



**T.C**  
**Fırat Üniversitesi**  
**Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü**

Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

**MALZEME MUAYENE**

Çekme Testi

Magnetik Toz Yöntemi

Yorulma

Penetrasyon Muayene

Sertlik

**Arş.Gör. Ali Kaya GÜR**



alokayagur@gmail.com



Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

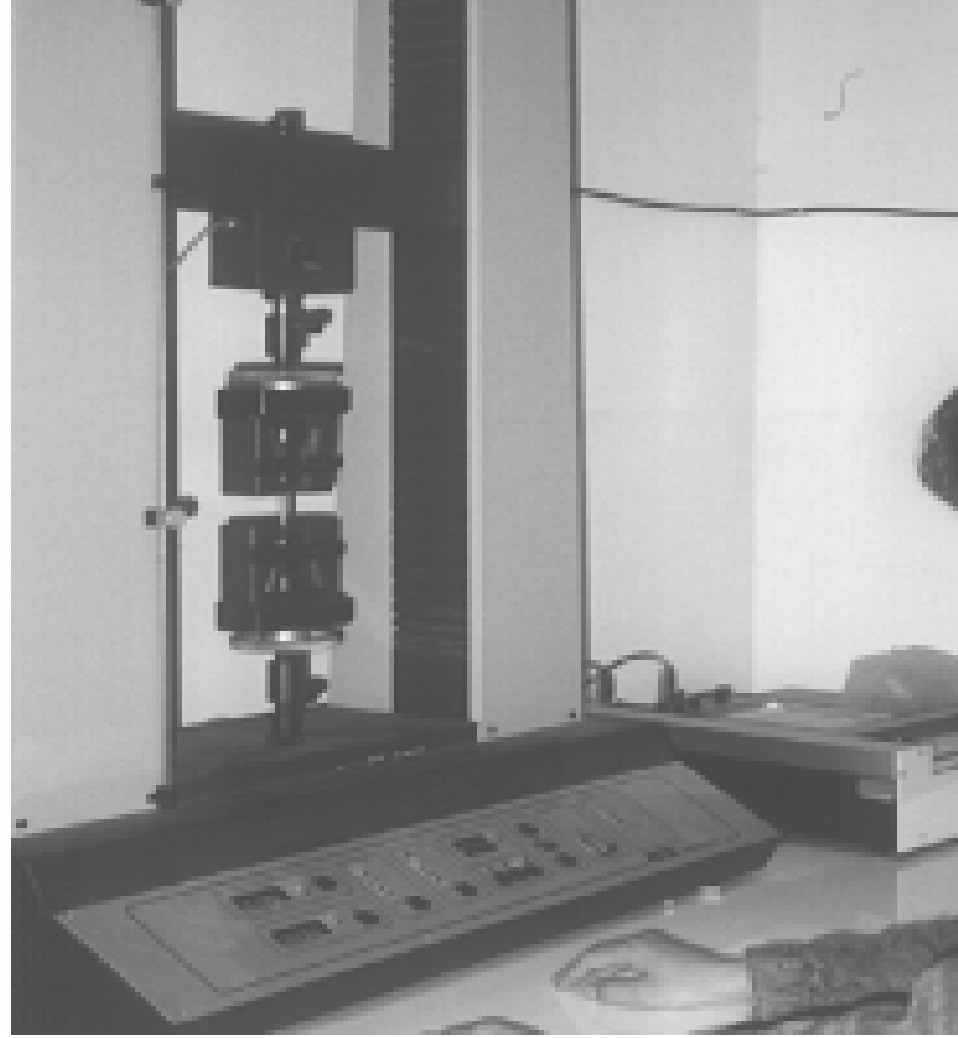
# ÇEKME TESTİ



# ÇEKME TESTİ

- ❖ Malzemenin statik yük altında dayanımı ile ilgili son derece doğru bilgi verir. *Güvenilir*
- ❖ Çekme tezgahının çenelerine yuvarlak veya dikdörtgen kesitli *standart boyutlardaki* numuneler yerleştirilir ve kopana kadar çekilir.
- ❖ Çekme test tezgahı, aynı zamanda basma için de kullanılır.

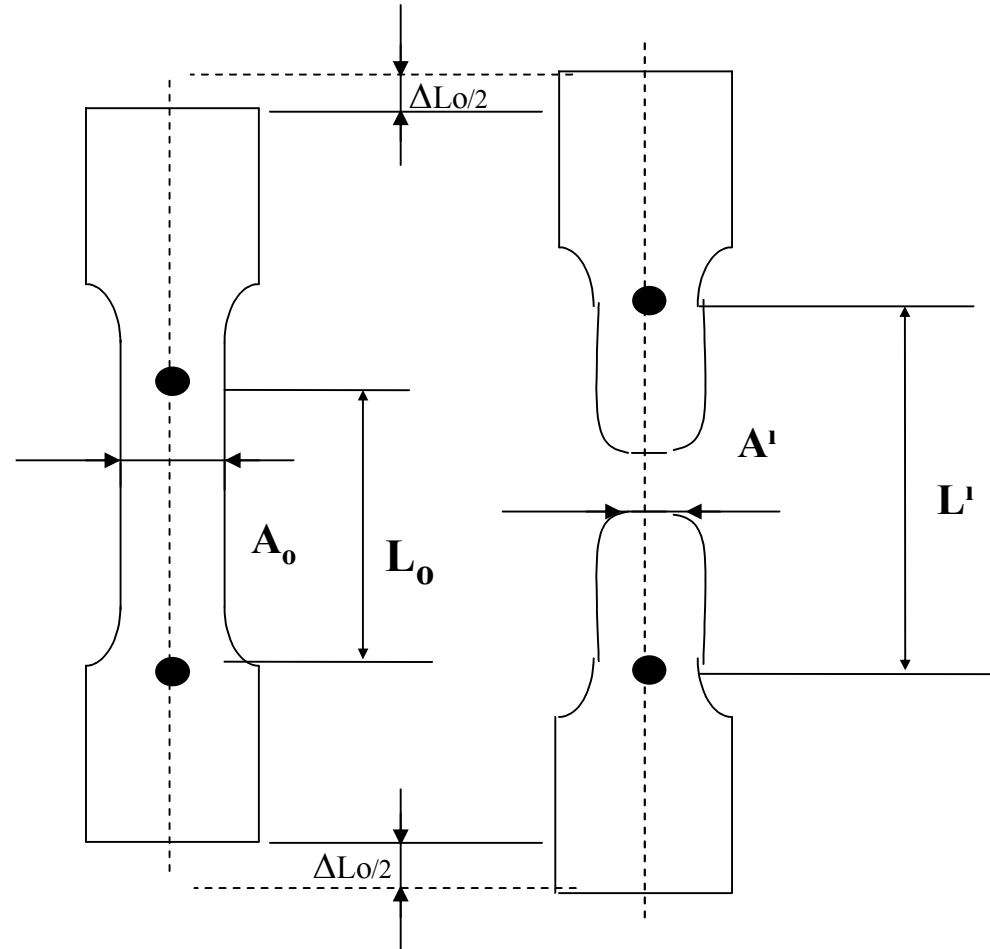




Çekme Test Cihazı



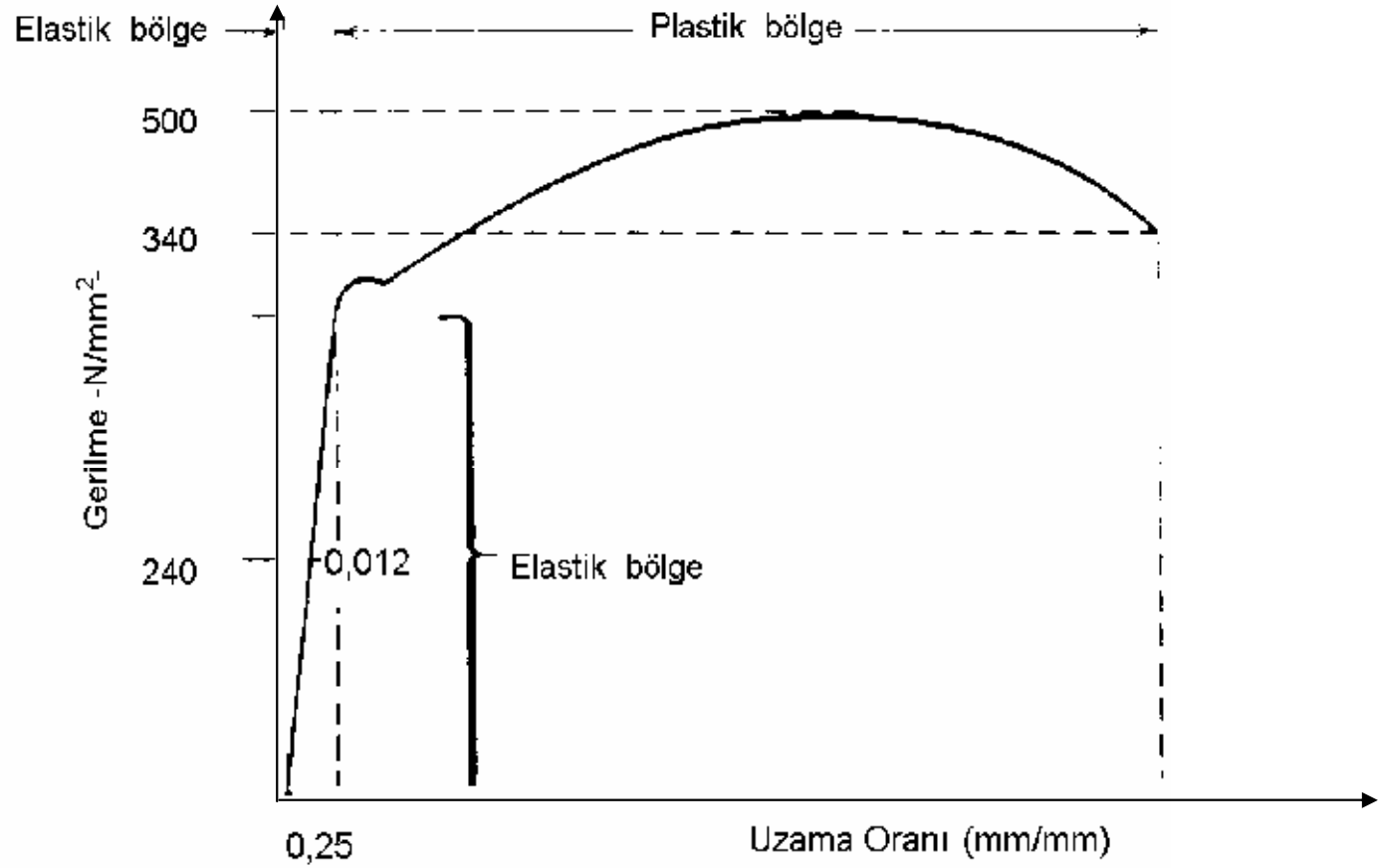
# Çekme Test Parçası ve Boyutları



- $L_0$  = İlk Boy
- $L_1$  = Son Boy
- $A_0$  = İlk Kesit
- $A_1$  = Son Kesit
- $P$  = Kuvvet



# Çekme Eğrisi



# Elastiklik

- Bir malzemeye yük uygulandığında, boyutları az veya çok değişir (uzar veya kısalır), yük ortadan kaldırıldığında malzeme önceki boyutlarına tam olarak dönüşürse, buna *elastiklik* denir.
- Elastiklik sınırı, parçanın ilk boyutlarına dönebileceği en fazla yük değerini ifade eder.
- *Elastiklik sınırı (limiti)*, gerilme-şekil değiştirme diyagramında kolayca tanımlanabilir. Gerilme-şekil değiştirme diyagramında doğru orantının sona erdiği noktadır.
- Elastiklik, gerilme (kuvvet) ile şekil değiştirme oranının (% şekil değiştirme) lineer (doğru) olarak değişimini gösterir.
- Hook kanunu yada doğru denklemleri geçerlidir.



# Elastiklik

$$\sigma = E * \varepsilon$$

$\sigma$  ve  $E$  arasındaki matematiksel bağıntı 17. yüzyılda **HOOKE** tarafından bulunmuştur ve buna **Hooke Kanunu** denir.

