

Şekilde gösterilen eleman;

- 1) $F = 188$ kN;
- 2) $F = 36 \dots 96$ kN;
- 3) $F = (-25 \dots +160)$ kN;
- 4) $F = \pm 120$ kN kuvvetlerle çekmeye zorlanmaktadır.

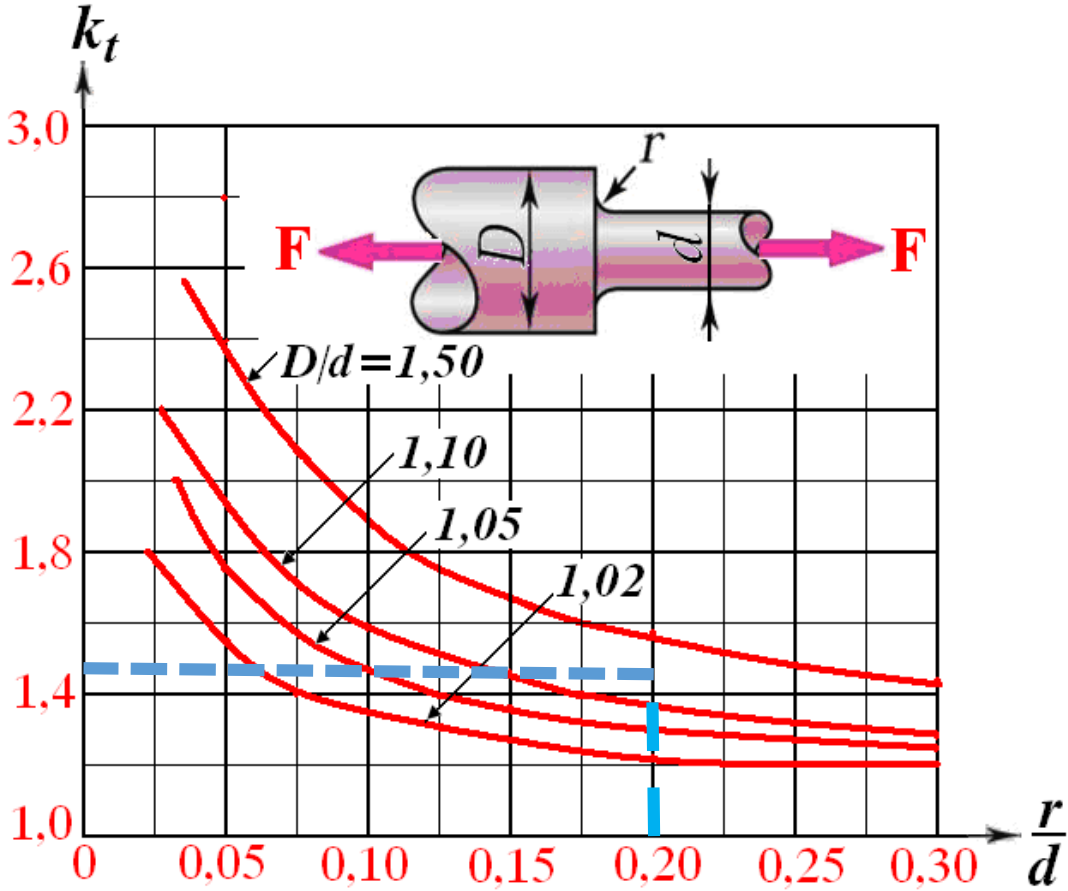
Boyutları $D = 40$ mm, $d = 35$ mm, $r = 7$ mm; malzemesi C 45 ıslah çeliği olan eleman torna tezgâhında üretilmiştir.

- a. Soderberg diyagramında deney çubuğunun ve elemanın mukavemet sınırı doğrularının çiziniz.
- b. Yukarıdaki zorlanmaların Soderberg diyagramındaki yerlerini gösteriniz ve yorumlayınız.
- c. Oluşan gerilmelerin değişme tarzını gösteren grafiği çiziniz.

