

Makine Mühendisliğine Giriş

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Prof. Dr. Bülent EKİCİ
Prof. Dr. Selma ERGİN
Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI
Prof. Dr. Hikmet RENDE
Prof. Dr. Hakan YAVUZ
Doç. Dr. Erdinç ALTUĞ
Doç. Dr. Hakan ERSOY
Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN
Doç. Dr. Serpil KURT
Doç. Dr. Selçuk MISTIKOĞLU
Doç. Dr. Arzu UZUN

Editör

Prof. Dr. Necdet GEREN



© **PAPATYA YAYINCILIK EĞİTİM**

Ankara Caddesi, Prof. Fahreddin Kerim Gökay Vakfı İşhanı Girişi
No: 11/6, Cağaloğlu (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

Makine Mühendisliğine Giriş – Prof. Dr. Necdet GEREN, Editör

1. Basım Ekim 2017

Yayın Danışmanı : Toros Rifat ÇÖLKESEN (Ph. D)
Yayına Hazırlayan : Cengiz UĞURKAYA (Ph.D)
Üretim : Necdet AVCI
Pazarlama : Mustafa DEMİR
Satış : TDK Bilim www.tdk.com.tr
Sayfa Düzenleme : Müge URCAN, Papatya ve Kelebek Tasarım
Basım ve Ciltleme : Özkaracan Matbaacılık (Sertifika No: 12228)
Evren Mah. Gülbahar Cad. No:62 Güneşli/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.

Geren, Necdet

Makine Mühendisliğine Giriş / Necdet Geren - İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim, 2017.

xvi, 768 s.; 24 cm.

Kaynakça ve Dizin var.

Sertifika No: 11218

ISBN 978-605-9594-27-1

1. Makine Elemanları 2. Akışkanlar Mekaniği 3. Teknik Resim 4. Termodinamik
5. Makine Teorisi I. Title

*Ben dâhil hemen tüm öğretim üyeleri
kendimizi mesleğimize kaptırıyor ve adeta adıyoruz.
Çoğu zaman mesleğimiz en değerli varlıklarımız olan
Ailelerimizin de önüne geçebiliyor.*

*Bu kitabın yazımında da tüm yazarlar olarak hemen hepimiz
ailelerimizin hoşgörüsüne sığınarak onlara ayırmamız gereken zamanı
bu kitabın yazımına ayırdık.*

*Ben bu kitabı, başta Sevgili Eşim **Gülce** ve Oğlum **Kaan** olmak üzere bana her
zaman destek olan aileme,
tüm bölüm yazarları adına da
bölüm yazarlarının değerli ailelerine
ithaf ediyoruz.*

Teşekkür

Her yapıtı kendi güzelliğiyle ışıldar.

Makina mühendisliği öğrencileri ve makina mühendisi olarak çalışan profesyonellerin başucu kitabı olması için hazırlanan bu kitabın bölüm yazarları Sayın;

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

Prof. Dr. Selma ERGİN

Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Prof. Dr. Hikmet RENDE

Prof. Dr. Hakan YAVUZ

Doç. Dr. Erdinç ALTUĞ

Doç. Dr. Hakan ERSOY

Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN

Doç. Dr. Serpil KURT

Doç. Dr. Selçuk MISTIKOĞLU

Doç. Dr. Arzu UZUN

Bu kitaba kattıkları ışıltı ve değerli emekleri ve ayrıca
Papatyia Bilim (PAPATYA YAYINCILIK EĞİTİM A.Ş) çalışanlarına
destekleri için ayrı ayrı
teşekkür ederim.