## Bazı malzemelerin elastiklik modülü

Malzeme	Elastiklik modülü $E = \text{N} / \text{mm}^2$
Demir-Nikel	200000-220000
Bakır (Cu)	125000
Çinko (Zn)	100000
Pirinç	80-100000
Alüminyum	7200
Magnezyum	44000
Kalay	42000
Kurşun	18000



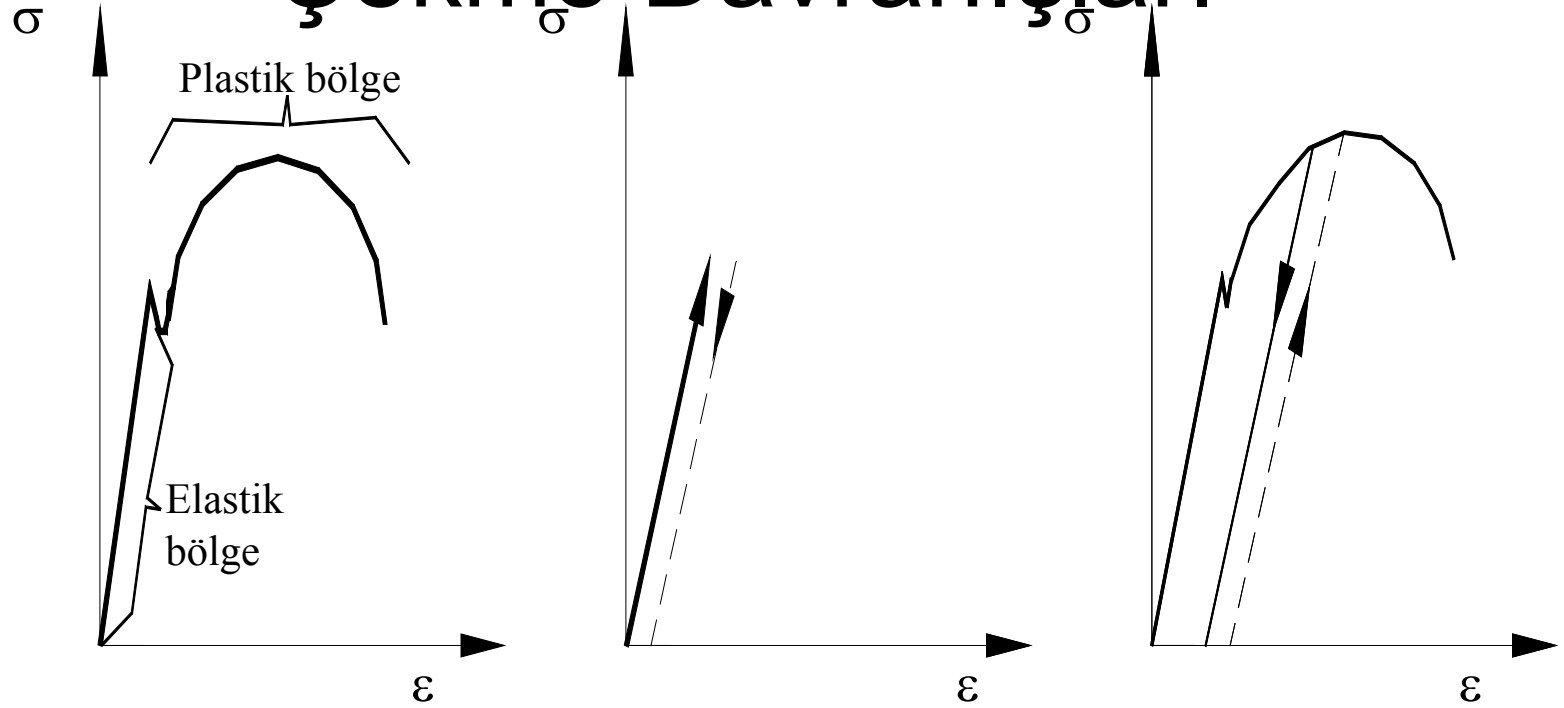


# PLASTİKLİK

- **Malzemeler, elastik limit üzerinde yüklemeye maruz bırakıldığında, yük kaldırılrsa bile ilk boyutlarına dönmez. Bu plastikliğin başladığı değerdir ve elastiklik sınırının bittiği noktadır.**
- **Gerilme-şekil değiştirme eğrisinde, bu sınırdan sonraki kısım *plastik şekil değiştirme bölgesi* olarak tanımlanır.**
- **Bu özellik oldukça önemlidir ve plastik şekillendirmede esas teşkil eder.**
- **Örneğin, haddeme, demir çekme, sıcak veya soğuk şekillendirme ve çeşitli pres işlemlerinde önemli bir değerdir.**
- **Şekillendirme yükü, plastik bölge içerisinde olmalıdır. Metallerin çoğunun şekillendirme sonunda sertleşme eğilimi vardır.**
- **Yeniden plastik sınırlarına getirip tekrar şekillendirmek için tavlamaya tabi tutmak gerekir.**



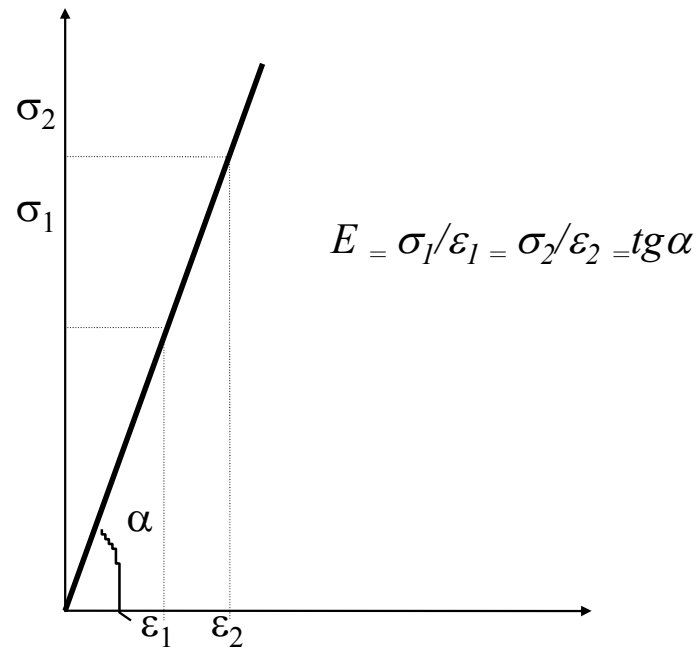
# Çekme Davranışları



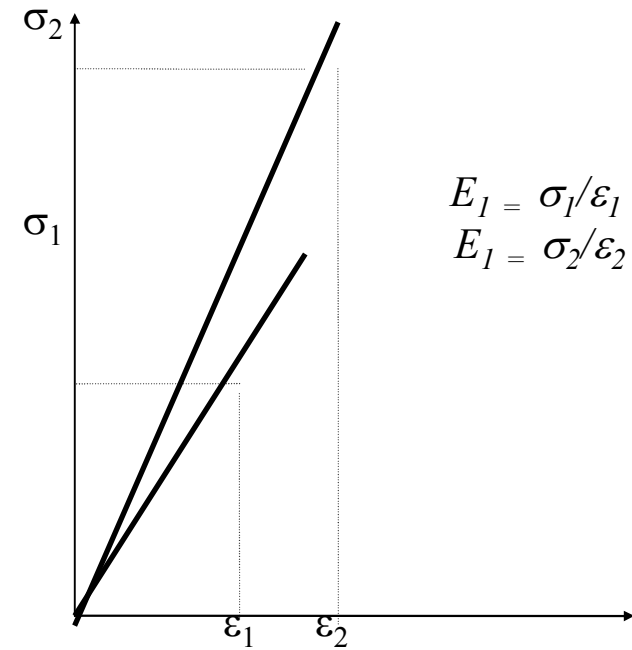
Elastiklik- Plastiklik kavramlarının çekme diyagramında gösterilmesi,  
a-Elastik ve plastik bölgeler. b- Malzeme elastik sınırlar içinde yüklenmiş.  
c-Yük plastik sınırı aşar ve kalıcı şekil değişimi olur.



# Hooke Kanunu



(a)



(b)



# Hooke kanunu

- Hooke kanunu yalnızca elastiklik sınırı içerisinde geçerlidir.
- Bu bölgede gerilme ile şekil değişimi (uzama oranı) doğru orantılıdır.
- Elastiklik modülü grafikten hesaplanabilir.
- Grafiğin eğimi, elastiklik modülüne eşittir\*.
- Aynı yükte elastiklik modülü yüksek olan malzeme, düşük olana göre daha az uzar.
- Plastik ve kauçuk gibi malzemeler doğrusal bir çekme-şekil değiştirme karakterine sahip değildir. Bu malzemelerin sabit bir elastiklik modülü bulunmaz.

**\*Note: Ancak bu deney şartlarına göre değişir ve her zaman doğru sonuç vermez. Araştır!...**



# AKMA SINIRI (Akma Dayanımı)

- Çekme-uzama diyagramı çok önemli bilgiler verir.
- Bunlardan bazıları elastiklik, orantılılık, akma sınırı ve kopma değeri ve bunlara karşılık gelen uzama oranlarıdır.
- Uygulamada elastik, orantı ve akma sınırı eş değer alır.
- Bu değerler bir birine çok yakın olduğundan ihmal edilir.
- Bunlar arasında en kolay akma sınırı veya bölgesi tespit edilir.
- Böylece, çekme diyagramında akma, kopma ve uzama oranları dikkate alınır.
- Akma bölgesi, elastik-plastik geçiş sınırındır.
- Bu bölgeden sonra kayma doğrultusundaki dislokasyonlarda (kusurların) hareketlenme başlar ve bu nedenle, kuvvet artmadığı halde uzama devam eder.
- Çekme-uzama diyagramı çok önemli bilgiler verir.
- Bunlardan bazıları elastiklik, orantılılık, akma sınırı ve kopma değeri ve bunlara karşılık gelen uzama oranlarıdır.
- Uygulamada elastik, orantı ve akma sınırı eş değer alır.
- Bu değerler bir birine çok yakın olduğundan ihmal edilir.
- Bunlar arasında en kolay akma sınırı veya bölgesi tespit edilir.
- Böylece, çekme diyagramında akma, kopma ve uzama oranları dikkate alınır.
- Akma bölgesi, elastik-plastik geçiş sınırındır.
- Bu bölgeden sonra kayma doğrultusundaki dislokasyonlarda (kusurların) hareketlenme başlar ve bu nedenle, kuvvet artmadığı halde uzama devam eder.



# % 0,2 UZAMA ORANI

Bazı malzemelerde, akma veya elastiklik sınırı açıkça görülür. Bazılarında ise akma sınırı açıkça görülmez, yada sabit bir akma sınırı bulunamaz.

Bu durumda, elastiklik sınırı olarak kalıcı şekil değiştirmenin (uzamanın) % 0,2'sine karşılık gelen gerilme değeri esas alınır.

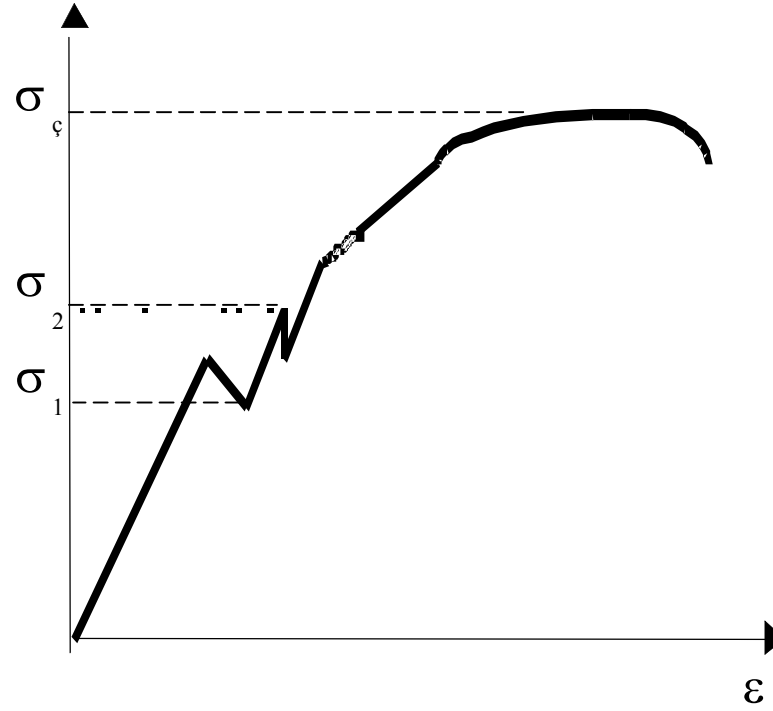
Elastiklik sınırında yük kaldırılırsa, şekil değişiminin geri dönüş eğrisi yükleme eğrisine paralel bir şekilde olur.

