

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**LABORATUVAR FÖYÜ**

**ÇEKME DENEYİ**

**Doç. Dr. Mustafa ASLAN**

**Arş. Gör. Serhatcan Berk AKÇAY**

**Mart 2022**

**TRABZON**

## İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ.....	II
1. GİRİŞ .....	1
1.2. Deformasyon .....	1
1.2.1. Elastik Deformasyon .....	1
1.2.2. Plastik Deformasyon .....	2
2. ÇEKME-KOPMA DENEYİ .....	2
2.1. Akma Dayanımı .....	3
2.2. Çekme Dayanımı.....	4
2.3. Elastiklik Modülü.....	5
2.4. Birim Şekil Değiştirme ( $\epsilon$ ) .....	5
2.5. Tokluk .....	6
2.6. Rezilyans .....	6
3. DENEY UYGULAMA TALİMATI.....	7
3.1. Deneyin Yapılışı.....	7
3.2. Deneyde Kullanılacak Malzemeler .....	8
4. DENEY RAPORUNDA İSTENİLENLER .....	8
5. KAYNAKLAR.....	8

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Atomlar arası yay şeklindeki bağlar (T. Savaşkan, 2007). .....	2
Şekil 2. Gerilme-Uzama Grafikleri .....	3
Şekil 3. Belirgin akma göstermeyen malzemelerde akma dayanımının belirlenmesi.....	4
Şekil 4. Elastiklik modülü ve sıcaklık arasındaki ilişki .....	5
Şekil 5. Tokluk şematik gösterimi.....	6
Şekil 6. Rezilyans şematik gösterimi. ....	7

## **1. GİRİŞ**

Malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri, malzeme seçimi aşamasında oldukça büyük bir öneme sahiptir. Malzemelerin mekanik özellikleri, malzemelerin sahip oldukları iç yapı özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Malzemelere uygulanan kuvvetler altında oluşan deformasyon ve malzemelerin kırılması tamamen malzemelerin yapısına bağlıdır (Pelleg, 2013). Malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çok farklı testler mevcuttur. Bu yöntemlerden bir tanesi de malzemenin dayanımını belirlemek için uygulanan mühendislik test yöntemlerinden biri olan çekme-kopma deneyidir. Bu deney vasıtasıyla malzemenin geçici ve kalıcı şekil değişimine karşı gösterdiği direnç kolaylıkla belirlenebilir. Çekme deneyi, mekanik özelliklerin belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bunun nedeni, çekme deneyi çekme deneyiyle malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi ve bu sonuçların mühendislik uygulamalarında ve hesaplarında doğrudan kullanılabilir olmasıdır.

Bu deneyin amacı, farklı malzeme türlerinden üretilmiş olan deney numunelerinin sergilemiş olduğu mekanik özelliklerin tespit edilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Bu deney sonucunda, sahip oldukları dayanım özelliklerine göre malzemelerin hangi alanlarda kullanılabileceği ya da kullanılmayacağı konularında mühendislik bakış açısıyla yorum yapmak mümkün olmaktadır.

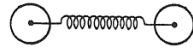
### **1.2. Deformasyon**

Bir metale veya başka bir malzemeye yeterli kuvvetin uygulanması, malzemenin şeklinin değişmesine sebep olur. Bu şekil değişikliği, deformasyon olarak adlandırılır. Malzemeler, üzerlerine etkiyen kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak iki farklı şekilde deformasyona uğramaktadırlar. Bu deformasyon türleri elastik deformasyon ve plastik deformasyon olarak isimlendirilmektedirler. Bunlara ek olarak anelastik deformasyon adı verilen üçüncü bir deformasyon çeşidi de bulunmaktadır. Ancak bu doküman içerisinde anelastik deformasyon ile ilgili bir açıklama yapılmayacaktır (Polat, 2017; T. Savaşkan, 2007).