Prof. Dr. Necdet GEREN

İÇİNDEKİLER

Önsöz	xix
Makina Mühendisliğinde Kısaltmalar	xxi
Bölüm 1. Makine Mühendisliği Mesleği	23
<i>Prof. Dr. Necdet GEREN, Çukurova Üniversitesi</i>	
1.1. Mühendislik Kavramı	23
1.2. Makine Mühendisliği Tarihçesi	25
1.2.1 Mühendislik Öğretimine Neden Olan Önemli Buluşlar	25
1.2.2 Makine Mühendisliği Öğretiminin Tarihçesi	28
1.2.3 Ülkemizde Makine Mühendisliğinin Gelişimi	31
1.2.4 Ülkemizde Makine Mühendisliğinin Önemi	32
1.3. Makine Mühendisliği Mesleği	33
1.3.1. Makine Mühendisliği Dersleri	35
1.3.2. Makine Mühendisinde Aranılan Özellikler	38
1.3.3. Makine Mühendisliğinde Yabancı Dilin Önemi	39
1.3.4. Çalışma Alanları, Ortamları ve Sorumlulukları	42
1.3.5. Çalışma Alanlarındaki Görevleri	46
1.4. Meslek Etiği ve Tasarım Sorumluluğu	59
1.5. Özet	63
1.6. Alıştırma Soruları	63
Bölüm 2. İş Sağlığı ve Güvenliği	65
<i>Doç. Dr. Serpil KURT, İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	
2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği	66
2.2. Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğiyle İlgili Yasalar	66
2.2.1. Kanunlar Dışında Kalan Diğer Kaynaklar	67
2.2.2. 6331 Sayılı Kanunun Konusu ve Amacı	69
2.2.3. 6331 Sayılı Kanunun Kapsamı	69
2.2.4. 2547 sayılı Yükseköğretim Kanununda İSG ve Stajyerler	69
2.2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kavramları ve İSG Kültürü	70
2.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı	72
2.4. Bakım Onarım İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği	74
2.5. Basınçlı Kap ve Ekipmanlar	74
2.6. Elektrikle Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği	76

2.7. Kaynak İşlerinde İSG	77
2.8. Elle Taşıma ve Kaldırma İşlerinde İSG	79
2.9. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları	80
2.10. Kaldırma Araçları ve İSG	81
2.11. İşyeri Bina ve Eklentilerinde İSG	83
2.12. Kapalı Alanlardaki Çalışmalarda İSG	84
2.13. Motorlu Araçlarda İSG	85
2.14. Çalışma Ortamının Gözetimi	85
2.15. Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)	86
2.16. Sağlık ve Güvenlik İşaretleri	87
2.17. Risk Değerlendirmesi ve Riskin Yönetimi	88
2.18. İş Kazaları	89
2.19. İşyerindeki Makina ve Tezgahlarda Alınacak Güvenlik Tedbirleri	91
2.19.1. Makina Koruyucularının Hazırlanması, İmali, Kullanılması	93
2.19.2. Makinaların Tasarımı ile İlgili Sağlık ve Güvenlik Kuralları	94
2.20. Özet	97
2.21. Alıştırma Soruları	97

Bölüm 3. Ürün-Makine Geliştirme Süreçleri **99**

Prof. Dr. Hikmet RENDE, Akdeniz Üniversitesi

3.1 Tanımlar	100
3.2. Tasarım Ödevinin Türleri	102
3.3. Makine Tasarımı –Tasarım Problemlerine Yaklaşım	102
3.3.1. Fikirten Makine Teknik Resmine Dönüşüm Süreci	104
3.3.2. Tasarımda Ödevin Tarifi ve İstekler Listesi	104
3.3.3. Fonksiyon Strüktürünün Oluşturulması	107
3.3.4. Tasarımda Çözüm Arama Metotları	109
3.3.5. Çözüm Kombinasyonlarının Seçimi	111
3.3.6. Konstrüktif Geliştirme Süreci (Tasarımdaki Önemli Adımlar)	113
3.3.7. Şekillendirmenin Temel Kuralları	116
3.4. Konstrüksiyon İlkeleri	117
3.5. Tasarımda Malzemenin Önemi	131
3.6. Tasarım ve Kalite İlişkisi	133
3.7. Tasarım ve Maliyet İlişkisi	136
3.8. Özet	137
3.9. Alıştırma Soruları	138

Bölüm 4. Organizasyonel Yapılanma ve Mühendis **139**

Doç. Dr. Arzu Uzun, Çukurova Üniversitesi

4.1. Kurum ve Kuruluşlarda Organizasyonel Yapı	140
4.1.1. Üretim Sis. Sınıflandırılması ve Organizasyonel Yapılanmaları	140
4.1.2. Araştırma ve Geliştirme Birimleri	142
4.2. Yönetici Olarak Mühendis	145
4.2.1. Rekabet Kavramı	145
4.2.2. Stratejik, Taktiksel ve Operasyonel Kararlar	146
4.2.3. Verimlilik	147
4.3. Eş Zamanlı Mühendislik	149
4.4. Liderlik ve Motivasyon	150
4.5. İş Mükemmelliği Modeli	152
4.5.1. 5 S	152
4.5.2. Reengineering	154
4.5.3. Katılımcı Yönetim ve Takım Çalışması	156
4.5.4. ISO 9001 Kalite Yönetim Sistem Standartları	159
4.5.5. Toplam Verimli Bakım	160
4.5.6. Toplam Kalite Yönetimi	161
4.6. Özet	165
4.7. Alıştırma Soruları	165