Bu gerilme değeri *0,2 akma sınırı* olarak adlandırılır ve  $\sigma_{0,2}$  şeklinde yazılır.

Uzama % veya direkt değer olarak ta verilir. 0,2 limitini bulmak için, çekme testi yapılarak, gerilme-uzama grafiği elde edilir.

Bu grafikte, 0,2 uzama noktasından paralel çizilir. Bu paralelin, çekme eğrisini kesen nokta  $\sigma_{0,2}$  değeridir.

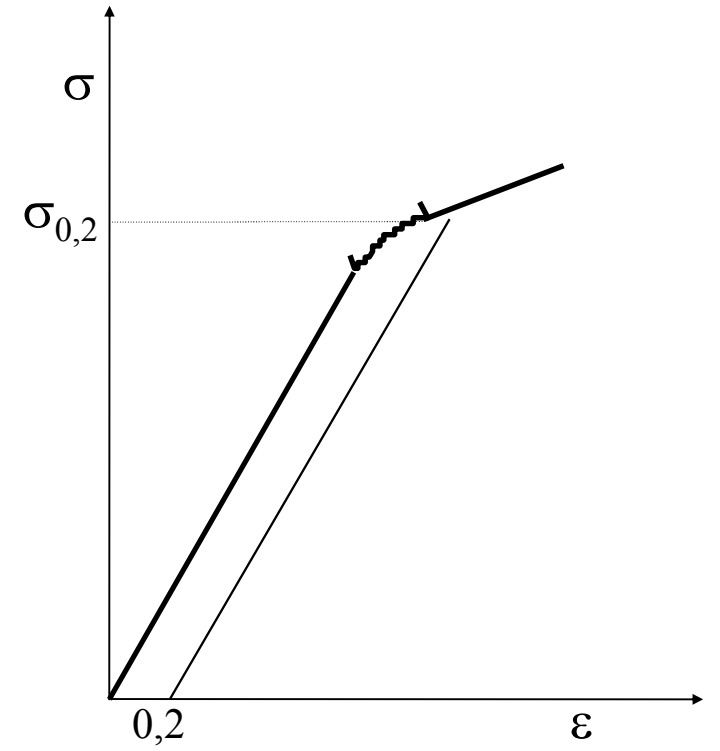
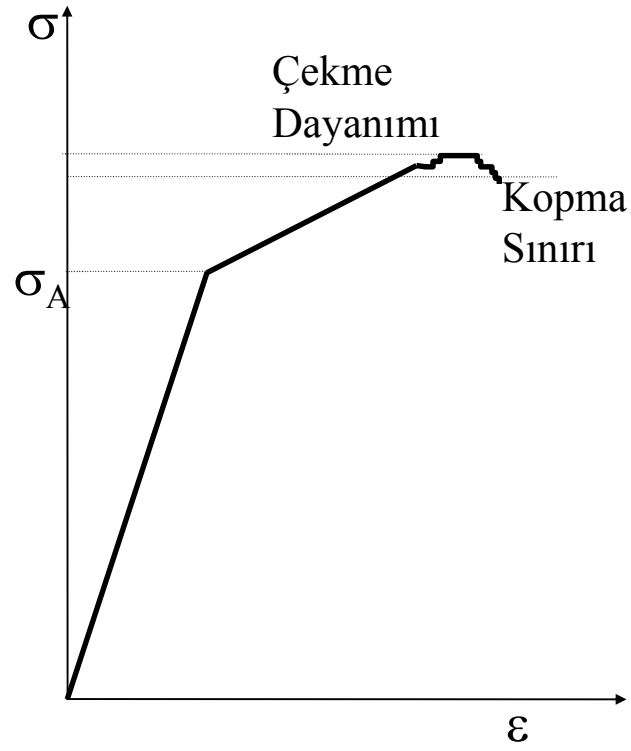




$\sigma_{A1} - \sigma_{A2}$  gerilmeleri arasındaki uzama farklılığı açıkça görülmektedir.

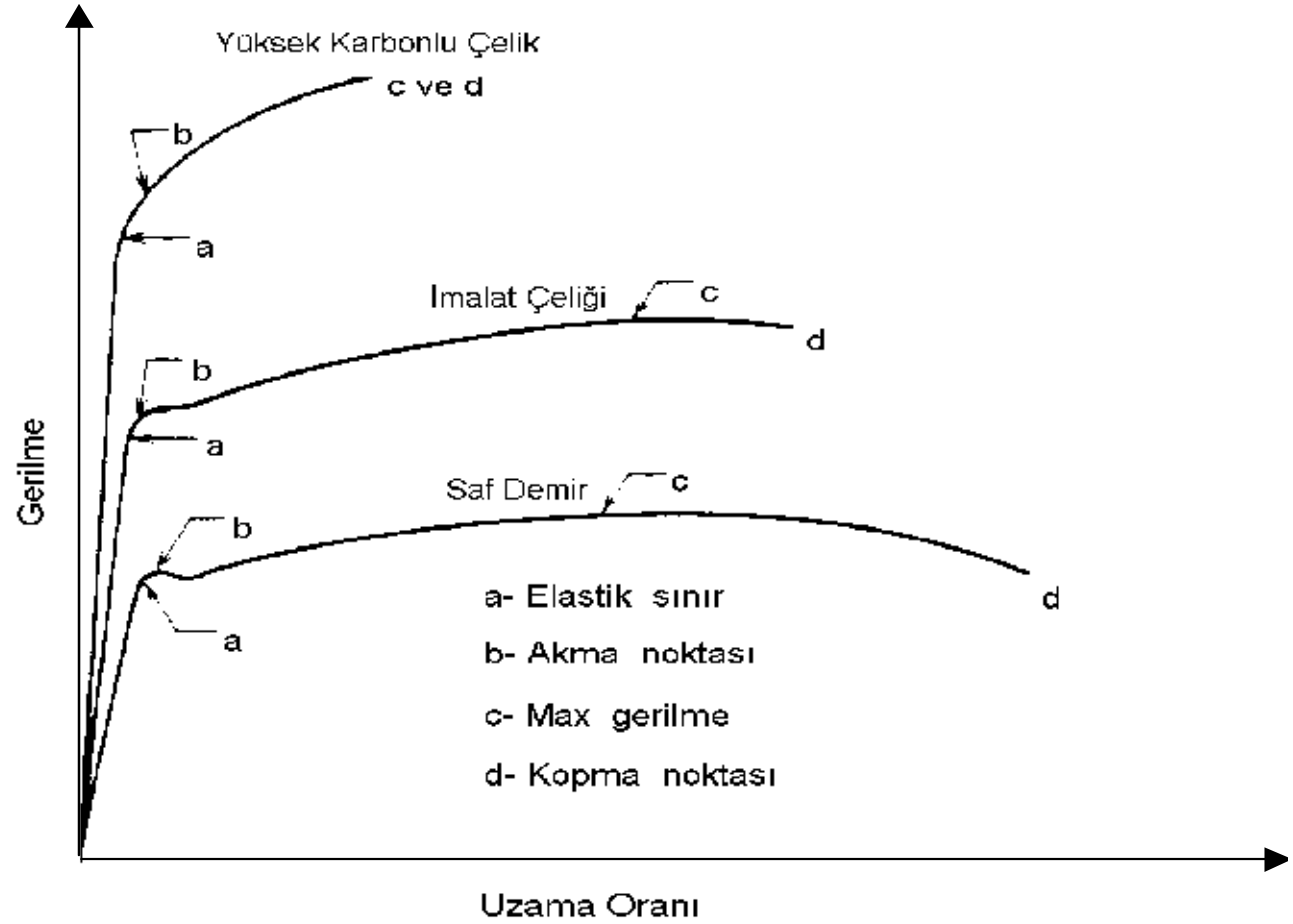
Bu sınır, akma mukavemeti yada dayanımı olarak adlandırılır ve sünek malzemelerin dayanım sınırı kabul edilir.







# Çekme Davranış Örnekleri



# Çekme Testi İrdeleme

- Çekme dayanımı; *Sünek* bir malzemenin  $\sigma$ - $e$  eğrisinin en üst noktasındaki değerdir. Bu noktadan sonra, malzeme kopuncaya kadar uzamaya devam ederken gerilme düşer veya sabit kalır.
- Makine konstrüksiyonunda kalıcı şekil değişimi istenmediği için boyutlandırmada, Çekme sınırı yerine genellikle  $\sigma_A$  veya  $\sigma_{0.2}$  değeri esas alınır.
- Diğer bir deyişle, çekme dayanımı, özellikle sünek malzemelerin kullanıldığı konstrüksiyonlarda mukavemet (dayanım) değeri olarak dikkate alınmaz.
- Fakat malzeme sünekte olsa dinamik yüklere maruz ise, boyutlandırmada çekme dayanımı esas alınır.
- Kırılgan yada gevrek malzemelerin akma ve çekme dayanımları birbirine çok yakın hatta çakışık sayılabilir.
- Bu nedenle gevrek malzemelerin boyutlandırılmasında çekme dayanımı esas alınır.
- Çekme - şekil değiştirme grafiği, basma durumunda da elde edilebilir. Elde edilen değerler basma dayanımı yada sınırları olarak adlandırılır.



# Çekme Testi İrdeleme

## ŞEKİL DEĞİŞTİRME (Deformasyon)

Çekme testi neticesinde, malzeme uzar ve kesiti de daralır. Uzama ve kesit daralması (%) olarak aşağıdaki gibi hesap edilir:

$$\varepsilon = (L - L_0) / L_0 \cdot 100 \quad \text{ve} \quad \psi = \% A, \quad \psi = \Delta A / A_0$$

$\varepsilon$  ve  $A$ , % olarak elde edilir.

$L$  = Koptuğu andaki malzeme boyu (mm)

$L_0$  = ilk boy (mm),      Uzama =  $\Delta L = L - L_0$

$A$  = Koptuğu andaki kesit (alan) (mm<sup>2</sup>)

$A_0$  = ilk kesit (mm<sup>2</sup>),       $\Delta A = A_0 - A$

$\psi$  = % kesit daralması

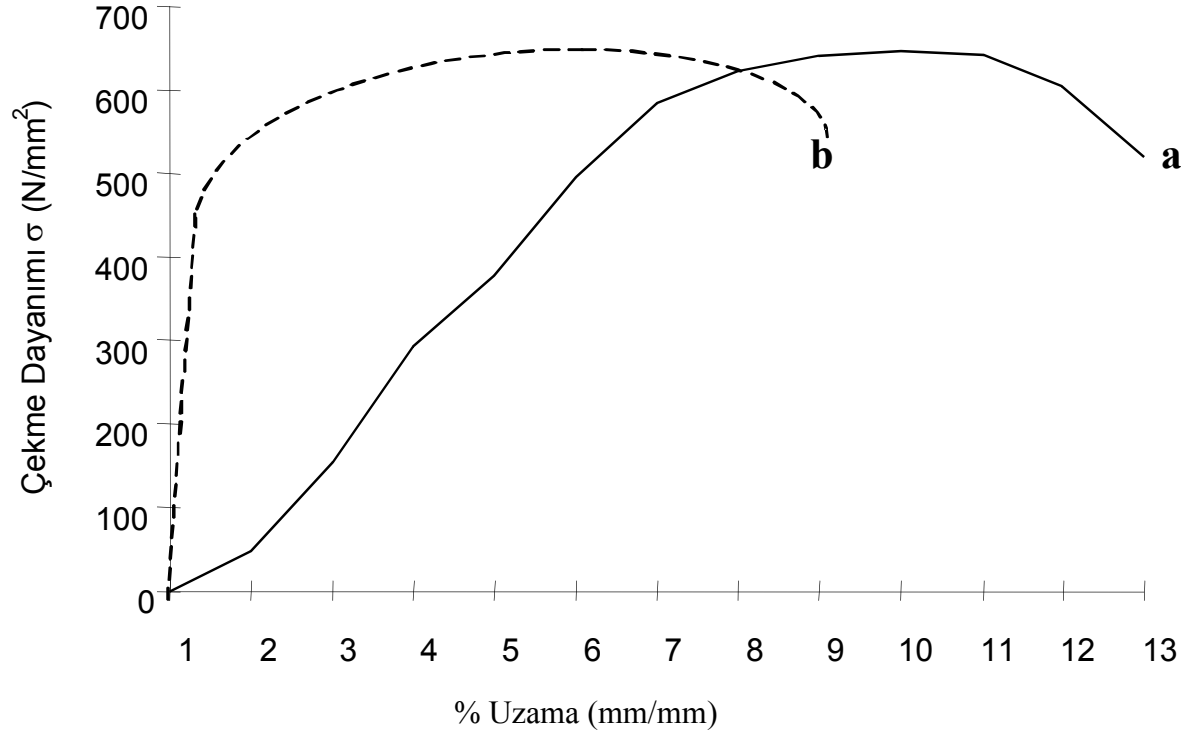


# Örnek çekme sonuçları- Tartışma

**AISI 1040 çeliğinin çekme değerleri**

$\Delta L$	P	$\sigma$	$\epsilon$	Lo	do	Ao
mm	N	N/mm <sup>2</sup>	m/mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
1	1450	47.27	3	31.2	6.25	30.66
2	4730	154.22	6	31.2	6.25	30.66
3	9020	294.09	9	31.2	6.25	30.66
4	11580	377.56	12	31.2	6.25	30.66
5	15200	495.99	16	31.2	6.25	30.66
6	17960	585.58	19	31.2	6.25	30.66
7	19090	622.43	22	31.2	6.25	30.66
8	19660	641.01	25	31.2	6.25	30.66
9	19830	646.56	28	31.2	6.25	30.66
10	19690	641.99	32	31.2	6.25	30.66
11	18530	604.17	35	31.2	6.25	30.66
11.5	17000	521.68	36	31.2	6.25	30.66

