

MODERN İMALATIN PRENSİPLERİ

Dördüncü Basımdan Çeviri

PRINCIPLES OF MODERN MANUFACTURING

Fourth Edition

Mikell P. Groover

Çeviri Editörleri
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
Doç. Dr. Yusuf Tansel İç



MODERN İMALATIN PRENSİPLERİ

Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Mustafa Yurdakul - Doç. Dr. Yusuf Tansel İç

PRINCIPLES OF MODERN MANUFACTURING

Mikell P. Groover

Yayın No. : 1150
Eğitim No. : 098
ISBN : 978-605-320-054-3
Basım Sayısı : 4. Basımdan Çeviri, Eylül 2019

© Copyright 2019, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 40340
Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Copyright © 2011 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning or otherwise. All Rights Reserved. This translation under license. Turkish language edition published by NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK, Copyright © 2019.

Genel Yayın Yönetmeni : Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-
Yayın Koordinatörü : Gülfem Dursun -gulfem@nobelyayin.com-

Redaksiyon : Süleyman Gezgin -suleyman@nobelyayin.com-
Sayfa Tasarım : Ahmet S. Baydar -ahmet@nobelyayin.com-
Kapak Tasarım : Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-
Baskı ve Cilt : Atalay Matbaacılık / Sertifika No.: 15689-
Büyük Sanayi 1 Cad. Elif Sok. No.:7/236-237 İskitler / ANKARA

Kütüphane Bilgi Kartı

Groover, Mikell P.

PRINCIPLES OF MODERN MANUFACTURING / Mikell P. Groover

MODERN İMALATIN PRENSİPLERİ / Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Mustafa Yurdakul - Doç. Dr. Yusuf Tansel İç

4. Basımdan Çeviri. xvi + 1002 s. 20,5x25,5 cm. Kaynakça ve dizin var.

ISBN: 978-605-320-054-3

1. İmalat Sistemleri 2. Üretim Yönetimi 3. Malzeme Bilimi 4. İmal Usulleri 5. Üretim Teknolojileri 6. İmalat İşlemleri

Genel Dağıtım

ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.

Adres: Bahçekapı mh. 2465 sk. Oto Sanayi Sitesi No:7 Bodrum Kat Şaşmaz-ANKARA - siparis@nobelyayin.com-

Telefon: +90 312 278 50 77 - **Faks:** 0 312 278 21 65

E-Satış: www.nobelkitap.com - www.atlaskitap.com - **Bilgi:** esatis@nobelkitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım ve Satış Noktaları: Alfa Basım Dağıtım, Ana Basım Dağıtım, Arasta, Arkadaş Kitabevi, Başarı Dağıtım, D&R mağazaları, Dost Dağıtım, Güneş Dağıtım, Kitapsan, Nezh Kitabevleri, Prefix, Remzi Kitabevleri, TveK Mağazaları

ÇEVİRİ KURULU

ÇEVİRİ EDITÖRLERİ

Prof. Dr. Mustafa Yurdakul

Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Yusuf Tansel İç

Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,

1 İMALATA GİRİŞ VE GENEL BAKIŞ

Prof. Dr. Gürel Çam

*Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü*

2 MALZEMELERİN DOĞASI

Prof. Dr. Zafer Evis-Bengi Yılmaz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik
Bilimleri Bölümü*

3 MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Fahrettin Öztürk

*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Makine
Mühendisliği Bölümü*

Dr. Öğr. Üyesi İlyas Kacar

*Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Bölümü*

4 MADDELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Zafer Evis-Bengi Yılmaz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik
Bilimleri Bölümü*

5 BOYUTLAR, YÜZEYLER VE ÖLÇÜMLERİ

Prof. Dr. Gürel Çam

*Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü*

6 METALLER

Onat Halis Totuk

*Çankaya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina
Mühendisliği Bölümü*

7 SERAMİKLER

Prof. Dr. Zafer Evis-Bengi Yılmaz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik
Bilimleri Bölümü*

8 POLİMERLER VE KOMPOZİT MALZEMELER

Onat Halis Totuk

*Çankaya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina
Mühendisliği Bölümü*

9 DÖKÜMÜN TEMEL PRENSİPLERİ

Prof. Dr. Gürel Çam

*Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü*

10 DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Gürel Çam

*Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü*

11 CAM İŞLEME

Prof. Dr. Zafer Evis-Bengi Yılmaz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik
Bilimleri Bölümü*

