

MAKİNA ELEMANLARI ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER

Prof. Dr. Erdem KOÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü

6. BASKI



AKADEMİSYEN
KİTABEVİ

© Copyright 2019

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-605-258-713-3

Kitap Adı

Makina Elemanları Çözümlü Problemler

Yazar

Prof. Dr. Erdem KOÇ

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Sayfa Tasarımı

Mahmut Can ŞENEL, Belkıs Zervent ÜNAL

Yayıncı Sertifika No

25465

Baskı ve Cilt

Göktuğ Ofset

Bisac Code

TEC046000

DOI

10.37609/akya.1424

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

Saygıdeğer Merhum Annem Zeynep KOÇ,
Babam İhsan KOÇ'un Aziz Hatıralarına ve
Değerli Eşim Meryem KOÇ'a Sevgilerimle

“Çalışmadan, yorulmadan, öğrenmeden, rahat yaşama yollarını aramayı itiyat haline getirmiş milletler, evvela haysiyetlerini, sonra hürriyetlerini ve daha sora istiklallerini kaybetmeye mahkumdurlar.”

“Türk dili, Türk milleti için kutsal bir hazinedir. Çünkü Türk milleti geçirdiği nihayetsiz felaketler içinde ahlakının, an’anelerinin, hatıralarının, menfaatlerinin, kısacası bugün kendi milliyetini yapan her şeyin dili sayesinde muhafaza olduğunu görüyor.”

Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK

ALTINCI BASKININ ÖNSÖZÜ

Makina Elemanları-Çözümlü Problemler adlı bu kitabın beşinci baskısının da kısa bir sürede tükenme aşamasına gelmesi ve öğrencilerimizle meslektaşlarımız tarafından kaynak olarak kullanılması altıncı baskının yapılması için teşvik unsuru olmuştur. Bu baskıda da önceden belirlenen yazım ve baskı hataları düzeltilmiş, içerik fazla değiştirilmeden ekler ve kaynaklar gözden geçirilmiştir.

Yeni baskının da gerçekleştirilmesinde gayretlerini esirgemeyen Akademisyen Kitabevi A.Ş. (Ankara) yetkililerine, kitabın basıma tekrar hazır hale getirilmesinde emeği tartışılmaz olan değerli öğrencim Çukurova Üniversitesi öğretim elemanlarından Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL başta olmak üzere hatalı sayfalarda gerekli kontrol ve düzenlemeleri yapan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından öğrencim Sayın Arş.Gör. Dr. Mahmut Can ŞENEL’e teşekkür eder, öğrencilerimin ve ilgi duyan meslektaşlarımın her türlü tenkit, öneri ve katkılarına açık olduğumu bildirir, eserin beklenen hizmeti vermesini dilerim.

Ekim 2019, Samsun

Prof.Dr. Erdem KOÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü
erdemkoc@omu.edu.tr

“Memleketi, milleti kurtarmak isteyenler için, hamiyet, hususiyet, fedakarlık elzem olan niteliklerdendir. Ancak bu nitelikler yeterli değildir, bunların yanında ilim ve fen elzemdir. Milletimizin siyasi ve sosyal hayatında, milletimizin fikri terbiyesinde, rehberimiz, ilim ve fen olacaktır. İlim ve fen nerede ise oradan alacağız ve her millet ferdinin kafasına koyacağız. İlim ve fen için kayıt ve şart yoktur.”

“Bence bir millette şerefin, haysiyetin, namusun ve insanlığın vücut ve beka bulabilmesi, mutlaka milletin hürriyet ve istiklaline sahip olmasıyla kaimdir.”

“Türkiye’nin çocukları, Batı’nın teknolojisinin haraçgüzarı olarak değil, kendi icat ettikleri tekniklerle değerlerimizi yeryüzüne çıkarmalı, Dünya’ya duyurmalıdır.”

Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK

ÖNSÖZ

Makina elemanları makinaları oluşturan elemanların hesaplama ve şekillendirme prensiplerini inceleyen bir bilim dalıdır. Bir makinanın fonksiyonunu yerine getirebilmesi için gerekli olan makina elemanları, mekanik özellikleri, zorlanma durumları ve şekillendirilmeleri açısından çok çeşitli özelliklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle makina elemanlarının mukavemet hesapları, uygun malzeme seçimi ve üretim yöntemleri konstrüksiyon veya tasarımda önemli rol oynamaktadır.