# Örnek çekme sonuçları- Tartışma



**AISI 1040 çeliğinin gerilme-uzama grafik, a- makinadan alınan, b- alınması gereken!.. Neden? Araştır...**

- **Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi:**
- Yapılan deney sonuçlarının uygun olup olmadığına karar verildikten sonra deney sonuçlarının değerlendirilmesine geçilir. Bunun için aşağıdaki işlem sırasına göre yapılan deney tekrar irdelenir.
- **A. Deney teçhizatı ile ilgili:**
  - *.Sistemin ayarlı olması, kalibrasyon değerlerinin geçerli sınırlarda bulunması gerekir.*
  - *.Numune tutucu çenelerin aşınma kontrolü yapılmalı.*
  - *.Deney parametreleri (çekme hızı, maksimum çekme kuvveti , maksimum % uzama) önerilen değerler arasında olmalı.*
  - *.Numune, çeneler arasına rijid ve kayma engellenecek biçimde bağlanmalıdır.*
- **B. Numune ile ilgili:**
  - *.Numunenin standart boyutlarda olmalıdır.*
  - *.Numune yüzeyinde talaşlı imalat izleri bulunmamalı ve yüzey kalitesi standardında olmalıdır.*
- **C. Ölçme ile ilgili:**
- *Boyutların doğruluğu kontrol edilmelidir.*
- **Not:** *Yapılacak tüm deneyler için belirlenmiş TSE standartları mevcuttur.*



Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

# MANYETİK TOZ MUAYENESİ



# Magnetizma

- Bir parça diğer metalleri eker yada diğer bir metal tarafından çekilirse, o parça ***Mađnetiktir*** denir.
- Mađnetiklik
  - Diyamagnetik
  - Paramagnetik
  - Ferromagnetik olarak sınıflandırılır.

# Mađnetiklik

## Diyamagnetik

Organik maddelerin çoğu, bakır, gümüş, çinko örnektir.  
Bir mıknatısın her iki kutbu tarafından itilirler.



## Paramagnetik

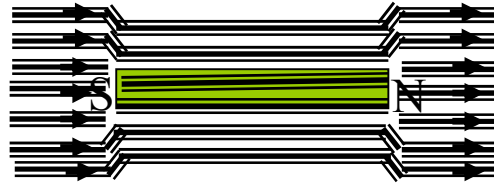
- Bir mıknatıs tarafından çekilen diğer bütün maddelerdir.
- Alüminyum, Potasyum, manganeyyum, krom, ferromagnetik tuzlar



N,S kutuplarına dikkat!..

# Mađnetiklik

- Ferromagnetik
- Kuvvet çizgileri daha sıktır.
- Demir, çelik, nikel, kobalt ve bazı alaşımları
- Magnetik alanda mıknatıslanırlar
- Kuvvet çizgileri direncin zayıf olduğu metal içinden geçmeye eğilimlidirler.
- Magnetik Toz muayenesi bu grup metaller için geliştirilmiştir.

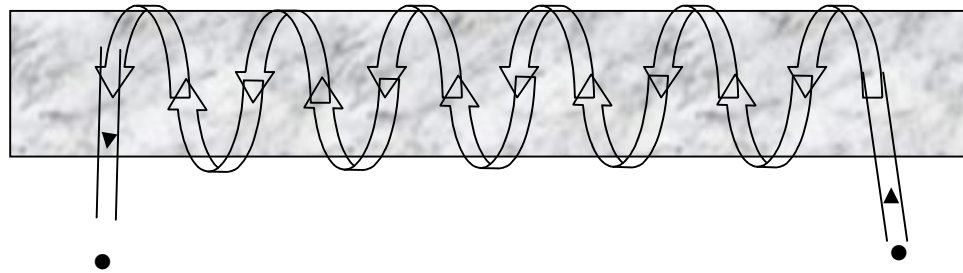


# Mađnetiklik

- Elektrik akımı çevresinde Magnetik alan oluşturur.
- Magnetik bir ortam elektrik akımına maruz bırakılırsa Magnetik alan parametreleri değişir.

## Ferromagnetik metallerin Mıknatıslanması

- elik ubuk üzerinde sarılı telden akım geçirilir.
- Çubukta çok şiddetli mıknatıslık etkileri oluşur.
- elik bir süre bu alana maruz bırakılır.
- Yapay mıknatıs bu şekilde yapılır.



# Manyetik Toz Muayenesi

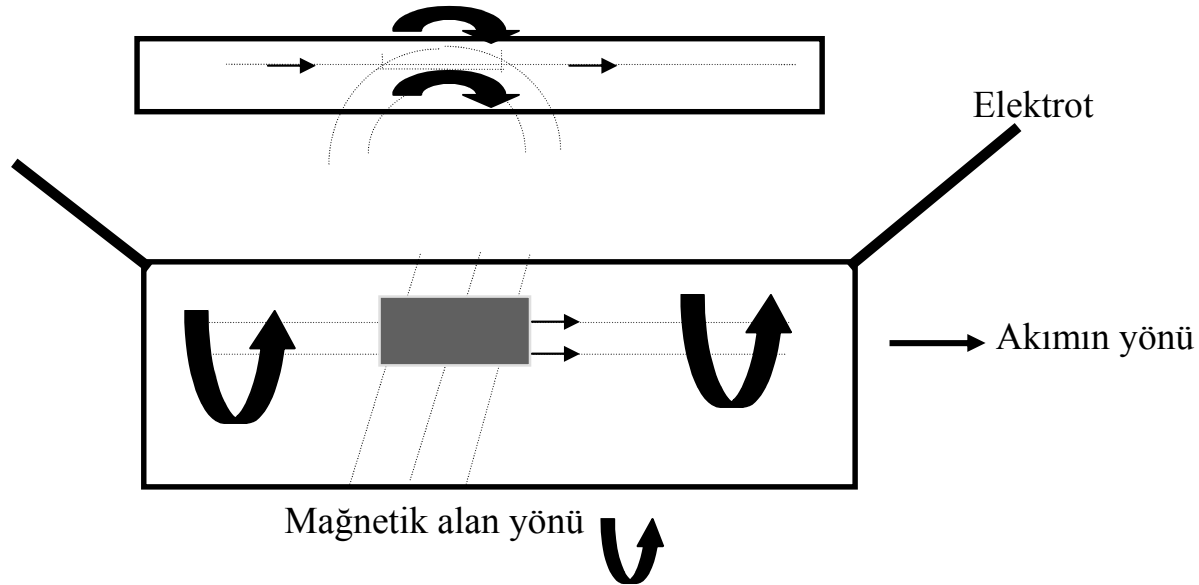
- Yalnızca manyetik parçaların yüzey kusurlarının tespitinde uygulanır.
- Manyetik edilmiş parça üzerine, demir tozları ihtiva eden spreyc tatbik edilir.
- Yüzey kusurları bulunan bölgelerde, manyetik kutupların oluşması nedeniyle demir tozları toplanır.
- Böylece demir tozları konsantrasyonun (yoğunluğunun) arttığı bölgelerde yüzey hatası tespit edilir.
- Ferromanyetik karakterdeki döküm parçalarının, özellikle yüksek zorlanmalara maruz kalan çelik döküm parçalarının, yüzey çatlakları tespitinde, hassasiyeti ve güvenilirliği en yüksek yöntem, *manyetik toz* muayenesi olup yaygın biçimde kullanılır.

# Manyetik Toz Muayenesi

- Tecrübeler, manyetik toz yönteminin hacimsel olarak büyük boyutundaki çatlakların belirlenmesinde en uygun yöntem olduğunu göstermiştir.
- Ancak yöntemin parçanın geometrisine, yüzey koşullarına, yapıya ve iç gerilime bağlı olması olumsuzluk olarak kabul edilir.
- Yöntemin ilkesi, bir manyetik alanın parçada oluşturduğu manyetik akı yoğunluğunun, akışkanlığı sağlanmış demir oksit tozu yardımı ile görünür hale getirmesi esasına dayanır.
- Parça yüzeyi veya yüzeye yakın bölgelerdeki çatlak veya manyetik olmayan kalıntıların farklı manyetik geçirgenliğe sahip olmaları, söz konusu hataların belirlenebilmesi mümkündür.
- Hata bulunan bölgede, manyetik alan çizgileri devam etmeyeceğinden malzeme dışına taşar ve manyetik tozları üzerine toplar.

# Manyetik Toz Muayenesi

- Uygulamada dikkat edilecek nokta, yöntemin özellikle oluşturulan manyetik alana dik yöndeki hatalara duyarlı olduğudur. Döküm parçalarının genellikle karmaşık olması manyetikleştirme işlemini bazen sorunlu hale getirmektedir.
- Manyetik alan, akım yönüne dik doğrultuda oluşur.



# Manyetik Toz Muayenesi

- Manyetik akım doğrultusunda bir hata veya süreksizlik mevcut olduğunda, N-S kutupları teşekkül eder.
- Bu kutuplar, mıknatıs özelliği gösterir ve çevresinde bulunan manyetik partikülleri çekerek, bu bölgede toplanmasını sağlar.
- Hata ya da süreksizlik yaratan kusur çevresine akıcı demir tozları bulunursa, bu tozlar bu bölgede toplanır ve kusuru ortaya çıkarır.
- Mađnetik toz, kusur bölgesinde toplanır





Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

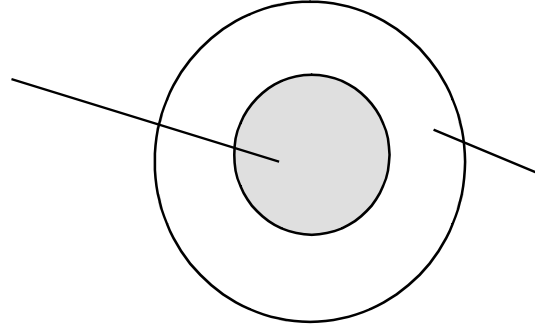
# YORULMA

# Yorulma

- Makine elemanları, dinamik yükler altında, çekme mukavemet değerlerinden daha düşük gerilme değerlerinde kopar. Bu fiziksel olay *yorulma* olarak tanımlanır.
- *Statik* mukavemet teorik olarak tek değişkenli olup mukavemet değeri yalnızca yüke bağlıdır.
- Yorulma Mukavemeti; teorik olarak yük ve yük tekrar sayısına bağlıdır.

# Yorulma Kopması

Statik kopma Böl.



Dinamik kopma Böl.

