

BÖLÜM 1

MAKİNE TASARIMINA GİRİŞ

Prof. Dr. Erdem ACAR

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü

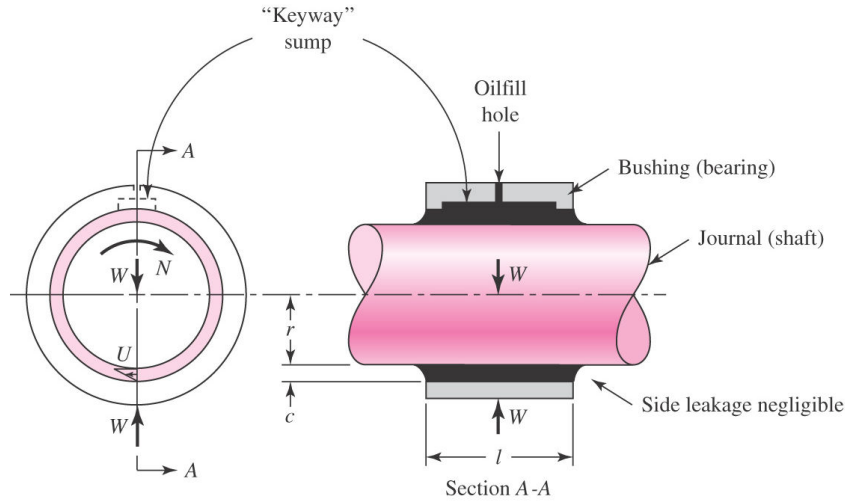


İçerik

- Makine Mühendisliğinde Tasarım
- Tasarım Süreci
- Ekonomi Unsuru, Başabaş Noktası
- Gerilme ve Dayanım
- Belirsizlikler
- Güvenilirlik
- Boyutlandırma ve Toleranslar
- Kapanış Notları

Makine Mühendisliğinde Tasarım

- Makine mühendisliği tasarımı, makine mühendisliğinin tüm disiplinlerini kapsar.
- Örnek (kaymalı yatak):
 - Akışkan akışı, ısı transferi, sürtünme, enerji iletimi, malzeme seçimi, termomekanik işlemler, istatistiksel tanımlar göz önünde bulundurulur.



3

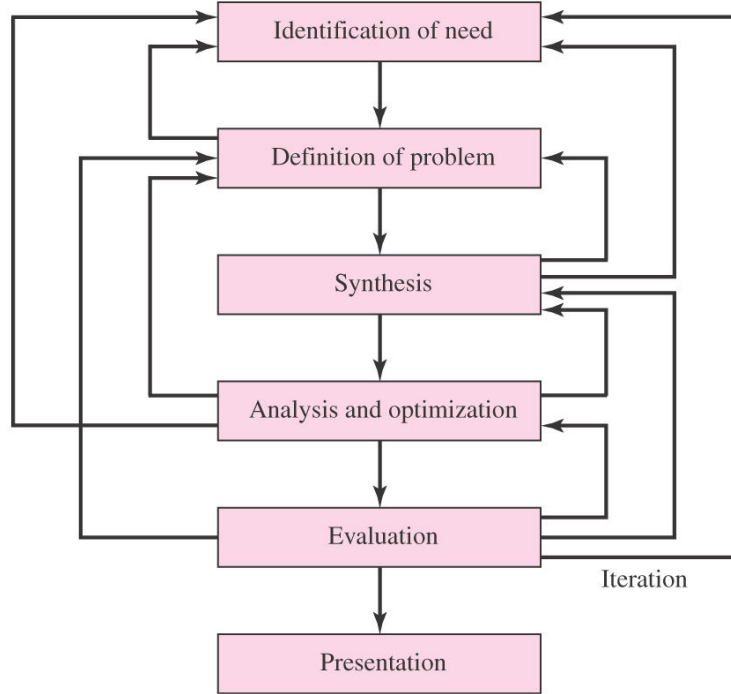
Tasarım Nedir?

- **Tasarım:** Belirli bir ihtiyacın karşılanması için bir plan formüle edilmesi
- Tasarım süreci; inovasyon, yineleme ve karar almayı gerektir.
- İletişim yoğun bir süreçtir.
- Tasarlanan ürünlerde bulunması gerekenler:
 - İşlevsel
 - Güvenli ve Güvenilir
 - Rekabetçi
 - Kullanılabilir
 - Üretilebilir
 - Pazarlanabilir

4

Tasarım Süreci

- Doğası gereği yinelemeli bir süreçtir.
- Bir başlangıç tasarımı ile başlanır ve ardından sürekli iyileştirme yapılır.



