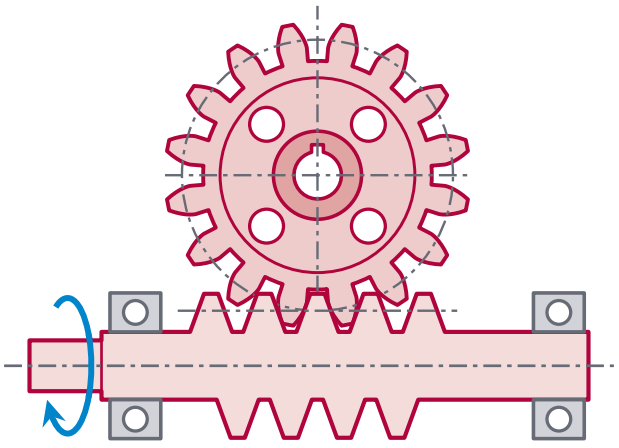
# MAKİNE ELEMANLARI 2

## SORU KİTABI

### ÖRNEK SAYFALAR

8 ünite · 148 soru · adım adım çözümler



**Ertan Sinan Şahin**

ertansinansahin.com

### Bu kitap nasıl kullanılır?

- Her ünite, soruların dayandığı tanım ve formülleri özetleyen bir hatırlatma kutusuyla açılır.
- Zorluk: ★☆☆ temel ★★☆ orta ★★★ ileri. Her ünitede birkaç çoktan seçmeli kavram sorusu vardır; her ünite sınav tipi karma sorularla biter.
- Her sorunun altındaki noktalı alan sizin çözümünüz içindir. Önce kendiniz çözün; takıldığınızda hatırlatma kutusuna ve ders notuna dönün, çözüme en son bakın.
- Bütün çözümler kitabın sonundadır. Sorunun yanındaki Çözüm → bağlantısı çözüme, çözümdeki ← Soru bağlantısı soruya götürür. Kısa cevaplar **CEVAP** kutusundadır.
- **Birimler ve işaretler:** Birimler SI; gerilmeler ve dayanımlar MPa, elastisite modülleri GPa, kuvvetler N ya da kN, momentler N·m ile verilir. Normal gerilme çekmede pozitiftir. Şekillerde kuvvet, moment ve tork okları kırmızıdır.
- **Ekler:** Kitabın sonundaki ekler (malzeme; rulmanlar; yağ ve kaymalı yatak; dişliler; kayış, zincir ve halat) soruda verilmeyen malzeme değerlerini, katsayıları ve standart boyutları içerir; sorular yalnız soru metnindeki verilerle ve bu eklerle çözülür.
- **Vize ve final:** Okulların çoğunda vize ve final konuları şöyle bölünür:

  | | | |
  |---|---|---|
  | **Vize** | Ünite 10–13 | rulmanlar, kaymalı yataklar, dişlilere giriş, düz dişli mukavemeti |
  | **Final** | Ünite 14–17 | helis, konik ve sonsuz vida dişliler, kayış ve zincir, kavrama ve fren, güç aktarımı |

  Ünite 17 baştan sona karma bir redüktör tasarımıdır; *Makine Elemanları 1*'in yorulma, mil ve mil-göbek ünitelerine (Ünite 4–6) dayanır. Kendi dersinizin izlencesine göre çalışacağınız üniteleri seçin.

## İçindekiler

Sayfa numaraları tam kitaba aittir. Renkli üniteler bu örnekte vardır; tıklayınca o üniteye gidersiniz.


10 Rulmanlar ..... 22 soru 4

11 Kaymalı Yataklar ve Yağlama ..... 16 soru 17

12 **Dişlilere Giriş** ..... 20 soru 26

13 Düz Dişli Mukavemeti ..... 20 soru 38

14 **Helis, Konik ve Sonsuz Vida Dişliler** ..... 20 soru 49

15 **Kayış, Zincir ve Halat** ..... 18 soru 61

16 Kavramalar, Frenler, Kaplinler ve Volan ..... 20 soru 71

17 Güç Aktarım Sistemi Tasarımı ..... 12 soru 83

**Çözümler** ..... 91

# 12. ÜNİTE
# DİŞLİLERE GİRİŞ

çaplar $d = mz,\ d_b = d\cos\alpha,\ d_a = d + 2m(1+x)$

diş dibi $d_f = d - 2m(1.25 - x)$

adımlar $p = \pi m,\ p_b = p\cos\alpha$

eksen mesafesi $a = \tfrac{1}{2}m(z_1+z_2),\ u = z_2/z_1$

evolvent

$\operatorname{inv}\alpha = \tan\alpha - \alpha,\ \cos\alpha_y = r_b/r_y,\ \rho_y = r_b\tan\alpha_y$

diş kalınlığı

$$s_y = d_y\Big(\frac{\pi/2 + 2x\tan\alpha}{z} + \operatorname{inv}\alpha - \operatorname{inv}\alpha_y\Big)$$