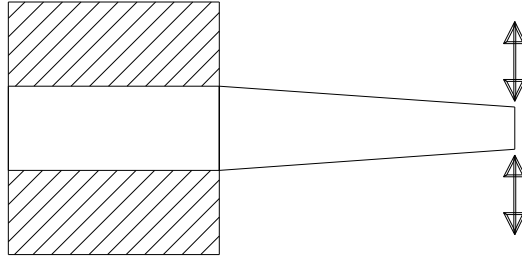
- İki Bölgelidir. Dışta *Dinamik kopma Bölgesi* içte *Statik kopma Bölgesi*
- Statik kırılma yüzeyi daha küçük kristalli olur.

# Yorulma yükleme tipleri

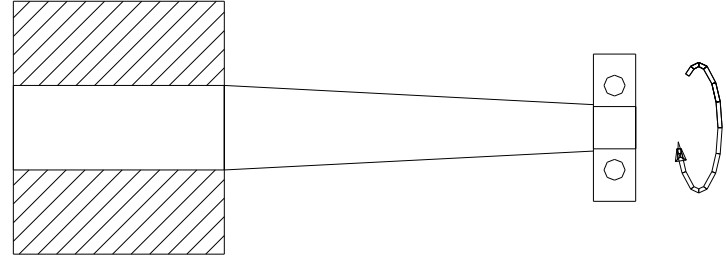
Yorulma, çeşitli yüklemelerde oluşabilir, bunlar; basma-çekme, eğilme ve burulma veya bunların birlikte olması durumunda meydana gelir



Çekme-Basma



Eğilme



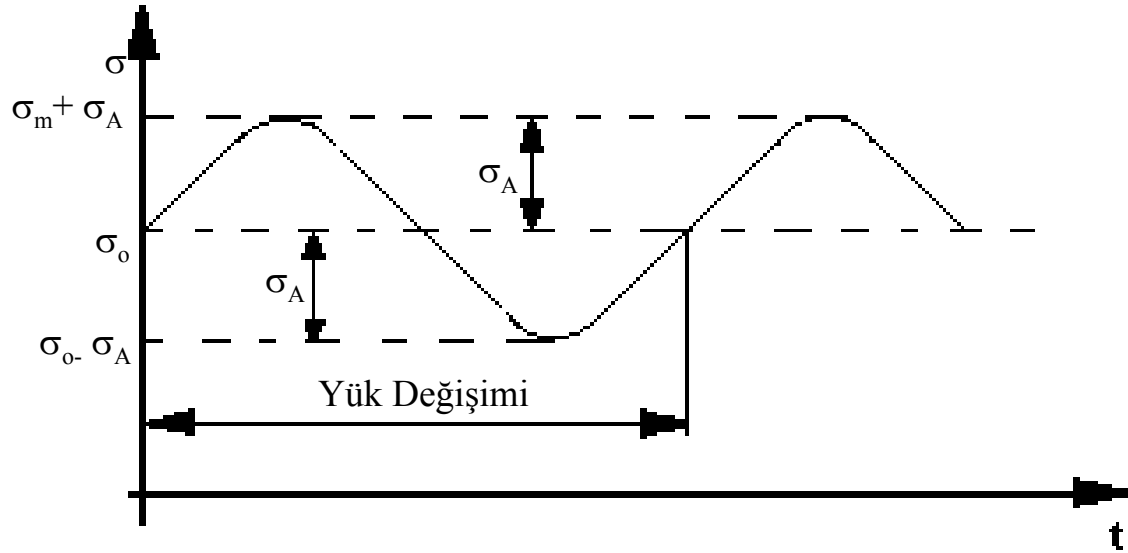
Burulma

# Yorulmada Yükleme

- Yükün değeri, otomobil süspansiyon sistemindeki yaylarda olduğu gibi düzensiz, sübap valflerindeki gibi düzenli olabilir.
- Yorulma kırılması deneyleri, sinüzoidal bir yükleme değişimi ile yapılır.
- Bahsettiğimiz iki yay aynı zamanda statik yüklemeye de maruzdur.
- Şasinin ağırlığını taşıyan süspansiyon sistemleri (yayları) ve sübap yayları ön gerilmelidir ve yükler statiktir.
- Ön yük ve işletme yükleri dikkate alınır, yayların yüklenme değişkendir.

# Yorulmada Yükleme

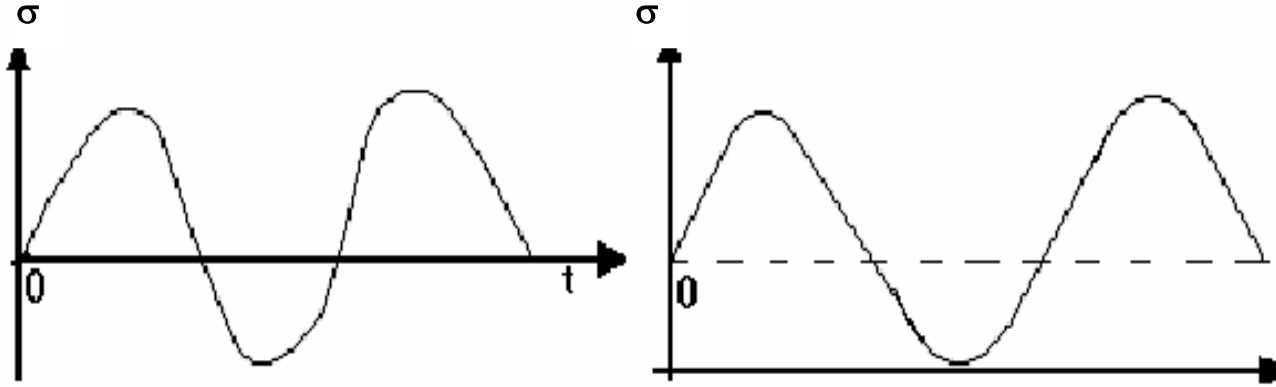
- Ortalama gerilme,  $\sigma_o$  ve gerilme genliği,  $\sigma_A$  'dir. Her bir test parçasının çalışma gerilimi ise;
- $\sigma = \sigma_o + \sin w. t \sigma_A$        $\sigma_{max} = \sigma_o + \sigma_A$        $\sigma_{min} = \sigma_o - \sigma_A$  olur.



# Yorulmada Yükleme

- Dinamik yükleme; Yükün (kuvvet) yönü, şiddeti veya doğrultusu değişiyorsa, buna dinamik yükleme denir.
- Örnek, Otomobilde güç ve hareket ileten şaft gibi makine elemanları dinamik yüklere maruzdur.
- Statik yükleme; Yükün (kuvvet) yönü, şiddeti veya doğrultusu değişmiyorsa, buna da statik yükleme denir.  
Örnek, binalar statik yüke maruzdur.

# Yorulmada Yükleme

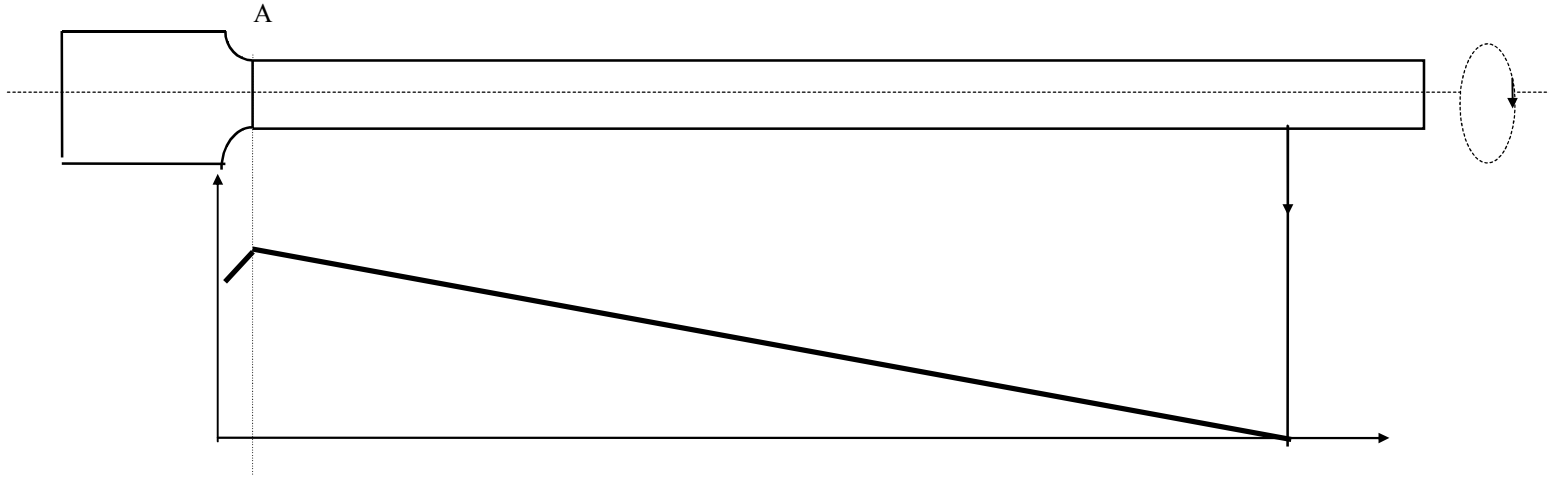


Yükleme tiplerine örnek, (a) ortalama gerilmenin  $\sigma_o = 0$  olduğu dinamik yükleme durumu, (b) ortalama gerilmenin  $\sigma_A$  'ya eşit olduğu  $\sigma_m = \sigma_A$  durumda,  $\sigma_{Am} = 0$ 'dir.



# YORULMA DENEYİ

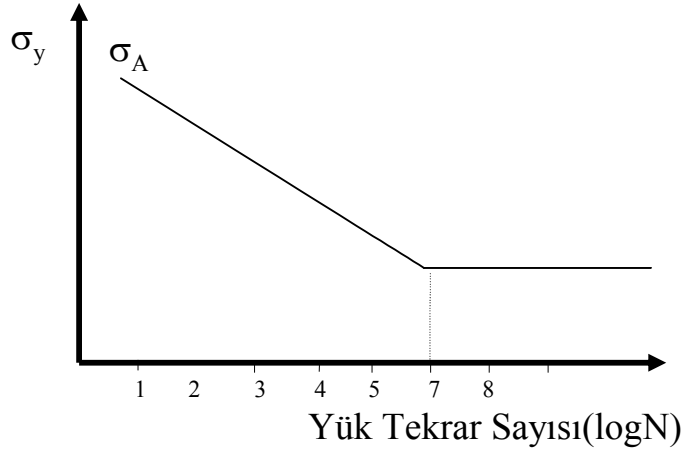
- Mil eğilmeye zorlanarak tam simetrik yük değişimi (dinamik yükleme) sağlanır ve bu da en yaygın yorulma deney metodudur.
- (A) ile gösterilen kesit, yorulma açısından kritik kesit olup, maksimum gerilmeye maruzdur. Bu nedenle yorulma kopması bu kesitte oluşur.



# YORULMA DENEYİ

## WOHLER DİYAGRAMI

- Yorulma dayanımı, yük ve yük tekrar sayısına bağlıdır.
- Yorulma test parçası, yük artışı ile daha düşük yük tekrar sayısında kopar yani yorulma dayanımı, yük ve yük tekrar sayısı değişimi ters orantılıdır.
- Yük ve yük tekrar sayısına göre çizilen grafiğe *Wohler diyagramı* adı verilir.



# YORULMA DENEYİ

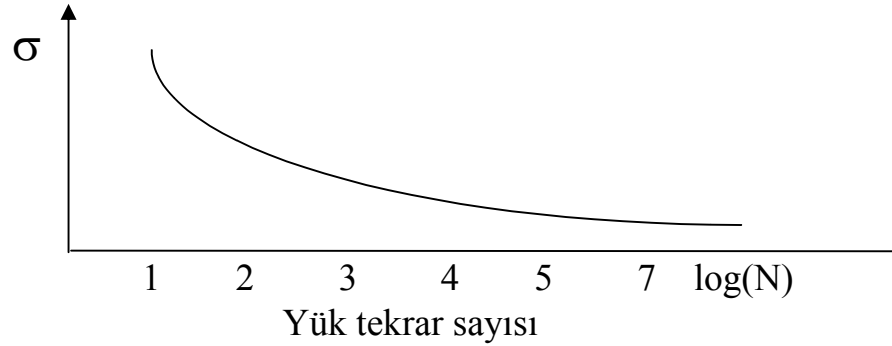
## WOHLER DİYAGRAMI

- Bir çelik test parçası, şekilde görüldüğü gibi bir yorulma limiti vardır.
- Eğer, yük tekrar sayısı  $10^7$  olduğunda çubuk kopmuyorsa (yorulmuyorsa), bu çubuk  $10^7$  yük tekrarına tekabül eden limit gerilme ( $\sigma_A$ ) değeri için **sonsuz ömürlüdür** denir ve gerilme değeri yorulma dayanım olarak kabul edilir.
- Her malzeme için bir yorulma limiti bulunmaz. Örnek, alüminyumun yorulma limiti mevcut değildir.
- Bir malzeme için aynı şartlarda yapılan yorulma deney sonuçlarında bir sapma görülür. Bu değerlerin ortalamasına göre Wöhler eğrisi elde edilir ve sonuçlardaki sapma  $\pm \% 5$  olabilir.