12 POLİMERLERİN ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Mihrigül Altan

*Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği
Fakültesi*

13 KAUCUKLARIN VE POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ŞEKİLLENDİRİLMİ YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Mihrigül Altan

*Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği
Fakültesi*

14 TOZ METALURJİSİ

Prof. Dr. Gürel Çam

*Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü*

15 SERAMİK VE SERMETLERİN İŞLENMESİ

Prof. Dr. Zafer Evis-Bengi Yılmaz

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik
Bilimleri Bölümü*

16 METAL ŞEKİLLENDİRME TEMELLERİ

Prof. Dr. Fahrettin Öztürk

*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Makine
Mühendisliği Bölümü*

Dr. Öğr. Üyesi İlyas Kacar

*Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Bölümü*

17 METAL İŞLEMEDE KÜTLE ŞEKİLLENDİRME İŞLEMLERİ

Prof. Dr. Ali Ünüvar

*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina
Mühendisliği Bölümü*

- 18 SAC METAL İŞLEMLERİ**
Prof. Dr. Fahrettin Öztürk
 Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi İlyas Kacar
 Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü
- 19 TALAŞLI İMALAT TEORİSİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 20 TALAŞLI İMALAT OPERASYONLARI VE TAKIM TEZGAHLARI**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 21 KESİCİ TAKIM TEKNOLOJİSİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 22 TALAŞLI İMALATTA EKONOMİ VE ÜRÜN TASARIMININ ÖNEMİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 23 TAŞLAMA VE DİĞER AŞINDIRMA İŞLEMLERİ**
Prof. Dr. Ali Ünüvar
 Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 24 ALIŞILMAMIŞ TALAŞLI İMALAT VE ISIL ENERJİLİ KESME İŞLEMLERİ**
Doç. Dr. Orhan Çakır
 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Fakültesi
- 25 METALLERİN ISIL İŞLEMİ**
Prof. Dr. Fahrettin Öztürk
 Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi İlyas Kacar
 Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü
- 26 YÜZEY İŞLEMLERİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 27 KAYNAĞIN TEMEL PRENSİPLERİ**
Prof. Dr. Gürel Çam
 Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- 28 KAYNAK YÖNTEMLERİ**
Prof. Dr. Gürel Çam
 Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- 29 SERT LEHİMLEME, YUMUŞAK LEHİMLEME VE YAPIŞTIRMA**
Prof. Dr. Gürel Çam
 Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- 30 MEKANİK BİRLEŞTİRME**
Prof. Dr. Gürel Çam
 Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- 31 HIZLI PROTOTİP ÜRETİMİ**
Prof. Dr. Gürel Çam
 Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- 32 TÜMLEŞİK DEVRELERİN İŞLENMESİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 33 ELEKTRONİK MONTAJ VE PAKETLEME**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 34 MİKRO İMALAT VE NANO İMALAT TEKNOLOJİLERİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 35 İMALAT SİSTEMLERİ İÇİN OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 36 TÜMLEŞİK İMALAT SİSTEMLERİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 37 İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 38 ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
- 39 KALİTE KONTROL VE MUAYENE**
Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

ÇEVİRİ EDITÖRLERİNİN ÖN SÖZÜ

Dünyada ve ülkemizde İmalat Sanayiinin gelişimine paralel olarak, imalat mühendisliği de gelişme kaydetmiş, ilgi ve etki alanını genişletmiştir. İmalat mühendisliğinin kapsamı, bilgisayar destekli tasarım, hızlı prototipleme, işlem kontrolü, imalat sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, üretim planlama ve kontrol, ileri ölçme ve muayene teknolojileri gibi hammaddeden başlayarak nihai ürün elde edilinceye kadarki tüm ana ve yardımcı süreçlerin yönetimi kapsayacak şekilde genişlemiştir.

Diğer taraftan bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı ilerlemeyle birlikte, mevcut imalat işlemlerinde de gelişmeler yaşanmış, ileri teknoloji ürünü malzemelerin ortaya çıkışı ve bu malzemelerin işlenme gerekliliği yeni imalat işlemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Aynı süreç içerisinde geleneksel imalat makineleri otomasyon sistemleri, bilgisayar ve bilişim sistemlerinde yaşanan hızlı değişime ayak uydurarak teknolojik açıdan önemli gelişmeler kaydetmiştir. Bu gelişmelerle birlikte toplam kalite yönetimi, tam zamanında imalat, esnek üretim, yalın üretim gibi felsefeler de zaman içerisinde imalat mühendisliği literatürü içerisindeki yerini almıştır.