Çözüm:

$$\frac{D}{d} = \frac{40}{35} = 1,143 \quad \frac{r}{d} = \frac{7}{35} = 0,2$$

Değerleri için Şekil 1.17'den teorik çentik faktörü $k_t = 1,5$



Şekil 1.17. Çekmeye veya basmaya çalışan kademeli milin teorik çentik faktörü k_t

C 45 ıslah çeliği için Cetvel 1.3'ten $\sigma_K = 700 \text{ MPa}$ $\sigma_{AK} = 400 - 10 = 390 \text{ MPa}$

Cetvel 1.3. Islah çeliklerinin değerleri (DIN 17200'e göre)

Gösteriliş	Mukavemet değerleri(Islah işleminden sonra) (MPa)				
	σ_K	σ_{AK}	$\sigma_{\text{ÇD}}$	σ_D	τ_D
C 22 ve Ck 22	500 ... 600	300		230	160
C 35 ve Ck 35	600 ...720	370	200	270	150
C 45 ve Ck 45	650 ... 800	400	220	300	170
C 60 ve Ck 60	750 ... 900	490		330	200
30 Mn 5	800 ... 950	550		390	260
37 Mn Si 5	900 ... 1050	650		450	290
42 Mn V 7	1000 ... 1200	800			
34 Cr 4	900 ...1050	650		360	200
41 Cr 4	900 ...1050	650		500	
25 Cr Mo 4	800 ...950	550	250	350	200
34 Cr Mo 4	900 ...1050	650	270	400	220
42 Cr Mo 4	1000 ...1200	800	400	530	310
30 Cr Mo V 9	1250 ...1450	1050		500	300
34 Cr Ni Mo 6	1100 ...1300	900		550	340
30 Cr Ni Mo 8	125...145	105	38	550	32

Not: σ_K ve σ_{AK} değerleri 16 ... 40 mm arasındaki çaplar için geçerlidir.

C 45 ıslah çeliği için Cetvel 1.8'den çentik hassasiyet faktörü $q = 0,75$

Cetvel 1.8. Çentik hassasiyet faktörü q değerleri

Malzeme	Çentik hassasiyet faktörü q
Karbonlu çelikler (St 37 ... St 70)	0,4.....0,60
Sementasyon çelikleri	0,5.....0,70
Islah çelikleri	0,6.....0,90
Yay çelikleri	0,9.....1,00
Dökme demir	0,2.....0,25
Hafif metaller	0,3.....0,60