Bölüm 5. Teknik Problem Çözümü İletişim ve Sunuş **167**

Doç. Dr. Arzu Uzun, Çukurova Üniversitesi

5.1. Genel Teknik Problem Çözüm Yaklaşımı	167
5.2. Yaratıcı Problem Çözme Yaklaşımı ve TRIZ	171
5.3. Birim Sistemleri ve Dönüşümler	179
5.3.1. Uluslararası Birim Sistemleri	179
5.3.2. Temel ve Türetilmiş Birimler	180
5.3.3. Birim Dönüştürmeleri	181
5.4. Anlamlı Basamaklar	184
5.5. Boyutsal Tutarlılık	184
5.6. Mühendislikte Kestirim	185
5.7. Mühendislikte İletişim Becerileri ve Sunuş	186
5.7.1. Yazılı İletişim	186
5.7.2. Grafikselsel İletişim ve Teknik Sunum	188
5.8. Özet	188
5.9. Çalışma Soruları	189

Bölüm 6. Teknik Resim, Standardizasyon ve Ölçme **191**

Doç. Dr. Selçuk Mıstıkoğlu, İskenderun Teknik Üniversitesi

6.1. Standartlar ve Önemi	192
6.2. Teknik Resim ve Makine Resminin Önemi	194
6.3. İki Boyutlu Çizim	193
6.4. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim	201
6.4.1. Katı ve Kabuk Modelleme	205
6.5. Makine Resminde Ölçünün ve Yüzeyin Önemi	208
6.6. Ölçme Aletleri ve Boyut Doğrulama	213
6.6.1. Mastarlar	215
6.6.2. Koordinat Ölçüm Aletleri	216
6.6.2.1. Temaslı Koordinat Ölçüm Aletleri	217
6.6.2.2. Temassız Koordinat Ölçüm Aletleri	217
6.7. Özet	217
6.8. Alıştırma Soruları	218

Bölüm 7. Yapılarda ve Makinelerde Kuvvet **221**

Prof. Dr. Bülent EKİCİ, Marmara Üniversitesi

7.1. Kuvvet	221
7.1.1 Kuvvetin Tanımı	221
7.1.2 Kuvvetin Nedenleri	222
7.1.3 Kuvvetin Sınıflandırılması: Dış kuvvetler, İç kuvvetler	223
7.1.4. Bir kuvvetin Matematiksel Gösterimi	223
7.1.5. Kuvvetin Ölçülmesi	224
7.1.6. Kuvvet Kanunları	225
7.2. Momet	239
7.2.1. Bir Kuvvetin Momentinin Tanımı	239
7.2.2. Bir Kuvvet Sistemi Tarafından Uygulanan Eşdeğer Moment	240
7.2.3. Moment Hesaplama Yöntem Örnekleri	240
7.2.4. Bir Momentin Fiziksel Önemi	243
7.2.5. Moment Hesaplamada Bazı İp Uçları	245
7.3. Kuvvet Çifti, Saf Moment, Tork	251
7.3.1. Kuvvet Çifti (Moment)	251
7.3.2. Moment, Kuvvet Çiftleri ve Torklar	252
7.3.3. Momentin Ölçülmesi	253
7.3.4 Tork Üreten Mühendislik Sistemleri	253
7.4. Kısıtlar Reaksiyon Kuvvetleri ve Momentleri	254
7.4.1. Kısıt Kuvvetleri, Kısıt Kuvvetlerinin Genel Doğasına Bakış	255