5

Tasarımda Ele Alınacak Özellikler

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| ■ İşlevsellik | ■ Gürültü |
| ■ Dayanım / Gerilme | ■ Stil |
| ■ Direngenlik / Deformasyon | ■ Şekil |
| ■ Aşınma | ■ Boyut |
| ■ Korozyon | ■ Kontrol Mekanizması |
| ■ Güvenlik | ■ Isıl Özellikler |
| ■ Güvenilirlik | ■ Yüzey Durumu |
| ■ Üretilebilirlik | ■ Yağlama |
| ■ Kullanışlılık | ■ Pazarlanabilirlik |
| ■ Maliyet | ■ Bakım / Onarım |
| ■ Sürtünme | ■ Üretim Hacmi |
| ■ Ağırlık | ■ Yasal Sorumluluk |
| ■ Ömür | ■ Geri Dönüşüm |

6

Bilgisayar Destekli Mühendislik

- Mühendislik sürecine yardımcı olmak için bilgisayar ve yazılımların her türlü kullanımı
- Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)
 - Çizim, 3 boyutlu katı modelleme vb.
- Bilgisayar Destekli Üretim (CAM)
 - CNC takım yolu, hızlı prototipleme vb.
- Mühendislik analizi ve simülasyonu
 - Sonlu elemanlar, akışkan akışı, dinamik analiz, hareket analizi vb.
- Matematik çözücüler
 - MATLAB, Python, C++, Excel vb.

7

Standartlar

- Standart; belirli bir ürünün, sürecin, ölçünün, malzemenin veya yöntemin birlikte ve uyumlu şekilde kullanılabilmesi için; üzerinde uzlaşmaya varılmış, kabul edilmiş ve yazılı hale getirilmiş teknik kurallar, kriterler ve kılavuzlardır.
- Bir standardın önemli amaçlarından biri; bir parçanın, malzemenin veya sürecin keyfi olarak oluşturulmasından kaynaklanabilecek çok sayıda varyasyonu sınırlamaktır.
- **Örnekler:**
 - American Bearing Manufacturers Association (ABMA)
 - American Gear Manufacturers Association (AGMA)
 - American Iron and Steel Institute (AISI)
 - American National Standards Institute (ANSI)
 - American Society of Mechanical Engineers (ASME)
 - American Society of Testing and Materials (ASTM)
 - International Standards Organization (ISO)
 - National Institute for Standards and Technology (NIST)
 - Society of Automotive Engineers (SAE)

8

Ekonomi Unsuru

- Maliyet, mühendislik tasarımında her zaman önemli bir faktördür.
- Standart boyutların kullanımı, maliyet düşürmenin ilk ilkesidir.
- Ders kitabındaki Tablo A-17, bazı tipik tercih edilen boyutları listelemektedir.

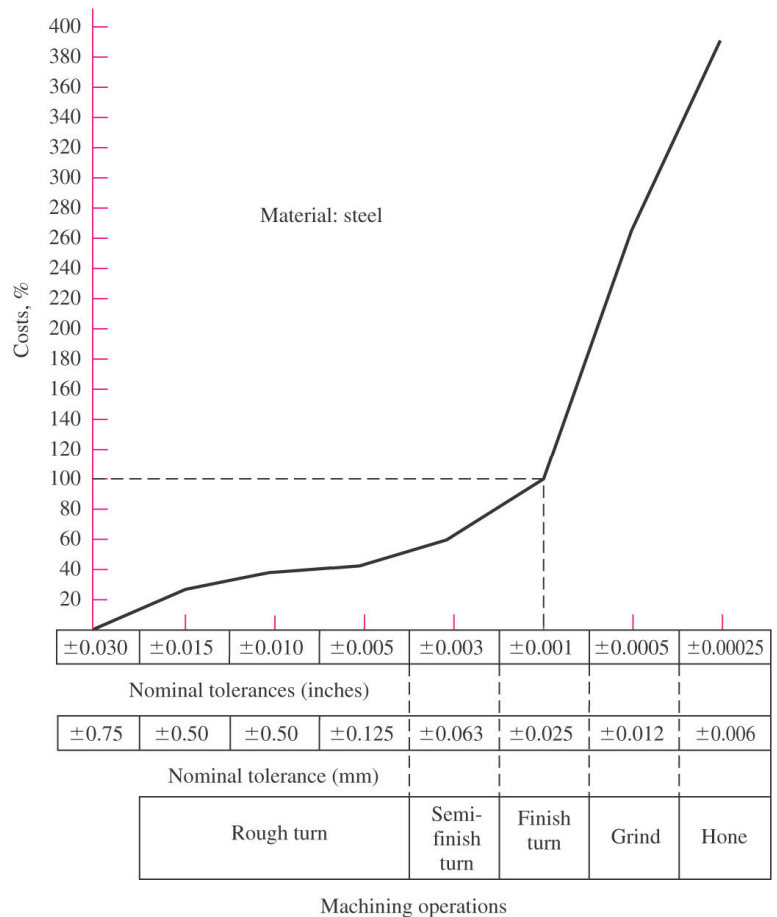
Millimeters
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300

