

5. Basım

MAKİNE ELEMANLARI

Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu
M. Benan Yazıcıoğlu





NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ.

Yayın No.: 1642

Mühendislik/Teknik No.: 146

ISBN: 978-605-320-549-4

© 5. Basım, Kasım 2016

MAKİNE ELEMANLARI

Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu - M. Benan Yazıcıoğlu



Copyright 2016, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 20779

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.

Genel Yayın Yönetmeni: Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-

Dizi Editörü: Doç. Dr. Timur Aydemir -aydemir@nobelyayin.com-

Kahraman Boğaz -kahraman@nobelyayin.com-

Redaksiyon: Kahraman Boğaz -kahraman@nobelyayin.com-

Sayfa Tasarım: Hamide Yalçın -hamide@nobelyayin.com-

Kapak Tasarım: Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-

Baskı ve Cilt: Genç Ofset Matbaa Kağıtçılık Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Sertifika No.: 32284
Süzyün Sokak No.: 18 İskitler / ANKARA

KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI

Yazıcıoğlu, Osman, Yazıcıoğlu, M. Benan.

Makine Elemanları / Osman Yazıcıoğlu - M. Benan Yazıcıoğlu

5. Basım, X + 470 s., 160x235 mm

Kaynakça var, izin yok.

ISBN 978-605-320-549-4

1. Makine Elemanları 2. Makine Tasarımı 3. Machine Design

Genel Dağıtım: ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.

Sipariş: -siparis@nobelyayin.com-

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

e-satış: www.nobelkitap.com - esatis@nobelkitap.com

Bilgi: www.atlaskitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım: Alfa, Arasta, Final, Gökkuşağı Dağıtım Kida, N-T Mağazaları ve Prefix



NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ.

Ankara Büro: Mithatpaşa Cad. No.: 74/4 Kızılay ANKARA

Tel: +90312 418 20 10 Faks: +90312 418 30 20

Hobyar Mah. Cemal Nadir Sk. Ferah Han No:16/62 Kat:1

Cağaloğlu-Fatih İSTANBUL Tel-Faks: +90212 513 13 04

nobel@nobelyayin.com - www.nobelyayin.com



ÖN SÖZ

Bu kitap makine elemanları dersini alan öğrenciler için hazırlanmıştır. Mukavemet, malzeme, ısı ve akışkanlar, bilgisayar ve matematik bu dersin temellerini oluşturmaktadır. Mühendislik eğitimcilerinin çoğu makine elemanları veya makine tasarımı dersinin diğer birçok dersten daha çok birleştirici olduğunu kabul etmektedir. Makine mühendisliği uygulamaları için makine elemanları dersi öğrenciye en verimli başlangıç yöntemi olarak görülmektedir.

Kısa tasarım problemleri ve tasarımda karar verme süreci açıklanmaya çalışılmaktadır. Profesyonel tasarım çalışmalarında iyi ve kısa tasarım projelerinin gereği açıktır. Örnek problemlerin ve bölüm sonlarındaki problemlerin çözümü için gerekli değerler cetvel ve şekiller halinde verilmektedir.

Birinci bölümde makine tasarımı, tasarım faktörleri, toleranslar ve geçmeler ile yerli ve yabancı kuruluşlar açıklanmaktadır.

İkinci bölümde tasarımda kullanılan malzemelerle ilgili SAE ve ASTM gibi numaralama sistemleri, çelik, süper alaşım ve plastik gibi malzemeler tanıtılmaktadır.

Üçüncü bölümde makine elemanlarında gerilmeler, eğri eksenli kirişler, eğim, sehim, burkulma ve sıkı geçme incelenmektedir.

Dördüncü bölümde dinamik yüklenmeye göre tasarım incelenmektedir.

Beşinci bölümde cıvatalarda ultrasonik kontrol, ön gerilme üçgeni, kama, pim, emniyet segmanı, kaynak konstrüksiyonu, AWS elektrotlarının özellikleri açıklanmaktadır.

Altıncı bölümde yayların tasarımı, izafi fiyatları ve özellikleri açıklamaktadır.

Yedinci bölümde rulmanlarda ömür, güvenilirlik ve montaj yanında lineer yataklar da incelenmektedir.