kavrama oranı

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w\sin\alpha_w}{p_b}$$

altan kesilme

$$z_g = \frac{2}{\sin^2\alpha} \approx 17,\quad x_{\min} = 1 - \frac{z\sin^2\alpha}{2}$$

profil kaydırma $a_w\cos\alpha_w = a\cos\alpha$

$$\operatorname{inv}\alpha_w = \operatorname{inv}\alpha + 2\tan\alpha\,\frac{x_1+x_2}{z_1+z_2}$$

devir oranı $i = \dfrac{n_{\text{giriş}}}{n_{\text{çıkış}}} = \dfrac{\prod z_{\text{sürülen}}}{\prod z_{\text{sürücü}}}$

Willis $\dfrac{n_k - n_T}{n_1 - n_T} = \pm\dfrac{\prod z_{\text{sürücü}}}{\prod z_{\text{sürülen}}}$

planet $z_r = z_s + 2z_p,\ (z_s + z_r)/N$ tamsayı

kuvvetler $F_t = \dfrac{2T}{d},\ F_r = F_t\tan\alpha_w,\ F_n = \dfrac{F_t}{\cos\alpha_w}$

güç, hız $P = T\omega = F_t v,\ v = \pi d n$

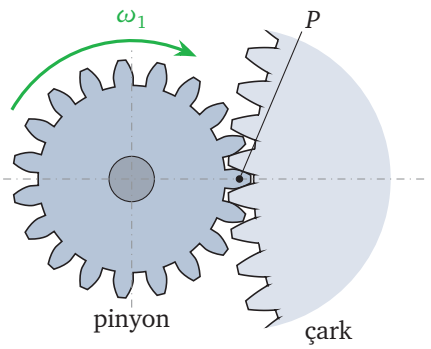
ISO 54 modül serisi (mm) 1. seri (tercih): 1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20 2. seri: 1.125, 1.375, 1.75, 2.25, 2.75, 3.5, 4.5, 5.5, 7, 9, 11, 14, 18

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. Dişliler düz dişli, evolvent profilli ve ISO standart temel kremayerlidir: kavrama açısı $\alpha = 20°$, diş başı yüksekliği $m$, diş dibi yüksekliği $1.25\,m$, diş dibi boşluğu $0.25\,m$; profil kaydırma yoktur ($x = 0$) ve eksen mesafesi standarttır ($a_w = a$, $\alpha_w = \alpha$). Diş boşluğu ve sürtünme ihmal edilir; verim verilmemişse kayıp yoktur. Devir oranı $i = n_{\text{giriş}}/n_{\text{çıkış}}$ ile tanımlanır. Willis bağıntısında $T$ taşıyıcıdır; işaret, taşıyıcı sabitken dizinin ilk ve son elemanı aynı yönde dönüyorsa artı, ters yönde dönüyorsa eksidir. Kinematik şemalarda dişliler yandan, bölüm dairesi çapı yüksekliğinde dikdörtgenle gösterilir. Teknik resimlerde ölçüler mm'dir.

## Düz dişli kuvvetleri

**12.15** ★☆☆ Çözüm →

Bir kova elevatörünün tahrik redüktöründe son kademe düz dişlidir: pinyon $z_1 = 19$, çark $z_2 = 74$, $m = 6$ mm. Pinyon 238 dev/dk ile saat yönünde dönerek 9.5 kW iletir (şekil).




a. Pinyon torkunu, çevre hızını ve dişli kuvvetinin bileşenlerini ($F_t$, $F_r$, $F_n$) bulunuz.

b. Çarka etkiyen kuvvet bileşenlerini temas noktasında doğru yönleriyle çiziniz.

c. Çarkın devrini ve torkunu bulunuz; $P = F_t v$ ile gücü doğrulayınız.

## Karma sorular

**12.20** ★★★ Çözüm →

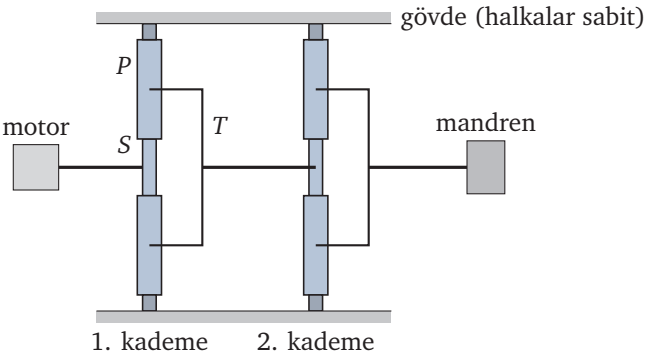
Akülü bir matkabın iki kademeli planet dişli kutusu tasarlanacaktır (şekil). İki kademe aynıdır: halka gövdeye sabit, güneş giriş, taşıyıcı çıkıştır; her kademede eşit aralıklı 3 planet vardır; modül $m = 0.5$ mm. Kademe oranı yaklaşık 5.5 olmalı, güneş en az 10 dişli olmalıdır.

