

# ELEKTRİKSEL MALZEMELER DERS NOTLARI (2006-2007)

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Genel anlamda bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan her madde malzeme adını alır. Malzemeler atomların farklı düzenlerde bir araya gelmesi ile meydana gelirler. Atomlar farklı düzenlerde ve yapılarda birbirleri ile bağlanmalarına göre malzemeleri metal, seramik, polimer, kompozit ve yarı iletken olarak sınıflandırılırlar.

- ⇒ Metaller
- ⇒ Seramikler
- ⇒ Polimerler (Plastik malzemeler)
- ⇒ Yarı iletkenler (Elektronik malzemeler)
- ⇒ Kompozitler

Bir mühendisin mevcut binlerce malzeme özelliklerini tamamı ile bilmesi ve gelişmeleri izlemesi çok zor olduğundan; bütün malzeme özelliklerini etkileyen ve oluşturan prensipleri iyice anlaması gerekir.

### 1.1. Malzeme Türleri

#### Metalik Malzemeler

Çelik, alüminyum, bakır, çinko, dökme demir, titanyum ve nikeli kapsayan metal ve alaşımlar genellikle iyi termal ve elektrik iletkenliğine nispeten yüksek dayanıma, kolay şekillendirilebilme özelliğine ve yüksek darbelere dayanan malzemelerdir. Saf metaller zaman zaman kullanılmalara rağmen genellikle alaşımlar adı verilen metal karışımları arzu edilen belirli bir özellikte gelişme sağlamak veya daha iyi özellikler elde etmek için kullanılır. Alüminyum çevre dostu bir metaldir. Para yapımında kullanılan monel metal alaşımının %30 bakır %70 Nikeldir. Çelik sac üzerine çinko kaplama galvanizleme, kalay kaplı sac ise teneke olarak bilinir.

#### *Çelikler*

##### ⇒ Sade Karbonlu Çelikler

##### 1. Az Karbonlu %(0-0,20 C )

- Dünya çelik üretiminin en büyük miktarını kapsayan bu çelik türüne, yassı çelikler ile inşaat sektörü ve temel yapılarda kullanılan çelik çubuk ve profiller örnek olarak verilebilir.
- Yüzeyleri sert iç tarafları yumuşaktır.
- Kaynak ve imalat için işlenebilirlikleri çok iyidir.
- Şekillendirilmeleri en yüksek olan bu çelikler dövme, preste şekillendirme işlemlerinde tercih edilirler.
- Kimyasal bileşimleri
  - C %0-0,20
  - Mn %0,30-0,60
  - Si %0,10-0,20
  - P %0,04 max
  - S %0,05 max

##### 2. Orta Karbonlu %(0,20-0,50 C )

- Isıl işlemler ile yeterli oranda sertleştirilebilmektedirler

- Makine sanayiinin tercih ettiği çeliklerdir.
- Şekillendirilmeleri az karbonlu çeliklerden zordur
- Kimyasal bileşimleri
  - C %0,20-0,50
  - Mn %0,60-0,90
  - Si %0,15-0,30
  - P %0,04 max
  - S %0,05 max

### 3. Yüksek Karbonlu

- Yüksek mukavemetlidirler. Süneklikleri düşüktür.
- Isıl işlemler ile fevkaledede yüksek kalitede sertleşebilmektedirler.
- Aşınmaya dayanıklı ve kesici özellik kazanırlar
- Kimyasal bileşimleri
  - C %0,50 den fazla
  - Mn %0,70-1
  - Si %0,15-0,30
  - P %0,04 max
  - S %0,05 max

### ⇒ Alaşımli Çelikler

#### 1. Az Alaşımli

- Alaşım elementi veya katılan alaşım elementlerinin toplam miktarı %5 den az olması halinde az alaşımli çelikler oluşur

#### 2. Yüksek Alaşımli

- Alaşım elementi veya katılan alaşım elementlerinin toplam miktarının %5 den yüksek olması halinde yüksek alaşımli çelikler oluşur

## Seramikler

Tuğla, cam, porselen refrakterler ve aşındırıcılar gibi seramik malzemeler düşük elektrik ve termal iletkenliklere sahiptirler ve yalıtkan olarak da kullanılabilirler. Seramik malzemeler sert olmalarına rağmen; darbe dayanımları zayıftır. Buna karşın pek çok seramik korozif şartlara ve yüksek sıcaklığa karşı mükemmel bir direnç göstermektedir.