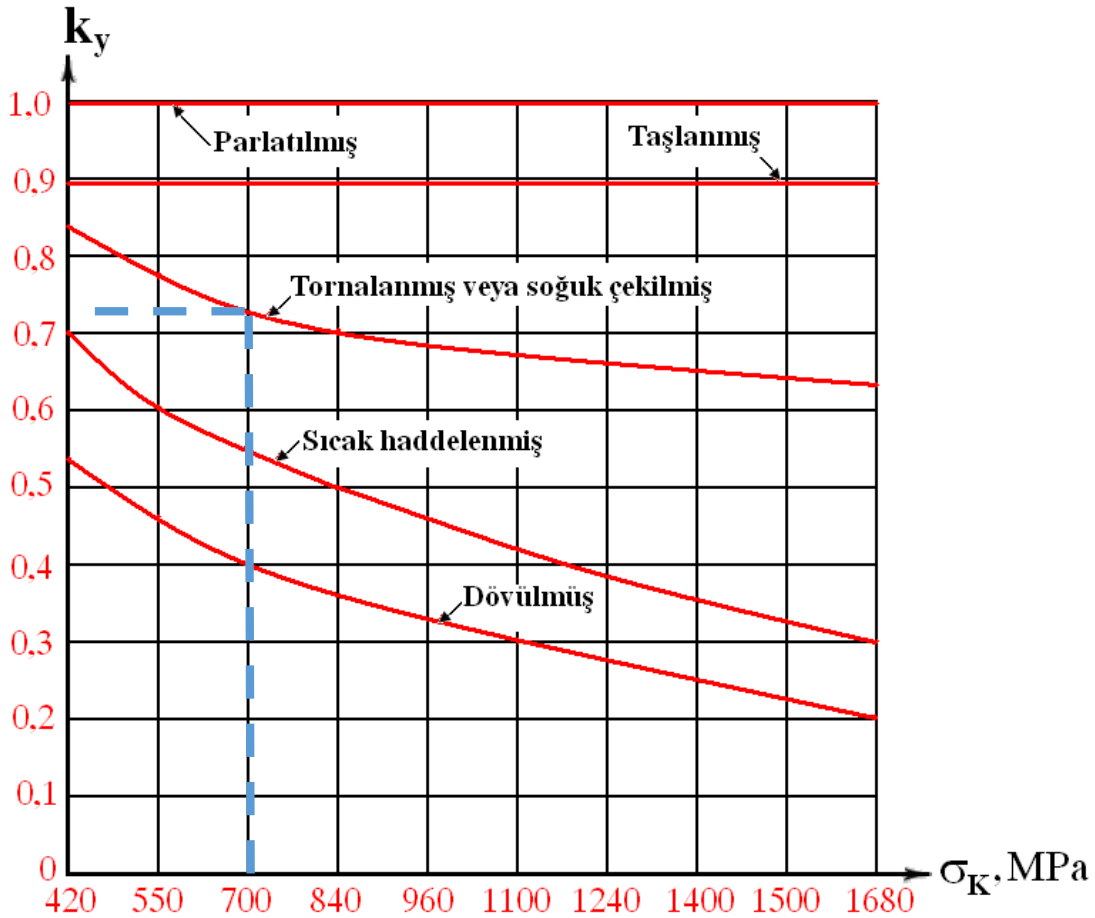
$d = 35$ mm için Cetvel 1.9'dan boyut faktörü (lineer interpolasyon ile*) $k_b = 0,775$

* Tablo veya grafikten bir değer okunurken istediğimiz değer yer almıyor, bu değere en yakın en az iki değerden yola çıkılarak yer almayan değer tahmin edilir. Hesaplama kolaylığı açısından ve çok fazla artış, azalış göstermeyen verilerde lineer interpolasyon tercih edilir. İnterpolasyon için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Örneğin oran orantı ile hesaplanabilir. $d = 30$ mm için $k_b = 0.8$ iken, $d = 50$ mm için $k_b = 0.7$ 'dir. Yani çap 20 mm arttığında boyut faktörü 0.1 azalmıştır. Dolayısıyla çap 5 mm arttığında, yani 35 mm olduğunda $0.1/(20/5) = 0.025$ kadar azalacaktır. Bu durumda, $d = 35$ mm için $k_b = 0.775$ olacaktır. Aynı sonuca hesap makinesi yardımıyla veya $x = 30$, $y = 0.8$ ve $x = 50$, $y = 0.7$ noktalarından geçen doğru çizip, doğrunun $x = 35$ noktasındaki y değerini bularak da ulaşılabilir.

Cetvel 1.9. Boyut faktörü k_b değerleri

Çap veya genişlik d veya b	Boyutlar mm							
	≤ 10	20	30	50	100	200	250	≥ 300
Boyut faktörü k_b	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,57	0,56	0,55

$\sigma_K = 700$ MPa ve tornalanmış işleme yöntemi için Şekil 1.31'den $k_y = 0,72$ olarak alınabilir.



Şekil 1.31. Yüzey pürüzlülük faktörü k_y

Deney çubuğunun sürekli mukavemet sınırı:

$$\sigma_{\zeta D} = 0,4\sigma_K = 0,4 \cdot 700 \text{ Mpa} = 280 \text{ Mpa}$$

Elemanın çentik faktörü:

$$k_{\zeta} = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0,75(1,5 - 1) = 1,375$$

Elemanın sürekli mukavemet sınırı:

$$\sigma_{\zeta D}^* = \frac{k_y \cdot k_b}{k_{\zeta}} \sigma_{\zeta D} = \frac{0,72 \cdot 0,775}{1,375} 280 \text{ Mpa} \cong 113,63 \text{ Mpa}$$

Emniyet katsayısı S = 2 (S = 1,5 ... 2) ile statik ve değişken zorlamalarda emniyet gerilmeleri:

Statik zorlamada:

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} = \frac{390 \text{ Mpa}}{2} = 195 \text{ Mpa}$$

Değişken zorlamada:

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{\zeta D}^*}{S} = \frac{113,63}{2} \cong 56,82 \text{ Mpa}$$

olarak belirlenirler.

