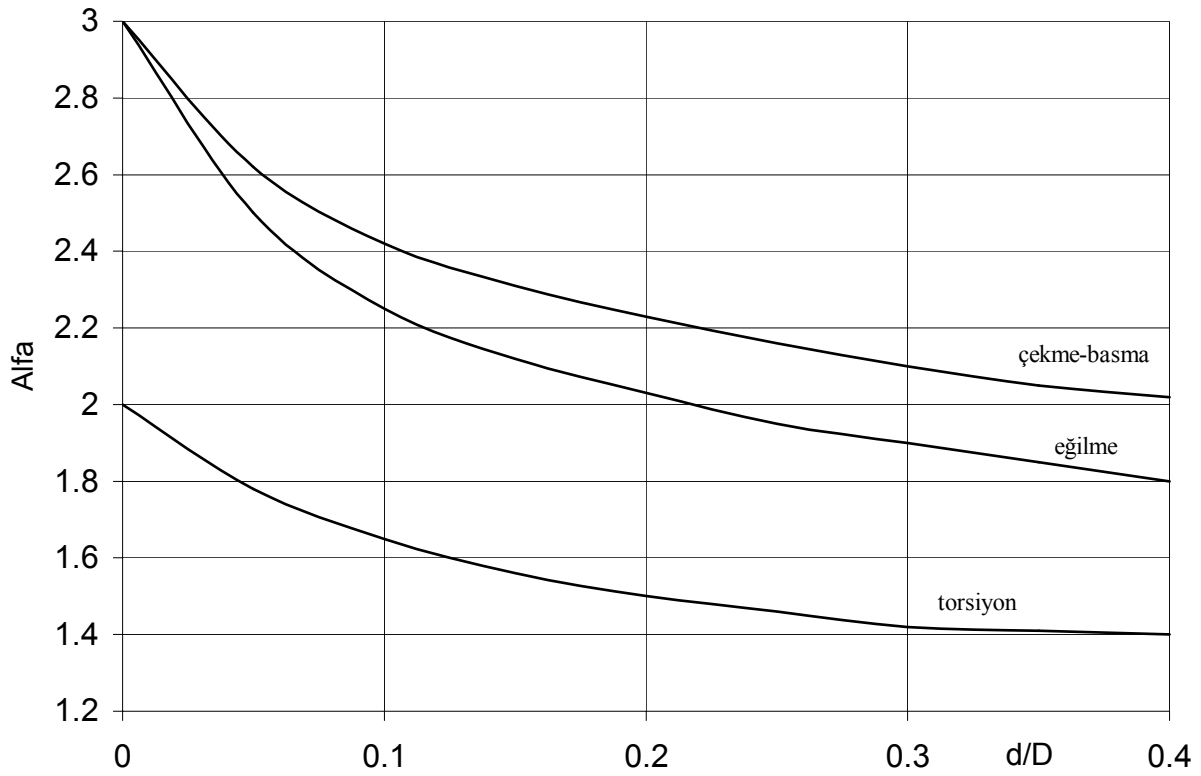
Şekil 111, Uzun delikli lama



$\check{c}$  - çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı

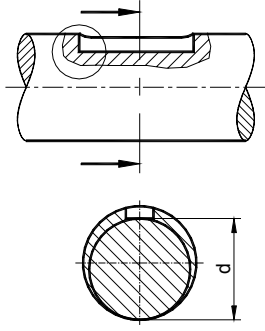
Tablo 47, Radyal delikli milde çentik şekil sayısı  $\alpha_{Çt}$  Y-Ekseninden okunacaktır

Şekil 112, Radyal delikli mil

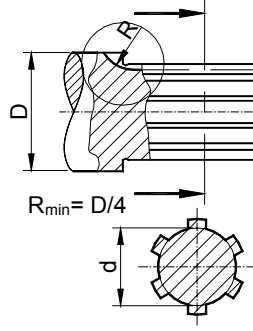
 $\check{c}/e/t$  – genel zorlanmalarda çentik şekil sayısı diyagramı

Tablo 48, Boyuna kama açılmış milde çentik sayısı  $\beta_{Çt}$  Y-Ekseninden okunacaktır

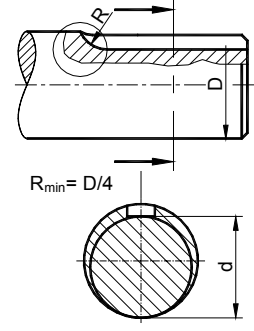
Tehlikeli kısımlar yuvarlak içine alınmıştır



Şekil 113, A



Şekil 114, B



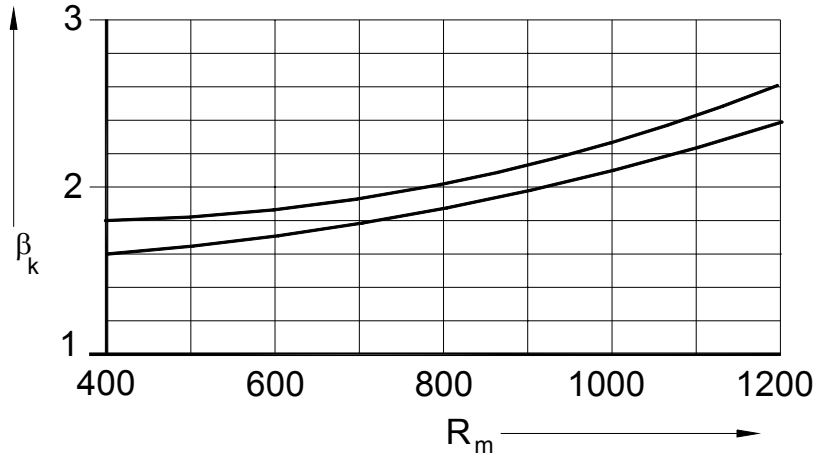
Şekil 115, C

Şekil 116, Boyuna kama açılmış mil

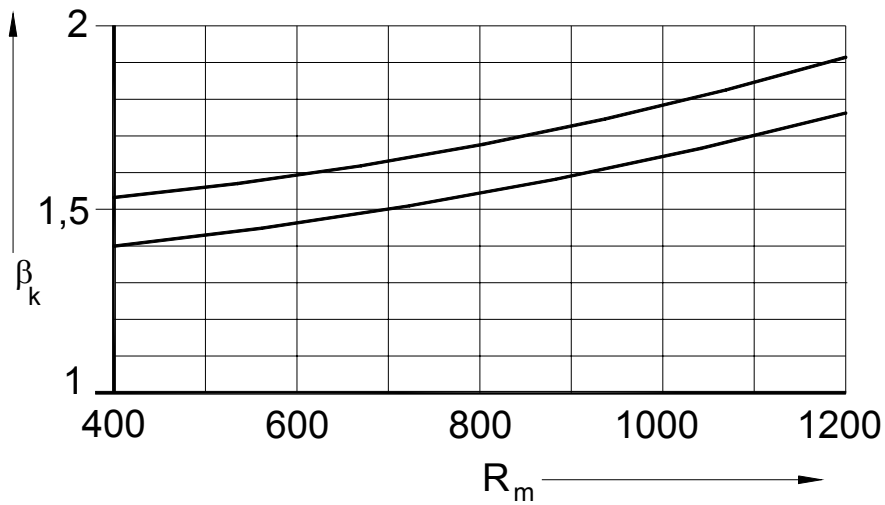
A DIN 6885 T1 e göre kama oyuğu N1 ve N3