\*

### **Klasik Seramik Malzemeler**

#### ⇒ Gözenekli Ürünler

1. Kırığı renkli (Tuğla, kiremit gibi )
2. Kırığı beyaz (Ak çini gibi)

#### ⇒ Gözeneksiz Ürünler

1. Kırığı renkli ( Kanalizasyon boruları, yer karoları gibi )
2. Kırığı beyaz (Sağlık gereçleri, mutfak eşyaları, asite dayanıklı tuğlalar gibi)

### **Yüksek Teknolojili Seramik Malzemeler**

#### ⇒ Elektriksel özelliklerinden faydalanılan seramikler

**Porselen hakkında bilgi**

Porselen %50 Kaolen %25 Feldispat %25 Kuvars tan oluşur. Beyaz veya saydam olabilir

⇒ Yumuşak Porselen 1200-1300 °C

⇒ Sert Porselen 1300-1400°C ve vukarisında pisirilir.

1. İzolasyon Malzemeleri (Alümina, magnezya, berilya...)
  2. Ferro elektrik seramikler (Baryum titanat, stronsiyum titanat...)
  3. Piezo elektrik seramikler (kurşun oksit, zirkonya, titanatlar...)
  4. İyonik iletken seramikler (sensörler) (beta alümina, zirkonya...)
  5. Yarı iletken seramikler (baryum titanat, SiC, ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  6. Süper iletken seramikler (CuO, BaO, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
- ⇒ Manyetik özelliklerinden faydalanılan seramikler
1. Yumuşak manyetik malzemeler (ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  2. Sert manyetik malzemeler (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaO, SrO)
- ⇒ Optik özelliklerinden faydalanılan seramikler
- ⇒ Kimyasal özelliklerinden faydalanılan seramikler
- ⇒ Isıl özelliklerinden faydalanılan seramikler
- ⇒ Mekanik özelliklerinden faydalanılan seramikler
- ⇒ Biyolojik özelliklerinden faydalanılan seramikler
- ⇒ Nükleer özelliklerinden faydalanılan seramikler

## Polimerik Malzemeler

Lastik, plastik ve birçok yapıştırıcıyı içeren polimerler, polimerizasyon denilen bir işlemle organik moleküllerden büyük moleküllerin üretilmesiyle elde edilirler. Polimeriler, düşük elektrik ve termal iletkenliklere sahiptirler yüksek sıcaklıklarda kullanılmazlar.

1. Düşük yoğunluktadırlar,
2. Düşük elastisite modülüne sahiptirler,
3. Genelde 120 °C dereceye kadar kullanılabilirler,
4. Isıyı iyi iletmez,
5. Isıl genleşme katsayıları büyüktür,
6. Kimyasal etkilere karşı üstün dayanıklılık özellikleri vardır.

### Termosetler :

Termoset plastikler makro moleküller arasında kuvvetli bağlar oluşturarak 3 boyutlu ağ yapısına sahip olan plastik malzemelerdir. Reaksiyon (polikondansasyon) sonunda ağ yapısının tamamlanmasıyla sertleşir ve tekrar ısıtılarak yumuşatılamazlar. Pratik olarak bütün yapısı tek bir molekül olarak düşünülür. Çünkü her tarafta valans bağlar vardır. Termoplastiklerden daha kuvvetlidirler ve daha yüksek sıcaklıkta kullanılabilirler. Telefon cihazları, elektrik prizleri, mutfak eşyalarının sapları örnek olarak verilebilir.