# YORULMA DENEYİ

## WOHLER DİYAGRAMI

- Alüminyumun Wöhler diyagram örneği, yorulma limiti bulunmaz.



Yorulmaya maruz kalan makine parçalarının dizaynında yük, yük tekrarı ile parçanın boyutları birlikte değerlendirilir.

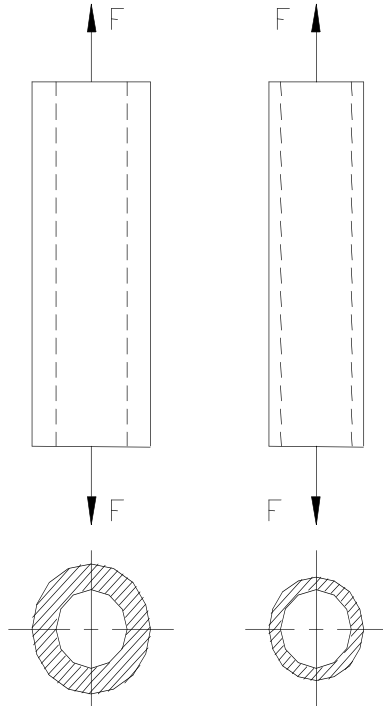
Yük değişiminin bir kaç defa ile sınırlı olması halinde, malzemenin boyutlandırılması için yorulma limitinden daha büyük gerilme değerleri esas alınır.

Alüminyum gibi yorulma limiti olmayan metaller için de Wöhler eğrisi kullanılır.

# YORULMA DENEYİ

## ŞEKİL FAKTÖRÜ

- Daha önce belirtildiği gibi, kesit değişiminin olduğu bölge *kritik kesittir* ve genellikle yorulma kırılması bu bölgede olur.
- Yorulma limiti yalnız yük değişimi ve yüke bağlı değildir. Ayrıca yüzey durumuna, boyutlara ve yüzey korozyonu gibi faktörlere bağlıdır.



Boyut faktörü, çatlak büyük kesitli parçalarda daha fazla gelişir.

# YORULMA DENEYİ

## BOYUT FAKTÖRÜ

- Yorulma kırılması genellikle yüzeydeki çatlaklardan başlar. Eğilme nedeniyle, çekme gerilmeleri dış yüzeyde maksimumdur. Çatlak, yüzeyden başlayarak gelişir.
- Çatlağın geliştiği yüzey tabakası, test parçasının çapından bağımsızdır.
- İki farklı çaptaki test parçası yorulmaya maruz bırakılırsa, yüzeyde başlayan çatlağın yayılması çapı büyük olan parçada daha hızlı gelişmesi beklenir.
- En yaygın test numunesi çapı 10 mm dir.

# YORULMA DENEYİ

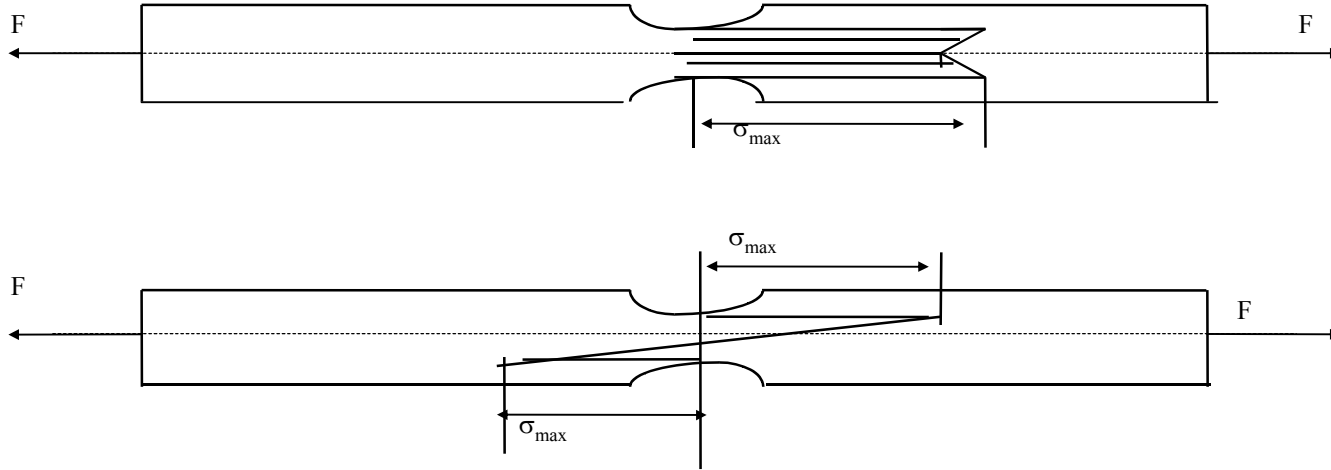
## YÜZEY KALİTESİ

- Yüzeydeki kılcal çatlak, yorulmayı başlatır.
- Bu çatlaklar, yorulmada en etkili faktördür.
- Darbelerle çatlak hızla gelişir.
- Yüzeyi iyi işlenmiş çeliklerin yorulma limiti, kaba işlenmiş yüzeye sahip çeliklere göre daha yüksektir

# YORULMA DENEYİ

## KESİT DEĞİŞİMİ VE RADIUS

- Çoğu parçaların çapları ve kesitleri birden fazla olabilir. Bu gibi durumlarda kesit değişimi olan bölgelerde gerilme yığılması olur. Gerilme yığılması yorulma direncini önemli oranda etkiler. Bu nedenle, radius duyarlılığı düşük olan malzemelerin yorulma direnci fazla olur.



**Gerilme yığılması**



# YORULMA DENEYİ

## UYGULAMA

- Wöhler diyagramı çizilecekse, aşağıda belirtilen hususlar yerine getirilmelidir.
- 10 adet standart boyutlarda ve aynı yüzey şartlarında numune hazırlanır.
- Numunelerin yüzey pürüzlülüğü ve makro hataların olup olmadığı kontrol edilir.
- Test yükleri akma dayanımının altında olmak üzere azaltılarak en az 5 farklı yüklemeye yapılır.
- Her yükleme öncesi numaratör sıfırlanır.
- Başlatma butonuna basılarak deney başlatılır.
- Koptuğu andaki numaratör de okunan değer kaydedilir.
- Yük ve numaratör de okunan değerler, aşağıdaki şekilde kullanılarak yorulma gerilmesi ve yük tekrar sayısı hesaplanır ve Wöhler eğrisi çizilir.

# YORULMA DENEYİ

## UYGULAMA

- *Yorulma gerilmesi hesabı*
- $n$  = Motor devri(dev/dk)
- $d$  = Mil çapı(mm)  $L$  = Mil boyu(mm),
- $M_e$  = Eğilme momenti (N . mm)  $P$  = Eğilme kuvveti(N)
- $M_b$  = Burulma (N. mm)  $N$  = Güç (Kw)
- $M_f$  = Bileşke moment (N. mm)  $\sigma_y$  = Yorulma mukavemeti (N/mm<sup>2</sup>)
  
- $n = 3000$  d/d  $N = 0,37$  Kw
- $P = 100$  N  $L = 100$  mm

# YORULMA DENEYİ

## UYGULAMA

$$Me = P.L,$$

$$Me = 100.100 = 10000 \text{ Nt.mm}$$

$$Mb = 71620. \text{N/n}$$

$$1 \text{kw} = 1,36 \text{ BG}$$

$$1 \text{cm} = 10 \text{mm},$$

$$1 \text{kgf} = 9,8 \text{N dönüşümleri yapılırsa},$$

$$Mb = 71620. (10.1,36.9,8) \text{ N/n, birimi Newton.mm olur.}$$

$$Mb = 1177,28 \text{ N.mm}$$

$$Mf = \sqrt{Mb^2 + Me^2} = \sqrt{(1177,28)^2 + (10000)^2} = \sqrt{1385988,223 + 10000000}$$
$$= \sqrt{101385988,2} = 10069,06 \text{ Nt.mm}$$

# YORULMA DENEYİ

## UYGULAMA

$$\begin{aligned}\sigma_y &= (Mf / \pi \cdot d^3) \cdot 32 = (10069,06/3,14 \cdot 8^3) \cdot 32 \\ &= (10069,06/3,14 \cdot 512) \cdot 32 \\ &= 200,31 \text{ N/mm}^2 \approx 200 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

O halde,  $\sigma_y = P \cdot 2$  (N / mm<sup>2</sup>) ` dir.

*Not: Yorulma test cihazı  $\sigma_y = P \cdot 2$  olacak biçimde dizayn edilmiştir.*

### **Örnekler**

Isıl işlem görmemiş Ç1040 çeliğinin yorulma test sonuçları wöhler diyagramında yerine konursa, grafik elde edilir.

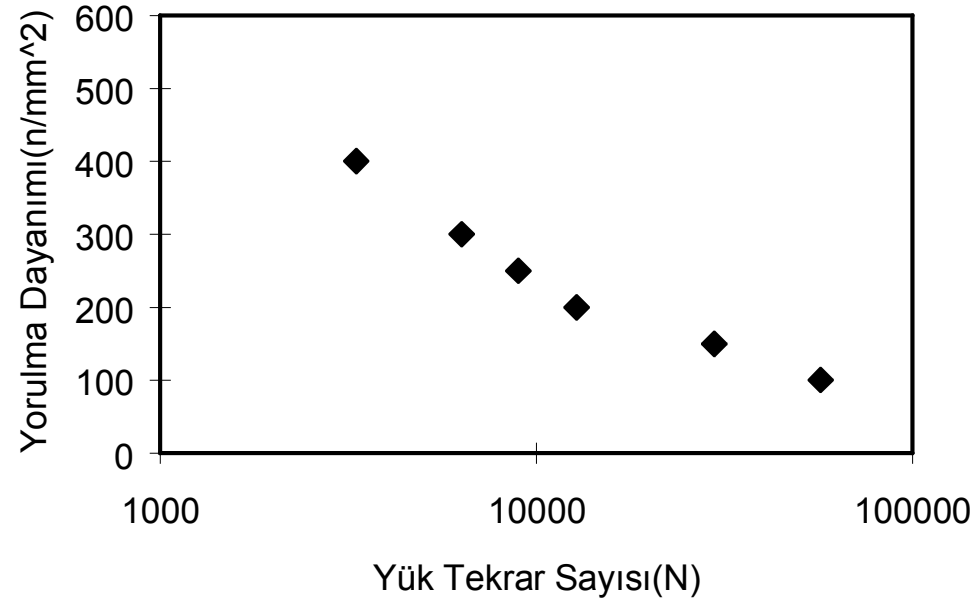
# YORULMA DENEYİ

## UYGULAMA

Ç1040 çeliğinin yorulma test sonuçları

Malzeme	Yük	Yorulma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) (Yükx2)	Yük Tekrar Sayısı(N)	LogN
Ç1040	200	400	3320	3,52
Ç1040	175	350	4760	3,68
Ç1040	150	300	6380	3,80
Ç1040	125	250	12000	4,09
Ç1040	100	200	29700	4,47
Ç1040	75	150	33500	4,52
Ç1040	50	100	57000	4,75

# YORULMA DENEYİ UYGULAMA



Ç1040 çeliğinin yorulma testinde elde edilen Wöhler diyagramı



Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

# PENETRASYON MUAYENE

# PENETRASYON MUAYENE

- Süreksizliklerin tespit edilmesinde kullanılan Tahribatsız malzeme muayene usullerinden biridir.



