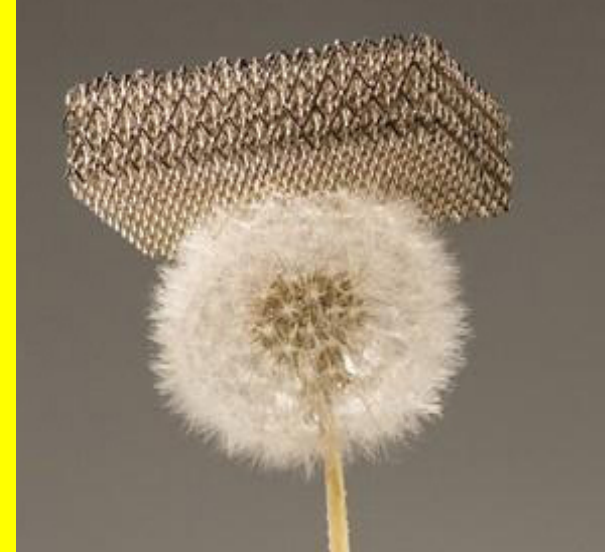
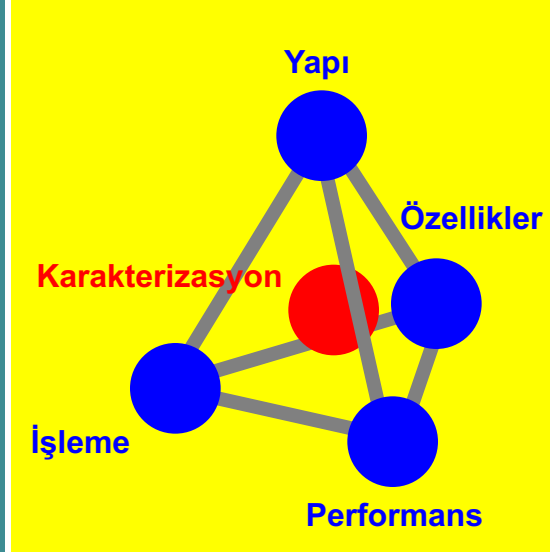
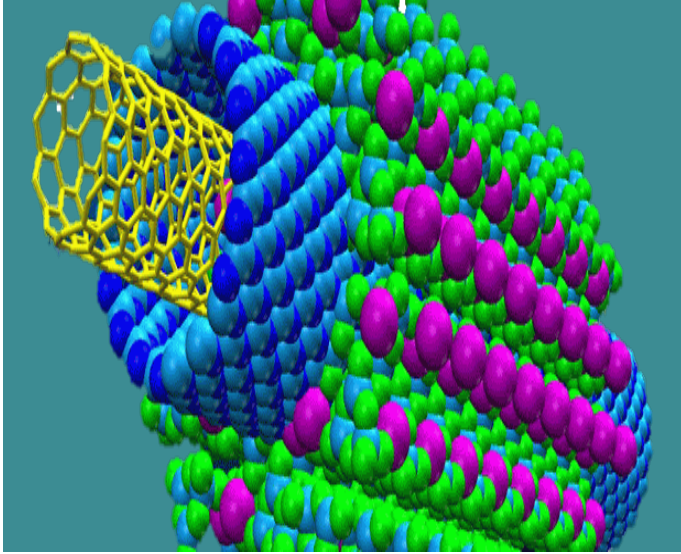


FZM 220

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>)

8. Hasar

- Hasara yol açan, sıkça karşılaşılan üç faktör:

Yanlış malzeme seçimi ve üretimi

Yetersiz parça tasarımı

Yanlış parça kullanımı

Kırılmanın Temelleri

- Nispeten düşük sıcaklıklarda çekme yükünün etkisinde gerçekleşen kırılma, sünek veya gevrek türede gerçekleşebilir.
- Sünek kırılmanın tercih edilmesinin nedenleri:
Plastik deformasyonun varlığı kırılmayı işaret etmesi nedeniyle, kırılma öncesinde önleyici tedbirler almak mümkündür.
Sünek kırılmanın meydana gelmesi için gerekli olan enerji miktarı, gevrek kırılmaya göre daha büyüktür.
- Sünek malzemelerdeki çatlakların kararlı olduğundan söz edilebilir (yani uygulanan gerilmede artış olmaksızın ilerlemez ve bu şekilde ilerlemeye karşı direnç gösterir).
- Gevrek malzemelerde çatlak ilerlemesi kararsızdır, yani çatlak ilerlemeye başladığında uygulanan gerilme ve seviyesi arttırılmaksızın ilerlemesine devam eder.

