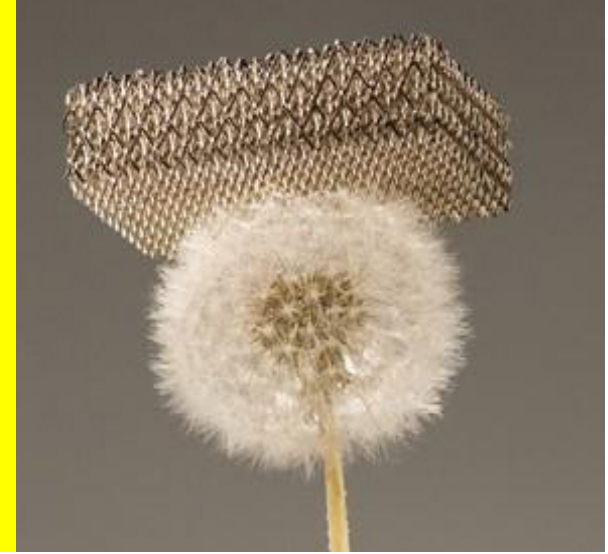
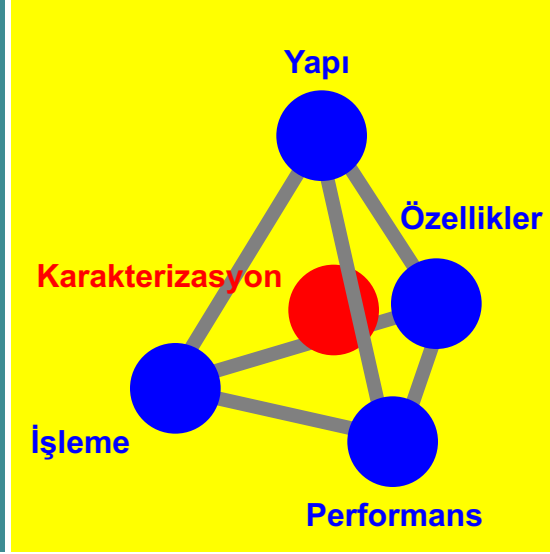
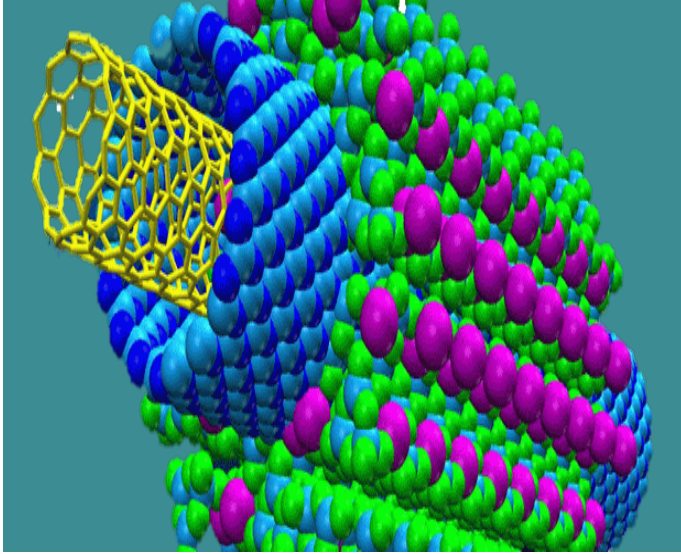


FZM 220

Malzeme Bilimine Giriş



Prof. Dr. İlker DİNÇER

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Fizik Mühendisliği Bölümü

Ders Hakkında

FZM 220 Malzeme Bilimine Giriş Dersinin Amacı

Bu dersin amacı, fizik mühendisliği öğrencilerine, malzemelerin yapısal özellikleri ile mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri tanıtmak ve tasarımlarındaki malzeme seçiminin önemini lisans düzeyinde öğretmektir.

Dersin İçeriği

Hafta	Konu
1. Hafta	Giriş: Malzeme Bilimi ve Mühendisliğinin Önemi (<u>Ön Çalışma: Dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
2. Hafta	Atomal Yapı ve Atomlararası Bağ-1 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
3. Hafta	Atomal Yapı ve Atomlararası Bağ-2 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
4. Hafta	Katılarda Kristal Yapılar-1 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
5. Hafta	Katılarda Kristal Yapılar-2 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
6. Hafta	Katılarda Kusurlar (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
7. Hafta	Katılarda Kusurlar-2 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
8. Hafta	Vize Sınavı (<u>Ön Çalışma: Önceki haftaların konularını gözden geçirip Vize Sınavına hazırlanınız.</u>)
9. Hafta	Yayınma-1 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
10. Hafta	Yayınma-2 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
11. Hafta	Metallerin Mekanik Özellikleri-1 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
12. Hafta	Metallerin Mekanik Özellikleri-2 (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
13. Hafta	Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)
14. Hafta	Hasar (<u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u>)

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Giriş

- Malzemelerin çoğu **kuvvet** ya da **yükler altında** çalışırlar. Bu gibi durumlarda, malzeme özelliklerinin bilinmesi ve bu malzemelerden üretilen parçanın **aşırı deformasyon oluşturmayacak ve kırılmayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.**
- Malzemenin mekanik davranışı, uygulanan yüke veya kuvvete karşı malzemenin gösterdiği direnci ya da deformasyonu yansıtır.
- **Rijitlik**, **dayanım (mukavemet)**, **sertlik** ve **süneklik** tasarımda kullanılan **temel parametrelerdir.**
- Malzemelerin mekanik özellikleri, titiz bir şekilde tasarlanmış ve mümkün mertebe gerçek çalışma koşullarına yakın laboratuvar deneyleri ile belirlenir.
- Bu deneylerde, yükün türü, **uygulama süresi** ve **çevre koşulları** dikkate alınır.
- Uygulanan yük, **çekme**, **basma** veya **kayma türünde**, büyüklüğü ise **sabit** veya **zamanla sürekli** değişken olabilir.
- Ayrıca **yükün uygulanma süresi** 1 s'de olabilir yıllarca da sürebilir.
- **Çalışma koşulları**, yani **ortam sıcaklığı** da önemlidir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Giriş