Üniversite seviyesinde teknik öğrenim gören mühendis aday öğrenciler ve endüstride çalışan mühendislerle araştırmacılara yararlı olabilmesi ümidiyle daha önceden hazırlanan, Makina Elemanları I ve II dersleri içeriğine büyük oranda uygun iki cilt halinde basılan kitaplarda, öğrenmeyi kolaylaştırmak amacıyla her konunun sonunda uygulama ve konstrüksiyon örnekleri konulmuştu. Ancak, makina elemanlarının çok ve çeşitli olmaları nedeniyle ikinci ciltte bazı konular işlenememiş, daha yararlı olabileceği düşüncesiyle Makina Elemanları Cilt-1 ve Cilt-2 konularına ek olarak kayış-kasnak mekanizmaları ve dişli çarklar konularının özet halinde verildiği yeterli çözümlü problemleri içeren 3. cilt olarak değerlendirilebilecek bu kitap hazırlanmıştır.

Makina Elemanları-Çözümlü Problemler adlı bu ders kitabında da özgün ve sade bir anlatım tarzı benimsenerek Türkçe kelime, deyim ve kavramların kullanılmasına özen gösterilmiş ve SI birim sistemi tercih edilmiştir. Problem çözümlerine yardımcı olabilecek özet çizelgeler oluşturulmuş, temel formüller sistematik bir şekilde verilmeye çalışılmıştır. İlk iki ciltte yer almayan kayış-kasnak mekanizmaları ve endüstride yaygınca kullanılan dişli çarklar geniş tutularak kolay anlaşılabilir hedeftenmiştir. Yoğun çalışma ürünü olan bu kitabımı da öğrencilerime ve meslektaşlarıma sunabilme bahtiyarlığını bağışlayan Yüce Allahıma şükrederim.

Kitabın hazırlanmasının bütün aşamalarında bilgisayarda metin düzenlenmesi, şekillerin özenle çizilmesi ve kontrol işleminde sabır ve özveri göstererek ortak çalışma kültürü geliştiren, örnek çalışma sergileyen Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlileri Sayın Belkis ZERVENT, Oğuz DEMİRYÜREK ve Emel KAPLAN'ın katkıları her türlü takdirin üzerindedir. Ders kitabı hazırlamanın maddi ve manevi yönden ne kadar zor ve zahmetli bir iş olduğu bilincine kazandıkları tecrübeyle kavuşan genç araştırmacılarımız çalışmalarını, aylarca hafta sonu tatilleri de dahil kendi Doktora tez çalışmaları arasında maharetli düzenlemelerle basım aşamasına getirmişlerdir. Her üçünün de iyi birer araştırmacı olarak mesleğimize ve ülkemize başarılı ve değerli hizmetler vereceklerine inancımın tam olduğunu belirtir teşekkür ederim. Ayrıca bu kitabın da basımının gerçekleştirilmesinde gayretlerini ve ilgilerini esirgemeyen Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. yetkililerine ve değerli personeline teşekkür ederim.

Teknolojik gelişmeler ve hızla artan teknik bilgilerle sınırların kalktığı küreselleşen dünyada; henüz istenilen seviyede sanayileşmesini gerçekleştirememiş ve evrensel bilim üretiminde belirli bir mesafe katetmeye, kendine güçlü bir yer bulmaya çalışan, Avrupa Birliği (AB)'ne dahil olabilmek için büyük fedakarlıklar ve gayretler gösteren Türkiye'nin küresel teknolojik üretim yarışının ön safalarında yer alması en büyük arzumdur. Ülkemizin gelişmiş ülkeler arasında haklı yerini alabilmesi için teknoloji üretmek zorunda olduğu bilinciyle, bu mütevazı kitabın bu yolda az da olsa katkı yapabileceği ümidini taşımaktayım. Kitabın eksiksiz ve kusursuz olduğu iddia edilmemektedir. Sevgili öğrencilerim başta olmak üzere endüstride çalışan mühendislerin ve ilgi duyacak olan değerli meslektaşlarımın her türlü eleştiri, öneri ve katkılarına açık olduğumu bildirir, kitabın ikinci ve daha sonraki baskılarının daha kusursuz ve doyurucu bir düzeyde gözden geçirilmesine ve düzenlenmesine yardımcı olacağı inancıyla bu kitabın genç ve dinamik mühendis adayları öğrencilerime, araştırmacı ve uygulamacılara ve meslektaşlarıma yararlı olmasını içtenlikle dilerim.

