



MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

1. Hacimsel ve Erime Özellikleri
2. Isıl Özellikleri
3. Kütle Yayınımı (Difüzyonu)
4. Elektriksel özellikleri
5. Elektrokimyasal İşlemler



Fiziksel Özelliklerin Tanımı

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Malzemelerin, mekanik olmayan fiziksel etkilere karşı davranışını belirleyen özellikleri
 - Hacimsel, ısı, elektriksel ve elektrokimyasal özellikler
- Bir ürünlerdeki parçaların, mekanik gerilmelere dayanmaktan daha fazlasını yapmaları gerekir
 - Elektriği iletmeleri (veya iletkenliği önlemeleri), ısı transferine izin vermeleri (veya kaçmasını önlemeleri), ışığı geçirmeleri (veya bloke etmeleri) ve diğer pek çok fonksiyonu yerine getirmeleri gerekir



İmalatta Fiziksel Özellikler

- Fiziksel özellikler çoğu kez işlem performansını etkilediğinden dolayı imalatta önemlidir
 - Talaş kaldırmada, parça malzemesinin ısı özellikleri, takım ömrünü belirleyen kesme sıcaklığını etkiler
 - Mikroelektronikte, Silisyum'un elektriksel özellikleri ve bu özelliklerin kimyasal ve fiziksel işlemlerle nasıl değiştirilebildiği, yarıiletken üretiminin esasını oluşturur

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Hacimsel ve Erime Özellikleri

Katıların hacmiyle ilgili özellikleri ve bu özelliklerin sıcaklıktan nasıl etkilendiğiyle ilgilidir

- Yoğunluk
- Isıl genleşme
- Erime noktası (sıcaklığı)

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Yoğunluk ve Özgül Kütle

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Yoğunluk = birim hacmin kütlesi
 - Tipik olarak g/cm^3 'tür
 - Atom sayısı ve bunun dışında atom çapı ve atomsal düzeni gibi diğer faktörler tarafından belirlenir
- Özgül kütle = suyun yoğunluğuna göre bir malzemenin yoğunluğu
 - Birimsiz oran
 - Özgül ağırlık ile karıştırılmamalıdır



Yoğunluk Niçin Önemlidir

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Belirli bir uygulama için malzeme seçimindeki bir kriter; ancak ilgilenilen tek özellik olmayabilir
- Dayanım da önemlidir ve bu iki özellik genellikle, çekme dayanımı/yoğunluk olan gerilme/ağırlık oranı şeklinde birbirleriyle ilişkilendirilir
 - Uçak, otomobil ve, ağırlık ve enerjinin göz önünde bulundurulduğu benzeri ürünler için malzemelerin karşılaştırılmasında faydalıdır



Isıl Genleşme

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Malzemenin yoğunluğu, sıcaklığın bir fonksiyonudur
 - Genel olarak artan sıcaklıkla yoğunluk azalır
 - Hacim/Ağırlık oranı, artan sıcaklıkla artar
 - Isıl genleşme, sıcaklığın yoğunluk üzerindeki bu etkisine verilen isimdir
 - Isıl genleşme katsayısı olarak ölçülür



Isıl Genleşme Katsayısı

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

Her bir derece sıcaklık değişiminde uzunluktaki değişim;
örn.: mm/mm/°C

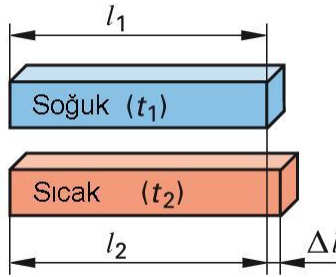
- Ölçümü ve uygulaması daha kolay olduğu için, hacim oranından çok uzunluk oranı kullanılır
- Belirli bir sıcaklık değişiminde uzunluktaki değişim:

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

burada α = ısı genleşme katsayısı; L_1 ve L_2 sırasıyla T_1 ve T_2 sıcaklıklarına karşı gelen uzunluklardır



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



l Uzunluk değişimi
 l_1 Başlangıç uzunluğu
 α Isıl genleşme katsayısı
 Δt Sıcaklık değişimi
 $t_2 - t_1$