B DIN 5471 ve 5472 ye göre kamalı mil

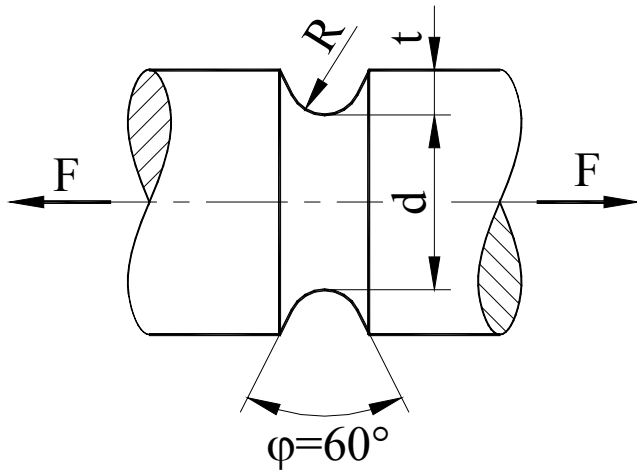
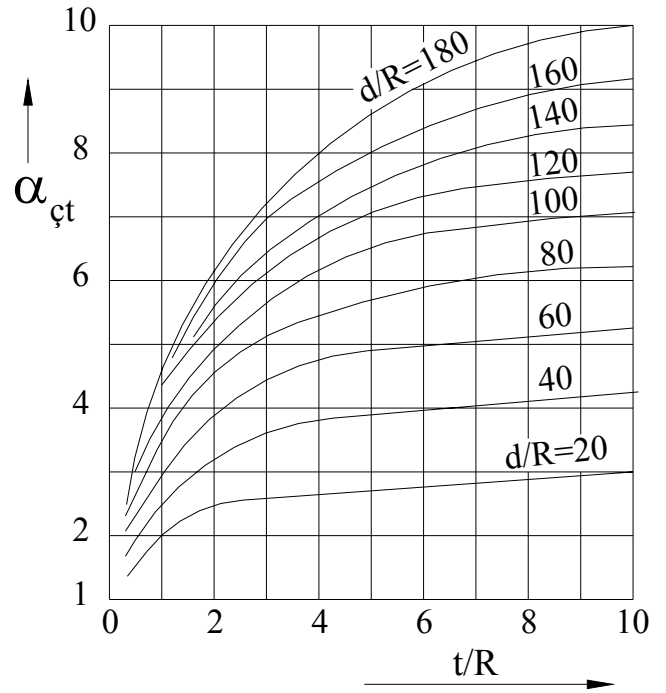
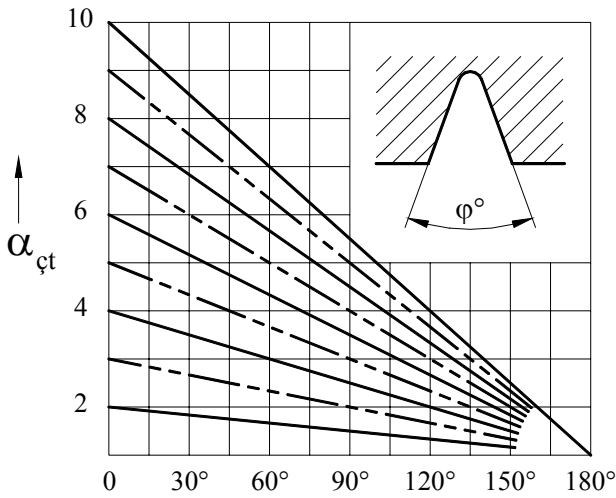
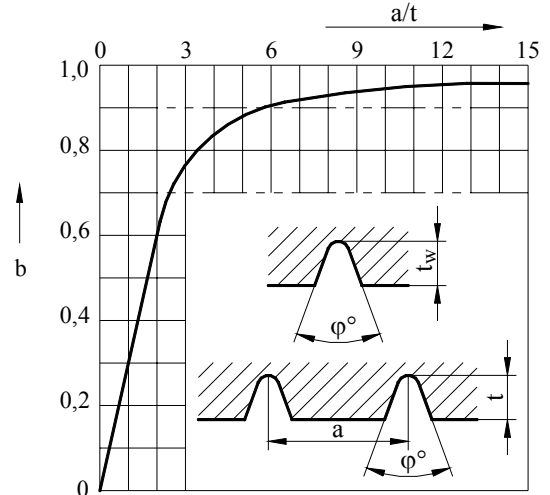
C DIN 6885 T1 e göre kama oyuğu N2



e - eğilme zorlanmasında çentik şekil sayısı



t - torsiyon zorlanmasında çentik şekil sayısı

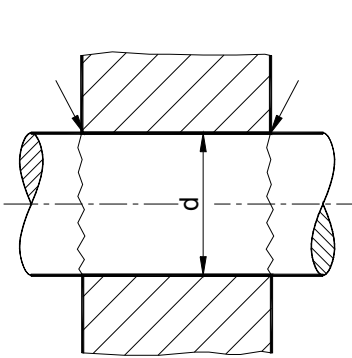
Tablo 49, Keskin dipli çentikli milde çentik şekil sayısı  $\alpha_{\text{çt}}$  Y-Ekseninden okunacaktırŞekil 117, Çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı  $\phi = 60^\circ$  için $\phi - \text{çekme zorlanmasında çentik şekil sayısı } \phi = 60^\circ \text{ için}$  $\phi \neq 60^\circ$  için düzeltme diyagramıçok çentiği bir çentiğe indirme diyagramı  $t_w = b \cdot t$ 

Okuma örneği:

Tek çentik için  $d = 48 \text{ mm}$  ;  $t = 1,0 \text{ mm}$  ;  $R = 0,5 \text{ mm}$   $\phi = 60^\circ$  $d/R = 48/0,5 = 96$   $t/R = 1,0/0,5 = 2,0$   $\alpha_{\text{çt}} \approx 4,9$ Çok çentik için  $d = 48 \text{ mm}$  ;  $t = 1,0 \text{ mm}$  ;  $R = 0,5 \text{ mm}$  ;  $a = 3 \text{ mm}$   $\phi = 90^\circ$  $a/t = 3/1 = 3$   $b = 7,8$   $t_w = b \cdot t = 7,8 \cdot 1 = 7,8$  $d/R = 48/0,5 = 96$   $t/R = 7,8/0,5 = 15,6$  eğri uzatılırsa  $\alpha_{\text{çt}60} \approx 7,5$  $\alpha_{\text{çt}90} \approx 4,2$

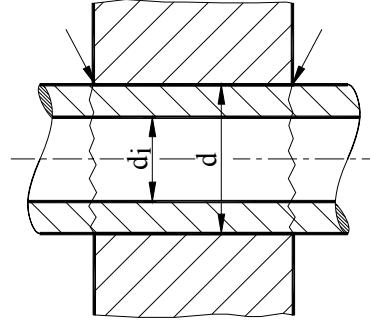


Tablo 50, Mile sıkı geçmeli göbek, çentik şekil sayısı

Tehlikeli kesitler bir ok ile gösterilmiştir. Veriler Mather ve Baines göre.  $\alpha_{Çte}$  = eğilme,  $\alpha_{Çtt}$  = torsiyon

Şekil 118, H8 / u8

R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$	$\alpha_{Çtt}$
400	1,8	1,2
500	1,9	1,3
600	2,0	1,4
700	2,1	1,5
800	2,2	1,6
900	2,3	1,7
1000	2,5	1,8
1100	2,7	1,8
1200	2,9	1,9

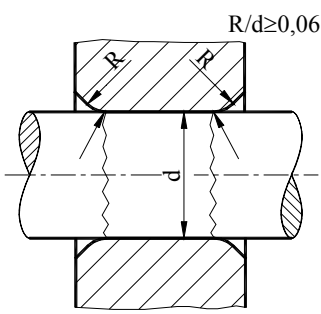


Şekil 119, H8 / u8

R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$	$\alpha_{Çtt}$
400	2,5	1,8
500	2,6	1,9
600	2,7	2,0
700	2,8	2,1
800	2,9	2,2
900	3,1	2,4
1000	3,4	2,7
1100	3,7	3,0
1200	4,0	3,4

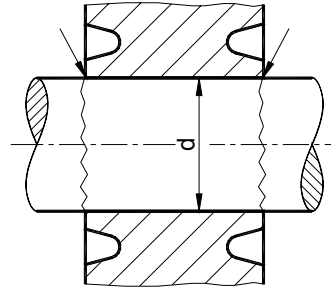
a - Dolu mile sıkı geçme  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 2,0 - 4$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 1,8 - 2,9$

b - Kaval mile sıkı geçme  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 4$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 2,5 - 4,0$



Şekil 120, H8 / u8

R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$	$\alpha_{Çtt}$
400	1,8	1,2
500	1,9	1,3
600	2,0	1,4
700	2,1	1,5
800	2,2	1,6
900	2,3	1,7
1000	2,5	1,8
1100	2,7	1,8
1200	2,9	1,9

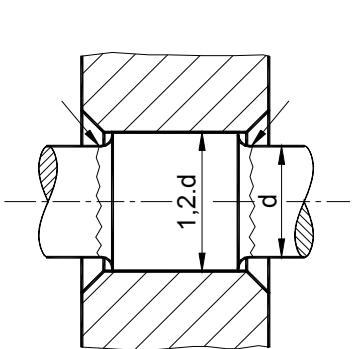


Şekil 121, H8 / u8

R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$	$\alpha_{Çtt}$
400	1,5	1,0
500	1,6	1,0
600	1,7	1,1
700	1,8	1,2
800	1,9	1,3
900	2,0	1,3
1000	2,1	1,4
1100	2,1	1,4
1200	2,2	1,5