Mayıs 2006, Adana

Prof. Dr. Erdem KOÇ

Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Öğretim Üyesi
erdemkoc@cu.edu.t

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SEMBOLLER	I
BÖLÜM-1	
MAKİNA TASARIMINDA MUKAVEMET	1
1.1 GİRİŞ	1
1.2 TEMEL MUKAVEMET BAĞINTILARI.....	2
1.2.1 Basit Gerilmeler (Statik Yükleme).....	2
1.2.2 Basit Gerilmeler (Dinamik Yükleme).....	3
1.2.3 Bileşik Gerilmeler.....	4
1.2.4 Emniyet Gerilmesi.....	5
1.2.5 Mukavemet ve Kontrol Hesabı Esasları.....	9
1.2.6 Temel Şekil Değiştirmeler (Deformasyonlar).....	11
1.2.7 Burkulma	13
1.2.8 Şekil Değiştirme Enerjisi.....	15
1.3 MUKAVEMET PROBLEMLERİ.....	17
BÖLÜM-2	
AKSLAR VE MİLLER	41
2.1 GENEL BİLGİLER.....	41
2.2 AKS VE MİLLERİN HESABI	42
2.2.1 Aksların Hesabı.....	42
2.2.2 Mil Mukavemet Hesabı.....	43
2.2.3 Şekil Değiştirme (Deformasyon) Hesabı.....	46
2.3 AKS VE MİL PROBLEMLERİ.....	48
BÖLÜM-3	
BAĞLAMA ELEMANLARI	75
3.1 TANIMLAR VE SINIFLANDIRMA.....	75
3.2 MİL-GÖBEK BAĞLANTILARI	78
3.3 KAMA PROBLEMLERİ.....	81
3.4 PİM-PERNO PROBLEMLERİ.....	94
3.5 SIKI GEÇME BAĞLANTILARI.....	103
3.6 SIKI GEÇME BAĞLANTILARI PROBLEMLERİ.....	110
3.7 KONİK GEÇME BAĞLANTILARI PROBLEMLERİ.....	123
BÖLÜM-4	
CIVATA-SOMUN BAĞLANTILARI	135
4.1 GENEL KAVRAMLAR/TANIMLAR.....	135

4.2 CIVATA SOMUN HESABI.....	142
4.3 CIVATA SOMUN BAĞLANTILARI PROBLEMLERİ.....	148
BÖLÜM-5	
ÇÖZÜLEMİYEN BAĞLAMA ELEMANLARI.....	185
5.1 GENEL BİLGİLER.....	185
5.2 KAYNAK HESABI.....	186
5.3 LEHİM BAĞLANTI HESABI.....	188
5.4 ÇÖZÜLEMİYEN BAĞLAMA ELEMANLARI PROBLEMLERİ.....	191
BÖLÜM-6	
YAYLAR.....	225
6.1 GİRİŞ.....	225
6.2 YAY KARAKTERİSTİĞİ VE ÖZELLİKLERİ.....	228
6.3 YAY HESABI.....	231
6.4 YAY PROBLEMLERİ.....	241
BÖLÜM-7	
KAVRAMALAR.....	277
7.1 GENEL BİLGİLER.....	277
7.2 KAVRAMA PROBLEMLERİ.....	279
BÖLÜM-8	
FRENLER.....	315
8.1 GİRİŞ.....	315
8.2 FREN PROBLEMLERİ.....	317
BÖLÜM-9	
TRİBOLOJİ VE YAĞLAMA.....	333
9.1 GİRİŞ.....	333
9.2 YAĞLAMA VE YAĞLAYICILAR.....	335
9.3 YAĞLAMA PROBLEMLERİ	339
BÖLÜM-10	
YAĞLAMA TEORİSİ VE KAYMALI YATAKLAR.....	349
10.1 GİRİŞ.....	349
10.2 HİDRODİNAMİK YAĞLAMA VE YATAKLAR.....	353
10.2.1 Kaymalı Eksenel Yataklar.....	353
10.2.2 Radyal Kaymalı Yataklar.....	358
10.3 KAYMALI YATAK PROBLEMLERİ.....	362
10.4 HİDROSTATİK YATAKLAR	390
10.5 HİDROSTATİK YATAK PROBLEMLERİ	392