Elde edilen bu sonuçlarla soderberg diyagramı şu şekilde çizilir:

1. adım:

σ_g gerilme genliği düşey eksen ve σ_0 ortalama gerilme yatay eksen olacak şekilde eksen takımı çizilir.

2. adım:**A noktası;**

Yatay eksende $\sigma_0 = 0 \text{ Mpa}$

Düşey eksende $\sigma_g = \sigma_{\zeta D} = 280 \text{ Mpa}$ (yapısal sürekli mukavemet sınırı değeri)

B noktası;

Yatay eksende $\sigma_0 = \sigma_{AK} = 390 \text{ Mpa}$ (akma sınırı değeri)

Düşey eksende $\sigma_g = 0$

Bu veriler doğrultusunda, diyagram üzerinde A ve B noktaları işaretlenir.

3. adım:

Bu iki nokta birleştirilir. Bu çizilen hat deney çubuğu sınırı'dır.

4. adım:

C noktası;

Yatay eksende $\sigma_0 = 0 \text{ Mpa}$

Düşey eksende $\sigma_g = \sigma_{CD}^* = 113,63 \text{ Mpa}$ (elemanın sürekli mukavemet sınırı)

Bu nokta, diyagram üzerinde işaretlenir ve yatay eksen üzerindeki B noktası ile birleştirilir. Böylece malzemenin yapısal sınırı elde edilir.

5. adım:

D noktası;

Yatay eksende $\sigma_0 = 0$

Düşey eksende $\sigma_g = \sigma_{em} = \frac{\sigma_{CD}^*}{S} = 56,82 \text{ Mpa}$ (değişken zorlanmadaki emniyet gerilmesi)

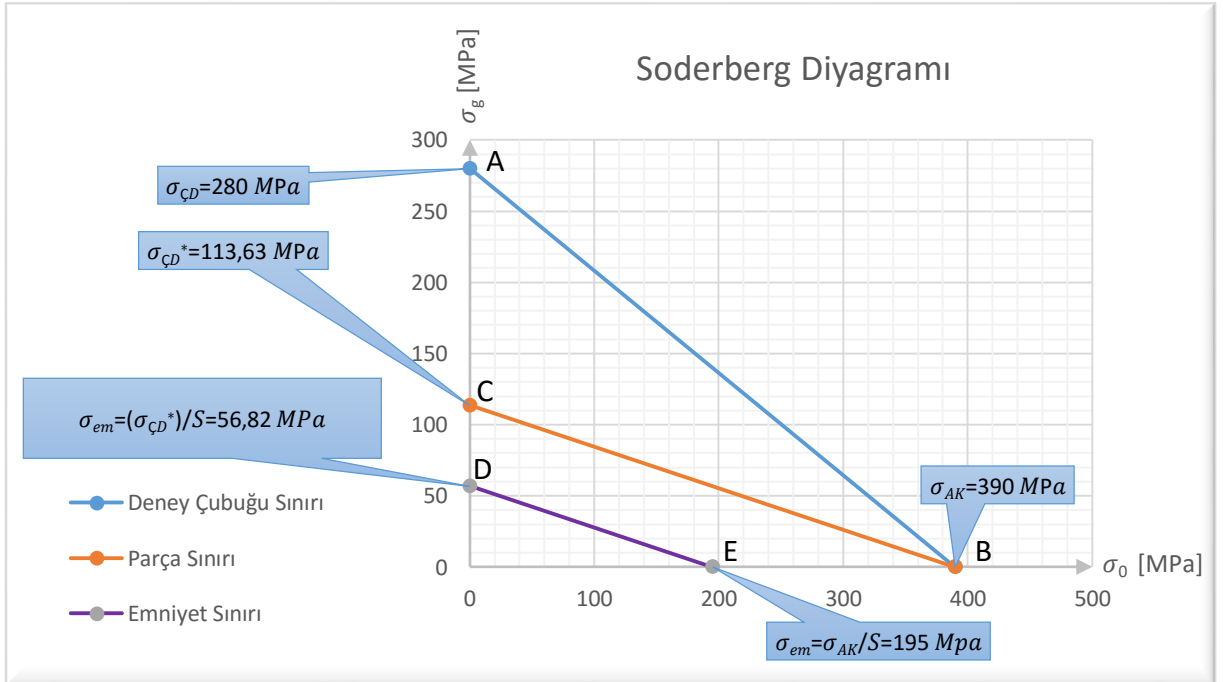
E noktası;