a. Geometri ve montaj koşullarını sağlayan ve oranı 5.5'e en yakın diş sayılarını bulunuz.

b. Motor 16 500 dev/dk dönerken mandren devrini bulunuz.

c. Mandrende 15 N·m tork isteniyor; kademe verimi 0.95'tir. Motor torkunu, ikinci kademe güneşinin torkunu ve bu kademede bir güneş–planet kavramasındaki teğetsel kuvveti bulunuz.

d. Kayıpları ihmal ederek ikinci kademede bir planet miline gelen kuvveti ve halkanın gövdeye ilettiği torku bulunuz.



# 14. ÜNİTE

# HELİS, KONİK VE SONSUZ VİDA DİŞLİLER

helisel geometri

$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta},\quad d = \frac{z\,m_n}{\cos\beta},\quad \tan\alpha_t = \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}$$

eşdeğer düz dişli $\quad z_n = \dfrac{z}{\cos^3\beta},\quad \varepsilon_\beta = \dfrac{b\sin\beta}{\pi m_n}$

helisel kuvvetler

$$F_t = \frac{2T}{d},\quad F_r = \frac{F_t\tan\alpha_n}{\cos\beta},\quad F_a = F_t\tan\beta$$

konik ($\Sigma = 90°$)

$$\tan\delta_1 = \frac{z_1}{z_2},\quad R_e = \frac{d_e}{2\sin\delta},\quad d_m = d_e\left(1-\frac{b}{2R_e}\right)$$

konik kuvvetler

$$F_t = \frac{2T}{d_m},\quad F_{r1} = F_t\tan\alpha\cos\delta_1,\quad F_{a1} = F_t\tan\alpha\sin\delta_1$$

konik eşdeğer $\quad z_v = \dfrac{z}{\cos\delta},\quad d_v = \dfrac{d_m}{\cos\delta},\quad m_m = \dfrac{d_m}{z}$

ısıl denge $\quad P_1(1-\eta) = hA(t_{yağ} - t_ç)$

diş dibi $\quad \sigma_F = \dfrac{F_t}{b\,m_n} Y_F Y_S Y_\varepsilon Y_\beta K_A K_V K_{F\beta} K_{F\alpha}$

yüzey $\quad \sigma_H = Z_H Z_E Z_\varepsilon Z_\beta \sqrt{\dfrac{F_t}{b\,d_1}\dfrac{u+1}{u} K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$

helis katsayıları

$$Y_\beta = 1-\varepsilon_\beta\frac{\beta}{120°}\ (\varepsilon_\beta \le 1),\quad Z_\beta = \sqrt{\cos\beta}$$

emniyet $\quad S_F = \sigma_{FG}/\sigma_F,\quad S_H = \sigma_{HG}/\sigma_H$

sonsuz vida $\quad \tan\gamma = \dfrac{z_1 m}{d_1} = \dfrac{z_1}{q},\quad i = \dfrac{z_2}{z_1},\quad F_{t2} = F_{a1}$

vida kuvvetleri

$$F_{t1} = W(\cos\alpha_n\sin\gamma + \mu\cos\gamma),\quad F_r = W\sin\alpha_n$$

$$F_{a1} = W(\cos\alpha_n\cos\gamma - \mu\sin\gamma)$$

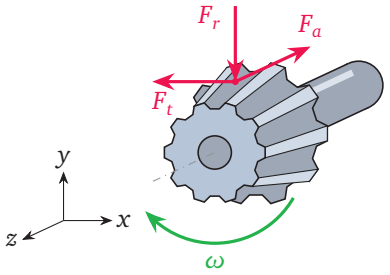
verim $\quad \eta = \dfrac{\cos\alpha_n - \mu\tan\gamma}{\cos\alpha_n + \mu\cot\gamma},\quad \eta' = \dfrac{\cos\alpha_n - \mu\cot\gamma}{\cos\alpha_n + \mu\tan\gamma}$

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. Normal kavrama açısı $\alpha_n = 20°$'dir. Konik dişliler düz dişlidir, eksenleri dik kesişir ($\Sigma = 90°$) ve kuvvetler ortalama çapta ($d_m$) etkir. Helisel ve konik dişlilerde sürtünme kaybı kuvvet hesabında ihmal edilir; sonsuz vidada $\mu$ soruda verilir ve $\eta'$, çarktan vidaya güç akışının verimidir ($\eta' \le 0$ ise düzen kendiliğinden kilitlenir). Helisel sürücü dişlide eksenel kuvvetin yönü el kuralıyla bulunur: sağ helisli dişlide sağ el, sol helisli dişlide sol elin parmakları dönüş yönünde kıvrılır, başparmak sürücüye etkiyen eksenel kuvveti gösterir; çevrilen dişlide kuvvet terstir. Katsayılar ($Y$, $Z$, $K$) ve sürekli mukavemetler soruda verilir; dayanımlar $\sigma_{FG} = \sigma_{F\lim} Y_{ST} Y_{NT}$ ve $\sigma_{HG} = \sigma_{H\lim} Z_{NT}$, $Y_{ST} = 2$, $Y_{NT} = Z_{NT} = 1$. Hacimli şekiller ölçeksizdir; teknik resimlerde ölçüler mm'dir.