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM-11	
YUVARLANMA ELEMANLI (RULMANLI) YATAKLAR	397
11.1 TANIM VE SINIFLANDIRMA.....	397
11.2 RULMANLI YATAK HESABI.....	399
11.3 YUVARLANMA ELEMANLI (RULMANLI) YATAK PROBLEMLERİ.....	405
BÖLÜM-12	
KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMALARI	423
12.1 GİRİŞ.....	423
12.2 TEMEL BOYUTLANDIRMA EŞİTLİKLERİ.....	424
12.2.1 Düz Kayış-Kasnak Mekanizmaları.....	424
12.2.2 V-Kayış Mekanizmaları.....	427
12.3 KAYIŞ-KASNAK PROBLEMLERİ.....	432
BÖLÜM-13	
DİŞLİ ÇARKLAR	465
13.1 GİRİŞ.....	465
13.2 SİLİNDİRİK DÜZ DİŞLİ ÇARKLAR.....	468
13.3 SİLİNDİRİK HELİSEL DİŞLİLER.....	479
13.4 DÜZ KONİK DİŞLİLER.....	485
13.5 SONSUZ VİDA MEKANİZMALARI.....	490
13.6 DİŞLİ ÇARK PROBLEMLERİ.....	495
KAYNAKLAR	555
EKLER	559

SEMBOLLER**SEMBOLLER**

A	Alan	[m ²]
A _a	Tolerans için alt sapma (delik)	[μm]
A _ü	Tolerans için üst sapma (delik)	[μm]
B	Bulk modülü, yatak genişliği	[N/m ² , m]
C	D/d yay indeksi, dinamik yük sayısı, sıkıştırılabilirlik katsayısı	[-, N, m ² /N]
C _o	Rulmanlı yatak statik yük sayısı	[N]
D	Çap	[mm]
E	Enerji, elastisite modülü	[Nm, N/cm ²]
E _k	Kinetik enerji	[Nm]
F	Kuvvet	[N]
F _b	Baskı kuvveti	[N]
F _{BR}	Burkulma kuvveti	[N]
F _ç	Çakma kuvveti, çevresel kuvvet	[N]
F _{çöz}	Çözme kuvveti	[N]
F _e	Eksenel kuvvet	[N]
F _f	Merkezkaç kuvvet (kayış-kasnak)	[N]
F _g	Kuvvet genliği	[N]
F _{iş}	İşletme kuvveti	[N]
F _{kr}	Kritik kuvvet	[N]
F _m	Ortalama kuvvet	[N]
F _N	Normal kuvvet	[N]
F _o	Ortalama kuvvet	[N]
F _{ön}	Ön gerilme kuvveti	[N]
F _r	Radyal yük	[N]
F _s	Sürtünme kuvveti	[N]
F _{Sök}	Sökme kuvveti	[N]
F _t	Çevresel kuvvet, Teğetsel kuvvet	[N]
F _u	Teğetsel kuvvet	[N]
G	Kayma modülü, Ağırlık	[N/mm ² , N]
H	Yükseklik, Somun yüksekliği, Helis hatvesi	[mm]
H _B	Brinel sertliği	[N/mm ²]
H _V	Vickers sertliği	[N/mm ²]
H _{RC}	Rockwell sertliği	[-]

