

Malzeme Bilimi ve Malzeme Muayenesi

Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN
Makine Mühendisliği Bölümü



© Papatya Yayıncılık Eğitim

Ankara Caddesi, Prof. Fahreddin Kerim Gökay Vakfı İşhanı Girişi
No: 11/6, Çağaloğlu (Fatih) / İstanbul

Tel : (+90 212) 527 52 96 (+90 532) 311 31 10
Faks : (+90 212) 527 52 97
e-mail : admin@papatyabilim.com.tr
Web : www.papatyabilim.com.tr
Dağıtım : TDK Bilim – www.tdk.com.tr

Malzeme Bilim ve Malzeme Muayenesi – Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN

8. Basım	Ekim	2017	Güncellenmiş basım
9. Basım	Nisan	2018	Tıpkı basım
10. Basım	Ekim	2019	Tıpkı basım
11. Basım	Nisan	2021	Genişletilmiş basım

Yayın Danışmanı : Toros Rifat ÇÖLKESEN
Yayına Hazırlayan : Cengiz UĞURKAYA
Üretim : Necdet AVCI
Pazarlama : Mustafa DEMİR
Satış : TDK Bilim www.tdk.com.tr
Sayfa Düzenleme : Müge URCAN, Papatya ve Kelebek Tasarım
Basım ve Ciltleme : İMAK Ofset Basım Yayın (Sertifika No: 12531)
Atatürk Cad. Göl Sok. No: 1 Yenibosna / İstanbul

©Bu kitabın her türlü yayın hakkı Papatya Yayıncılık Eğitim AŞ'ye aittir.

Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinesi, ofset gibi teknikle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır.

Savaşkan; Temel

Malzeme Bilimi ve Malzeme Muayenesi / Temel Savaşkan - İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim, 2021.

xvi, 456 s.; 24 cm.

Kaynakça ve dizin var.

Sertifika No: 11218

ISBN 978-605-9594-26-4

1. Kristal Yapılar 2. Faz Yapısı 3. Alaşımli Çelikler 4. Dökme Demirler

I. Title

*Bu kitabımı,
rahmetli annem
Rahime Savaşkan
ve rahmetli babam
Mustafa Savaşkan'a
ithaf ediyorum.*

Teşekkür

Bu kitabın hazırlanmasında yararlandığım bütün eserler kaynakça bölümünde verilmiştir. Bu eserlerin değerli yazarlarına ve basımını yapan yayın kuruluşlarına müteşekkirim. Bu kitabın yayına hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Osman Bican'a, Prof. Dr. Genççağa Pürçek'e, Dr. Öğr. Üyesi Ali Paşa Hekimoğlu'na, Dr. Öğr. Üyesi Hasan Onur Tan'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, değerli görüş ve önerilerini şahsıma ileterek beni bu kitabı genişletip geliştirmeye teşvik eden başta Prof. Dr. Eyüp Sabri Kayalı, Prof. Dr. Burhan Selçuk, Prof. Dr. Fazlı Arslan, Prof. Dr. Remzi Çetin, Prof. Dr. Süleyman Tekeli, Prof. Dr. Mehmet Türker, Prof. Dr. Tamer Özdemir, Prof. Dr. Mehmet Eroğlu, Prof. Dr. Hüseyin Cömert, Prof. Dr. İrfan Yükler, Prof. Dr. Mehmet Gavgalı, Prof. Dr. Mümin Şahin, Prof. Dr. Murat Aydın, Prof. Dr. Bülent Öztürk, Prof. Dr. Sultan Öztürk, Prof. Dr. Aykut Çanakçı, Prof. Dr. Cem Çetinarslan, Prof. Dr. Ahmet Güral, Prof. Dr. Sevim Alışır, Doç. Dr. Yasin Alemdağ ve Doç. Dr. İbrahim İnanç olmak üzere çeşitli üniversite ve sanayi kuruluşlarında görev yapan mühendis, teknik eleman ve meslektaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN

Şubat 2021

İÇİNDEKİLER

Önsöz	xiii
Genel Giriş	xv
Bölüm 1. Malzemelerin Atom Yapısı	1
1.1. Giriş	1
1.2. Atom Yapısı ve Elektron Düzeni	1
1.3. Atomlar Arası ve Moleküller Arası Bağlar	8
1.3.1. Birincil Bağlar.....	8
1.3.1.1. Metalik Bağ.....	8
1.3.1.2. İyonik Bağ.....	9
1.3.1.3. Kovalent Bağ	10
1.3.2. İkincil Bağlar	12
1.3.2.1. Van der Waals Bağı	12
1.3.3. Atomlar Arası Uzaklık ve Bağ Enerjisi	14
Bölüm 2. Kristal Yapılar	17
2.1. Giriş	17
2.2. Birim Hücredeki Atom Sayısının Belirlenmesi	19
2.3. Koordinasyon Sayısı	21
2.4. Atomsal Dolgu veya Paketlenme Faktörü.....	21
2.5. Kristalografik Düzlem ve Yönler.....	27
2.5.1. Kübik Yapıdaki Düzlemler	27
2.5.1.1. Kübik Yapıdaki Düzlemlere Ait Bazı Örnekler.....	33
2.5.1.2. Kübik Kafes Yapısının Bazı Düzlemlerindeki Atom Sayısı.....	35
2.5.2. Kübik Kafes Yapısında Düzlemsel Atom Yoğunluğu	35
2.5.3. Kübik Kafes Yapısında Yön Tayini	39
2.5.4. Kübik Kafes Yapısında Doğrusal Atom Yoğunluğu.....	42
2.5.5. Hekzagonal Kafes Yapısındaki Düzlemler	43
2.5.6. Hekzagonal Kafes Yapısındaki Yönler.....	47
2.6. Kristal Yapılı Malzemelerin Kafes Yapılarının İncelenmesi	49
2.6.1. X-Işını Difraksiyonu	49
2.6.2. Kafes Sistemlerinde Difraksiyon Koşulları	52
2.7. Kristalleşme Mekanizması	53
2.8. Kristal Kusurları.....	59
2.8.1. Noktasal Kusurlar (Boyutsuz Kusurlar).....	60

2.8.2	Çizgisel Kusurlar (Bir Boyutlu Kusurlar)	63
2.8.3	Yüzeysel Kusurlar (İki Boyutlu Kusurlar)	65
2.8.4	Hacimsel Kusurlar (Üç Boyutlu Kusurlar).....	70
Bölüm 3.	Malzemelerin Deformasyonu	71
3.1	Giriş.....	71
3.2	Elastik Deformasyon	71
3.3	Plastik Deformasyon	73
3.3.1	Metalik Malzemelerde Plastik Deformasyon Mekanizmaları	73
3.3.1.1	Kayma	73
3.3.1.2	İkizlenme.....	84
3.3.1.2.1	Kayma ile İkizlenme Arasındaki Farklar.....	87
3.3.1.3	Tane Sınırı Kayması.....	88
3.3.1.4	Yayınmalı Sürünme.....	88
3.4	Çok Kristalli Malzemelerin Plastik Deformasyonu.....	89
3.5	Kırılma	90
3.6	Soğuk Şekil Değiştirmenin Malzemelerin Özelliklerine Etkisi.....	92
3.7	Tavlama ve Sıcak Şekil Değiştirme	94
3.7.1	Toparlanma.....	94
3.7.2	Yeniden Kristalleşme	95
3.7.3	Tane Büyümesi.....	98
Bölüm 4.	Alaşımların Yapısı	103
4.1	Giriş.....	103
4.2	Alaşımların Sınıflandırılması	103
4.2.1	Saf Metal	103
4.2.2	Ara Faz veya Bileşik	104
4.2.2.1	Metaller Arası Bileşikler veya Valans Bileşikleri	105
4.2.2.2	Ara Yer Bileşikleri	105
4.2.2.3	Elektron Bileşikleri.....	105
4.2.3	Katı Çözelti	106
4.2.3.1	Yer Alan Katı Çözeltisi	108
4.2.3.2	Ara Yer Katı Çözeltisi	110
Bölüm 5.	Faz Diyagramları	113
5.1	Giriş.....	113
5.2	Faz Diyagramlarının Koordinatları	114
5.3	Faz Diyagramlarının Belirlenmesinde Uyg. Deneysel Yöntemler ...	114
5.4	Gibbs Faz Kuralı	115