7.4.2. Mafsaldaki Reaksiyon Kuvvet ve Moment Yönlerrinin belirlenmesi	256
7.4.3 Kısıt Kuvvetleriyle Birlikte Serbest Cisim Diyagramı Çizimi	257
7.4.4 Deęişik Mafsal Tiplerinde Tepki Kuvvet ve Momentleri	259
7.4.5. Temas kuvvetleri	266
7.5 Sürtünme Kuvveti	269
7.5.1. Sürtünme Kuvvetlerinin Deneysel Ölçülmesi	272
7.5.2. Sürtünme Katsayısının Tanımı	272
7.5.3. Sürtünme Katsayısının Deneysel Deęerleri	273
7.5.4. Statik ve Kinetik Sürtünme	275
7.6. Alıştırma Soruları	276
Bölüm 8. Mühendislik Malzemeleri, Dayanım ve Testler	279
<i>Prof. Dr. İhsan Efeoğlu, Atatürk Üniversitesi</i>	
8.1. Malzeme Dünyası	280
8.1.1. Mühendislik Malzemelerinde Gelişmeler	280
8.2. Mühendis ve Malzeme	286
8.3. Mühendislik Malzemeleri	287
8.3.1. Fonksiyonel ve Stratejik Malzemeler	287
8.3.1. Mühendislik Malzemeleri ve Özellikleri	289
8.4. Malzeme Seçimi	308
8.4.1. Malzeme Seçimi ve Üretim Yöntemleri Arasındaki İlişki	308
8.4.2. Mekanik Direnci için Malzeme Seçimi	310
8.4.3. Tribolojik Özellikler (Sürtünme ve aşınma) için Malzeme Seçimi	310
8.4.4. Korozyon Direnci için Malzeme Seçimi	311
8.4.5. Termal Direnci için Malzeme Seçimi	312
8.5. Malzeme Seçimi için Tipik Örnek Çalışmalar	313
8.5.1. Uçak Kanadı için Sistem Analizi ve Malzemeler Öngörüsü	313
8.6. Malzeme Karakterizasyonu için Analitik Metodlar	318
8.6.1 Makro-Mikro Boyutta Tahribatlı Testler	318
8.6.1.a. Çekme-Basma Testi	318
8.6.1.b. Eğme-Bükme Testi	320
8.6.1.c. Çentik Darbe (kıрма) Testi	321
8.6.1.d. Sertlik Testleri	322
8.6.1.e. Yorulma Testi	325
8.6.1.f. Sürünme (Sünme) Testi	325
8.6.2. Mikro-Nano Boyutta Tahribatsız Testler	326
8.6.2.a. Görüntü Teknikleri	326
8.6.2.b. Mikroskop	327

8.7. Bitmiş Ürünler İçin Tahribatsız Testler	332
8.7.1. Ultrasonik Muayene	332
8.7.2. Penetrant Sıvı ile Test	333
8.7.3. Manyetik Partiküller(parçacık) ile Test	335
8.7.4. Radyografi Testi	336
8.7.5. Eddy-Girdap Akımları ile Test	337
8.8. Ürününün Servis Sürecinde Bakım-Kontrol Testleri	338
8.9. Ürünün Hasar Sonrası Durum Değerlendirilmesi ve Testleri	338
8.10. Test-Analiz Verilerinin Raporlanması	339
8.11. Özet	340
8.12. Alıştırma Soruları	341

Bölüm 9. Cisimlerin Mukavemeti **345**

Doç. Dr. Hakan ERSOY, Akdeniz Üniversitesi

9.1. Parçalarda İç Kuvvetler ve Gerilme Kavramı	346
9.2. Yük Altındaki Cisimlerin Şekil Değiştirmesi	348
9.3.Emniyet Katsayısı ve Emniyet Gerilmesi	350
9.4. Temel Zorlanma Şekilleri	352
9.4.1.Eksenel Zorlama	352
9.4.2. Kesme Zorlaması	354
9.4.3. Burulma Zorlaması	356
9.4.4.Eğilme Zorlaması	359
9.5. Burkulma	360
9.6. Birleşik Zorlanmalar	362
9.7. Çok Eksenli Zorlamalar ve Kırılma Hipotezleri	362
9.8. Dinamik Yükleme ve Malzemenin Yorulması	364
9.9. Özet	366
9.10. Alıştırma Soruları	367

Bölüm 10. Temel Makine Elemanları **369**

Prof. Dr. Necdet Geren, Çukurova Üniversitesi

10.1. Makine Elemanlarının Tasarımı ile ilgili Genel Hususlar	370
10.1.1. Malzeme Dayanımı ve Gerilmeler	370
10.1.2. Güvenlik Katsayısı ve Tasarım Faktörü	372
10.1.3. Tasarım Problemleri Çözümünde ve Tasarımda İzlenmesi	
Gereken Sistematik Yol	374
10.1.4. Tasarımda Maliyet Belirleyiciler	376