- Mekanik özellikler, malzeme üreticileri ile tüketicileri, araştırma ve devlet kuruluşları gibi çeşitli tarafların farklı açılardan ilgilendikleri bir konudur.
- Bu deneylerin yapılması ve yorumlanması konusunda fikir birliğine varılmış ortak bir tazin kullanılması zorunludur.
- Bunun için standartlaştırılmış deney tekniklerinin kullanılması gerekmektedir.
- Bu bölümde, metallerin mekanik özellikleri incelenecektir. Gerilme-Birim Şekil Değişimi davranışları ve ilgili mekanik özellikleri ele alınacaktır.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Giriş

- Mekanik tasarım ve imalat sırasında malzemelerin mekanik davranışlarının bilinmesi çok önemlidir. **Başlıca mekanik özellikler:**
 - **Çekme/basma** (tensile /compression)
 - **Sertlik** (hardness)
 - **Darbe** (impact)
 - **Kırılma** (fracture)
 - **Yorulma** (fatigue)
 - **Sürünme** (creep)

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Giriş

- Malzemelerin mekanik yükler altındaki davranışlarına “Mekanik özellikler” adı verilir.
- Mekanik özellikler esas olarak atomlar arası bağ kuvvetlerinden kaynaklanır.
- Ancak bunun yanında malzemenin iç yapısının (Mikroyapı) da etkisi vardır. Bu sayede iç yapıyı değiştirerek aynı malzemede farklı mekanik özellikler elde etmek mümkün hale gelir.
- Metallerin mekanik özellikleri çeşitli yükleme şartlarında, çeşitli deney parçaları ile incelenir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

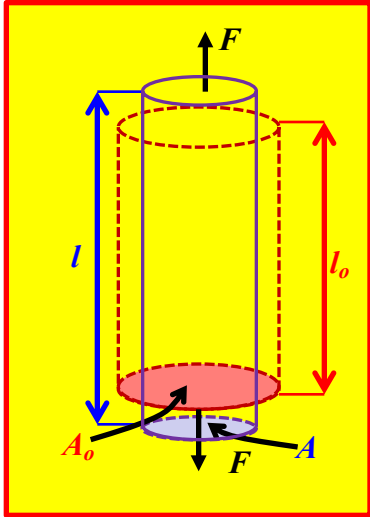
Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları

- Yük (kuvvet), statik ya da zamanla çok az değişiyor ve parçanın kesit alanına veya yüzeyine üniform şekilde uygulanıyorsa, malzemenin mekanik davranışı gerilme-birim şekil değiştirmenin elde edileceği basit bir deney ile belirlenir.
- Metaller, için daha çok oda sıcaklığında yapılan **bu deneyler**, yük çekme, basma ya da kayma olmak üzere **3 farklı şekilde** uygulanabilir.
- Mühendislik uygulamalarında çoğu zaman **yükleme** durumu saf kaymadan çok burulma şeklinde olmaktadır.

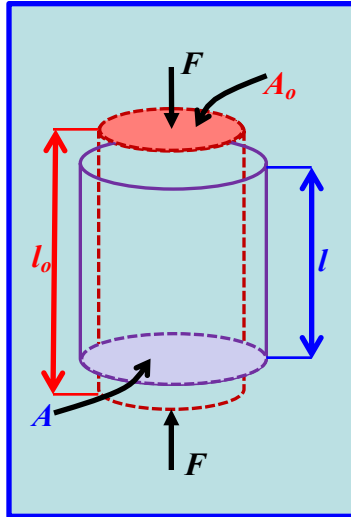
6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları

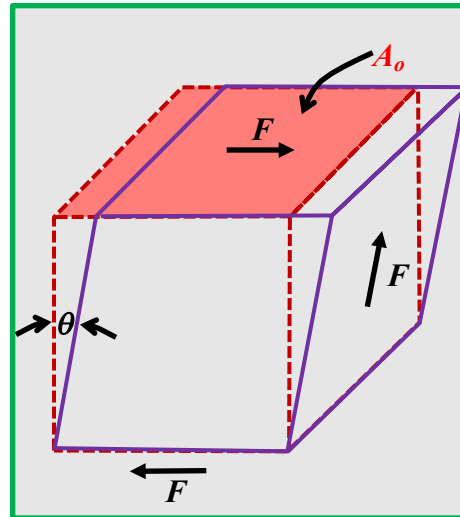
- Metaller, için daha çok oda sıcaklığında yapılan **bu deneyler**, **yük çekme**, **basma** ya da **kayma** olmak üzere **3 farklı şekilde** uygulanabilir.
- Mühendislik uygulamalarında çoğu zaman **yükleme** durumu saf **kaymadan** çok **burulma** şeklinde olmaktadır.



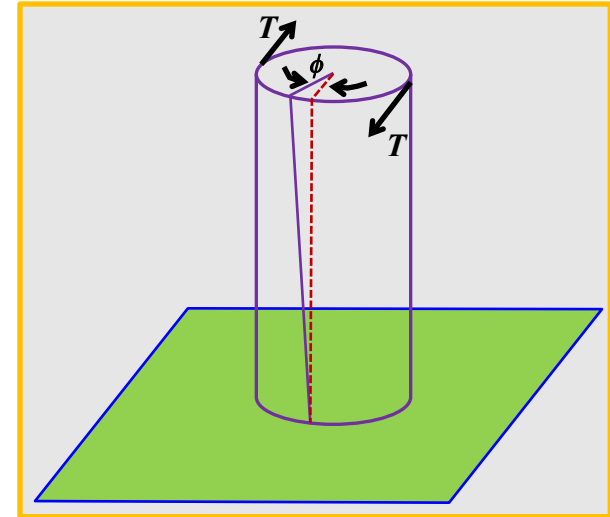
Çekme yükü altında oluşan uzama ve artı birim şekil değişimi.