İmalatta Isıl Genleşme

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Isıl genleşme, büzerek ve genişleterek takma montajlarında kullanılır
 - Parça, diğer bir parça üzerine takılmasını sağlamak üzere, boyutunu arttırmak için ısıtılır veya soğutulur
 - Parça oda sıcaklığına döndüğünde, sıkıca takılmış bir montaj elde edilir
- Isıl genleşme, işlem sırasında malzeme içinde gelişen ısıl gerilmeler nedeniyle, ısıl işlem ve kaynakta bir problem olabilir



Elementlerin Erime Karakteristikleri

Bir saf elementin T_m erime sıcaklığı (noktası) = o elementin katı halden sıvı hale dönüştüğü sıcaklık

- Aynı sıcaklıkta ters dönüşüm de gerçekleşir ve buna da katılaşma (donma) sıcaklığı (noktası) adı verilir

Erime ısısı = Katıdan sıvıya dönüşümü gerçekleştirmek için T_m 'de gerekli enerji

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Metal Alaşımlarının Erimesi

- Saf metallerin aksine, çoğu alaşımın tek bir erime noktası (sıcaklığı) yoktur
- Bunun yerine, erime **solidüs** denilen bir sıcaklıkta başlar ve sıcaklıkla artarak **likidüs** denilen bir sıcaklıkta tamamen sıvıya dönüşerek tamamlanır
 - İki sıcaklık arasında alaşım, katı ve erimiş metalin karışımından oluşur
 - İstisna: ötektik alaşımlar belirli bir sıcaklıkta erir (ve katılaşır)

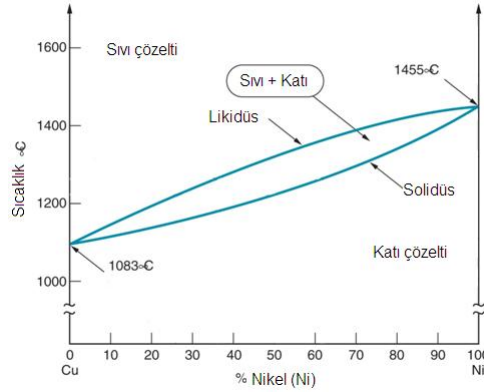
Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Alaşımların Erimesi: Solidüs ve Likidüs

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Nikel-Bakır alaşım sistemi için faz diyagramı



Kristal olmayan Malzemelerin Erimesi

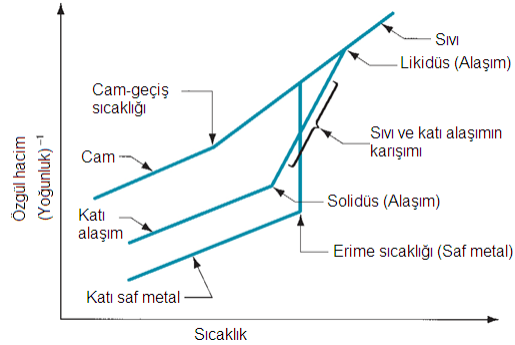
Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Kristal olmayan malzemelerde (camlar) katıdan sıvıya doğru yavaş bir geğış olurur
 - Kıvı malzeme, sıcaklık artarken yavaşça yumuşar , sonunda erime sıcaklığında sıvı hale gelir
 - Yumuřama sırasında malzeme, erime sıcaklığına yaklařtıķa (gitgide bir sıvıya benzer şekilde) artan bir plastisite kararlılığına sahiptir



Hacim/Ağırlık Değişimleri

- İdeal bir saf metal, alaşım ve cam için Hacim/Ağırlık'ın sıcaklıkla değişimleri



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Erime nin İmalattaki Önemi

- Metal dökümü – metal eritilir ve ardından kalıp boşluğuna dökülür
 - Düşük erime sıcaklığına sahip metallerin dökümü genellikle daha kolaydır
- Plastik kalıplama – polimerlerin erime karakteristikleri, hemen hemen tüm polimer şekillendirme yöntemlerinde önemlidir
- Toz metallerin sinterlenmesi – sinterleme metali eritmez; ancak tozların birbirine bağlanması için sıcaklığın erime sıcaklığına yaklaşması gerekir

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Isıl Özellikler

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Isıl enerji, malzemelerin değişimine neden olan atomların ısı enerji seviyesini belirlediğinden, ısı genleşme, erime ve erme ısı, ısı özelliklerdir
- Diğer ısı özellikler:
 - Özgül ısı
 - Isıl iletkenlik
 - Bu özellikler bir madde içindeki ısının birikimi ve akışıyla ilgilidir