8. Hasar

Sünek Kırılma

- Sünek metallerde çekme zorlanması altında numunede iki kırılma profilinin oluşması mümkündür:
 - Metalin sünekliği yüksek ise kopma noktasına kadar boyun oluşumu devam eder,
 - Malzeme yarı sünek ise çanak-koni tipi kırılma profili görülür.

Gevrek Kırılma

- Gevrek kırılmada, kırık yüzeyi nispeten düzgün ve kırılma yüzeyi uygulanan çekme yönüne diktir.
- Çok kristalli gevrek malzemelerin kırılmasında, çatlak ilerlemesi, tane içinde veya taneler arası olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilir.

8. Hasar

Kırılma Mekaniğinin Temelleri

- Gevrek malzemelerin gerçek ve teorik kırılma dayanımlarının arasındaki farkın oldukça büyük olmasının nedeni, malzeme bünyesinde bulunan ve civarlarında uygulanan çekme gerilmesini yükselterek çatlak oluşuna neden olan yapısal küçük kusurların varlığı ile açıklanmaktadır. Bir kusurun uç kısmında teorik dayanım değerinin aşılması durumunda, kırılma gerçekleşir.
- $\sigma_{maks} = 2\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{a}{\rho_1}\right)}$ denklemde görüldüğü gibi, çatlağın boyuna, çatlak ucu yuvarlatma yarıçapına ve uygulanan gerilmeye bağlıdır.
- Gerilme altında çalışacak olan yapıların tasarımında gerilme yığılmasına yol açan keskin köşelerden kaçınılmalıdır.
- Açılma (çekme), kayma ve yırtılma olmak üzere üç farklı çatlak ucu zorlanma modu vardır.
- Numune kalınlığının çatlak boyundan çok daha fazla olduğu, yani numune yüzeyine dik doğrultudaki şekil değiştirme bileşeninin bulunmadığı durumda, düzlem şekil değiştirme şartları söz konusudur.

8. Hasar

Kırılma Mekaniğinin Temelleri

- Kırılma tokluğu, çatlaklı malzemenin gevrek kırılmaya karşı gösterdiği direncin bir göstergesidir. $K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a}$ denklemde gösterildiği üzere, düzlem şekil değiştirme şartları ve I no'lu zorlanma modu için, kırılma tokluğu uygulanan gerilmenin, çatlak boyunun ve boyutsuz Y parametresinin bir fonksiyonudur.
- K_{Ic} genelde tasarım amaçlı kullanılan bir malzeme parametresidir. Sünek malzemelerde oldukça yüksek değerler alıp büyüklüğü mikro yapıya, şekil değiştirme hızına ve sıcaklığa bağlı olarak değişir.
- Kırılma olasılığına karşı yapılacak bir tasarımda, malzemenin (kırılma tokluğu) gerilme seviyesinin ve kusur tespitinde kullanılan muayene yönteminin boyut açısından sınırı dikkate alınmalıdır.