Basma yükü altında oluşan kılma ve eksi birim şekil değişimi.



gamma kayma birim şekil değişimi.
 $\gamma = \tan \theta$.

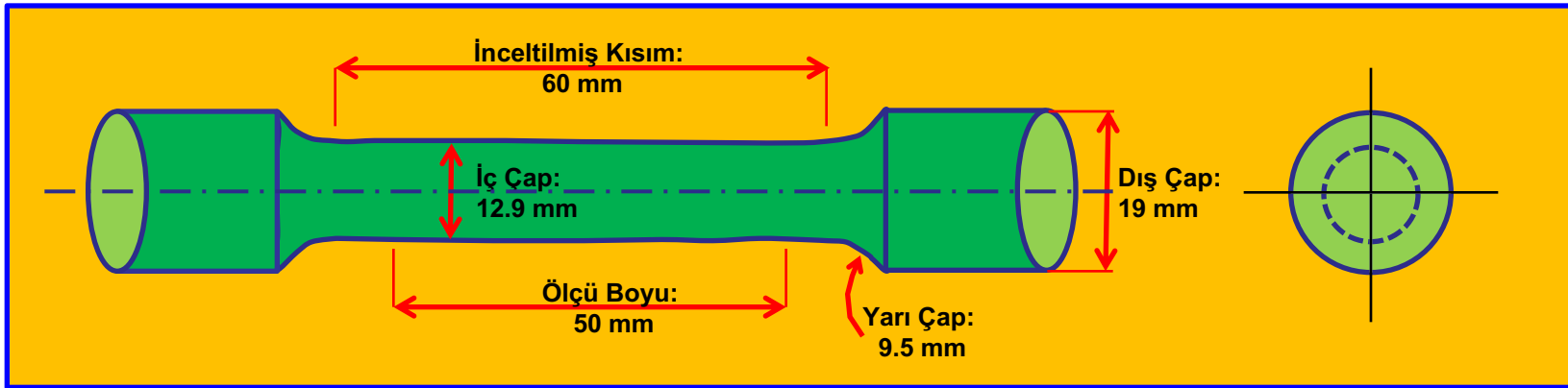


Uygulanan bir T burulma momentinin neden olduğu **burulma deformasyonunun** (dönme açısı ϕ) şematik gösterimi.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Çekme Deneyi

- **Çekme deneyi**, gerilme-birim şekil değişimi verilerinin elde edilmesi için uygulanan en yaygın deneylerden biridir.
- Deney sırasında numune, ekseni doğrultusunda yavaşça artan şekilde uygulanan bir yükün etkisi altında çoğunlukla kırılana kadar şekil değiştirir.
- Aşağıdaki şekilde standart bir **çekme** numunesi gösterilmiştir.
- Deney sırasında deformasyonun numunenin uzunluğu boyunca üniform kesit alanına sahip olan ince kesitli kısmında meydana gelmesi ve numunenin çeneleri tarafından tutulan uç kısımlarında oluşma olasılığını azaltmak için orta kısmı daha ince olan bir numune şekli seçilmiştir.

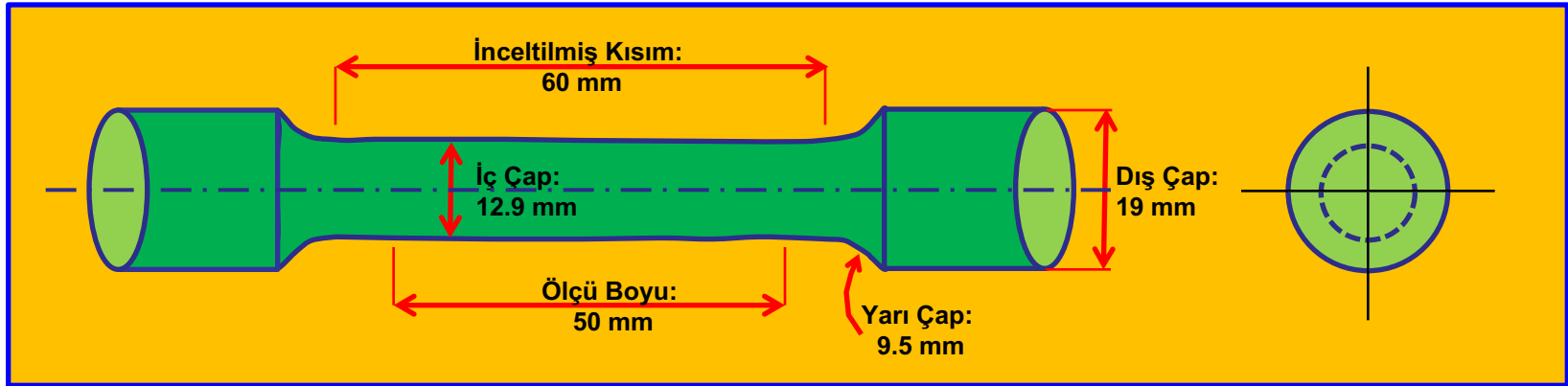


Dairesel kesitli standart bir çekme numunesi.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Çekme Deneyi

- Numunede **standart çapı 12.8 mm** olan **inceltilmiş kısmın uzunluğu** genellikle **60 mm** olarak alınır ve **bu uzunluk** kural olarak **çapın en az dört katı olmalıdır**.