Özgül Isı

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

Birim malzeme kütlesinin sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli ısı enerjisi miktarı

- Belirli ağırlıkta metali belirli bir sıcaklığa ısıtmak için gerekli enerjiyi tespit etmek için:

$$H = C W (T_2 - T_1)$$

burada H = ısı enerjisinin miktarı; C = malzemenin özgül ısı; W = ağırlığı ve $(T_2 - T_1)$ = sıcaklıktaki değişim



Hacimsel Özgül Isı

Birim hacim malzemenin sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli ısı enerjisi miktarı

- Yoğunluk ρ 'un özgül ısı C ile çarpımı
- Hacimsel özgül ısı = ρC

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Isıl İletkenlik

Bir malzemenin ısı iletme fiziksel mekanizması aracılığıyla kendi içinden ısı transfer etme kabiliyeti

- Isıl ilekenlik, bir malzeme içinde sadece ısı hareketlerle molekülden moleküle ısı enerjisi transferini içerir
 - Kütle transferi gerçekleşmez
- Isıl iletkenlik katsayısı k metallerde genellikle yüksektir; seramik ve plastiklerde ise düşüktür
 - k 'nin birimleri : J/s mm °C (Btu/inç saat °F)

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

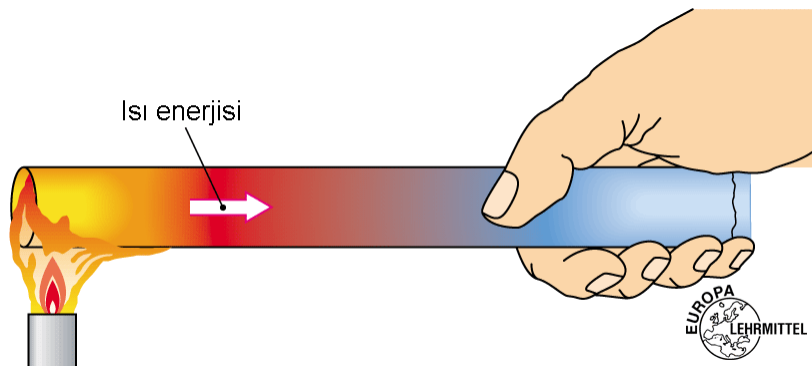


Isıl Yayınabilirlik

Isı transferi analizlerinde genellikle “Isıl iletkenlik / hacimsel özgül ısı” oranı ile karşılaşılır

$$K = \frac{k}{\rho C}$$

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



İmalatta Isıl Özellikler

- Isı üretimi çoğu yöntemde yaygın olduğundan, imalatta önemlidir
 - Bazı durumlarda ısı işlemi gerçekleştiren enerjinin kendisidir
 - Isıl işlemler; metal tozlarının ve seramiklerin sinterlenmesi
 - Bazı durumlarda ise ısı, işlemin bir sonucu olarak üretilir
 - Metallerin soğuk şekillendirilmesi ve talaşlı işlenmesi

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Kütle Yayınımı (Difüzyonu)

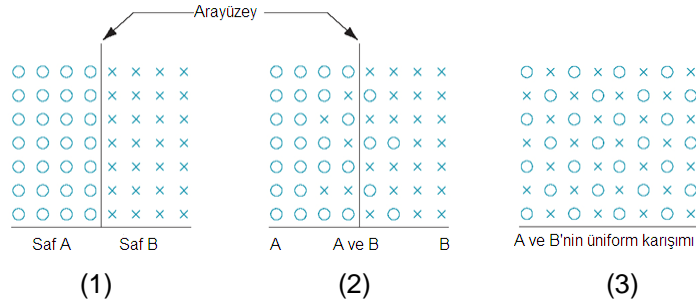
- Atomların veya moleküllerin bir malzeme içinde veya temas halindeki iki malzeme arasındaki sınır boyunca hareketi
- Bir malzeme (katı, sıvı veya gaz) içindeki atomların harekete geçirilmesi nedeniyle atomlar sürekli olarak hareket halindedir
 - Isıl hareketlendirme seviyesinin yüksek olduğu sıvı ve gazlarda bir serbest dolaşım hareketidir
 - Metallerde atomsal hareket, kristal yapıdaki boşluklar ve diğer hatalar tarafından kolaylaştırılır