Malzemeler, imalat işlemleri ve imalat sistemleri olmak üzere üç ana blok üzerine inşa edilen “**Modern İmalatın Prensipleri**” kitabı malzeme biliminde, teknolojiye ve mühendislik bilimindeki yukarıda özetlenen gelişmeleri tek çatı altında sentezleyen bir kitap niteliğindedir. Çevirisi gerçekleştirilerek Türkçe literatüre sunulan kitabın, üniversitelerimiz ve araştırma kuruluşlarında görev yapan tüm bilim insanları ile araştırmacılara, öğrencilere ve imalat sanayiinde görev yapan tüm profesyonellere faydalı olması dileklerimizle...

*Prof. Dr. Mustafa Yurdakul
Doç. Dr. Yusuf Tansel İç*

İÇİNDEKİLER

1 İMALATA GİRİŞ VE GENEL BAKIŞ 1

- 1.1 İmalat Nedir? 2
- 1.2 İmalatta Kullanılan Malzemeler 7
- 1.3 İmalat İşlemleri 10
- 1.4 Üretim Sistemleri 16
- 1.5 İmalattaki Eğilimler 20
- 1.6 Kitabın Organizasyonu 23

Ünite I Malzeme Özellikleri ve Ürün Nitelikleri 25

2 MALZEMELERİN DOĞASI 25

- 2.1 Atom Yapısı ve Elementler 26
- 2.2 Atomlar Arasındaki Bağlar ve Moleküller 28
- 2.3 Kristal Yapılar 30
- 2.4 Kristal Olmayan (Amorf) Yapılar 35
- 2.5 Mühendislik Malzemeleri 37

3 MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ 40

- 3.1 Gerilme-Birim Şekil Değiştirme İlişkileri 40
- 3.2 Sertlik 52
- 3.3 Sıcaklığın Özellikler Üzerine Etkisi 56
- 3.4 Akışkan Özellikleri 58
- 3.5 Polimerlerin Viskolelastik Özellikleri 60

4 MADDELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ 67

- 4.1 Hacim ve Erime Özellikleri 67
- 4.2 Isıl Özellikler 70
- 4.3 Kütle Yayınmı 72
- 4.4 Elektriksel Özellikler 73
- 4.5 Elektrokimyasal İşlemler 75

5 BOYUTLAR, YÜZEYLER VE ÖLÇÜMLERİ 78

- 5.1 Boyutlar, Toleranslar ve İlgili Özellikler 78
- 5.2 Geleneksel Ölçme ve Ölçü Kontrol Aletleri 79
- 5.3 Yüzeyler 87
- 5.4 Yüzey Ölçümleri 92
- 5.5 İmalat Yöntemlerinin Etkisi 94

Ünite II Mühendislik Malzemeleri 98

6 METALLER 98

- 6.1 Alaşımlar ve Faz Diyagramları 99
- 6.2 Demirli Metaller 103
- 6.3 Demir Dışı Metaller 120
- 6.4 Süper Alaşımlar 131
- 6.5 Metal İşleme Kılavuzu 132

7 SERAMİKLER 136

- 7.1 Seramiklerin Yapısı ve Özellikleri 137
- 7.2 Geleneksel Seramikler 139
- 7.3 Yeni Seramikler 142
- 7.4 Cam 144
- 7.5 Seramiklerle İlgili Bazı Önemli Elementler 148
- 7.6 Seramik İşleme Rehberi 150

8 POLİMERLER VE KOMPOZİT MALZEMELER 153

- 8.1 Polimer Bilim ve Teknolojisinin Temelleri 156
- 8.2 Termoplastik Polimerler 167
- 8.3 Termoset Polimerler 171
- 8.4 Elastomerler 174
- 8.5 Kompozitler – Teknoloji ve Sını andırma 179
- 8.6 Kompozit Malzemeler 187
- 8.7 Polimer ve Kompozit Malzeme İşleme Kılavuzu 192

Ünite III Katılaştırma Teknikleri 197

9 DÖKÜMÜN TEMEL PRENSİPLERİ 197

- 9.1 Döküm Teknolojisine Genel Bakış 199
- 9.2 Eritme ve Kalıba Döküm 202
- 9.3 Katılma ve Soğuma 205