#### **1.2.1. Elastik Deformasyon**

Bütün malzemeler belirli bir yük ve gerilme altında şekil değiştirmeye maruz kalırlar. Ancak bu şekil değişimi geçici ya da kalıcı olarak değişiklik göstermektedir. Elastik deformasyon adı verilen deformasyon türü, geçici şekil değiştirme olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, bir malzemeye etkiyen kuvvetler ortadan kaldırıldığında malzeme

başlangıçtaki şekline geri dönüyorsa bu şekil değişimi elastik şekil değişimi, ortaya çıkan deformasyon da elastik deformasyon olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle sürekli geometrisini koruması istenilen parçaların üretiminde güvenliği sağlamak amacıyla uygulanacak kuvvetlerin akma mukavemetini geçmemesi önerilmektedir. Elastik şekil değiştirme işleminin daha iyi anlaşılması amacıyla malzemeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların bir yay görevi gördüğü ve uygulanan deformasyona bağlı şekil değişimi sırasında kopmanın gerçekleşmediği düşünülebilir. Şekil 1 atomlar arası bağın yay şeklinde davranmasını örneklemektedir (T. Savaşkan, 2007).



Şekil 1. Atomlar arası yay şeklindeki bağlar (T. Savaşkan, 2007).

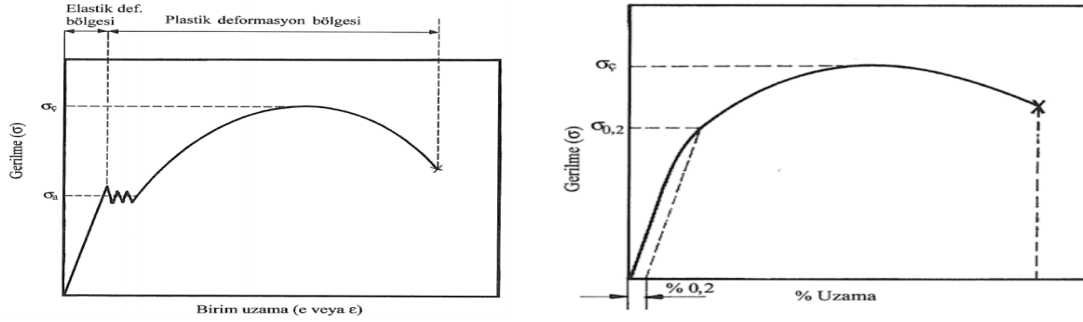
### 1.2.2. Plastik Deformasyon

Malzemenin iç yapısında meydana gelen dislokasyonların kaymaya başlamasıyla meydana gelen deformasyon çeşidi plastik deformasyon olarak isimlendirilmektedir. Basit bir ifadeyle, malzemeye etkiyen kuvvet kaldırılrsa dahi malzemenin artık ilk şekline geri dönemediği kalıcı şekil değişimi plastik şekil değişimi olarak isimlendirilir. Elastik şekil değişimi sırasında atomlar arasında yay şeklinde olduğu düşünülen bağlar, plastik deformasyon sırasında koparak atomların eski konumlarına geri dönememelerine sebep olur. Bu nedenle kalıcı bir şekil değişimi meydana gelir. Plastik deformasyon sınırlarının da aşılmasıyla malzeme kopma/kırılma ile sonuçlanan hasar ile karşı karşıya kalmaktadır (Maktoloji.com, 2022).

## 2. ÇEKME-KOPMA DENEYİ

Çekme-kopma deneyi, malzemelerin dayanım özelliklerini belirlemek ve belirlenen özelliklere göre malzemeleri sınıflandırmak amacıyla kullanılan bir mühendislik deneyidir. Çekme deneyi için farklı malzeme gruplarının ait dünya çapında yetkili organizasyonlar (ASTM, DIN, ISO vb.) tarafından belirlenmiş deney prosedürleri bulunmaktadır. Deney sırasında, standartlara göre hazırlanan çekme numunesine uygulanan kuvvet ya da gerilme ile meydana gelen uzama değerleri kaydedilir (ASTM, 2008). Malzemenin mekanik özelliklerini ortaya çıkarmak için en yaygın kullanılan deney Çekme Deneyidir. Bu deneyden elde edilen sonuçlar

mühendislik hesaplarında doğrudan kullanılabilir. Bu deney sonucunda kuvvet (F) ve Uzama ( $\Delta l$ ) eğrisi elde edilir. Elde edilen diyagramda X-ekseni % Uzama, Y-ekseni ise Gerilme olarak isimlendirilmektedir. Y-ekseni yani Gerilme eksenini akma dayanımı noktası, çekme dayanımı noktası ve kopma dayanımı noktası olmak üzere üç farklı noktayı içermektedir. Şekil 3, tipik gerilme-uzama grafiklerini göstermektedir.