Yatay eksende $\sigma_0 = \sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} = 195 \text{ Mpa}$ (statik zorlanmadaki emniyet gerilmesi)

Düşey eksende $\sigma_g = 0$

Bu veriler doğrultusunda, diyagram üzerinde D ve E noktaları diyagram üzerinde işaretlenir. Daha sonra bu iki nokta birleştirilerek emniyet sınırı bulunur.

Sonuç: Parça çalışırken kendisine etkileyen kuvvetlerin oluşturduğu gerilmeler bu emniyet sınırı hattı ile yatay-düşey eksen arasında kalan alanda olursa eleman emniyetli demektir.



b. Verilen kuvvetlerin oluşturduğu zorlanmanın Soderberg diyagramındaki yerleri ise aşağıdaki şekilde belirlenir:

Burada da ortalama gerilme yatay eksen, gerilme genliği düşey eksen üzerinde gösterilir.

Elemanın kesit alanı: $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 35^2}{4} = 962,11 \text{ mm}^2$

1. Statik zorlanma (F = 188 kN):

Gerilme genliği $\sigma_g = 0$

Ortalama gerilme $\sigma_o = \frac{F}{A} = \frac{188000 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 195,4 \text{ Mpa}$

2. Genel değişken zorlanma (F = 36 ... 96 kN):

Gerilme genliği $F_g = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} = \frac{96 - 36}{2} = 30 \text{ kN}$

$$\sigma_g = \frac{F_g}{A} = \frac{30\,000 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 31,18 \text{ Mpa}$$

Ortalama gerilme $F_o = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} = \frac{96 + 36}{2} = 66 \text{ kN}$

$$\sigma_o = \frac{F_o}{A} = \frac{66\,000 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 68,6 \text{ Mpa}$$

Minimum gerilme $\sigma_{min} = \sigma_o - \sigma_g = 68,6 - 31,18 = 37,42 \text{ Mpa}$

Maksimum gerilme $\sigma_{maks} = \sigma_o + \sigma_g = 68,6 + 31,18 = 99,78 \text{ Mpa}$

3. Genel değişken zorlanma (F = -25 ... +160 kN):

Gerilme genliği $F_g = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} = \frac{160 - (-25)}{2} = 92,5 \text{ kN}$

$$\sigma_g = \frac{F_g}{A} = \frac{92\,500 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 96,14 \text{ Mpa}$$

Ortalama gerilme $F_o = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} = \frac{160 + (-25)}{2} = 67,5 \text{ kN}$

$$\sigma_o = \frac{F_o}{A} = \frac{67\,500 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 70,16 \text{ Mpa}$$

Minimum gerilme $\sigma_{min} = \sigma_o - \sigma_g = 70,16 - 96,14 = -25,98 \text{ Mpa}$

Maksimum gerilme $\sigma_{maks} = \sigma_o + \sigma_g = 70,16 + 96,14 = 166,3 \text{ Mpa}$

4. Tam değişken zorlanma ($F=\pm 120 \text{ kN}$):

Gerilme genliği $F_g = \frac{F_{max}-F_{min}}{2} = \frac{120-(-120)}{2} = 120 \text{ kN}$

$$\sigma_g = \frac{F_g}{A} = \frac{120\,000 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} \cong 124,73 \text{ Mpa}$$