5.5	Sıvı ve Katı Durumlarda Birbiri İçerisinde Her Oranda Çözünen İki Metalin Denge Diyagramı.....	115
5.6	Difüzyon	122
5.7	Birbiri İçerisinde Sıvı Durumda Her Oranda Çözünen Katı Durumda ise Hiç Çözünmeyen İki Metalin Faz Diyagramı	125
5.8	Birbiri İçerisinde Sıvı Durumda Her Oranda Katı Durumda ise Kısmen Çözünen İki Metalin Faz Diyagramı	133
5.9	Yaşlandırma İşlemi	141
5.10	Ara Faz veya Metaller Arası Bileşik İçeren Alaşım Sistemi.....	146
5.11	Peritektik Dönüşüm Sergileyen Faz Diyagramı.....	150
5.12	Bileşenleri Sıvı Durumda Birbiri İçerisinde Kısmen Çözünen Denge Diyagramları	153
5.12.1	Monotektik Dönüşüm Sergileyen Denge Diyagramı	153
5.12.2	Sintektik Dönüşüm Sergileyen Denge Diyagramı	155
5.13	Sıvı ve Katı Durumlarda Birbiri İçerisinde Hiç Çözünmeyen İki Metalin Denge Diyagramı.....	156
5.14	Katı Hal Dönüşümleri	157
5.14.1	Allotropik Dönüşüm	157
5.14.2	Düzenli-Düzensiz Dönüşüm	158
5.14.3	Ötektoid Dönüşüm	159
5.14.4	Peritektoid Dönüşüm	161
5.14.5	Monotektoid Dönüşüm	163
5.15	Karmaşık Faz Diyagramları	164
6.	Demir-Karbon Alaşım Sistemi	169
6.1	Giriş	169
6.2	Demir-Sementit (Fe-Fe ₃ C) Faz Diyagramı	170
6.2.1	Demir-Sementit Denge Diyagramındaki Faz ve Yapılar	171
6.2.2	Demir-Sementit Sistemindeki Faz Dönüşümleri.....	173
6.2.3	Çeliklerde Soğuma Sırasında Oluşan İç Yapılar.....	173
6.2.4	Demir-Sementit Faz Diyagramı İle İlgili Uygulamalar	175
6.3	Demir-Grafit (Fe-C) Denge Diyagramı	179
6.4	Demir ve Çelik Üretimi	181
6.4.1	Yüksek Fırında Ham Demir (Pik) Üretimi.....	182
6.4.1.1	Yüksek Fırın.....	182
6.4.1.2	Doğrudan İndirgeme	184
6.4.2	Çelik Üretimi	185
6.4.2.1	Çelik Üretim Yöntemleri	186
6.4.2.1.1	Bessemer Yöntemi	186

6.4.2.1.2	Thomas Yöntemi	187
6.4.2.1.3	Siemens-Martin Yöntemi	188
6.4.2.1.4	Oksijen Üfleme Yöntemleri	188
6.4.2.1.4.1	Döner Konverter Yöntemi.....	189
6.4.2.1.4.2	LD Yöntemi.....	190
6.4.2.1.4.3	LDAC Yöntemi	190
6.4.2.1.4.4	Kaldo Yöntemi	191
6.4.2.1.5	Elektrikli Fırın Yöntemi	191
6.4.3	Çeliğin Katılaşması	193
6.4.3.1	Kaynar Dökülmüş Çelik.....	193
6.4.3.2	Sakin Dökülmüş Çelik.....	194
6.5	Kimyasal Bileşimin Çeliğin Özelliklerine Etkisi	195
6.5.1	Karbonun Etkisi.....	195
6.5.2	Kükürdün Etkisi	196
6.5.3	Manganın Etkisi	197
6.5.4	Fosforun Etkisi	197
6.5.5	Silisyumun Etkisi	197
6.5.6	Azotun Etkisi	197
6.6	Çeliklerin Sınıflandırılması.....	197
6.6.1	Çeliklerin Karbon Oranına Göre Sınıflandırılması	198
6.6.1.1	Düşük Karbonlu Çelikler	198
6.6.1.2	Orta Karbonlu Çelikler.....	198
6.6.1.3	Yüksek Karbonlu Çelikler	199
6.6.1.4	Yüksek Karbonlu Takım Çelikleri	199
6.7	Çeliklerin Türk Standartlarına Göre Gösterimi.....	199
6.7.1	Mekanik Özellikleri Esas Alınan Çelikler	199
6.7.2	Kimyasal Bileşimi Esas Alınan Çelikler.....	199
6.7.2.1	Alaşımız Çelikler.....	199
6.7.2.2	Alaşımızlı Çelikler	200
6.7.2.2.1	Az Alaşımızlı Çelikler.....	200
6.7.2.2.2	Otomat Çelikleri.....	200
6.7.2.2.3	Yüksek Alaşımızlı Çelikler	200
Bölüm 7.	Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemler	201
7.1	Giriş.....	201
7.2	Yumuşatma Tavı (Tam Tavlama)	202
7.3	Normalizasyon (Normalleştirme) Tavı.....	207
7.4	Küreselleştirme Tavı	210
7.5	Gerilme Giderme Tavı ve Ara Tavı.....	211