I	Atalet (eylemsizlik) momenti	[cm ⁴]
I _{eş}	Eşdeğer eylemsizlik momenti	[N.s ² .m]
I _m	Kütlesel atalet (eylemsizlik) momenti	[N.s ² .mm]
I _p	Polar atalet (eylemsizlik) momenti	[cm ⁴]
K	Yay düzeltme faktörü (Wahl faktörü)	[-]
K ₀	Yük faktörü(emniyet katsayısı)	[-]
K _b	Çap düzeltme katsayısı	[-]
K _y	Yüzey düzgünlük katsayısı	[-]
K _t	Teorik gerilme yığılma faktörü	[-]
L	Yatak uzunluğu, Rulmanlı yataklarda nominal ömür	[m, 10 ⁶ devir]
L ₀	Ortalama kayış uzunluğu	[mm]
L _h	Rulmanlı yataklarda işletme saati cinsinden ömür	[saat]
L _k	Etkili burkulma boyu	[mm]
M	Moment	[Nmm]
M _b	Burulma momenti	[N.m]
M _d	Döndürme momenti	[N.m]
M _e	Eğilme momenti	[N.m]
M _f	Frenleme momenti	[Nmm]
M _{iş}	İş momenti	[Nmm]
M _k	Kavrama momenti	[Nmm]
M _m	Motor momenti	[Nmm]
M _s	Sürtünme momenti	[N.m]
M _{Sık}	Sıkma momenti	[N.m]
N	Yük tekrar sayısı, Güç	[-, kW]
N _s	Sürtünme güç kaybı	[kW]
P	Yüzey basıncı	[N/mm ²]
P _{ez em}	Yüzey ezilmesi için emniyet basıncı	[N/mm ²]
P _m	Ortalama yüzey basıncı	[N/mm ²]
P _{max}	Maksimum basınç	[N/mm ²]
Q	Debi	[m ³ /s]
Q _s	Sürtünme ısısı	[kcal/h]
R	Sürtünme kuvveti, Bileşke kuvvet, Yarıçap	[N, mm]
R _a	Konik dişli taksimat konisi uzunluğu	[mm]
R _t	Yüzey pürüz yüksekliği	[µm]
ΔR	Radyal açıklık, boşluk	[mm]

SEMBOLLER

S	Emniyet katsayısı	[-]
S _o	Somerfield sayısı	[-]
T	Titreşim zamanı, tolerans	[s, µm]
U	Enerji, hız	[Nmm, m/s]
V	Hacim, hız	[cm ³ , m/sn]
W	Şekil değiştirme enerjisi, İş, Yük	[Nmm, N]
W _b	Kesit burulma mukavemet momenti	[cm ³]
W _e	Kesit eğilme mukavemet momenti	[cm ³]
W _R	Sönüm işi	[Nm]
W _s	Kayıp enerji	[Nm]
X	Rulmanlı yatakta dinamik radyal yük faktörü	[-]
X _o	Rulmanlı yatakta statik radyal yük faktörü	[-]
Y	Rulmanlı yatakta dinamik eksenel yük faktörü	[-]
Y _o	Rulmanlı yatakta statik eksenel yük faktörü	[-]
Z	Yüzey pürüz ezilmesi	[µm]
a	İvme, Kaynak dikiş kalınlığı	[m/sn ² , mm]
a, a _o	Eksenlerarası uzaklık	[mm]
a _a	Tolerans için alt sapma (mil)	[µm]
a _ü	Tolerans için üst sapma (mil)	[µm]
b	Diş genişliği	[mm]
b _{max}	Maksimum boşluk	[µm]
b _{min}	Minimum boşluk	[µm]
c	Radyal boşluk, yağ özgül ısı	[mm, kcal/N°C]
d	Mil çapı, Diş üstü çapı	[mm]
d _o	Dişli taksimat dairesi çapı	[mm]
d _{om}	Ortalama taksimat dairesi çapı	[mm]
d ₁	Diş dibi çapı	[mm]
d _b	Diş başı çapı	[mm]
d _g	Temel dairesi çapı	[mm]
d _m (d ₂)	Ortalama çap	[mm]
d _t	Diş taban dairesi çapı	[mm]
e	Eksantirisite, Elastik enerji	[mm, Nmm]
e	Lokmal yatakta mafsal noktası yeri	[mm]
evα	Evolvent fonksiyonu	[-]
f _b	Yatak yükü azalış oranı	[-]