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Kütle Yayınımı

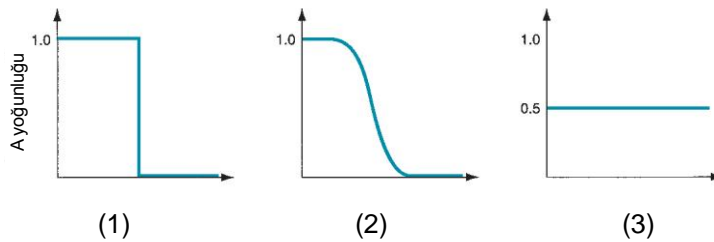
- Temas halindeki iki blok: (1) başlangıçta her blok kendi bileşimine sahiptir; (2) zamanla, atomların karşılıklı değişimi başlar; (3) sonunda, üniform bileşim oluşur



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



- A metalinin B metaline yayılması sırasında A metaline için yoğunluk gradyanları



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



İmalatta Kütle Yayınımı

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Yayınmaya dayalı yüzey sertleştirme işlemleri karbürizasyon ve nitrürasyonu içerir
- Yayınma (Difüzyon) kaynağı – kalıcı bir bağ oluşturmak üzere iki parçanın birbirine bastırılması ve arayüzey boyunca yayınmaya izin verilmesiyle birleştirilmesinde kullanılır
- Yayınma ayrıca elektronik imalatında, “devre detayları” oluşturmak üzere bir yarı iletkenin yüzey kimyasının çok yerel bölgelerde değiştirilmesinde de kullanılmaktadır



Elektriksel Özellikler

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Mühendislik malzemeleri, elektrik iletme kabiliyeti bakımından geniş bir değişkenlik gösterir
- Elektrik akımının akışı, *yük taşıyıcıların* hareketinden oluşur - bir elektriksel yüke sahip sonsuz küçük parçacıklar
 - Katılarda, bu yük taşıyıcılar elektronlardır
 - Bir sıvı çözelti içinde ise, yük taşıyıcılar pozitif ve negatif iyonlardır



Elektriksel Özellikler

- Yük taşıyıcıların hareketi, elektriksel gerilimin varlığı tarafından oluşturulur
- Ve atomlar ve moleküller arasındaki bağ ve atomik yapılar gibi malzemenin iç karakteristikleri tarafından engellenir

$$\text{Ohm kanunu: } I = \frac{E}{R}$$

burada I = akım, [A], E = gerilim, [V], ve
 R = elektriksel direnç, [Ω]

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Elektriksel Direnç

- Düzgün bir malzeme kesitindeki direnç (örn. Bir tel) iletkenin uzunluğuna " L ", kesit alanına " A " ve malzemenin özgül direncine " r " bağlıdır

$$R = r \frac{L}{A} \quad \text{or} \quad r = R \frac{A}{L}$$

burada özgül direncin " r " birimi " $\Omega \cdot \text{m}^2/\text{m}$ " dir

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Özgöl Direnç

Bir malzemenin akan akıma karşı direnç gösterme kabiliyetini belirleyen özellik

Özgöl direnç r 'nin boyutu ($\Omega\cdot m$)

- Özgöl direnç sabit değildir; diğer bir çok özellik gibi sıcaklıkla değişir
- Metaller halinde, sıcaklık arttıkça özgöl direnç de artar

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Özgöl İletkenlik

- Bir malzemenin içinden geçen akıma karşı direnç göstermesinden daha çok iletkenliğinin ifade edilmesi daha uygundur
- Bir malzemenin özgöl iletkenliği, basit bir ifadeyle özgöl direncinin tersidir:

$$\text{Elektriksel özgöl iletkenlik} = \frac{1}{r}$$

burada özgöl iletkenliğin birimi $(\Omega\cdot m)^{-1}$ dir

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Malzemeler ve Elektriksel Özellikleri

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Metalsel bağları nedeniyle metaller en iyi elektrik *iletkenidir*
- Elektronları kovalent ve/veya iyonik bağlarla sıkıca bağlı olan çoğu seramik ve polimer türü kötü iletkenidir
- Bu malzemelerin çoğu, yüksek özgül direnci nedeniyle yalıtkan olarak kullanılmaktadır