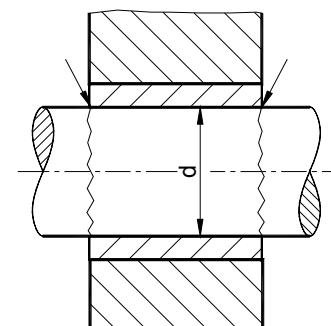
c - Göbek köşeleri yuvarlatılmış sıkı geçme  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 3$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 1,6 - 2,3$

d - Göbekte çepre çevre oyuklu sıkı geçme  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 2,3$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 1,5 - 2,2$



Şekil 122, H8 / u8

R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$	$\alpha_{Çtt}$
400	1,0	1,0
500	1,0	1,0
600	1,1	1,0
700	1,1	1,0
800	1,2	1,1
900	1,3	1,1
1000	1,3	1,2
1100	1,4	1,2
1200	1,4	1,2



Şekil 123, ≈ H7/g6

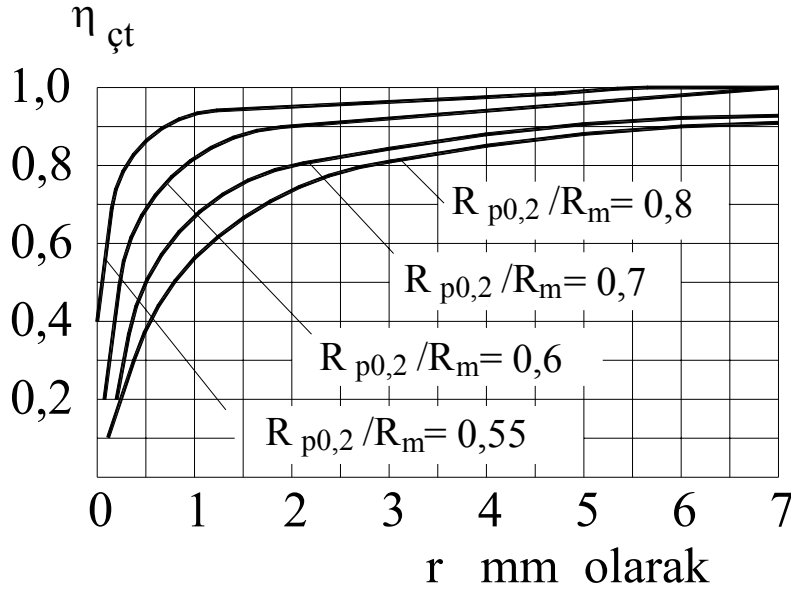
R <sub>m</sub>	$\alpha_{Çte}$
400	1,5
500	1,5
600	1,6
700	1,6
800	1,7
900	1,7
1000	1,8
1100	1,9
1200	2,0

e - Ökçeli mile sıkı geçme  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 1,4$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 1,1 - 1,4$

f - Kaygan yatak  
teorik  $\alpha_{Çt} \approx 2$  ; pratikte  $\alpha_{Çt} \approx 1,5 - 2,0$

## 2.5.3.1 Duyarlılık sayısı

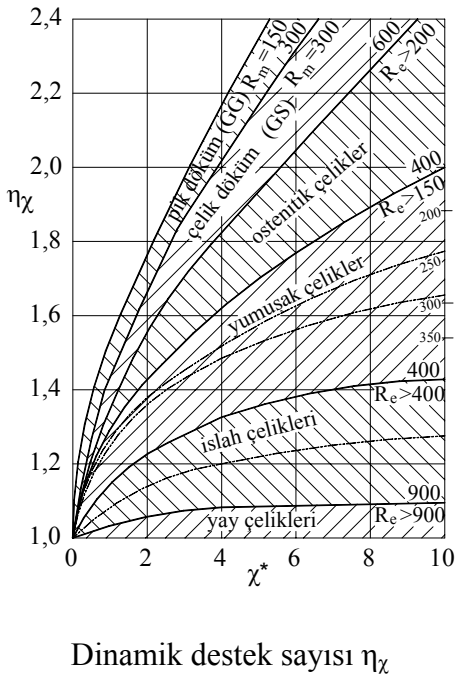
Tablo 51, Thum'a göre çentik duyarlılık sayısı diyagramı



$$\eta_{\text{çt}} = \frac{1}{1 + \frac{8}{r} \cdot \left(1 - \frac{R_{p0,2}}{R_m}\right)^3}$$

Burada X-ekseni malzemedeki oluğun yarıçap değerini gösterir.

Y-ekseninde malzemenin çentik duyarlılık sayısı  $\eta_{\text{çt}}$  nin değerini gösterir.

Tablo 52, Destek sayısı  $\eta_\chi$  diyagramı ve eğim sayısı  $\chi$  TablosuDinamik destek sayısı  $\eta_\chi$ 

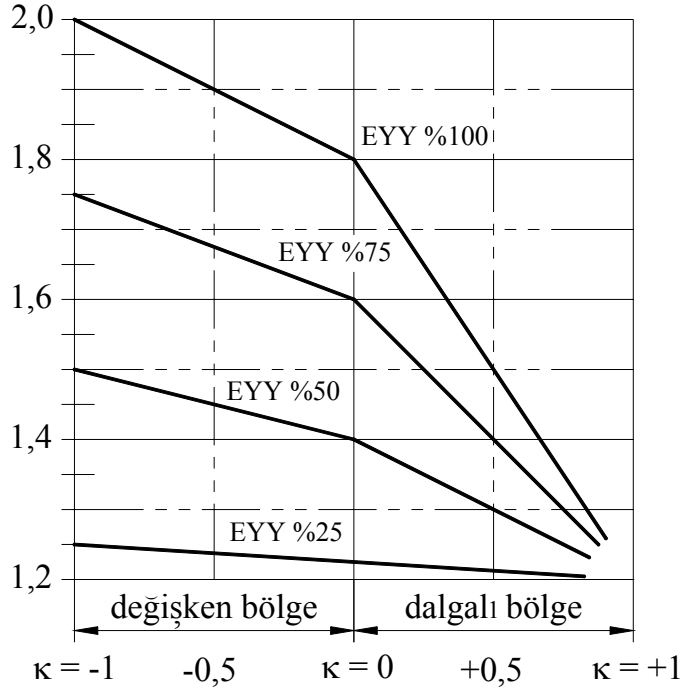
çentik şekli	zorlama	$\chi_0^*$	$\chi^*$
	çekme basma	0	$\frac{2}{\rho}$
	eğilme	$\frac{2}{b}$	$\frac{2}{b} + \frac{2}{\rho}$
	çekme basma	0	$\frac{2}{\rho}$
	eğilme	$\frac{2}{d}$	$\frac{2}{b} + \frac{2}{\rho}$
	torsiyon	$\frac{2}{d}$	$\frac{2}{b} + \frac{1}{\rho}$
	çekme basma	0	$\frac{2}{\rho}$
	eğilme	$\frac{4}{D+d}$	$\frac{4}{D+d} + \frac{2}{\rho}$
	torsiyon	$\frac{4}{D+d}$	$\frac{4}{D+d} + \frac{1}{\rho}$
	torsiyon	$\frac{2}{D}$	$\frac{2}{D} + \frac{1}{\rho}$
	eğilme	$\frac{2}{D}$	$\frac{2}{D} + \frac{4}{\rho}$
	torsiyon	$\frac{2}{D}$	$\frac{2}{D} + \frac{3}{\rho}$

eğim sayısı  $\chi$ 

Siebel'e göre destek sayısı  $\eta_\chi$  eğim sayısı  $\chi$  yardımıyla yukarıdaki diyagramdan okunur.