7.6	Su Verme Sertleştirilmesi.....	211
7.6.1	Martenzitik Dönüşümün Önemli Özellikleri	214
7.6.2	Kritik Soğuma Hızı	217
7.7	İzotermal Dönüşüm Diyagramları	217
7.8	İzotermal Dönüşüm ile Perlit ve Beynit Oluşumu	223
7.9	Soğuma Eğrileri ve İzotermal Dönüşüm Diyagramı.....	225
7.10	Sürekli Soğuma Sırasındaki Dönüşüm.....	227
7.11	İzotermal Dönüşüm (İD) Diyagramını Etkileyen Faktörler	230
7.12	Ostenitleştirme Sıcaklığı ve Ostenitin Homojenliği.....	232
7.13	Su Verme İşlemi Sırasında Isı Giderme Mekanizması	233
7.14	Su Verme Ortamları	234
7.15	Su Verme Ortamının Sıcaklığı ve Su Verme Yönteminin Soğumaya Etkisi	235
7.16	Su Verme Sertleştirmesini Etkileyen Faktörler.....	237
7.16.1	Parçanın Yüzey Durumu	237
7.16.2	Büyüklik ve Kütle	237
7.17	Sertleşme Kabiliyeti.....	243
7.18	Sertleşme Kabiliyeti ile İlgili Verilerin Kullanımı.....	246
7.19	Temperleme (Menevişleme)	248
7.20	Kesikli Su Verme Yöntemleri	253
7.20.1	Martemperleme	254
7.20.2	Ostemperleme	254
7.21	Çeliklere Uygulanan Yüzey Sertleştirme İşlemleri.....	254
7.21.1	Sementasyon (Karbürleme).....	256
7.21.2	Nitrürleme (Nitrasyon veya Nitrürasyon)	257
7.21.3	Alevle Sertleştirme.....	258
7.21.4	İndüksiyonla Sertleştirme	260
7.22	Isıl İşlemlerle İlgili Soru ve Cevaplar	261
8.	Alaşımli Çelikler	265
8.1	Giriş	265
8.2	Alaşımın Amacı	265
8.3	Alaşım Elementlerinin Çeliklerin Yapı ve Özelliklerine Etkisi.....	265
8.3.1	Alaşım Elementlerinin Ferrite Etkisi	265
8.3.2	Alaşım Elementlerinin Karbürlere Etkileri	268
8.3.3	Alaşım Elementlerinin Demir-Sementit Faz Diyagramına Etkileri .	268
8.3.4	Alaşım Elementlerinin Çeliğin Temperlenme Davranışına Etkileri	270
8.4	Alaşımli Çelik Türleri	271
8.4.1	Paslanmaz Çelikler.....	271