### Termoplastikler :

Isı etkisiyle yumuşayan plastik malzemelerdir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda Van der Waals kuvvetleri daha kolaylıkla yenildiğinden, şekil değiştirme daha da kolay olur. Bu malzemeler plastik duvar ve döşeme kaplaması olarak kullanılmaktadır.

## Yarı İletkenler

İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar, normal halde yalıtıkandırlar. Ancak ısı, ışık ve magnetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hale geçer, yani iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler. Tabiatıta basit

eleman halinde bulunduğu gibi laboratuarda bileşik eleman halinde de elde edilir. Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptirler. Yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır. Bu tür yarı iletkenler, yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirildiği gibi, içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri arttırılmaktadır. Katkı maddeleriyle iletkenlikleri arttırılan yarı iletkenlerin elektronikte ayrı bir yeri vardır.

Tablo 1. Elektronikte yararlanılan yarı iletkenler ve kullanılma yerleri.

ADI	KULLANILMA YERİ
Germanyum (Ge) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre devre
Silikon (Si) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Selenyum (Se) (Basit eleman)	Diyot
Bakır oksit (kuproksit) (CuO) (Bileşik eleman)	Diyot
Galliyum Arsenid (Ga As) (Bileşik eleman)	Tünel diyot, laser, fotodiyot, led
İndiyum Fosfor (In P) (Bileşik eleman)	Diyot, transistör
Kurşun Sülfür (Pb S) (Bileşik eleman)	Güneş pili (Fotosel)

Silikon, germanyum, GeAs, SiC ve ZnO gibi malzemeler çok kırılğan olmalarına rağmen elektronik sanayinde bilgisayar ve iletişim haberleşme uygulamalarında kullanılan önemli malzemelerdir. Bu malzemeler elektrik iletimler, transistor ve entegre devre olarak uygulamalarının kullanımını kolaylaştırmak amacıyla kullanılırlar

## Kompozit Malzemeler

Farklı malzemelerin en iyi özellikleri birleştirilerek yeni malzeme yapımına kompozit (karma) malzemeler denir. Alman metalurji cemiyeti kompozit malzemeleri, birbiri ile uyumlu ancak birbiri ile aşırı reaksiyona girmeyen ve en az iki bileşenin makro ölçüde bir araya getirilmesi ile oluşan malzeme olarak tanımlar. Beton, kontraplak, cam yünü tipik kompozit malzeme örnekleridir. Kompozitlerle hafif, sağlam, sünek ve yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler üretilebilir.

### Kompozit Malzeme Çeşitleri

1. Fiber (Elyaf Takviyeli) Kompozitler
2. Tabaka (Lamine) Yapıda Kompozitler
3. Yüzeyi Kaplı Kompozitler
4. Tane yapısında Kompozitler

Tablo 1: Malzemelerin sınıflandırılması

<b>Metaller</b>	Bakır (Cu) Gri dökme demir Alaşımli çelikler	Elektrik kablo iletkeni Otomobil motor blokları Vidalar	Yüksek elektrik iletkeni Kolay şekillendirilebilme Dökülebilirlik, İşlenebilirlik, titreşim azaltma iyi mukavemet
<b>Seramikler</b>	SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O-CaO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MgO-SiO <sub>2</sub>	Pencere camları Refrakterler	İyi optik özellikler, Isı yalıtımı Yüksek sıcaklığa dayanım. Korozyon direnci
<b>Polimerler</b>	Poliyeten Epoksi Fenoller	Yiyecek paketlenme Tamamlanmamış devre izolasyonu Yapıştırıcı	İnce, kolay şekillenebilir Yalıtkanlık Neme karşı direnç
<b>Yarı iletkenler</b>	Silikon GaAs, CdTe ZnO	Transistörler, Elektronik devreler Güneş pili, Fiber optik sistemler Yüksek gerilim hatları	Elektriksel davranış Elektriksel sinyal dönüştürücü Lineer olmayan I – V karakteristiği
<b>Kompozitler</b>	Grafit-Epoksi WC-Co Titanyum kaplanmış çelik	Uçak parçaları Kesme takımları Reaktör kapakları	Ağırlığa göre yüksek dayanım Yüksek sertlik ve darbe dayanımı Düşük maliyet, Korozyona karşı dayanım