## Konik dişliler

**14.12** ★☆☆ Çözüm →

Bir açılı taşlama makinesinde motor 33 000 dev/dk'da 1.4 kW verir. Motor milinin ucundaki konik pinyon ($z_1 = 10$) taş milindeki çarkı ($z_2 = 31$) çevirir; dış modül $m_e = 1.25$ mm, $b = 6$ mm. Dişliler düz konik kabul edilecektir. Şekilde pinyon ve kavrama noktasında ona etkiyen kuvvetler görülmektedir; çark pinyonun üstündedir.




a. Pinyonun koni açısını ve ortalama çapını bulunuz.

b. Pinyondaki $F_t$, $F_r$, $F_a$ kuvvetlerini bulunuz.

c. Çarktaki eksenel ve radyal kuvvetler nedir? Taş mili kaç dev/dk döner?

## Karma sorular

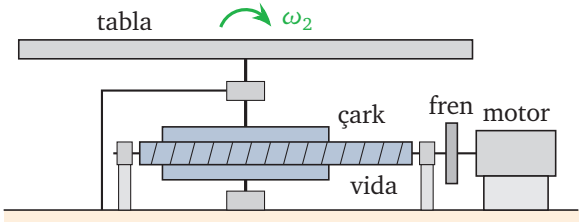
**14.20** ★★☆ Çözüm →

Bir tiyatronun döner sahnesi, sonsuz vida çarkının milinde $T_2 = 2400$ N·m tork ve $n_2 = 1.5$ dev/dk hız ister. Çarkta $z_2 = 50$ diş vardır; $m = 8$ mm, $q = 10$. Çalışırken $\mu = 0.06$, durgun hâlde $\mu_0 = 0.10$'dur. Sahne durduğunda dekor yükü ve oyuncular tablayı döndürmeye zorlar; tasarımcı, frenin yanında vidanın da kendiliğinden kilitlenmesini istiyor.

a. Tek ve iki ağızlı vida için helis eğim açılarını bulunuz. Hangisi durgun hâlde kendiliğinden kilitlenir?

b. Kilitlenen seçenek için çalışma verimini, vida milinin hızını, gücünü ve torkunu bulunuz.

c. Öteki seçenek seçilseydi vida gücü ne olurdu? Kararı değerlendiriniz.



# 15. ÜNİTE

# KAYIŞ, ZİNCİR VE HALAT

açık kayış $\theta_{k,b} = \pi \mp 2\arcsin\dfrac{D-d}{2C}$

kayış boyu $L = \sqrt{4C^2-(D-d)^2} + \tfrac{1}{2}(D\theta_b + d\theta_k)$

Euler–Eytelwein $\dfrac{F_1-F_c}{F_2-F_c} = e^{\mu\theta},\ F_c = m'v^2$

güç, ön gerilme $P = (F_1-F_2)v,\ F_i = \tfrac{1}{2}(F_1+F_2)$

kayış gerilmeleri $\sigma_1 = \dfrac{F_1}{bt},\ \sigma_c = \rho v^2,\ \sigma_b = \dfrac{E_b\, t}{d}$

V kayışı $\mu' = \dfrac{\mu}{\sin(\beta/2)},\ N = \dfrac{P\,K_s}{P_r K_\theta K_L}$

mil yükü $F_s = \sqrt{F_1'^2 + F_2'^2 + 2F_1'F_2'\cos(\pi-\theta)}$

$F' = F - F_c$

zincir dişlisi $d = \dfrac{p}{\sin(180^\circ/z)},\ v = \dfrac{z\,p\,n}{60\,000}$

zincir boyu (adım)

$L_p = \dfrac{2C}{p} + \dfrac{z_1+z_2}{2} + \left(\dfrac{z_2-z_1}{2\pi}\right)^2 \dfrac{p}{C}$

eksenler arası $C = \dfrac{p}{4}\left[A + \sqrt{A^2 - 8\left(\dfrac{z_2-z_1}{2\pi}\right)^2}\right]$

$A = L_p - \tfrac{1}{2}(z_1+z_2)$

poligon etkisi $\dfrac{v_{\min}}{v_{\max}} = \cos\dfrac{180^\circ}{z}$

tel halat $\sigma_b = \dfrac{E_r\, d_w}{D},\ F_b = \sigma_b A_m,\ n = \dfrac{F_B - F_b}{F_t}$