$f_{eğilme}$	Kayış eğilme frekansı	[1/s]
f_{kr}	Kritik frekans	[1/s]
f_o	Rulmanlı yatakta statik yük faktörü	[-]
g	Yerçekimi ivmesi	[m/s ²]
h	Adım (hatve), Film kalınlığı	[mm, μ m]
h_0	Minimum film kalınlığı	[μ m]
h_1	Maksimum film kalınlığı	[μ m]
h, h_z	Toplam diş yüksekliği	[mm]
h_b	Diş başı yüksekliği	[mm]
h_{min}	Minimum film kalınlığı	[μ m]
h_{max}	Maksimum film kalınlığı	[μ m]
h_t	Diş taban yüksekliği	[mm]
i	Çevrim oranı, temel tolerans	[-, μ m]
i	Yaylarda etkin sarım sayısı, Lamelli kavramada yüzey çifti	[-]
k	Yay katsayısı (rijitlik), Atalet yarıçapı	[N/mm, mm]
k_c	Cıvata yaylanma katsayısı	[N/mm]
k_{co}	Conta yaylanma katsayısı	[N/mm]
k_θ	Burulma rijitliği	[Nmm/rad]
k_p	Parça/conta yaylanma katsayısı	[N/mm]
l_0	Taksimat dairesinde diş boşluğu	[mm]
l_k	Faydalı kaynak dikiş uzunluğu	[mm]
m	Kütle, Yatak eğimi, modül, Dış modül	[kg, -, mm]
m_e	Eksenel modül	[mm]
m_m	Ortalama modül	[mm]
m_n	Normal modül	[mm]
m_s	Alın modülü	[mm]
n	Devir sayısı, dönme hızı	[d/dk]
$n_{geçiş}$	Geçiş hızı	[d/dk]
n_{kr}	Kritik devir sayısı	[d/dk]
n_{max}	Maksimum devir sayısı	[d/dk]
n_{min}	Minimum devir sayısı	[d/dk]
n_{nom}	Nominal hız	[d/dk]
p	Hatve (yay)	[mm]
q	Çentik hassasiyet faktörü	[-]
r	Yarıçap	[mm]

SEMBOLLER

r_o	Tabla sürtünmesi için yarıçap	[mm]
r_o	Dişli taksimat dairesi yarıçapı	[mm]
r_d	Diş yarıçap	[mm]
r_g	Dişli temel dairesi yarıçapı	[mm]
r_i	İç yarıçap	[mm]
r_s	Sürtünme yarıçapı	[mm]
s	Cidar kalınlığı, Levha kalınlığı	[mm]
s_{max}	Maksimum sıklık	[μ m]
s_{min}	Minimum sıklık	[μ m]
s_0	Taksimat dairesinde diş kalınlığı	[mm]
t	Zaman, Sıcaklık, Taksimat	[sn, °C, mm]
t_a	Sonsuz vida aksenal adımı	[mm]
t_k	Kavrama devreye girme süresi	[s]
v	Zayıflık faktörü, Çevresel hız	[-, m/sn]
z	Cıvata adedi, Diş sayısı, Kayış adedi	[-]
z_e	Eşdeğer diş sayısı	[-]
α	Kama açısı, Helis eğim açısı	[°]
α	Isı geçirme katsayısı, yüzey eğim açısı, açısal ivme	[kcal/m ² h°C, °, r/s ²]
α_0	Kavrama açısı, basınç açısı	[°]
α_t	Isıl uzama katsayısı	[1/°C]
β	Yağ debi faktörü	[-]
β_1, β_2	Sarılma açıları (kayış)	[°]
β_k	Çentik faktörü	[-]
β_0	Helisel dişli diş eğim açısı	[°]
γ	Özgül ağırlık, Kayma açısı	[N/m ³]
γ_0	Taksimat dairesi helis eğim açısı	[°]
δ	Deformasyon (şekil değişimi), Sehim	[mm]
δ	Konik dişli eksenler kesişme açısı	[°]
δ	Düzgünlük katsayısı, kavramalarda cıvata çapı	[mm]
δ_1, δ_2	Taksimat yarı koni açıları	[°]
ε	Birim şekil değişimi (uzama), Boyutsuz eksantriklik	[-]
ε	Kavrama oranı	[-]
η	Verim, Dinamik viskozite	[-, Ns/m ²]
θ	Burulma açısı, Açısal koordinat	[°]
λ	Isı iletim katsayısı	[W/m ² °K]