Sekizinci bölümde kaymalı yataklar ve Raimondy-Boyd grafikleri ile çözüm yöntemi açıklanmaktadır.

Dokuzuncu bölümde dişliler, AGMA kalite numaraları ve düz dişlilerin tasarımı incelenmektedir.

Onuncu bölümde helis dişlilerin tasarımı açıklanmaktadır.

On birinci bölümde konik dişliler ele alınmaktadır.

On ikinci bölümde konik dişliler ele alınmaktadır.

On üçüncü bölümde dişlilerin yağlanması ve tasarıma etkili etkenler incelenmektedir.

On dördüncü bölümde çeşitli kavrama ve frenler ele alınmaktadır.

On beşinci bölüm, düz kayış, V-kayış ve zincir mekanizmaları ile ilgilidir.

On altıncı bölüm ASME kodu, Soderberg gibi mil tasarımı yaklaşımlarını ele almaktadır.

On yedinci bölümde tasarımda istatistik incelenmektedir.

Makine elemanlarının tasarımında gerekli değerler kitabın sonundaki eklerde verilmektedir.

Bu eserin mekanik tasarım konusunda çalışan öğrenci, teknik öğretmen ve mühendislere yararlı olması beklenmektedir.

Ekim, 2016

Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu

Makine Y. Mühendisi (İTÜ)

M. Benan Yazıcıoğlu

İÇİNDEKİLER

1. Bölüm GİRİŞ

1.1.	Tasarım	1
1.2.	Makine Tasarımı	2
1.3.	Tasarım Fazları	2
1.4.	Tasarım Faktörleri	3
1.5.	Birimler	3
1.6.	Toleranslar ve Geçmeler	3
	Problemler	20

2. Bölüm TASARIMDA MALZEME

2.1.	Çelikler	21
2.2.	Numaralama Düzenleri	22
2.3.	Çeliklerin Isıl İşlemi	23
2.4.	Kullanılma Alanları	24
2.5.	Paslanmaz Çelikler	25
2.6.	Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımli Çelikler	25
2.7.	Çok Yüksek Mukavemetli Çelikler	25
2.8.	Süperalaşımlar	25
2.9.	Dökme Demirler	26
2.9.1.	Gri Dökme Demir	26
2.9.2.	Beyaz Dökme Demir	26
2.9.3.	Lamelli Dökme Demir	27
2.9.4.	Nodüler Dökme Demir	27
2.9.5.	Alaşımli Dökme Demir	27
2.10.	Dökme Çelikler	27
2.11.	Alüminyum Alaşımları	28
2.12.	Titanyum	28

2.13. Plastikler	28
Problemler.....	32

3. Bölüm

GERİLME

3.1. Gerilmenin Bileşenleri	33
3.2. Mohr Çemberi.....	34
3.3. Gerilme-Şekil Değiştirme Bağlılıları	36
3.4. Kırılma Kriterleri	36
3.5. Eğri Eksenli Kirişler	50
3.6. Eğim, Sehim ve Burkulma	58
Problemler.....	88

4. Bölüm

DİNAMİK YÜKLEMeye GÖRE TASARIM

4.1. Yorulma	93
4.2. Sürekli Mukavemet.....	97
4.3. Kalın Cidarlı Silindirler	112
4.4. Dönen Halkalar	113
4.5. Sıkı Geçmeler	113
4.6. Temas Gerilmeleri	117
Problemler.....	120

5. Bölüm

BAĞLAMA ELEMANLARI

5.1. Cıvatalar.....	123
5.1.1. Güç Vidalarının Mekanığı	131
5.1.2. Oto Blokaj Şartı	133
5.1.3. Cıvata Ön Yük	135
5.1.4. Cıvata Bağlantısının Sıkılması.....	137
5.2. Kamalar, Pimler ve Emniyet Segmanları.....	144
5.3. Kaynak.....	147
5.3.1. Kaynak Mukavemeti.....	148
5.3.2. Kaynakta Gerilmenin Hesabı.....	149
5.4. Direnç Kaynağı.....	156
5.5. Lehim ve Yapıştırma	156
Problemler.....	158