## 2.6 Emniyet katsayısı $S_{DGER}$

Tablo 53, Günlük çalışmalarda önerilen emniyet katsayısı  $S_{DGER}$  için diyagram



En yüksek yük yüklenme yüzdesi "EYY" için değerler:

Motorlar, pompalar, türbinler, Limanvinçleri, Tam yükte çalışan bantlar, v.s.	%100
Çeşitli büyüklükte yükte çalışan bantlar (konvoyörler), İnşaat makinaları, seri imalatta kullanılan takım tezgahları	% 75
Tek tek imalatta kullanılan takım tezgahları, seri imalat atölyelerinde kullanılan vinçler, seçme ve ayırma işlerinde kullanılan konvoyörler, v.s.	% 50
Kaldırma araçları, vinçler, ceraskallar, v.s.	% 25

$$\kappa = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{\sigma_U}{\sigma_A} = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Tablo 54, Dinamik yüklenmede kopmaya karşı gerekli devamlı emniyet katsayısı

HL %	Esnek malzemeler için $\kappa$ 'ya bağlı $S_{DGER}$						Gevrek malzemeler için $\kappa$ 'ya bağlı $S_{DGER}$					
	-1	-0,5	0	+0,5	0,75	+1	-1	-0,5	0	+0,5	0,75	+1
100	2,00	1,90	1,80	1,50	1,35	1,20	4,00	3,80	3,60	3,00	2,70	2,40
75	1,75	1,67	1,60	1,40	1,30		3,50	3,35	3,20	2,80	2,60	
50	1,50	1,45	1,40	1,30	1,25		3,00	2,90	2,80	2,60	2,50	
25	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20		2,50	2,48	2,45	2,43	2,40	

Tablo 55, Isı etkisinde gerekli emniyet katsayıları

Isı durumu	Emniyet katsayısı		
	Kopmaya karşı $S_{KO}$	Deformasyona karşı $S_{AK}$	Stabiliteye karşı $S_{BR}$
$T_{i\dot{s}} > T_{\dot{C}}$	1,2 - 4,0	1,2 - 2,0	3,0 - 5,0

$T_{\dot{C}}$  Çevre ısısı ,  $T_{i\dot{s}}$  İşletme ısısı

$$S_{AK} = 2 - \sqrt{\frac{A_5}{50}} > 1,2 \quad \text{veya} \quad S_{AK} = 2 \cdot \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_{KO}} > 1,2$$

Tablo 56, Emniyet faktörünün bulunmasında göz önüne alınacak etkenler

Fazla emniyeti gerektiren durumları	Az emniyetin yeterli olduğu durumlar
Yapılan hesaplara göre	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* yaklaşık hesaplama</li> <li>* Hesap yöntemi az garantili. Örneğin aşınma, yenmeler göz önüne alınmamış.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Hesabın bütün etki eden büyüklükler gayet doğru alınarak yapılması.</li> <li>* Hesap metodu tam garantili.</li> </ul>
Malzeme ve imalat şekline göre	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Malzemenin kalite ve özelliklerini belirten bilgiler üzerine, ya hiçbir belge yok, veya yalnız standartlardan alınan değerlerle yetinilmiş. Örneğin: malzemenin kimyasal bileşimi, Isıl işlemi, toleransları, kontrolü v.b</li> <li>* Malzemeyi imal edenle parçayı imal edenler ya belli değil veya deneyimi olmayan firma veya kişiler.</li> <li>* Tek bir parça imalatı</li> <li>* Kontrol imkanları sınırlı.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Malzemenin kalite ve özelliklerini belirten bilgiler üzerine gayet geniş ve ayrıntılı belgeler mevcut ve emin vede inanılır şekilde parça kontrol edilmiş veya edilecek. Örneğin: malzemenin kimyasal bileşimi, Isıl işlemi, toleransları v.b</li> <li>* Malzeme ve parça devamlı imal edilen ve bilinen bir parça. Deneyimler çok. Malzeme ve ısıl işlem vede parçanın büyüklüğü devamlı imalat yapılan parçalar çerçevesinde.</li> <li>* Seri imalat, devamlı kalite kontrolü ve küçük parça.</li> <li>* Gayet geniş şekilde kontrol mekanizması yürürlükte. Örneğin: İlk önce prototip yapılacak, Tam yük ve resmi makamların istediği yük deneyleri yapılacak. Parçanın her tarafını kontrol etmek ve ölçmek olanaklı.</li> </ul>
Montaj ve işletme koşullarına göre	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* İşletme ve kullanma koşulları belirsiz, bakım zayıf, hiç yok gibi.</li> <li>* Makinada emniyet süpabı vazifesini gören hiç bir parça yok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* İşletme ve kullanma koşulları tam bilinen, örneğin: Yüklenme periyodu diyagramı yapılmış.</li> <li>* Parçaları aşırı yüke karşı koruyacak emin ve inanılır emniyet sistemi var.</li> </ul>
Zarar sonucuna göre	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Kopmaya karşı ( genelde Genel bozulma).</li> <li>* Hata ve hasar sonu insan canı tehlikede. Örneğin: Hava veya uzay araçları, asansörler.</li> <li>* Yedek parçası olmayacaksa, veya yedek parça temini uzun zaman alacaksa.</li> <li>* Parçanın değeri diğer makinadaki parçalara göre çok yüksekse.</li> <li>* Tamiri zor veya çok zor ise.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Erosyon, korosyon ve aşınmaları ani kopma ve kırılma sonucu bozulma yok, olacaklar tahmin edilebilecek durumda.</li> <li>* Aşınma veya kaynama, örneğin: yağlama yağını seçmekle kontrol altına alınabilinen durum.</li> <li>* Yedekparça hazırsa veya çok çabuk temin etme imkanı varsa.</li> <li>* Parçanın değeri diğer makinadaki parçalara göre pek farklı değilse.</li> <li>* Tamiri gayet basit ise.</li> </ul>

## 2.7 Eşdeğer sertlik büyüklükleri, Brinell, Vickers ve Rockwell

Tablo 57, Çekme mukavemeti ile Brinell, Vickers ve Rockwell sertliği

Bu Tablo, kontrol imkanı olmadığı zaman kullanılmalıdır. Eğer kontrol aleti varsa sertlik aletle ölçülmelidir.

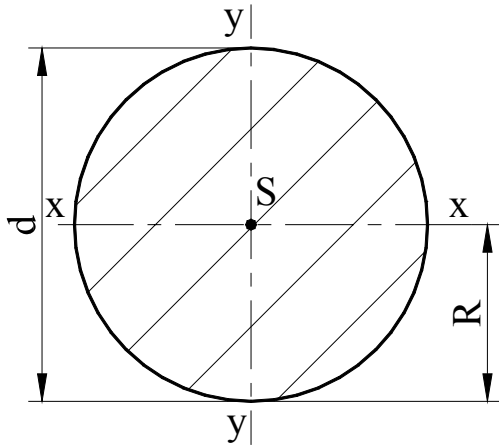
çekme R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	Brinell HB	Vickers HV 30	Rock- well HRB	HRC	çekme R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	Brinell HB	Vickers HV 30	Rock- well HRC
370	109	115			900	266	280	27,1
385	114	120			915	271	285	27,8
400	119	125	66,7		930	276	290	28,5
415	124	130	71,2		950	280	295	29,2
430	128	135			965	285	300	29,8
450	133	140	75,0		995	295	310	31,0
465	138	145			1030	304	320	32,2
480	143	150	78,7		1060	314	330	33,3
495	147	155			1095	323	340	34,4
510	152	160	81,7		1125	333	350	35,5
530	156	165			1155	342	360	36,6
545	162	170	85,0		1190	352	370	37,7
560	166	175			1220	361	380	38,8
575	171	180	87,1		1255	371	390	39,8
595	176	185			1290	380	400	40,8
610	181	190	89,5		1320	390	410	41,8
625	185	195			1350	399	420	42,7
640	190	200	91,5		1385	409	430	43,6
660	195	205	92,5		1420	418	440	44,5
675	199	210	93,5		1455	428	450	45,3
690	204	215	94,0		1485	437	460	46,1
705	209	220	95,0		1520	447	470	46,9
720	214	225	96,0		1555	456	480	47,7
740	219	230	96,7		1630	475	500	49,1
755	223	235			1700	494	520	50,5
770	228	240	98,1	20,3	1775	513	540	51,7
785	233	245		21,3	1845	532	560	53,0
800	238	250	99,5	22,2	1920	551	580	54,1
820	242	255		23,1	1995	570	600	55,2
835	247	260	101,0	24,0	2070	589	620	56,3
850	252	265		24,8			640	57,3
865	257	270	102,0	25,6	2145	608	660	58,3
880	261	275		26,4			680	59,2

HB	Küre	φ 10 mm	çapında	29 420 N	basma kuvvetiyle
HV 30	elmas piramit	136°	tepe açılı	294 N	basma kuvvetiyle
HRB	Küre	φ 1/16 in	çapında	980 N	basma kuvvetiyle
HRC	elmas piramit	120°	tepe açılı	1 471 N	basma kuvvetiyle

Burada HB = 0,95.HV olarak kabul edilmiştir.