λ	Narinlik derecesi	[-]
λ_0	Sınır narinlik derecesi	[-]
μ	Sürtünme katsayısı	[-]
μ_0	Tabla sürtünme katsayısı	[-]
μ_k	Kinetik sürtünme katsayısı	[-]
μ_{sonlu}	Sonlu yatakta sürtünme katsayısı	[-]
ν	Poisson oranı	[-]
ν	Kinematik viskozite	[cm ² /s]
ρ	Yoğunluk, Eğrilik yarıçapı, Sürtünme açısı	[Kg/m ³ , mm]
σ	Normal Gerilme	[N/mm ²]
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Asal gerilmeler	[N/mm ²]
σ_{AK}	Akma sınırı	[N/mm ²]
σ_a	Alt gerilme	[N/mm ²]
σ_b	Basma gerilmesi	[N/mm ²]
σ_{φ}	Çekme gerilmesi	[N/mm ²]
σ_D	Tam değişken zorlanmada sürekli mukavemet sınırı	[N/mm ²]
$\sigma_{eğ}$	Eğilme gerilmesi	[N/mm ²]
σ_{em}	Emniyet gerilmesi	[N/mm ²]
$\sigma_{eş}$	Eşdeğer gerilme	[N/mm ²]
σ_n	Faydalı gerime (Kayış-kasnak)	[N/mm ²]
σ_r, σ_t	Radyal gerilme, Teğetsel gerilme	[N/mm ²]
$\sigma_{\dot{u}}$	Üst gerilme	[N/mm ²]
τ	Kayma gerilmesi	[N/mm ²]
τ_{AK}	Kayma akma sınırı, Akma mukavemeti	[N/mm ²]
τ_D	Tam değişken zorlanmada sürekli mukavemet sınırı	[N/mm ²]
τ_{em}	Emniyetli kayma gerilmesi	[N/mm ²]
τ_g	Gerilme genliği	[N/mm ²]
φ	Burulma açısı	[°]
ω	Açısal hız, Burkulma faktörü	[r/s, -]
ω_{kr}	Kritik açısal hız	[r/s]
Φ	Radyal kaymalı yatakta durum açısı	[-]
Ψ	Diş genişlik sayısı	[-]
Ψ	İzafi yatak boşluğu, sönümlleme faktörü	[-]

KAYNAKLAR

KAYNAKLAR

- [1] Akkurt, M., Makina Elemanları Çözülmüş Problem ve Metin Soruları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1994.
- [2] Bozacı, A., Makina Elemanları, Cilt 1, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2005.
- [3] Akkurt, M. ve Kent, M., Makina Elemanları, Cilt 1, Birsen Kitabevi, Ör Matbaası, İstanbul, 1979.
- [4] Koç, E., Makina Elemanları, Cilt 1, Nobel Kitabevi, Adana, 2003.
- [5] Koç, E., Makina Elemanları, Cilt 2, Nobel Kitabevi, Adana, 2004.
- [6] Filiz, İ. H., Problems on the Design of Machine Elements, University of Gaziantep Press, Gaziantep, 2000.
- [7] Hall, JR. A., Holwenko, R. A., Laughlin, G.H., Theory and Problems of Machine Design, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, 1980.
- [8] Hamrock, J. B., Jacobsen, O. B., Schmid, R. S., Fundamentals of Machine Elements, Mc Graw-Hill Companies, U.S.A, 1999.
- [9] Cerit, A. M., Makina Mühendisliği El Kitabı, Cilt 2, TMMOB, Makina Mühendisliği Odası, Yayın No 100, Ankara, 1976.
- [10] Bozacı, A., Koçaş, İ., Çolak, Ö.Ü., Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2001.
- [11] Edwards, Jr. K. S., Mckee, R. B., Fundamentals of Mechanical Component Design, Mc Graw-Hill International Edition, 1991.
- [12] Shigley, J. E., Mechanical Engineering Design, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1986.
- [13] Spotts, M.F., Shoup, T.E., Hornberger, L.E., Design of Machine Elements, Pearson Prentice Hall, Pearson Education Inc., USA, 2004.
- [14] Gediktaş, M., Temiz, V., Palabıyık, M. İ., Parlar, Z., Makina Elemanları Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1999.
- [15] Babalık, F. C., Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 2, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No:169, Vipaş AŞ, Yayın Sıra No:45, Bursa, 2000.
- [16] Gediktaş, M., Bağlama Elemanları, Konstrüksiyon ve Hesap, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 1976.
- [17] Akkurt, M., Makina Elemanları, Cilt 1, Birsen Yayınları, İstanbul, 1990.
- [18] Cürgül, İ., Makina Elemanları ve Çözümlü Problemleri, Birinci Cilt, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.
- [19] Koç, E., Makina Elemanları, Cilt 1, 2. Baskı, Nobel Kitabevi, Adana, 2004.