10 DÖKÜM YÖNTEMLERİ 217

- 10.1 Kum Kalıba Döküm 217
- 10.2 Diğer Bozulabilir Kalıba Döküm Yöntemleri 222
- 10.3 Kalıcı Kalıba Döküm Yöntemleri 229
- 10.4 Dökümcülük Uygulamaları 237
- 10.5 Döküm Kalitesi 241
- 10.6 Döküm Alaşımları 243
- 10.7 Ürün Tasarım Kriterleri 245

11 CAM İŞLEME 250

- 11.1 Hammadde Hazırlama ve Eritme 250
- 11.2 Cam İşlemede Şekillendirme Süreçleri 251
- 11.3 Isıl İşlem ve Bitirme 256
- 11.4 Ürün Tasarım Esasları 258

12 POLİMERLERİN ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ 260

- 12.1 Eriyik Polimerlerin Özellikleri 261
- 12.2 Ekstrüzyon 263
- 12.3 Plaka ve Film Üretimi 273

- 12.4 Fiber ve Filament Üretimi (Spinning) 276
- 12.5 Kaplama Yöntemleri 277
- 12.6 Enjeksiyon Kalıplama 278
- 12.7 Sıkıştırma Kalıplama ve Transfer Kalıplama 287
- 12.8 Şişirmeli Kalıplama ve Döndürmeli Kalıplama 290
- 12.9 Isıl Şekillendirme 294
- 12.10 Döküm 298
- 12.11 Polimer Köpük İşlemlendirme ve Şekillendirme 299
- 12.12 Ürün Tasarım Kriterleri 300

13 KAUCUKLARIN VE POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ŞEKİLLENDİRİLMİŞ YÖNTEMLERİ 307

- 13.1 Kauçukların İşlenmesi ve Şekillendirilmesi 308
- 13.2 Lastiklerin ve Diğer Kauçuk Ürünlerin İmalatı 313
- 13.3 Plastik Matrisli Kompozitlerin (PMK) Şekillendirme Yöntemlerine Giriş 317
- 13.4 Açık Kalıp Yöntemleri 321
- 13.5 Kapalı Kalıp Yöntemleri 325
- 13.6 Elyaf Sarma 327
- 13.7 Pultrüzyon Yöntemleri 329
- 13.8 Diğer Yöntemler 331

Ünite IV Metal ve Seramiklerde Parçacak İşleme Teknikleri 335

14 TOZ METALURJİSİ 335

- 14.1 Mühendislik Tozlarının Özellikleri 338
- 14.2 Metal Tozlarının Üretimi 341
- 14.3 Klasik Presleme ve Sinterleme 343
- 14.4 Alternatif Presleme ve Sinterleme Teknikleri 349
- 14.5 Toz Metalurjisi Malzemeleri ve Ürünleri 352
- 14.6 Toz Metalurjisi Tasarım Kriterleri 353

15 SERAMİK VE SERMETLERİN İŞLENMESİ 359

- 15.1 Geleneksel Seramiklerin İşlenmesi 359
- 15.2 Yeni Seramiklerin İşlenmesi 367
- 15.3 Sermetlerin İşlenmesi 369
- 15.4 Ürün Tasarım Esasları 371

Ünite V Metal Şekillendirme ve Sac Metal İşlemleri 374

16 METAL ŞEKİLLENDİRMEİNİN TEMELLERİ 374

- 16.1 Metal Şekillendirmeye Genel Bakış 374
- 16.2 Metal Şekillendirmede Malzeme Davranışı 377

- 16.3 Metal Şekillendirmede Sıcaklık 378
- 16.4 Birim Şekil Değiştirme Hızına Duyarlılık 380
- 16.5 Metal Şekillendirmede Sürtünme ve Yağlama 382

17 METAL İŞLEMEDE KÜTLE ŞEKİLLENDİRME İŞLEMLERİ 386

- 17.1 Haddeleme 387
- 17.2 Haddelemeyle İlgili Diğer Deformasyon İşlemleri 394
- 17.3 Dövme 396
- 17.4 Dövmeyle İlgili Diğer Deformasyon İşlemleri 407
- 17.5 Ekstrüzyon 411
- 17.6 Tel ve Çubuk Çekme 421

18 SAC METAL İŞLEMLERİ 434

- 18.1 Kesme İşlemleri 435
- 18.2 Eğme (Bükme) İşlemleri 441
- 18.3 Derin Çekme 445
- 18.4 Diğer Sac Metal Şekillendirme İşlemleri 452
- 18.5 Sac Metal İşlemlerinde Kalıplar ve Presler 455
- 18.6 Preslerde Gerçekleştirilemeyen Sac Metal İşlemleri 462
- 18.7 Çekimlik Boruların Bükülmesi 467