Şekil 2. Gerilme-Uzama Grafikleri

Çekme deneyi sonrasında malzeme/malzemelere ait aşağıdaki bilgiler elde edilebilir:

- Akma dayanımı (Yield strength),
- Çekme dayanımı (Tensile strength),
- Uzama (Elongation),
- Kesit daralması (Reduction in cross-section),
- Tokluk (Toughness),
- Elastiklik modülü (Elastic modulus),
- Rezilyans.

## 2.1. Akma Dayanımı

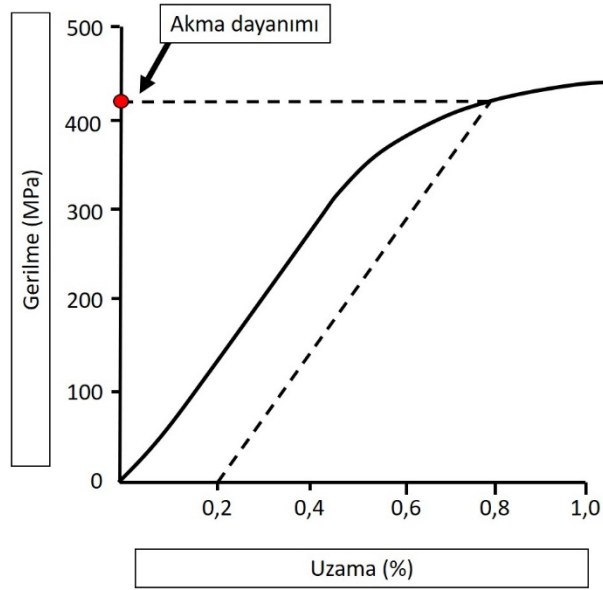
Akma dayanımı, uygulanan çekme kuvvetinin malzemenin kalıcı şekil değişimine izin verme sınırına kadar gösterilen direnci ifade eder. Başka bir deyişle, malzemelerin kalıcı şekil değiştirmeye başladığı dayanım noktası olarak da hesaplanabilir. Yani bir malzeme akma dayanımı noktasına kadar deforme edildiğinde kalıcı olmayan (elastik) deformasyon gözlemlenir. Ancak, akma dayanımının üzerindeki deformasyon uygulamalarında malzeme kalıcı olarak şekil değiştirmeye başlar ve buna plastik deformasyon denir. Akma dayanımı " $\sigma_a$ " ya da " $\sigma_{akma}$ " olarak sembolize edilmektedir.

$$\sigma_a = F_a/A_0 \quad (1)$$

$A_0$  = Deformasyon öncesi kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

$F_a$  = Kuvvet (N)

Malzemelerde akma dayanımı belirgin olan ve belirgin olmayan akma dayanımı olarak ikiye ayrılmaktadır. Belirgin olmayan akma dayanımı gösteren malzemelerde akma dayanımının belirlenmesi için mühendislik çekme diyagramı üzerinden %0,2 uzama eksenine denk gelen noktadan çekme eğrisine paralel bir çizgi çekilmelidir. Çekilen bu paralel çizginin deformasyon eğrisini kestiği nokta akma dayanımı noktası olmaktadır. Bu durum Şekil 3. ile gösterilmiştir.



Şekil 3. Belirgin akma göstermeyen malzemelerde akma dayanımının belirlenmesi

## 2.2. Çekme Dayanımı

Bir malzemenin kopmadan dayanabileceği en yüksek dayanım noktasına çekme dayanımı denir. Çekme dayanımı “ $\sigma_{\text{ç}}$ ” ya da “ $\sigma_{\text{çekme}}$ ” olarak sembolize edilmektedir.

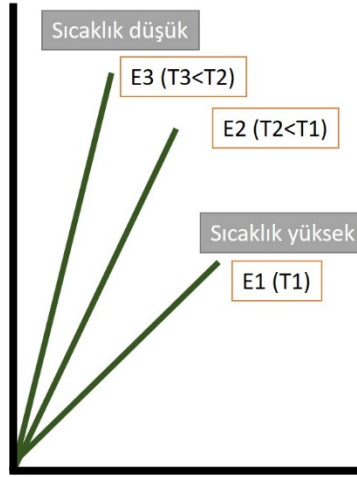
$$\sigma_{\text{ç}} = F_{\text{ç}}/A_0 \quad (2)$$

Çekme dayanımı ile akma dayanımı oranı malzemelerin şekillendirilebilirlik kabiliyetleri hakkında bilgi vermektedir.  $\sigma_a/\sigma_{\text{ç}}$  oranı şekillendirilebilirlik özelliği yüksek kabul

edilen sünek çelikler için neredeyse 0,66 olarak hesaplanırken, yüksek sertliğe sahip malzemelerde başka bir deyişle şekillendirilebilirliği düşük malzemelerde 1'e yakın olarak hesaplanmaktadır.

