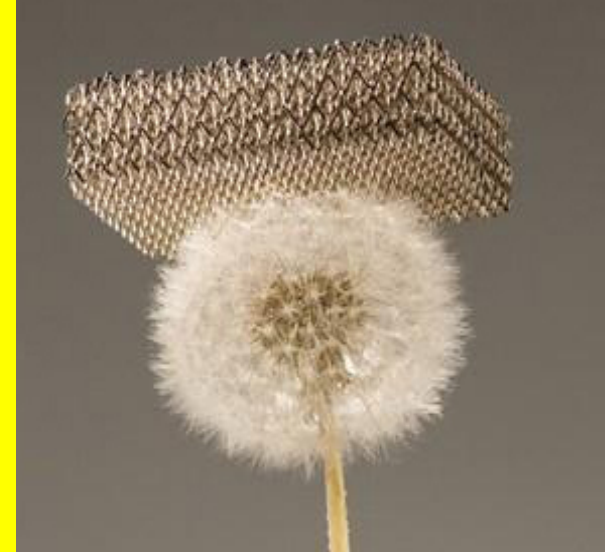
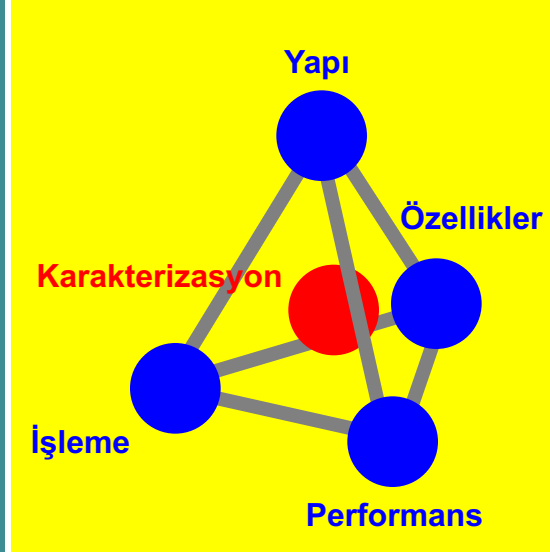
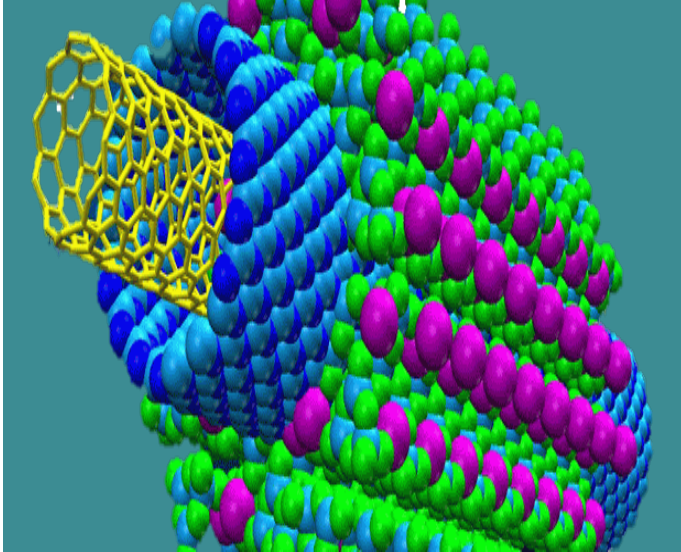


FZM 220

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>)

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Temel Kavramlar

- Mikro ölçekte plastik deformasyon, uygulanan kayma gerilmesinin etkisiyle dislokasyonların hareket etmesi sonucunda oluşur. Kenar dislokasyonu, atomlar arası bağların peş peşe, tekrarlı bir şekilde kopması ve ek yarı düzleminin atomlararası mesafe kadar kaymasıyla hareket eder.
- Kenar dislokasyonlarında, dislokasyon hareketi, uygulanan kayma gerilmesine paralel; vida dislokasyonunda ise diktir.
- Dislokasyon yoğunluğu malzemenin birim hacmindeki toplam dislokasyon uzunluğuna eşittir. Birimi mm^{-2} 'dir.
- Kenar dislokasyonunda, dislokasyon çizgisinin çevresinde çekme, basma ve kayma şekil değişimleri bulunur. Saf vida dislokasyonunda ise sadece kayma türü kafes şekil değişimi söz konusudur.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Kayma Sistemleri