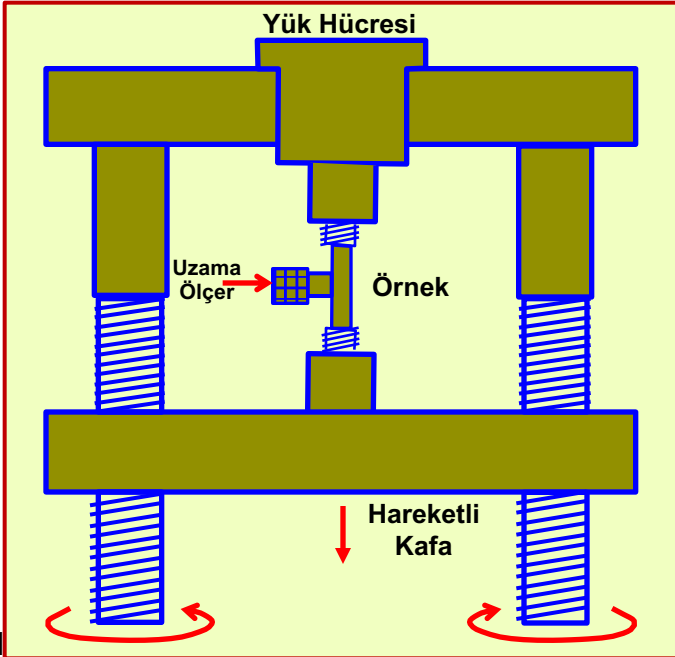


Dairesel kesitli standart bir çekme numunesi.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Çekme Deneyi

- Numune, aşağıdaki şekilde görüleceği gibi, **çekme cihazının** tutma çenelerine uç kısımlarından yerleştirilir.
- Kullanılan **çekme cihazı**, numuneyi **sabit hızda uzatmak** üzere bir yük hücresiyle uygulanan anlık kuvveti bir uzama ölçerle (ekstansometre), **oluşan uzamayı sürekli ve eş zamanlı ölçecek** şekilde tasarlanmıştır.
- **Gerilme-birim şekil değişimi** eğrisinin elde edileceği **çekme deneyi tahribatlı** bir deney olup genellikle **birkaç dakika sürer** ve deney sonunda çoğu zaman kırılan numune **kalıcı olarak deformasyona** uğrar.



Çekme deneyi cihazının şematik gösterimi.

Numune boyu hareketli kafa tarafından uzatılmakta, yük hücresi ve uzama ölçer sırasıyla uygulanan kuvvetinin büyüklüğünü ve uzama miktarını ölçmektedir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Çekme Deneyi

- **Çekme deney** sonuçları (genellikle bilgisayar üzerinde) **yük (kuvvet) – uzama çifti** olarak kaydedilir ve elde edilen **kuvvet-deformasyon** davranışı doğal olarak parça büyüklüğüne bağlıdır.
- Örneğin, numune kesit alanı 2 kat daha büyük ise, aynı uzamanın elde edilmesi için 2 kat daha büyük bir kuvvet uygulanması gerekir.
- Geometriden kaynaklanan etkileri en aza indirmek için, yük ve uzama, sırasıyla **mühendislik gerilmesi ve mühendislik birim şekil değişimi parametreleri** elde etmek üzere normalize edilir. **Mühendislik gerilmesi σ** , aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Çekme ve basma zorlanmasında mühendislik gerilmesinin tanımı

F, N cinsinden numunenin kesit alanına dik olarak uygulanan yük (kuvvet)'tir.
 A_0 , deney başlamadan önceki numunenin m^2 cinsinden ilk kesit alanıdır.

- Bundan sonra sadece **gerilme** olarak anılacak **mühendislik gerilmesinin** birimi **MPa**'dır. **SI** birim sisteminde **1 MPa = 10^6 N/m²**'dir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Çekme Deneyi

- **Mühendislik birim şekil değişimi ϵ** , aşağıdaki denklem ile tanımlanır:

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Çekme ve basma zorlanmasında mühendislik birim değişiminin tanımı

l_0 , yük uygulanmadan önceki ilk boy,
 l_i , anlık ölçü boyu,

- **Mühendislik birim şekil değişimi**, bundan sonra sadece **birim şekil değişimi** olarak anılacaktır. **Boyutsuz olmasına rağmen** genellikle **m/m** olarak gösterilir.
- Birim şekil değişiminin değeri, açıkça görüldüğü gibi birim sisteminden bağımsızdır. Bazı durumlarda 100 ile çarpılarak yüzde olarak verilir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Basma Deneyi

- Servis (çalışma) koşullarında yükler basma türünde ise basma zorlanmasında gerilme birim şekil değişimi verilerinin elde edildiği basma deneylerinden yararlanır.
- Basma deneyi, kuvvetin basma olması ve numunenin gerilme eksenine boyunca sıkıştırılması dışında, çekme deneyine benzer şekilde yapılır. Aşağıdaki denklemler basma gerilmesi ve birim şekil değişimi değerlerinin hesaplanmasında kullanılır.
- Kural olarak, basma kuvveti **eksi** alındığından, gerilme **eksi** işaretlidir.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Basma zorlanmasında mühendislik gerilmesinin tanımı

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Basma zorlanmasında mühendislik birim değişiminin tanımı

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

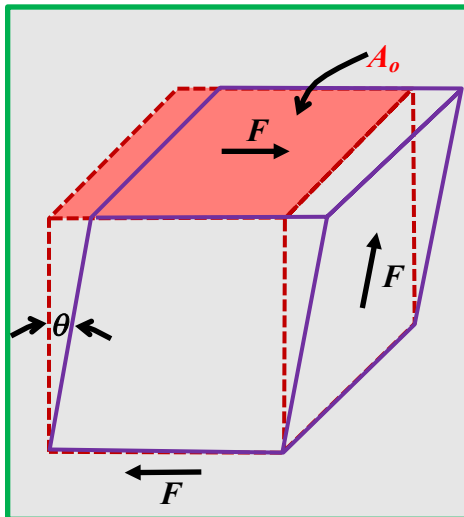
Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Kayma ve Burulma Deneyi