8. Hasar

Kırılma Tokluğu Deneyleri

- Düşük sıcaklık, yüksek şekil değiştirme hızı ve yapıdaki mevcut keskin bir çentik, bir metalin sünek-gevrek geçiş davranışı göstermesine neden olan üç etkeni oluşturur.
- Malzemelerin kırılma davranışının niteliksel açıdan belirlenmesinde Charpy ve Izod çentik darbe deneylerinden yararlanır.
- Ölçülen darbe enerjisinin sıcaklıkla olan değişimi (veya kırılma yüzeyi) esas alınarak, bir malzemelerin sünek-gevrek geçiş gösterip göstermediğinin ve böyle bir geçişin söz konusu olduğu sıcaklık aralığının belirlenmesi mümkündür.
- Sünek-gevrek geçiş davranışının tipik olduğu düşük dayanımlı çelik alaşımları, yapısal uygulamalarda geçiş aralığından daha yüksek sıcaklıklarda kullanılmalıdır. Diğer taraftan, düşük dayanımlı YMK metaller, SPH yapıları metallerin çoğu ve yüksek dayanımlı malzemeler sünek-gevrek geçiş göstermez.
- Düşük alaşımlı çelik alaşımlarda tane boyutu küçültülmesi ve karbon içeriğinin azaltılması yolu ile sünek-gevrek geçiş sıcaklığı düşürülebilir.

8. Hasar

Yorulma

- Yorulma hasarı, uygulanan gerilme seviyesinin zamanla değiştiği ve oluşması durumunda ciddi kayıplara yol açan (yıkımsal) yaygın bir hasar türüdür. Hasar, maksimum gerilmenin malzemenin statik çekme ve akma dayanımını çok altında meydana gelebilir.

Çevrimsel Gerilmeler

- Değişken gerilmeler genel olarak gerilme-çevrim moduna göre; değişken, çekme (ya da basma) bölgesinde değişken ve düzensiz olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Değişken ve çekme (ya da basma) bölgesinde değişken ayrımı ortalama gerilme, gerilme aralığı ve gerilme genliğine göre yapılır.

8. Hasar

S-N Eğrisi

- Deneye ait veriler, gerilmenin (genelde gerilme genliğinin), logaritmik ölçekte hasar çevrim sayısına göre değişimini gösteren eğrilerle ifade edilir.
- Çoğu metal ve alaşımlarda hasar çevrim sayısı artarken gerilme değeri sürekli azalır. Bu malzemelerin yorulma davranışına ait özellikleri belirlemede, yorulma dayanımı ve yorulma ömrü parametreleri kullanılır.
- Demir esaslı alaşımlar ve titanyum alaşımları gibi diğer bazı metallerde, çevrim sayısından bağımsız olarak, gerilmenin azalması, bir noktada sona ere. Bu tür malzemelerin yorulma davranışı, yorulma sınırına göre belirtilir.

8. Hasar

Çatlak Oluşumu ve İlerlemesi

- Yorulma çatlakları genellikle bir parçanın yüzeyindeki bir gerilme yığılma noktasında oluşmaya başlar.
- Durak ve ince yorulma (striasyon) çizgileri, yorulma kırılması yüzeylerine özgü izlerdir. Kırık yüzeyindeki durak çizgileri, gerilmenin kesintili olarak uygulandığı parçalarda oluşur ve genelde çıplak gözle görülebilir. İnce yorulma çizgilerinin boyutları ise mikro ölçektedir ve her birinin yüklemeye çevrimi başına çatlak cephesinin ilerleme mesafesini temsil ettiği düşünülmektedir.

Yorulma Ömrünü Etkileyen Faktörler

- Aşağıdaki tedbirler alınarak malzemenin yorulma ömrü arttırılabilir:
 - Ortalama gerilme seviyesinin azaltılması
 - Yüzeydeki keskin süreksizliklerin ortadan kaldırılması
 - Parlatmayla yüzey kalitesinin iyileştirilmesi
 - Bilya püskürtmeyle yüzeyde artık basma gerilmelerinin oluşturulması
 - Karbürleme veya nitrüleme işlemleriyle yüzeylerin sertleştirilmesi

8. Hasar

Çevresel Etkiler

- Yüksek sıcaklık değişimlerine maruz kalan ve ısıl genişmesi ve/veya daralması sınırlandırılmış parçalarda, ısıl gerilmeler meydana gelir. Bu gerilmelerin tekrarlı olarak değişmesi sonucunda oluşan yorulmaya ısıl yorulma denir.
- Kimyasal olarak aktif ortamın bulunması yorulma ömründe düşüşe yol açar. Korozyonlu yorulmaya karşı aşağıdaki tedbirler alınabilir:
 - Yüzeyin kaplanması
 - Korozyona daha dirençli malzeme kullanımı
 - Ortamın koroziv etkisinin azaltılması
 - Uygulanan çekme gerilmesi seviyesinin azaltılması
 - Yüzeyde basma artık gerilmelerinin oluşturulması