10.2. Tasarımda Kullanılan Yaklaşımlara Bakış	377
10.2.1 Statik Yüklemede Tasarım Yaklaşımları	380
10.2.2. Değişken Yükleme Yorulma Hasarını Önlemek için Kullanılan Tasarım Yaklaşımları	382
10.2.3. Birikimli Yorulma Hasarını Önlemek için Kullanılan Tasarım Yaklaşımları	388
10.2.4. Olası Çatlak Hasarını Önlemek için Kullanılan Tasarım Yaklaşımları	389
10.3. Şaft, Aks ve Elemanları	389
10.3.1. Şaftların Şekil Değiştirmeye Göre Tasarımı	393
10.3.2. Şaft ve Aksların Gerilmelere Göre Tasarımında İzlenecek yol	394
10.4. Vidalar, Bağlantı Elemanları ve Sökülebilir Bağlantılar	395
10.4.1 Vida ve Vida Dişi Tipleri	395
10.4.2 Cıvatalı Bağlantılar ve Yükleme Şekilleri	397
10.5. Kaynak, Yapıştırılmalı ve Sürekli Bağlantılar	400
10.5.1 Ergitme Kaynağı	400
10.5.2 Direnç Kaynağı	404
10.5.3 Yapıştırılmalı Bağlantılar	405
10.6. Mekanik Yağlar	405
10.6.1 Yay Malzemeleri ve Dayanımları	408
10.6.2 Yay Tasarımı	409
10.7. Yatak Seçimi ve Rulmanlı Yataklar	410
10.7.1 Rulmanlı Yatak Elemanları	411
10.7.2 Rulmanlı Yatak Çeşitleri	412
10.7.3 Rulmanlı Yatak Seçimi	416
10.7.4 Yağlama, Rulman Montajı ve Yuvaların Tasarımı	419
10.8. Yağlama ve Kaymalı Yataklar	420
10.8.1 Yağlama ve Önemi	420
10.8.1.1 Yağlama Metotları	420
10.8.1.2 Yağlama Rejimleri ve Yağ Filmi	421
10.8.2 Kaymalı Yataklar	424
10.8.2.1 Hidro-dinamik ve İnce Film (sınır) Yağlamalı Yataklar	426
10.8.3. Yatak Tasarım Değişkenleri	429
10.8.4. Yatak Tasarımı	430
10.9. Dişliler	434
10.9.1. Terminoloji ve Temel İfadeler	437
10.9.2. Dişli Hız Analizi	438
10.9.3. Dişli Kuvvet Analizi	440

10.9.4. Dişli Gerilme Analizi	445
10.9.5. Dişli Tasarımına Bakış	450
10.10. Kavramalar, Fren, Kaplin ve Volanlar	452
10.10.1. Kavramalar ve Frenler	453
10.10.2. Kaplin, Kavrama ve Frenlerin Tasarımına Bakış	457
10.10.3. Sürtünme Malzemeleri, Kontrol ve Güvenlik	459
10.10.4. Volanlar	460
10.11. Kayış-Kasnak ve Zincir Dişliler	462
10.11.1. Kayışlar	462
10.11.2. Zincirler	466
10.11.3. Kayış-Zincir Seçimine Bakış	467
10.12. Özet	467
10.13. Alıştırma Soruları	468
Bölüm 11. Bilgisayar Destekli Tasarım, İmalat ve Mühendislik	471
<i>Prof. Dr. Fehmi Erzincanlı, Düzce Üniversitesi</i>	
11.1. Ürün Geliştirme ve Ürünün Pazardaki Yaşam Zamanı	471
11.2. Bilgisayar Destekli Teknolojiler	472
11.3. Bilgisayarlı Bütünleşik İmalat Felsefesi	476
11.4. Eşzamanlı Mühendislik Sistematiği	476
11.5. Üretimde Otomasyon	478
11.5.1. Otomasyonun Gerekliliği, Karşıtları, Taraftarları	480
11.5.2. Grup Teknolojisi	480
11.5.3. Robotlar	481
11.5.4. Otomatik Depolama Sistemleri	482
11.6. Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim	482
11.7. Tasarımda Yeni Yaklaşımlar	484
11.7.1. İmalat İçin Tasarım	484
11.7.2. Montaj İçin Tasarım	485
11.7.3. Demontaj İçin Tasarım	486
11.7.4. Bakım İçin Tasarım	486
11.7.5. Çevre İçin Tasarım	487
11.8. Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol	487
11.9. Özet	488
11.10. Alıştırma Soruları	488

Bölüm 12. Üretim Yöntemleri **489**

Prof. Dr. İhsan Efeoğlu, Atatürk Üniversitesi

12.1. Üretim Yöntemlerine Tarihsel bir Bakış	490
12.2. Malzeme ve Ürün Üretimi	491
12.3. Geleneksel ve Modern Üretim Yöntemleri	494
12.4. Üretim Yöntemleri ve Uygulama Alanları	496
12.4.1. İşlem Prosesleri	498
12.4.1a. Şekillendirme Yöntemleri	498
12.4.1b. Yüzey Modifikasyon İşlemleri	508
12.4.2. Birleştirme (montaj) İşlemleri	514
12.4.2a. Kalıcı Birleştirme (sökülemeyen-sıvı fazda) Yöntemleri	514
12.4.2b. Mekaniksel (sökülebilen-katı fazda) bağlantı Yöntemleri	522
12.5. Özet	523
12.6. Çalışma Soruları	524