- Dışarıdan uygulanan kayma gerilmesinin etkisiyle oluşan dislokasyon hareketine kayma denir.
- Kayma, belirli kristal düzlemlerde ve bu düzlemlerin içinde sadece belirli doğrultularda meydana gelir. Kayma düzlemi ve kayma doğrultusu, kayma sistemini oluşturur.
- Kayma sistemleri malzemenin kristal yapısına bağlıdır. Kayma düzlemi, atomsal yoğunluğun en fazla olduğu düzlem kayma doğrultusu ise, bu düzlemde atomların en sıkı şekilde dizildikleri doğrultudur.
- Kayma sistemi, YMK kristal yapı için $\{111\} \langle 110 \rangle$, HMK yapı için $\{110\} \langle 111 \rangle$, $\{211\} \langle 111 \rangle$ ve $\{321\} \langle 111 \rangle$ 'dir.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Tek Kristallerde Kayma

- Kayma gerilmesi bileşeni; uygulanan bir çekme gerilmesi sonucunda, gerilme yönüne paralel ve dik olan düzlemlerin dışındaki diğer düzlemlerde oluşan kayma gerilmesidir. Büyüklüğü, $\tau_B = \sigma \cos\phi \cos\lambda$ denkleminde belirtildiği üzere, uygulanan gerilmeye ve ayrıca düzlem ve doğrultunun yönüne göre değişir.
- Kritik kayma gerilmesi, dislokasyon hareketini (kaymayı) başlatmak için gerekli minimum kayma gerilmesidir. Büyüklüğü, $\tau_{BKri} = \sigma_{Ak} (\cos\phi \cos\lambda)_{maks}$ denkleminde belirtildiği gibi, akma dayanımına ve kaya sistemi bileşenlerinin yönlerine bağlıdır.
- Tek kristal çekmeye zorlandığında, numunenin yüzeyindeki birbirlerine paralel ve halka şeklinde küçük adımlar oluşur.

Çok Kristalli Malzemelerde Plastik Deformasyon

- Çok kristalli malzemelerde kayma, uygulanan gerilmeyle her bir tanede en uygun yönlenmeye sahip kayma sistemleri boyunca meydana gelir. Ayrıca deformasyon esnasında, taneler parçada gerçekleşen deformasyonda benzer şekilde deformasyon doğrultusunda uzayarak şekil değiştirir.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

İkizlenme ile Deformasyon

- Bazı durumlarda, HMK ve SPH yapılı metallerde mekanik ikizlenme sınırlı miktarda plastik deformasyon oluşur. Uygulanan kayma kuvvetinin etkisiyle ikiz düzleminin bir tarafındaki atomlar, diğer taraftaki atomların (ikiz düzlemine göre), aynadaki görüntüleri olacak şekilde küçük miktarda yer değiştirir.

Metallerde Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

- Bir malzemede plastik deformasyonun ne kadar kolay meydana geleceği, dislokasyonların kolay hareket etme derecesine bağlıdır. Dolayısıyla, dislokasyon hareketinin kısıtlanması sertlik ve dayanımın artmasına neden olur.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Tane Boyutu Küçülterek Dayanımın Arttırılması

- Tane sınırları iki nedenden dolayı dislokasyon hareketine karşı engel olarak davranırlar: Tane sınırına ulaşan bir dislokasyon, hareket doğrultusunda değiştirmek zorunda kalır. Tane sınırları civarında kayma düzlemlerinde süreksizlik meydana gelir.
- Bir metalin ince (küçük) taneli halinde, daha büyük (kaba) taneli haline göre dislokasyon hareketlerine karşı engel olarak davranan tane sınırı alanı daha fazla olduğu için, ince taneli yapı daha yüksek dayanıma sahiptir.
- Çoğu metal için, akma dayanımı ile ortalama tane çapı arasında Hall-Petch denkleminde (denklem) gösterilen bir ilişki söz konusudur.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Katı Çözelti Sertleşmesi