Ortalama gerilme $F_o = \frac{F_{max}+F_{min}}{2} = \frac{120+(-120)}{2} = 0 \text{ kN}$

$$\sigma_o = \frac{F_o}{A} = \frac{0\,000 \text{ N}}{962,11 \text{ mm}^2} = 0 \text{ Mpa}$$

Minimum gerilme $\sigma_{min} = \sigma_o - \sigma_g = 0 - 124,73 = -124,73 \text{ Mpa}$

Maksimum gerilme $\sigma_{maks} = \sigma_o + \sigma_g = 0 + 124,73 = 124,73 \text{ Mpa}$

olarak bulunur.

Hesapla bulunan bu değerlerin, Soderberg diyagramı üzerinde işaretlenmesi şu şekilde yapılır:

1. Statik zorlanma durumunda; yatay ekseninde $\sigma_o = 195,4 \text{ Mpa}$

düşey ekseninde $\sigma_g = 0 \text{ Mpa}$

değerlerinin tanımladığı nokta (şekil üzerinde 1 noktası) işaretlenir.

2. Genel değişken durumunda; yatay ekseninde $\sigma_o \cong 68,6 \text{ Mpa}$

düşey ekseninde $\sigma_g \cong 31,18 \text{ Mpa}$

değerlerinin tanımladığı nokta (şekil üzerinde 2 noktası) işaretlenir.

3. Genel değişken durumunda; yatay ekseninde $\sigma_o \cong 70,16 \text{ Mpa}$

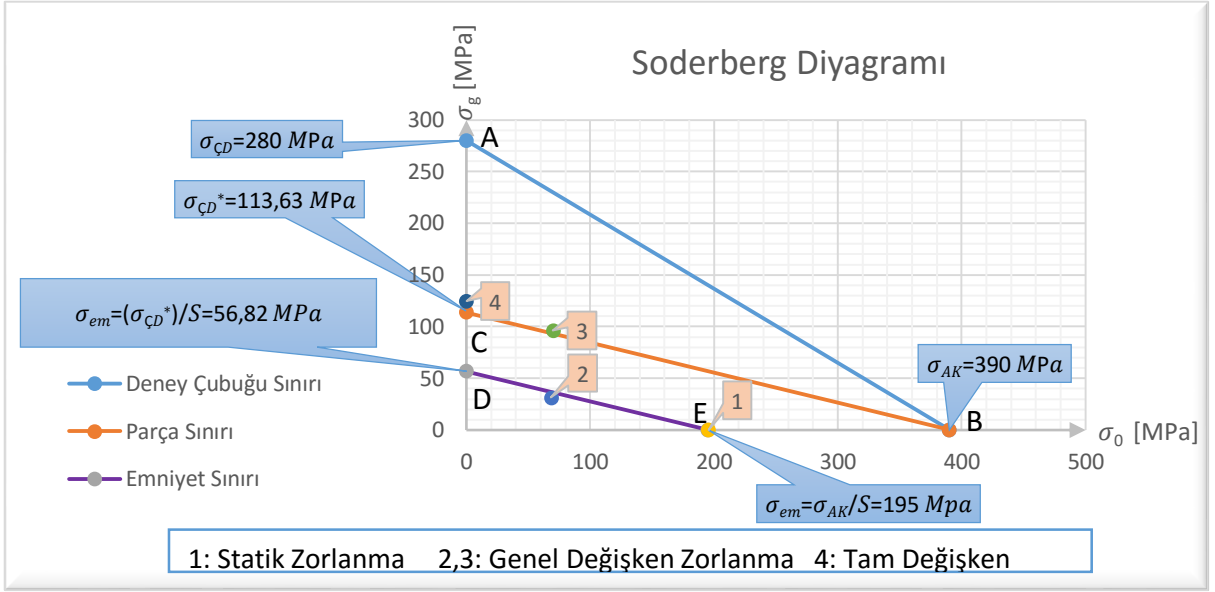
düşey ekseninde $\sigma_g \cong 96,14 \text{ Mpa}$

değerlerinin tanımladığı nokta (şekil üzerinde 3 noktası) işaretlenir.