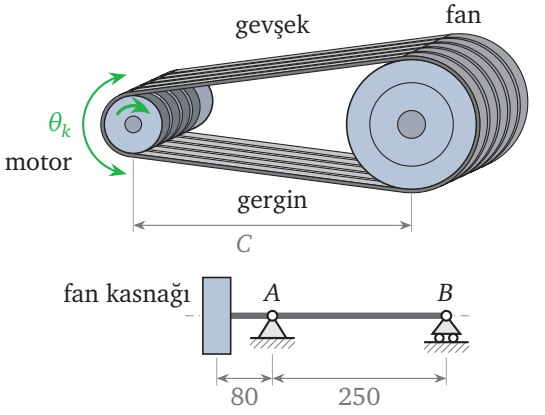
halat kuvveti $F_t = (m + wL)(g + a)$

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. Kayış hesabında sarım açısı küçük kasnaktaki açıdır ($\theta_k$) ve radyanla kullanılır. Merkezkaç kuvveti $F_c$ kayışın her iki kolunda aynıdır; kayışta kendi içinde dengelendiği için mile geçmez. Kayış ve zincir kütlesi metre başına ($m'$), halat kütlesi metre başına ($w$) verilir. V kayışı güç değerleri, zincir güç tablosu ve halat kopma kuvvetleri soruda verilen kurmaca değerlerdir. Hacimli şekiller ölçeksizdir; düzen şekillerinde sarım açıları gerçektir. $g = 9.81\ \text{m/s}^2$.

## V kayışları ve triger kayışı

**15.7** ★★☆ Çözüm →

Bir havalandırma santralinde 11 kW, 1460 dev/dk motor, $d_1 = 125$ mm kasnakla $d_2 = 280$ mm fan kasnağını V kayışlarıyla çevirir; $C = 600$ mm. İşletme katsayısı $K_s = 1.2$; seçilen kesitte bir kayışın bu çap ve hızdaki güç değeri $P_r = 3.1$ kW, sarım düzeltmesi $K_\theta = 0.96$, boy düzeltmesi $K_L = 0.98$'dir. Fan kasnağı fan milinin ucunda, $A$ yatağından 80 mm dışarıdadır; $A$–$B$ aralığı 250 mm'dir.




a. Küçük kasnaktaki sarım açısını ve kayış hızını bulunuz.

b. Gereken kayış sayısını bulunuz.

c. Tasarımda $F_1/F_2 = 5$ alınırsa (bütün kayışlar için toplam) fan miline gelen yükü ve yatak tepkilerini bulunuz.

**15.8** ★☆☆ Çözüm →

V kayışları ve triger kayışlarıyla ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

**A)** V kayışı kanal dibine oturarak çalışır; kanal dibine değmesi sürtünmeyi artırır.

**B)** Triger kayışı dişlerle kavradığı için kaymaz; çevrim oranı sabittir ve sürtünme için yüksek ön gerilme gerekmez.

**C)** V kayışında eşdeğer sürtünme katsayısı $\mu \sin(\beta/2)$'dir; kanal açısı büyüdükçe artar.

**D)** Triger kayışında güç, kayış sırtı ile kasnak yüzeyi arasındaki sürtünmeyle aktarılır.

**E)** Çok kayışlı V düzeninde yük kayışlara kendiliğinden eşit dağılır; kayışları takım olarak değiştirmek gerekmez.

## Makaralı zincirler

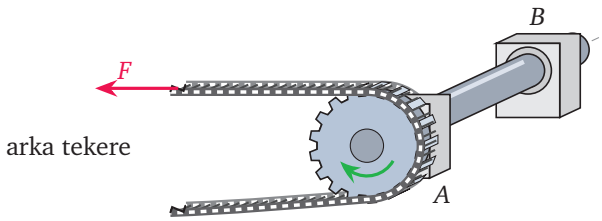
**15.13** ★★★ Çözüm →

Bir motosikletin vites kutusu çıkış milinde $z_1 = 17$ dişli ön zincir dişlisi vardır; $p = 15.875$ mm, zincirin metre başına kütlesi 0.80 kg/m, kopma kuvveti 37 kN'dur. Dişli milin ucunda, $A$ yatağından 35 mm dışarıdadır; $A$–$B$ aralığı 110 mm'dir (şekil). Gevşek koldaki kuvvet ihmal edilecektir.

a. En büyük güçte (38 kW, dişli 3400 dev/dk) zincir hızını, gergin kol kuvvetini, merkezkaç kuvvetini ve emniyet katsayısını bulunuz.

b. Birinci viteste dişlideki en büyük tork 560 N·m'dir. Zincir kuvvetini ve emniyet katsayısını bulunuz.

c. Birinci vites durumunda yatak tepkilerini bulunuz.



# ÇÖZÜMLER

## 12 DİŞLİLERE GİRİŞ

### 12.15

← Soru

**a.** $d_1 = 6(19) = 114$ mm:

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{9500}{2\pi(238)/60} = 381.2 \approx 381 \text{ N·m},$$

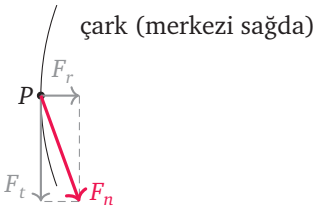
$$v = \frac{\pi(114)(238)}{60\,000} = 1.421 \approx 1.42 \text{ m/s},$$

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2(381.2 \times 10^3)}{114} = 6687 \text{ N} \approx 6.69 \text{ kN},$$

$$F_r = 6687 \tan 20^\circ = 2434 \text{ N} \approx 2.43 \text{ kN},$$

$$F_n = \frac{6687}{\cos 20^\circ} = 7116 \text{ N} \approx 7.12 \text{ kN}.$$

**b.** Pinyon saat yönünde döndüğünden temas noktasında ($P$, pinyonun sağı) çevresi aşağı doğru hareket eder. Sürülen çarka etkiyen teğetsel kuvvet çarkın dönüş yönündedir, yani aşağı; çark saat yönünün tersine döner. Radyal kuvvet çarkın merkezine doğrudur (sağa). Pinyona etkiyen kuvvetler bunların tersidir: $F_t$ yukarı (dönüşe karşı), $F_r$ sola (pinyon merkezine).




**c.** Çark:

$$n_2 = 238 \cdot \frac{19}{74} = 61.11 \approx 61.1 \text{ dev/dk},$$

$$T_2 = F_t \frac{d_2}{2} = 6687(0.222) = 1485 \text{ N·m},$$

$$P = F_t v = 6687(1.421) = 9502 \text{ W} \approx 9.50 \text{ kW}.$$

$T_2/T_1 = 74/19 = 3.895$: kayıpsız dizide tork, devir oranı kadar artar.

**CEVAP** a. $T_1 = 381$ N·m, $v = 1.42$ m/s, $F_t = 6.69$ kN, $F_r = 2.43$ kN, $F_n = 7.12$ kN
b. çarkta $F_t$ aşağı, $F_r$ çark merkezine
c. $n_2 = 61.1$ dev/dk, $T_2 = 1485$ N·m; 9.50 kW

### 12.20

← Soru

**a.** $i = 1 + z_r/z_s = 5.5$ için $z_r = 4.5\,z_s$; $z_r = z_s + 2z_p$ ile $z_p = 1.75\,z_s$. Tamsayılar için $z_s$ dördün katı olmalıdır: $z_s = 12$, $z_p = 21$, $z_r = 54$. Montaj:

$$\frac{z_s + z_r}{3} = \frac{66}{3} = 22 \text{ (tamsayı)},$$

$$i = 1 + \frac{54}{12} = 5.500 \approx 5.50.$$

($z_s = 11$, $z_p = 19$, $z_r = 49$ da montaj koşulunu sağlar ama $i = 5.455$; $z_s = 12$ tam 5.5 verir.)

**b.** Toplam oran $5.5^2 = 30.25$:

$$n = \frac{16\,500}{30.25} = 545.45 \approx 545 \text{ dev/dk}.$$

**c.** Motor torku ve ikinci kademe güneşi (birinci kademenin taşıyıcısı):

$$T_m = \frac{15}{30.25(0.95)^2} = 0.5494 \approx 0.549 \text{ N·m},$$

$$T_{s2} = T_m\, i\, \eta = 0.5494(5.5)(0.95) = 2.871 \approx 2.87 \text{ N·m}.$$

Güneşin bölüm yarıçapı $r_s = 0.5(12)/2 = 3$ mm; tork üç planete eşit dağılır:

$$F_t = \frac{T_{s2}}{3r_s} = \frac{2871}{3(3)} = 319.0 \approx 319 \text{ N}.$$

**d.** Kayıplar ihmal edilince planetin tork dengesinden güneş ve halka kavramalarındaki teğetsel kuvvetler eşittir ve aynı yönde etkir; planet miline ikisinin toplamı gelir:

$$F_{\text{mil}} = 2F_t = 2(319.0) = 638.0 \approx 638 \text{ N}.$$

Halka torku ($r_r = 0.5(54)/2 = 13.5$ mm):

$$T_r = 3F_t r_r = 3(319.0)(13.5) = 12.92 \approx 12.9 \text{ N·m}.$$

Kontrol: $T_{s2} + T_r = 2.871 + 12.92 = 15.79$ N·m $= T_{s2}\, i$ (kayıpsız taşıyıcı torku). Kayıplar modellenmediğinden planet kuvvetleri yaklaşıktır.

**CEVAP** a. $z_s = 12$, $z_p = 21$, $z_r = 54$; $i = 5.50$
b. 545 dev/dk c. $T_m = 0.549$ N·m, $T_{s2} = 2.87$ N·m, $F_t = 319$ N d. 638 N; $T_r = 12.9$ N·m

ertansinansahin.com

## 14 HELİS, KONİK VE SONSUZ VİDA DİŞLİLER

### 14.12

← Soru

**a.** Geometri:

$$\delta_1 = \arctan\frac{10}{31} = 17.88 \approx 17.9^\circ,$$

$$d_{e1} = 10(1.25) = 12.5 \text{ mm},$$

$$R_e = \frac{12.5}{2\sin 17.88^\circ} = 20.36 \text{ mm},$$

$$d_{m1} = 12.5\left(1 - \frac{6}{2(20.36)}\right) = 10.66 \approx 10.7 \text{ mm}.$$

**b.** Tork ve kuvvetler:

$$T_1 = \frac{1400}{2\pi(33\,000)/60} = 0.4051 \text{ N·m},$$

$$F_t = \frac{2(405.1)}{10.66} = 76.02 \approx 76.0 \text{ N},$$

$$F_{r1} = 76.02\tan 20^\circ \cos 17.88^\circ = 26.33 \text{ N},$$

$$F_{a1} = 76.02\tan 20^\circ \sin 17.88^\circ = 8.495 \text{ N}.$$

**c.** Dik eksenlerde $F_{a2} = F_{r1} = 26.3$ N (taş milini çark tepesinden uzağa, yukarı iter), $F_{r2} = F_{a1} = 8.50$ N. Taş mili:

$$n_2 = 33\,000\,\frac{10}{31} = 10\,645 \approx 10\,650 \text{ dev/dk}.$$

Kuvvetler küçüktür, ama hız çok yüksektir: bu dişlilerde sorun mukavemetten çok ısınma, gürültü ve aşınmadır; bu yüzden makinelerde helisel (spiral) konik dişli kullanılır.

**CEVAP** a. $\delta_1 = 17.9^\circ$, $d_{m1} = 10.7$ mm
b. $F_t = 76.0$ N, $F_r = 26.3$ N, $F_a = 8.50$ N
c. $F_{a2} = 26.3$ N, $F_{r2} = 8.50$ N; 10 650 dev/dk

### 14.20

← Soru

**a.** Helis eğim açıları ve durgun sürtünme açısı:

$$z_1 = 1:\ \gamma = \arctan 0.1 = 5.711 \approx 5.71^\circ,$$

$$z_1 = 2:\ \gamma = \arctan 0.2 = 11.31 \approx 11.3^\circ,$$

$$\rho_0' = \arctan\frac{0.10}{\cos 20^\circ} = 6.074^\circ.$$

Ters verim ($\mu_0$ ile):

$$z_1 = 1:\ \eta' = \frac{0.9397 - 0.10(10)}{0.9397 + 0.10(0.1)} = -0.0635,$$

$$z_1 = 2:\ \eta' = \frac{0.9397 - 0.10(5)}{0.9397 + 0.10(0.2)} = 0.4582.$$

Yalnız tek ağızlı vida kilitlenir ($\gamma < \rho_0'$, $\eta' < 0$).

**b.** Tek ağız, $i = 50$:

$$\eta = \frac{0.9397 - 0.06(0.1)}{0.9397 + 0.06(10)} = 0.6064 \approx 0.606,$$

$$n_1 = 50(1.5) = 75 \text{ dev/dk},$$

$$P_2 = 2400\,\frac{2\pi(1.5)}{60} = 377.0 \text{ W},$$

$$P_1 = \frac{377.0}{0.6064} = 621.7 \approx 622 \text{ W},$$

$$T_1 = \frac{2400}{50(0.6064)} = 79.15 \approx 79.2 \text{ N·m}.$$

**c.** İki ağızda:

$$\eta = \frac{0.9397 - 0.06(0.2)}{0.9397 + 0.06(5)} = 0.7483,$$

$$P_1 = \frac{377.0}{0.7483} = 503.8 \approx 504 \text{ W}.$$

Kilitlenme yaklaşık 118 W (%23) fazla güç ister. Döner sahnede güç küçüktür ve hareket kısa sürelidir; güvenlik daha önemli olduğundan tek ağızlı vida doğru seçimdir. Yine de titreşimde kilitlenmeye güvenilmez, fren kalır.

**CEVAP** a. 5.71° ve 11.3°; tek ağızlı kilitlenir
b. $\eta = 0.606$, $n_1 = 75$ dev/dk, $P_1 = 622$ W, $T_1 = 79.2$ N·m c. 504 W; tek ağız (güvenlik)

ertansinansahin.com

# 15 KAYIŞ, ZİNCİR VE HALAT

## 15.7

← Soru

**a.** $\arcsin[155/1200] = 7.42^\circ$:

$$\theta_k = 180^\circ - 2(7.42^\circ) = 165.2^\circ,$$

$$v = \frac{\pi(125)(1460)}{60\,000} = 9.556 \approx 9.56 \text{ m/s}.$$

**b.** Bir kayışın düzeltilmiş gücü $3.1(0.96)(0.98) = 2.916$ kW:

$$N = \frac{11(1.2)}{2.916} = 4.526 \approx 4.53,$$

yani 5 kayış. **c.** Toplam kuvvet farkı ve kol kuvvetleri:

$$F_1 - F_2 = \frac{11\,000}{9.556} = 1151 \text{ N},$$

$$F_2 = \frac{1151}{4} = 287.8 \text{ N}, \quad F_1 = 1439 \text{ N}.$$

Kollar arasındaki açı $180^\circ - 165.2^\circ = 14.84^\circ$:

$$F_s = \sqrt{1439^2 + 287.8^2 + 2(1439)(287.8)\cos 14.84^\circ},$$

$$F_s = 1719 \text{ N} \approx 1.72 \text{ kN}.$$

$$R_A = 1719\left(1 + \frac{80}{250}\right) = 2269 \text{ N} \approx 2.27 \text{ kN},$$

$$R_B = 1719\,\frac{80}{250} = 550.0 \approx 550 \text{ N}$$

(ters yönde). Mil yükü iletilen kuvvetin (1151 N) yaklaşık 1.5 katıdır; kasnağa yakın $A$ yatağı en çok yüklenen elemandır. Kasnağı yatağa yaklaştırmak bu yükü doğrudan azaltır.

**CEVAP** a. $165.2^\circ$, 9.56 m/s b. $4.53 \Rightarrow 5$ kayış c. $F_s = 1.72$ kN, $R_A = 2.27$ kN, $R_B = 550$ N

## 15.8

← Soru

Triger kayışında güç diş ile kasnak dişi arasındaki biçim bağıyla aktarılır; kayma olmaz, ön gerilme yalnız dişlerin kasnaktan sıçramaması için gerekir ve mil yükü küçüktür. **B** doğrudur.

- (A): V kayışı yanaklarında çalışır; kanal dibine değen kayış aşınmıştır ve kama etkisini kaybeder, kayar.
- (C): $\mu' = \mu/\sin(\beta/2)$; kanal açısı küçüldükçe eşdeğer sürtünme artar.
- (D): Triger kayışında sürtünme değil, diş kavraması vardır.
- (E): Boyları biraz farklı kayışlardan kısa olan yükün çoğunu alır; kayışlar eşleştirilmiş takım olarak takılır ve birlikte değiştirilir.

**CEVAP** B

## 15.13

← Soru

**a.** $d_1 = 15.875/\sin(180^\circ/17) = 86.39$ mm:

$$v = \frac{17(15.875)(3400)}{60\,000} = 15.29 \approx 15.3 \text{ m/s},$$

$$F = \frac{38\,000}{15.29} = 2485 \text{ N} \approx 2.49 \text{ kN},$$

$$F_c = 0.80(15.29)^2 = 187.1 \approx 187 \text{ N},$$

$$n = \frac{37\,000}{2485 + 187.1} = 13.848 \approx 13.8.$$

**b.** Birinci viteste hız düşük, $F_c$ ihmal edilebilir:

$$F = \frac{2(560 \times 10^3)}{86.39} = 12\,964 \text{ N} \approx 13.0 \text{ kN},$$

$$n = \frac{37\,000}{12\,964} = 2.854 \approx 2.85.$$

Zinciri en büyük güç değil, düşük vitesteki en büyük tork zorlar; motosiklet zincirlerinde kopma emniyeti bu yüzden düşüktür ve zincir yorulmaya göre de kontrol edilir.

**c.** Mile yalnız gergin kol kuvveti geçer (merkezkaç kuvveti zincirde dengelenir). Konsol dişli, $A$'ya göre moment:

$$R_A = 12\,964\left(1 + \frac{35}{110}\right) = 17\,089 \text{ N} \approx 17.1 \text{ kN},$$

$$R_B = 12\,964\,\frac{35}{110} = 4125 \text{ N} \approx 4.12 \text{ kN}.$$

$R_B$, $F$ ile ters yöndedir. Dişliyi $A$ yatağına yaklaştırmak, bu yatağın yükünü doğrudan azaltır.

**CEVAP** a. 15.3 m/s, $F = 2.49$ kN, $F_c = 187$ N, $n = 13.8$ b. 13.0 kN, $n = 2.85$ c. $R_A = 17.1$ kN, $R_B = 4.12$ kN (ters yönde)

ertansinansahin.com

# KİTABIN TAMAMINDA

- 8 ünite, 148 soru ve hepsinin adım adım çözümü.
- Her ünitenin başında, soruların dayandığı bağıntıları özetleyen hatırlatma kutusu.
- Temel, orta ve ileri düzeyde sorular; her sorunun altında kendi çözümünüz için noktalı alan.
- Sorudan çözüme, çözümden soruya tek tıkla geçiş.

ertansinansahin.com