Örnek: 350 HB , 640 HV 30 , 45 HRC gibi sertlik b

Tablo 58, Yuvarlak profil değerleri



Sıcak haddelenmiş Yuvarlak profil ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin çapı mm olarak  $d = 50$

Profilin boyu mm olarak  $L = 150$

Malzeme St 50-2

$\phi$  – Profilinin tanımı:

$\phi$  – Profil – St 50-2 –  $\phi 50 - 150$

$$I_x = I_y = \pi \cdot d^4 / 64 = \pi \cdot R^4 / 4$$

$$I_x = I_y \approx 0,05 \cdot d^4 \approx 0,7854 \cdot R^4$$

$$W_x = W_y = \pi \cdot d^3 / 32 = \pi \cdot R^3 / 4$$

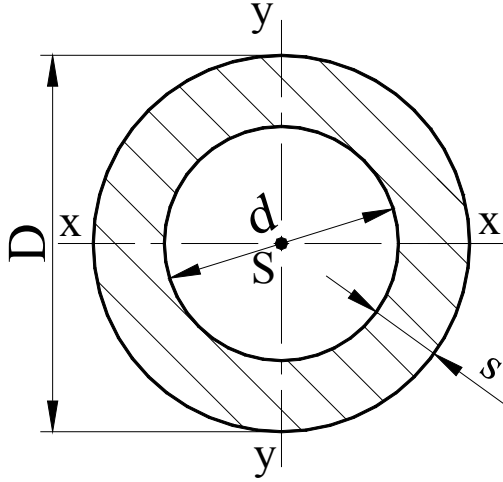
$$W_x = W_y \approx 0,1 \cdot d^3 \approx 0,7854 \cdot R^3$$

Çap mm	Kesit- alanı A mm <sup>2</sup>	Ağırlığı m <sub>1</sub> kg/m	I <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
1	0.79	0.001	0.049.10 <sup>-3</sup>	0.098.10 <sup>-3</sup>
2	3.14	0.002	0.785.10 <sup>-3</sup>	0.785.10 <sup>-3</sup>
3	7.07	0.006	3.976.10 <sup>-3</sup>	2.651.10 <sup>-3</sup>
4	12.57	0.010	12.57.10 <sup>-3</sup>	6.283.10 <sup>-3</sup>
5	19.63	0.15	0.031	0.012
6	28.27	0.22	0.064	0.021
8	50.27	0.39	0.201	0.050
10	78.54	0.62	0.491	0.098
12	113.1	0.89	1.018	0.170
15	176.7	1.39	2.485	0.331
16	201.1	1.58	3.217	0.402
18	254.5	2.00	5.153	0.573
20	314.2	2.47	7.854	0.785
22	380.1	2.98	11.5	1.045
25	490.9	3.85	19.2	1.534
28	615.8	4.83	30.2	2.155
30	706.9	5.55	39.8	2.651
35	962.1	7.55	73.7	4.209
40	1256.6	9.86	125.7	6.283
45	1590.4	12.48	201.3	8.946
50	1963.5	15.41	306.8	12.3
55	2375.8	18.65	449.2	16.334
60	2827.4	22.20	636.2	21.2
65	3318.3	26.05	876.2	26.961
70	3848.5	30.21	1178.6	33.7
75	4417.9	34.68	1553.2	41.4
80	5026.5	39.46	2010.6	50.3

Çap mm	Kesit- alanı A mm <sup>2</sup>	Ağırlığı m <sub>1</sub> kg/m	I <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
85	5674.5	44.54	2562.4	60.3
90	6361.7	49.94	3220.6	71.6
95	7088.2	55.64	3998.2	84.2
100	7854.0	61.65	4908.7	98.2
110	9503.3	74.60	7186.9	130.7
120	11309.7	88.78	10178.8	169.6
130	13273.2	104.19	14019.8	215.7
135	14313.9	112.36	16304.4	241.5
140	15393.8	120.84	18857.4	269.4
145	16513.0	129.63	21699.1	299.3
150	17671.5	138.72	24850.5	331.3
155	18869.2	148.12	28333.3	365.6
160	20106.2	157.83	32169.9	402.1
170	22698.0	178.18	40998.3	482.3
180	25446.9	199.76	51530.0	572.6
190	28352.9	222.57	63971.2	673.4
200	31415.9	246.62	78539.8	785.4
210	34636.1	271.89	95465.6	909.2
220	38013.3	298.40	114990.1	1045.4
230	41547.6	326.15	137366.6	1194.5
240	45238.9	355.13	162860.2	1357.2
250	49087.4	385.34	191747.6	1534.0
260	53092.9	416.78	224317.6	1725.5
270	57255.5	449.46	260870.5	1932.4
280	61575.2	483.37	301718.6	2155.1
290	66052.0	518.51	347185.7	2394.4
300	70685.8	554.88	397607.8	2650.7

## 2.8 Profiller

Tablo 59, Boru değerleri



### Boru

Sıcak haddelenmiş boru ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Borunun dış çapı mm olarak  $d = 100$

Borunun cidar kalınlığı mm olarak  $s = 10$

Malzeme St 50-2

$\phi$  – Borunun tanımı:

$\phi$  – Boru – St 50-2 –  $\phi 100 \times 10 - 150$

$$I_x = I_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64 = \pi \cdot (R^4 - r^4) / 4$$

$$W_x = W_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / (32 \cdot D)$$

Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm <sup>2</sup>	Ağırlık m kg/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup> 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
80	10	22.0	17.3	137.4	34.36
	12	25.6	20.1	152.8	38.20
	14	29.0	22.8	165.2	41.29
90	10	25.1	19.7	204.2	45.38
	12	29.4	23.1	228.9	50.87
	14	33.4	26.2	249.5	55.45
	16	37.2	29.2	266.5	59.23
100	10	28.3	22.2	289.8	57.96
	12	33.2	26.0	327.1	65.42
	14	37.8	29.7	359.0	71.79
	16	42.2	33.1	385.9	77.18
110	10	31.4	24.7	396.6	72.11
	12	36.9	29.0	450.2	81.85
	14	42.2	33.1	496.8	90.32
	16	47.2	37.1	537.0	97.63
	18	52.0	40.8	571.5	103.91
120	10	34.6	27.1	527.0	87.83
	12	40.7	32.0	601.0	100.16
	14	46.6	36.6	666.2	111.04
	16	52.3	41.0	723.5	120.58
	18	57.7	45.3	773.5	128.91
130	10	37.7	29.6	683.3	105.12
	12	44.5	34.9	782.3	120.35
	14	51.0	40.1	870.6	133.95
	16	57.3	45.0	949.2	146.03
	18	63.3	49.7	1018.7	156.73
140	12	48.3	37.9	996.9	142.42
	14	55.4	43.5	1113.3	159.05

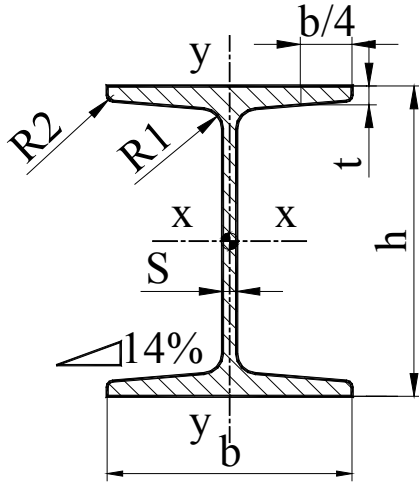
Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm <sup>2</sup>	Ağırlık m kg/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup> 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
	16	62.3	48.9	1217.9	173.99
	18	69.0	54.2	1311.5	187.36
	20	75.4	59.2	1394.9	199.27
150	12	52.0	40.8	1247.8	166.38
	14	59.8	47.0	1397.6	186.35
	16	67.4	52.9	1533.4	204.45
	18	74.6	58.6	1656.0	220.80
	20	81.7	64.1	1766.4	235.51
	22	88.5	69.4	1865.3	248.71
	24	95.0	74.6	1953.7	260.49
160	14	64.2	50.4	1726.7	215.84
	16	72.4	56.8	1899.3	237.41
	18	80.3	63.0	2056.5	257.06
	20	88.0	69.1	2199.1	274.89
	22	95.4	74.9	2328.2	291.02
	24	102.5	80.5	2444.6	305.57
170	14	68.6	53.9	2104.0	247.53
	16	77.4	60.8	2319.6	272.89
	18	86.0	67.5	2517.2	296.14
	20	94.2	74.0	2697.8	317.39
	22	102.3	80.3	2862.6	336.78
	24	110.1	86.4	3012.4	354.40
180	14	7301	57.3	2533	281.4
	16	8244	64.7	2798	310.9
	18	9161	71.9	3042	338.0
	20	10053	78.9	3267	363.0
	22	10920	85.7	3474	386.0
	24	11762	92.3	3663	407.0

Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm <sup>2</sup>	Ağırlık m kg/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup> 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
190	14	7741	60.8	3016	317.5
	16	8746	68.7	3338	351.4
	18	9726	76.4	3636	382.8
	20	10681	83.8	3912	411.8
	22	11611	91.1	4167	438.6
	24	12516	98.3	4401	463.3
200	16	9249	72.6	3944	394.4
	18	10292	80.8	4303	430.3
	20	11310	88.8	4637	463.7
	22	12302	96.6	4947	494.7
	24	13270	104.2	5234	523.4
	26	14213	111.6	5499	549.9
	28	15130	118.8	5743	574.3
	30	16022	125.8	5968	596.8
210	16	9752	76.5	4619	439.9
	18	10857	85.2	5047	480.7
	20	11938	93.7	5447	518.7
	22	12994	102.0	5819	554.2
	24	14024	110.1	6166	587.2
	26	15029	118.0	6487	617.9
	28	16010	125.7	6786	646.3
	30	16965	133.2	7062	672.5
220	16	10254	80.5	5367	487.9
	18	11423	89.7	5872	533.9
	20	12566	98.6	6346	576.9
	22	13685	107.4	6789	617.2
	24	14778	116.0	7203	654.8
	26	15846	124.4	7589	689.9
	28	16889	132.6	7948	722.6
	30	17907	140.6	8282	752.9
	230	16	10757	84.4	6192
18		11988	94.1	6784	589.9
20		13195	103.6	7340	638.2
22		14376	112.9	7861	683.6
24		15532	121.9	8351	726.2
26		16663	130.8	8809	766.0
230	28	17769	139.5	9237	803.2
	30	18850	148.0	9637	838.0
240	18	12554	98.5	7785	648.7

Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm <sup>2</sup>	Ağırlık m kg/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup> 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
	20	13823	108.5	8432	702.7
	22	15067	118.3	9042	753.5
	24	16286	127.8	9615	801.3
	26	17480	137.2	10154	846.2
	28	18648	146.4	10659	888.3
	30	19792	155.4	11133	927.8
250	18	13119	103.0	8880	710.4
	20	14451	113.4	9628	770.3
	22	15758	123.7	10335	826.8
	24	17040	133.8	11002	880.2
	26	18297	143.6	11630	930.4
	28	19528	153.3	12222	977.7
	30	20735	162.8	12778	1022.2
	34	23072	181.1	13789	1103.1
260	20	15080	118.4	10933	841.0
	26	19113	150.0	13244	1018.7
	30	21677	170.2	14578	1121.4
270	20	15708	123.3	12350	914.8
	26	19930	156.5	15001	1111.1
	30	22619	177.6	16540	1225.2
280	20	16336	128.2	13886	991.8
	26	20747	162.9	16907	1207.6
	30	23562	185.0	18673	1333.8
290	20	16965	133.2	15544	1072.0
	30	24504	192.4	20982	1447.0
300	20	17593	138.1	17329	1155.3
	40	32673	256.5	28262	1884.1
320	20	18850	148.0	21300	1331.2
	40	35186	276.2	35186	2199.1
340	20	20106	157.8	25836	1519.8
	40	37699	295.9	43165	2539.1
360	20	21363	167.7	30976	1720.9
	40	40212	315.7	52276	2904.2
380	20	22619	177.6	36757	1934.6
	40	42726	335.4	62593	3294.4
400	20	23876	187.4	43216	2160.8
	40	45239	355.1	74192	3709.6



Tablo 60, Standart I-Profilin değerleri



Sıcak haddelenmiş standart normal I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak  $h = 200$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

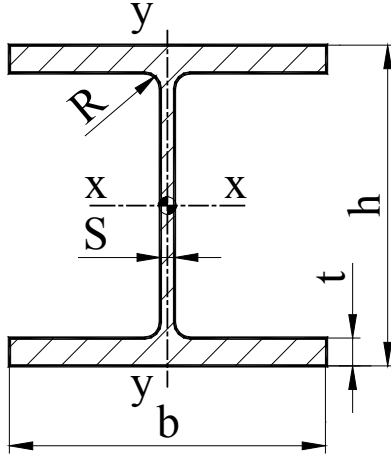
I-Profilinin tanımı:

I-Profilin DIN 1025 - St 37-2 - I200 veya

I-Profilin DIN 1025 - 1.0037 - I200

Kısa tanım	Çeşitli boyutlar						Kesit alanı A mm <sup>2</sup>	Ağırlığı m <sub>l</sub> kg/m	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri					
	h mm	b mm	s mm	t mm	R <sub>1</sub> mm	R <sub>2</sub> mm			x - x			y - y		
									I <sub>x</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> mm	I <sub>y</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm
80	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	757	5,94	0,778	19,5	32	0,063	3	9,1
100	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	1 060	8,34	1,71	34,2	40,1	0,122	4,88	10,7
120	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	1 420	11,1	3,28	54,7	48,1	0,215	7,41	12,3
140	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	1 820	14,3	5,73	81,9	56,1	0,352	10,7	14,0
160	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	2 280	17,9	9,35	117	64	0,547	14,8	15,5
180	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	2 790	21,9	14,5	161	72	0,813	19,8	17,1
200	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	3 340	26,2	21,4	214	80	1,17	26,0	18,7
220	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	3 950	31,1	30,6	278	88	1,62	33,1	20,2
240	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	4 610	36,2	42,5	354	95,9	2,21	41,7	22,0
260	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	5 330	41,9	57,4	442	104	2,88	51,0	23,2
280	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	6 100	47,9	75,9	542	111	3,64	61,2	24,5
300	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	6 900	54,2	98,0	653	119	4,51	72,2	25,6
320	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	7 770	61,0	125,1	782	127	5,55	84,7	26,7
340	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	8 670	68,0	157,0	923	135	6,74	98,4	28,0
360	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	9 700	76,1	196,1	1 090	142	8,18	114	29,0
380	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	10 700	84,0	240,1	1 260	150	9,75	131	30,2
400	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	11 800	92,4	292,1	1 460	157	11,6	149	31,3
425	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	13 200	104,0	369,7	1 740	167	14,4	176	33,0
450	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	14 700	115,0	458,5	2 040	177	17,3	203	34,3
475	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	16 300	128,0	564,8	2 380	186	20,9	235	36,0
500	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	17 900	141,0	687,4	2 750	196	24,8	268	37,2
550	550	200	19,0	30,0	19,0	11,9	21 200	166,0	991,8	3 610	216	34,9	349	40,2
600	600	215	21,6	32,4	21,6	13,0	25 400	199,0	1 390	4 630	234	46,7	434	43,0

Tablo 61, Geniş kuşaklı standart IPB-Profilin değerleri



Sıcak haddelenmiş standart geniş kuşaklı I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak  $h = 200$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

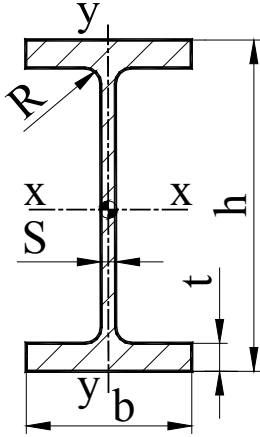
I-Profilinin tanımı:

I-Profilin DIN 1025 - St 37-2 - IPB200 veya

I-Profilin DIN 1025 - 1.0037 - IPB200

Kısa tanımı IPB	Çeşitli boyutlar					Kesit alanı A mm <sup>2</sup>	Ağırlığı m <sub>1</sub> kg/m	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri					
	h mm	b mm	s mm	t mm	R mm			x - x			y - y		
								I <sub>x</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> mm	I <sub>y</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm
100	100	100	6,0	10,0	12	2 600	20,4	4,5	89,9	41,6	1,67	33,5	25,3
120	120	120	6,5	11,0	12	3 400	26,7	8,64	144	50,4	3,18	52,9	30,6
140	140	140	7,0	12,0	12	4 300	33,7	15,1	216	59,3	5,5	78,5	35,8
160	160	160	8,0	13,0	15	5 430	42,6	24,9	311	67,8	8,89	111	40,5
180	180	180	8,5	14,0	15	6 530	51,2	38,3	426	76,6	13,6	151	45,7
200	200	200	9,0	15,0	18	7 810	61,3	57,0	570	85,4	20	200	50,7
220	220	220	9,5	16,0	18	9 100	71,5	80,9	736	94,3	28,4	258	55,9
240	240	240	10,0	17,0	21	10 600	83,2	112,6	938	103	39,2	327	60,8
260	260	260	10,0	17,5	24	11 800	93	149,2	1 150	112	51,3	395	65,8
280	280	280	10,5	18,0	24	13 100	103	192,7	1 380	121	65,9	471	70,9
300	300	300	11,0	19,0	27	14 900	117	251,7	1 680	130	85,6	571	75,8
320	320	320	11,5	20,5	27	16 100	127	308,2	1 930	138	92,4	616	75,7
340	340	300	12,0	21,5	27	17 100	134	366,6	2 160	146	96,9	646	75,3
360	360	300	12,5	22,5	27	18 100	142	431,9	2 400	155	101,4	676	74,9
400	400	300	13,5	24,0	27	19 800	155	576,8	2 880	171	108,2	721	74
450	450	300	14,0	26,0	27	21 800	171	798,9	3 550	191	117,2	781	73,3
500	500	300	14,5	28,0	27	23 900	187	1 072	4 290	212	126,2	842	72,7
550	550	300	15,0	29,0	27	25 400	199	1 367	4 970	232	130,8	872	71,7
600	600	300	15,5	30,0	27	27 000	212	1 710	5 700	252	135,3	902	70,8