Ünite VI Malzeme Kaldırma İşlemleri 474

19 TALAŞLI İMALAT TEORİSİ 474

- 19.1 Talaşlı İmalat Teknolojisinin Genel Tanıtımı 476
- 19.2 Talaşlı İmalatta Talaş Oluşumunun Teorisi 479
- 19.3 Kuvvet Bağlantıları ve Merchant Eşitliği 483
- 19.4 İşleme İşlemlerinde Güç ve Enerji Bağlantıları 488
- 19.5 Kesme Sıcaklığı 491

20 TALAŞLI İMALAT OPERASYONLARI VE TAKIM TEZGAHLARI 497

- 20.1 Talaşlı İşleme ve İş Parçası Geometrisi 497
- 20.2 Tornalama ve İlişkili Operasyonlar 500
- 20.3 Delik Delme ve İlişkili Operasyonlar 509
- 20.4 Frezeleme 513
- 20.5 İşleme Merkezleri ve Tornalama Merkezleri 520
- 20.6 Diğer Talaşlı İşlem Operasyonları 523
- 20.7 Özel Geometriler İçin Talaşlı İşleme Operasyonları 527
- 20.8 Yüksek Hızlı İşleme 535

21 KESİCİ TAKIM TEKNOLOJİSİ 542

- 21.1 Takım Ömrü 542
- 21.2 Takım Malzemeleri 549
- 21.3 Takım Geometrisi 557
- 21.4 Kesme Sıvıları 567

22 TALAŞLI İMALATTA EKONOMİ VE ÜRÜN TASARIMININ ÖNEMİ 575

- 22.1 İşlenebilirlik 575
- 22.2 Toleranslar ve Yüzey Pürüzlülüğü 577
- 22.3 Kesme Koşullarının Seçimi 581
- 22.4 Talaşlı İmalatta Ürün Tasarım Konuları 587

23 TAŞLAMA VE DİĞER AŞINDIRMA İŞLEMLERİ 594

- 23.1 Taşlama 594
- 23.2 Diğer Aşındırma İşlemleri 611

24 ALIŞILMAMIŞ TALAŞLI İMALAT VE ISIL ENERJİLİ KESME İŞLEMLERİ 618

- 24.1 Mekanik Enerjili Yöntemler 619
- 24.3 Isıl Enerjili Yöntemler 626
- 24.4 Kimyasal İşleme 634
- 24.5 Uygulamada Göz Önüne Alınan Hususlar 640

Ünite VII Mekanik Özellikleri İyileştirme ve Yüzey İşlemleri 646**25 METALLERİN ISIL İŞLEMİ 646**

- 25.1 Tavlama 647
- 25.2 Çelikte Martenzit Oluşumu 647
- 25.3 Çökelme Sertleşmesi 651
- 25.4 Yüzey Sertleştirme 653
- 25.5 Isıl İşlem Yöntemleri ve Tesisleri 654

26 YÜZEY İŞLEMLERİ 658

- 26.1 Endüstriyel Temizleme İşlemleri 658
- 26.2 Difüzyon ve İyon Katkılama 663
- 26.3 Kaplama ve İlgili İşlemler 664
- 26.4 Çevirimli Kaplama 668
- 26.5 Buhar Biriktirme İşlemi 670
- 26.6 Organik Kaplamalar 675
- 26.7 Porselen Sırlama ve Diğer Seramik Kaplamalar 678
- 26.8 Termal ve Mekanik Kaplama İşlemleri 679

Ünite VIII Birleştirme ve Montaj Teknikleri 683**27 KAYNAĞIN TEMEL PRENSİPLERİ 683**

- 27.1 Kaynak Teknolojisine Genel Bakış 685
- 27.2 Kaynaklı Bağlantı 687

- 27.3 Kaynak Fiziği 690
- 27.4 Eritme Kaynaklı Bir Birleştirmenin Özellikleri 694

28 KAYNAK YÖNTEMLERİ 699

- 28.1 Ark Kaynağı 699
- 28.2 Elektrik Direnç Kaynağı 709
- 28.3 Gaz Kaynağı 716
- 28.4 Diğer Eritme Kaynağı Yöntemleri 719
- 28.5 Katı Hal Kaynağı 722
- 28.6 Kaynak Kalitesi 728
- 28.7 Kaynak Kabiliyeti 732
- 28.8 Kaynakta Tasarım Kriterleri 732