Bölüm 13. Akışkanlar Mekaniği **527**

Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN, Ege Üniversitesi

13.1. Akışkan Tipleri ve Özellikleri	527
13.1.1. Yoğunluk ve Viskozite	529
13.1.2. İki Paralel Levha Ara. Bağlı Har. Oluşturduğu Sürtünmeli Akış	532
13.1.3. Yüzey Gerilimi ve Kılcallık Etkisi	533
13.2. Akışkanlar Statiğinde Basınç	535
13.2.1. Hareketsiz Bir Akışkanda Basınç Değişimi	537
13.2.2. Manometre ile Basınç Ölçümü	538
13.2.3. Atmosfer Basıncı	540
13.3. Akışkanlar Mekaniğinin Temel Denklemleri	541
13.3.1. Süreklilik Denklemi	541
13.4. Bernoulli Denklemi ve Akış Boyunca Basınç Değişimi	543
13.5. Laminer ve Türbülanslı Akım	546
13.6. Temel Akış İşlemleri	547
13.6.1. Katı Yüzey ile Akışkan Arasındaki Sürtünme Etkileri	548
13.6.2. Sınır Tabaka	549
13.6.3. Akışkanın Cisimler Üzerinde Oluşturduğu Direnç Kuvveti	551
13.7. Boru ve Kanal Sistemlerinde Akış Analizi	552
13.7.1. Genelleştirilmiş Bernoulli Denklemi	552
13.7.2. Sürtünme Faktörü	552
13.7.3. Laminer Akımda Sürtünme Faktörü	553
13.7.4. Moody Diyagramı	554

13.7.5. Türbülanslı Akımda Sürtünme Faktörü	555
13.7.6. Boru veya Kanal Sis. Kul. Bağlantı Ele. Oluşturduğu Kayıplar	557
13.8. Özet	561
13.9. Alıştırma Soruları	561
Bölüm 14. Termodinamik, Isı Geçişi ve Enerji Sistemleri	565
<i>Prof. Dr. Selma Ergin, İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	
14.1 Enerji Dönüşümü ve Enerji Analizi	566
14.1.1 Enerjinin Formları	566
14.1.2 Enerji Geçişi	567
14.1.3 Termodinamiğin Birinci Yasası	569
14.1.4 Enerji Dönüşüm Verimleri	577
14.1.5 Enerji ve Çevre	580
14.2 Termodinamiğin İkinci Yasası	582
14.2.1 Isı Makinaları	582
14.2.2 Soğutma Makinaları ve Isı Pompaları	584
14.2.3 Carnot Çevrimi	587
14.3 Entropi	589
14.3.1 Clausius Eşitsizliği ve Entropinin Artışı İlkesi	590
14.3.2 Entropi Dengesi	591
14.3.3 İzantropik Verim	593
14.4. Ekserji	594
14.4.1 İkinci Yasa Verimi	594
14.4.2 Ekserji Dengesi	596
14.5. Isı Geçiş Mekanizmaları	599
14.5.1 Isı İletimi	600
14.5.2 Isı Taşınımı	602
14.5.3 Isıl Işınım	604
14.6 Güç ve Soğutma Çevrimleri	607
14.6.1 İçten Yanmalı Motor Çevrimleri: Otto ve Dizel Çevrimleri	607
14.6.2 Gaz Türbini Çevrimi: Brayton Çevrimi	614
14.6.3 Buhar Türbini Çevrimi: Rankine Çevrimi	619
14.6.4 Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi	623
14.7. Alıştırma Soruları	626

Bölüm 15. Makine Teorisi ve Dinamiği **629**

Prof. Dr. Hakan YAVUZ, Çukurova Üniversitesi

15.1. Mekanizmalar ve Makine Dinamiği	630
15.1.1. Mekanizmalar, Kullanım Alanları ve İlgili Analiz Çalışmaları	630
15.1.2. Mekanizmalarda Serbestlik Derecesi Hesabı	634
15.1.3. Mekanizmalarda Grafik Metot ile Konum Analizi	635
15.1.4. Mekanizmalarda Grafik Metot ile Hız İvme Analizi	637
15.2 Makine Dinamiği	642
15.2.1. Makine Dinamiği İncelemeleri ve Makine Tasarımı	642
15.2.2. Mekanizmalarda Kuvvetler ve Kuvvet Analizi	642
15.3. Sistem Modelleme ve Analiz	653
15.3.1. Sistem Modelleme Teknikleri ve Uygulamaları	654
15.3.2. Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerde Sönümsüz Hareket	657
15.3.3. Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerde Serbest Sönümlü Hareket	659
15.4. Kontrol Teknikleri ve Uygulamaları	662
15.4.1. Blok Diyagramı ve Sistem Temel Yapı Elemanları	663
15.4.2. Temel Kontrol Sistemi Yapıları	663
15.4.3. Kontrol Sistemi Uygulaması	664
15.5. Özet	670
15.6. Alıştırma Soruları	670