# PENETRASYON MUAYENE

**Süreksizlik:** Yapısal bütünlüğü bozan etkenlerdir.

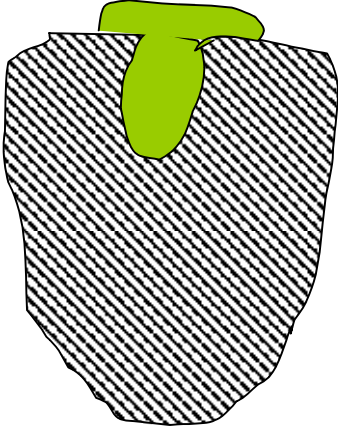
- Tabakalaşma
- Dövme Katmanları
- Yabancı madde Kalıntıları
- Çatlaklar
- Dikişler
- Gözenekler

Not: Penetrasyonla çok gözenekli malzemeler hariç tümü kontrol edilebilir.  
Metal ve metal olmayanlar muayene edilebilir.

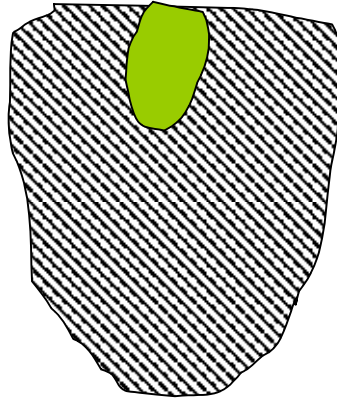
# PENETRASYON MUAYENE- Uygulanması

- Penetran sıvı, test edilecek **yüzeye yayılır**.
- Penetran sıvı **yüzey kusurlarına sızması** için bir süre beklenir.
- Belirlenen bu süre sonunda **yüzey temizlenir**.
- Yüzeye bir **Developer** toz tatbik edilir.
- Developer, bir **kurutma** kağıdı gibi hareket eder.
- Süreksizliklerin içindeki penetran sıvı tekrar yüzey çıkar.
- Penetran sıvı Developer ıslatır.

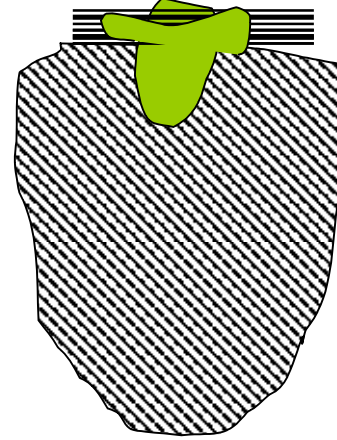
# PENETRASYON MUAYENE- Uygulanması



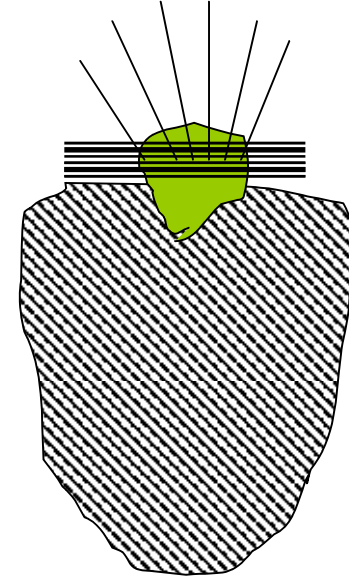
Penetran



Temizleme



Developer



Belirti

# PENETRASYON MUAYENE- Uygulanması

- Yüzey Temizliği
- Kusurun boyutları ve değerlendirme
- Yöntem dizaynı, süreksizlik olasılığı.
- Karar verme kriterleri



Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü

# SERTLİK

# Sertlik

- Malzemeler, bünyelerindeki alaşım elementlerine, bunların dağılımına, boyutlarına ve gördükleri ısı işlemlere göre farklı mekanik özelliklere sahiptir.
- Malzeme üretici ve tüketicileri ürettikleri veya kullandıkları malzemelerin mekanik özelliklerini bilmek zorundadır.
- Mekanik özellikler, iç yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında fikir verebilir. Kimyasal bileşimi, öngörülenden farklı olan bir malzemenin, mekanik özellikleri de farklı olacaktır.
- Mekanik özelliklerinin en önemlileri, çekme ve yorulma dayanımı, uzama oranı, kesit daralması, darbe dayanımı ve sertliktir.
- *Malzemelerin sertliğinin belirlenmesi, diğer mekanik özelliklerin belirlenmesine göre deney teçhizatın basit olması, deney süresinin kısa olması ve deneyin kolayca yapılabilmesi açısından endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.*

***Bir malzemenin sertliği, kendisinden daha sert bir cismin batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği dirençtir.***

# SERTLİK ÖLÇME METODLARI

- Malzemelerin elastik ve plastik davranışlarına göre değişik deney yöntemleri geliştirilmiştir. Bunun için uygulanan yönteme bağlı olarak, konik, piramit veya küresel standart bir uç malzemeye batırılır.

Sertlik ölçümü üç ayrı grupta toplanabilir.

- Statik Sertlik Ölçme - makine sanayinde
- Dinamik sertlik Ölçme- metal olmayan malzemeler
- Mikro sertlik-Akademik ölçümler ve Ar-Ge de



# Statik Sertlik Ölçme Yöntemleri

- **Brinell** sertlik ölçme yöntemi      *DIN 50351, TS 139*
- **Vickers** sertlik ölçme yöntemi      *DIN 50133, TS 207*
- **Rockwell** sertlik ölçme yöntemi      *DIN 50103, TS 140*

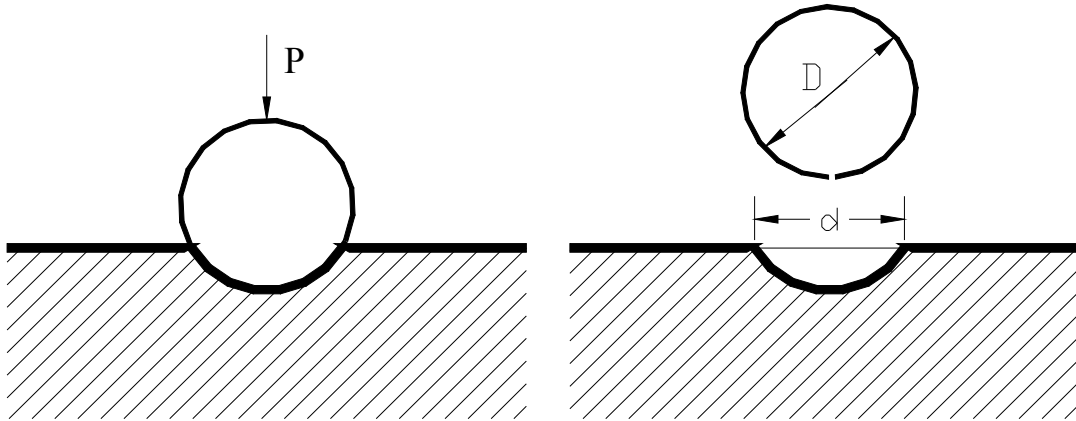
-Brinell ve Vickers yöntemleriyle malzemenin sertliği, uygulanan kuvvetin, batıcı ucun malzeme üzerinde oluşturduğu iz alanına bölünmesiyle bulunur.

-Rockwell yönteminde ise iz derinliği ölçülür. Bu metodun avantajı, sonucun doğrudan ölçme saatinde okunabilmesidir.

- Dezavantajı ise, Brinell ve Vickers yöntemlerine göre, sonuçların daha esnek olmasıdır.

# **Brinell** sertlik ölçme yöntemi

- Brinell yöntemleriyle sertlik ölçümünde, batıcı uç olarak **sert çelik bilye** veya sert metaller için sert **metal karbür** bilye kullanılır. (D) çapındaki bilye, belirli bir (P) yüküyle, sertliği ölçülecek numunenin yüzeyine batırılır. Bilye, numunenin üzerinden kaldırıldıktan sonra, oluşan izin küresel yüzey alanının (d) iz çapı ölçülür. Sertlik değeri, yükün malzeme yüzeyinde elde edilen iz alanına bölünmesiyle elde edilir.



P deney yükü  
D bilye çapı  
d iz çapı

# Brinell sertlik ölçme yöntemi

$$HB = \frac{P}{(\pi \cdot D/2) (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

*P* = uygulanan yük (kgf veya kg)

*D* = kullanılan bilye çapı (mm)

*d* = oluşan iz çapı (mm)

Brinell sertlik değeri, bu formülden elde edilebileceği gibi, belirli yük ve bilye çapları için hazırlanmış tablolardan, iz çapına karşılık gelen değer olarak da okunabilir.

Demir esaslı malzemelerin sertlik ölçümü için, çoğu zaman aşağıdaki yükler ve bilye çapları kullanılır.

# Brinell sertlik ölçme yöntemi

Bilye çapı (mm)	Uygulanan maksimum yük (çelik için)
10	29420 N veya 3000 kg.
5	7355 N veya 750 kg.
2.5	1840 N veya 187.5kg.
1	294 N veya 30 kg.

Uygulanan yükle bilye çapı arasındaki ilişki ( $K$ ) sabiti ve aşağıdaki bağıntı ile bulunur ve yük seçimi buna göre yapılır.

$$K = \frac{P}{D^2}$$

Burada  $K$ , sabittir ve malzeme grubuna göre değişir. Tablo-2'de  $K$  değerleri verilmiştir.

# ***Brinell*** sertlik ölçme yöntemi

## **Örnek-1**

Çelik esaslı malzemenin sertliğini, Brinell yöntemiyle ölçülecekse, tablo-2'den  $K=30$  olduğu görülür. 10 mm çapında bilye kullanırsak, uygulanacak yük;  
 $30 = P/10^2$  , Buradan,  $P = 30 * 100 = 3000$  kg bulunur (bak tablo-1).

## **Örnek-2**

Malzeme; Alüminyum,  
 $K = 5$

Bilye çapı=5mm  
Yük= 125 Kg bulunur.

## **Brinell bilye çapının belirlenmesinde kullanılan (K) değerleri**

<b>Malzeme</b>	<b>K Değeri</b>
Demir esaslı metaller	30
Bakır ve Bakır alaşımları	10
Alüminyum ve alaşımları	5
Kurşun, Kalay gibi hafif metaller	1

# Brinell sertlik ölçme yöntemi

- Numune boyutları uygun olduğu sürece, en büyük bilyenin kullanılması tercih edilir.
- Ölçüm alabilmek için, numunenin yüzeyini hafifçe parlatmak yeterlidir.
- Ölçüm alınacak yüzey, basınç yönüne dik olacak şekilde yerleştirilir.
- Yükleme sabit hızda ve darbesiz olarak, yaklaşık 10 saniye içinde maksimum değere yükseltilir. Yükün uygulama süresi, 10-15 saniyedir.
- Parçada izin oluşması, belirli bir alanın plastik (kalıcı) deformasyona uğratılmasıdır. Bu nedenle doğru sonuçlar elde edilmek için, izlerin merkezleri arasındaki mesafe iz çapının en az 4 katı olması tavsiye edilmektedir.
- Ayrıca numunenin dış kenarından izin merkezine olan uzaklıkta, iz çapının en az 2.5 katı olmalıdır. Muayene edilecek malzeme kalınlığı meydana gelen izin en az sekiz katı olmalıdır.

# Brinell sertlik ölçme yöntemi

- Brinell yöntemiyle sertlik ölçümü, özellikle döküm, ıslah edilmiş ve ısıtılmış işlem görmüş malzemelerde maksimum 450 HB kadar uygulanabilir.
- Brinell yönteminde, iz çapı diğer yöntemlere göre daha büyük olduğunu, mikro yapısı homojen olmayan malzemelerde, (örneğin gri dökme demir) doğru değerler elde edilebilmesini sağlar.
- Çok sert ve yumuşak malzemelerin sertliği, bu yöntemle ölçülmez.
- Brinell sertlik ölçüm neticesi standart biçimde, 180 HB 5/750 gibi gösterilir. Burada, 5 mm çaplı çelik bilye ile 7355 N veya 750 kg'lık yük 10-15 saniye uygulanarak, 180 HB'lik bir sertlik değeri elde edildiği anlaşılır.

*Örnek ;*

*450 HB 10 / 300 , bilye çapı:10 mm, Yük : 300 Kg, sertlik ise, 450 HB*

*`dir.*

# VICKERS SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Vickers yönteminde yük, 1.96 -980 N (0.2 -100 kg) arasındadır.
- Standart yükler ise 5, 10, 20, 30, 50, 100 kg dır.
- Bu yöntemde ölçümler, çelik bilyeler yerine kare tabanlı ve 136 derece tepe açılı bir elmas piramit uç kullanılarak yapılır.
- Numuneye bu uç bastırılarak, oluşan izin diyagonal boyları ölçülür ve bunların ortalaması hesaplanır.