8.4.1.1	Martenzitik Paslanmaz Çelikler	271
8.4.1.2	Ferritik Paslanmaz Çelikler	272
8.4.1.3	Ostenitik Paslanmaz Çelikler	273
8.4.2	Rulman Çelikleri	274
8.4.3	Takım Çelikleri.....	276
Bölüm 9.	Dökme Demirler	279
9.1	Giriş.....	279
9.2	Beyaz Dökme Demir	280
9.3	Kır Dökme demir.....	281
9.4	Küresel Grafitli Dökme Demir	283
9.5	Temper Dökme demir	285
9.6	Alaşımli Dökme Demirler	287
9.6.1	Alaşımli Beyaz Dökme Demirler	287
9.6.2	Korozyona Dirençli Dökme Demirler	288
9.6.3	Isıya Dayanıklı Dökme Demirler	288
Bölüm 10.	Demir Dışı Alaşımilar	289
10.1	Giriş.....	289
10.2	Alüminyum alaşımiları.....	289
10.2.1	Alüminyum-Bakır Alaşımiları.....	291
10.2.2	Alüminyum-Silisyum Alaşımiları	292
10.2.3	Alüminyum-Magnezyum Alaşımiları.....	294
10.2.4	Alüminyum-Lityum Alaşımiları.....	294
10.3	Bakır Alaşımiları	295
10.3.1	Bakır-Çinko Alaşımiları	295
10.3.2	Bakır-Kalay Alaşımiları	296
10.3.3	Bakır-Alüminyum Alaşımiları.....	298
10.3.4	Bakır-Nikel Alaşımiları	298
10.4	Nikel Alaşımiları	298
10.4.1	Nikel-Bakır Esaslı Alaşımilar.....	299
10.4.2	Nikel-Krom Esaslı Alaşımilar	299
10.4.3	Nikel-Molibden Esaslı Alaşımilar	300
10.4.4	Nikel-Titanyum Alaşımiları	300
10.5	Titanyum Alaşımiları.....	300
10.6	Çinko Alaşımiları	301
10.7	Kalay Alaşımiları.....	305
10.8	Kurşun Alaşımiları	306
10.9	Değerli Metaller ve Alaşımiları.....	306

Bölüm 11. Metallerin Korozyonu	309
11.1 Giriş	309
11.2 Korozyon Hücresi.	310
11.3 Korozyonun Meydana Gelişi	311
11.4 Korozyon Türleri	316
11.4.1 Homojen Dağılımlı Korozyon	316
11.4.2 Galvanik Korozyon	317
11.4.3 Çukurecuk Korozyonu.....	317
11.4.4 Aralık Korozyonu	318
11.4.5 Taneler Arası Korozyon.....	318
11.4.6 Gerilmeli Korozyon	319
11.5 Korozyonun Önlenmesi	320
11.5.1 Saf Metal Kullanma	320
11.5.2 Alaşım Elementi Katma	320
11.5.3 Isıl İşlem Uygulama	321
11.5.4 Uygun Tasarım.....	321
11.5.5 Katodik Koruma.....	323
11.5.6 Korozyon Önleyici (İnhibitör) Kullanma.....	323
11.5.7 Yüzey Kaplama.....	323
11.5.7.1 Metal Kaplama.....	323
11.5.7.2 Metal Olmayan Kaplama	324
Bölüm 12. Malzeme Muayenesi	325
12.1 Giriş	325
12.2 Tahribatlı Malzeme Muayenesi	326
12.2.1 Metalografi Deneyi	326
12.2.1.1 Optik Metalografi.....	327
12.2.1.1.1 Numune Alma	327
12.2.1.1.2 Numune Hazırlama	327
12.2.1.1.3 Mikroskobik İnceleme ve Yapısal Değerlendirme.....	331
12.2.1.2 Elektron Metalografi	338
12.2.2 Sertlik Deneyi	341
12.2.2.1 Brinell Sertlik Deneyi	342
12.2.2.2 Vickers Sertlik Deneyi.....	343
12.2.2.3 Rockwell Sertlik Deneyi	343
12.2.2.4 Knoop Sertlik Deneyi	345
12.2.2.5 Malzemelerde Sertlik-Mukavemet İlişkisi.....	346
12.2.3 Çekme Deneyi.....	346
12.2.3.1 Deneyin Amacı	346
12.2.3.2 Deneyin Yapılışı	346
12.2.3.3 Çekme Deneyinden Elde Edilen Veriler	348
12.2.3.4 Çekme Diyagramının (Gerilme-Birim Uzama Eğrisi) İrdelenmesi .	353