Bölüm 16. Hareket ve Güç Kaynakları **671**

Doç. Dr. Erdinç Altuğ, İstanbul Teknik Üniversitesi

16.1 Mekanik Hareket ve Güç Kaynakları	672
16.1.1. İçten Yanmalı Motorlar	672
16.1.2. Benzinli Motorlar	672
16.1.3. Dizel Motorlar	673
16.2. Elektriksel Hareket ve Güç Kaynakları	674
16.2.1. Elektrik Motorları	674
16.2.1.1. Doğru Akım (DA) Motorları	675
16.2.1.2. Alternatif Akım (AA) Motorları	678
16.2.1.3. Adım Motorları	678

16.2.2. Selenoidler	680
16.3. Pnömatik ve Hidrolik Sistemler	680
16.3.1. Pnömatik Sistemler	681
16.3.1.1 Doğrusal Hareket Elde Etme	685
16.3.1.2 Döner Hareket Elde Etme	686
16.3.1.3 Pnömatik Devre Tasarımı	687
16.4.2. Hidrolik Sistemler	687
16.4.2.1 Hidrolik Sistemlerde Kullanılan Genel Denklemler	688
16.4.2.2. Hidrolik Sistemlerde Döner Hareket Elde Etme	690
16.4.2.3 Hidrolik Sistemlerde Devre Tasarlama	692
16.5. Özet	693
16.6. Alıştırma Soruları	693
Bölüm 17. Makine Mühendisliğinde Bakım	697
<i>Doç. Dr. Selçuk Mıstıkoğlu, İskenderun Teknik Üniversitesi</i>	
17.1. Bakım Faaliyetlerinin Amacı	698
17.2. Bakım Faaliyetlerinin Başarıya Ulaşabilmesi	699
17.3. Arıza Sebepleri	700
17.4. Bakım Faaliyetlerinin Üretim Akışı, Verimlilik ve Maliyet Üzerindeki Etkileri	700
17.5. Bakım Politikaları	701
17.6. Bakım Çeşitleri	701
17.6.1. Bakım Onarım	702
17.6.2. Arıza Çıktıkça Bakım	702
17.6.3. Koruyucu (Periyodik) Bakım	703
17.6.4. Kestirimci (Durum İzlemeye Dayalı) Bakım	703
17.6.5. Proaktif Bakım	704
17.6.6. Güvenirlilik Esaslı Bakım	704
17.7. Bakım Yönteminin Seçimi	704
17.7.1. Titreşim Ölçüm ve Analizi	706
17.7.2. Yağ Analizi	712
17.7.3. Kızılötesi Termografi	714
17.7.4. Ultrasonik Testler	718
17.8. Özet	721
17.9. Alıştırma Soruları	721

Bölüm 18. Robotlar ve Robotik Üretim	723
<i>Prof. Dr. Fehmi Erzincanlı, Düzce Üniversitesi</i>	
18.1. Robot ve Endüstriyel Robotun Tanımı	723
18.2. Robotların Sınıflandırılması	724
18.2.1. Kartezyen Robotlar	724
18.2.2. Silindirik Robotlar	726
18.2.3. Küresel Robotlar	726
18.2.4. Mafsallı Robotlar	727
18.2.5. SCARA Robotlar	728
18.2.6. Paralel Robot	729
18.3. Robot Tahrik Sistemleri	730
18.3.1. Pnömatik Tahrik Sistemleri	730
18.3.2. Hidrolik Tahrik Sistemleri	730
18.3.3. Elektrikli Tahrik Sistemleri	731
18.4. Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları	732
18.5. Robot Teçhizatları	733
18.6. Endüstriyel Robotların Programlanması	734
18.6.1. Öğreterek Programlama	734
18.6.2. Yol Göstererek Programlama	735
18.6.3. Arayüz Programı ile Programlama	735
18.7. Endüstriyel Robotların Avantajları ve Dezavantajları	735
18.7.1. Endüstriyel Uygulamadaki Avantajları	735
18.7.2. Endüstriyel Uygulamadaki Dezavantajları	736
18.8. Endüstriyel Robotun Geleceği	736
18.9. Özet	737
18.10. Alıştırma Soruları	737
Ek A. Makina Mühendisliği Odası	739
Kaynakça	741
Dizin	761

ÖNSÖZ

Değerli meslektaşım,

Makine mühendisliği doğrudan bilim ve teknoloji odaklı bir meslektir. Teknoloji ise bilimdeki değişimlere bağlı olarak sürekli yenilenmektedir. Bu yenilenme bilginin yarılanma ömrü terimi ile ifade edilir hale gelmiştir. Makine mühendisliğinde bilginin yarılanma ömrü 8-10 yıl olarak tahmin edilmektedir. Bilimsel yenilikler ise Makine Mühendisliği ile ilgili Türkçe literatüre yeterince hızlı aktarılamamaktadır. Bu nedenle **Makine Mühendisliği** ile ilgili konularda Türkçe kaynak kitap çeşitliliği sınırlı, mesleğe giriş niteliğindeki kitaplar için ise yetersizdir.