Tablo 62, Dar kuşaklı standart IPE-Profilin değerleri



Sıcak haddelenmiş standart dar kuşaklı I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak  $h = 200$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

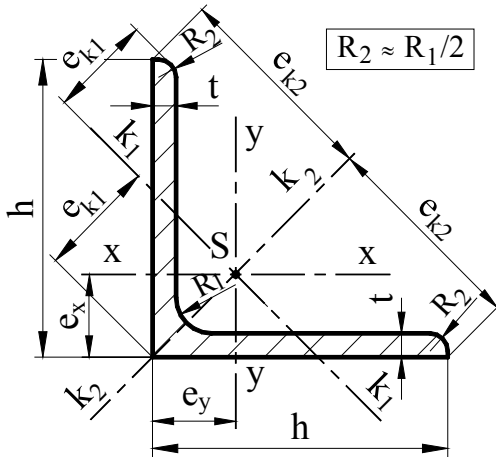
I-Profilinin tanımı:

I-Profilin DIN 1025 - St 37-2 - IPE200 veya

I-Profilin DIN 1025 - 1.0037 - IPE200

Kısa tanımı IPE	Çeşitli boyutlar					Kesit alanı A mm <sup>2</sup>	Ağırlığı m <sub>1</sub> kg/m	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri			
	h mm	b mm	s mm	t mm	R mm			x - x		y - y	
								I <sub>x</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
80	80	46	3,8	5,2	5	764	59	80.1	20	8,5	3,7
100	100	55	4,1	5,7	7	1030	79	171	34,2	16	5,8
120	120	64	4,4	6,3	7	1320	102	318	53	27,7	8,65
140	140	73	4,7	6,9	7	1640	126	541	77,3	45	12,3
160	160	82	5,0	7,4	9	2010	155	869	109	68,3	16,7
180	180	91	5,3	8,0	9	2390	184	1320	146	101	22,2
200	200	100	5,6	8,5	12	2850	220	1940	194	142	28,5
220	220	110	5,9	9,2	12	3340	257	2770	252	205	37,3
240	240	120	6,2	9,8	15	3910	301	3890	324	284	47,3
270	270	135	6,6	10,2	15	4590	353	5790	429	420	62,2
300	300	150	7,1	10,7	15	5380	414	8360	557	604	80,5
330	330	160	7,5	11,5	18	6260	482	11770	713	788	98,5
360	360	170	8,0	12,7	18	7270	560	16270	904	1040	123
400	400	180	8,6	13,5	21	8450	651	23130	1160	1320	146
450	450	190	9,4	14,6	21	9880	761	33740	1500	1680	176
500	500	200	10,2	16,0	21	11600	893	48200	1930	2140	214
550	550	210	11,1	17,2	24	13400	1032	67120	2440	2670	254
600	600	220	12,0	19,0	24	15600	1200	92080	3070	3390	308

Tablo 63, Standart Köşebent değerleri



Sıcak haddelenmiş standart köşebent profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak  $h = 100$

Profilin kalınlığı mm olarak  $t = 10$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

Köşebentin tanımı:

Köşebent- St 37-2 – 100x10

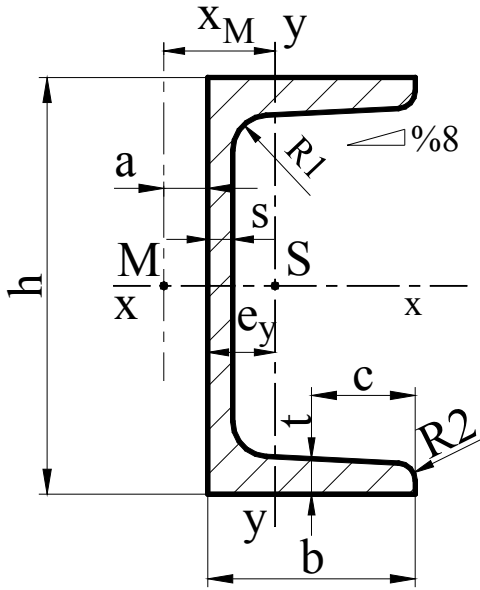
$$e_x = e_y \quad e_{k1} = h / \sqrt{2} \quad e_{k2} = \sqrt{2} \cdot e_x$$

$$e_k = R_2 + 0,5 \cdot \sqrt{2} \cdot [h + t - 2 \cdot (e_x + R_2)]$$

Kısa tanımı	Çeşitli boyutlar			Ağırlığı m kg/m	Kesitalanı A mm <sup>2</sup>	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri						
	h mm	t mm	R <sub>1</sub> mm			x - x / y - y			k <sub>1</sub> - k <sub>1</sub>		k <sub>2</sub> - k <sub>2</sub>	
						e <sub>x</sub> / e <sub>y</sub> mm	I <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>k1</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>k1</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>k2</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>k2</sub> 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
20x20x3	20	3	3,5	0,88	112	5,97	3,908	0,28	6,19	0,93	1,5	0,18
25x25x3	25	3	3,5	1,12	142	7,22	8,016	0,45	12,70	1,51	3,1	0,3
30x30x3	30	3	5	1,36	174	8,35	14,0	0,65	22,25	2,16	5,7	0,48
35x35x4	35	4	5	2,09	267	10,02	29,5	1,18	46,77	3,95	12,4	0,88
40x40x4	40	4	6	2,42	308	11,19	44,7	1,55	70,83	5,17	18,6	1,18
45x45x5	45	5	7	3,38	430	12,78	78,3	2,43	124	8,1	32,5	1,80
50x50x5	50	5	7	3,77	480	14,03	109,5	3,05	174	10,2	45,9	2,32
60x60x6	60	6	8	5,42	691	16,86	227,7	5,28	361	17,6	94,3	3,95
70x70x7	70	7	9	7,38	940	19,69	422,6	8,40	670	28,1	176	6,31
80x80x8	80	8	10	9,63	1227	22,53	721,8	12,56	1144	42	296	9,25
90x90x9	90	9	11	12,18	1552	25,36	1157,3	17,90	1834	60	478	13,3
100x100 x10	100	10	12	15,04	1915	28,19	1765,3	24,58	2798	82	733	28,4
120x120x12	120	12	13	21,62	2754	33,92	3673,8	42,68	5823	143	1520	31,6
130x130x12	130	12	14	23,53	2997	36,36	4718,4	50,39	7478	169	1940	37,7
150x150x15	150	15	16	33,77	4302	42,42	8973,5	83,41	14222	279	3700	61,6
160x160x15	160	15	17	36,16	4606	44,86	10980	95,36	17403	319	4530	71,3
180x180x18	180	18	18	48,60	6191	50,98	18642	144,49	29546	484	7570	105
200x200x20	200	20	18	59,93	7635	56,75	28487	198,87	45149	667	11600	144



Tablo 65, U – profili değerleri

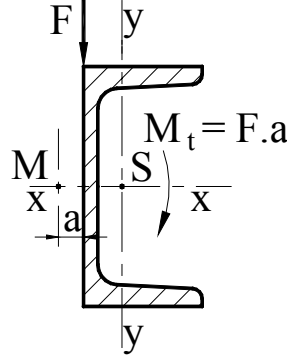


Sıcak haddelenmiş U – profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır: U - profili – St 37-2 – U-100

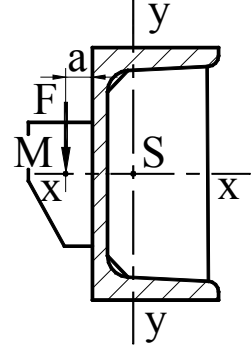
Eğim  $h > 300$  mm için %5 dir.