29 SERT LEHİMLEME, YUMUŞAK LEHİMLEME VE YAPIŞTIRMA 738

- 29.1 Sert Lehimleme 738
- 29.2 Yumuşak Lehimleme 744
- 29.3 Yapıştırma 748

30 MEKANİK BİRLEŞTİRME 756

- 30.1 Vidalı Bağlantı Elemanları 757
- 30.2 Perçinler ve Boru Perçinler 763
- 30.3 Sıkı Geçmeli Montaj Teknikleri 764
- 30.4 Diğer Mekanik Birleştirme Yöntemleri 767
- 30.5 Gömülü ve Entegre Bağlantı Elemanları 768
- 30.6 Mekanik Birleştirme (Montaj) Tasarımı 769

Ünite IX Özel İşleme ve Birleştirme (Montaj) Teknolojileri 776**31 HIZLI PROTOTİP ÜRETİMİ 776**

- 31.1 Hızlı Protip Üretiminin Temel Prensipleri 777
- 31.2 Hızlı Protip Üretim Teknolojileri 778
- 31.3 Hızlı Protip Üretimindeki Uygulama Sorunları 785

32 TÜMLEŞİK DEVRELERİN İŞLENMESİ 790

- 32.1 Tümleşik Devre İşlemlerine Genel Bir Bakış 790
- 32.2 Silikon İşleme 795
- 32.3 Litografi 799
- 32.4 Tümleşik Devre İmalatında Kullanılan Katman İşlemleri 802
- 32.5 Üretim Aşamalarının Entegrasyonu 808
- 32.6 Tümleşik Devre Paketlemesi 810
- 32.7 Tümleşik Devre İşlemlerinde Verim 814

33 ELEKTRONİK MONTAJ VE PAKETLEME 820

- 33.1 Elektronik Paketleme 820
- 33.2 Baskı Devre Kartları 822
- 33.3 Baskı Devre Kart Montajı 830
- 33.4 Yüzey Montaj Teknolojisi 833
- 33.5 Konnektör Teknolojisi 837

**34 MİKRO İMALAT VE NANO İMALAT
TEKNOLOJİLERİ 843**

- 34.1 Mikro Sistem Ürünleri 844
- 34.2 Mikro İmalat İşlemleri 850
- 34.3 Nanoteknoloji Ürünleri 858
- 34.4 Nanobilime Giriş 862
- 34.5 Nanoimalat İşlemleri 866

Ünite X İmalat Sistemleri 876

**35 İMALAT SİSTEMLERİ İÇİN OTOMASYON
TEKNOLOJİLERİ 876**

- 35.1 Otomasyonun Temelleri 877
- 35.2 Otomasyonun Donanım Parçaları 880
- 35.3 Bilgisayarlı Sayısal Denetim 884
- 35.4 Endüstriyel Robotlar 897

36 TÜMLEŞİK İMALAT SİSTEMLERİ 908

- 36.1 Malzeme Taşıma 908
- 36.2 Üretim Hattının Esasları 910
- 36.3 Elle İşletilen (Manuel) Montaj Hatları 913
- 36.4 Otomatik Üretim Hatları 917
- 36.5 Hücresel İmalat 921
- 36.6 Esnek İmalat Sistem ve Hücreleri 925
- 36.7 Bilgisayarlı Tümlleşik İmalat 929

37 İMALAT MÜHENDİSLİĞİ 935

- 37.1 İşlem Planlaması 936
- 37.2 Problem Çözme ve Sürekli Geliştirme 943
- 37.3 Eşzamanlı Mühendislik ve Üretilebilirlik İçin
Tasarım 944

38 ÜRETİM PLANLAMASI VE KONTROLÜ 949

- 38.1 Toplu Planlama ve Ana Üretim
Çizelgesi 950
- 38.2 Stok Kontrolü 952
- 38.3 Malzeme ve Kapasite İhtiyaç
Planlaması 955
- 38.4 Tam Zamanında ve Yalın Üretim 959
- 38.5 Üretim Bölümü Kontrolü 961

39 KALİTE KONTROL VE MUAYENE 967

- 39.1 Ürün Kalitesi 967
- 39.2 İşlem Kapasitesi ve Toleranslar 968
- 39.3 İstatistiksel İşlem Kontrolü 970
- 39.4 İmalatta Kalite Programları 974
- 39.5 Muayene Esasları 980
- 39.6 Modern Muayene Teknolojileri 982

DİZİN 993