- [20] Özdaş, N., Gediktaş, M., Teknik Resim, 5. Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1995.
- [21] Babalık, F. C., Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 1, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No:17, Bursa, 1997.
- [22] Akkurt, M., Makina Elemanları, Cilt 2, Birsen Yayınevi, 1980, İstanbul.
- [23] Cameron, A., Basic Lubrication Theory, John Wiley&Sons Inc., New York, USA, 1976.
- [24] Deutschman, A.D., Michels, J.W. and Wilson, E. C., Machine Design, Theory and Practice, Macmillan Publishing Co. Inc., New York, 1975.
- [25] Neale, M.J., Tribology Handbook, Butterworth & CO (Publishers) Ltd., London, 1973.
- [26] Gross, W.A., Matsch, L.A., Castelli, V., Eshel, A., Vohr, J.H., Wildmann, M., Fluid Film Lubrication, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1980.
- [27] Cürgül, İ., Makina Elemanları ve Çözümlü Problemler, İkinci Cilt, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.
- [28] Rende, H., Soru-Yanıt Şeklinde Makine Elemanları, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, 2000.
- [29] SKF Rulmanlı Yatak Kataloğu
- [30] Koç, E., Makina Elemanları II, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No:14, Adana, 2001.
- [31] Gediktaş, M., Yücenur, S., Kayış-Kasnak Mekanizmaları, Doğan Ofset, İstanbul, 1989.
- [32] Okday, Ş., Makina Elemanları, Dişli Çarklar, 3. Cilt, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1972.
- [33] Akkurt, M., Makina Elemanları, Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1990.
- [34] Mott, R.L., Machine Elements in Mechanical Design, Pearson Prentice Hall, U.S.A, 2004.,
- [35] Bozacı, A., Makina Elemanları, Cilt 2, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2005.
- [36] Norton, R. L., Machine Design, An Integrated Approach, Prentice-Hall Inc., U.S.A, 1996.
- [37] Thomas, A. K., Charchut, W., Dişli Çarklar-Mukavemet Hesapları (Çeviri: Gediktaş, M., Savcı, M.) İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayı 1315, İstanbul, 1985.
- [38] Akkurt, M., Savcı, M., Makina Elemanları, Formüller, Cetveller, Hesap Düzenleri, Uygulamalar, Cilt 1, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul, 1972.

KAYNAKLAR

- [39] Akkurt, M., Savcı, M., Makina Elemanları, Formüller, Cetveller, Hesap Düzenleri, Uygulamalar, Cilt 2, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul, 1972.
- [40] Shigley, E. J., Rischke, R.C., Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill Book Company, Int. Edition, USA, 1989.
- [41] Lingaiah, K., Machine Design Databook, McGraw-Hill, USA, 2003.
- [42] TSE, DIN, ISO Standartları.
- [43] Koç, E., Makina Elemanları, Problemler ve Çözümleri, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No:11, Adana, 1990.