6. Bölüm

YAYLAR

6.1. Giriş	163
6.2. Helis Yaylarda Gerilme	165
6.3. Helis Yaylarda Sehim	167
6.4. Helis Yayların Özellikleri	170
Problemler.....	176

7. Bölüm

RULMANLI YATAKLAR

7.1.	Giriş	177
7.2.	Yatak Çeşitleri	177
7.3.	Yatak Ömrü	178
7.4.	Ömür-Yük Bağıntısı ve Güvenirlik	178
7.5.	Boyut Serisi	180
7.6.	Rulmanlarda Ön Yükleme ve Eğitim	182
7.7.	Yatak Montajı	183
7.8.	Yatak Yuvaları	190
7.9.	Rulman Ayarlama Yöntemleri	192
7.10.	Y Yatak Birimleri	193
7.11.	Lineer Yataklar	196
7.12.	Lineer Bilyalı Yataklar	201
7.13.	Lineer Makaralı Yataklar	204
	Problemler	208

8. Bölüm

KAYMALI YATAKLAR

8.1.	Yağlama Çeşitleri	213
8.2.	Viskozite	216
8.3.	Petroff Kanunu	222
8.4.	Hidrodinamik Teori ve Sommerfeld Sayısı	223
8.5.	Yatak Malzemeleri	233
8.5.1.	Kalay ve Kurşun Esaslı Babbitt	234
8.5.2.	Bronz Yataklar	234
8.5.3.	Bakır-Kurşun Yataklar	234
8.5.4.	Dökme Demir Yataklar	235
8.5.5.	Poröz Yataklar	235
8.5.6.	Karbon ve Plastik Yataklar	236
8.5.7.	Levha Halindeki Fenolik Yataklar	236
8.5.8.	Kauçuk ve Ahşap	236
8.5.9.	Kaplamalar	237
8.6.	Kaymalı Yatakların Tasarımı	238
	Problemler	247

9. Bölüm

DİŞLİLER

9.1.	Giriş	249
9.2.	Dişli İmal Usulleri	250
9.3.	Düz Dişliler	252
9.3.1.	Diş Geometrisi	252
9.3.2.	Eşlenik Etki	252
9.3.3.	Evolventin Özellikleri	254
9.3.4.	Temas Oranı	254
9.3.5.	Kompozit Hata	258

9.3.6.	Dış Kuvvetleri.....	260
9.3.7.	Gerilmeye Göre Tasarım	260
9.3.8.	Dış Dibinden Kesilme.....	262
9.3.9.	Aşınmaya Göre Tasarım	265
9.3.10.	Düz Dişli Tasarımının İncelenmesi	270
Problemler.....		273

10. Bölüm HELİS DİŞLİLER

10.1.	Giriş	275
10.2.	Dış Kuvvetleri.....	276
10.3.	Gerilmeye Göre Tasarım	277
10.4.	Aşınmaya Göre Tasarım	279
Problemler.....		283

11. Bölüm KONİK DİŞLİLER

11.1.	Giriş	285
11.2.	Dış Kuvvetleri.....	287
11.3.	Gerilmeye Göre Tasarım	289
11.4.	Aşınmaya Göre Tasarım	291
Problemler.....		295

12. Bölüm SONSUZ VİDA VE DİŞLİSİ

12.1.	Giriş	301
12.2.	Dış Kuvvetleri.....	303
12.3.	Sonsuz Vida Mekanizmasının Verimi	305
12.4.	Gerilmeye Göre Tasarım	306
12.5.	Aşınmaya Göre Tasarım	307
Problemler.....		310

13. Bölüm DİŞLİ KUTUSUNDA ÇALIŞAN DİŞLİLERİN YAĞLANMASI

13.1.	Giriş	313
13.2.	Yağlamaya Etkili Etkenler.....	313
13.2.1.	Dişli Tipi.....	313
13.2.2.	Yüzey Kalitesi	315
13.2.3.	Yükün Özelliği	315
13.2.4.	İletilen Gücün Büyüklüğü.....	316
13.2.5.	Çevre Hızı.....	316
13.2.6.	Çevrim Oranı	317
13.2.7.	Tahrik Tipi.....	317
13.2.8.	Çalışma Sıcaklığı	317
13.2.9.	Yağlama Yöntemi.....	318
13.2.10.	Yağ Kaçağı	318
13.2.11.	Nem Bulaşması.....	319