### 2.3. Elastiklik Modülü

Elastiklik modülü, malzemenin dayanımının (mukavemetinin) bir ölçüsüdür. İngilizce karşılığı Young Modülüdür. Bir malzemenin elastiklik modülü ne kadar büyük ise bu malzeme o kadar dayanıklı ve şekil değişimine karşı o kadar dirençli demektir. Birim uzama başına oluşan gerilme miktarını gösterir. Kimyasal bileşim ve sıcaklık elastiklik modülünü etkileyen parametrelerdir. Artan sıcaklık ile birlikte elastiklik modülü azalmaktadır. Bu durum Şekil 4 ile örneklendirilmiştir.



Şekil 4. Elastiklik modülü ve sıcaklık arasındaki ilişki

Şekil 4 incelendiğinde artan sıcaklığın elastiklik modülünü düşürdüğü görülmektedir. Şekil 4'de bulunan T1 sıcaklığı en yüksek sıcaklık olmak üzere  $T1 > T2 > T3$  olarak sıralanmaktadır. Görüldüğü üzere en yüksek elastiklik modülü T3 sıcaklığında ortaya çıkmıştır.

### 2.4. Birim Şekil Değişirme ( $\epsilon$ )

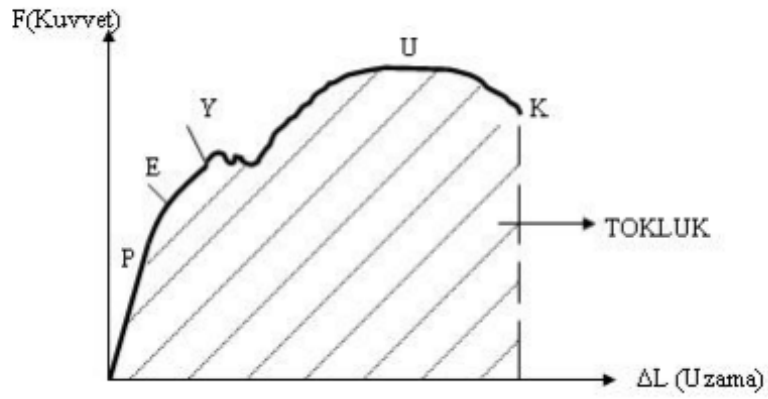
Malzemeye kuvvet uygulandığı zaman oluşan boy değişiminin kuvvet uygulanmadan önceki ilk boy oranıdır. Denklem 3, birim şekil değişirmenin hesaplama formülünü göstermektedir.



$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \quad (3)$$

## 2.5. Tokluk

Tokluk, malzemenin kopana dek absorbe ettiği toplam enerjiyi ifade eder.  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinin altında kalan alana eşittir. Sünek malzemelerin tokluğu gevrek malzemelere göre daha yüksektir çünkü sünek malzemeler daha yüksek uzama göstermektedirler. Denklem 4, tokluğun hesaplanması için gerekli formülü göstermektedir.

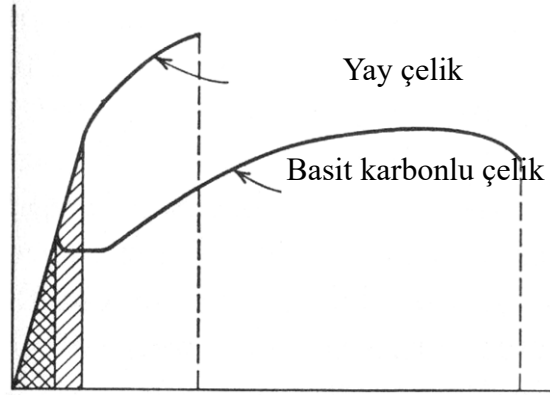


Şekil 5. Tokluk şematik gösterimi.

$$Tokluk = \int \sigma \cdot d\varepsilon \quad (4)$$

## 2.6. Rezilyans

Malzemenin elastik şekil değişimi sırasında depoladığı enerjidir.  $\sigma - \varepsilon$  eğrisinde elastik bölgenin altında kalan alana eşittir. Tokluktan farklı olarak rezilyans, malzemelerin sadece elastik şekil değişimi bölgesinde absorbe ettiği toplam enerjiyi ifade etmektedir. Şekil 6 rezilyans teriminin şematik olarak gösterimini ifade etmektedir. Şekil 6 incelendiğinde basit karbonlu çelik ve yay çeliği olmak üzere iki farklı malzemenin gerilme-uzama diyagramı görülmektedir. Denklem 5 rezilyansın hesaplanması için gerekli formülü göstermektedir.



Şekil 6. Rezilyans şematik gösterimi.

$$U_p = \int_0^{\epsilon_e} \sigma \cdot d\epsilon = \frac{\sigma_e \cdot \epsilon_e}{2} \quad (5)$$

### 3. DENEY UYGULAMA TALİMATI

#### 3.1. Deneyin Yapılışı

Yapılacak olan çekme deneyi için daha önce hazırlanmış olan düşük karbonlu çelik, demir dışı metal alaşımı ve polimer esaslı üç farklı numune türü sırasıyla çekme testine tabi tutulur. Çekme deneyi sonuçları karşılaştırılarak üç malzeme türünün mekanik özelliklerine göre kullanım alanları belirlenir.

İlk olarak başlangıç malzemelerinin kesit özellikleri kumpas yardımıyla ölçülür ve not edilir. Not edilen bu değerler test sırasında çekme cihazının arayüz programına işlenecek ve deney sonucunda bilgisayar programı tarafından uygulanan kuvvete göre elde edilen dayanım değeri hesaplanarak grafik haline getirilecektir.

### **3.2. Deneyde Kullanılacak Malzemeler**

- Düşük karbonlu çelik test numunesi
- Demir dışı metal alaşımı test numunesi
- Polimer esaslı test numunesi
- Universal çekme test cihazı (MTS)
- Çekme test bilgisayarı
- Kumpas

### **4. DENEY RAPORUNDA İSTENİLENLER**

- Deney raporu çekme deneyinin teorik bilgiler kısmına kısaca değinerek başlamalıdır.
- Yapılan deneyler sonrasında tüm öğrencilere test numunelerinin geometrik bilgileri ve kuvvet değerleri verilecektir. Bu verileri kullanarak gerekli dayanım hesaplamalarının yapılması istenmektedir.
- Yapılan deneyler neticesinde üç farklı malzeme türüne ait dayanım değerlerinin neden farklı olarak hesaplandığı, malzemelerin çekme deneyi sonrasında belirlenen özelliklerinin mühendislik alanında nasıl kullanılabilceği konusunda açıklamalar yapılmalıdır.

### **5. KAYNAKLAR**

ASTM. 2008. "Astm E8". Annual Book of ASTM Standards, *i*.

Maktoloji.com. 2022. "Elastik ve Plastik Deformasyon (Şekil Değişirme)". Tarihinde 04 Mart 2022, adresinden erişildi <https://www.maktoloji.com/2018/10/elastik-ve-plastik-deformasyon-sekil.html>

Pelleg, J. 2013. "Mechanical properties of materials". Solid Mechanics and its Applications, 190, 1–634.

Polat, Ş. 2017. "Malzemelerin Deformasyonu".

T. Savaşkan. 2007. "Malzeme bilgisi ve muayenesi". Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, 159–265.

<https://www.instron.com.tr/our-company/library/glossary/p/plastic-deformation>

<https://ninova.itu.edu.tr/tr/dersler/kimya-metalurji/1600/mal-201/ekkaynaklar?g160200>

<https://docplayer.biz.tr/59937230-Dislokasyon-hareketi-sonucu-olusan-plastik-deformasyon-sureci-kayma-olarak-adlandirilir.html>

<https://prezi.com/gx5eoojp22ke/plastik-deformasyon/>

[http://mm.ksu.edu.tr/depo/belgeler/ks%C3%BC%20%C3%A7ekme%20\(1\)\\_1702221612397020.pdf](http://mm.ksu.edu.tr/depo/belgeler/ks%C3%BC%20%C3%A7ekme%20(1)_1702221612397020.pdf)