12.2.4	Basma Deneyi	356
12.2.5	Darbe Deneyi.....	358
12.2.6	Yorulma Deneyi	364
12.2.7	Sürünme Deneyi.....	369
12.2.8	Süneklik Deneyleri	373
12.2.8.1	Eğme Deneyi	373
12.2.8.2	Erichsen veya Çökertme Deneyi	374
12.2.9	Burulma Deneyi	374
12.2.9.1	Kayma Gerilmesinin Belirlenmesi	376
12.2.9.2	Kayma Elastisite Modülünün Hesaplanması.....	376
12.3	Tahribatsız Malzeme Muayenesi.....	377
12.3.1	Muayene Yöntemleri.....	377
12.3.1.1	Gözle Muayene.....	377
12.3.1.2	Girici Sıvı (Penetran) İle Muayene.....	377
12.3.1.3	Manyetik Parçacık (Toz) Yöntemi	378
12.3.1.4	Ultrasonik Muayene Yöntemi	380
12.3.1.5	Eddy (Girdap) Akımı İle Muayene.....	383
12.3.1.6	Radyografi Yöntemi.....	384
12.3.1.6.1	X-Işını Radyografisi.....	385
12.3.1.6.2	Gama Işını Radyografisi.....	387
Örnek Sorular	389
I.	Klasik Sorular.....	389
II.	Test Soruları	401
Ek 1.	Uluslararası Birimler	412
Ek 2.	Uluslararası Birim Çarpanları.....	414
Ek 3.	Bazı Fiziksel Sabitler.....	414
Ek 4.	Elementlerin Bazı Fiziksel ve Kristalografik Özellikler	415
Ek 5.	Bazı Kafes Yapılarında Atom Düzlemleri Arasındaki Uzaklık (d)..	416
	ve Açılarının (θ) Hesaplanmasında Kullanılan Formüller	
Ek 6.	Bazı Metal ve Alaşımların Mekanik Özellikleri.....	417
Ek 7.	Çeliklerin Standartlara Göre Gösterimi ve Kullanım Alanları	418
Ek 8.	Yapı Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi	419
Ek 9.	Yapı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri	420
Ek 10.	Bazı Çeliklerin Standart Gösterimleri ve Kimyasal Bileşimleri... ..	421
Ek 11.	Bazı Alüminyum Alaşımlarının Kimyasal Bil. ve Mek. Özellikleri	422
Ek 12.	Bazı Bakır Alaşımlarının Kimyasal Bil. ve Mek. Özellikleri.....	423
Kaynakça	425
Dizin	431

ÖNSÖZ

Bu kitap, şu ana kadar on baskısı yapılmış olan Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi adlı kitabım olmak üzere otuz yıldan daha uzun bir süredir okutmakta olduğum Malzeme Bilimi, Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi derslerine ait notlarım ve pek çok kaynaktan yararlanılarak hazırlanmıştır. Gerek yurt içinde, gerekse yurt dışında edindiğim bilgi ve deneyimlerden yararlanarak hazırladığım bu kitapta malzeme bilimine ait temel ilke ve konular sistematik olarak ele alınarak bilimsel ve teknolojik bir düzen içerisinde, özgün bir anlatımla verilmeye çalışılmıştır. Konuların anlaşılmasını kolaylaştırmak bakımından uygun yerlerde şekil ve örnekler verilmiştir. Ayrıca bu kitabın hazırlanmasında ülkemizdeki üniversitelerde malzeme derslerini okutan pek çok öğretim üye ve elemanının, Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi adlı kitabımın dokuz baskısı hakkındaki görüş ve önerileri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Ders kitapları, bilimsel makaleler gibi tamamen özgün eser niteliğinde olmayabilirler. Bir başka deyişle ders kitapları yazarın bilgi ve deneyiminin yanı sıra farklı kaynaklardan alınan bilgi ve belgeleri de içerebilirler. Ancak bütün bu bilgi ve belgelerin dersin veriliş sırasına uygun bir düzen içerisinde ele alınarak özgün bir anlatımla sunulması gerekir. Bu nedenle bu kitap çeşitli mühendislik dallarına ait ders programlarında okutulan Malzeme Bilimi, Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi derslerinin içeriğine ve veriliş sırasına göre hazırlanmıştır. Şöyle ki, on iki ana bölümden oluşan bu kitabın birinci bölümünde malzemelerin atom yapısı, ikinci bölümünde kristal yapıları, üçüncü bölümünde malzemelerin deformasyonu, dördüncü bölümünde alaşımların yapısı, beşinci bölümünde faz diyagramları, altıncı bölümünde demir-karbon alaşım sistemi, yedinci bölümünde çeliğe uygulanan ısı işlemler, sekizinci bölümünde alaşımlı çelikler, dokuzuncu bölümünde dökme demirler, onuncu bölümünde demir dışı alaşımlar, on birinci bölümünde metallerin korozyonu ve on ikinci bölümünde tahribatlı ve tahribatsız malzeme muayene yöntemleri ile ilgili bilgiler verilmektedir. Kitapta yer alan konuların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla hazırlanan klasik ve test türünden sorular örnek sorular bölümünde verilmiştir. Ekler bölümünde ise gerek bu derste, gerekse mühendislik uygulamalarında yararlanılabilecek bazı bilimsel ve teknik veriler sunulmuştur.