- Bazı yaygın bileşenler, stoklu boyutlarda daha ucuz bir şekilde temin edilebilir.

9

Toleranslar

- Dar toleranslar genellikle maliyeti artırır
- Ek işleme adımları gerektirir
- Ek denetim/muayene gerektirir
- Daha düşük üretim oranlarına sahip makinelerin kullanımını gerektirir



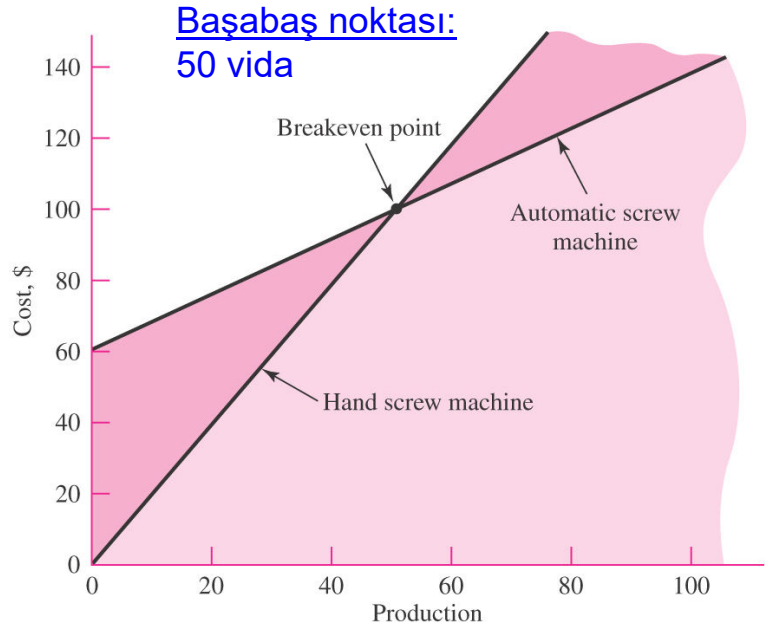
10

Başabaş Noktası

- İki olası üretim yöntemi arasında maliyet karşılaştırması
- Genellikle üretim miktarında bir denge noktası vardır

Vida Üretimi Örneği

- Otomatik vidalama makinesi
 - Saat başına 25 parça
 - 3 saatlik kurulum
 - Saat başına 20 USD işçilik maliyeti
- El vidalama makinesi
 - Saat başına 10 parça
 - Minimum sürede kurulum
 - Saat başına 20 USD işçilik maliyeti



11

Gerilme ve Dayanım

- **Dayanım**
 - Bir malzemenin veya mekanik bir elemanın doğal bir özelliği
 - Isıl işleme bağlıdır
 - Parçanın tamamında aynı olabilir veya olmayabilir
 - Örnekler: Kopma dayanımı, akma dayanımı
- **Gerilme**
 - Bir cisimde belirli bir nokta ve kesitteki durum özelliği
 - Yük ve geometrinin bir fonksiyonudur
 - Sıcaklık ve işlemenin de bir fonksiyonudur

12

Belirsizlik Kaynakları

Gerilme ve dayanımda belirsizlik oluşturan bazı etkiler:

- Malzemenin bileşimi ve bu bileşimdeki değişimin özellikler üzerindeki etkisi.
- Bir çubuk malzemedede, özelliklerin yer yer değişmesi.
- İmalat sürecinin mekanik özellikler üzerindeki etkisi.
- Kaynaklı birleştirmeler ve geçme bağlantılar gibi yakın montajların gerilme koşulları üzerindeki etkisi.
- Termomekanik işlemenin özellikler üzerindeki etkisi.
- Yüklemenin şiddeti ve dağılımı.
- Gerçeği temsil etmek için kullanılan matematiksel modellerin geçerliliği.
- Gerilme yığılmalarının şiddeti.
- Zamanın dayanım ve geometrinin üzerindeki etkisi.
- Korozyonun etkisi.
- Aşınmanın etkisi.