## 1. 2. Özellik – Yapı–Şekillendirme İlişkisi

Parçanın beklenen ömrü içerisinde görevini yerine getirmesi için uygun şekil ve özelliklere sahip olacak şekilde üretilmesi gerekmektedir. Malzeme mühendisleri, malzemenin iç yapısı, malzemeye uygulanan işlemler ve elde edilen malzeme özelliklerini göz önüne alarak bu ihtiyaçları karşılarlar.

### Özellikler :

1. Mekanik Özellikler
2. Fiziksel Özellikler

#### Mekanik Özellikler

Uygulanan yük veya gerilime karşı malzemenin nasıl davranacağını gösterir. En çok bilinen mekanik özellikler dayanım, süneklik ve malzemenin bükülmezliğidir. Malzemenin ani yük (darbe), devamlı değişen yük (yorulma) , yüksek sıcaklıktaki yük altında (sürünme) ve aşınmaya karşı nasıl davranacakları önemlidir. Mekanik özellikler malzemenin sadece kullanım sırasındaki

performansının iyi olması için değil aynı zamanda kolay şekillendirilebilmesi açısından da önemlidir.

### **Fiziksel Özellikler**

Elektrik, manyetik, termal ve kimyasal davranışları içerir. Fiziksel özellikler hem malzemenin şekillendirme yöntemine hem de iç yapısına bağlıdır. Kompozisyondaki çok küçük değişiklikler bile yarı iletken metaller ve seramiklerin özelliklerinde çok büyük değişiklikler yapabilir.

### **Yapı:**

Malzemenin yapısı özelliklerini doğrudan etkiler. Atom çekirdeğini kuşatan elektronların dizilimi elektrik, manyetik, ısı ve optik davranışları ile beraber malzemenin korozyon direncini de önemli ölçüde etkileyebilir. Elektronik dizilme, atomların birbiri ile nasıl bağlanacağını etkilediği gibi malzeme türlerinin belirlenmesinde de etkilidir. Metaller, seramiklerin çoğu ve bazı polimerler kristal yapıya sahiptirler. Bazı seramikler ve çoğu polimerlerin atomik dizilimleri düzensizdir. Amorf yapıya sahip (camsı yapı) malzemelerin davranışları, kristal yapıda olanlara göre farklıdır. Örneğin camsı polietilen saydam iken, kristal olanları yarı saydamdır. Atomik dizilimde genelde hatalar vardır ve bu hatalar malzemenin özelliklerini doğrudan etkiledikleri için kontrol edilmelidirler.

### **Şekillendirme:**

Başlangıçta şekilsiz olan malzemeden arzu edilen şekle sahip parça üretmek için çeşitli şekillendirme yöntemleri uygulanır. Metaller, sıvı metal bir kalıba doldurularak (döküm), ayrı metal parçaları birleştirilerek (kaynak, lehimleme), yüksek basınç kullanılarak (dövme, çekme, haddeleme) gibi yöntemlerle şekillendirilirler. Çok küçük metal tozları katı bir kütle olarak sıkıştırılmak suretiyle şekillendirilirler (toz metalurjisi). Seramikler ise slip döküm, ekstrüzyon, enjeksiyon ve izostatik pres, HIP, CIP gibi yöntemlerle polimerler yumuşak plastik kalıplara enjekte edilerek (döküm gibi), çekilerek şekillendirilebilirler.