Özenle hazırlanan bu kitabın başta makina mühendisliği olmak üzere metalurji ve malzeme mühendisliği, gemi inşaatı mühendisliği, mekatronik mühendisliği, endüstri mühendisliği, imalat mühendisliği, endüstriyel tasarım mühendisliği, inşaat

mühendisliği, elektrik mühendisliği, orman endüstri mühendisliği, maden mühendisliği, jeoloji mühendisliği ve metal eğitimi bölümlerinde öğrenim gören lisans ve lisansüstü öğrenciler ile meslek yüksekokullarının makine ve otomotiv bölümlerinde okuyan öğrencilere yararlı olacağı görüşündeyim. Ayrıca bu kitabın endüstride makine, metalurji, malzeme, tasarım, imalat, bakım ve onarım alanlarında çalışan mühendis ve teknik elemanlara da yararlı olacağı kanaatini taşıyorum.

Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN
Makine Mühendisliği Bölümü, Haliç Üniversitesi
Şubat 2021

Genel Giriş

Genel anlamda, ihtiyaç duyulan maddelere malzeme denir. Teknik anlamda ise, mühendislik uygulamalarında kullanılan katı maddelere malzeme adı verilir. Her dönemin teknolojisi ve bir anlamda uygarlığı o dönemde kullanılan malzemelerle sınırlanmıştır. Tarih öncesinde yaşanan taş, bakır, bronz (tunç) ve demir çağları buna örnek olarak verilebilir. Nitekim içinde bulunduğumuz çağa elektronik endüstrisinin temelini oluşturan yonga devri denilmektedir. Diğer taraftan teknolojiye ilerlemeler malzeme alanındaki gelişmelere bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin raylı taşımacılıktaki ilerlemeler çelik üretimindeki gelişmelerle, ses üstü uçakların yapımı titanyum alaşımlarının geliştirilmesiyle ve elektronikte atılan büyük adımlar yarı iletkenlerin bulunmasıyla gerçekleştirilmiştir. Son zamanlarda sıkça duyulan nanoteknoloji kavramı da nanoyapılı malzeme üretiminin başlamasıyla ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, malzeme kullanıldığı çağa adını verecek kadar insanlık tarihinde önemli bir yer tutmaktadır.

Günümüzde kullanılan malzemeler dört ana gruba ayrılabilir. Bu gruplar aşağıda kısaca tanımlanmaktadır.

1) Metalik Malzemeler: Bunlar alüminyum, bakır, çinko, altın, gümüş, kalay, demir ve nikel gibi saf metallere, bu metallere diğer elementlerle oluşturduğu çelik (Fe-C), pirinç (Cu-Zn), bronz (Cu-Sn), beyaz metal (Sn-Sb-Cu) ve Alman gümüşü (Cu-Zn-Ni) gibi alaşımlar olup imalat sanayinde çok yaygın olarak kullanılır.

2) Seramik Malzemeler: Genellikle metallere metal olmayan elementler tarafından oluşturulan Al_2O_3 , MgO , SiO_2 , $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ve SiC gibi inorganik kimyasal bileşikler veya böyle bileşiklerin cam, tuğla, beton ve porselen olarak adlandırılan karışımlarıdır.