- **Şekilde** görüldüğü gibi saf kayma kuvveti kullanılarak yapılan bir deneyde kayma gerilmesi τ :

$$\tau = \frac{F}{A_0}$$

Kayma gerilmesinin tanımı

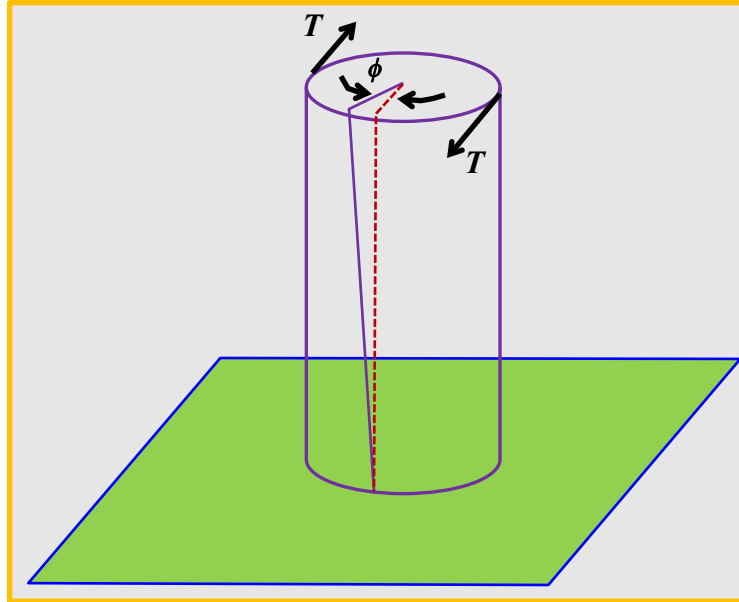
- denklemleriyle hesaplanır.
- Burada, F her biri A_0 alanına sahip alt ve üst yüzeylere paralel olarak uygulanan yük ya da kuvvettir.
- Kayma birim şekil değişimi (γ), şekilde gösterildiği gibi, şekil değişimi açısı θ 'nın tanjantı olarak tanımlanır. Kayma gerilmesi ve kayma birim şekil değişiminin birimleri, çekme zorlamasındaki karşılıklarıyla aynıdır.



6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Gerilme ve Birim Şekil Değişimi Kavramları: Kayma ve Burulma Deneyi

- Aşağıdaki **Şekil**de burulan bir yapı elemanında gösterildiği gibi, burulma saf kaymanın bir çeşididir.
- Burma kuvvetleri, elemanın eksenini boyunca bir ucunun diğerine göre dönme hareketi yapmasına yol açar.
- Makineye ait aks ve tahrik milleri ile matkap uçları, burulma için verilecek örnekler arasındadır.



6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

- Bir yapıda oluşan deformasyon veya şekil değişiminin miktarı uygulanan gerilmenin büyüklüğüne bağlıdır.
- Metallerde oluşan gerilme ile birim şekil değişimi arasında aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi doğrusal bir ilişki vardır:

$$\sigma = E\epsilon$$

- **Hooke Kanunu** olarak bilinen bu denklemde, **E** orantı sabiti (GPa) **elastik modülü** ya da **Young modülü** olarak adlandırılır.
- Hooke Kanunu, elastik şekil değiştirmede (çekme ya da basma) mühendislik gerilmesi ile mühendislik birim şekil değişimi arasındaki ilişkiyi tanımlar.
- En çok kullanılan metaller için elastik modülünün değeri **45 GPa (Mg için)** ile **407 GPa (W için)** arasında değişir. Diğer metaller için oda sıcaklığındaki **elastik modülü** değerleri **Çizelgede** verilmiştir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

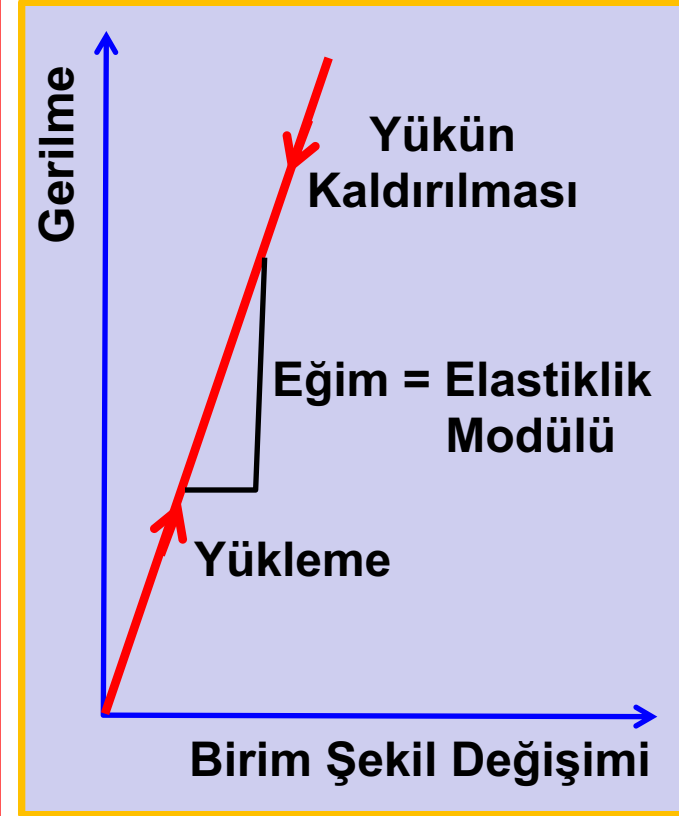
Çizelge. Çeşitli metallerin oda sıcaklığındaki **elastik** ve kayma **modülleri** ve Poisson Oranları

<i>Metal Alaşım</i>	<i>Elastiklik Modülü</i> <i>GPa</i>	<i>Kayma Modülü</i> <i>GPa</i>	<i>Poisson Oranı</i>
Alüminyum	69	25	0,33
Pirinç	97	37	0,34
Bakır	110	46	0,34
Magnezyum	45	17	0,29
Nikel	207	76	0,31
Çelik	207	83	0,30
Titanyum	107	45	0,34
Volfram	407	160	0,28

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

- Gerilme ile orantılı olarak değişen şekil değişimine (veya deformasyona) **elastik şekil değişimi** denir.
- Yandaki şekilde görüldüğü gibi, **gerilme** (düşey eksen) – **birim şekil değişimi** (yatay eksen) eğrisi arasında **doğrusal bir ilişki** vardır.
- **Doğrusal olan bu kısmın eğimi**, **elastik modülü E**'ye karşılık gelir.
- **Elastik modülü**, **rijitlik** yani malzemenin **elastik şekil değişimine karşı gösterdiği direnç** olarak tanımlanabilir.
- **Elastik modülünün** yüksek olması, **malzemenin rijit olduğu** ya da **uygulanan bir gerilime sonucu oluşan elastik birim şekil değişiminin küçük olacağı** anlamına gelir.