8. Hasar

Genelleştirilmiş Sürünme Davranışı

- Metallerin sabit bir yük (veya gerilme) altında ve $0.4 T_e$ 'den daha yüksek sıcaklıklarda, zamana bağlı olarak gösterdiği plastik deformasyona sürünme denir.
- Birim şekil değişiminin zamanla değiştiği, tipik bir sürünme eğrisi; normalde geçiş (birincil), karalı (ikincil) ve üçüncü sürünme bölgesi olmak üzere üç ayrı bölgeden oluşur.
- Karalı sürünme hızı (doğrusal bölgenin eğimi) ve kopma ömrünü içeren bir sürünme eğrisinden tasarıma ait bazı önemli parametrelerin elde edilmesi mümkündür.

8. Hasar

Gerilme ve Sıcaklığın Etkisi

- Gerek sıcaklık, gerekse uygulanan gerilmenin seviyesi, malzemenin sürünme davranışı üzerinde etkiye sahiptir. Bu parametrelerin her ikisinin artması, aşağıdaki etkileri oluşturur.
 - Deneyin başlangıcındaki anlık deformasyonda artış
 - Kararlı sürünme hızında artış
 - Kopma ömründe azalma
- $\dot{\epsilon}_s$ 'nin hem sıcaklık hem de gerilmeye göre değişimini veren analitik ifade verilmiştir-
$$\dot{\epsilon}_s = K_2 \sigma^n \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right).$$

8. Hasar

Veri Ekstrapolasyon Yöntemleri

- Belirli bir malzeme için, sürünme deney verilerinden, logaritmik ölçekteki gerilmenin Larson-Miller parametresine göre değişimini veren eğrinin oluşturulması ile düşük sıcaklık/uzun sürünme ömrü için ekstrapolasyon yapılabilir.

Yüksek Sıcaklık Malzemeleri

- Özellikle sürünmeye dayanıklı, metal alaşımlar yüksek elastiklik modülü ve ergime sıcaklığına sahiptir. Bunların arasında süper alaşımlar, paslanmaz çelikler ve refrakter metallerde yer alır. Bu malzemelerin sürünme özelliklerini geliştirmek için çeşitli tekniklerden yararlanır.

8. Hasar

	Anlamı
$\sigma_{maks} = 2\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{a}{\rho_1}\right)}$	Elips şeklindeki bir çatlığın ucundaki maksimum gerilme
$K_C = Y\sigma_{kri}\sqrt{\pi a}$	Kırılma tokluğu
$K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a}$	Düzlem şekil değiştirme tokluğu
$\sigma_{kri} = \frac{K_{Ic}}{Y\sqrt{\pi a}}$	Tasarım (kritik) gerilmesi
$\sigma_{kri} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{K_{Ic}}{\sigma Y}}$	İzin verilecek maksimum kusur büyüklüğü
$\sigma_{ort} = \frac{\sigma_{maks} + \sigma_{min}}{2}$	Ortalama gerilme (yorulma deneyi)
$\sigma_{ara} = \sigma_{maks} - \sigma_{min}$	Gerilme aralığı (yorulma deneyi)
$\sigma_g = \frac{\sigma_{maks} - \sigma_{min}}{2}$	Gerilme genliği (Yorulma deneyi)
$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{maks}}$	Gerilme oranı (yorulma deneyi)

8. Hasar

	Anlamı
$\sigma = \alpha_1 E \Delta T$	Isıl gerilme
$\dot{\epsilon}_s = K_1 \sigma^n$	Kararlı sürünme hızı (sabit sıcaklık)
$\dot{\epsilon}_s = K_2 \sigma^n \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right)$	Kararlı sürünme hızı
$T (C + \log t_r)$	Larson-Miller parametresi