Vickers sertlik değeri;

$$HV = \frac{1,854 \cdot P}{d^2} \text{ ( Kg / mm}^2\text{)}, \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

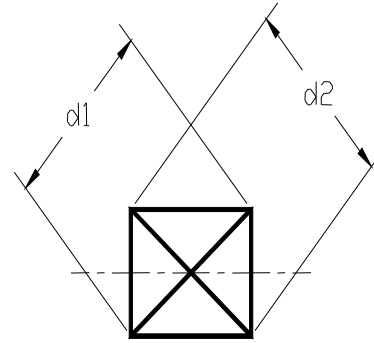
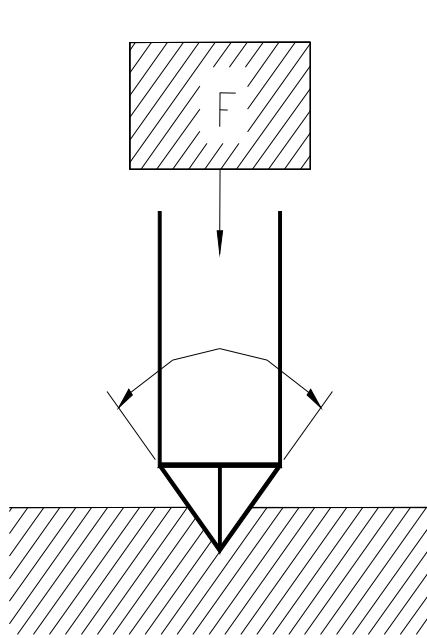
$P$  = Uygulanan Yük (Kg)

$d$  = Ortalama iz köşegeni (mm) bağıntısından hesaplanır.



# VICKERS SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- İnce parçaların veya yalnızca yüzey tabakaların sertliklerinin ölçülmesinde düşük yükler kullanılır. Vickers yönteminde iz çapı, Brinell yöntemine göre daha ufak olduğundan, numunenin kontrol yüzeyi daha ince parlatılmalıdır. Bu işlem sırasında numunenin ısınarak mikro yapıda değişime uğramaması önemlidir.



*Köşegenlerin aritmetik ortalaması*

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

*Kalın malzemeler için aşağıdaki yükler kullanılır.*

49 N veya 5 kg

294 N veya 30 kg

98 N veya 10 kg

490 N veya 50 kg

196 N veya 20 kg

980 N veya 100 kg

# VICKERS SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Numunenin kontrol yüzeyi, basınç yüzeyine dik olarak yerleştirildikten sonra, yükleme sabit hızla, darbesiz olarak yapılmalıdır.
- Yükün etkime süresi 10-15 saniyedir.
- Oluşan izde diyagonallerin boyları arasındaki fark, % 5 ten fazla olursa, bu değer, sağlıklı değildir. Ölçüm yenilenir
- İzin merkez noktasının numunenin kenarına veya diğer bir izin dış kenarına olan uzaklığı, iz köşegen uzunluklarının 2.5 katı olmalıdır.
- Numunenin kalınlığı köşegen uzunluklarının en az 1.5 katı olmalıdır.
- Ölçüm yapılırken numunede izin haricinde, bir başka şekil değişikliği olmamalıdır.
- Standart Vickers sertlik ölçme sonucu, 640 HV 30 şeklinde gösterilir. Bu, Vickers sertliğinin 640 olduğunu ve 294 N (30 kg) luk bir yükün 10-15 saniye etkidiğini belirtir.

# VICKERS SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Vickers yöntemiyle ince parçaların sertlik ölçümü, 1.96-49 N (0.2-5 kg) yükler arasında olmalıdır. Ölçüm yöntemi kalın parçalar için verilenin aynısıdır. Sadece oluşan izler daha küçüktür.
- Bu aralıkta uygulanabilen yükler aşağıda gösterildiği gibidir.

*1.96 N veya 0.2 kg*

*19.6 N veya 2 kg*

*2.94 N veya 0.3 kg*

*29.4 N veya 3 kg*

*4.9 N veya 0.5 kg*

*49 N veya 5 kg*

- Vickers yöntemi daha çok sert parçalarda, şekil değiştirme bölgelerinde, kaynak yerlerinde veya doku unsurlarının sertlik analizinde uygulanır.
- Oluşan izlerin boyutları bir mikroskop vasıtasıyla ölçülür. Binde bir milimetrelilik iz çaplarındaki okuma hataları, sertliğin değerinde büyük farklar yaratacağından oldukça hassas bir çalışmayı gerektirir.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Rockwell sertlik ölçme yöntemi uygulamada en yaygın kullanılan yöntemdir.
- Brinell ve Vickers yöntemlerinde elde edilen izin alanı önemli olurken, Rockwell yönteminde ise izin derinliği esas alınır.
- Bu derinliğe karşılık gelen 0-100 arasında boyutsuz bir sayı, sertlik değeri olarak kabul edilmektedir.
- Farklı deney koşullarında, elde edilen sertlik deney sonuçları **HRC**, **HRA**, **HRB** vb. gibi simgelenir.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

## Rockwell sertlik tipleri, uç, yük ve uygulama alanları

Tipi	Batıcı uç	Yük(N)	Uygulama Alanı
A	Elmas Koni	590	Sert, sertleştirilmiş ve ince parçalar
B	Çelik bilye(1,588mm)	980	Sertleştirilmemiş çelik, Al, Cu gibi metaller
C	Elmas Koni	1470	Sertleştirilmiş çelik ve alaşımlar(kalın),
D	Elmas Koni	980	İnce ve sert metaller
E	Çelik bilye(3,175mm)	980	Dökme demir, Al, Mg alaşımları
F	Çelik bilye(1,588mm)	590	Yumuşak plakalar
G	Çelik bilye(1,588mm)	1470	Dövülebilir demir, Fosfor, Bronz
H	Çelik bilye(3,175mm)	590	Yumuşak malzemeler, Pb, Zn
K	Çelik bilye(3,175mm)	1470	Al, Mg ve alaşımları
L	Çelik bilye(0,650mm)	590	Termoplastikler
M	Çelik bilye(0,650mm)	980	Termoplastikler
P	Çelik bilye(0,650mm)	1470	Termosetting plastikler
R	Çelik bilye(12,70mm)	590	Çok yumuşak plastik ve kauçuk
S	Çelik bilye(12,70mm)	980	-
V	Çelik bilye(12,70mm)	1470	-

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- HRC ve HRA yöntemleriyle sertlik ölçümünde batıcı uç olarak, 120 derece tepe açılı konik elmas bir uç kullanılır.
- Batıcı uç iki yükleme kademesiyle numuneye bastırılır.
- Ön yükleme ile yüzey etkileri telafi edilir.
- Ardından esas yük, 4-8 saniyede darbesiz olarak yapılır.
- Plastik deformasyon durduktan sonra, tekrar ön yükleme düzeyine dönülür.
- Net iz derinliği, ön yüklemdeki iz derinliği ve esas yükleme kaldırıldıktan sonra elde edilen iz derinlikleri arasındaki farktır.
- Rockwell sertlik değeri ise, bu farkla ters orantılı bir sayıdır.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Skaladaki 1 ila 100 arasındaki verilen her bir Rockwell birimi (2 $\mu$ m) bir batma derinliğine karşılık gelir.
- Sertlik skalası 100 birim aralığı bölünmüş olduğundan toplam iz derinliği, maksimum 200 mikron ya da 0.2 mm dir.
- Malzemenin sertliği ile iz derinliği ters orantılı olduğundan, sert malzemelerde iz derinliği az, yumuşak malzemelerde ise yüksektir.
- Sonuç olarak, Rockwell sertlik değeri iz derinliğinin 100'den farkı olarak elde edilir.  
Örneğin 60 HRC,  $100-60=40$  birime, buda  $40 \times 2=80$  mikron batma derinliğine karşılık gelir.
- Rockwell yönteminde numune kalınlığı, batma derinliğinin en az 10 katı olmalıdır.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Batıcı uç olarak 1/16 inc çapında çelik bilye ve 100 kg'lık toplam yük kullanıldığında sonuçları HRB olarak elde edilir.
- HRN, yüzey sertliği ölçmek için geliştirilmiştir. Bu yöntemde göre sertlik ölçme, yay saçları gibi ince tabakalı parçalarda daha düşük yükler kullanılır. Ölçüm yöntemi, HRC ve HRA ölçümüne benzerdir. Yüzey sertlik ölçme tipleri aşağıdaki gibidir



# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

## YÜK VE BATICI UÇ SEÇİMİ

- Her iki tablodan (tablo-1 ve 2) görüldüğü gibi, **yük parçanın kalınlığına, uç ise, parçanın sertliğine bağlı olarak seçilir.**
- Parça kalın ise, 100,150N gibi en büyük standart yük seçilir. Parça ince ise, 60 N gibi, standart küçük seçilir. Parçanın yüzey sertliği ölçülecek ise, kalınlığa bağlı olarak aynı mantıkla 15, 30 veya 45 N standart yük seçilir.
- Batıcı uç ise, parçanın sertliğine göre seçilir. Eğer parça sert veya sertleştirilmiş ise, elmas uç seçilmelidir.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

## Rockwell yüzey sertliği ölçme yöntemleri

Rockwell Tipi	Batıcı uç	Yük (Kg)	Kullanıldığı yer
15-N	Elmas koni	15	Sert, çok ince kabuk
30-N	Elmas Koni	30	Sert, çok ince
45-N	Elmas koni	45	Sert, ince
15-N	Çelik bilye(1,588mm)	15	Yumuşak, çok ince
30-N	Çelik bilye(1,588mm)	30	Yumuşak, çok ince
45-N	Çelik bilye(1,588mm)	45	Yumuşak, ince

- Eğer yük ve uç seçiminde hata yapılırsa, ölçme değeri ya 100 üstünde ya da 20'nin altında bulunur. Rockwell sertlik değeri, 20-90 arasında olmalıdır.
- Sertlik ölçmek için standart sertlik tabloları hazırlanmıştır. Bu tablolar doğru ölçme yapabilmek için son derece önemlidir ve mutlaka sertlik cihazının yanında bulunmalıdır.

# ROCKWELL SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMİ

- Eğer yük ve uç seçiminde hata yapılırsa, ölçme değeri ya 100 üstünde ya da 20'nin altında bulunur.
- Rockwell sertlik değeri, 20-90 arasında olmalıdır.
- Sertlik ölçmek için standart sertlik tabloları hazırlanmıştır.
- Bu tablolar doğru ölçme yapabilmek için son derece önemlidir ve mutlaka sertlik cihazının yanında bulunmalıdır.

# ENDÜSTRİYEL DİNAMİK SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

- Sertliğin belirlenmesinde, statik sertlik ölçme yöntemlerinin dışında, endüstriyel sertlik ölçme yöntemleri olarak tanımlayabileceğimiz ve sıçrama prensibiyle çalışan cihazlar da kullanılmaktadır.
- Bu yöntemde, malzeme yüzeyine belirli bir hızla veya belirli bir yükseklikten bırakılan küçük bir ağırlığın (bilye) yüzeyden geriye sıçrama yüksekliği ya da sıçrama hızı esas alınmaktadır.
- Bilyenin sıçrama yüksekliği malzemenin yüzey sertliğine bağlıdır ve sert malzemelerde bilye daha yükseğe sıçrar.

# ENDÜSTRİYEL DİNAMİK SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

- Sıçrama yüksekliğini esas alan cihazların içinde en yaygını **Shore Skleroskobu**'dur.
- Bu yöntemde bir ağırlık, bir tüp içinde belirli bir ( $h_u$ ) yüksekliğinde numune yüzeyine düşürülür ve ağırlığın numuneye çarpmasından sonraki ( $h_r$ ) sıçrama yüksekliği ölçülür ve sertlik değeri tespit edilir.
- Diğer bir yöntemde ise bilyenin numune yüzeyine çarpmadan önceki ve sonraki hızları ölçülerek, sertlik değeri olarak karşılığı bulunur.
- Kullanıcılara ışık tutmak gayesi ile, sertliklerin birbirine dönüşüm cetveli çıkartılmıştır.