c ölçüsü :  $h \leq 300$  mm  $c=0,5.b$

$h > 300$  mm  $c=0,5.(b-s)$



Tekniğine uygun değil



Tekniğine uygun

U-Profilin tanımı	Ölçüler						Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri						Ölçüler	
	h mm	b mm	s mm	t=R1 mm	A cm <sup>2</sup>	m kg/m	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$e_y$ cm	$x_M$ cm
30x15	30	15	4	4,5	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	0,52	0,74
30	30	33	5	7	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22
40x20	40	20	5	5,5	3,66	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	0,67	1,01
40	40	35	5	7	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32
50x25	50	25	5	6	4,92	3,86	16,9	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34
50	50	38	5	7	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47
60	60	30	6	6	6,46	5,07	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50
65	65	42	5,5	7,5	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,60
80	80	45	6	8	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67
100	100	50	6	8,5	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93
120	120	55	7	9	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03
140	140	60	7	10	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37
160	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56
180	180	70	8	11	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75
200	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	3,94
220	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20
240	240	85	9,5	13	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	29,6	2,42	2,23	4,39
260	260	90	10	14	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66
280	280	95	10	15	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02
300	300	100	10	16	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41
320	320	100	14	17,5	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	4,82
350	350	100	14	16	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45
380	380	112	13,5	16	80,4	63,1	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58
400	400	110	14	18	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	5,11

### 3 Kaynaklar

#### 3.1 Literatür

- Bargel/Schulze Werkstoffkunde, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf
- Cottin, D. / Puls, E. Angewandte Betriebsfestigkeit, VEB-Verlag, Leipzig 1985
- Dietmann, H. Einführung in die Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Kroner-Verlag, Stuttgart 1992
- Dubbel, H. Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 14. Auflage 1981
- Heibach, E. Betriebsfestigkeit; Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung, VDI-Verlag Düsseldorf 1989
- Matek, W. / Muhs, D. / Wittel, H. ROLOFF / MATEK MASCHINENELEMENTE, LEHR UND TABELLENBUCH, Verlag Fried. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiessbaden, 14. Auflage 2000
- Neuber, H. Über die Berücksichtigung der Spannungskonzentrationen bei Festigkeitsberechnungen  
Konstruktion 20 (1968), Heft 7, S 245/51
- Niemann, G. MASCHINENELEMENTE, Band I  
Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2. Auflage 1981
- Peterson, R.E. STRESS CONCENTRATION FACTORS  
JOHN WILEY & SONS
- Tauscher, H. Dauerfestigkeit von Stahl und Eisen,  
VEB-Verlag, Leipzig 1982
- Thum, A./Petersen, C./Sevenson, O Verformung, Spannung und Kerbwirkung,  
VDI-Verlag, Düsseldorf 1960
- Wellinger, K. / Dietmann, H. Festigkeitsberechnung, Grundlagen und technische Anwendung,  
Alfred Kröner Verlag, Stuttgart 1976

#### 3.2 Standartlar

- VSM 14330 Richtlinien für Gestaltung und Festigkeit  
(VSM = İsviçre Standartları)
- DIN 50100 Werkstoffprüfung; Dauerschwingsversuch; Begriffe, Zeichen, Durchführung,  
Auswertung; Februar 1978
- DIN 50145 Zugversuch; Mai 1975
- DIN-Taschenbuch Materialprüfnormen für metallische Werkstoffe,

Beuth-Verlag Berlin/Köln

VDI 2226

VDI-Richtlinie, EMPFEHLUNG FÜR DIE FESTIGKEITSBERECHNUNG  
METALLISCHER BAUTEILE, VDI-Verlag, Düsseldorf, Juli 1975

VDI 2227

VDI-Richtlinie, FESTIGKEIT BEI WIEDERHOLTER BEANSPRUCHUNG  
VDI-Verlag, Düsseldorf



## 4 Konu İndeksi

<b>A</b>	
akma sınırı $\sigma_{AK}$ .....	36
Altıgen .....	23
Altıköşe .....	23
Atalet momentleri, torsiyon .....	30
<b>B</b>	
Basma gerilmesi .....	7
Bıçım değiştirme Enerjisi Hipotezi .....	12
Boru .....	80
Boru kesiti .....	24, 28
Boru kesiti, yarım .....	24
Bredt .....	29
Burkulma .....	10
<b>Ç</b>	
Çekme gerilmesi .....	7
çentik duyarlılık sayısı .....	75
Çentik faktörü .....	59
Çentik sayısı .....	33
Çentik şekil sayısı $\alpha_{Çt}$ .....	59
Çeyrek daire .....	24
<b>D</b>	
Daire .....	23, 28
Daire dik delikli .....	24
Daire dilimi .....	24, 25
Daire içi boş .....	24
Daire içi boş .....	28
Daire kesiti kirişten .....	25
Daire yarım .....	24
Daire yarım içi boş .....	24
Değişken çekme-basma mukavemeti $\sigma_{CDG}$ .....	38
Değişken eğilme mukavemeti $\sigma_{EGDG}$ .....	38
Değişken torsiyon mukavemeti $\tau_{TDG}$ .....	38
destek sayısı $\eta_x$ .....	75
Devamlı mukavemet değeri .....	32
Dikdörtgen .....	22
Dikdörtgen, ortası boş .....	22
DMD konstruksiyonu .....	34
DMD okuma örneği .....	35
Doğal eskime .....	38
<b>E</b>	
Eğilme gerilmesi .....	8
Eğilme sınırı mukavemeti $\sigma_{EG}$ .....	38
Elastiklik modülü .....	36
Elips .....	25, 29
Elips boru .....	29
Elips, çeyrek .....	26
Elips, kaval, içi boş .....	25
Elips, yarım .....	26
Emninetli mukavemet değeri .....	32
Emniyet katsayısı $S_{DGER}$ .....	76
Euler'e göre burkulma .....	10
<b>F</b>	
flambaj .....	10
<b>G</b>	
Genlik mukavemet değeri .....	35
<b>H</b>	
Hertz .....	11
Hooke .....	32
<b>I</b>	
IPB-Profil .....	83
IPE-Profil .....	84
I-Profil .....	82
Isı iletme özelliği $\lambda$ .....	37
Isıl genleşme katsayısı $\alpha$ .....	37
İşletme katsayısı $c_B$ .....	56
<b>K</b>	
Kamalı mil kesiti .....	28
Kare .....	22, 28
Kare, içi boş .....	23
Kare, içi yuvarlak boş .....	23
Kaval kare .....	23
Kayma Gerilmesi Hipotezi .....	12
Kayma modülü .....	36
Kaynak yapma .....	39
Kesit yöntemi .....	14
Kesme gerilmesi .....	8
kopma mukavemeti $\sigma_{CKO}$ .....	36
Köşebent .....	85
<b>L</b>	
L-Profil .....	86
<b>M</b>	
Malzemenin büyüklük katsayısı $b_2$ .....	58
M-Çelik döküm GS .....	40
M-Çeşitli Çelikler .....	48
M-Demir döküm GGG .....	40
Mil kesiti .....	28
M-İmalat Çeliği .....	41
M-İslah Çeliği .....	43
M-Küçük molüküllü-İmalat Çeliği .....	45
M-Nikelli Çelikler .....	47
M-Otomat Çeliği .....	46
M-Paslanmaz Çelikler .....	46
M-Semantasyon çeliği .....	42
Mukavemet momentleri, torsiyon .....	30
<b>N</b>	
Neuber .....	33
Normal Gerilme Hipotezi .....	12
NPI-Profil .....	82
<b>O</b>	
Omega usulü burkulma .....	10
<b>P</b>	
Parabol .....	26
Parabol, yarım .....	26

Parçadaki gerilmeler.....	7	Tetmajer'e göre burkulma .....	10
Petersen .....	33	Thum.....	33
<b>R</b>		Torsiyon sınırı mukavemeti $\tau_t$ .....	38
Rombus .....	22	<b>U</b>	
<b>S</b>		U – profili.....	87
Şekillenme mukavemet değeri .....	32	Üçgen.....	22
Sekizgen .....	23	<b>Y</b>	
Sekizköşe.....	23, 29	Yamuk.....	23
Siebel.....	33	Yapay eskime.....	38
Sürtünme katsayısı .....	30	Yuvarlak profil.....	79
<b>T</b>		Yüzey pürüzlüğü katsayısı $b_1$ .....	57
Talaşlı imalat.....	39		