Yarı iletkenler

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

Özgül direnci iletkenler ile yalıtkanlar arasında bulunan bir malzeme

- En yaygın yarı iletken malzeme Silisyum'dur. Doğadaki bolluğu nedeniyle görece olarak düşük maliyetlidir ve işlenmesi kolaydır
- Yarı iletkenleri eşsiz kılan özellik, entegre devreleri imal etmek üzere çok yerel bölgelerde yüzey kimyalarının iletkenliğinin önemli oranda değiştirilebilme kapasitesidir



İmalatta Elektriksel Özellikler

- Elektrik deşarjıyla işleme – metallerden malzeme uzaklaştırmak için kıvılcım formunda elektrik enerjisini kullanır
- Ark kaynağı ve elektrik direnç kaynağı gibi en önemli kaynak yöntemleri, metali eritmek ve birleştirmek için elektrik enerjisini kullanır
- Yarı iletken malzemelerin elektriksel özelliklerinin değiştirilme kapasitesi, mikroelettronik üretiminin temelini oluşturur

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Elektrokimya

Elektrik ile kimyasal değişimler arasındaki ilişkiyle ve elektrik ve kimyasal enerjinin birbirine dönüşümüyle ilgilenen bilim dalı

- Bir sulu çözeltide, bir asitin, bazın veya tuzun molekülleri, pozitif ve negatif yüklü iyonlar halinde ayrışır
 - İyonlar, çözeltideki yük taşıyıcılarıdır
 - Metalsel iletkenlerde elektronların oynadığı rolle aynı rolü oynayarak elektrik akımının iletilmesine sağlarlar

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Elektrokimyasal İşlemlerdeki Terimler

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

- Elektrolit – iyonize olmuş çözelti
- Elektrotlar – elektrolitik iletkende akımın çözeltiye girdiği ve çıktığı yerler
 - Anot – pozitif elektrot
 - Katot – negatif elektrot
- Tüm düzenleme bir elektrolitik hücre (pil) adını alır



Elektroliz

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

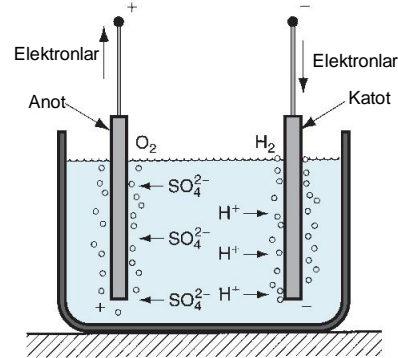
- Çözeltide oluşan bu kimyasal değişikliklere verilen isim
- Her bir elektrotta, aşağıdaki kimyasal reaksiyonlar oluşur:
 - Metalin ayrışması ve dağılması
 - Çözeltiden gaz ayrışması



Elektroliz Örneği

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

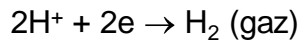
- Elektroliz örneği: suyun ayrışması
- Elektrolit = sulu sülfürik asit (H_2SO_4)
- Elektrotlar = platinyum ve karbon (her ikisi de kimyasal olarak soydur)



Suyun Ayrışmasındaki Kimyasal Reaksiyonlar

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

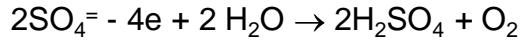
- Elektrolit H^+ iyonlarına ve SO_4^- iyonlarına ayrışır
- H^+ iyonları negatif yüklü katot tarafından çekilir
 - Ulaştıktan sonra her biri bir elektron alır ve hidrojen gazı molekülü haline dönüşmek üzere birleşirler





Suyun Ayrışmasındaki Kimyasal Reaksiyonlar

- $\text{SO}_4^{=}$ iyonları, anot tarafından çekilirler; ilave sülfürik asit ve oksijen açığa çıkarmayı sağlamak üzere elektronlarını transfer ederler



- H_2SO_4 ürünü tekrar $\text{SO}_4^{=}$ iyonlarına ayrışır ve proses bu şekilde devam eder

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



İmalat Yöntemlerinde Elektroliz

- Elektrokaplama - dekoratif veya başka amaçlarla bir metali (örn. Krom) ince bir tabaka halinde ikinci bir metalin (örn. Çelik) yüzeyine ekleme işlemi
- Elektrokimyasal işleme - Bir metal parçanın yüzeyinden malzeme uzaklaştırma yöntemi
- Hidrojen ve Oksijen gazları üretimi

Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi



Doç.Dr. Murat VURAL - İTÜ Makine Fakültesi