- Bir metalde yer alan veya arayer katı çözeltisi oluşturan empürite atom konsantrasyonu arttıkça dayanım ve sertlik artar.
- Katı çözelti sertleşmesi (dayanımın arttırılması) empürite atomları ile dislokasyonlar arasında kafes şekil değişimi etkileşimleri sonucu meydana gelir. Bu etkileşimlerin neticesinde dislokasyonların hareket etme kabiliyeti azalır.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Pekleşme

- Pekleşme, plastik olarak deforme edilen bir metalin dayanımının artmasıdır (ve beraberinde sünekliğin düşmesidir).
- Plastik deformasyonun derecesi, $\%SSD = \left(\frac{A_0 - A_d}{A_0} \right) \times 100$ denkleminde tanımlandığı gibi, ilk ve deformasyon sonrası kesit alanlarına bağlı olan soğuk şekil değişimi yüzdesiyle ifade edilebilir.
- Bir metalin akma ve çekme dayanımları ve sertliği, artan yüzde soğuk şekil değişimi miktarıyla artar, sünekliği azalır.
- Plastik deformasyon sırasında dislokasyon yoğunluğu artar, dislokasyonlar arası ortalama mesafe azalır ve dislokasyonların şekil değişimi alanları arasındaki etkileşimlerin, ortalama olarak (birbirlerini) itme yönünde olmasından dolayı dislokasyon hareketleri daha fazla kısıtlanır ve sonuç olarak metalin sertliği ve dayanımı artar.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Toparlanma

- Toparlanma sırasında:
Dislokasyon hareketiyle iç şekil değişimi enerjisinde bir miktar azalma söz konusudur. Dislokasyon yoğunluğu azalır ve dislokasyonlar düşük enerjili düzen oluşturacak şekilde dizilir.
Bazı malzeme özellikleri soğuk şekil değişimi öncesi değerlerine geri döner.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Yeniden Kristalleşme

- Yeniden kristalleşme sırasında:
Şekil değişimi etkilerinin bulunmadığı, düşük dislokasyon yoğunluğuna sahip, eş eksenli bir dizi tane oluşur.
Metalin dayanımı düşer ve metal daha yumuşak ve sünek hale gelir.
- Yeniden kristalleşmenin gerçekleşmesini sağlayan etken, malzemenin şekil değiştirmiş ve kristalleşmiş hali arasındaki iç enerji farkıdır.
- Soğuk şekil değiştirmiş bir metalin yeniden kristalleşmesinde, verilen bir işlem süresi için artan sıcaklıkla çekme dayanımı azalırken sünekliği artar.
- Bir metal alaşımın yeniden kristalleşme sıcaklığı, kristalleşmenin bir saat içinde tamamlandığı sıcaklıktır.
- Yeniden kristalleşme sıcaklığı, soğuk şekillendirme miktarı ve empürite konsantrasyonu olmak üzere iki faktörlerden etkilenir.
Artan soğuk şekil değişimi miktarıyla yeniden kristalleşme sıcaklığı azalır.
Empürite konsantrasyonunun artması ile yeniden kristalleşme sıcaklığı yükselir.
- Plastik deformasyon işlemi, metalin yeniden kristalleşme sıcaklığının üstündeki bir sıcaklıkta yapılması durumunda *sıcak şekillendirme*, bu sıcaklığın altında yapılması durumunda ise *soğuk şekillendirme* olarak adlandırılır.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

Tane Büyümesi

- Tane büyümesi, çok kristalli malzemelerde tane sınırı hareketiyle ortalama tane boyutunun artmasıdır.
- Tane büyümesinde itici güç, toplam tane sınırı enerjisinin azalmasıdır.
- Sürenin tane büyümesine olan etkisi $d^n - d_0^n = Kt$ denklemi ile ifade edilir.

7. Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar

	Anlamı
$\tau_B = \sigma \cos\phi \cos\lambda$	Kayma gerilmesi
$\tau_{BKri} = \sigma_{Ak} (\cos\phi \cos\lambda)_{maks}$	Kritik kayma gerilmesi bileşeni
$\sigma_{Ak} = \sigma_0 + k_y d^{-1/2}$	Akma dayanımı (ortalama tane büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak-Hall-Petch denklemi)
$\%SSD = \left(\frac{A_0 - A_d}{A_0} \right) \times 100$	Yüzde soğuk şekil değişimi
$d^n - d_0^n = Kt$	Ortalama tane büyüklüğü (tane büyümesi sırasındaki)