13.3. Standartlara Göre Dişli Kutularında Dişlilerin Yağlanması	319
Problemler.....	322

14. Bölüm

KAVRAMALAR VE FRENLER

14.1. Giriş	323
14.2. Eksenel Kavramalar	326
14.3. Konik Kavramalar	329
14.4. Elektromıknatıslı Kavramalar	330
14.4.1. E/M Kavramaların Faydaları	332
14.4.2. E/M Kavramaların Kullanıldığı Alanlar	332
14.4.3. Temel Kavramlar	333
14.4.4. Volan Seçimi	338
14.4.5. Volanlı Motor Seçimi	340
14.4.6. Volansız Motor Seçimi	342
14.4.7. E/M Kavrama Seçimi	343
14.4.8. Tork İhtiyacına Göre Seçim	343
14.4.9. Isı Yayma İhtiyacı	346
14.4.10. Enerji Çıkışı	346
14.5. Bantlı Frenler	347
14.6. İçten Genişlemeli Kampana Tipi Frenler	348
14.7. Dıştan Daralmalı Kampana Tipi Kavrama ve Frenler	351
14.8. Kaplanlar	354
Problemler.....	357

15. Bölüm

FLEKSİBİL MAKİNE ELEMANLARI

15.1. Düz Kayışlar	364
15.2. V- Kayışları	369
15.3. Zincirler	373
15.3.1. Makaralı Zincirler	373
Problemler.....	378

16. Bölüm

MİLLER

16.1. Giriş	381
16.2. ASME Kodu	383
16.3. Soderberg Yaklaşımı	386
16.4. Millerin Kritik Hızları	388
16.5. Mil Tasarım Örnekleri	392
Problemler.....	406

17. Bölüm

TASARIMDA İSTATİSTİK

17.1. Giriş	411
17.2. İşe Yaramama Olayları	411
17.3. Tesadüfî Değişkenler (Random Variables)	411

17.4. Aritmetik Ortalama, Varyans ve Standart Sapma	413
17.5. Regresyon	414
17.6. Normal Dağılım	415
17.7. Weibull Dağılımı	418
17.8. Populasyon Kombinasyonları	420
17.9. Boyutlandırma	422
17.10. Toleranslamada İstatistikî İnceleme	423
Problemler.....	427

EKLER

Ek 1: Sertlik Karşılaştırma Cetveli	429
Ek 2: Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Tasarım Özellikleri	430
Ek 3.1: Isıl İşlemlî Çeliklerin Özellikleri	432
Ek 3.2: Isıl İşlemlî Çeliklerin Özellikleri	433
Ek 3.3: Isıl İşlemlî Çeliklerin Özellikleri	434
Ek 4: Karbürize Çeliklerin Özellikleri	435
Ek 5: Paslanmaz Çeliklerin Özellikleri	436
Ek 6: Yapı Çeliklerinin Özellikleri	437
Ek 7: Dökme Demirin Tasarım Özellikleri	438
Ek 8: Çinko Döküm Alaşımlarının Tipik Özellikleri	438
Ek 9: Alüminyumun Tipik Özellikleri	439
Ek 10: Titanyum Alaşımlarının Özellikleri	440
Ek 11: Bronzların Özellikleri	440
Ek 12: Bazı Plastiklerin Tipik Özellikleri	441
Ek 13: İngiliz Birimlerini SI Birimlerine Çevirme Katsayıları ve Örnekler.....	442
Ek 14.1: Kirişlerin Eğim ve Sehimleri	443
Ek 14.2: Kirişlerin Kesme Kuvveti ve Moment Diyagramları	444
Ek 15: Amerikan Çelik Profilleri.....	452
Ek 16: Normal Dağılım İçin Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu	459
Ek 17: Yunan Harfleri ve Alanların Özellikleri	460
Ek 18: Amerikan Standart Vida Dışları.....	461
Ek 19: Bazı Malzemelerin Özellikleri	462
Ek 20: Tasarım Projeleri.....	463

KAYNAKLAR.....	467
-----------------------	------------