4. Tam değişken durumunda; yatay ekseninde $\sigma_o = 0 \text{ Mpa}$

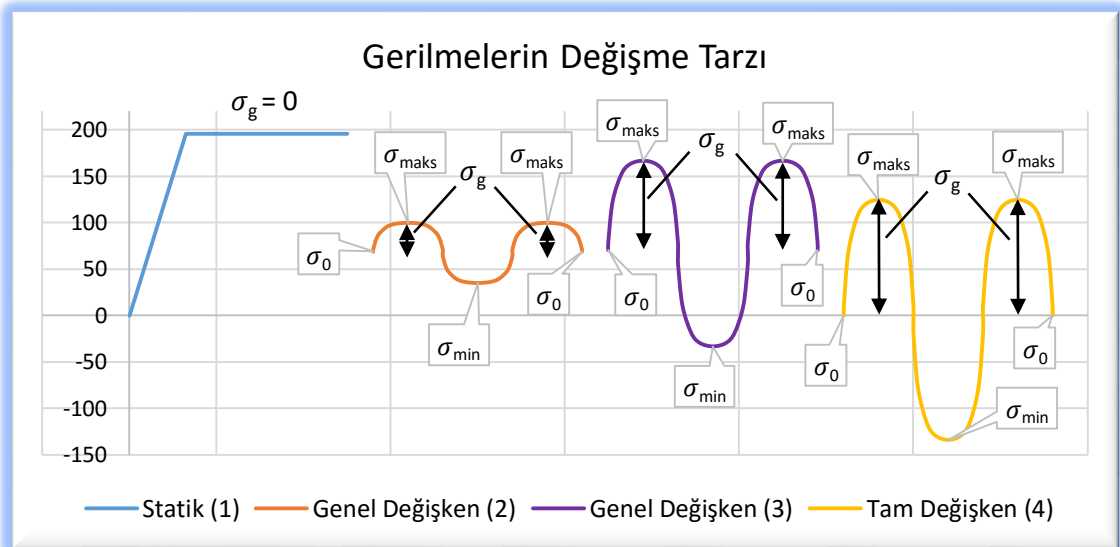
düşey ekseninde $\sigma_g = 124,73 \text{ Mpa}$

değerlerinin tanımladığı nokta (şekil üzerinde 4 noktası) işaretlenir.



Şekilde görüldüğü gibi 1. ve 2. noktalarındaki zorlanmalar emniyet sınırı içinde fakat emniyet sınırına yakın bölgede (kısa ömürlü); 3. ve 4. noktalarındaki zorlanmalar ise istediğimiz emniyet sınırı içerisinde yer almamıştır. Aynı zamanda 3. ve 4. noktalarındaki zorlanmalar parça sınırını da bir miktar aşmıştır. Deneysel çubuğu sınırı, deney numunesi ile ilgili olup, parçanın normal çalışma koşulları farklıdır. Bu nedenle gerilme değerleri yüzey pürüzlülüğü, boyut ve çentik etkisinin hesaba katıldığı parça sınırını kesinlikle aşmamalıdır. Emniyet sınırı aşıldığında parça istediğimiz emniyette çalışmayacak beklenilenden daha kısa ömürlü olacaktır, fakat parça sınırı aşıldığında parçanın çok kısa sürede kırılma ihtimali muhtemeldir. Deneysel ortamı, normal çalışma koşullarından farklı olduğundan deneysel çubuğu sınırını esas almamız da uygun olmayacaktır.

c. Minimum ve maksimum gerilme değerlerinin değişimi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Hazırlayanlar: Prof. Dr. Burhan SELÇUK, Araş. Gör. Lutuf ERTÜRK

Kaynak Kitap: Makine Elemanları Problemleri, Dr.İsfendiyar BAKŞIYEV, Dr. Burhan SELÇUK, 1.Basım, Nobel Yayınevi, Ekim 2012