Ünlü düşünür *Goethe* “Çözümde görev almayanlar problemin bir parçası olur.” der. Bu deyişten hareket ederek Türkçe kaynak çeşitliliğini arttırmak ve mesleğe giriş seviyesindeki güncel kaynak kitap çeşitliliğini arttırmak için “Makina Mühendisliğine Giriş” adlı kitabının editörlüğünü üstlendim. “**Makine Mühendisliğine Giriş**” kitabının “**bölüm yazarları**” ülkemizin güzide üniversitelerinde ders veren ve ilgili konuda araştırmalar yapan değerli bilim insanlarıdır. Kitabın ilk baskısını en iyi şekilde oluşturmak için hep birlikte gayret gösterdik.

Kitabın adı her ne kadar “*giriş*” kelimesi içerse de aslında kitabın makina mühendisliği “*temelleri*” niteliğinde dolu, dolu nitelikli güncel bilgiler içeren bir kitap olması hedeflenmiştir.

Bu kitabın amacı, meslek öğreniminin ilk yıllarında mesleki farkındalık oluşturacak temel ve güncel bilgileri vermektir. Kitap; mesleği tanıtmakta ve makina mühendisliği öğrencilerine öğretim boyunca alacakları dersler hakkında temel bilgileri ve kavramları önceden kazandırmayı hedeflemektedir. Böylece öğretim gören bireyler, hem meslekleri konusunda ön bilgiler ile donatılmış olacak hem de öğretim sürecinde yol gösterici temel bilgiye ulaşabilecektir. Kitap makina mühendisliği ile ilgili herkesin elinin altında olması gereken güncel temel kaynak kitap niteliğine sahip olacak biçimde hazırlanmıştır.

Burada sizler ile paylaşmak istediğim diğer bir husus ise “*Makine*” ve “**Makina**” terimleridir. Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde “**Makina**” terimi yer almakla birlikte her iki terim Mühendislik Fakültelerinin Makine/Makina Mühendisliği bölümlerinin isimlerinde de kullanılmaktadır. Kitabın basım tarihindeki her iki kelime için yapılan Web taramalarında “**Makina**” terimi açık ara öndeydi. Özetle kitap ta kullanılan kaynakça adresleri ve yukarda belirtilen yaygın kullanımdan dolayı metin içinde her ikisi de kullanılmıştır.

Bir ülkenin gelişimi, refahı ve varoluşu o ülkenin Teknolojik gelişimine bağlı olup mühendislerinin aldığı öğretim kalitesi ile doğrudan ilgilidir. Bilgi ticari değere dönüştükçe değer kazandırdığı için mühendislik öğretimi ve mühendislik faaliyetleri bir Ülkenin geleceğini etkileyen ve adeta var oluşunu belirleyen en önemli faktörler arasındadır. Ünlü bilim insanı E. Einstein “Malumat Bilgi değildir. Bilmenin tek yolu deneyimlemektir.” demektedir. Bu kitap dâhil makine mühendisliği kitaplarında yer alan Teorik bilginin pratiğe ve mühendislik ürünleri ile ticari değere dönüşmesi siz genç mühendislerle bağlıdır. Bu kitabın ülkemizin dört bir tarafında yetişen genç mühendislerle yararlı olmasını ve gerçekleştirecekleri mühendislik ürünleriyle ülkemiz refah düzeyine katkıda bulunmasını dilerim.

Prof. Dr. Necdet GEREN
(Editör)

Kullanılan Kısaltmalar

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
MMO	Makine Mühendisleri Odası
ASME	American Society of Mechanical Engineering
AFBMA	Anti-Friction Bearing Manufacturers Association
ISO	ISO: "International Standardization Organization
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
BDM	Bilgisayar Destekli Mühendislik
DA (DC)	Doğru Akım
AA (AC)	Alternatif Akım
RIA	The American Robot Industry Association
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm
NSPE	National Society of Professional Engineer
TMMOB	Türkiye Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği
EMO	Elektrik Mühendisleri Odası
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği