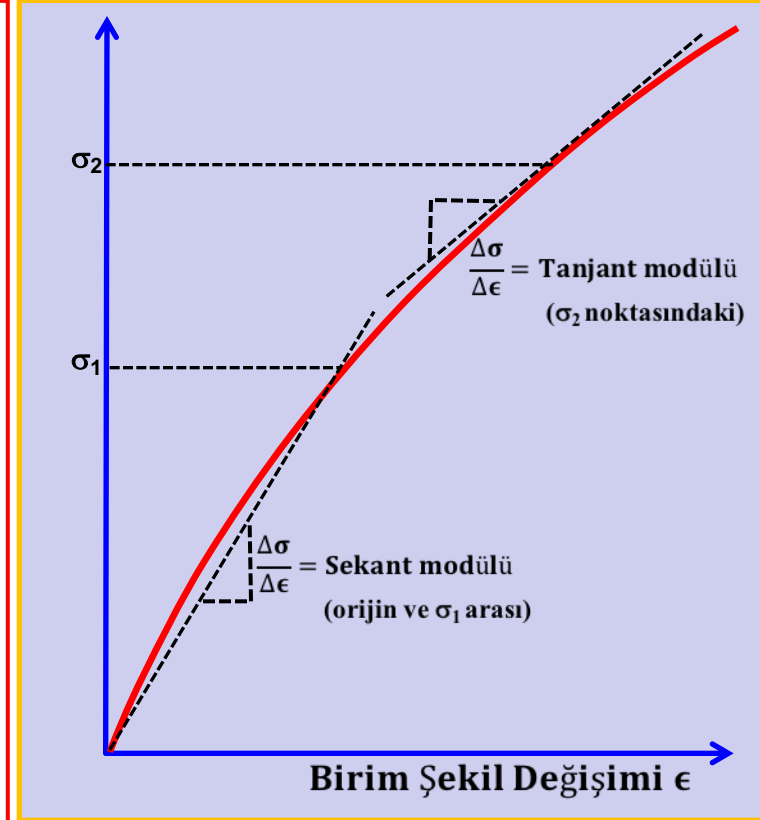


Yükün uygulanması ve ardından kaldırılması sırasında **doğrusal elastik şekil değişimini** gösteren şematik gerilme-birim şekil değişimi diyagramı.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

- Bazı malzemelerde (gri dökme demir, beton ve bir çok polimer), **gerilme-birim şekil değişimi** eğrilerindeki elastik kısım **doğrusal değildir** (Yandaki Şekil)
- Bu yüzden daha önce tanımlandığı şekilde elastik modülünün belirlenmesi mümkün değildir.
- Doğrusal olmayan bu davranış için genellikle **tanjant** ya da **sekant modülü** kullanılır.
- Belirli bir gerilme seviyesinde eğrinin eğimi **tanjant modülünü** verir.
- **Sekant modülü** ise, grafikte orijinden başlayan ve $\sigma - \epsilon$ eğrisi üzerinde verilen bir noktayı kesen doğrunun eğimidir.
- Bu modüllerin belirlenmesi Şekilde gösterilmiştir.

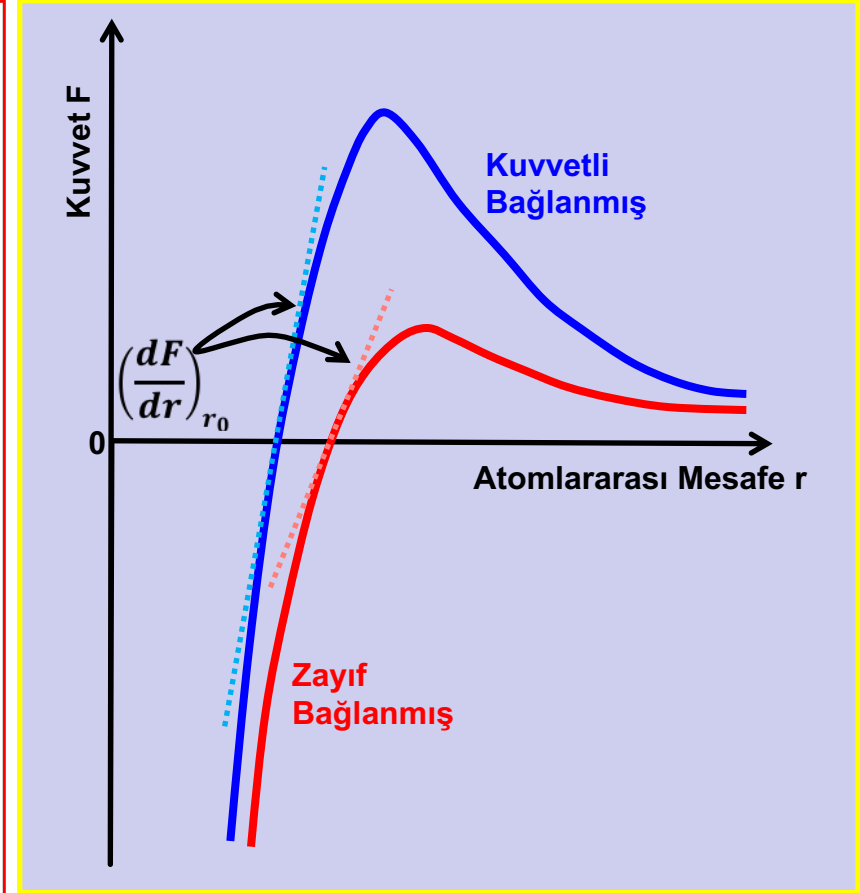


Doğrusal olmayan elastik davranışı, ayrıca **sekant** ve **tanjant modüllerinin** nasıl belirleneceğini gösteren şematik **gerilme-birim şekil değişimi** diyagramı.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

- Makro ölçekteki **elastik şekil değişimi**, **atomsal mertebede**, atomlararası mesafede meydana gelen çok küçük miktarda değişmelerle ve buna bağlı olarak atomlararası bağların gerilmesiyle kendini gösterir.
- **Sonuç olarak**, **elastik modülünün büyüklüğü**, komşu atomların birbirlerinden ayrılmaya karşı gösterdikleri direncin yani atomlararası bağ kuvvetinin bir ölçütüdür.
- Ayrıca **elastik modülü**, atomlararası bağ kuvveti-mesafe eğrisinde (**Şekil 2.8a**), denge konumunda:
$$E \propto \left(\frac{dF}{dr} \right)_{r_0}$$
eğrisinin eğimiyle orantılıdır.
- Şekilde **kuvvetli ve zayıf bağa** sahip malzemelerin **atomlararası kuvvet-mesafe eğrileri** verilmiştir. Her bir eğri için r_0 konumundaki eğim belirtilmiştir.



Doğrusal olmayan elastik davranışı, ayrıca **sekant** ve **tanjant modüllerinin** nasıl belirleneceğini gösteren şematik **gerilme-birim şekil değişimi** diyagramı.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

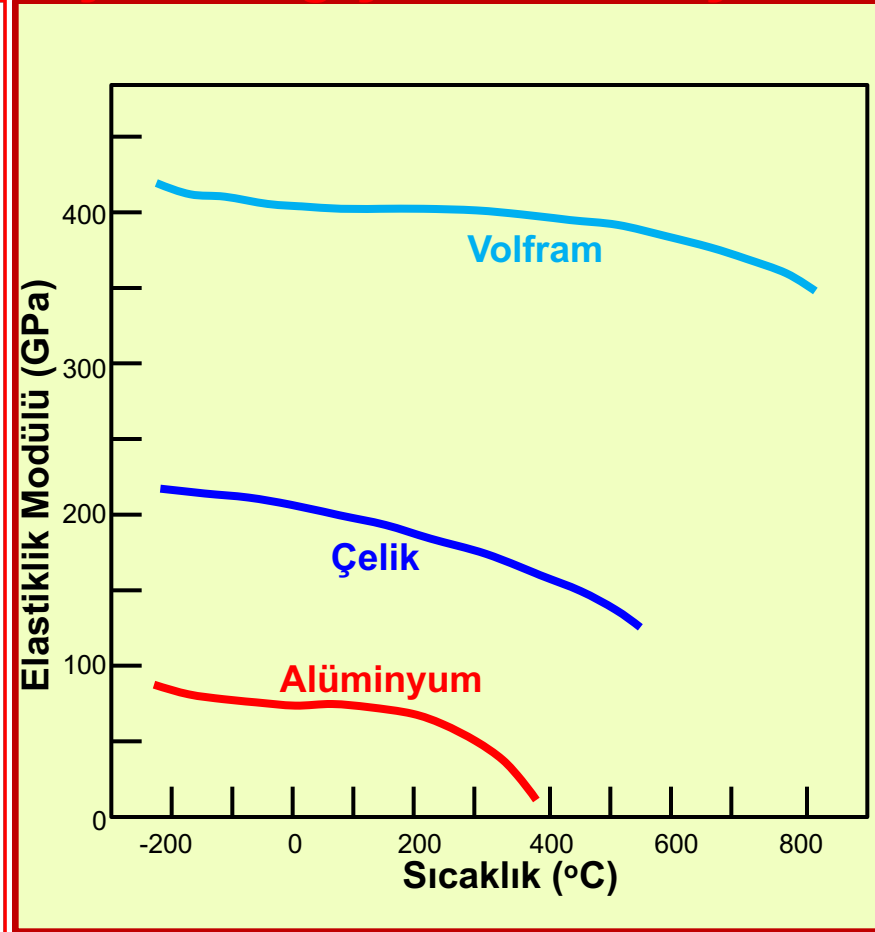
- **Seramik malzemelerin** elastiklik modülü değerleri **metallerinki** ile **yaklaşık olarak aynı** iken, **polimerlerinki** ise **daha küçüktür**.
- **Bu farklılık**, 3 farklı malzeme türündeki **atomsal bağların farklı** olmasından kaynaklanır.
- Şekilde görüldüğü gibi **bazı metallerin elastik modülü artan sıcaklıkla azalır**.
- Uygulanan **basma**, **kayma** veya **burma gerilmeleri** de **elastik davranışa yol açar**.
- Düşük gerilme seviyelerinde, **çekme** ve **basma** durumlarının her ikisi için, **gerilme-birim şekil değişimi** özellikleri, **elastik modülü de dahil olmak üzere hemen hemen aynıdır**.
- **Kayma gerilmesi ve birim şekil değişimi:**

$$\tau = G\gamma$$

ifadesi gereğince birbirleriyle doğru orantılıdır. Burada **G kayma modülü** olup **kayma gerilmesi-kayma birim şekil değişimi grafiğinde doğrusal bölgedeki eğrinin eğimine eşittir**.

Bu eşiklik elastik şekil değiştirmede kayma birim şekil değişimi arasındaki ilişkiyi tanımlar.

- Çizelgede yaygın olarak kullanılan bazı metallerin **kayma modülü değerleri** verilmiştir.



W, Çelik ve Al için elastiklik modülünün sıcaklığa bağlı olarak değişimini gösteren eğriler.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Elastik Şekil Değişimi: Gerilme-Birim Şekil Değişimi Davranışı

Çizelge. Çeşitli metallerin oda sıcaklığındaki elastik ve **kayma modülleri** ve Poisson Oranları

<i>Metal Alaşım</i>	<i>Elastiklik Modülü</i> <i>GPa</i>	<i>Kayma Modülü</i> <i>GPa</i>	<i>Poisson Oranı</i>
Alüminyum	69	25	0,33
Pirinç	97	37	0,34
Bakır	110	46	0,34
Magnezyum	45	17	0,29
Nikel	207	76	0,31
Çelik	207	83	0,30
Titanyum	107	45	0,34
Volfram	407	160	0,28

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Anelastiklik

- Buraya kadar **elastik şekil değişiminin** (deformasyonun) **zamandan bağımsız olduğu**, yani gerilme uygulandığı anda belirli miktarda şekil değişimi oluşturduğu, gerilme altında uzun bir zaman süresince de bu şekil değişimi miktarının değişmediği kabul edilmiştir.
- Yükün kaldırılması durumunda da, şekil değişiminin tamamen elastik olarak geri geldiği yani şekil değişiminin anında sıfır değerine döndüğü kabul edilmiştir.
- Ancak **birçok mühendislik malzemesinde**, zamana bağlı bir elastik şekil değişimi bileşeni de söz konusudur. Yani, gerilmenin uygulanması sonrasında, elastik şekil değişimi bir miktar devam eder ve yük kaldırıldıktan sonra elastik şekil değişiminin tamamen geri dönebilmesi için belirli bir sürenin geçmesi gerekir.
- Gerilmenin uygulanması sonrasında, elastik şekil değişimi bir miktar devam eder ve yük kaldırıldıktan sonra elastik şekil değişiminin tamamen geri dönebilmesi için belirli bir sürenin geçmesi gerekir. Bu şekilde **zamana bağlı olarak meydana gelen elastik davranış anelastiklik** olarak bilinir.
- Bu davranış, deformasyonun oluşmasına hizmet eden mikro ölçekte ve atomsal mertebede gerçekleşen zamana bağlı olaylardan kaynaklanır.
- **Metaller** için anelastik bileşen genellikle **küçüktür** ve çoğunlukla ihmal edilir.
- Ancak **bazı polimer esaslı malzemelerde** enelastik bileşen önemli **oranda büyüktür**, bu durum da **viskoelastik davranış** olarak isimlendirilir.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Örnek

Başlangıç boyu **305 mm** olan **Bakır-Cu** bir parçaya **276 MPa**'lık çekme gerilmesi uygulandığında, şekil değişimi tamamen elastik olduğuna göre malzemede oluşan uzamayı hesaplayınız?

Şekil değişimi elastik olduğunda, birim şekil değişimi ile gerilme arasında denklem (6.5)'de olduğu gibi doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca uzama Δl ile ilk boy l_0 arasında denklem (6.2)'de gösterilen ilişki söz konusudur. Buna göre:

$$\sigma = \epsilon E = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) E$$

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Örnek

Başlangıç boyu **305 mm** olan **Bakır-Cu** bir parçaya **276 MPa**'lık çekme gerilmesi uygulandığında, şekil değişimi tamamen elastik olduğuna göre malzemedeki oluşan uzamayı hesaplayınız?

Şekil değişimi elastik olduğunda, birim şekil değişimi ile gerilme arasında denklem (6.5)'de olduğu gibi doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca uzama Δl ile ilk boy l_0 arasında denklem (6.2)'de gösterilen ilişki söz konusudur. Buna göre:

$$\sigma = \epsilon E = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) E$$

$$\Delta l = \frac{\sigma l_0}{E}$$

olur.

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Örnek

Başlangıç boyu **305 mm** olan **Bakır-Cu** bir parçaya **276 MPa**'lık çekme gerilmesi uygulandığında, şekil değişimi tamamen elastik olduğuna göre malzemede oluşan uzamayı hesaplayınız?

Şekil değişimi elastik olduğunda, birim şekil değişimi ile gerilme arasında denklem (6.5)'de olduğu gibi doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca uzama Δl ile ilk boy l_0 arasında denklem (6.2)'de gösterilen ilişki söz konusudur. Buna göre:

$$\sigma = \epsilon E = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) E$$

$$\Delta l = \frac{\sigma l_0}{E}$$

olur. Burada, $\sigma = 276 \text{ MPa}$ ve $l_0 = 305 \text{ mm}$ değerleri ve Çizelge 6.1'den $E = 110 \text{ GPa}$ olduğuna göre:

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Örnek

Başlangıç boyu **305 mm** olan **Bakır-Cu** bir parçaya **276 MPa**'lık çekme gerilmesi uygulandığında, şekil değişimi tamamen elastik olduğuna göre malzemede oluşan uzamayı hesaplayınız?

Şekil değişimi elastik olduğunda, birim şekil değişimi ile gerilme arasında denklem (6.5)'de olduğu gibi doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca uzama Δl ile ilk boy l_0 arasında denklem (6.2)'de gösterilen ilişki söz konusudur. Buna göre:

$$\sigma = \epsilon E = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) E$$

$$\Delta l = \frac{\sigma l_0}{E}$$

olur. Burada, $\sigma = 276 \text{ MPa}$ ve $l_0 = 305 \text{ mm}$ değerleri ve Çizelge 6.1'den $E = 110 \text{ GPa}$ olduğuna göre:

$$\Delta l = \frac{(276 \text{ MPa})(305 \text{ mm})}{110 \times 10^3 \text{ MPa}}$$

6. Metallerin Mekanik Özellikleri

Örnek

Başlangıç boyu **305 mm** olan **Bakır-Cu** bir parçaya **276 MPa**'lık çekme gerilmesi uygulandığında, şekil değişimi tamamen elastik olduğuna göre malzemede oluşan uzamayı hesaplayınız?

Şekil değişimi elastik olduğunda, birim şekil değişimi ile gerilme arasında denklem (6.5)'de olduğu gibi doğrusal bir ilişki vardır. Ayrıca uzama Δl ile ilk boy l_0 arasında denklem (6.2)'de gösterilen ilişki söz konusudur. Buna göre:

$$\sigma = \epsilon E = \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right) E$$

$$\Delta l = \frac{\sigma l_0}{E}$$

olur. Burada, $\sigma = 276 \text{ MPa}$ ve $l_0 = 305 \text{ mm}$ değerleri ve Çizelge 6.1'den $E = 110 \text{ GPa}$ olduğuna göre:

$$\Delta l = \frac{(276 \text{ MPa})(305 \text{ mm})}{110 \times 10^3 \text{ MPa}}$$

$$\Delta l = 0.77 \text{ mm}$$