13

Belirsizliklere Karşı Tasarım

- **Stokastik yöntem**
 - Tasarım parametrelerinin istatistiksel yapısına dayanır
 - Güvenilirlik hesabına dayanır
 - Yeterli istatistiksel veri gerektirir
- **Deterministik yöntem**
 - Bir tasarım faktörü belirlenir
 - Bir yükleme parametresinin ve bir dayanım parametresinin mutlak belirsizliklerine dayanır

$$n_d = \frac{\text{Dayanım parametresi}}{\text{Yükleme parametresi}}$$

- İlgili parametre **kuvvet** ise,

$$n_d = \frac{\text{Müsaade edilebilir kuvvet}}{\text{Uygulanan maksimum kuvvet}}$$

14

Örnek 1-1

- Bir yapı üzerindeki müsaade edilen yükün $\pm\%15$ belirsizlikle ve uygulanan maksimum yükün $\pm\%20$ belirsizlikle bilindiğini varsayalım.
- Müsaade edilen yükün nominal değeri 9 kN ise,
 - (a) tasarım faktörünü,
 - (b) uygulanan maksimum yükün nominal değerini belirleyiniz.

15

Örnek 1-2

- Kesit alanı **A** olan ve **P = 8900N** eksenel çekme kuvveti ile yüklenen bir çubuk, $\sigma = P/A$ gerilmesine maruz kalmaktadır. Malzeme dayanımı **165MPa** ve tasarım faktörü (**design factor**) **3,0** olduğunda, katı dairesel kesitli çubuğun minimum çapını belirleyiniz.
- Tablo A-17'yi kullanarak, tercih edilen kesirli çapa en yakın değeri seçiniz ve çubuğun emniyet katsayısını (**factor of safety**) belirleyiniz.

Table A-17 Preferred Sizes

Millimeters
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300

16

Güvenilirlik

- **Güvenilirlik, R** – bir ürünün belirtilen koşullar altında, belirli bir süre boyunca arızasız olarak amaçlanan işlevini yerine getirme olasılığı
 - Bir makine elemanın kullanım sırasında arızalanmama olasılığı
- **Arıza olasılığı, P_f** – Güvenilirliğin zıttı
 - $P_f = 1 - R$
- **Örnek:** 1000 parça üretiliyorsa ve bu parçalardan 6'sı arızalıysa, güvenilirlik şu şekilde hesaplanır

$$R = 1 - \frac{6}{1000} = 0.994$$

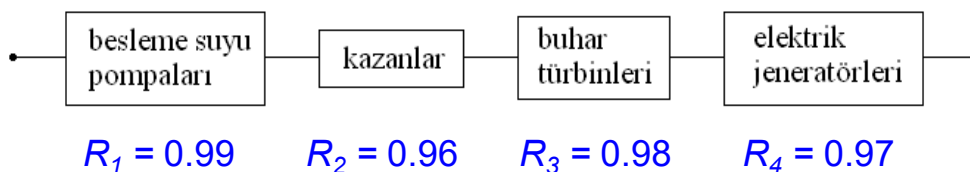
17

Sistem Güvenilirliği - 1

- **Seri Sistem** – Sistemdeki herhangi bir bileşen arıza yaptığında, sistemin arıza yaptığı durum
- Bir seri sistemin güvenilirliği, bileşenlerin güvenilirliklerinin çarpımıdır.

$$R = \prod_{i=1}^n R_i$$

- **Örnek:** 4 ana parçadan oluşan bir ısıl sistem



Sistem güvenilirliği: $R = 0.99 \times 0.96 \times 0.98 \times 0.97 = \mathbf{0.90}$

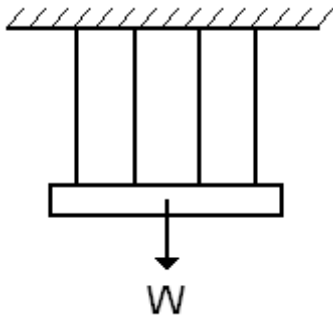
18

Sistem Güvenilirliği - 2

- **Paralel Sistem** – Sistemdeki **tüm bileşenler** arıza yaptığında, sistemin arıza yaptığı durum
- Bir paralel sistemin arıza olasılığı, bileşenlerin arıza olasılıklarının çarpımıdır.

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

- **Örnek:** 4 çubuktan oluşan bir taşıma sistemi



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 0.90$$

Sistem güvenilirliği:

$$R = 1 - (1 - 0.90)^4 = \mathbf{0.9999}$$

19

Boyutlar ve Toleranslar

- **Nominal boyut** – Bir elemanı tanımlarken kullandığımız boyut.
 - **Örnek:** 40 mm çaplı boru, 12 mm çaplı vida
 - Gerçek boyutla her zaman eşleşmez.
- **Sınırlar** – Belirtilen maksimum ve minimum boyutlar
- **Tolerans** – İki sınır arasındaki fark
- **İkili tolerans** – Temel boyuttan her iki yöndeki sapma
 - Örnek: 25 ± 0.05 mm
- **Tek taraflı tolerans** – Temel boyut sınırlardan biri olarak alınır ve yalnızca bir yönde sapmaya izin verilir
 - Örnek: $25^{+0.05}_{-0.000}$ mm

20

Örnek 1-3

Faturalı bir vida, somun sıkılmadan önce vidanın üzerinde üç adet içi boş, düzgün dairesel silindirik parça bulunmaktadır.

İşlevin yerine getirilebilmesi için, **w** boşluğu en az **0,3 mm** olmalıdır.

Şekilde gösterilen montajdaki parçaların boyutları ve toleransları aşağıdaki gibidir:

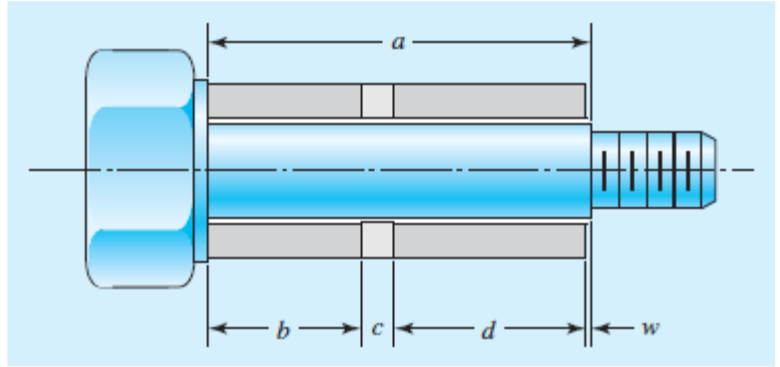
$$a = 175 \pm 0,3 \text{ mm} \quad b = 75 \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$c = 12 \pm 0,5 \text{ mm} \quad d = 87,5 \pm 0,1 \text{ mm}$$

Boyutu **d** olan parça hariç, tüm parçalar tedarikçiler tarafından sağlanmakta olup, **d** boyutunu içeren parça ise işletme içinde üretilmektedir.

(a) Boşluk **w** için ortalama değeri ve toleransı tahmin ediniz.

(b) **w ≥ 0,3 mm** şartını sağlayacak **d**'nin nominal değerini bulunuz.



21

Kapanış Notları

- Makine mühendisliğinde tasarım, birçok beceri gerektiren **karmaşık** bir süreçtir. Tasarım süreci doğası gereği **yinelemeli** bir süreç olup, bir başlangıç tasarımı ile başlanır ve ardından sürekli iyileştirme yapılır.
- Tasarımcıyı desteklemek için birçok kaynak mevcuttur; bunlar arasında çok sayıda **hesaplamalı tasarım aracı** bulunur.
- Tasarım mühendislerinin güçlü bir **sorumluluk** duygusu ve **profesyonel iş ahlakı** da geliştirmeleri gerekir.
- Tasarımda; **standartlar**, ekonomik unsurlar, güvenlik, güvenilirlik ve ürün sorumluluğu önemli roller oynar.
- **Belirsizlik** mühendislik tasarımında her zaman mevcuttur.
 - İlk yaklaşım olan **deterministik** yaklaşımda, tasarım faktörü ve emniyet faktörü kullanılarak belirsizliklere karşı önlem alınır.
 - İkinci yaklaşım olan **istatistiksel** yaklaşım ise, bir tasarımın güvenilirliğiyle ilgilenir ve yeterli düzeyde istatistiksel veri gerektirir.
- Mekanik tasarımında **boyutlandırma ve tolerans** konuları oldukça önemlidir.

22