

MAKİNA ELEMANLARI

CİLT - 1

Prof. Dr. Erdem KOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü

7. BASKI



AKADEMİSYEN
KİTABEVİ



AKADEMİSYEN
KITABEVİ

© Copyright 2018

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

978-605-2396-30-8

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Kitap Adı

Makina Elemanları-Cilt - 1

Sayfa Tasarımı

Mahmut Can ŞENEL

Belkıs Zervent ÜNAL

Yazar

Prof. Dr. Erdem KOÇ

Kapak

Kerem ACAR

Yayıncı Sertifika No: 25465

Baskı ve Cilt

Özyurt Matbaacılık ANKARA/2018

DOI

10.37609/akya.1548

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

Biricik Çok Sevgili Torunum
İrem TÜRKMEN'e
Sevgilerimle

“Memleketi, milleti kurtarmak isteyenler için hamiyet, hususiyet, fedakârlık elzem olan niteliklerdendir. Ancak bu nitelikler yeterli değildir, bunların yanında ilim ve fen elzemdir. Milletimizin fikrî 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.”

Mustafa Kemal ATATÜRK

YEDİNCİ BASKININ ÖNSÖZÜ

Makina Elemanları-Cilt 1 adlı bu ders kitabının altıncı baskısının da kısa bir sürede tükenme aşamasına gelmesi ve öğrencilerimizle değerli meslektaşlarımız tarafından kaynak olarak kullanılması yedinci baskının yapılmasına teşvik unsuru olmuştur. Bu baskıda da önceden belirlenen yazım ve baskı hataları düzeltilmiş, içerik fazla değiştirilmeden ekler ve kaynaklar gözden geçirilip gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca önceki baskılarda eksikliği duyulan dizin titizlikle hazırlanarak kitap sonuna eklenmiştir.

Yeni baskının gerçekleştirilmesinde gayretlerini esirgemeyen Akademisyen Yayınevi A.Ş. (Ankara) yetkililerine, kitabın basıma tekrar hazır hale getirilmesinde emeği tartışılmaz olan değerli öğrencim Çukurova Üniversitesi Öğretim Elemanlarından sayın Doç.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. Mahmut Can ŞENEL'e teşekkür eder, öğrencilerimin ve ilgi duyan meslektaşlarımın her türlü tenkit, öneri ve katkılarına açık olduğumu bildirir, eserin öğretici ve yol gösterici niteliği kazanmasını temenni eder, bu şekilde beklenen hizmetin verilmesini dilerim.

Mart 2017, Samsun

Prof. Dr. Erdem KOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü
erdemkoc@omu.edu.tr

“Dünyada her şey için, uygarlık için, hayat için, başarı için en gerçek mürşit ilim ve fendir. İlim ve fennin dışında mürşit aramak gaflettir, cehalettir, delalettir.”

“Dünyada her kavmin mevcudiyeti, kıymeti, hürriyet ve istiklal hakkı, sahip olduğu ve yapacağı medeni eserlerle mütenasiptir, orantılıdır.”

“Ulusumuz içinde gerçek bilim adamları; bilim adamlarımız içinde de ulusumuzun tam hakkıyla övünebileceği bilginlerimiz vardır. Fakat bunlara karşılık, bilim örtüsü altında bilim gerçeğinden uzak, yeteri kadar yetişmemiş, bilim yolunda gereği kadar ilerleyememiş “hoca” kılıklı bilgisizler vardır. Bunların ikisini birbirine karıştırmamalıyız.”

Mustafa Kemal ATATÜRK

ÖNSÖZ

Makina elemanları makinaları oluşturan elemanların hesaplama ve şekillendirme prensiplerini (konstrüksiyon esaslarını) inceleyen bir bilim dalıdır. Bir makinanın fonksiyonunu yerine getirebilmesi için gerekli olan makina elemanları, mekanik özellikleri, zorlama durumları ve şekillendirmeleri açılarından çok çeşitli özelliklere sahip olabilmekte ve mukavemet hesapları, uygun malzeme seçimi ve imalat yöntemleri konstrüksiyonda önemli rol oynamaktadır.

Makina Elemanları kapsamında değerlendirilen elemanların çok ve çeşitli olmaları nedeniyle bu ders Makina Mühendisliği başta olmak üzere diğer bazı mühendislik dalları (Tekstil, Endüstri, Maden Mühendisliği gibi) eğitim-öğretim programlarında genellikle iki kısımda verilmektedir. Bir ders kitabı şeklinde hazırlanan bu kitap, Makina Elemanları I ve Makina Elemanları II dersleri içeriklerine uygun olarak iki cilt olarak düzenlenmiştir. Kitaplarda öğrencilerin kolay anlayabileceği düzey ve düzen gerçekleştirilmeye çalışılmış, öğrenmeyi kolaylaştırmak amacıyla her konunun sonuna uygulama ve konstrüksiyon örnekleri konulmuş, özgün ve sade bir anlatım tarzı benimsenerek Türkçe kelime, deyim ve kavramlar kullanılmaya özen gösterilmiş ve SI birim sistemi kullanılmıştır.

Üniversite seviyesinde teknik öğrenim gören mühendis adayı öğrenciler ve endüstride çalışan mühendisler için hazırlanan Makina Elemanları Birinci Ciltte makina konstrüksiyonunda mukavemet hesabı esasları, malzeme seçimi, ISO toleransları ve geçmeler, miller ve akslar ile bağlama elemanları incelenmiştir. Mil-göbek bağlantılarından önce mil ve aksların tanıtılması uygun görülmüş ve daha sonra mil-göbek bağlantıları (kama, pim ve pernolar, sıkı geçme, sıkma geçme ve konik geçmeler), civata-somun bağlantıları ve çözülemeyen bağlama elemanları (perçin, kaynak, lehim ve yapıştırma) hesap ve şekillendirme esasları karmaşık teorik formüllerden mümkün mertebe kaçınılarak birbiriyle uyumlu bir şekilde işlenmiştir. Konular değerlendirilirken metinle doğrudan ilişkisi olmayan şekiller konmamış, temel kavramlar kolay anlaşılabilir bir biçimde sunulmaya çalışılmıştır. Elemanlar incelenirken hesap formülleri, semboller (DIN, ISO, TSE standartlarına uygun) çizelgeler ve konstrüktif şekiller pratikte çalışan mühendislerin de rahat yararlanacağı şekilde düzenlenmeye gayret edilmiştir. Basıma hazırlanmakta olan kitabın ikinci cildinde yaylar, kavramalar ve frenler, kaymalı ve yuvarlanma elemanlı yataklar, kayış-kasnak ve zincir mekanizmaları, sürtme çarkları ve dişli çarklar incelenecektir. Hazırlanan kitapta, bilim ve teknolojik gelişmelerin kazandırdığı yeni bilgi, metod ve değerlerin yer almasına özen gösterilmeye çalışılmıştır.

Ders kitabı hazırlamanın maddi ve manevi yönden ne kadar zor ve zahmetli bir iş olduğu daha önceden bu tecrübeyi yaşamış meslektaşlarımız tarafından daha iyi takdir edilecektir. Yoğun bir çalışmadan sonra kitabın 1. cildini öğrencilerime ve

meslektaşlarıma sunabildiğim için kendimi mutlu hissediyorum. Kitabın hazırlanmasının bütün aşamalarında bilgisayarda metin düzenlemesi, şekillerin özenle çizilmesi ve kontrol işleminde titiz ve gayretli çalışma ile büyük sabır, özveri ve dikkat gösteren, ortak çalışma kültürü geliştiren Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlileri sayın Belkıs ZERVENT, Oğuz DEMİRYÜREK ve Emel KAPLAN'a teşekkür ederim. Çalışma Arş. Gör. Emel KAPLAN'la başlatılmış, Belkıs ZERVENT ve Oğuz DEMİRYÜREK'in katılımıyla aylarca hafta sonu tatili de dahil kendi yoğun yüksek lisans dersleri, tez çalışmaları ve doktora çalışmaları arasında maharetli düzenlemelerle basım aşamasına gelmiştir. Her üçünün de mesleğimizde başarılı hizmetler vereceklerine ve iyi birer araştırmacı olacaklarına inancım tamdır. Kitabın hazırlanmasında yoğun çalışmalarımın dolaylı olarak beni destekleyip ivme kazandıran, sorumluluklarımı büyük bir özveri ile yüklenen, evde sağladığı çalışma ortamı için değerli eşim sayın Meryem KOÇ başta olmak üzere sevgili kızım Zeynep Başak KOÇ ile bu konuda özel ilgisini gördüğüm Makina Mühendisi aday oğlum Ömer Cengiz KOÇ'a en derin sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim. Ayrıca kitabın basımını gerçekleştiren Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.'ne de teşekkür ederim.

Teknolojik gelişmeler, hızla artan teknik bilgilerle sınırların kalktığı küreselleşen dünyada kendine güçlü bir yer bulmaya çalışan ve Avrupa Birliği (AB)'ne dahil olmak için büyük gayretler sarfeden Türkiye'nin gelişmiş ülkeler arasında haklı yerini alabilmesi için teknoloji üretmek zorunda olduğu bilinciyle bu kitabın az da olsa katkı yapabileceği ümidini taşımaktayım. Kitabın eksiksiz ve kusursuz olduğu iddia edilmemektedir. Öğrencilerimin ve ilgi duyan meslektaşlarımla her türlü tenkit, öneri ve katkılarına açık olduğumu bildirir, kitabın ikinci baskısının daha kusursuz ve doyurucu bir düzeyde düzenlenmesine yardımcı olacağı inancıyla bu kitabın genç mühendis aday öğrencilerime ve meslektaşlarıma yararlı olmasını dilerim.

Temmuz 2003, Adana

Prof. Dr. Erdem KOÇ
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fak.
Öğretim Üyesi
erdemkoc@cu.edu.tr

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SEMBOLLER	I
BÖLÜM-1	
MAKİNA ELEMANLARI VE MÜHENDİSLİKTE TASARIM	1
1.1 MAKİNA VE MAKİNA ELEMANLARI	1
1.1.1 Makina	1
1.1.2 Makina Elemanları	2
1.2 MÜHENDİSLİKTE TASARIM	4
1.2.1 Tasarım (Konstrüksiyon)	4
1.2.2 Konstrüksiyon-İmalat İlişkisi	7
1.2.3 Mühendislikte CAD/CAM	8
BÖLÜM-2	
MAKİNA TASARIMINDA MUKAVEMET	9
2.1 GİRİŞ	9
2.2 GERİLME VE ŞEKİL DEĞİŞİMİ	9
2.2.1 Yükleme Durumları ve Zorlanmalar	9
2.2.2 Kısa Gerilme Analizi	10
2.2.2.1 İç Kuvvet ve Gerilme	10
2.2.2.2 Nominal Gerilmeler	16
2.2.2.3 Bileşik Gerilmeler ve Kırılma Hipotezleri	21
2.2.2.4 Değişken (Dinamik) Gerilmeler	25
2.2.2.5 Konstrüksiyonda Emniyet ve Güvenirlik	28
2.2.2.6 Emniyet İçin Mukavemet Sınırları	31
2.2.2.7 Konstrüksiyonda Mukavemet ve Kontrol Hesabı Esasları	55
2.2.3 Şekil Değişimi (Deformasyon) Analizi	58
2.2.3.1 Atalet Momentleri	58
2.2.3.2 Yüzey Basınçları ve Hertz Basıncı	66
2.2.3.3 Burkulma Hesabı	70
2.2.3.4 Temel Şekil Değiştirmeler (Deformasyonlar)	73
2.2.3.5 Şekil Değiştirme Enerjisi	82
2.3 SAYISAL UYGULAMALAR	86
BÖLÜM-3	
MAKİNA İMALATINDA MALZEME SEÇİMİ	95
3.1 GENEL MALZEME BİLGİSİ	95

3.2 SEÇİLMİŞ MAKİNA MALZEMELERİ	97
3.2.1 Genel Sınıflandırma	97
3.2.2 Malzeme Standardı Oluşturan Kuruluşlar	97
3.2.3 Çelik Malzemeler	99
3.2.4 Dökme Demir	104
3.2.5 Demir Dışı Malzemeler	109
3.2.5.1 Hafif Metaller	109
3.2.5.2 Ağır Metaller	109
3.2.5.3 Plastik Malzemeler	111
3.2.5.4 Kauçuk ve Lastik	112

BÖLÜM-4

ISO TOLERANSLARI VE GEÇMELER	113
4.1 TOLERANS, TANIMLAR VE TEMEL BÜYÜKLÜKLER	113
4.1.1 Tolerans İhtiyacı	113
4.1.2 Tanımlar ve Temel Büyüklükler	113
4.2 ISO TOLERANS SİSTEMİ	116
4.2.1 Standart (Norm) Sayılar	116
4.2.2 ISO Tolerans Standardı	118
4.2.2.1 Tolerans Kalitesi	118
4.2.2.2 Boyut Toleranslarının Gösterilmesi	121
4.3 GEÇMELER (ALIŞTIRMALAR)	122
4.4 SAYISAL UYGULAMALAR	129

BÖLÜM-5

AKSLAR VE MİLLER	133
5.1 GENEL BİLGİLER	133
5.1.1 Tanımlar	133
5.1.2 Sınıflandırma	134
5.1.3 Malzeme ve Şekillendirme Esasları	137
5.2 AKS VE MİLLERİN HESABI	138
5.2.1 Aksların Hesabı	138
5.2.2 Mil Mukavemet Hesabı	139
5.2.2.1 Burulma Hali	139
5.2.2.2 Burulma ve Eğilme	140
5.2.3 Şekil Değiştirme (Deformasyon) Hesabı	144

5.2.3.1 Eğilme Deformasyonu	144
5.2.3.2 Burulma Deformasyonu	146
5.2.4 Titreşim Kontrolü.....	147
5.2.4.1 Eğilme Titreşimleri	148
5.2.4.2 Burulma Titreşimleri.....	152
5.3 KONSTRÜKSİYON İÇİN TAVSİYELER	155
5.3.1 Genel Şekillendirme Esasları.....	155
5.3.2 Çentik Etkisi ve Azaltılma İlkeleri	155
5.4 SAYISAL UYGULAMALAR.....	160
BÖLÜM-6	
BAĞLAMA ELEMANLARI	169
6.1 TANIMLAR VE SINIFLANDIRMA	169
6.2 BAĞLAMA ELEMANLARI SEÇİMİ	172
BÖLÜM-7	
MİL-GÖBEK BAĞLANTILARI	173
7.1 KAMA BAĞLANTILARI.....	175
7.1.1 Tanım ve Sınıflandırma	175
7.1.2 Enine Kamalar	175
7.1.3 Boyuna Kamalar	179
7.1.3.1 Şekil Bağlı Kamalar	180
7.1.3.2 Kuvvet Bağlı Kamalar	192
7.1.4 Sayısal Uygulamalar.....	203
7.2 PİM VE PERNOLAR.....	207
7.2.1 Pim Bağlantıları	207
7.2.1.1 Pim Hesabı	209
7.2.1.2 Emniyet Gerilmeleri	214
7.2.2 Perno Bağlantıları	215
7.2.2.1 Genel Bilgiler	215
7.2.2.2 Perno Hesabı.....	216
7.2.3 Sayısal Uygulamalar.....	218
7.3 SIKI GEÇME BAĞLANTILARI	221
7.3.1 Boyuna (Eksenel) Pres Geçmeler	222
7.3.2 Enine Sıkı Geçmeler.....	224
7.3.3 Sıkı Geçmelerde Gerilme ve Şekil Değişimi	224

7.3.3.1 Gerilme Analizi.....	224
7.3.3.2 Şekil Değişirmeler ve Sıklık	230
7.3.3.3 Gerçek Sıklık ve Tolerans Seçimi	233
7.3.4 Sayısal Uygulamalar	236
7.4 SIKMA GEÇME BAĞLANTILARI.....	240
7.5 KONİK GEÇME BAĞLANTILARI.....	244
7.5.1 Genel Bilgiler	244
7.5.2 Konik Geçme Hesabı	245
7.5.3 Sayısal Uygulama.....	248
BÖLÜM-8	
CIVATA SOMUN BAĞLANTILARI	251
8.1 GENEL KAVRAMLAR/ TANIMLAR	251
8.1.1Vida Tanımı ve Oluşumu	251
8.1.2 Vida Geometrik Büyüklükleri.....	252
8.1.3 Vida Profilleri.....	254
8.2 STANDART VİDALAR	256
8.2.1 Üçgen Profilli Vidalar	256
8.2.2 Trapez (Yamuk) Vida Profili.....	257
8.2.3 Testere Dişi Vida Profili	258
8.2.4 Yuvarlak Profilli Vida.....	258
8.2.5 Boru Vida Profili	267
8.2.6 Özel Profilli Vidalar	267
8.2.7 Diğer Normlarda Vidalar	267
8.2.8 Vida Boyutları ve Toleransları.....	268
8.2.8.1 Vida Boyutları	268
8.2.8.2 Vida Toleransları.....	270
8.3 VİDALI BAĞLAMA ELEMANLARI	271
8.3.1 Kullanım Alanları ve Örnek Bağlantılar	271
8.3.2 Civata-Somun Malzemeleri	277
8.3.3 Civata-Somun İmalatı	279
8.4 CIVATA-SOMUN HESABI	283
8.4.1 Kuvvet Durumu ve Sıkma Momenti	283
8.4.1.1 Sıkma ve Çözme Momenti.....	283
8.4.1.2 Otoblokaj (Kendiliğinden Çözülme) Şartı	288

8.4.1.3 Vidalarda Verim	288
8.4.1.4 Somun Sıkma Metotları ve Ön Gerilme Kontrolü.....	289
8.4.2 Yükleme Durumları, Gerilmeler ve Boyutlandırma	290
8.4.2.1 Ön Yüklemez (Ön Gerilmemiş) Bağlantılar	290
8.4.2.2 Ön Yüklezli Bağlantılar	291
8.4.2.3 Vida Dişlerinde Yük Dağılımı	293
8.4.2.4 Dişlerde Zorlanma	294
8.4.2.5 Ön Gerilmeli Bağlantılarda İşletme Yüğü	296
8.4.2.6 Enine Kuvvet Etkisinde Cıvata Hesabı	310
8.4.2.7 Cıvatada Eğilme	313
8.5. ÇÖZÜLMİYİ ÖNLEYİCİ TEDBİRLER.....	315
8.5.1 Kuvvet Bağlı Emniyet.....	315
8.5.2 Şekil Bağlı Emniyet.....	316
8.6 VİDALI MEKANİZMALAR	318
8.6.1 Hareket Vidaları	318
8.6.2 Diferansiyel ve Bileşik Cıvatalar	321
8.7 SAYISAL UYGULAMALAR.....	324
BÖLÜM-9	
ÇÖZÜLEMİYEN BAĞLAMA ELEMANLARI	331
9.1 PERÇİN BAĞLANTILARI	331
9.1.1 Genel Bilgiler	331
9.1.2 Perçinleme ve Dikiş Şekilleri.....	333
9.1.2.1 Perçinleme İşlemi	333
9.1.2.2 Perçin Bağlantı Şekilleri.....	335
9.1.3 Perçin Bağlantılarında Mukavemet ve Boyutlandırma	336
9.1.3.1 Perçinlerde Kuvvet İletimi	336
9.1.3.2 Perçinde Zorlamalar ve Boyutlandırma	337
9.1.3.3 Çelik Konstrüksiyonda Perçin Bağlantıları	341
9.1.4 Özel Perçin Bağlantıları	345
9.2 KAYNAK BAĞLANTILARI	348
9.2.1 Genel Bilgiler	348
9.2.2 Kaynak Metodları	349
9.2.2.1 Ergitme Kaynak Metodları	350
9.2.2.2 Basınç (pres) Kaynak Metodları	352

9.2.2.3 Yapay Malzemelerin (plastiklerin) Kaynağı.....	353
9.2.3 Malzemelerde Kaynağa Yatkınlık Durumu	353
9.2.4 Kaynak Dikiş Şekilleri	355
9.2.5 Kaynak Dikiş Kalitesi	358
9.2.6 Kaynak Boyutlandırması ve Mukavemet Hesabı	359
9.2.6.1 Kaynak Dikiş Boyutları.....	359
9.2.6.2 Kaynakta Emniyet Gerilmeleri	361
9.2.6.3 Kaynakta Mukavemet Hesabı.....	364
9.2.7 Kaynakta Konstrüksiyon İlkeleri.....	375
9.3 LEHİM BAĞLANTILARI	378
9.3.1 Genel Bilgiler	378
9.3.2 Lehimleme İşlemi ve Lehim Metodları	379
9.3.3 Lehim Bağlantılarının Boyutlandırılması	380
9.3.3.1 Şekillendirme İlkeleri.....	380
9.3.3.2 Bağlantı Hesabı	383
9.4 YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI	387
9.4.1 Genel Bilgiler	387
9.4.2 Yapıştırıcılar ve Yapıştırma İşlemi	388
9.4.2.1 Yapıştırıcılar ve Özellikleri	388
9.4.2.2 Yapıştırmada Şekillendirme.....	390
9.4.3 Yapıştırma Hesabı	390
9.5 SAYISAL UYGULAMALAR.....	393
KAYNAKLAR	399
EKLER.....	401

SEMBOLLER

A	Alan	[m ²]
A _a	Tolerans için alt sapma (delik)	[μm]
A _ü	Tolerans için üst sapma (delik)	[μm]
D	Çap	[mm]
E	Elastisite modülü	[N/cm ²]
F	Kuvvet	[N]
F _{BR}	Burkulma kuvveti	[N]
F _Ç	Çakma kuvveti	[N]
F _{çöz}	Çözme kuvveti	[N]
F _g	Kuvvet genliği	[N]
F _{iş}	İşletme kuvveti	[N]
F _m	Ortalama kuvvet	[N]
F _N	Normal kuvvet	[N]
F _{ön}	Öngerilme kuvveti	[N]
F _r	Radyal kuvvet	[N]
F _{Sök}	Sökme kuvveti	[N]
F _t	Çevresel kuvvet, Teğetsel kuvvet	[N]
G	Kayma modülü, Ağırlık	[N/mm ² , N]
H	Yükseklik, Somun yüksekliği	[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 _P	Polar eylemsizlik momenti	[cm ⁴]
I _m	Kütleli eylemsizlik momenti	[N.s ² . m]
K _b	Çap düzeltme katsayısı	[-]
K _y	Yüzey düzgünlük katsayısı	[-]
K _t	Teorik gerilme yığılma faktörü	[-]
L _k	Etkili burkulma boyu	[mm]
M _b	Burulma momenti	[N.m]
M _d	Döndürme momenti	[N.m]
M _e	Eğilme momenti	[N.m]
M _S	Sürtünme momenti	[N.m]

$M_{Sık}$	Sıkma momenti	[N.m]
N	Yük tekrar sayısı, Güç	[- , kW]
P	Yüzey basıncı	[N/mm ²]
P_m	Ortalama yüzey basıncı	[N/mm ²]
$P_{ez\ em}$	Yüzey ezilmesi için emniyet basıncı	[N/mm ²]
R	Sürtünme kuvveti, Bileşke kuvvet, Yarıçap	[N, mm]
R_t	Yüzey pürüz yüksekliği	[μ m]
S	Emniyet katsayısı	[-]
T	Tolerans	[μ m]
T_D	Tolerans (delik)	[μ m]
T_d	Tolerans (mil)	[μ m]
U	Enerji	[Nmm]
W	Şekil değiştirme enerjisi	[Nmm]
W_e	Kesit eğilme mukavemet momenti	[cm ³]
W_b	Kesit burulma mukavemet momenti	[cm ³]
V	Hacim, Hız	[cm ³ , m/sn]
Z	Yüzey pürüz ezilmesi	[μ m]
a	İvme, Kaynak dikiş kalınlığı	[m/sn ² , mm]
a_a	Tolerans için alt sapma (mil)	[μ m]
$a_ü$	Tolerans için üst sapma (mil)	[μ m]
b_{max}	Maksimum boşluk	[μ m]
b_{min}	Minimum boşluk	[μ m]
d	Mil çapı, Diş üstü çapı	[mm]
d_1	Diş dibi çapı	[mm]
d_m (d_2)	Ortalama çap	[mm]
e	Eksantirisite, Elastik enerji	[mm, Nmm]
g	Yerçekimi ivmesi	[m/s ²]
h	Adım (hatve)	[mm]
i	Temel tolerans	[μ m]
k	Yay katsayısı (rijitlik), Atalet yarıçapı	[N/mm, mm]
k_c	Cıvata yaylanma katsayısı	[N/mm]
k_{co}	Conta yaylanma katsayısı	[N/mm]
k_p	Parça/conta yaylanma katsayısı	[N/mm]
l_k	Faydalı kaynak dikiş uzunluğu	[mm]
m	Kütle	[kg]

SEMBOLLER

n	Devir sayısı	[d/dk]
n_{kr}	Kritik devir sayısı	[d/dk]
q	Çentik hassasiyet faktörü	[-]
r	Yarıçap	[mm]
r_o	Tabla sürtünmesi için yarıçap	[mm]
s	Cidar kalınlığı, Levha kalınlığı	[mm]
s_{max}	Maksimum sıklık	[μ m]
s_{min}	Minimum sıklık	[μ m]
t	Zaman, Sıcaklık	[sn, °C]
v	Zayıflık faktörü	[-]
α	Kama açısı, Helis eğim açısı	[°]
α_t	Isıl uzama katsayısı	[1/°C]
β_K	Çentik faktörü	[-]
γ	Özgül ağırlık, Kayma açısı	[N/m ³]
δ	Deformasyon (şekil değişimi), Sehim	[mm]
ε	Birim şekil değişimi (uzama), Boyutsuz eksantriklik	[-]
η	Verim	[-]
θ	Burulma açısı	[°]
λ	Narinlik derecesi	[-]
λ_o	Sınır narinlik derecesi	[-]
μ	Sürtünme katsayısı	[-]
μ_o	Tabla sürtünme katsayısı	[-]
ν	Poisson oranı	[-]
ρ	Yoğunluk, Eğrilik yarıçapı, Sürtünme açısı	[Kg/m ³ , mm]
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	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]
$\sigma_{eş}$	Üst gerilme	[N/mm ²]
σ_G	Radyal gerilme, Teğetsel gerilme	[N/mm ²]
σ_k	Kayma akma sınırı	[N/mm ²]

σ_r, σ_t	Radyal gerilme, Teğetsel gerilme	[N/mm ²]
$\sigma_{\ddot{u}}$	Üst gerilme	[N/mm ²]
τ_{AK}	Kayma akma sınırı	[N/mm ²]
τ_D	Tam değişken zorlanmada sürekli mukavemet sınırı	[N/mm ²]
φ	Burulma açısı	[°]
ω	Açısal hız, Burkulma faktörü	[r/s, -]
ω_{kr}	Kritik açısal hız	[r/s]

KAYNAKLAR

- [1] Akkurt, M. ve Savcı, M., Makina Elemanları, cilt I, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul, 1972.
- [2] Akkurt, M. ve Savcı, M., Makina Elemanları, cilt II, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul, 1972.
- [3] Deutschman, A. D., Michels, J.W and Wilson, E. C., Machine Design, Theory and Practice, Macmillan Publishing CO., Inc., Newyork, 1975.
- [4] Gediktaş, M., Bağlama Elemanları Konstrüksiyon ve Hesap, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 1976.
- [5] Akkurt, M. ve Kent, M., Makina Elemanları, cilt I, Birsen Kitabevi Yayınları, Ör Matbaası, İstanbul, 1979.
- [6] Okday, Ş., Makina Elemanları, cilt I, Birsen Yayınları, İstanbul, 1979.
- [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] Black, P.H., Adams, Jr. O.Eugene, Machine Design, McGraw-Hill Book Company, 1981.
- [9] Shigley, J. E., and Mitchell, D.L., Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill Book Company, 1983.
- [10] Gediktaş, M., Temiz, V., Palabıyık, M. İ., Parlar, Z., Makina Elemanları Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1999.
- [11] Bozacı, A., Makina Elemanları I, Seç Yayınları, İstanbul, 2000.
- [12] Akkurt, M., Makina Elemanları, cilt I, Birsen Yayınları, İstanbul, 1990.
- [13] Koç, E., Makina Elemanları Problemler ve Çözümleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: 11, Adana, 1990.
- [14] Edwards, Jr. K.S., Mckee, R.B., Fundamentals of Mechanical Component Design, McGraw-Hill International Edition, 1991.
- [15] Filiz, İ.H., Problems on the Design of Machine Elements, University of Gaziantep, Gaziantep, 1991.
- [16] Bozacı, A., Makina Elemanları, 1. Cilt, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2005.
- [17] Bozacı, A., Koçaş, İ., Çolak, Ö.Ü., Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2001.
- [18] Çakır, A., Baykara, C., Yenilmez, A., Makina Elemanları I, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 2001.

- [19] Rende, H., Makine Elemanları-Hesap ve Konstrüksiyon, Cilt 1, Seç Yayın Dağıtım, Çağaloğlu, İstanbul, 2001.
- [20] Beer, P. F., Johnston, JR. E. R., Vector Mechanics for Engineers-Statics, The Mc Graw-Hill Comp.,Inc., New York, 1996.
- [21] Cameron, A., Basic Lubrication Theory, Ellis Horwood Limited, Coll House, Westergate, Chichester, England, 1976.
- [22] Shigley, J. E., Mechanical Engineering Design, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1986.
- [23] Case, J., Chilver, A. H., Strength of Materials and Structures, Edward Arnold (Publishers) Limited, London,1976.
- [24] Babalık, F. C, Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 1, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No:17, Bursa, 1997.
- [25] Babalık, F. C., Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 2, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın NO:169, Vipaş A.Ş, Yayın Sıra No:45, Bursa, 2000.
- [26] Cerit, A. M., Makina Mühendisliği El Kitabı, Cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: 100, Ankara, 1976.
- [27] Güngör, Y., Malzeme Bilgisi, Beta Basım AŞ, İstanbul, 2001.
- [28] Savaşkan, T., Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Derya Kitabevi, Trabzon, 1999.
- [29] Kverneland, O. K., Word Metric Standards for Engineering, Industrial Press Inc., New York, 1978.
- [30] Düzgün, D., Makina Elemanları Dizayn-Konstrüksiyon, TSE Genel Merkezi, Ankara, 1996.
- [31] Filiz, İ. H., Problems on the Design of Machine Elements, University of Gaziantep Press, Gaziantep,2000.
- [32] Kartal, F., Çimentepe, S., Makine Elemanları, Modül Teknik Eğitimi ve Hizmet Organizasyonu, Yayın No: 5, P.K. 101, Manisa, 2000.
- [33] Özdaş, N., Gediktaş, M., Teknik Resim, 5. Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1995.
- [34] Niemann, G., Makina Elemanları, Çeviri, Harzadın, G. ve Yurdakonar, S., Cilt1, Matbaa Teknisyenleri Koll. Şti., İstanbul, 1969.
- [35] KOÇ, E., Makina Elemanları-1, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No : 17, Adana, 1991.
- [36] TSE, DIN, ISO Standartları.