3) Organik Malzemeler: Karbonun başta hidrojen olmak üzere oksijen, azot, flor ve klor gibi metal olmayan elementlerle oluşturduğu büyük moleküllü organik bileşiklerdir. Bu bileşikler doğal ve yapay organik bileşikler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Doğal organik bileşiklere örnek olarak ağaç, deri ve kauçuk verilebilir. Genelde plastik olarak adlandırılan yapay organik malzemelere örnek olarak da polister, polietilen, politetrafloraetilen (teflon) ve polivinilklorür (PVC) gösterilebilir.

4) Kompozit Malzemeler: Yukarıda belirtilen üç ana grubun farklı özelliklerini belirli ölçüde bir malzemede toplamak amacıyla farklı gruplardaki malzemelerin makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemelerdir. Bunlara örnek olarak betonarme (beton+çelik), cam lifleriyle kuvvetlendirilmiş plastik (plastik+camlifleri), metal matrisli kompozitler (metal+seramik) ve parçacık takviyeli kompozitler gösterilebilir.

Malzeme bilimi teorik ve uygulamaya yönelik bilgileri içeren bir ders olup bilim ve mühendislik alanlarında önemli bir yere sahiptir. Esasında malzeme bilimi büyük ölçüde katı hal fiziğine dayanır ve bu bilim dalıyla çeşitli mühendislik dalları arasında bir köprü oluşturur. Malzeme konusu özellikle makina, malzeme, metalürji, imalat, inşaat, endüstri ve elektrik mühendisliği alanlarında önemli bir yere sahiptir. Daha da ileri giderek malzeme olmadan mühendislik uygulamalarının yapılamayacağı söylenebilir.

Gemi, uçak, tren ve otomobil gibi araçlar ile her türlü makinanın yapımında tasarım ve imalat olarak adlandırılan başlıca iki aşama söz konusudur. Her iki aşamada da malzeme seçimi önemli bir yer tutmaktadır. Seçimin doğru yapılabilmesi için malzeme özelliklerinin yanı sıra yapı-özellik ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekir. Malzemelerin özellikleri içyapılarına bağlıdır. Bu durum basit bir örnekle açıklanabilir. Şöyle ki, ağır bir pantolonu taşıyabilecek mukavemete sahip, çelik telden yapılmış bir askıyı ele alalım. Bu askı, 900°C dolayındaki bir sıcaklığa kadar ısıtılıp fırında yavaşça soğutulursa normal bir pantolonu taşıyamadığı görülür. Bu işlem sırasında askının kimyasal bileşiminde herhangi bir değişim meydana gelmez, ancak içyapısı değişir. İçyapıda meydana gelen değişim askının mukavemetinin azalmasına neden olur. Mukavemeti azalan askı da bir pantolonu taşıyamaz duruma gelir yani pantolon asılınca deforme olur.

Malzeme seçiminde yalnız kitap, dergi ve makale gibi kaynaklarda verilen fiziksel ve mekanik özelliklere bakmak her zaman yeterli olmayabilir. Çünkü malzemelerin özellikleri içyapılarına bağlıdır ve içyapılar da termomekanik işlemlerle değiştirilebilir. İçyapının değişmesi malzeme özelliklerinin değişmesine yol açar. Farklı termomekanik işlemlere tabi tutulan bir malzemenin mekanik özelliklerine ait bütün bilgileri basılı kaynaklarda bulmak mümkün değildir. Bu nedenle herhangi bir yöntemle üretilen bir malzemenin özellikleri hakkında bilgi edinebilmek için önce içyapısına bakmak gerekir. Başka bir deyişle malzemelerde yapı-özellik ilişkilerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca kullanım sırasında malzemede meydana gelen yapısal değişimlerin de malzemeden üretilen parçanın davranışını etkileyeceğini dikkate almakta yarar vardır.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı bu kitap malzemelerin atom yapısı, kristal kafes yapısı, deformasyon ve tavlama, alaşımlar, faz diyagramları, demir-karbon alaşım sistemi, ısıl işlemler, yüzey sertleştirme işlemleri, alaşımlı çelikler, dökme demirler, demir dışı alaşımlar, metallerin korozyonu ve malzeme muayenesi gibi temel malzeme konularını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır.