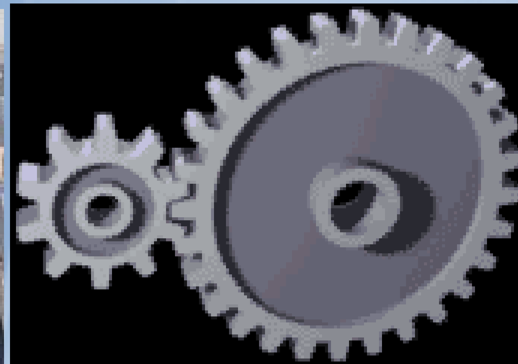
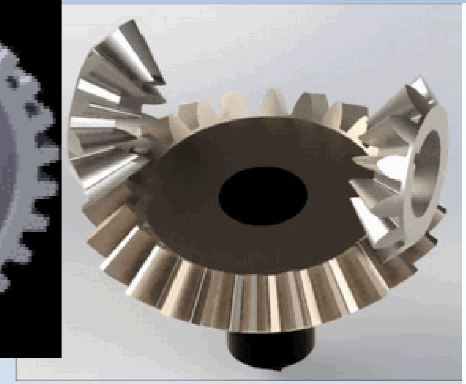
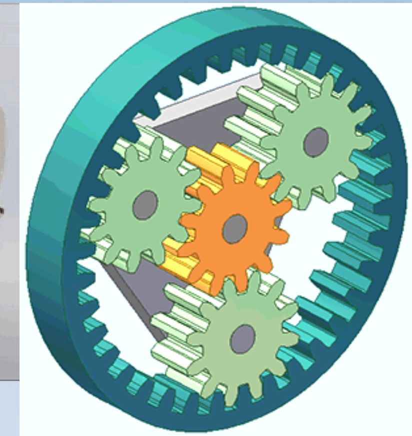
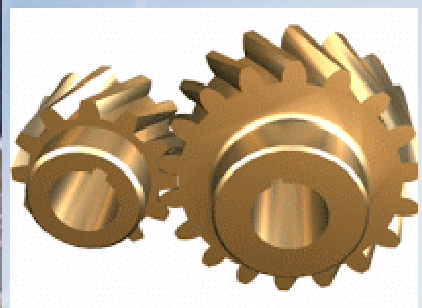
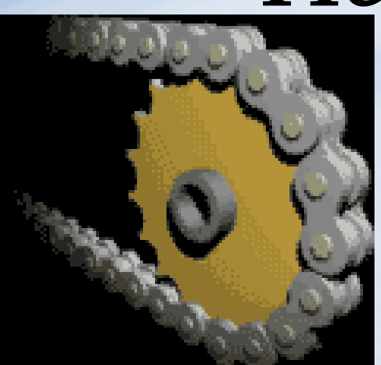
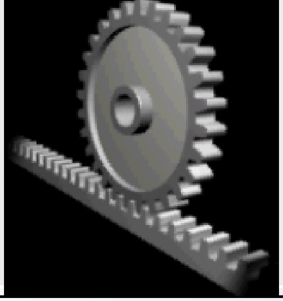






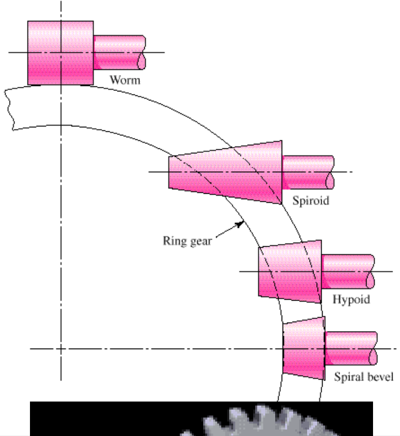
Machine Desing II
Transmission Mechanisms
Makina Elemanları II
Hareket İletim Mekanizmaları



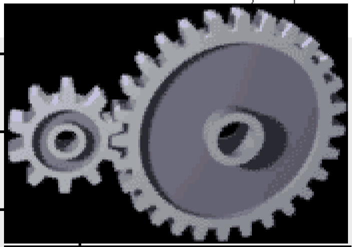
Prof. Dr Hikmet Kocabaş
İ.T.Ü. Makina Fakültesi
ITU Faculty of Mechanical Engineering

Haftalık Ders Planı

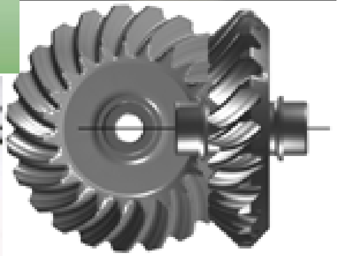


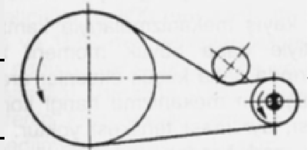
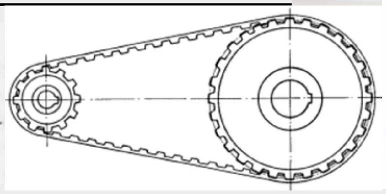


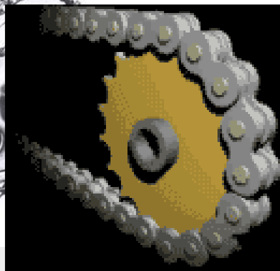
1	Dişli çark kinematiği, dişli ana kanunu, takım dişli şartı
2	Dişli çark kinematiği, Evolvent profilli dişli çarklar
3	Kavrama oranı, alttan kesme, sınır diş sayısı, diş kalınlığı
4	Tashihli dişli çarklar
5	Düz alın dişli çarkların hesabı
6	Düz alın dişli çarkların hesabı **ARA SINAV 1**
7	Helisel alın dişli çarkların hesabı. **PROJE ÖDEVİ**
8	Konik dişli çarkların hesabı, düz konik dişli çarklar
9	Konik dişli çarkların hesabı, helisel konik dişli çarklar
10	Spiral dişli çarkların hesabı
11	Sonsuz vida mekanizmalarının hesabı **ARA SINAV 2**
12	Kayış-kasnak mekanizmaları, düz kayışlar.
13	V- kayışları, dişli kayışlar
14	Zincir dişli mekanizmaları







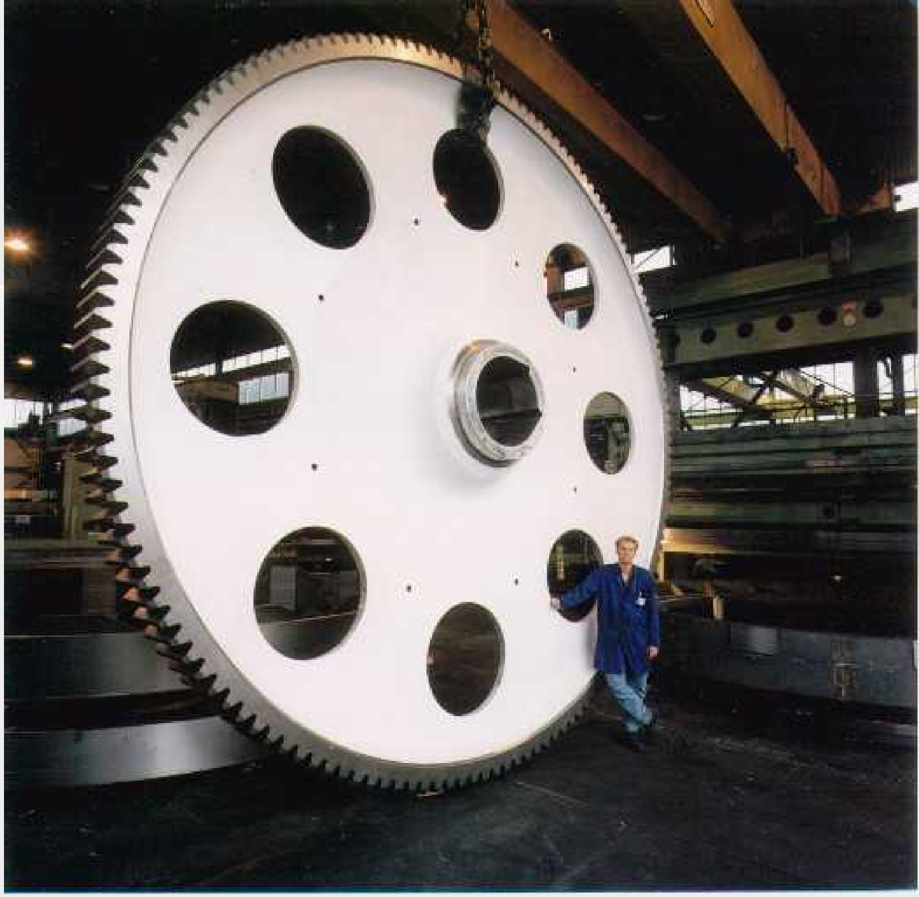





Başarı Değerlendirme

Sınav ve ödev sayıları,
ders notuna etki oranı

Ara sınavlar	2 Adet	%30
Projeler	1 Adet	%30
Final Sınavı	1 Adet	%40



Gear for cement industry
(Machinefabriek
P van der Wegen)

Ders notları
http://www.ninova.itu.edu.tr
internet adresinden ve
fotokopiden temin edilebilir.
Makine Elemanları II Ders Notları,
Prof. Dr. Aybars Çakır, Prof. Dr. Cemal Baykara,...

Kaynaklar

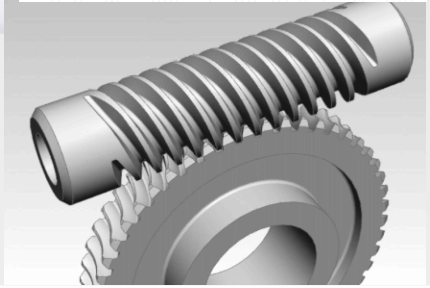
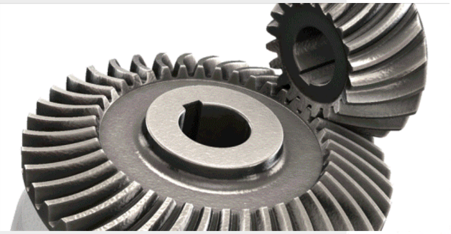
- Joseph Edward Shigley, Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill International Editions, Metric Edition, 1986.
- Tochtermann/Bodenstein, Konstruktionselemente des Machinenbaues 1,2, Springer-Verlag
- Juvinall, R.J. and Marshek, K.M., Fundamentals of Machine Component Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2000.
- Deutschman, A.D., Wilson,C.E and Michels, W.J., Machine Design, Prentice Hall, 1996.
- Erdman, A.G. and Sandor, G.N., Mechanism Design Analysis and Synthesis, Vol. 1, 3rd Edition, Prentice Hall, 1997.
- Shigley, J.E., Uicker, J.J., Theory of Machines and Mechanisms, Second Edition, McGraw-Hill, 1995.

Fonksiyon olarak makina elemanları
Güç ve Hareket ileten elemanlar

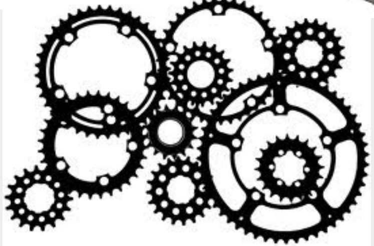
- **Düz Dişli Çark Kinematiği**
- Dişli Çark Mukavemet Kontrolü
- Helisel, Konik, Spiral Dişli Çark
- Sonsuz Vida Mekanizmaları
- Düz-, V-, Dişli-Kayış-Kasnak
- Zincir-Dişli Mekanizmaları

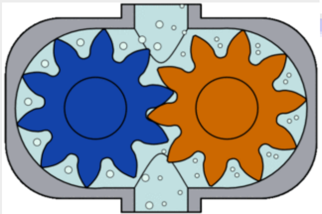
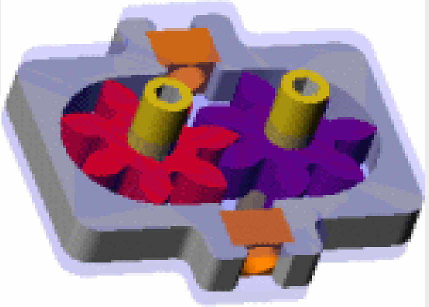
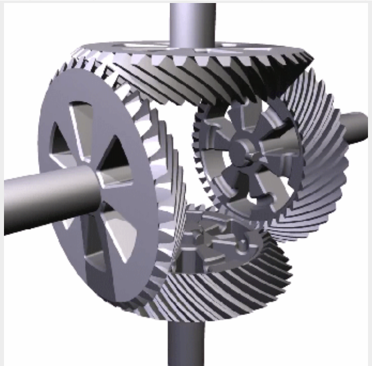




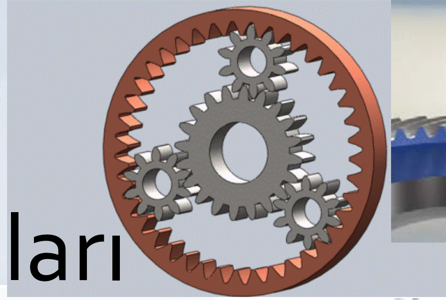



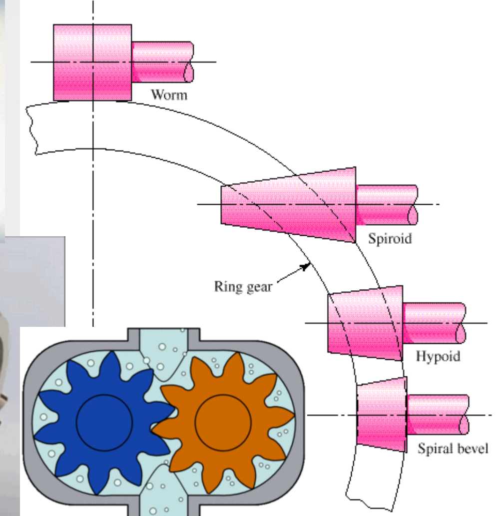


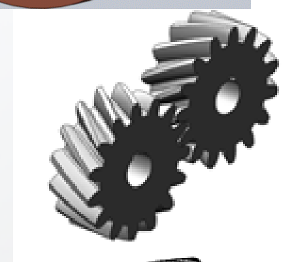



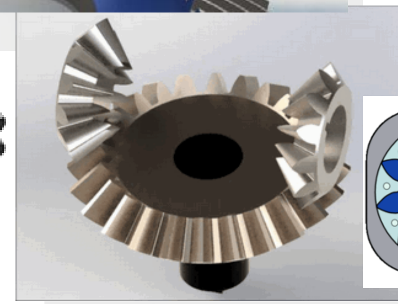




Dişli Çark mekanizmaları

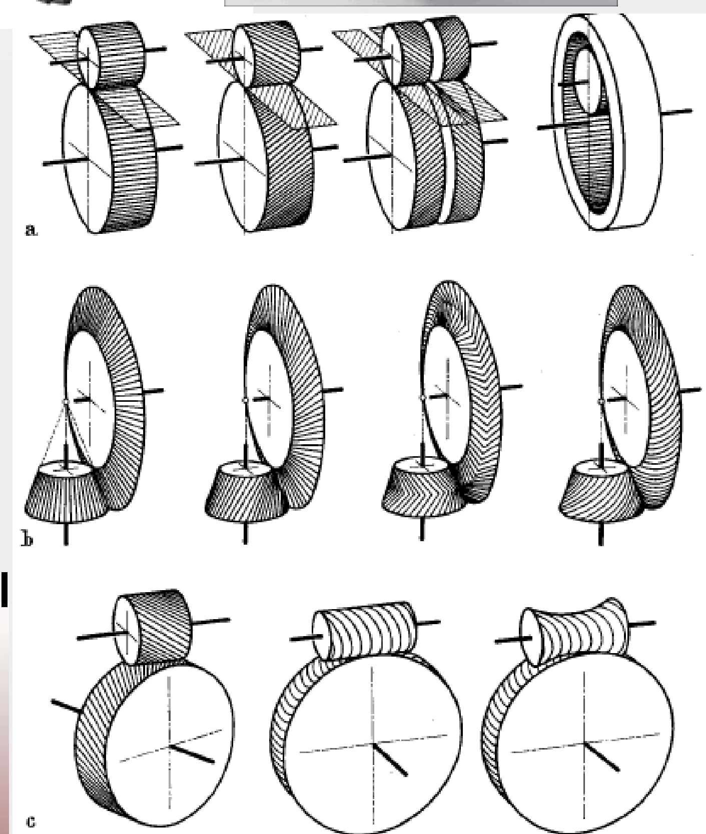




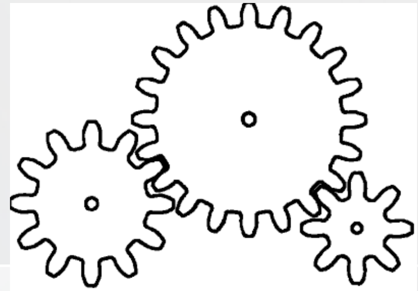


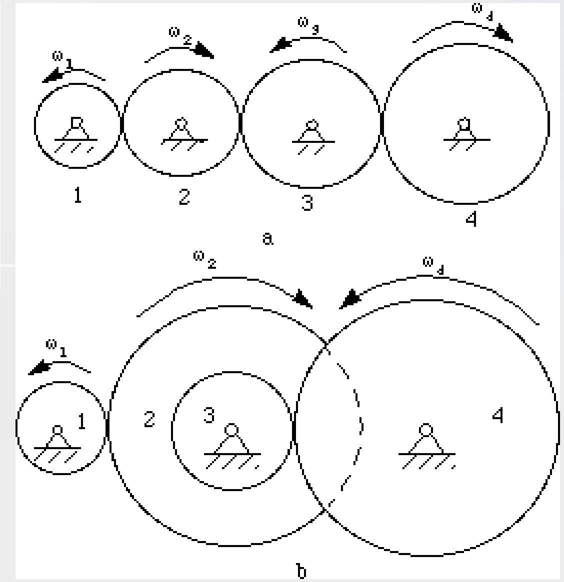


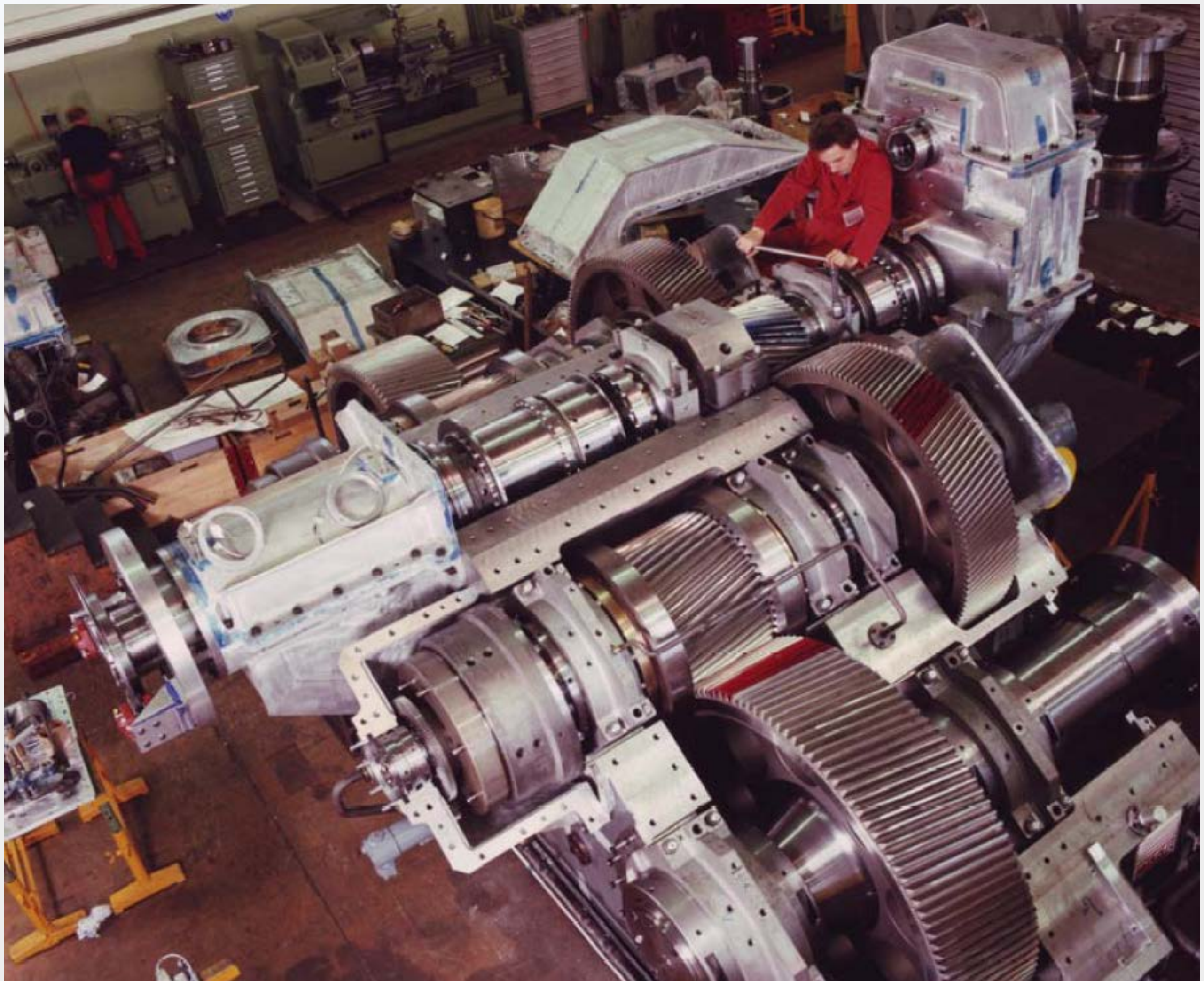
Dişlerin birbirini kavraması sayesinde, dönme hareketini ve döndürme momentini şekil bağı ile mecburi hareketli olarak ileten elemanlardır.
Paralel, kesişen veya aykırı eksenlerde farklı dişli çark mekanizmaları kullanılır.



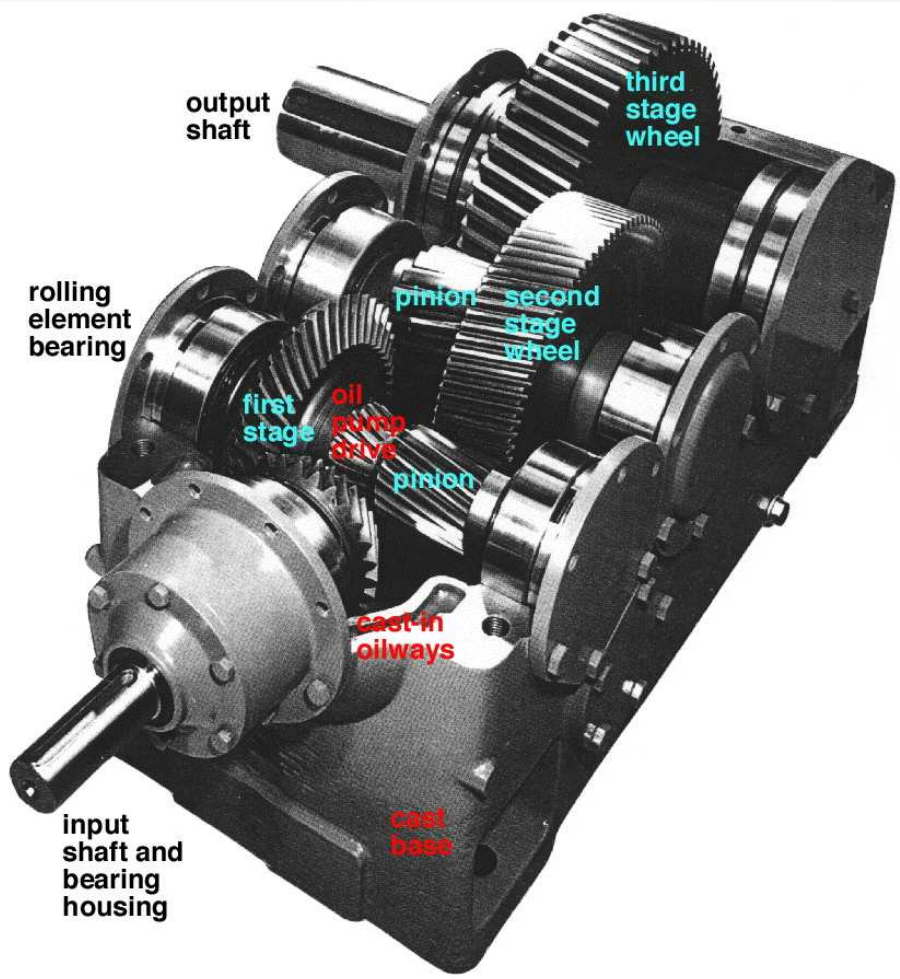
Gemi redüktörü

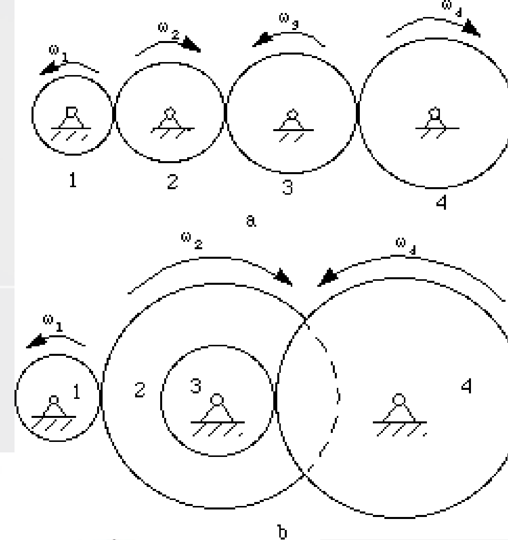


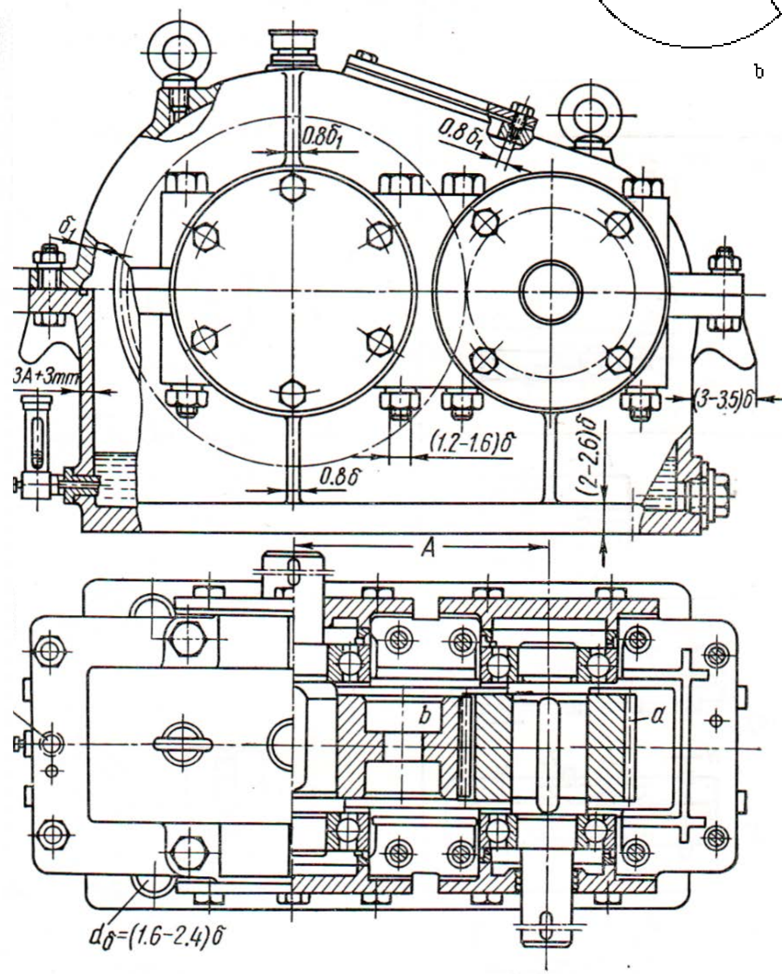




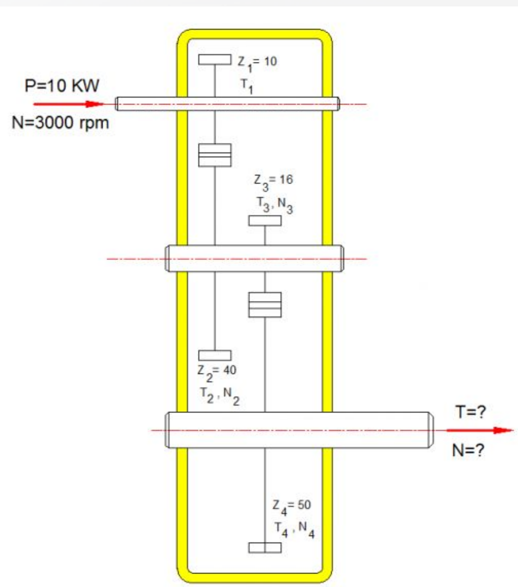
Dişli kutusu (redüktör) tasarım

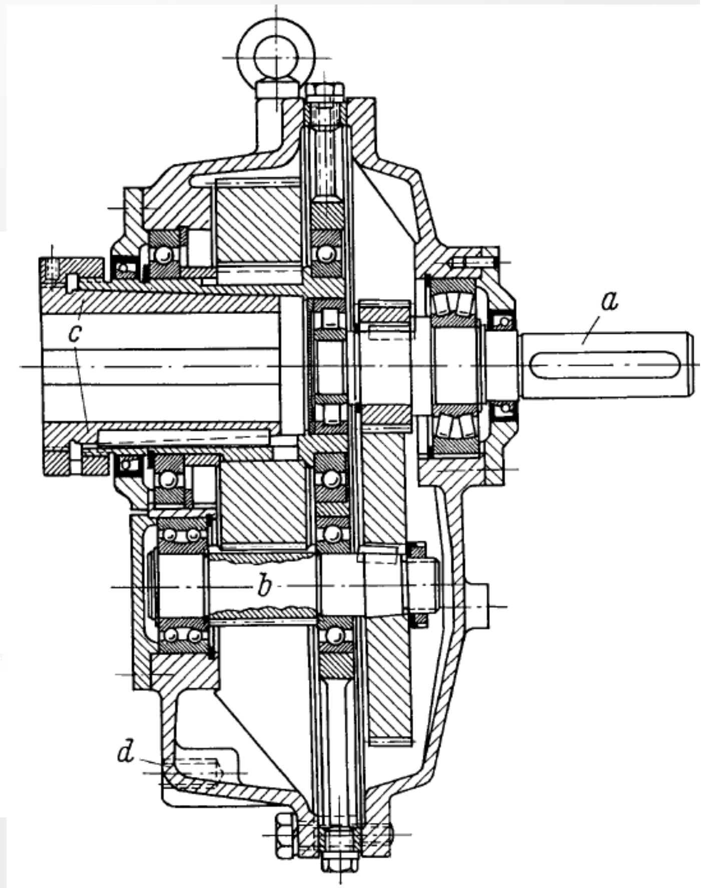


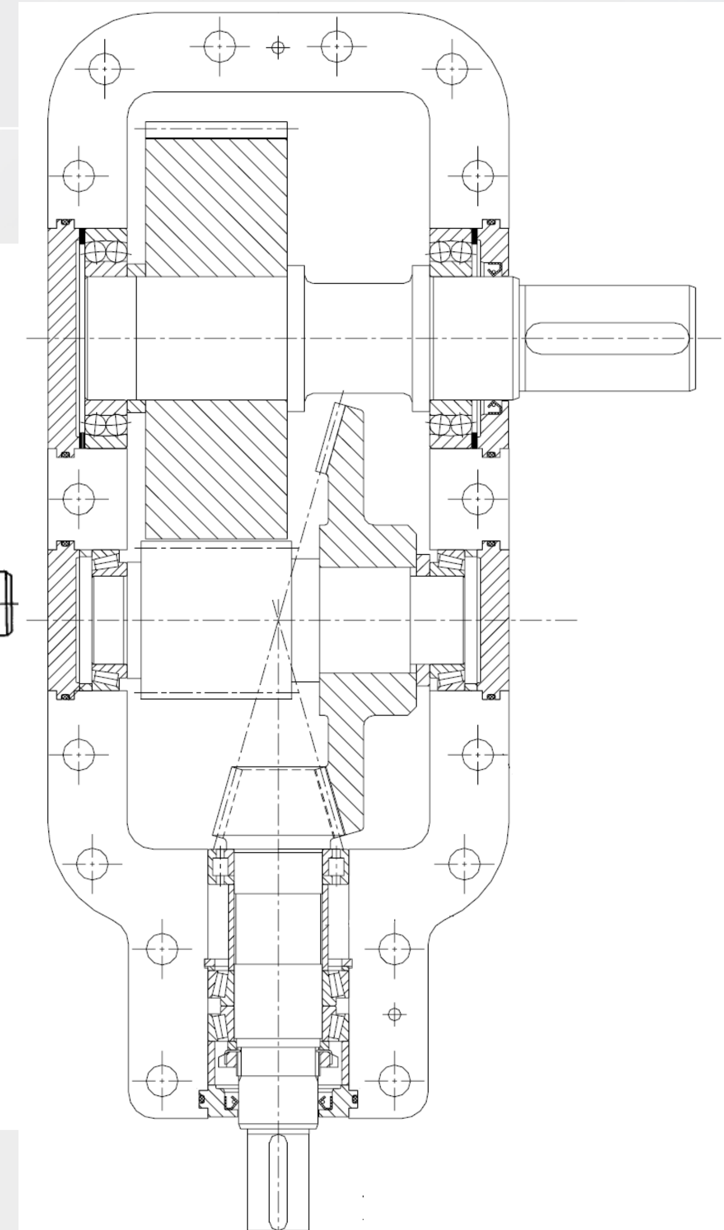




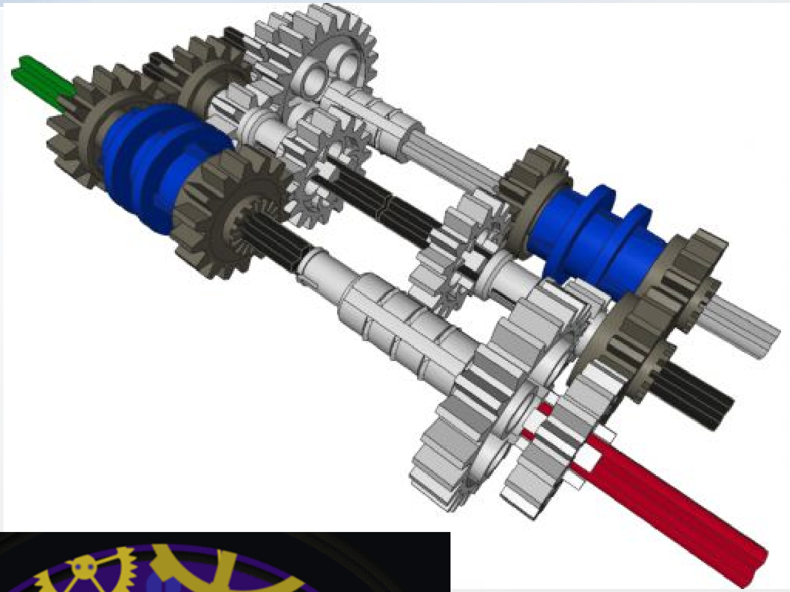
2 kademeli redüktör dişli kutusu

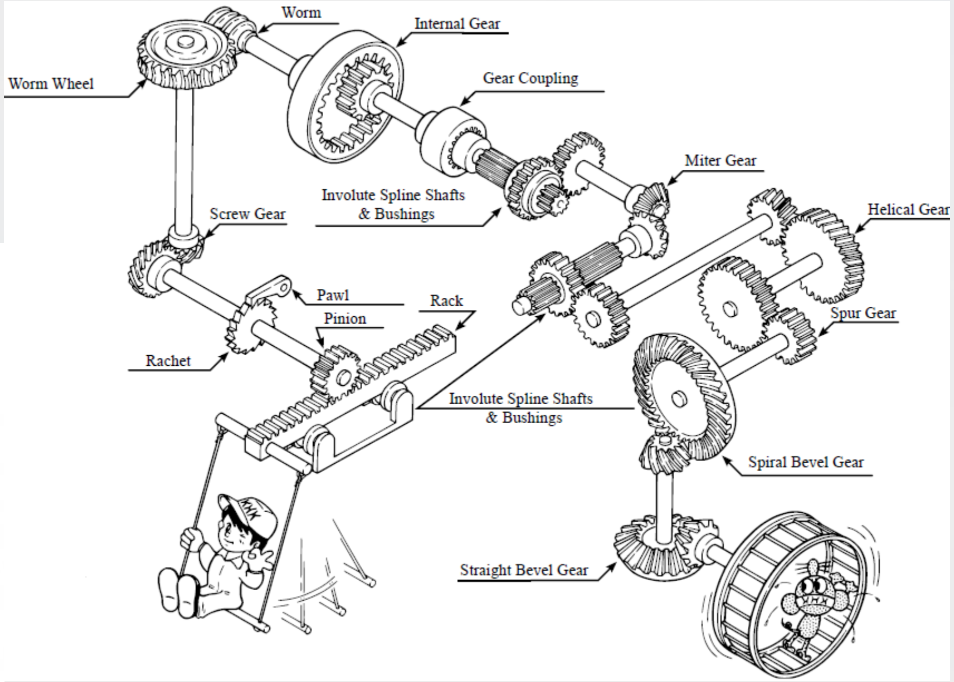


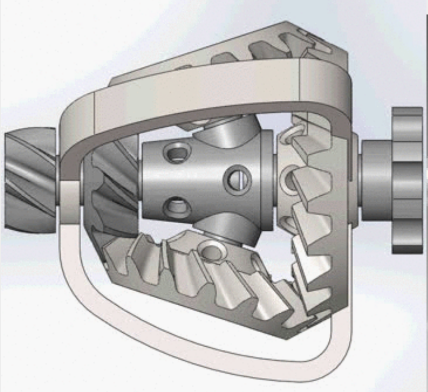


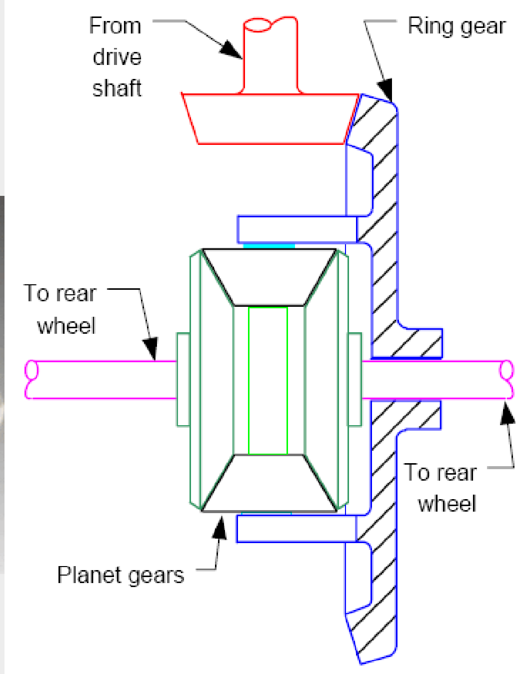


Dişli çarklar

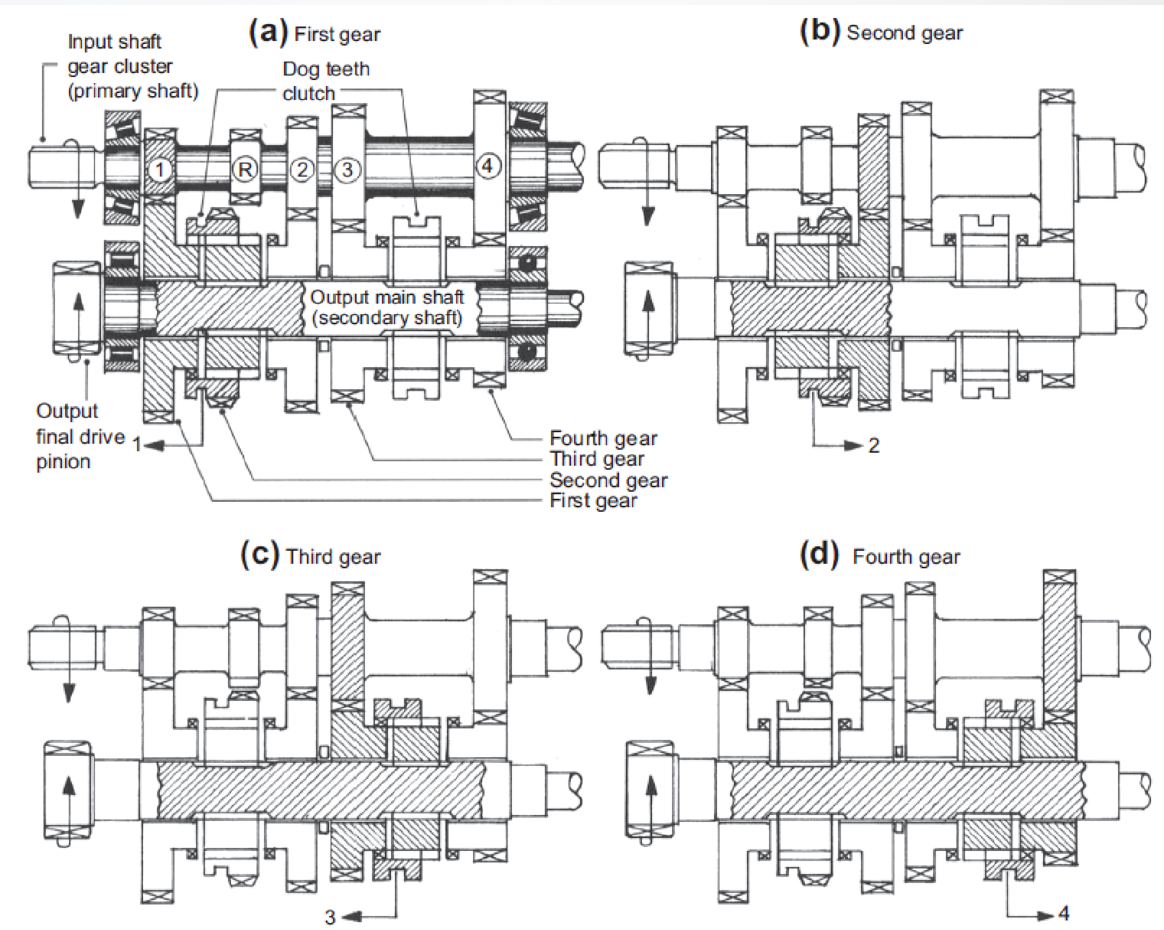


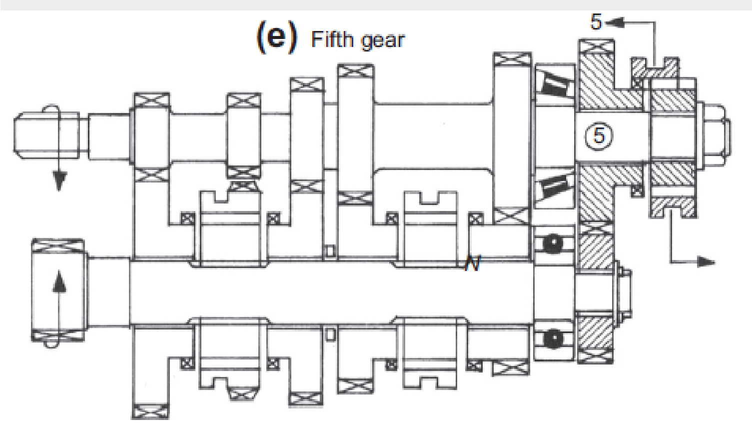


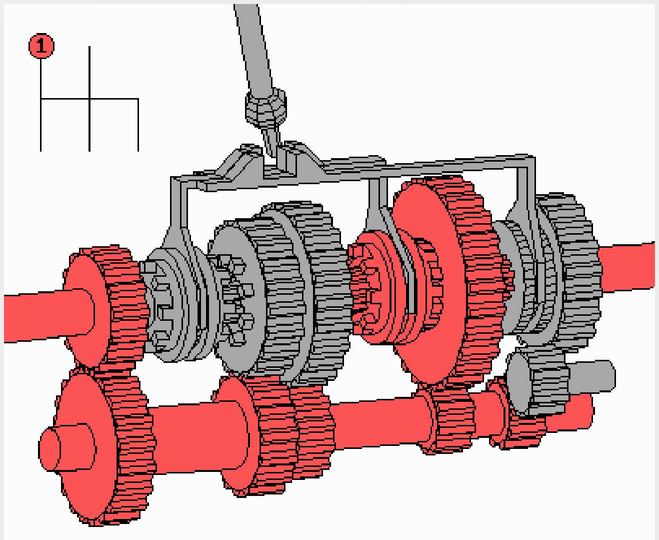




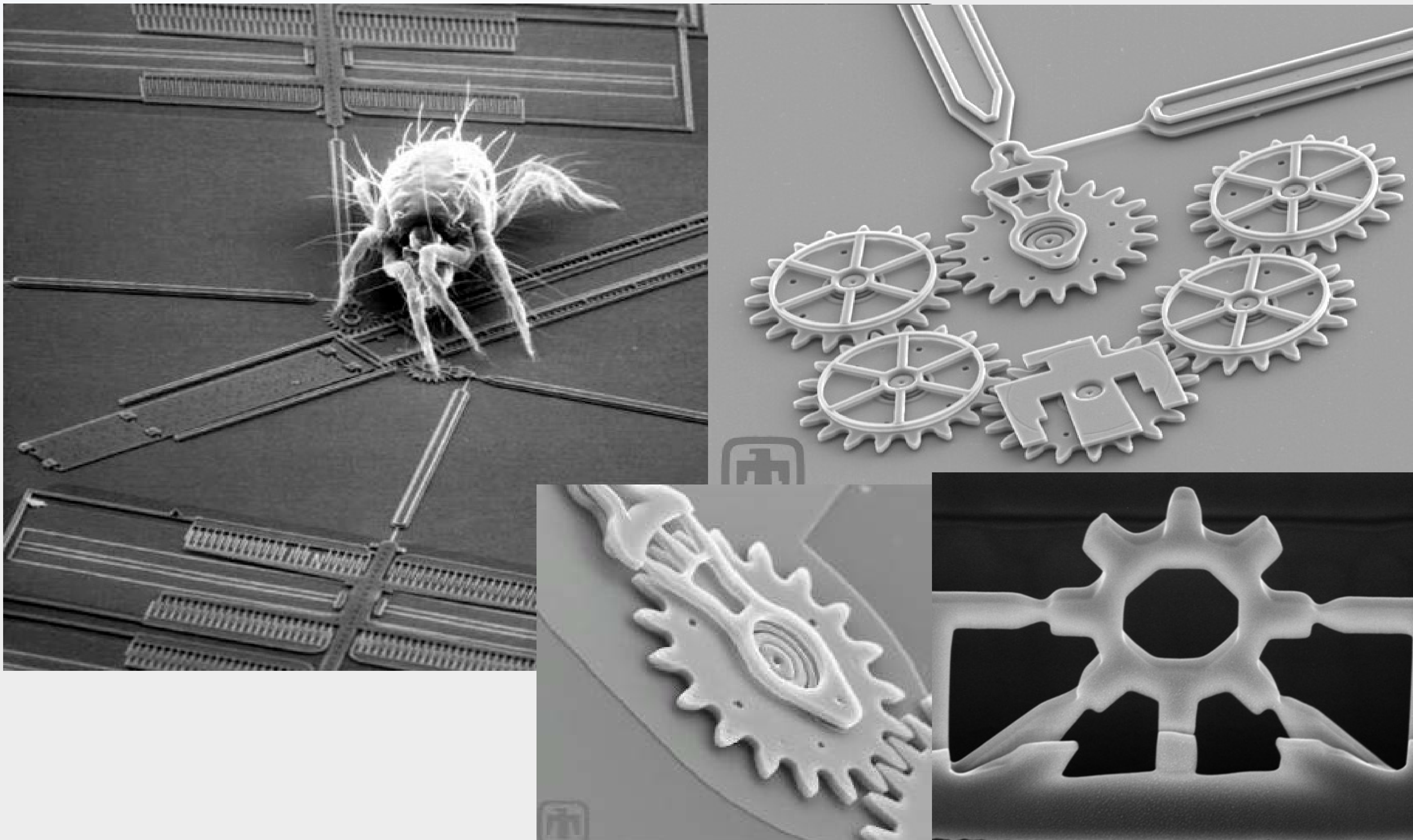
5 vitesli ve geri vitesli dişli kutusu



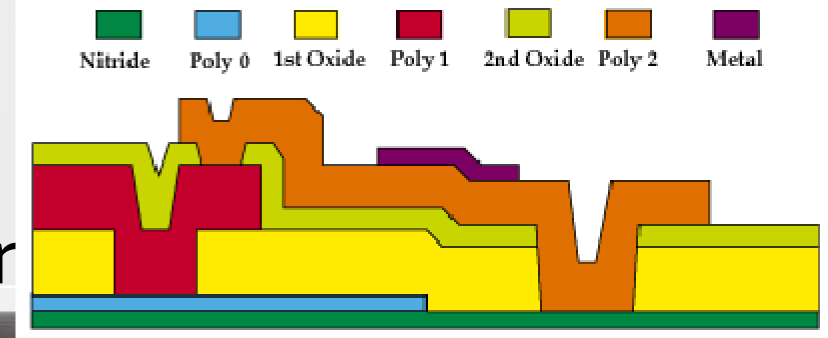


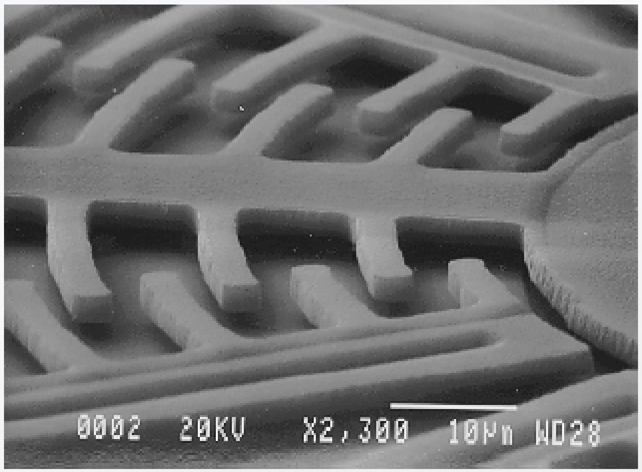


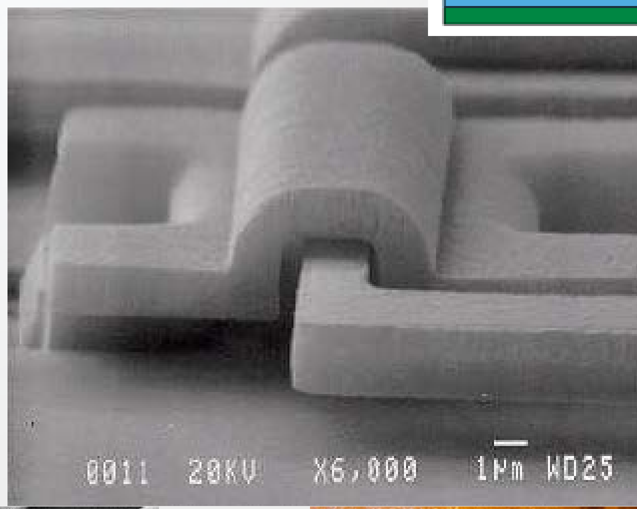
Mikro Mekanizmalar

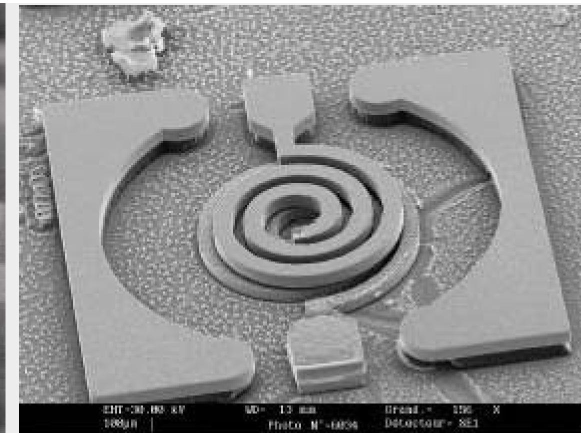


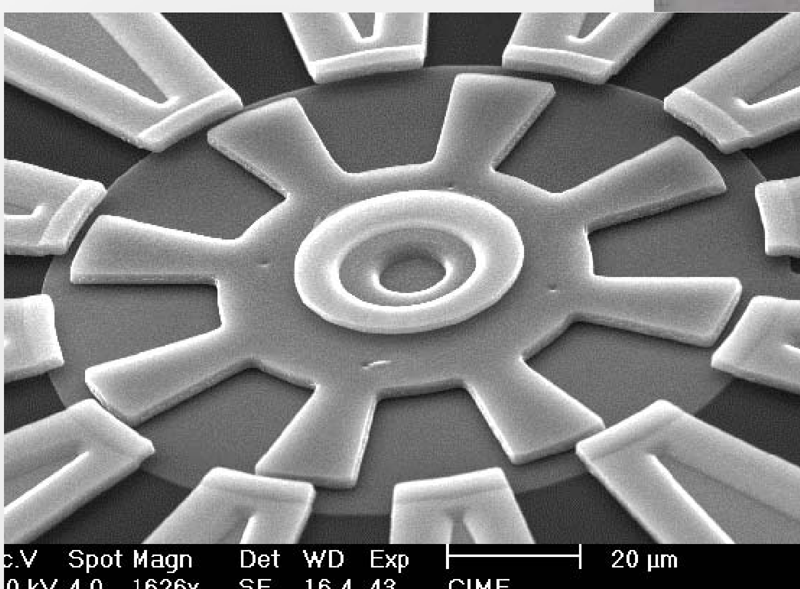
MEMS
Mikro Elektro Mekanizmalar

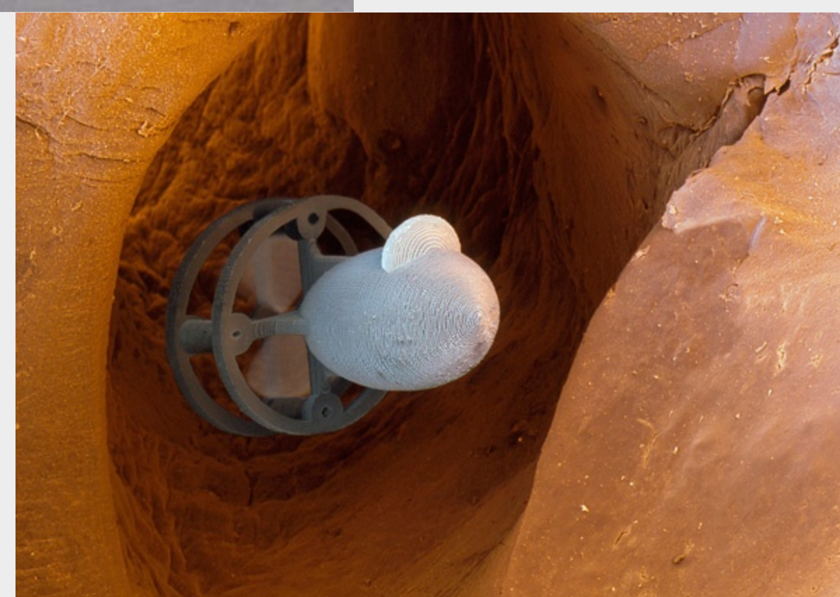






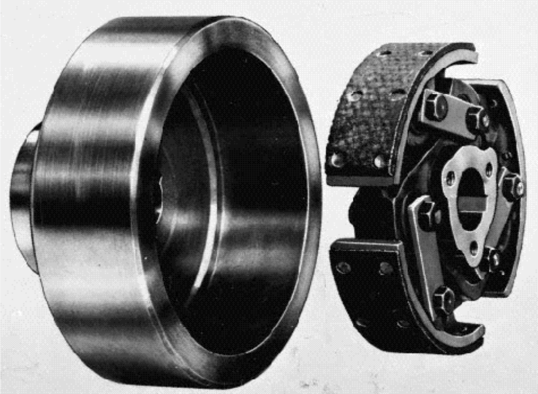




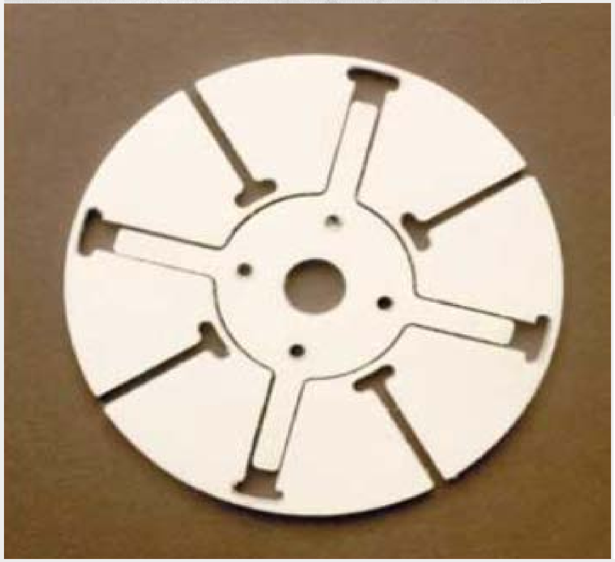


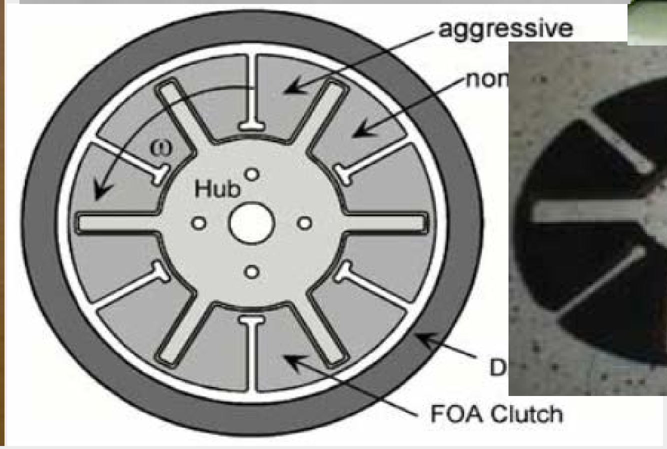
Dişli Çark Mekanizmaları

Santrifüj Kavrama



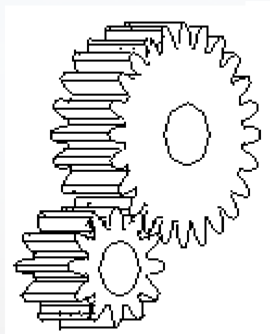
Esnek Santrifüj Kavrama

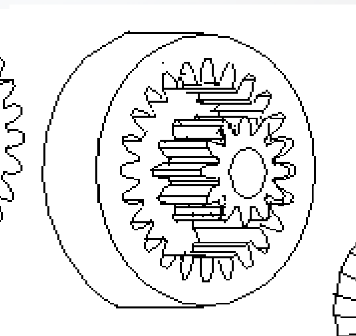




Dişli Çark Mekanizmaları

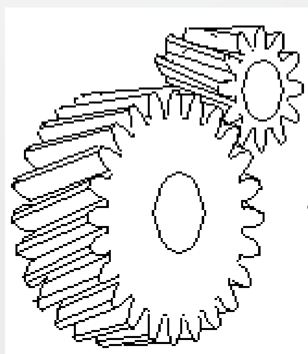
Düz dişliler :
iç ve dış dişli
(Spur gears
external contact
Internal contact)

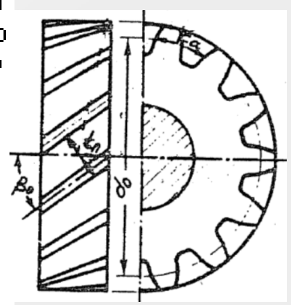




Helisel dişli

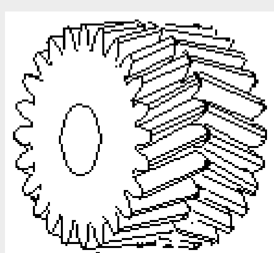
Parallel helical
gears

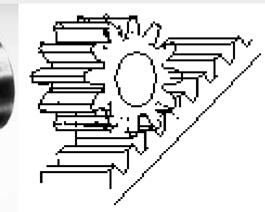




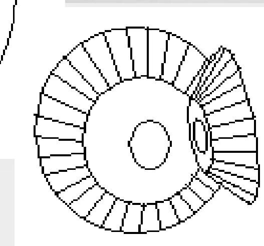
Ok dişli

Herringbone gears (or
double-helical
gears)

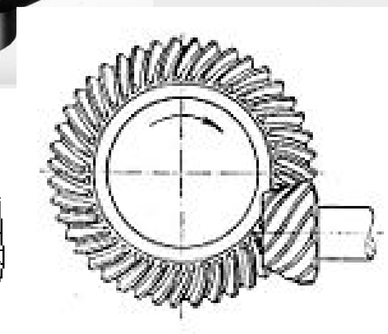




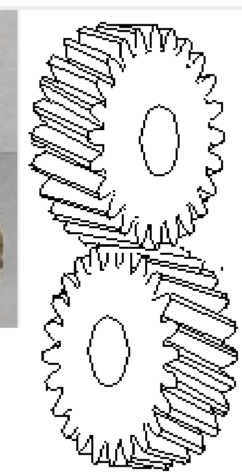
Çubuk dişli ve
pinyon (Rack
and pinion)



Düz konik
dişli (Straight
Bevel gears)

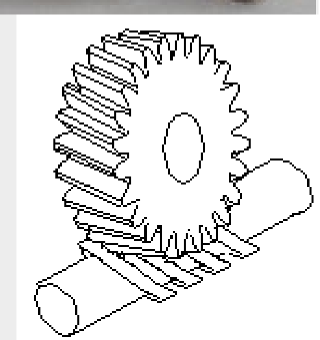


(Spiral bevel
gears)



Spiral dişliler
(Crossed
helical gears)

Hypoid gears



Sonsuz vida
ve dişli çark
(worm and
worm gear)

Basit dişli çarklar

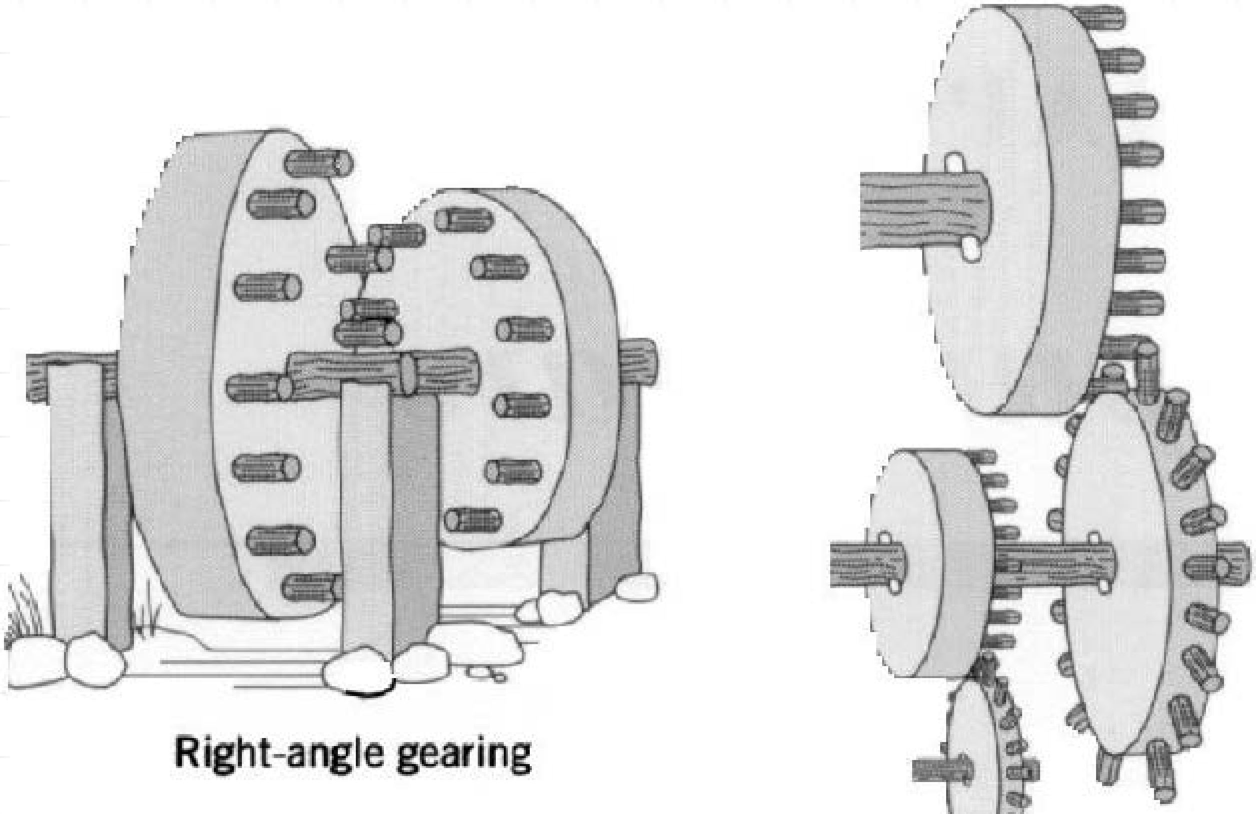
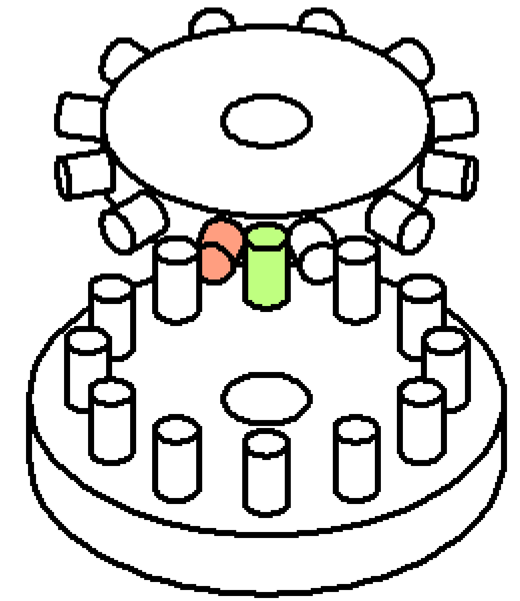
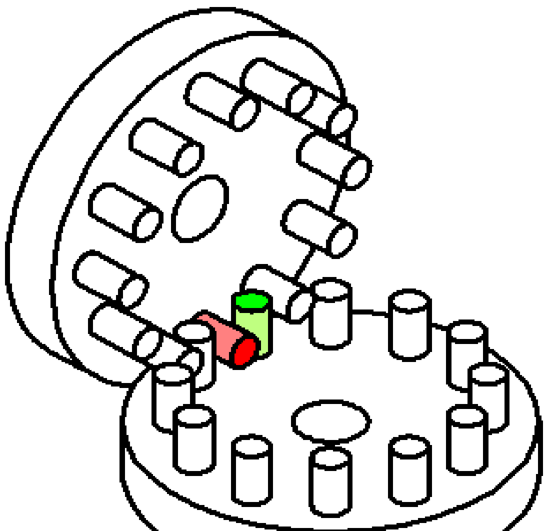


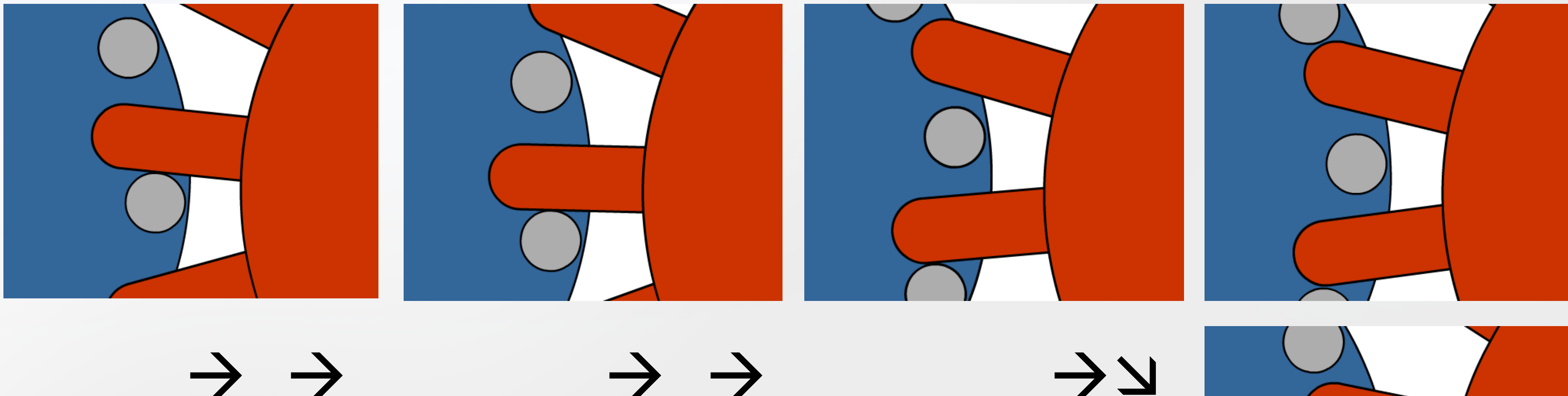
Figure
Primitive gears.

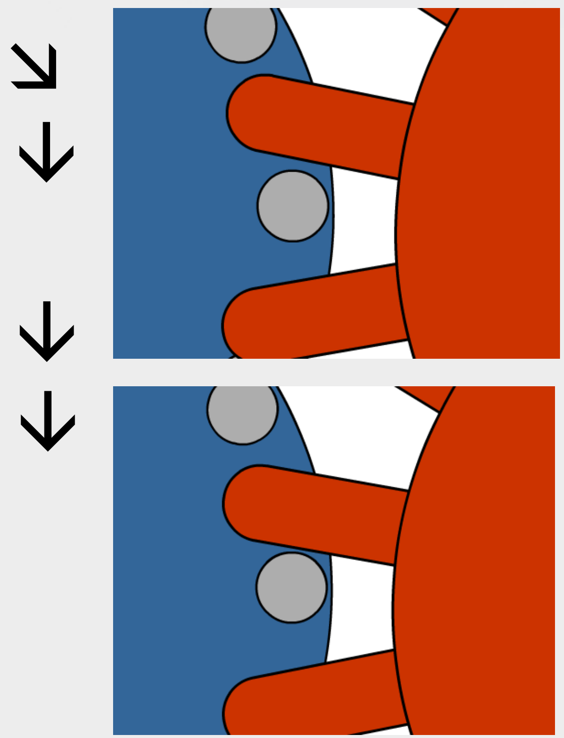
Picture Courtesy: *Fundamentals of Machine Component Design*, Juvinall & Marshek



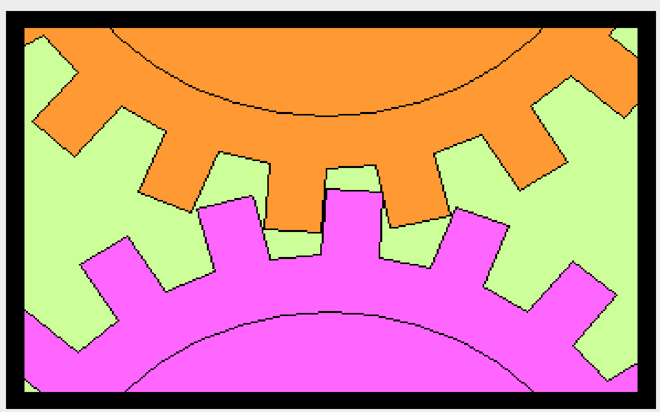


Hareket iletiminde süreklilik

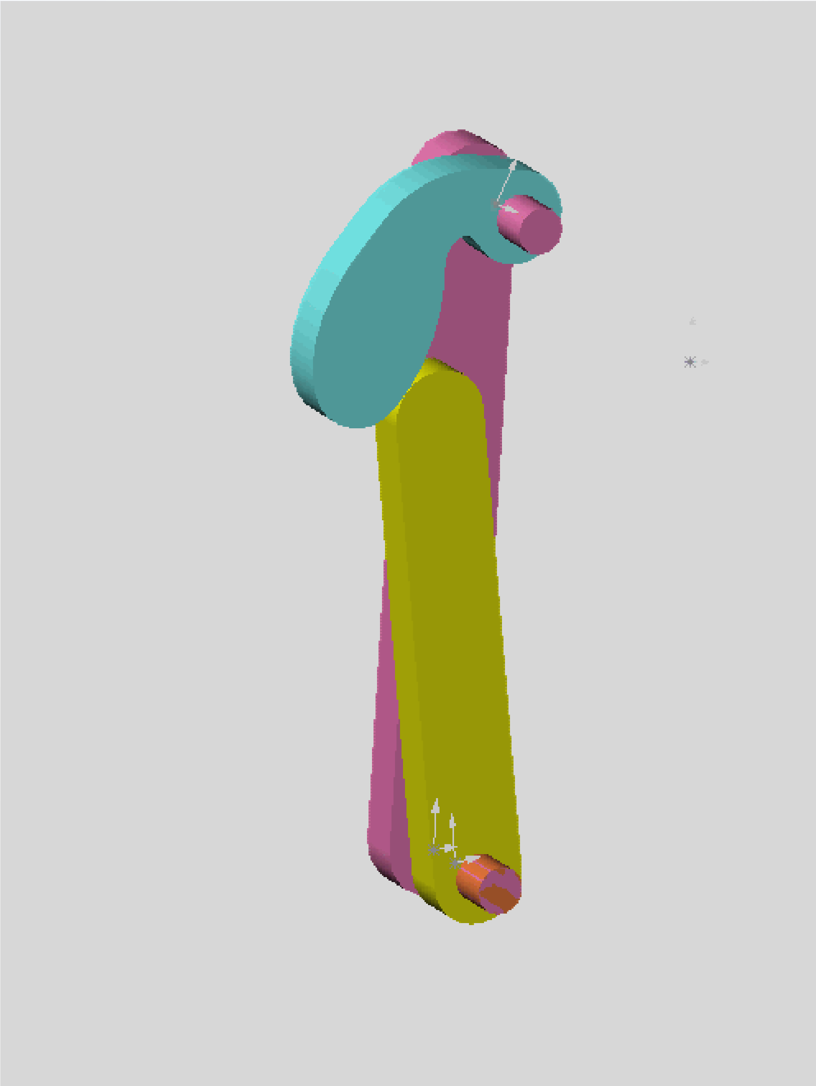


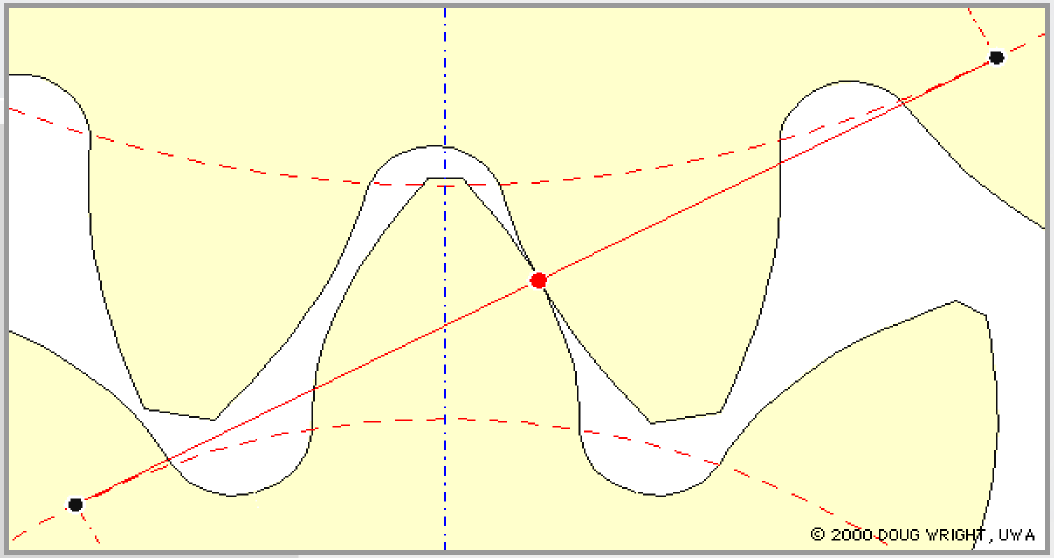


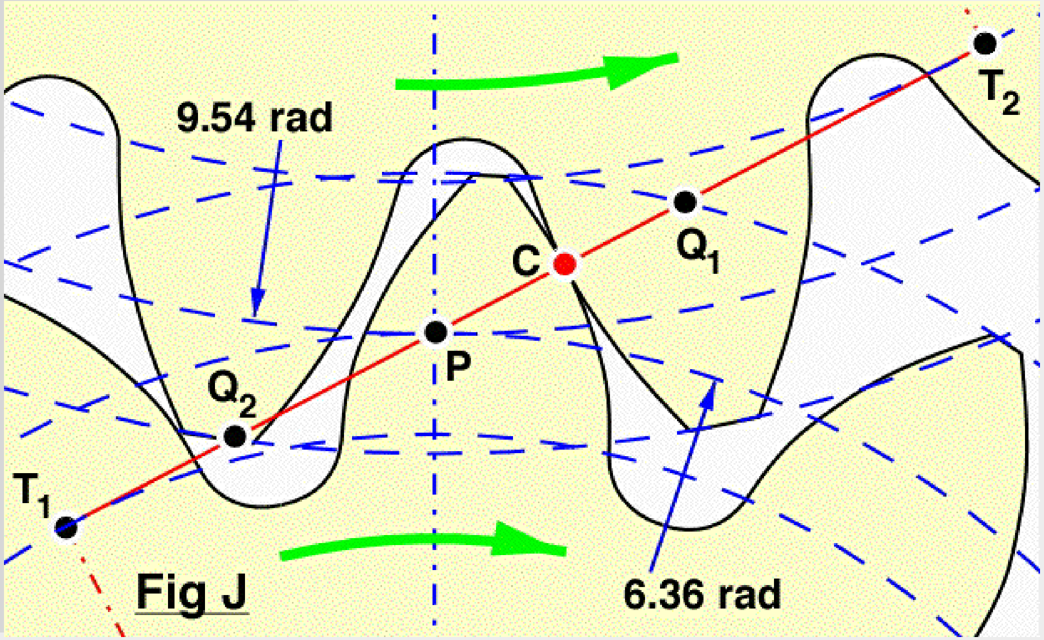
Dişlerde
Kilitlenme



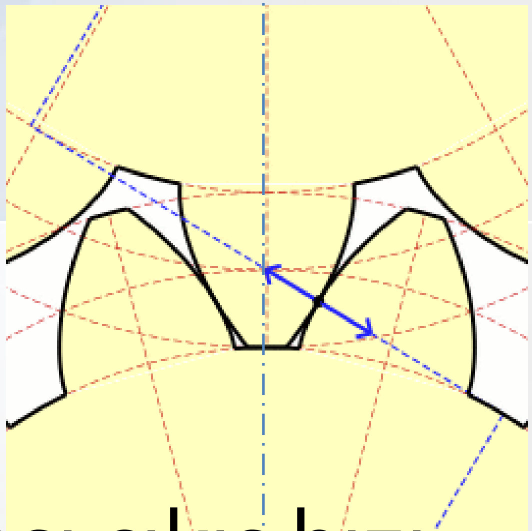
Hareket sürekliliği

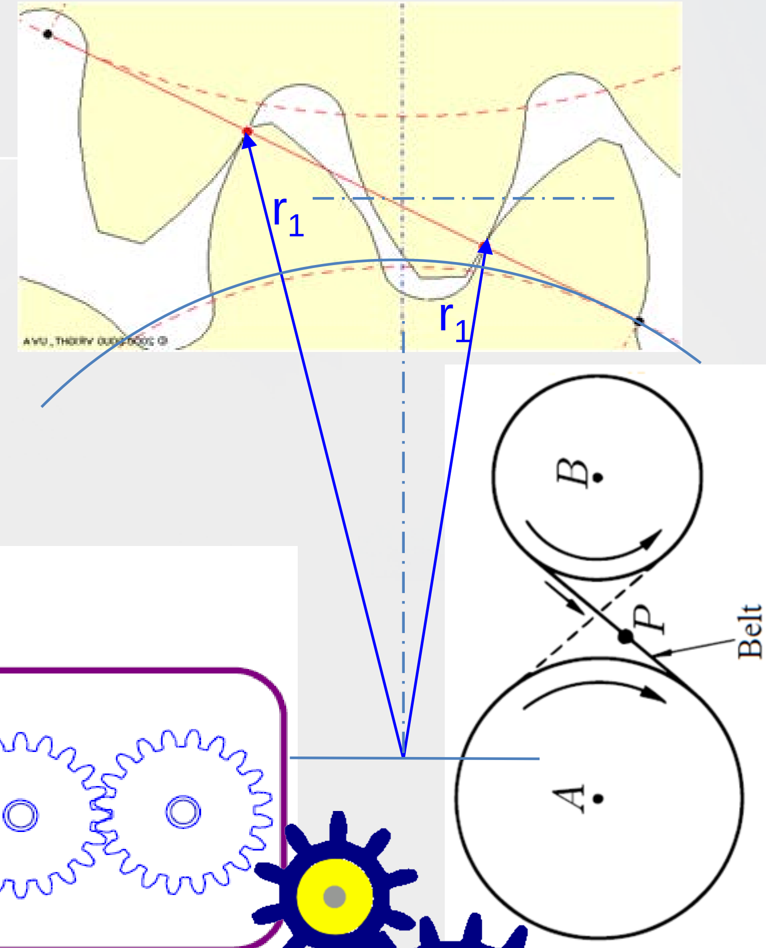


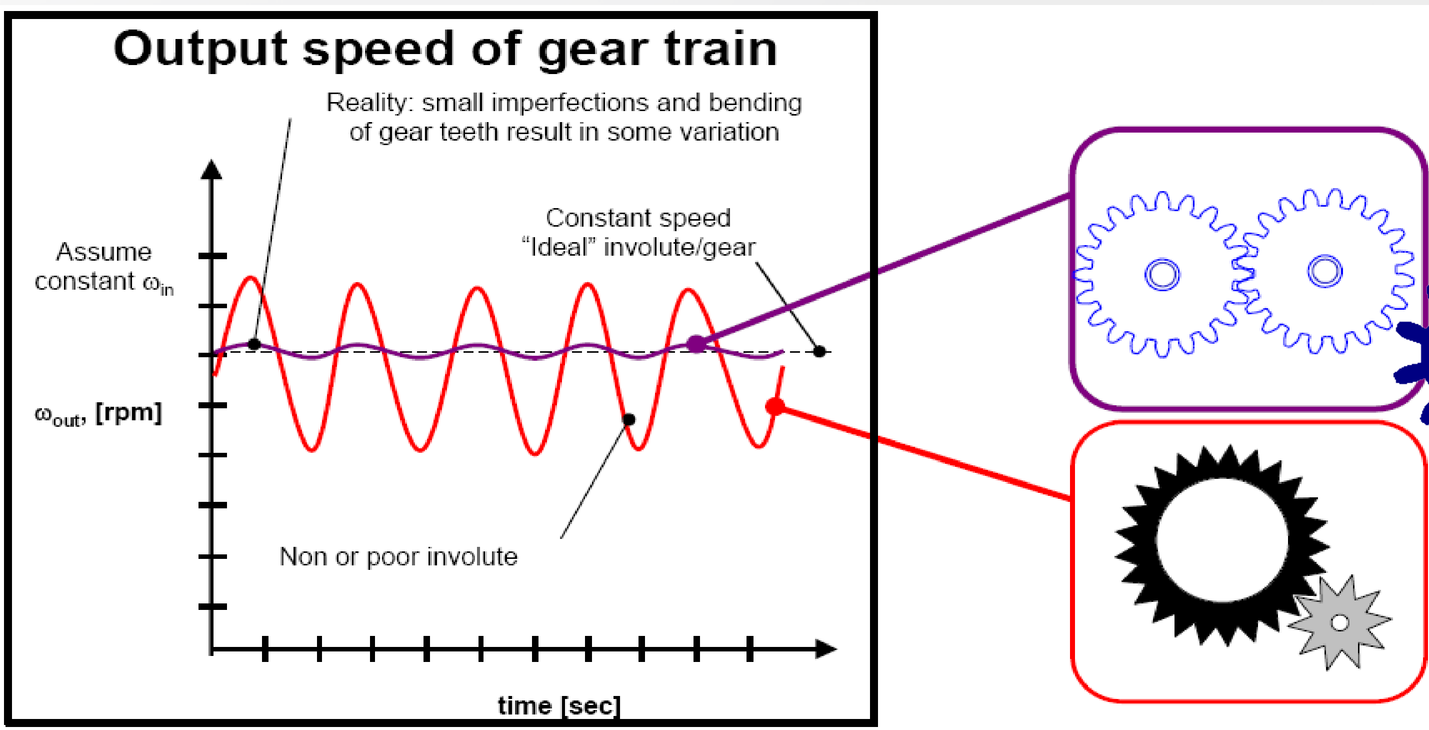


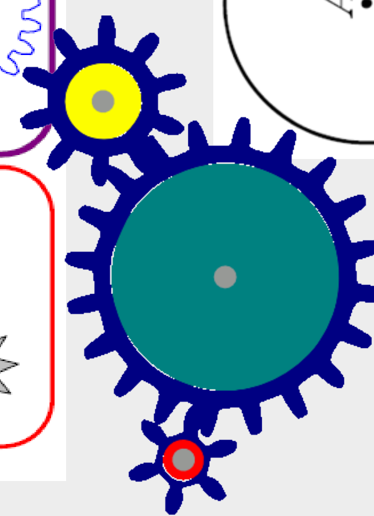


Yıldız ve evolvent profilli dişli çark mekanizması çıkış hızı





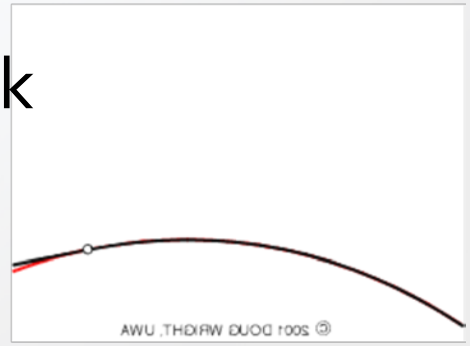


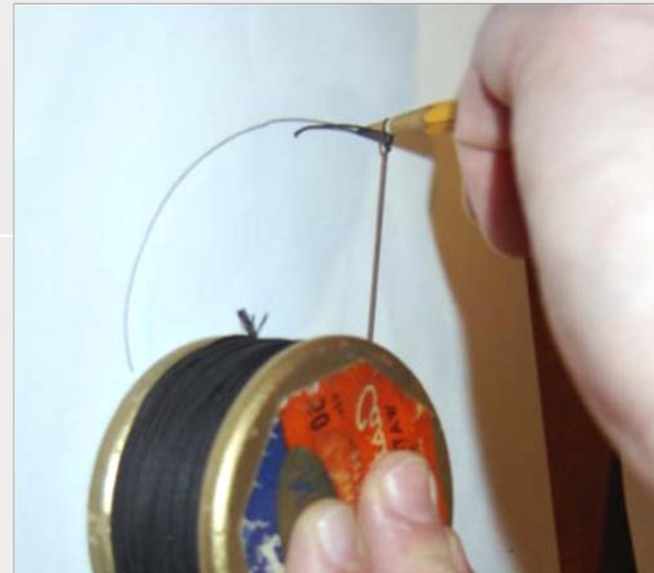


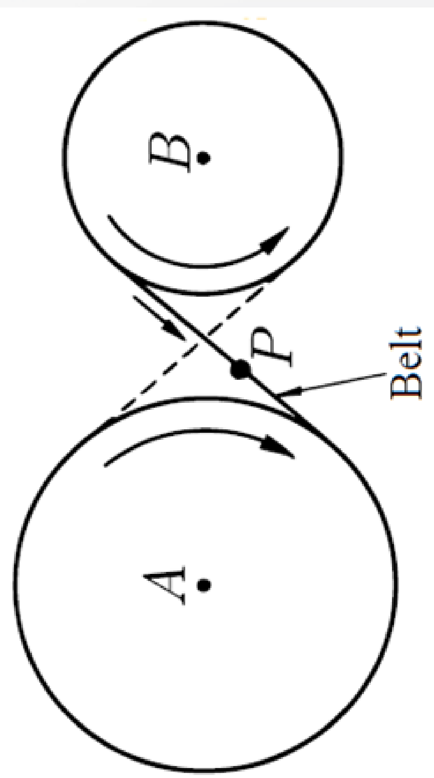
Dişli çark sabit çıkış hızı

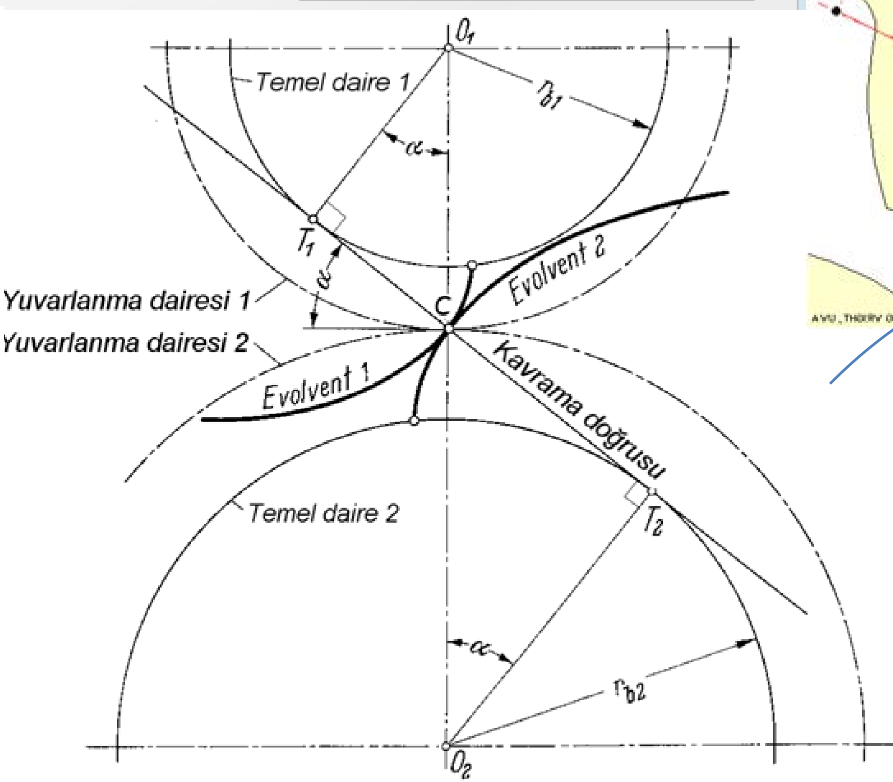
Kavramada süreklilik

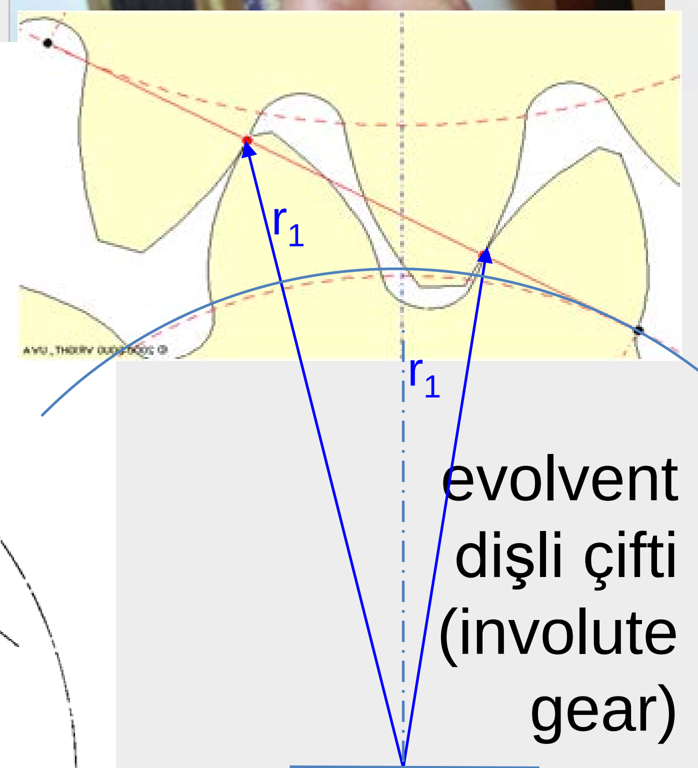
Kavrama oranı > 1







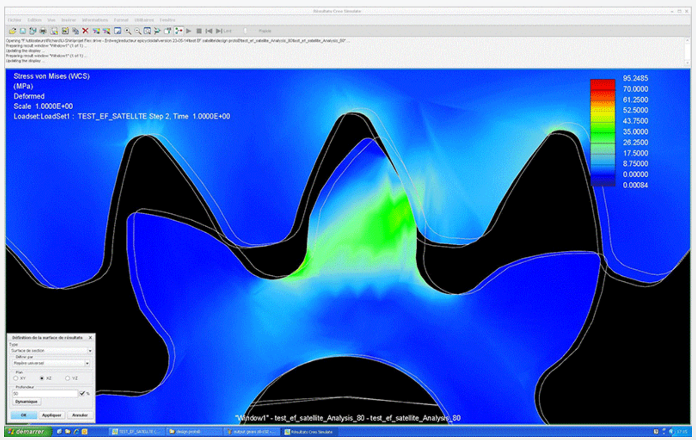


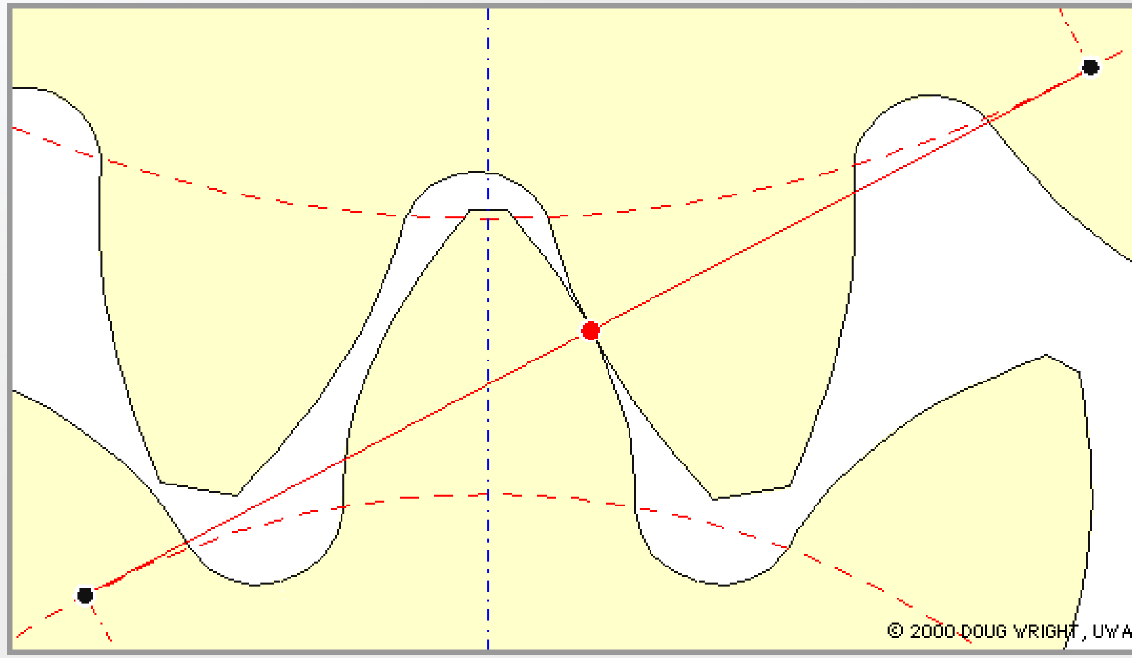


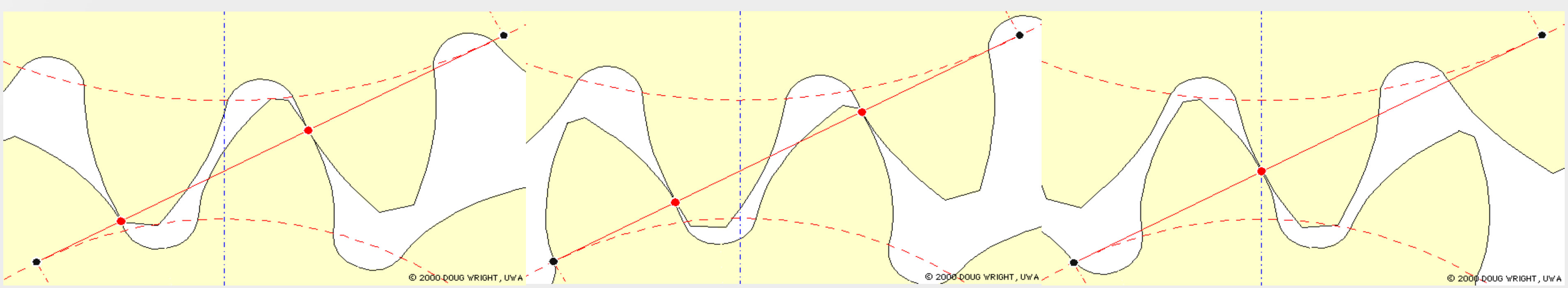
evolvent dişli çifti (involute gear)

Dişli çark mekanizmalarının çalışması

Yuvarlanma
ve Kayma

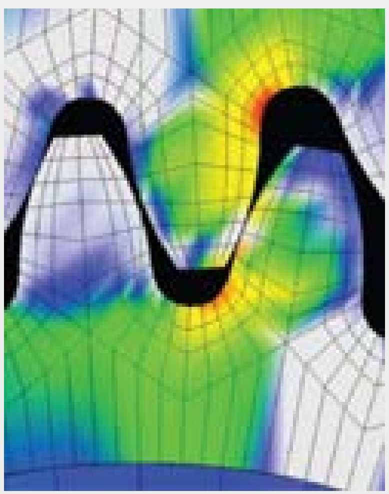


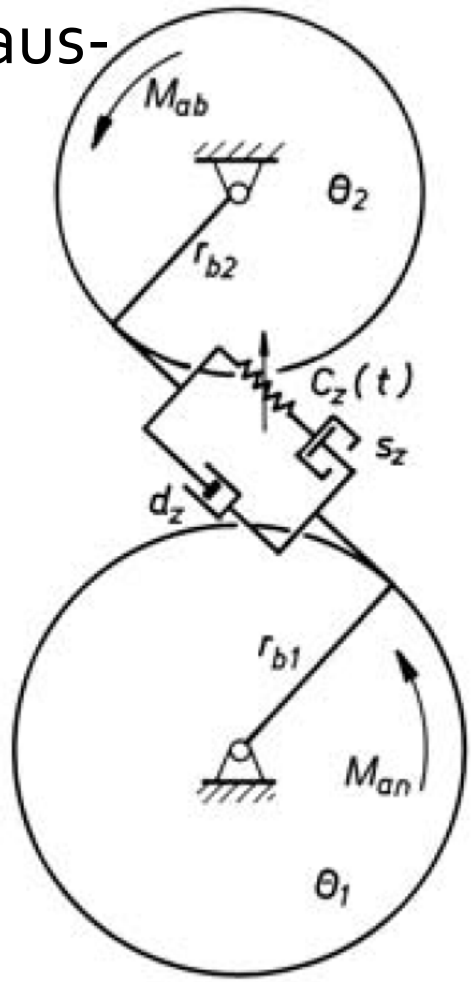


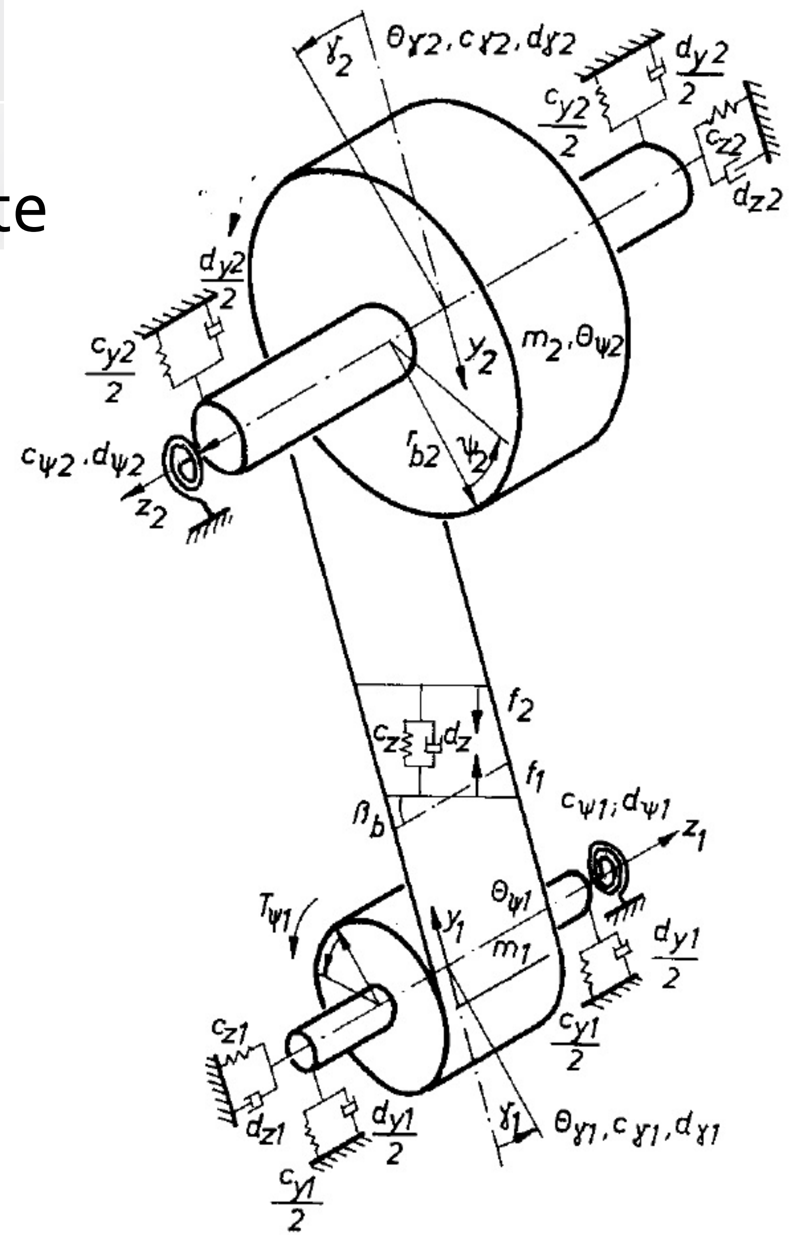


Dinamik Model

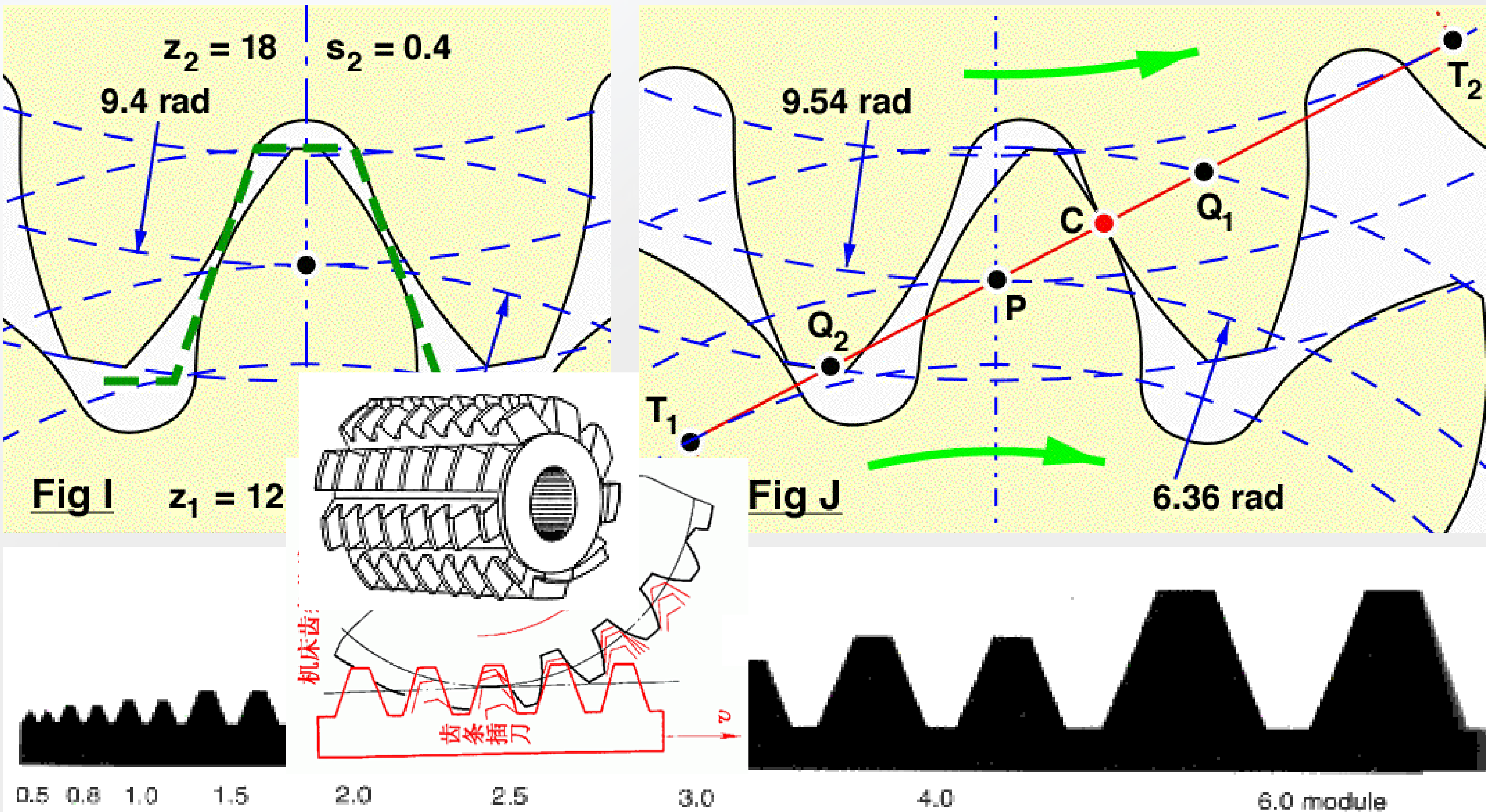
Ref.kitap: Konstruktionselemente des Maschinenbaus-vol-2-Albers (Resim 15.63, Sayfa 436)



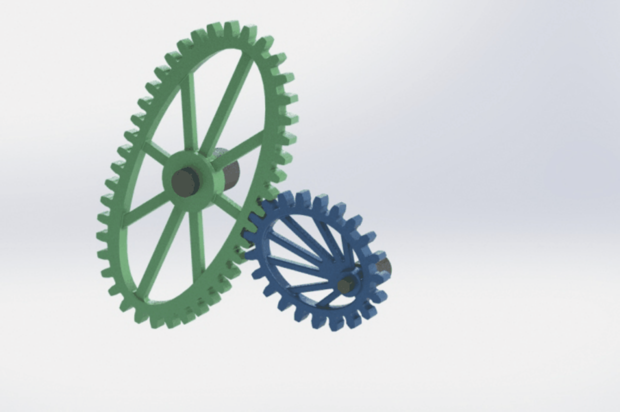




Standart bıçak modülleri, kavrama

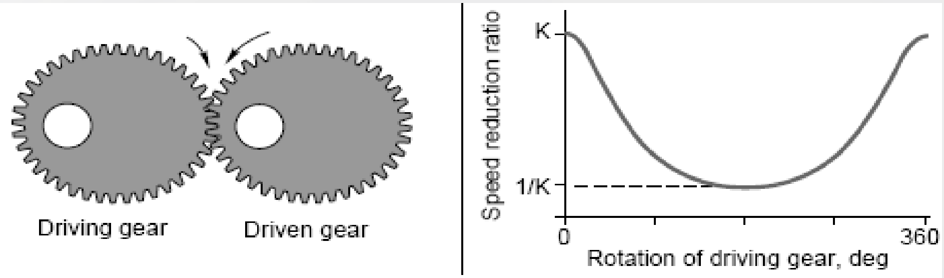


Dairesel Olmayan Dişliler

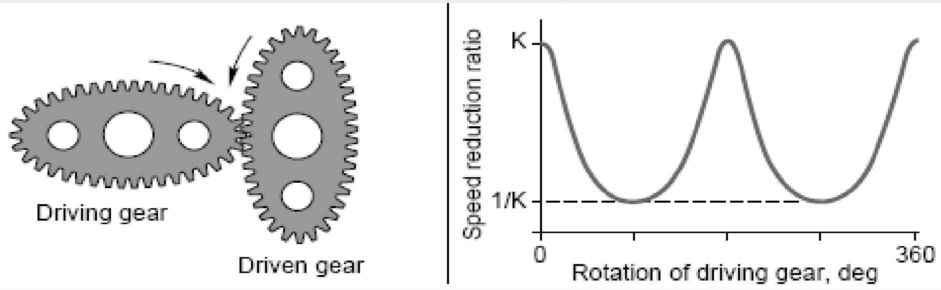


Noncircular gears

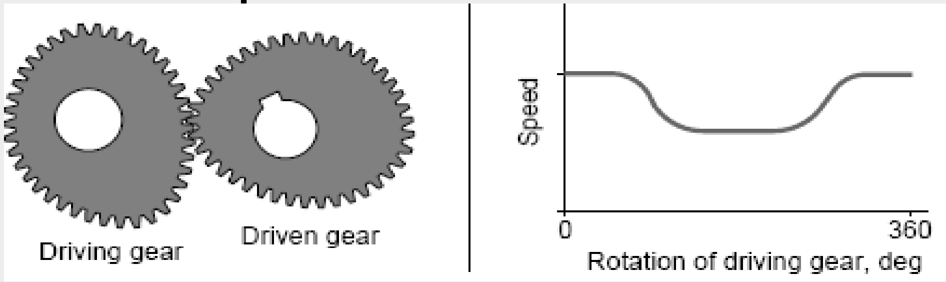
- Elliptical unilobe gears provide variable output speed



- Elliptical gears with two lobes (bilobes) provide twice periods

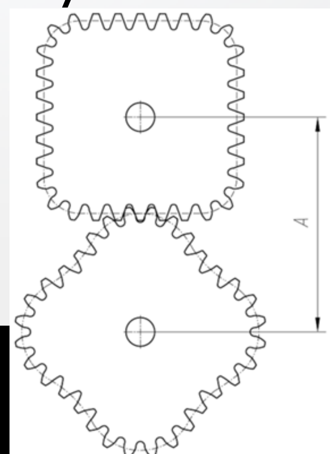


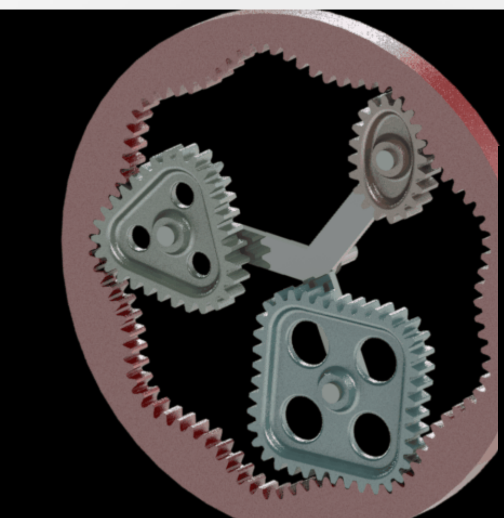
- Multispeed gears give one constant speed for part of a cycle and a different constant speed for a second part of the cycle.

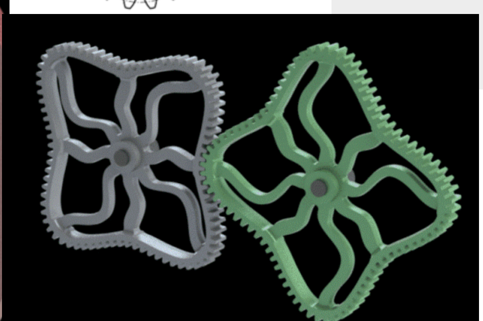


Duraklamalı hareket dişlileri

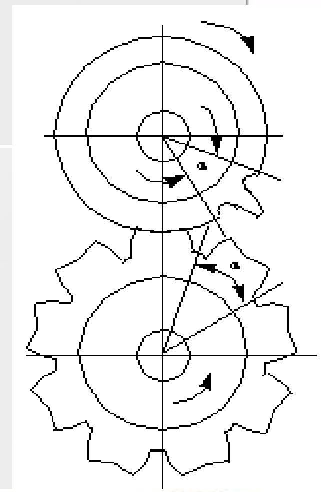
Dairesel Olmayan Dişliler
Noncircular gears

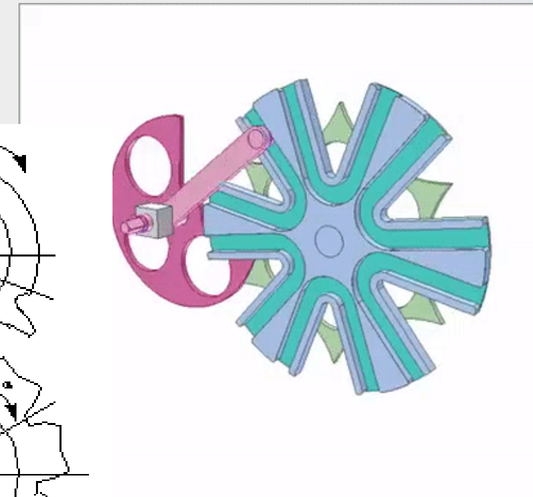


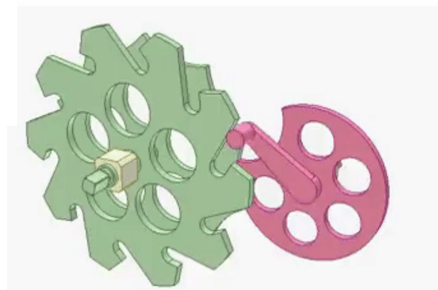




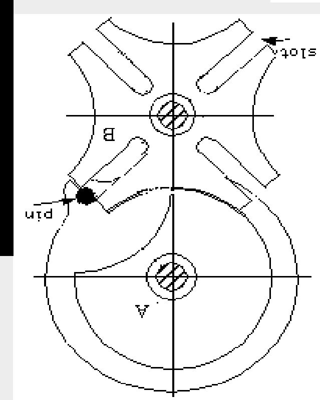
Intermittent gearing

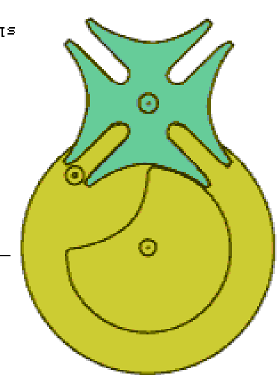


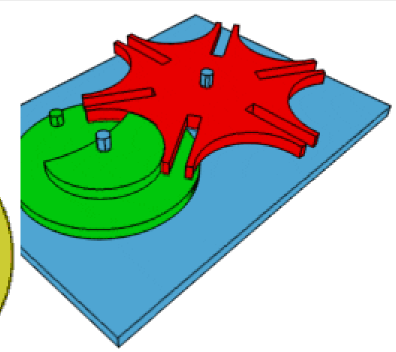




Geneva çarkı (wheel)

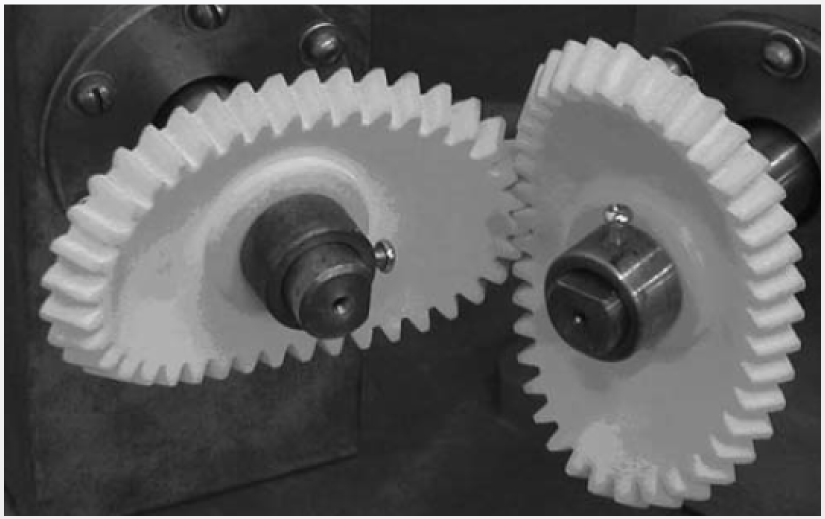


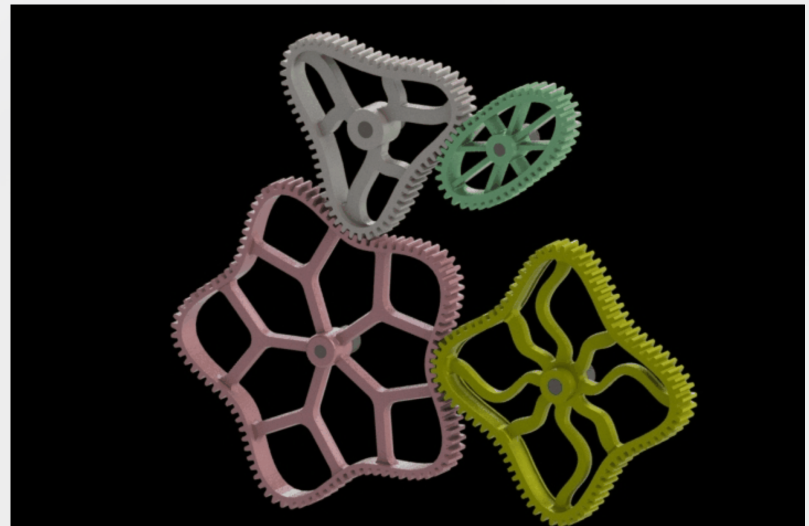


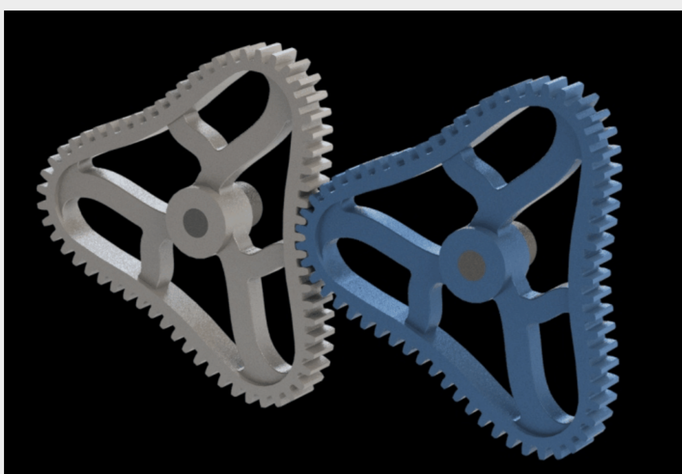


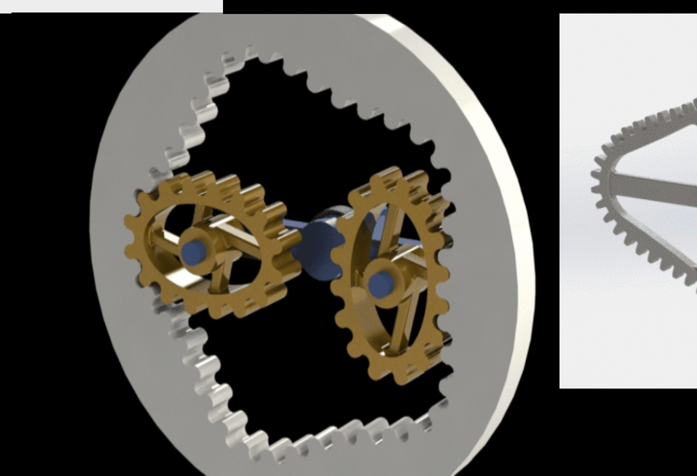
Noncircular Bevel Gear

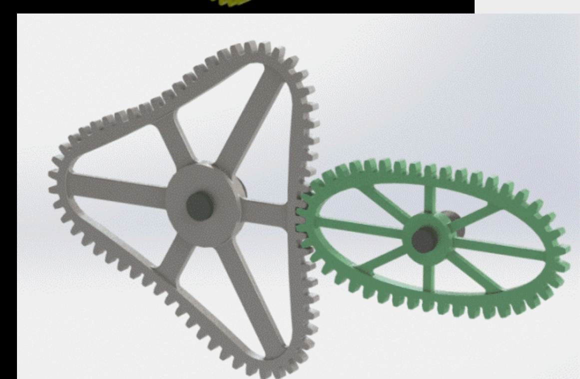
Dairesel olmayan konik dişli (3D yazıcı ile imal edilmiş)











3D yazıyla imal edilmiş otomobil

3d printed Car

Coutesy of Local Motors

Figure 1. The Koenigsegg Regera
Courtesy of Koenigsegg Automotive AB

direct metal laser sintering (DMLS) steering stub axle

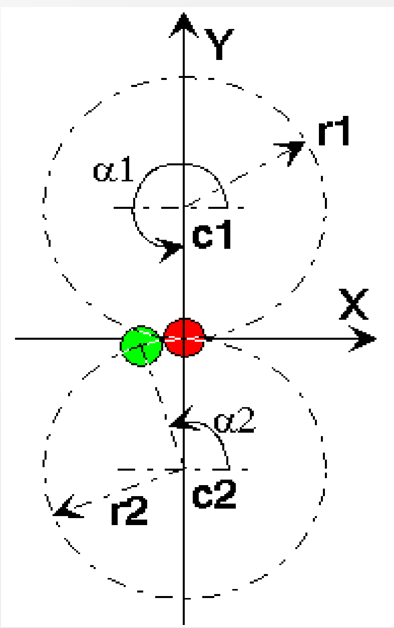
Ağaç dişliler

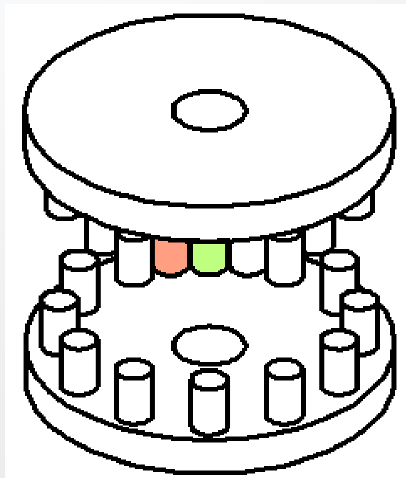
Dimensioning Wooden Gears

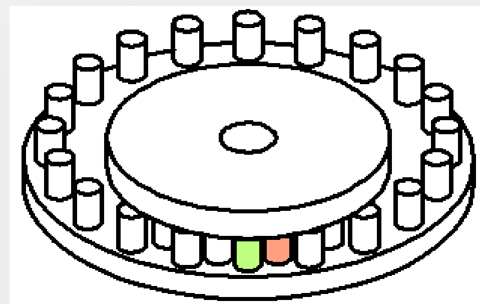
Düz

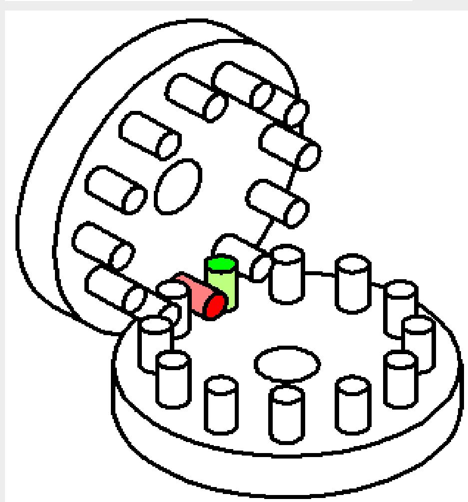
İç planet

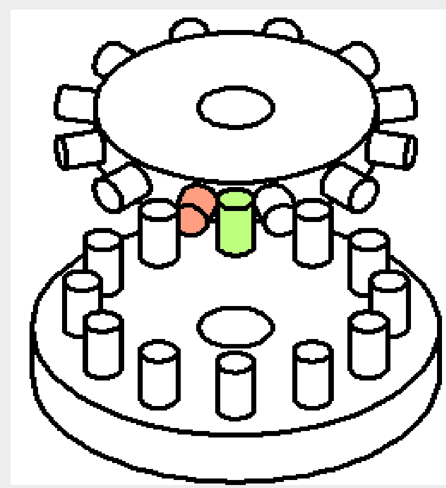
Konik

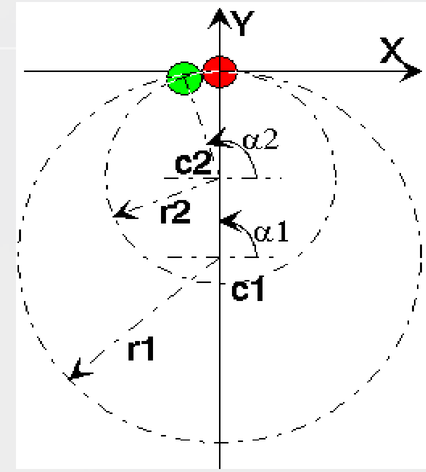


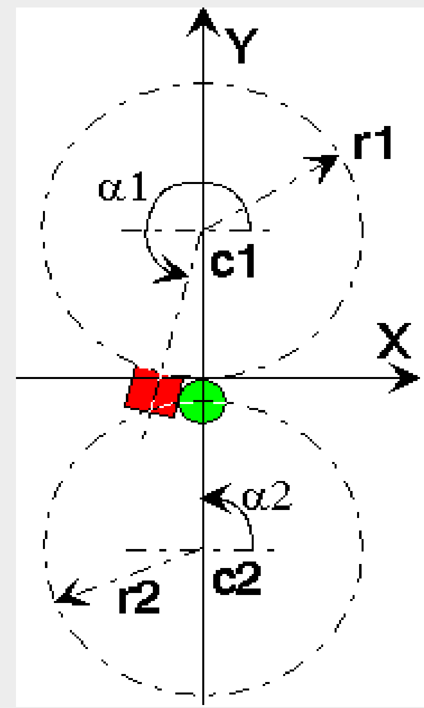






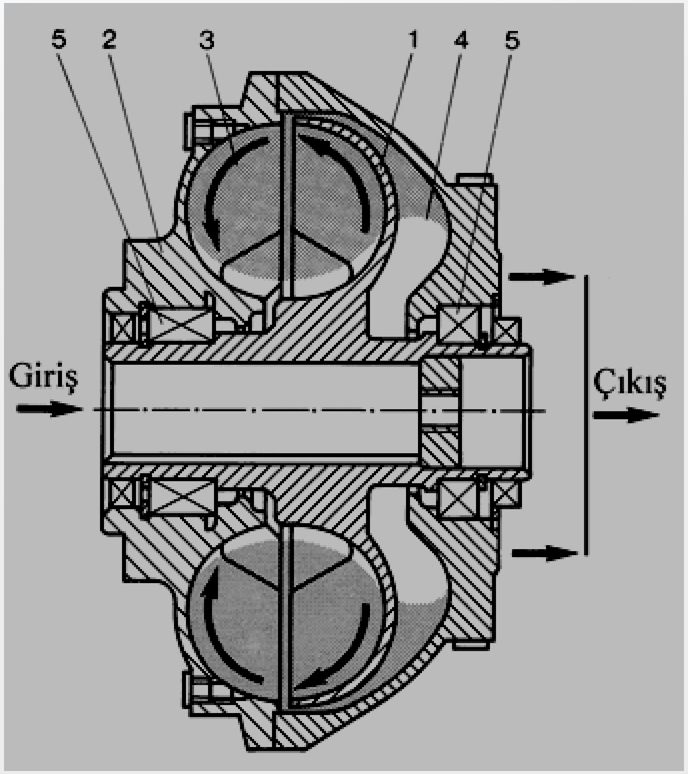




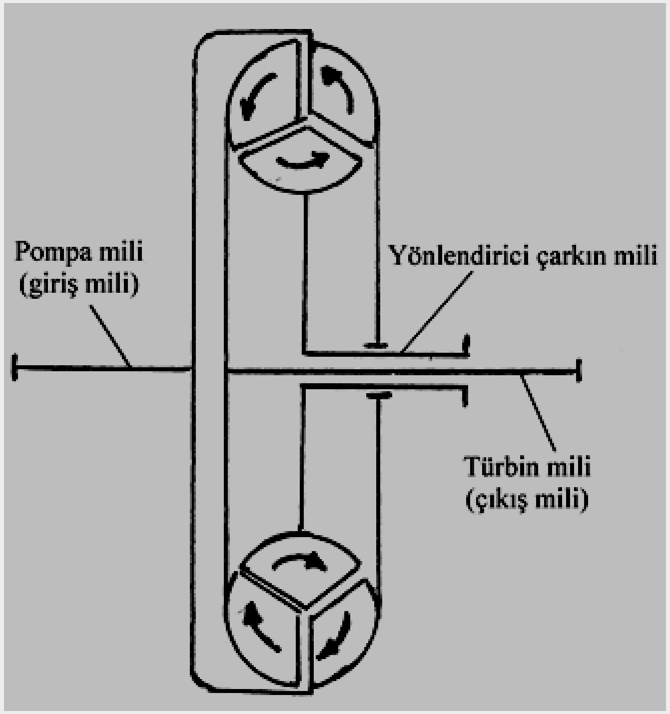


Sürekli hareket iletim mekanizmaları
Hidrodinamik Kavrama

Cross-sectional view of
a hydrodynamic clutch



Schematic view of a
hydrodynamic torque converter



Sürtünmeli Çarklar

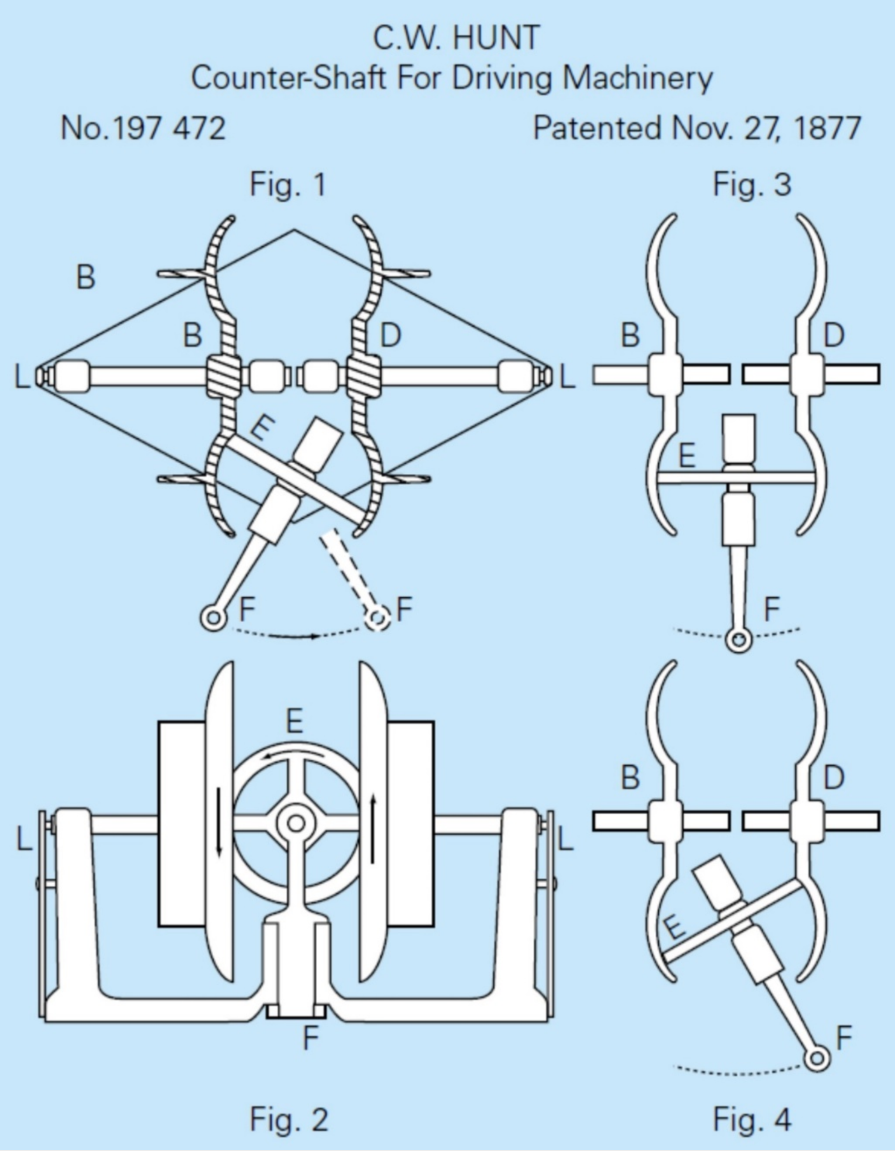
Sürekli Değişebilen Transmisyon (CVT) mekanizması

Evans Friction Cone

Sürtünmeli Çarklar

Sürekli Değişebilen Transmisyon (CVT)

Full Toroidal CVT (Continuous Variable Transmission) patented by Hunt in 1877, U.S.A.



Half Toroidal CVT Transmission

by Wright Aeronautical in 1943.

Transmission ratio ranges from 2.65/1 to 0.6/1 (4.4) on Ford Pinto in 1973

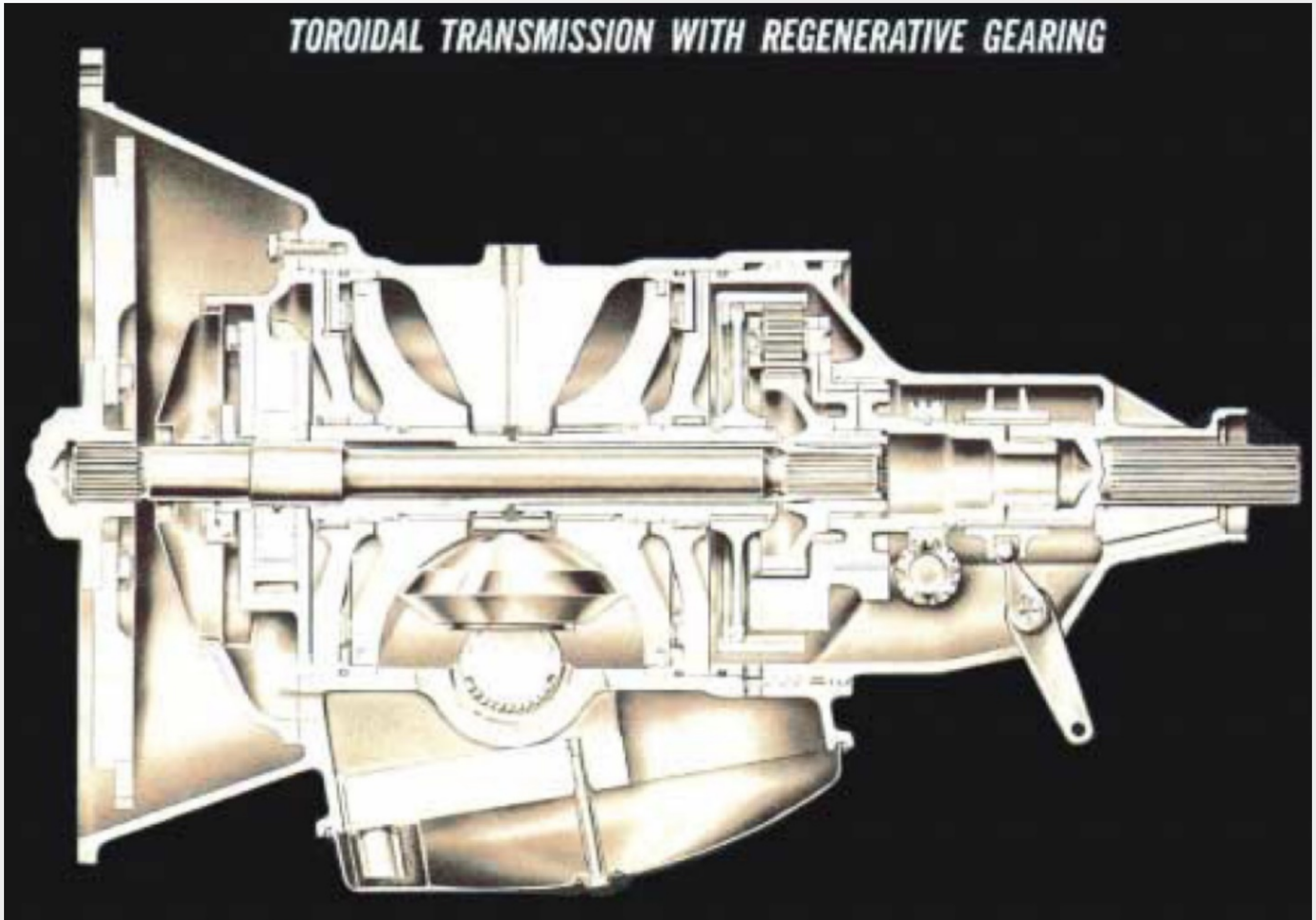


Fig. 2 Half toroidal CVT by Wright Aeronautical

Full and half toroidal CVT

Automatic transmission by Ishihara in NSK Ltd.

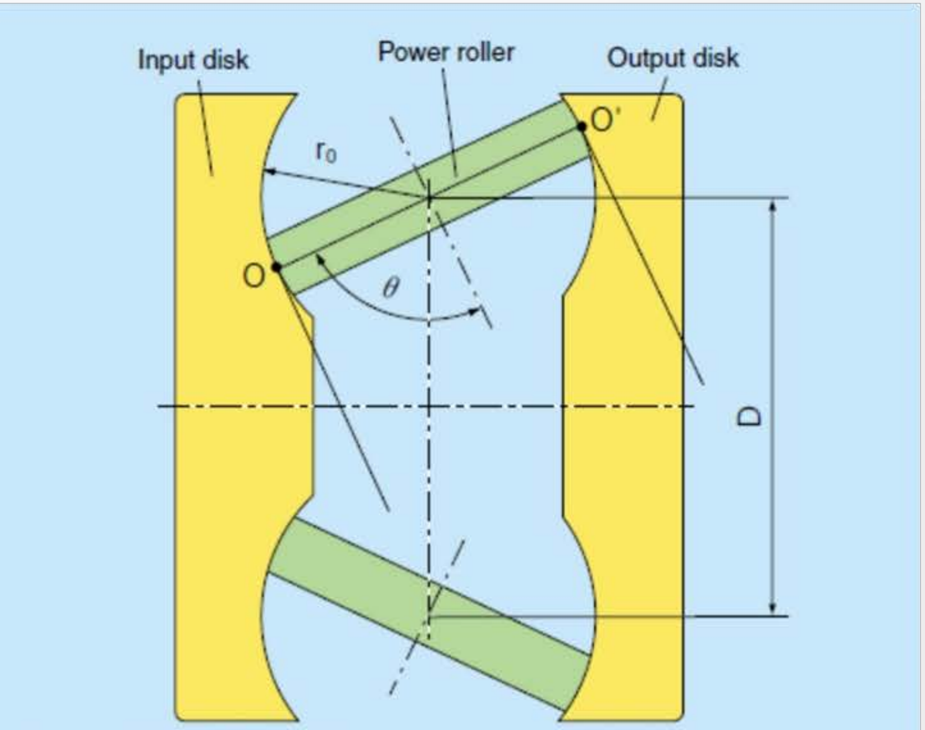


Fig. 3 Full toroidal CVT

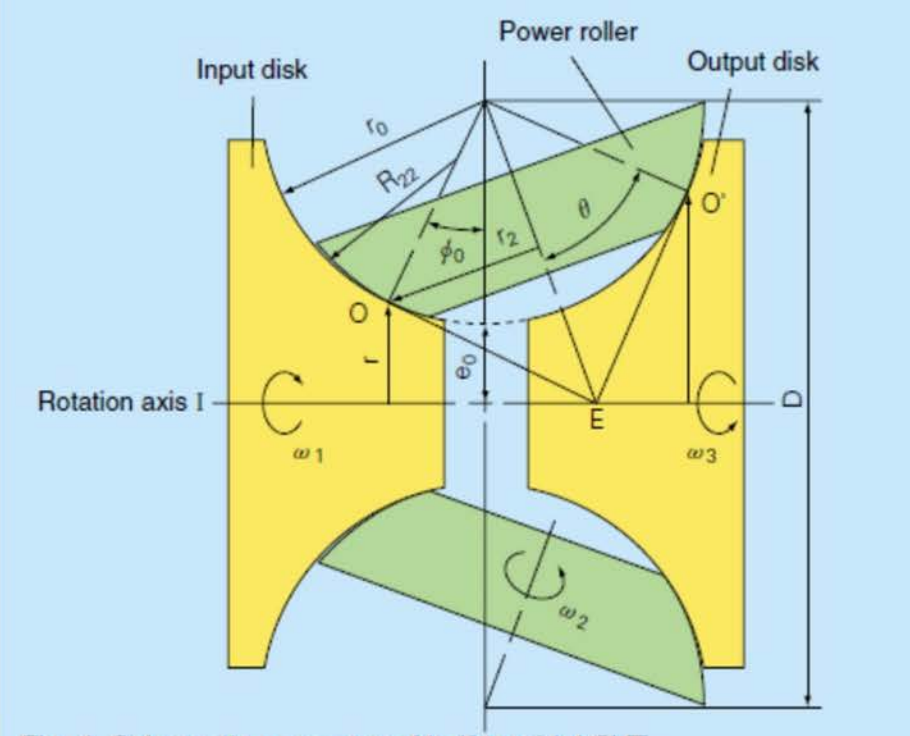


Fig. 4 Schematic geometry of half toroidal CVT

Half Toroidal CVT

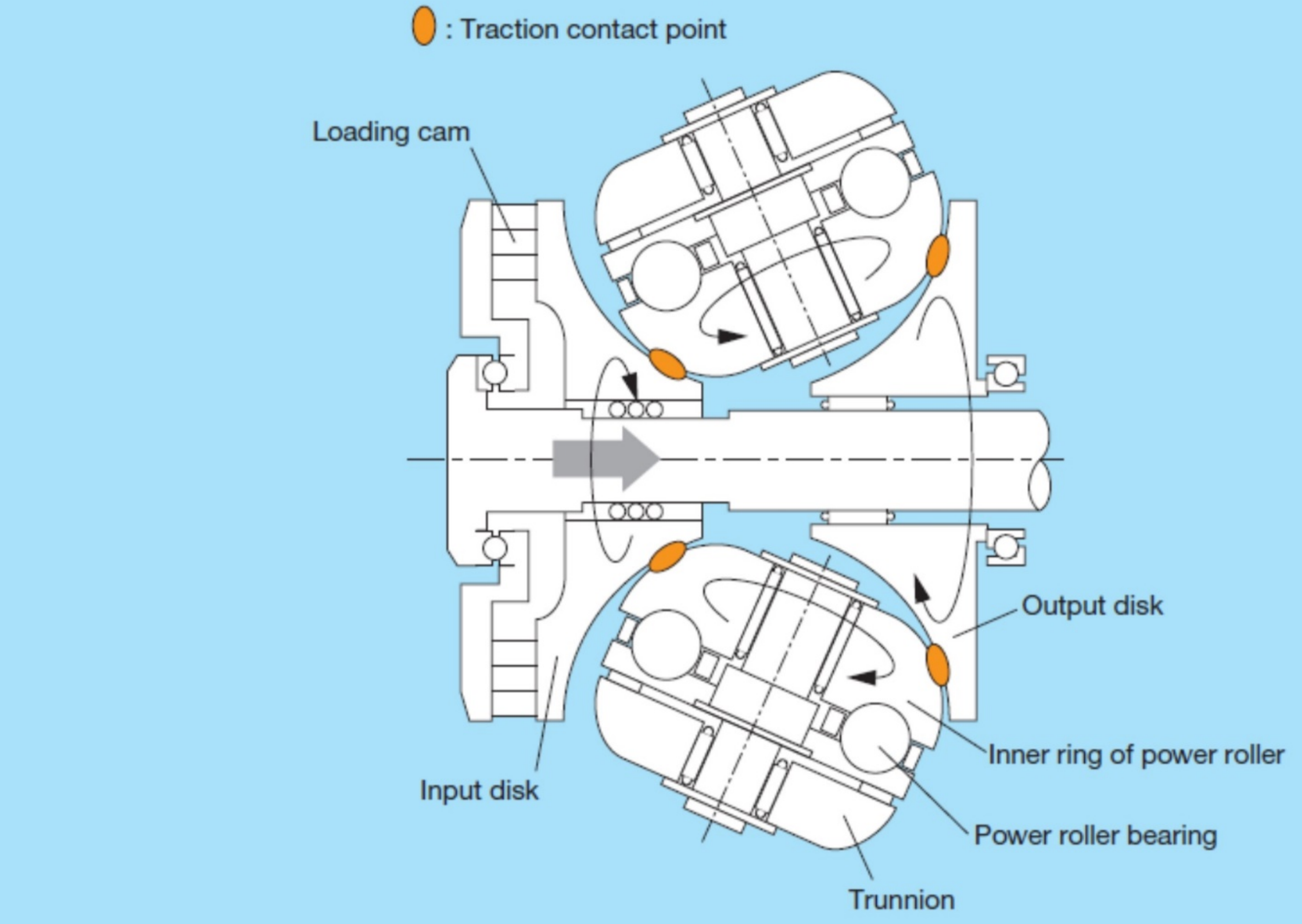


Fig. 1 Schematic view of a half-toroidal CVT

Half Toroidal CVT

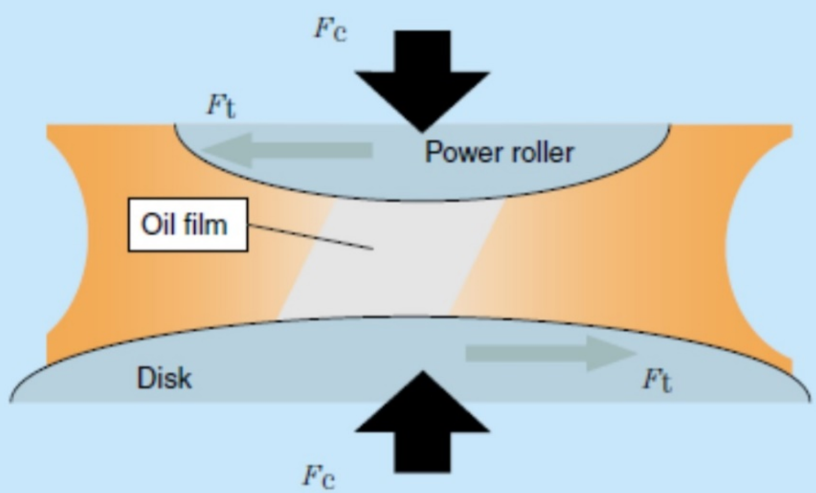


Fig. 8 Traction drive

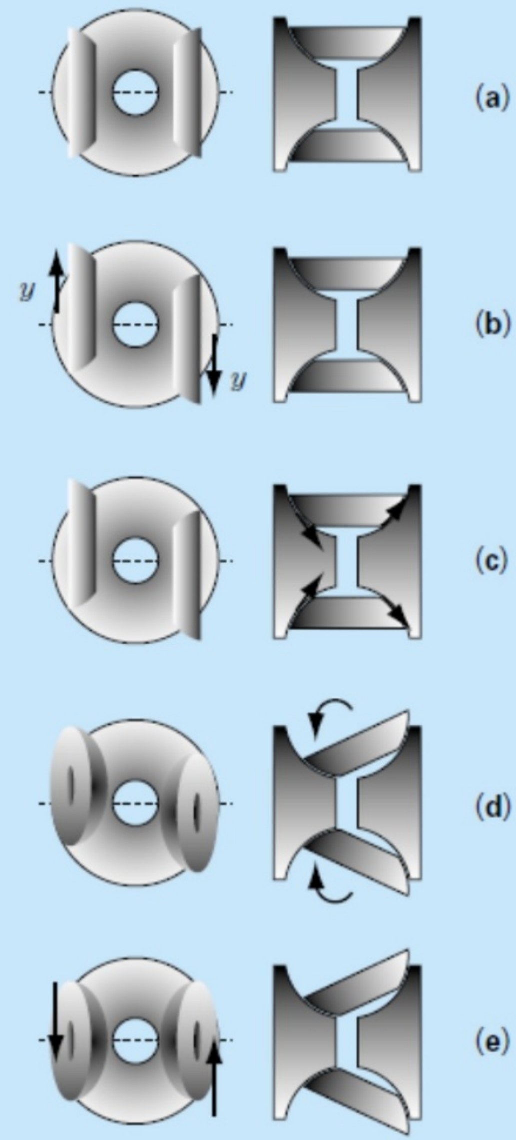
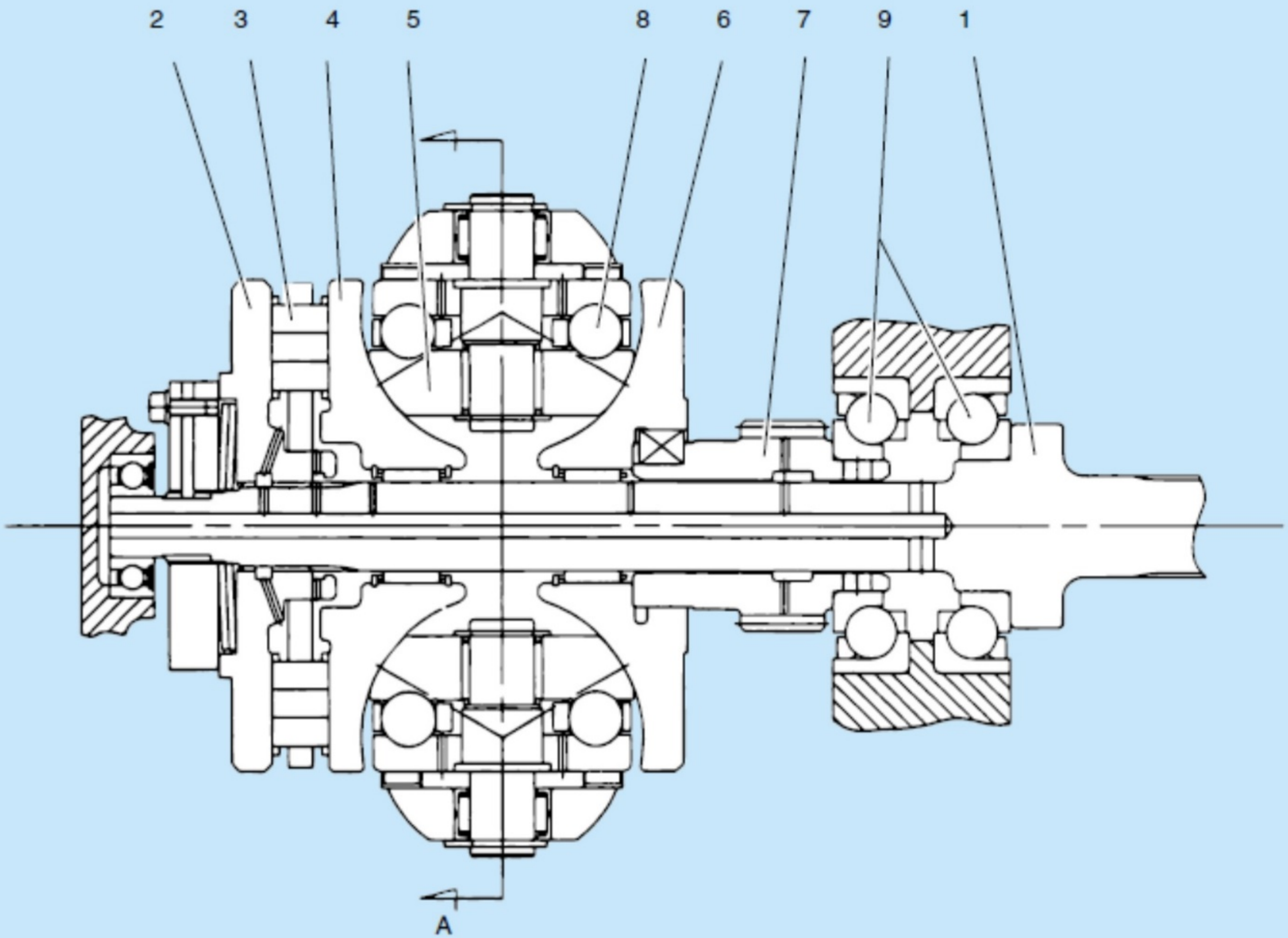


Fig. 7 Control principle of transmission of half toroidal CVT

Half Toroidal CVT in NSK



1. Input shaft
2. Loading cam
3. Cam roller
4. Input disk
5. Power roller
6. Output disk
7. Output gear
8. Power roller bearing
9. Disk sustaining bearing

Fig. 5 Half toroidal CVT

Half Toroidal CVT in NSK

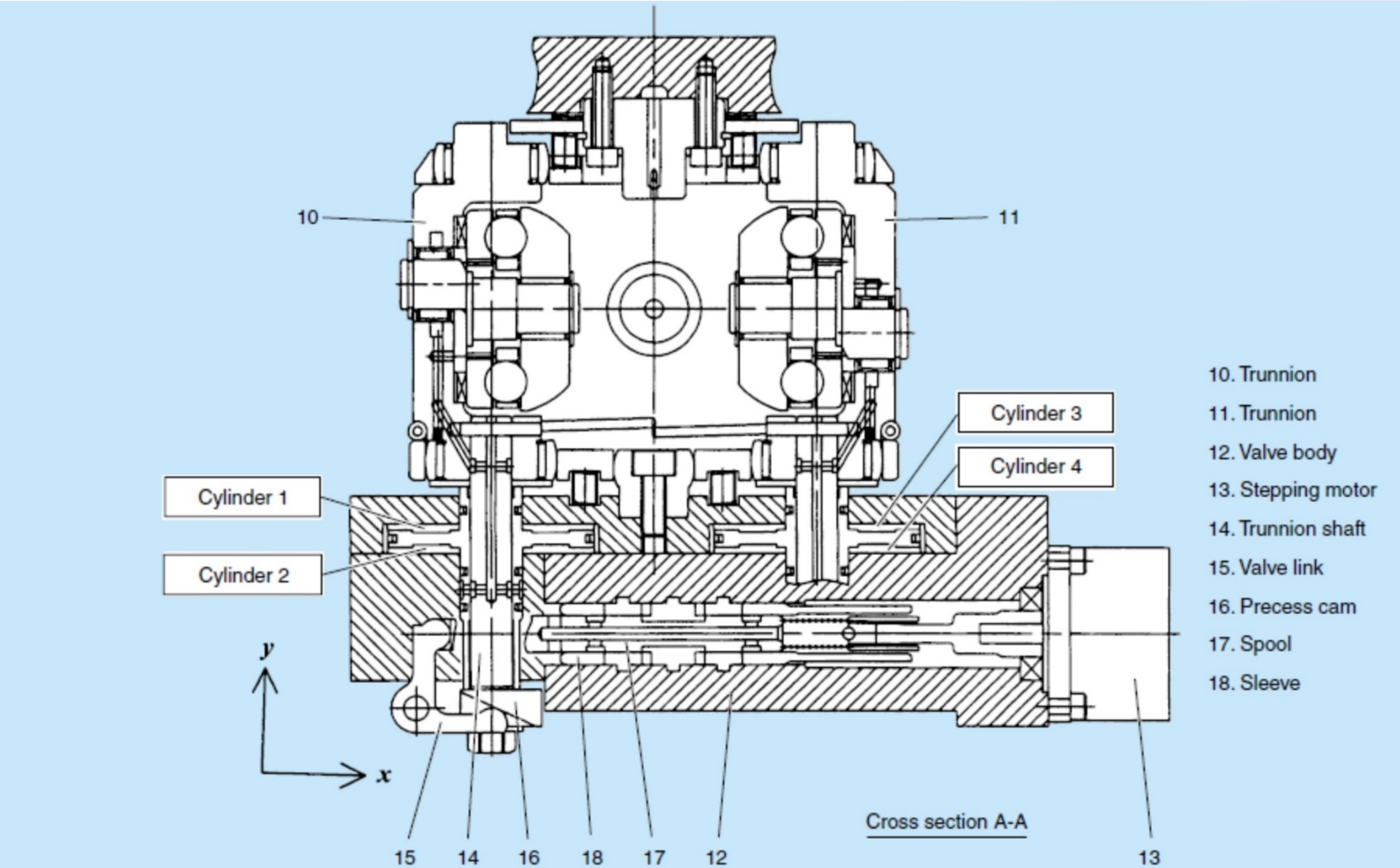


Fig. 6 Half toroidal CVT

CVT Transmission

installed
in Nissan
Motors'
Cedric
and Gloria,
1987

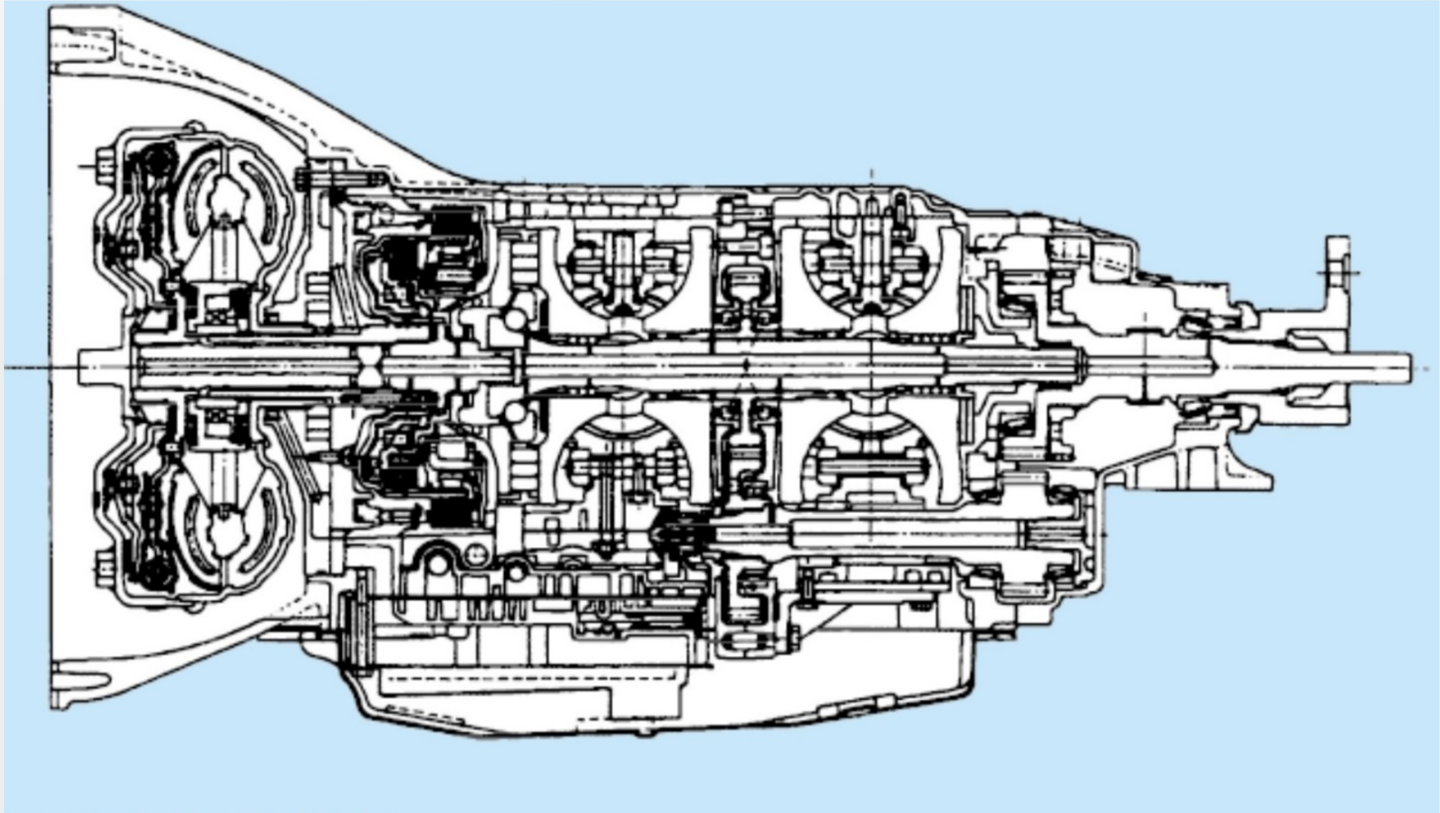
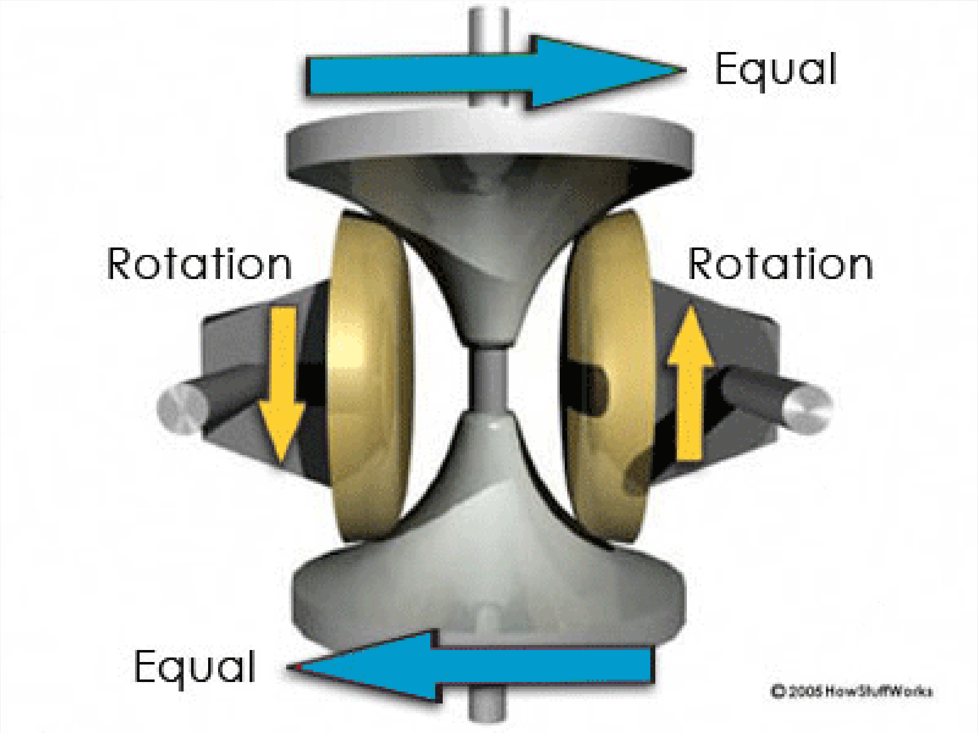
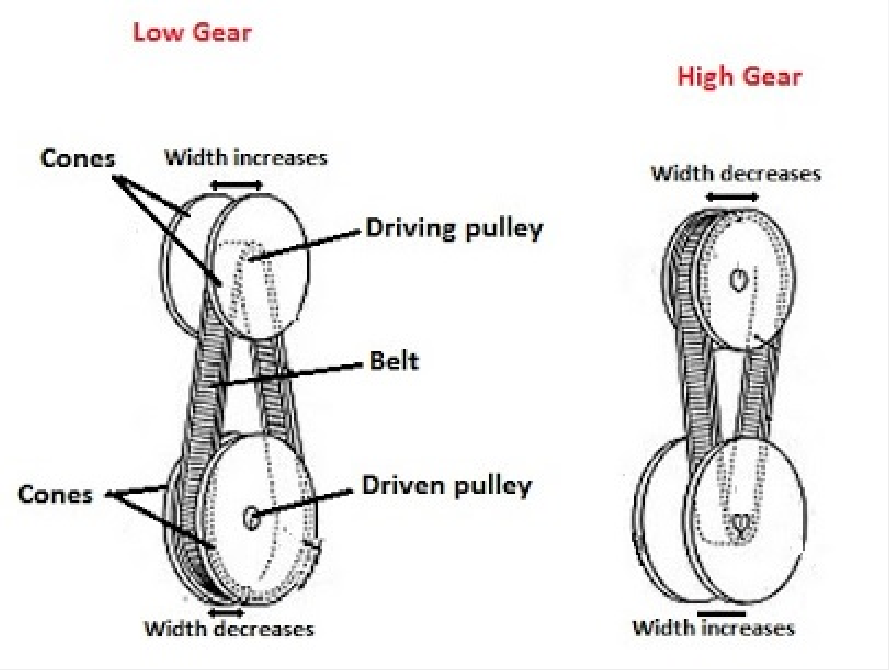


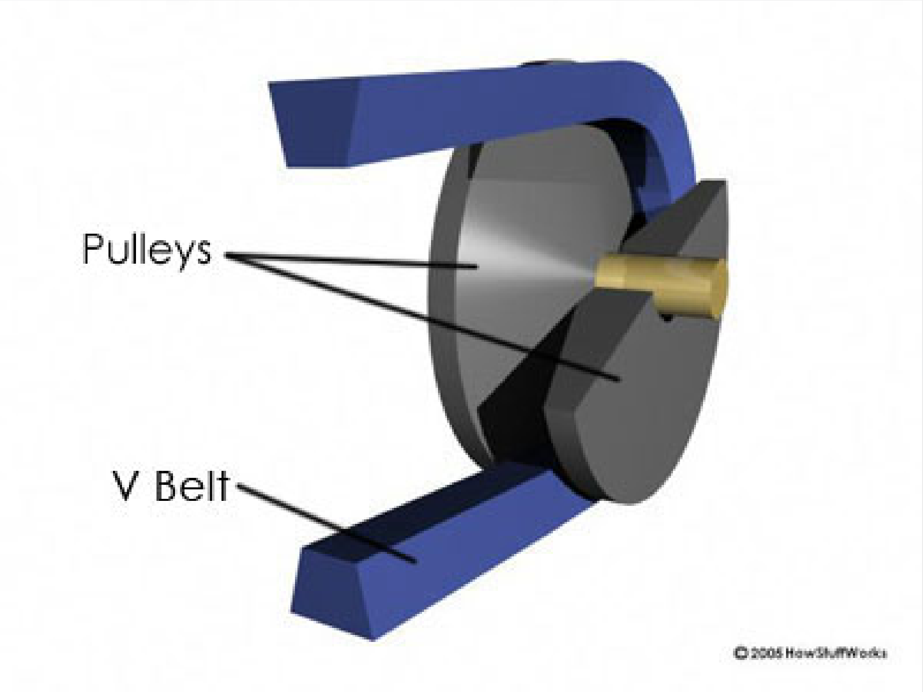
Fig. 19 Nissan Extroid CVT

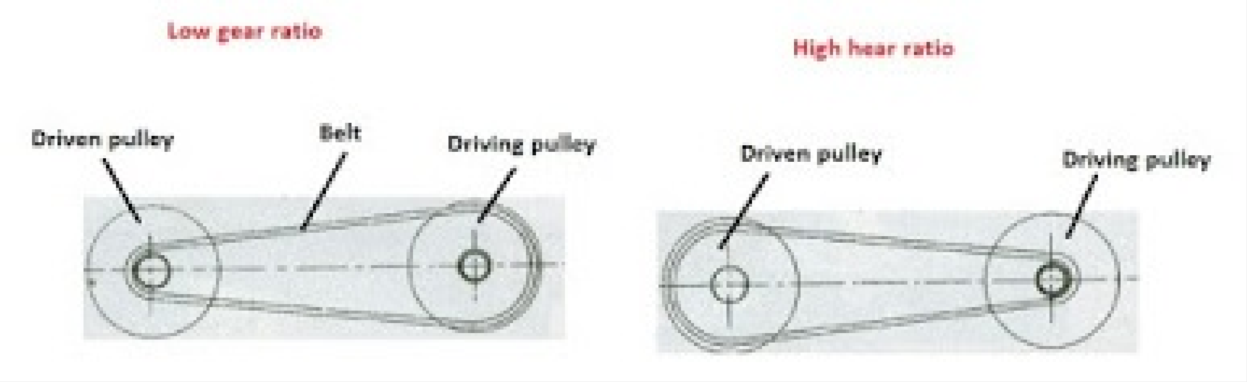
CVT automatic transmission



CVT Varyatör kayış kasnak

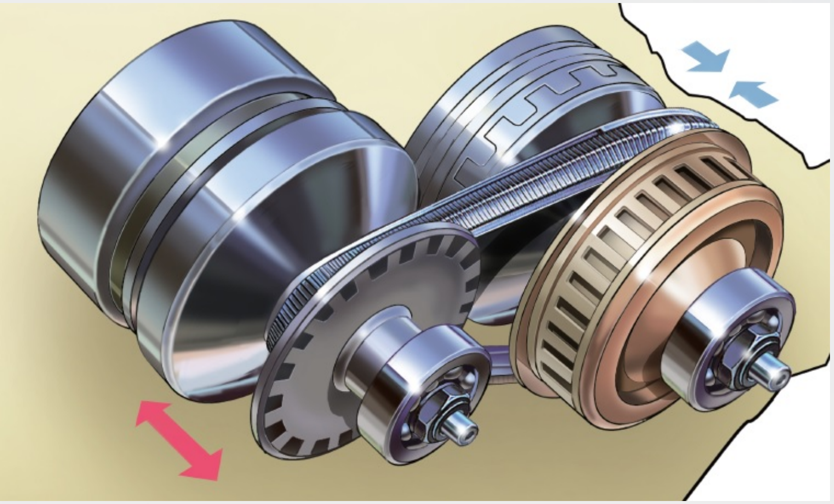


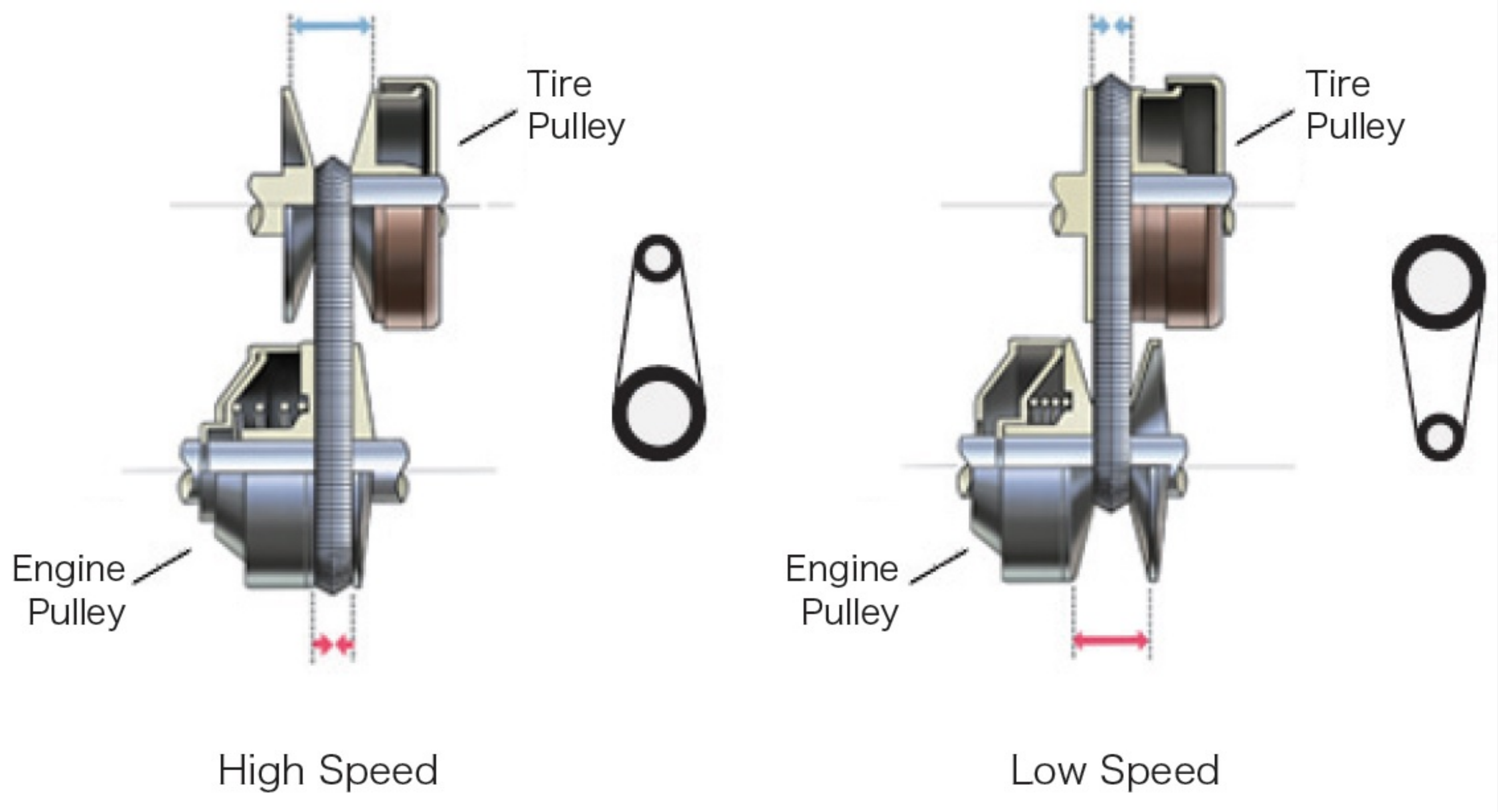




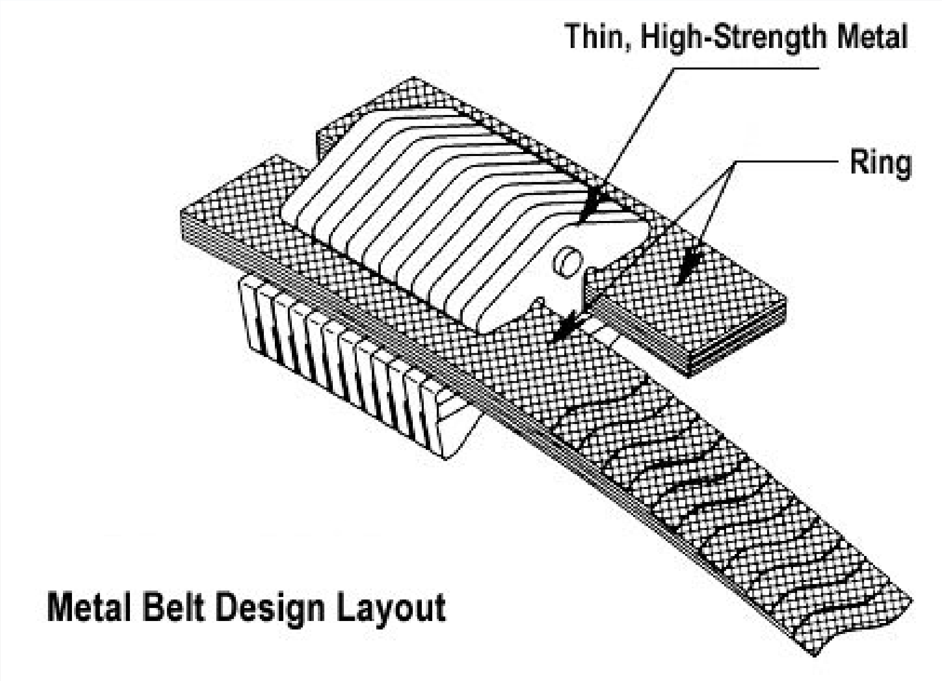
CVT Varyatör

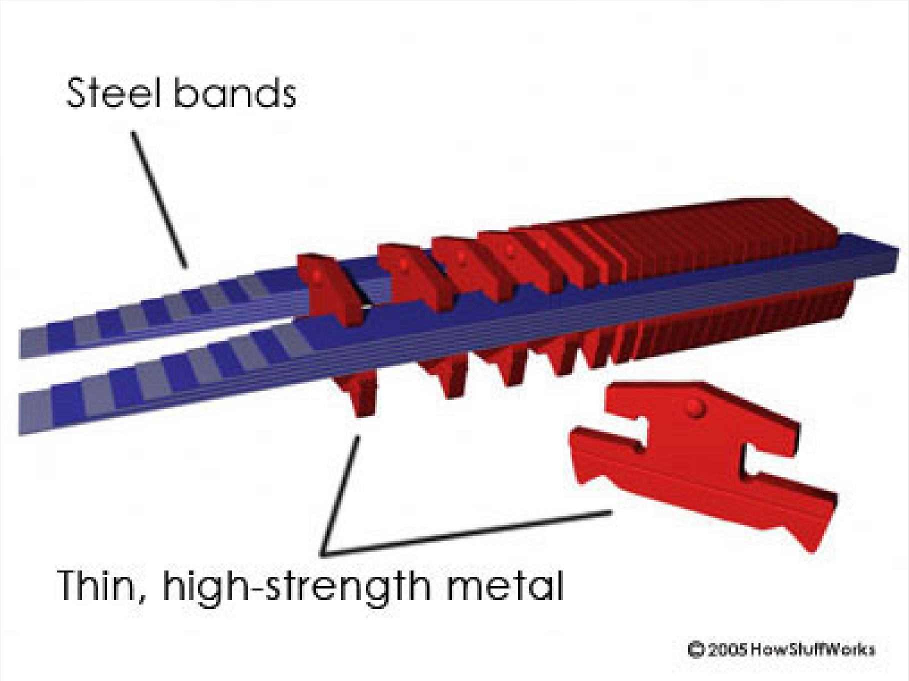
Steel belt (chain) pulley CVT





CVT steel belt (chain)





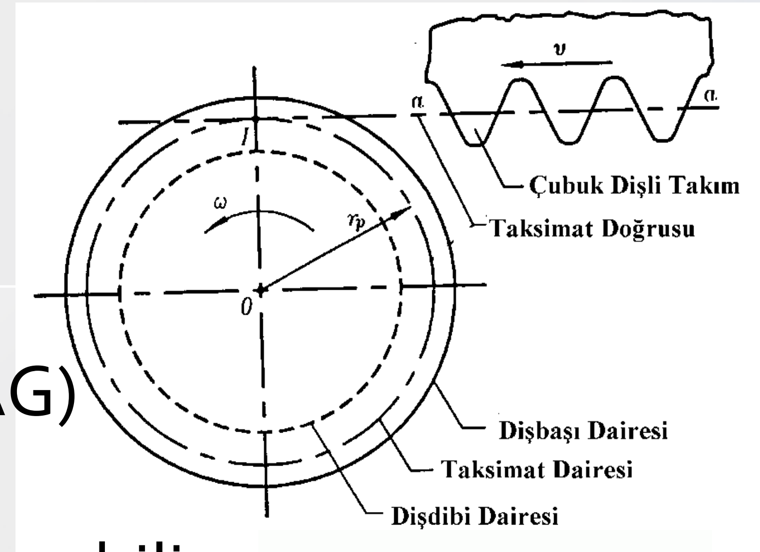
Dişli Çark İmalat Yöntemleri

- Talaşsız : Mg veya plastik malzemenin basınç altında dökülmesi veya sıkıştırma teknolojisiyle imal edilebilir.
- Talaş kaldırarak: Kopyalama (Form Freze) ve Yuvarlanma yöntemi (Dişli planya, kremayer, azdırma yöntemi).
- Kopyalama Yöntemi
- Yuvarlanma yöntemi
- 3D Yazıcı (Katmanlı yığma yöntemi)

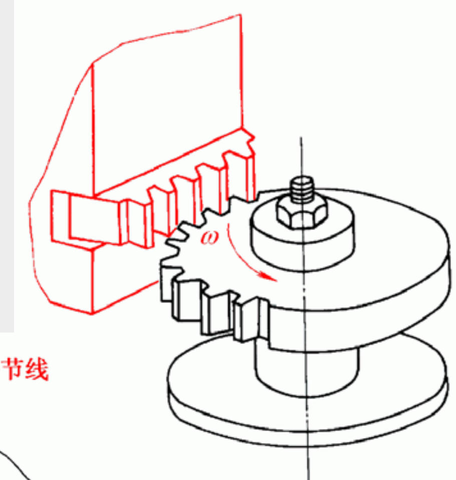
Dişli çark imalat metodları

Tablo: Dişli Çarklar için imalat metodları				
Talaşlı İmalat			**Talaşsız İmalat**	
Metod	**Takım**	**Uygulama**	**Metod**	**Uygulama**
Azdırma, Frezeleme	Azdırma freze çakısı	Düz ve helisel dış diş açma, konik ve helisel çarklar	Döküm	Az özelliği olan dökme demir, çelik döküm ve temper dökümden alın ve konik çarklar
Vargelleme, frezeleme	Kesici bıçak veya çark, paket takım	Düz ve helisel, iç ve dış diş açma	Püskürtme döküm, basınçlı döküm	Plastik ve hafif metalden, düz alın ve konik çarklar
Profil frezesi	Profil freze çakısı	Düz ve helisel dış diş açma, tek tek imalat	Hassas dövme	Taşıtlar için düz konik çarklar
Dişli taşlama	Taşlama diski	Düz ve helisel dış diş açma, sertleştirilmiş çarklar	Sinterleme	Düz dişli konik çarklar
Raspalama	Raspa çarkı	Düz ve helisel dış diş açma	Soğuk presleme	Düz dişli küçük alın ve konik çarklar
Tel erezyon (WEDM)	Tel bobin	Düz dış ve iç diş açma	Sıcak presleme	Düz dişli küçük alın ve konik çarklar

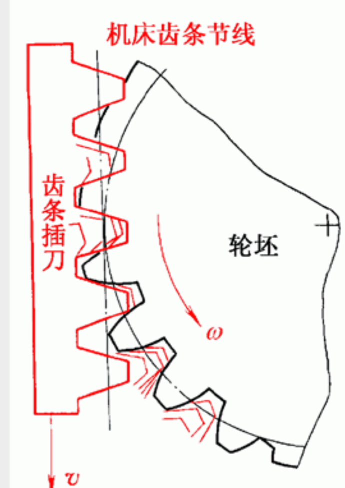
Dişli çarkların talaşlı imalat metodları



Çubuk dişli takım (Kremayer-MAAG)
Dişli çarkların talaşlı imalatında kullanılan metotlar iki grupta toplanabilir.
1) Kopyalama Metodu (Form Freze, Modül freze çakısı)
2) Yuvarlanma Metodu (Çubuk Dişli Takım, Helisel Freze, Pinyon Bıçak)
Kopyalama metodu az sayıda imalat için küçük atölyelerde tercih edilmektedir.

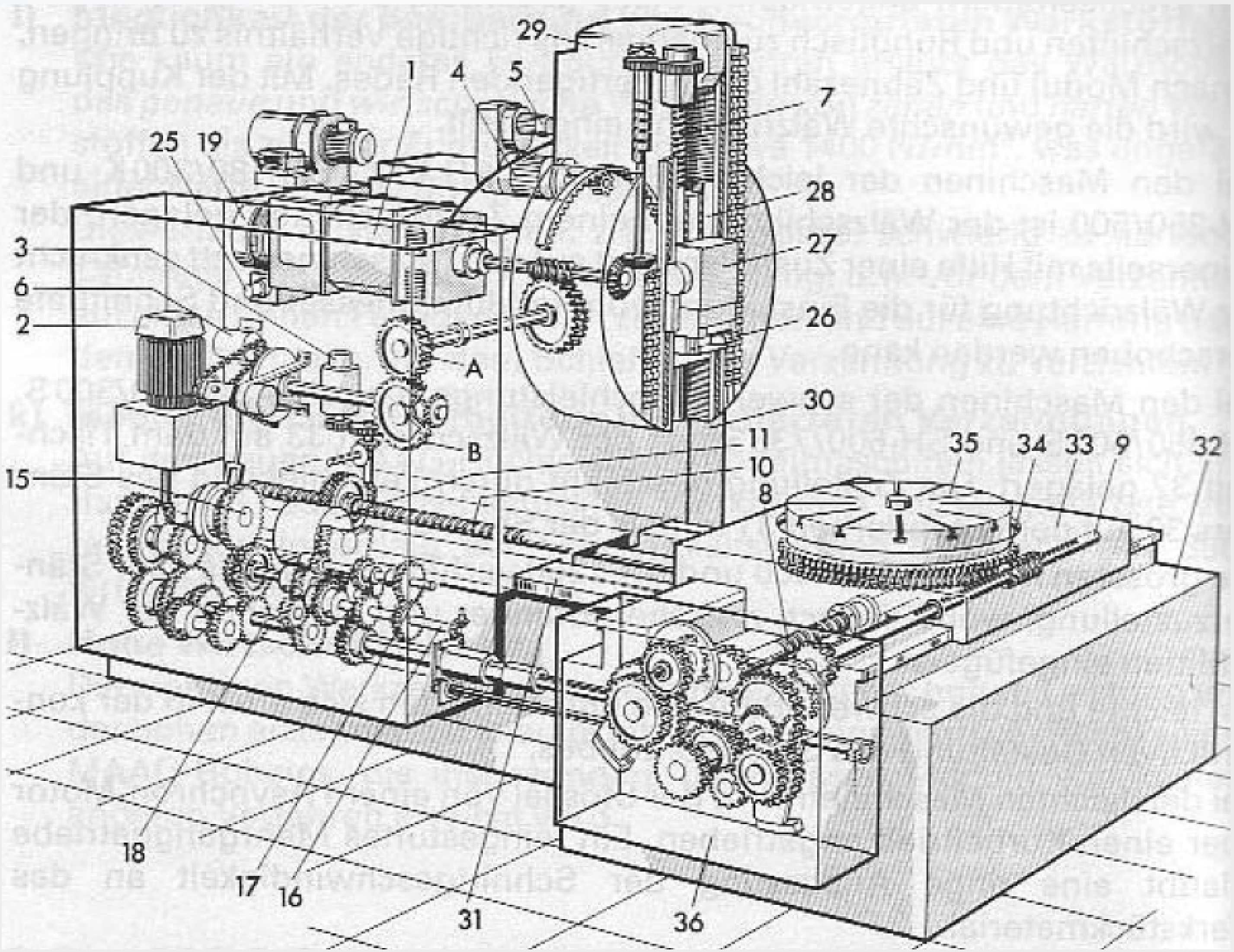


a)

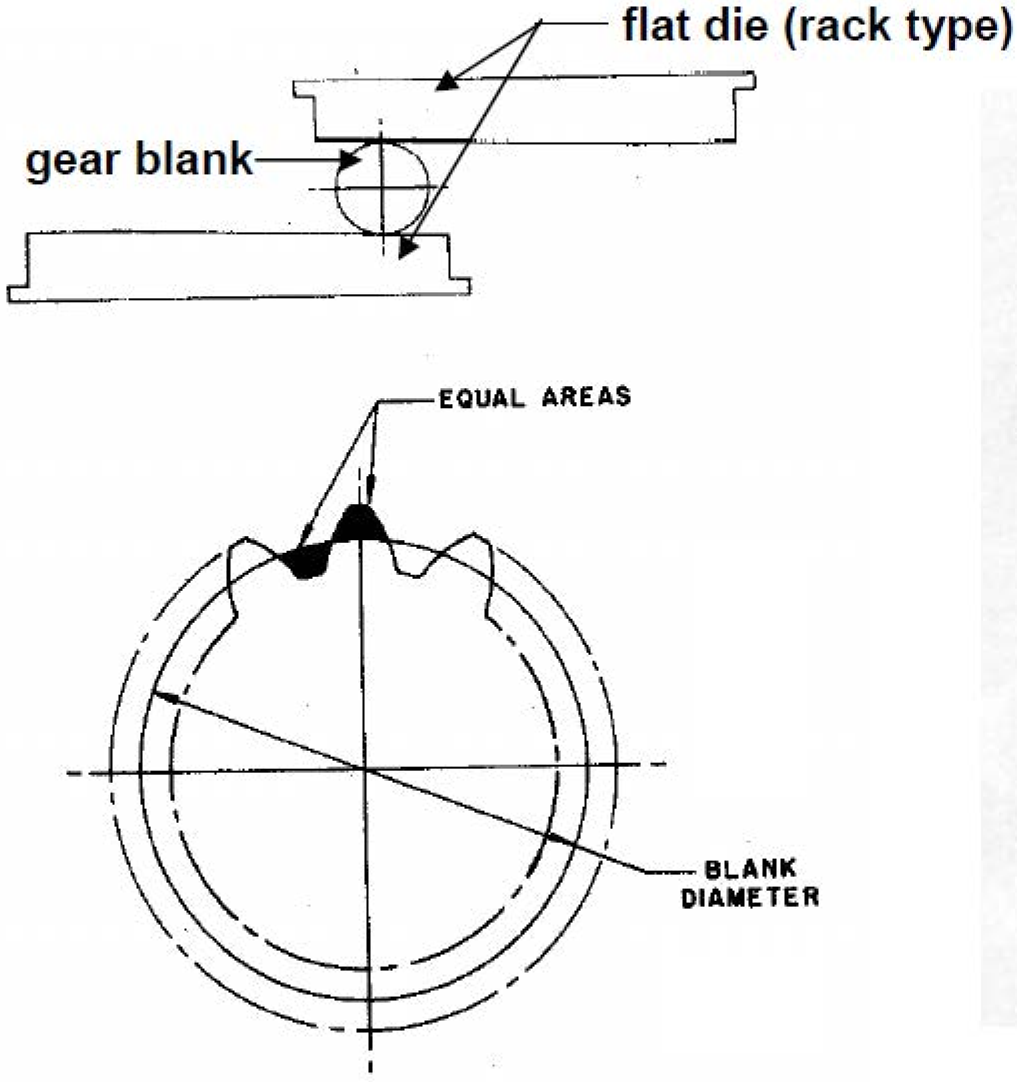


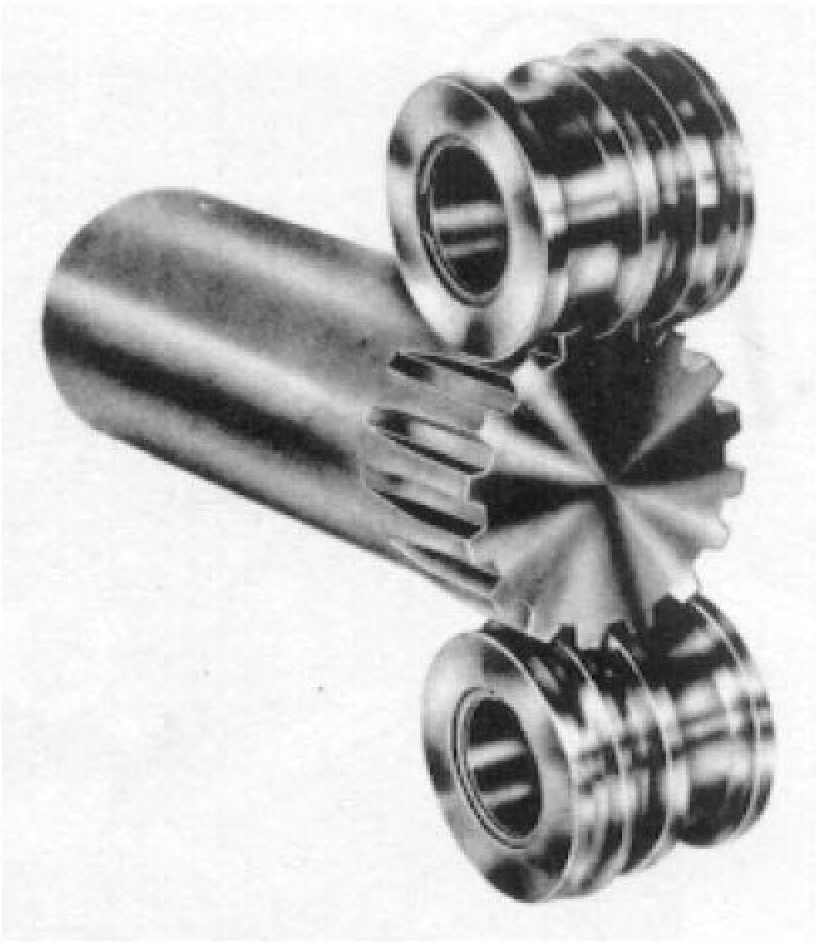
b)

Maag Diş Açma Tezgahı



Makara ile düz dişli imalatı

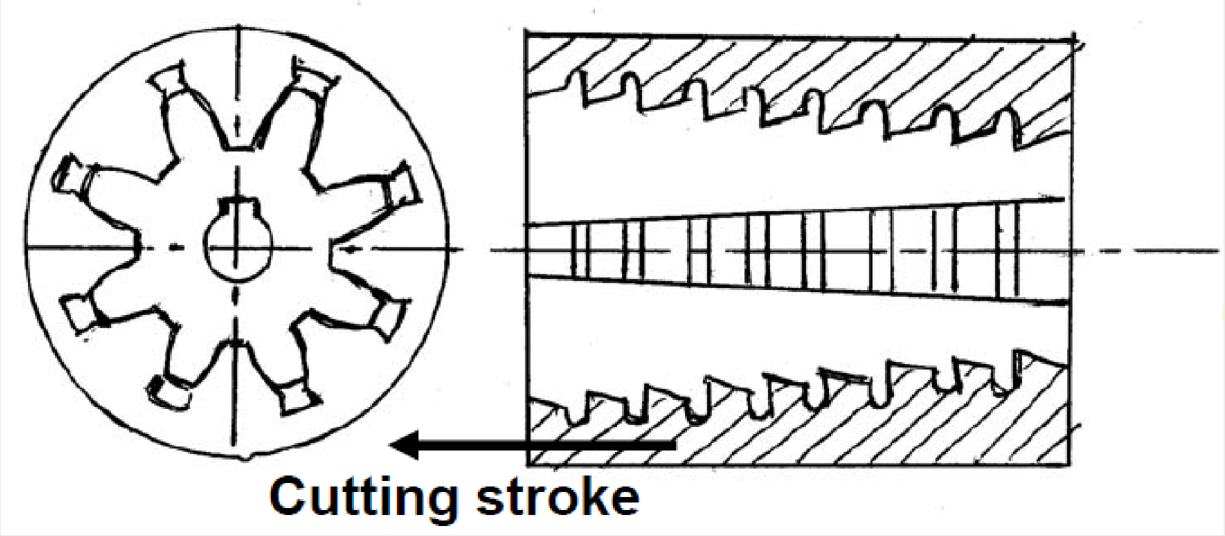




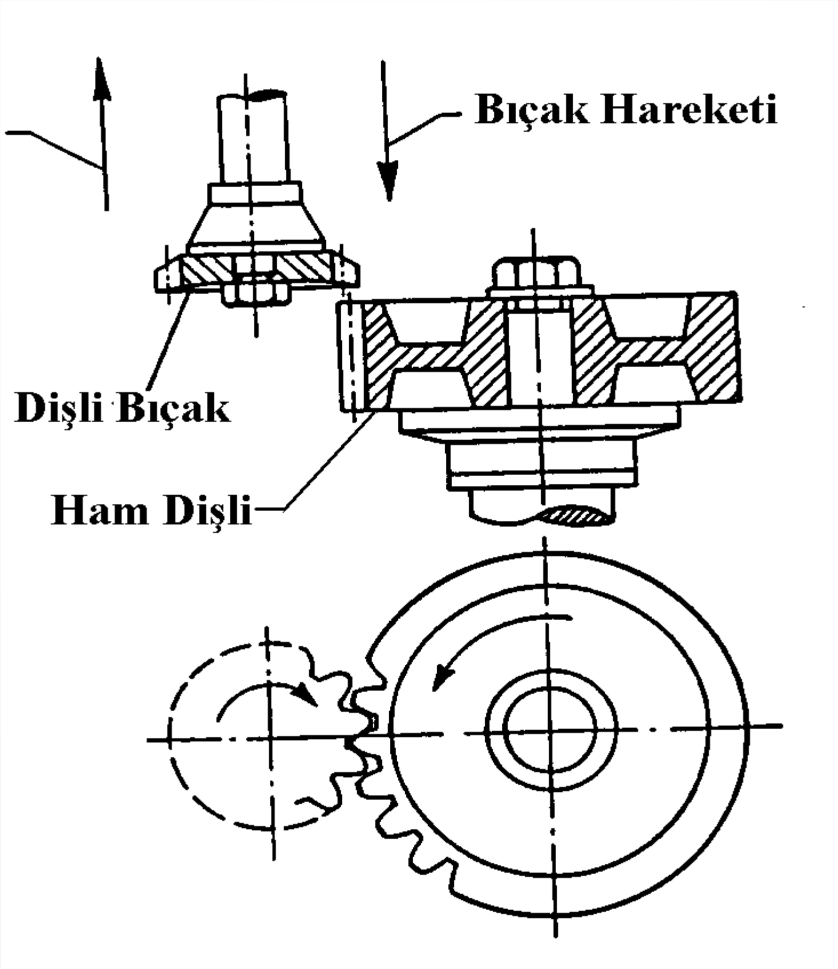
Düz dişli imalatı

Tel erezyon

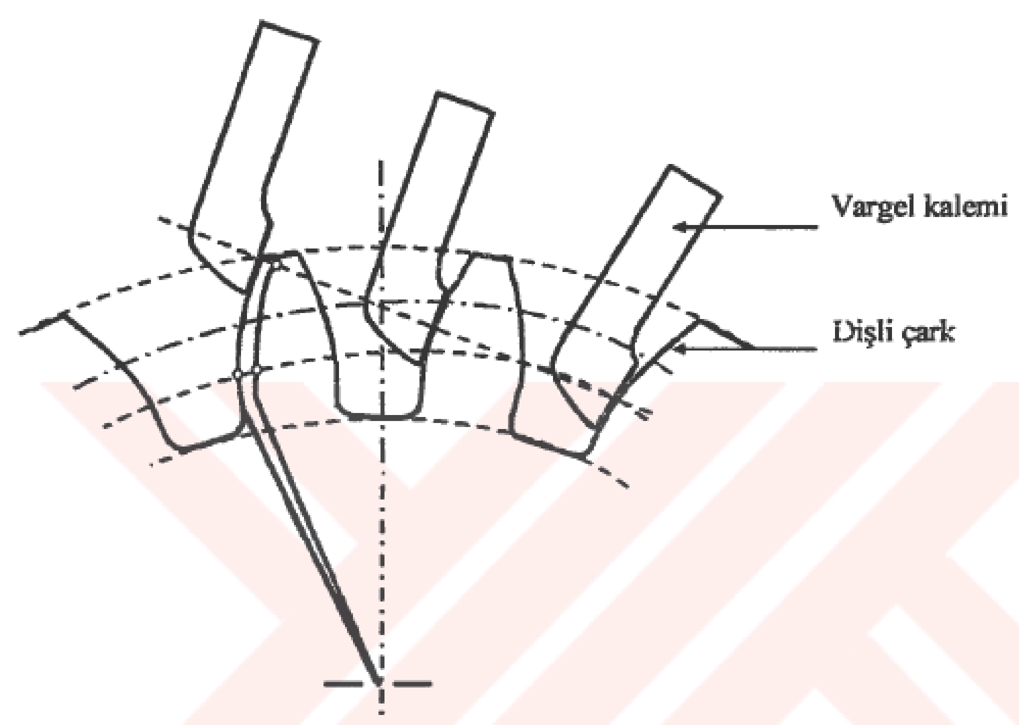
Broşlama



Pinyon şeklinde dişli bıçak (fellows)

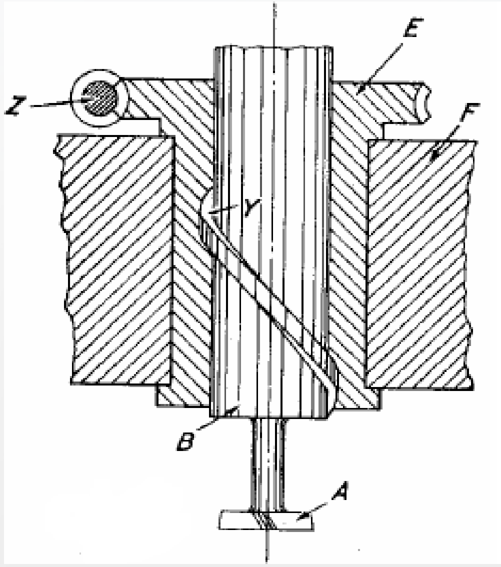


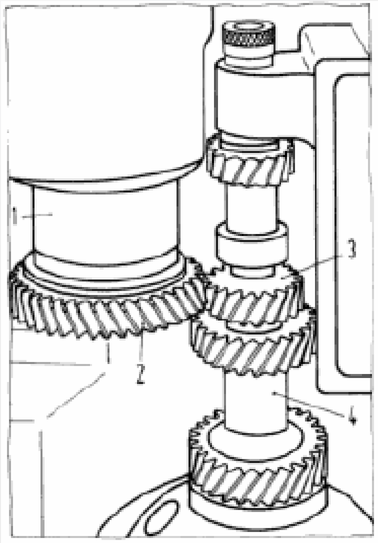
Vargel (planya bıçağı) ile diş açma

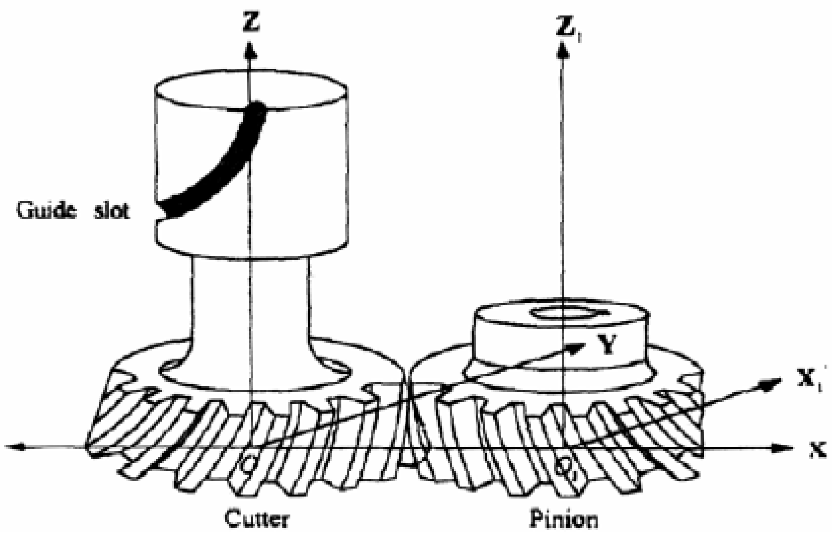


Pinyon şeklinde dişli bıçak (fellows)

Planyada helisel fellows bıçağa helisel hareketin verilmesi



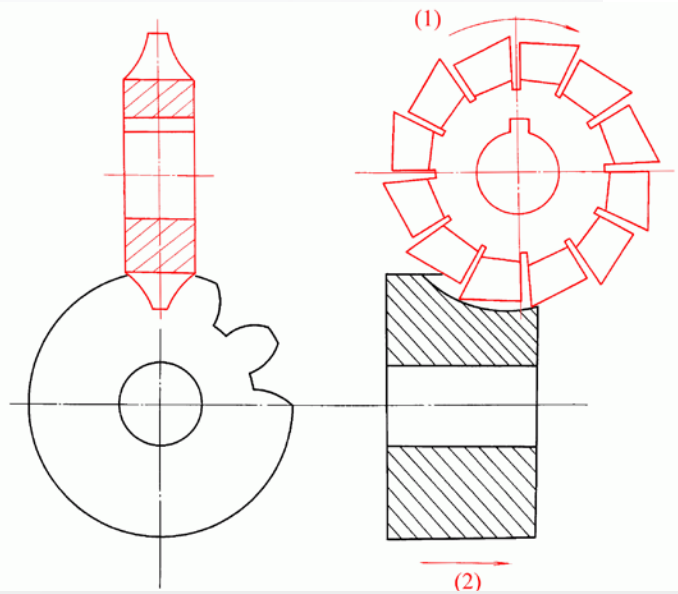


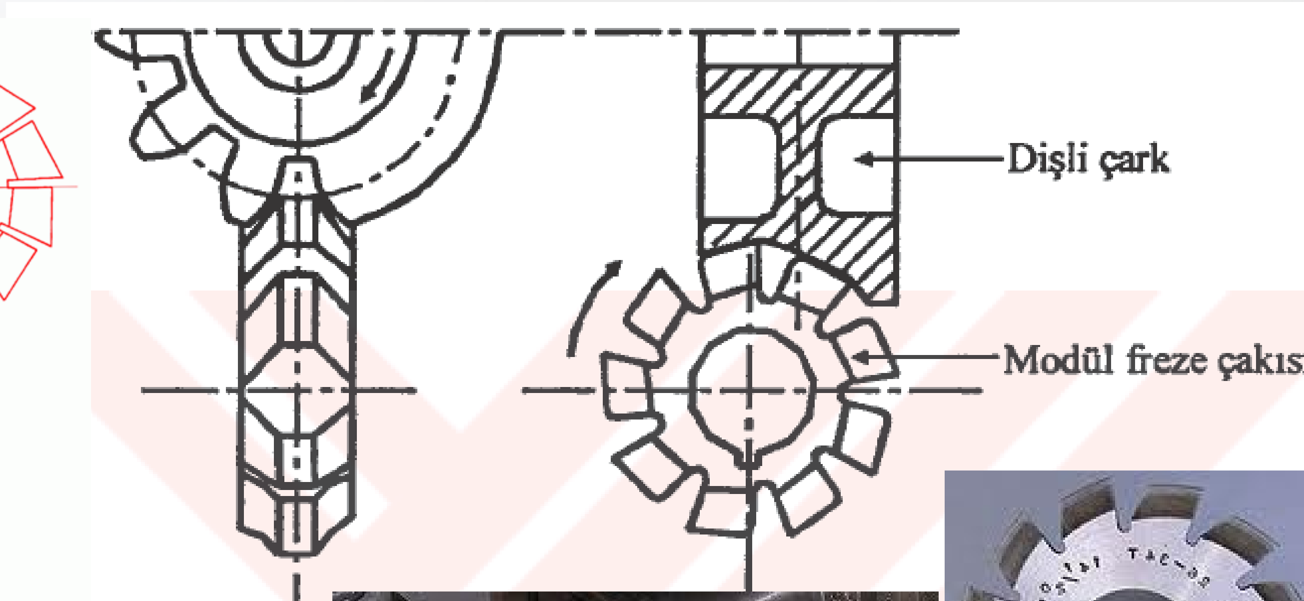


Helisel fellows bıçağı ile imalat

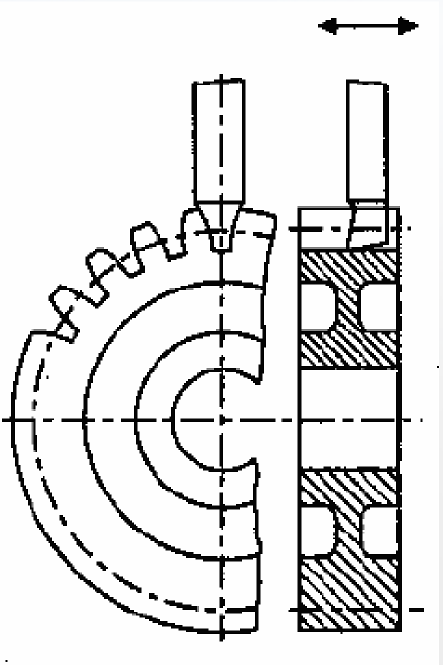
Dişlilerin talaşlı imalat metodları

form freze (modül freze çakısı) ile düz dişli açma

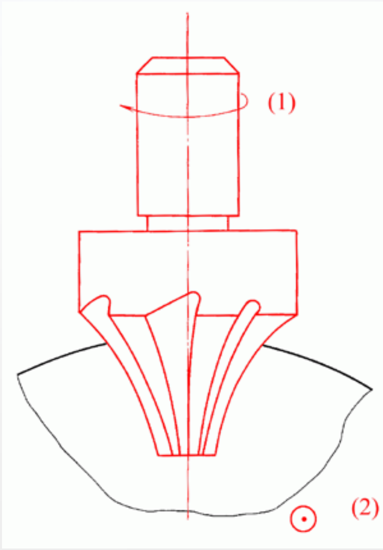


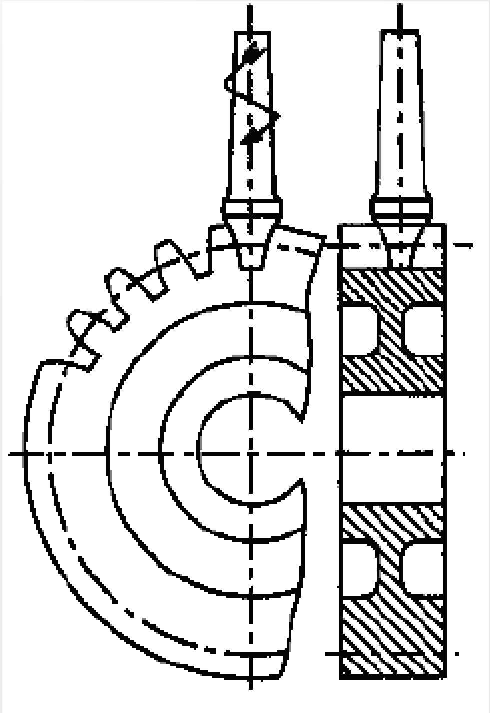


Dişlilerin talaşlı imalat metodları

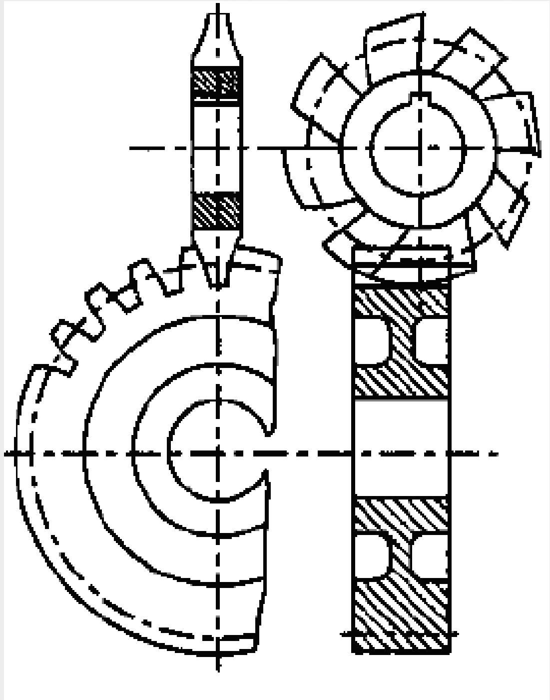


(i) Form Freze



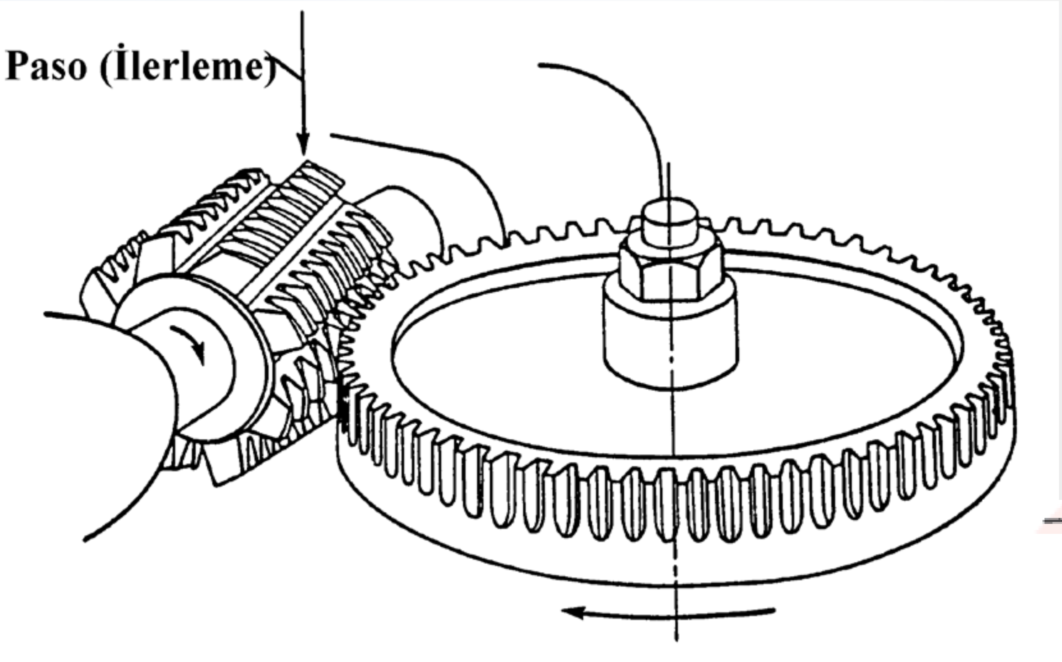


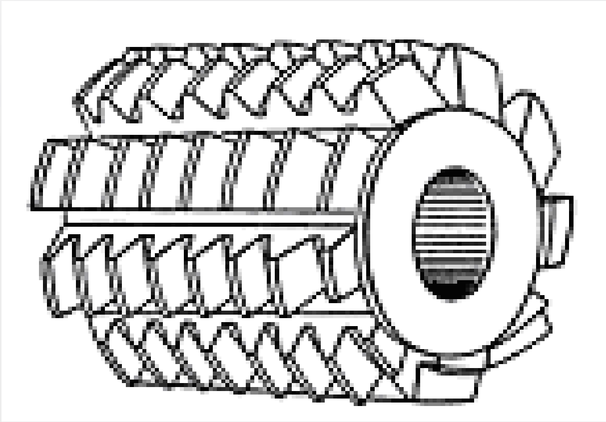
(ii) Parmak Freze

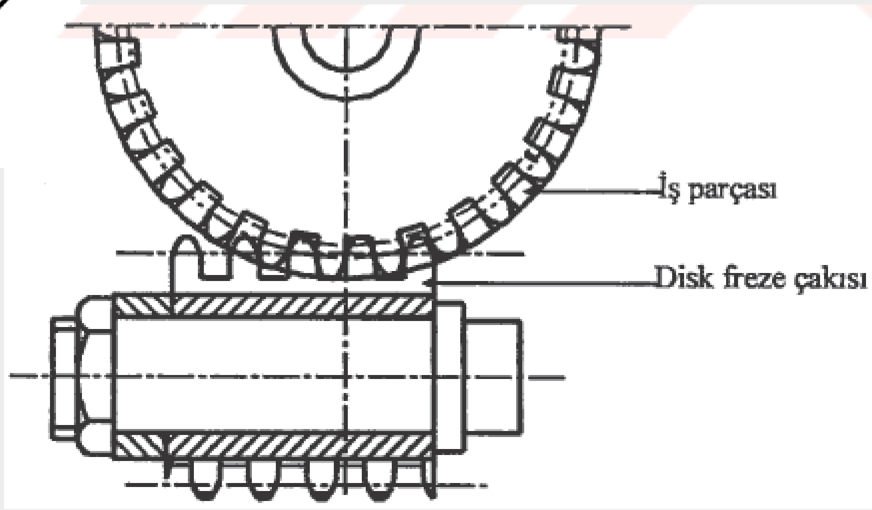


(iii) Disk Freze

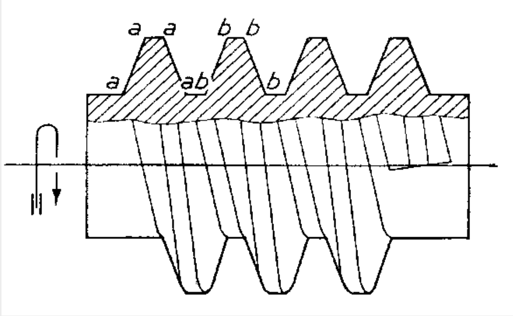
Helisel freze (azdırma)



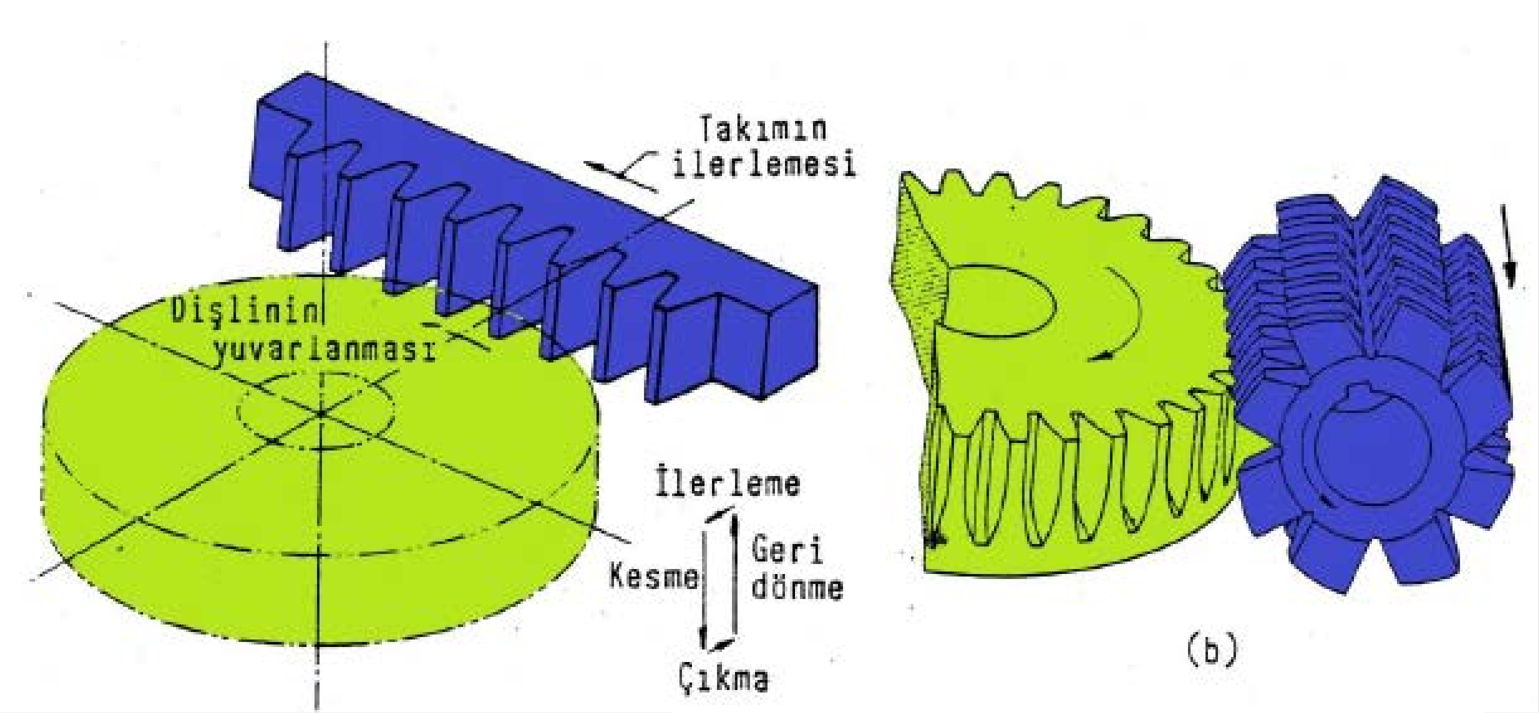




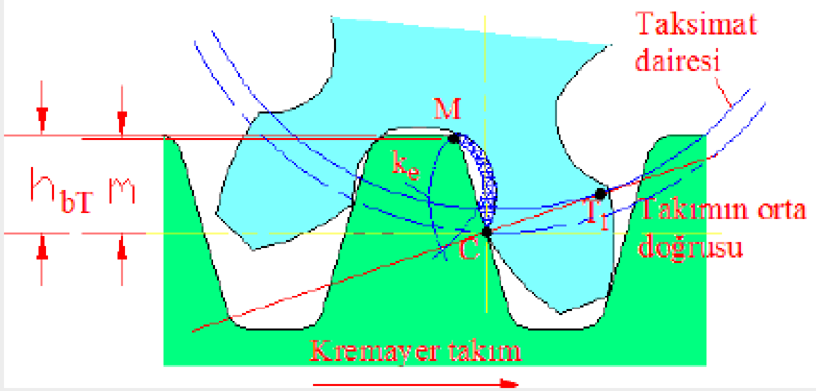
freze
eksenel
kesiti



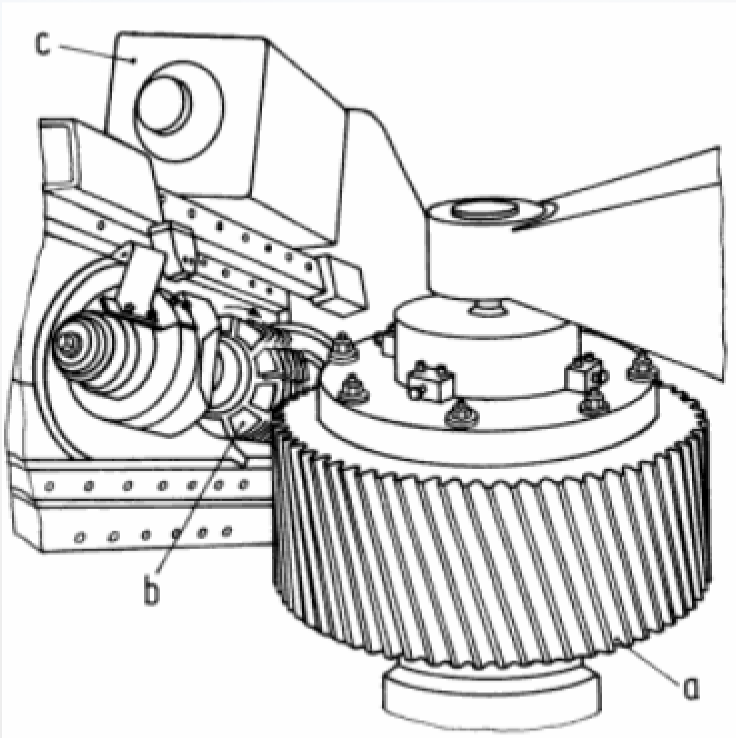
Kremayer ve azdırma ile diş açma

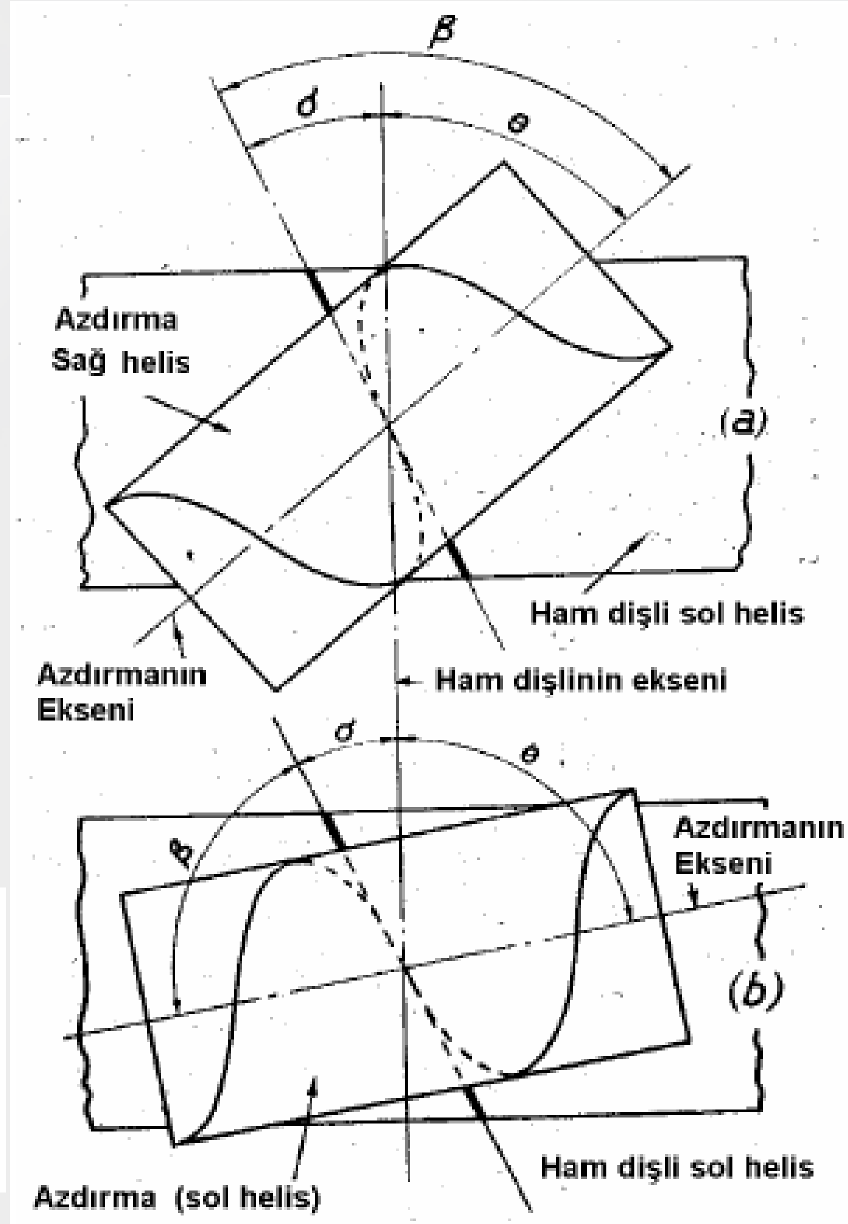


İmalat sırasında alttan kesme

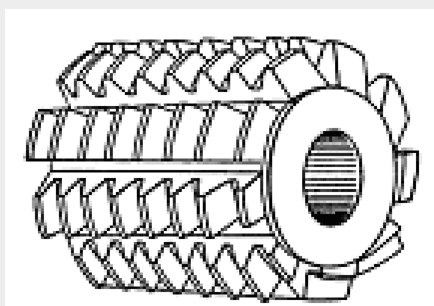


Helisel frezenin (azdırma) konumu





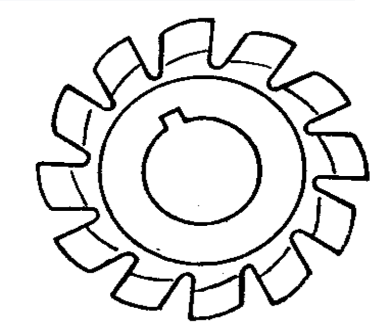
Helisel dişli imalatı

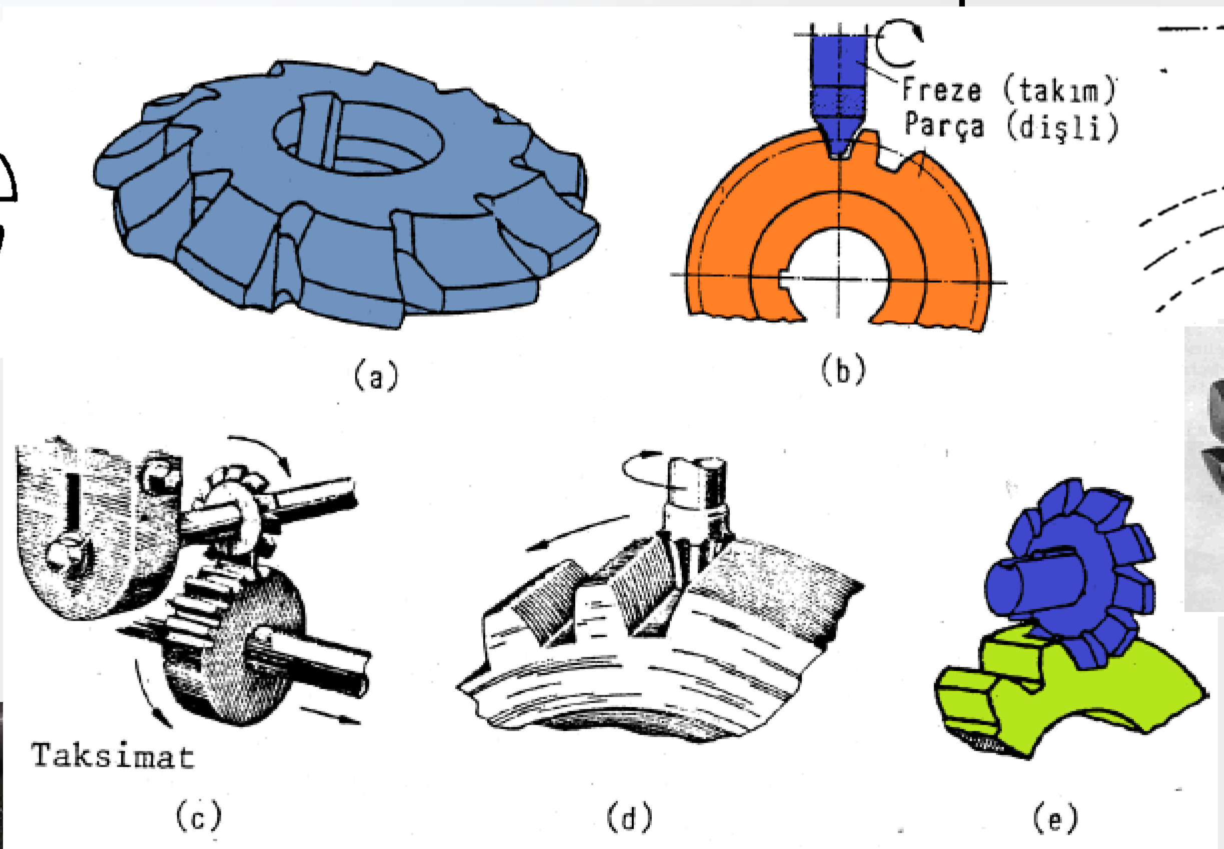


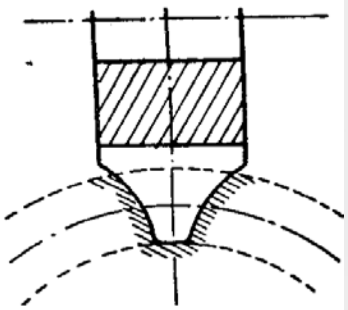
Form (modül, disk) (a,b,c,e) ve parmak (d) freze ile diş açma

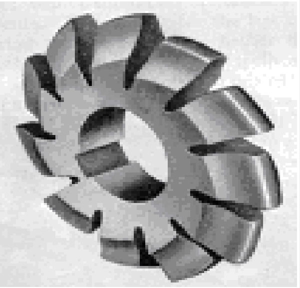
form freze

profil oluşturma



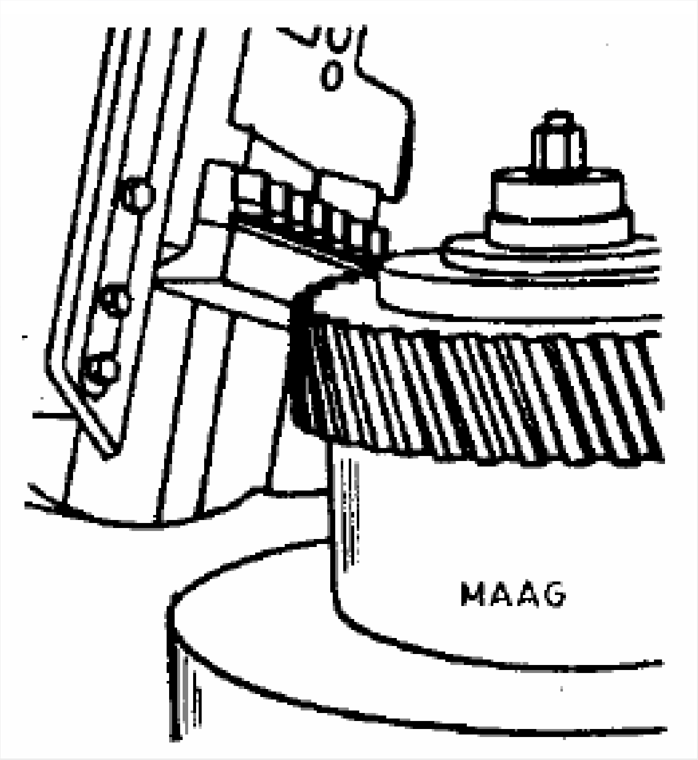




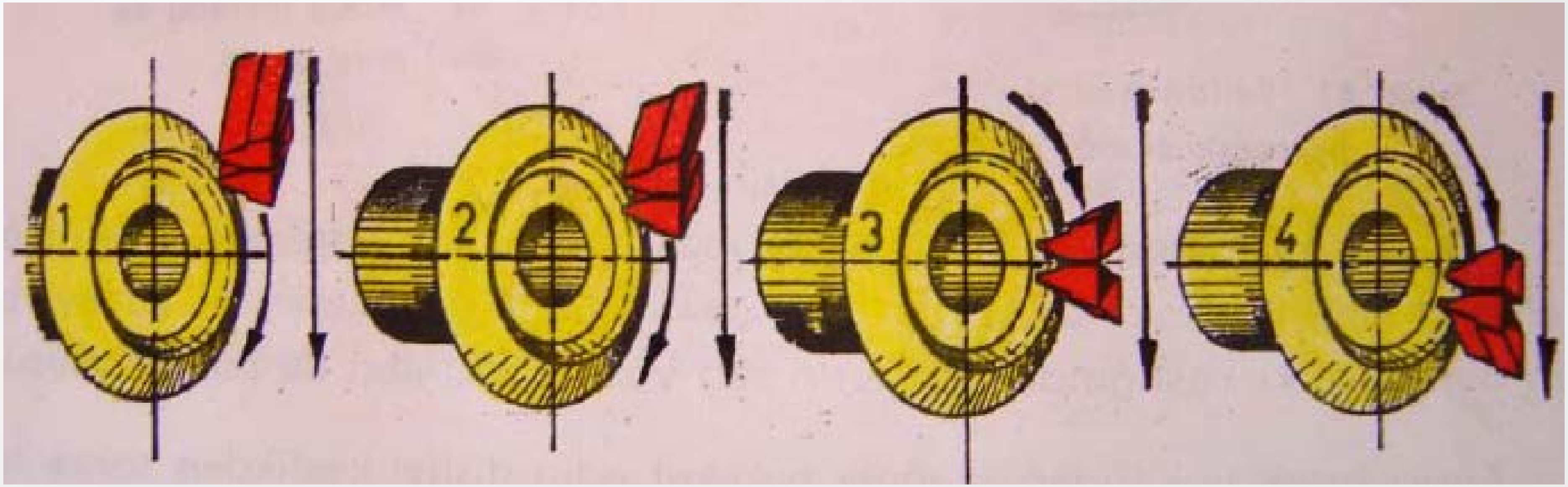


Çubuk dişli (kremayer) takım ile düz ve helisel dişli imalatı

Generating a spur and helical gear with pinion cutter



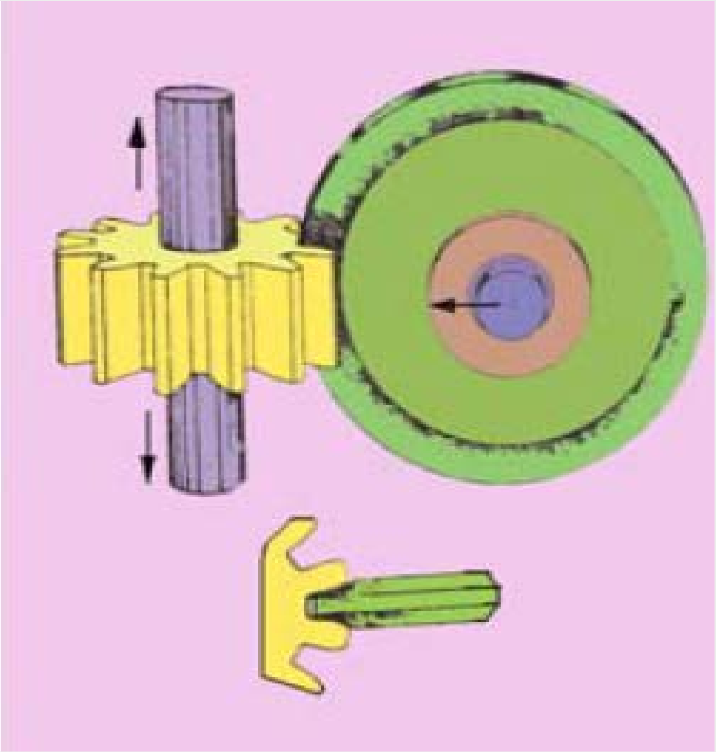
Konik dişlerin planya ile açılması



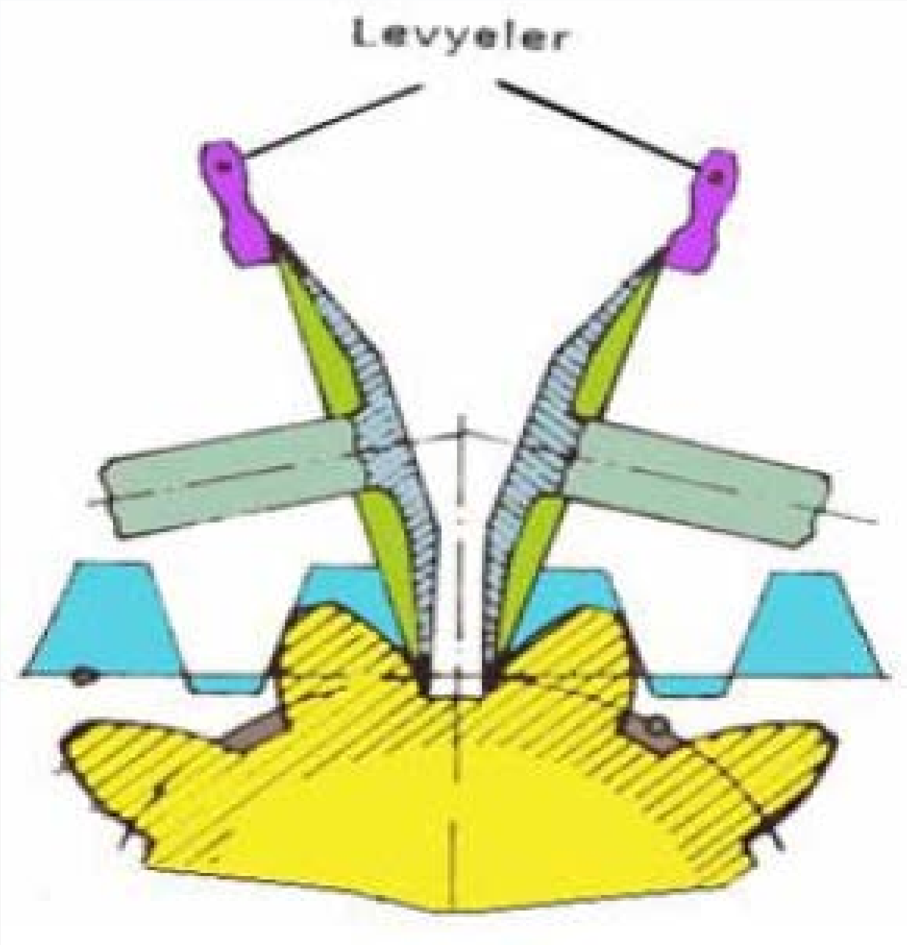
Planyalayarak yuvarlanma metoduna göre konik dişli açan tezgahta kesici bıçakların ve dişli taslağının bir dişin açılışındaki hareket aşamaları görünmekte

Dişlinin taşlanması

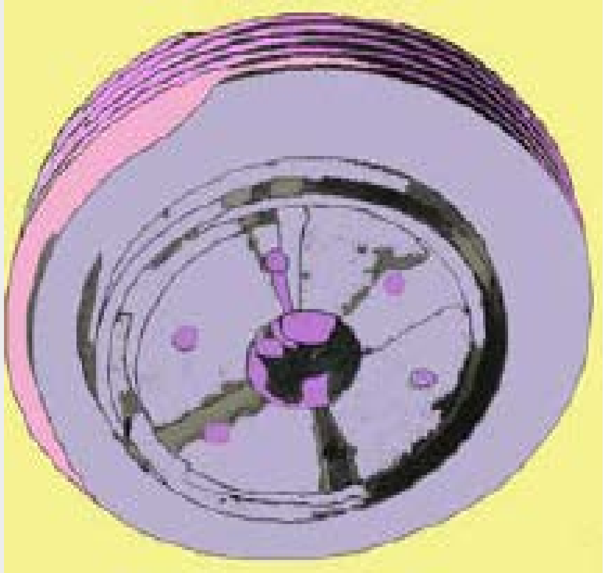
Form taşı ile helisel dişlinin taşlanması, form taşı ve dişlinin hareketi



Yuvarlanma metodu ile dişlinin taşlanması

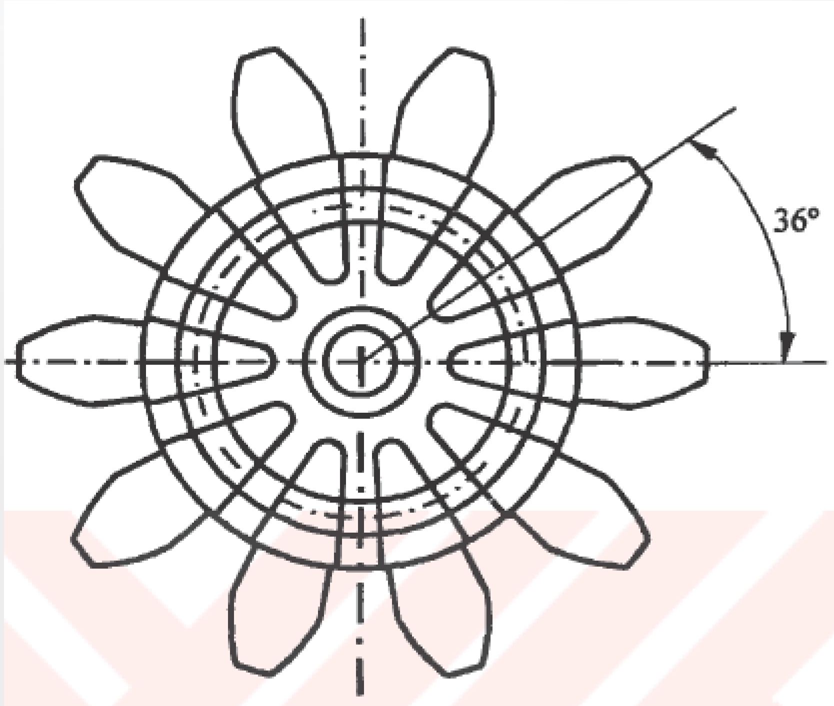


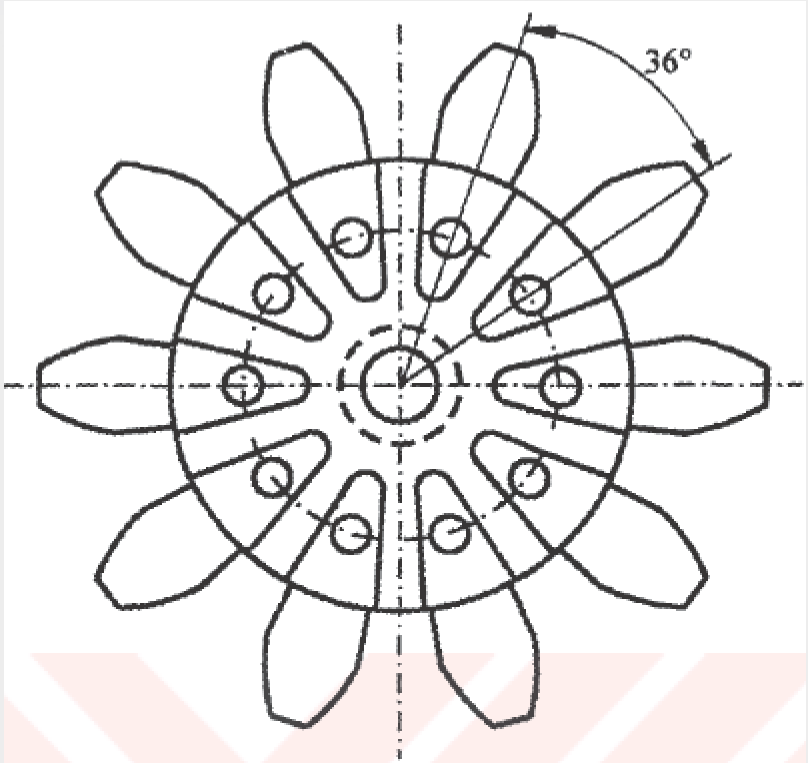
Azdırma biçimli
özel taşla taşlama



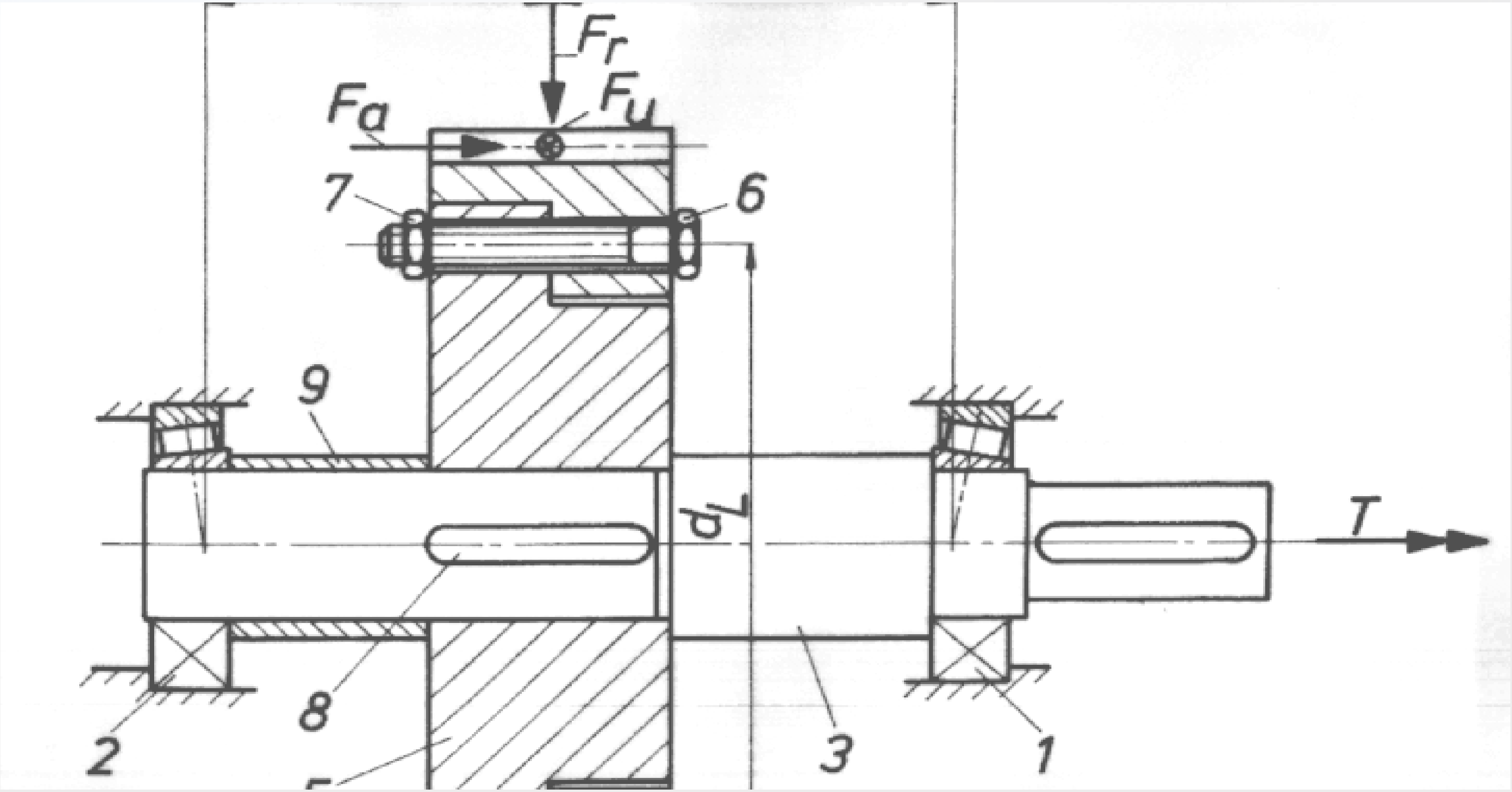
Dişleri değiştirilebilen dişliler

Segmanla ve pimle montajı yapılmış, dişleri değiştirilebilen dişli tasarımı

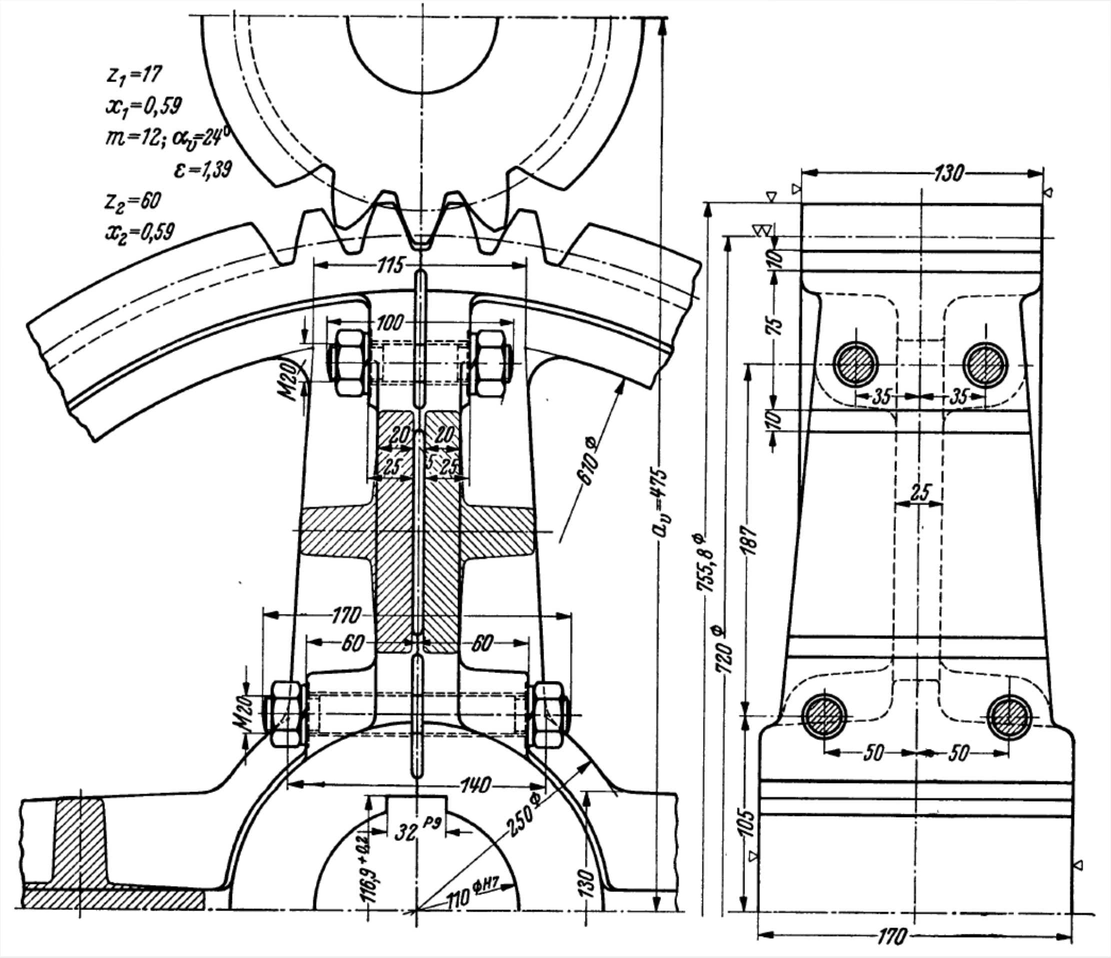


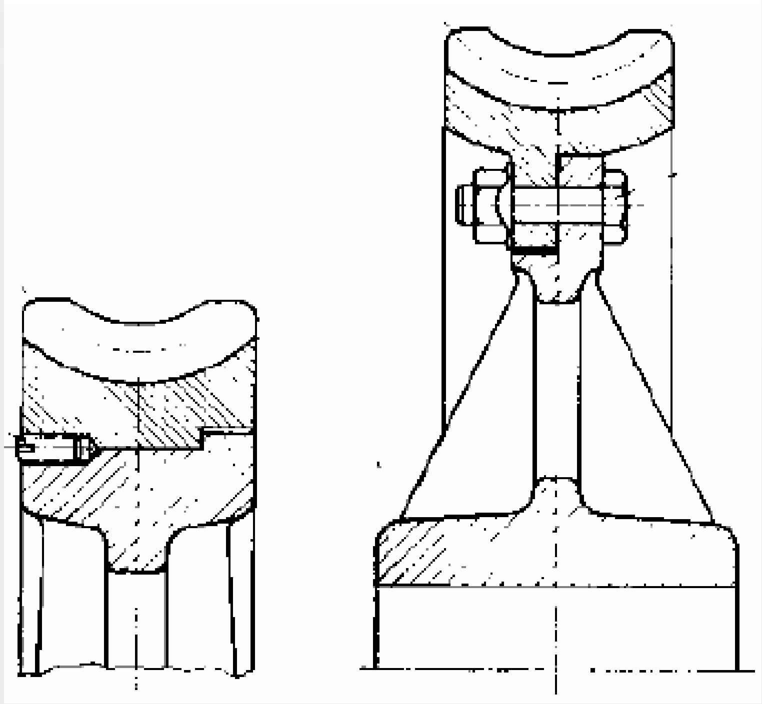


Dişleri değişebilir dişli çark

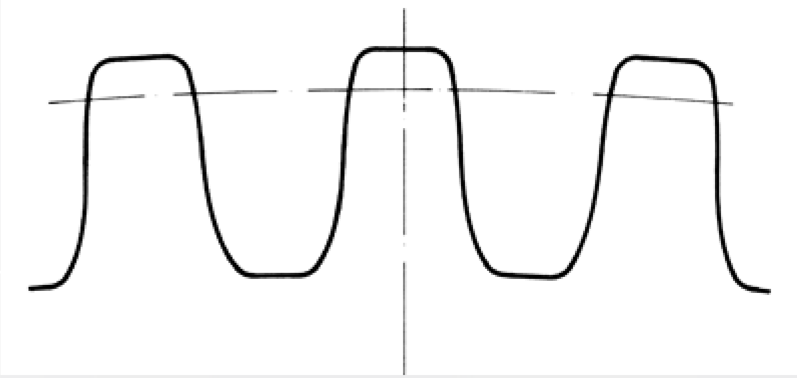


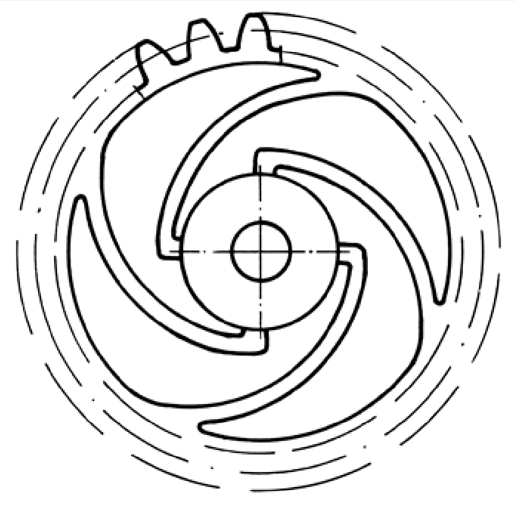
Çark-Göbek Bağlantıları

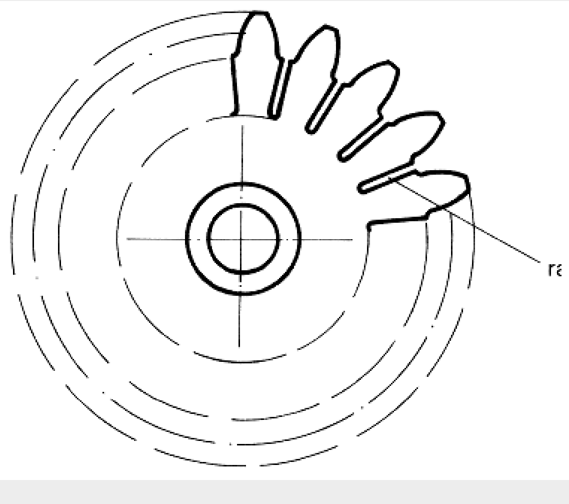




Tedbirler







Çalışma esnasında gürültüyü azaltmak için bazı konstrüktif tedbirler aşağıda verilmiştir.

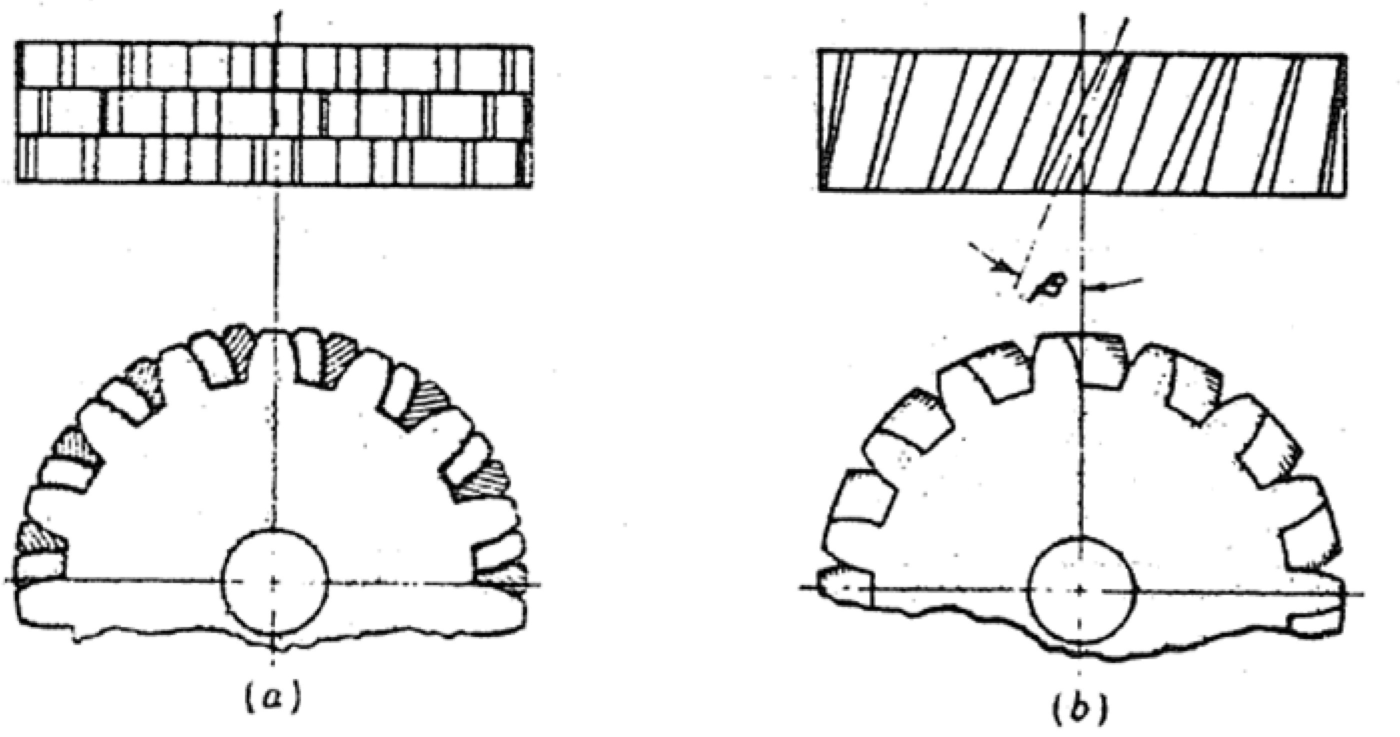
Uzun ve ince dişler kullanılır.

Özel kesici takım gerektirir.

Dişli çember gövdeye yay elemanlarla bağlanır. Bu esnek bağlantı sayesinde dişler yan boşluksuz olarak çalışır.

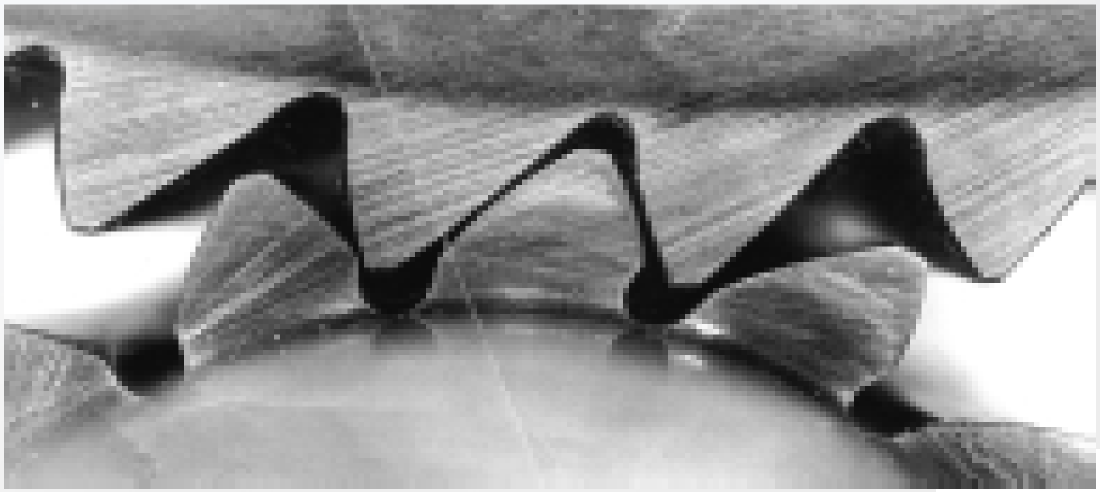
Diş boşluğunda radyal doğrultuda yivler açılır.

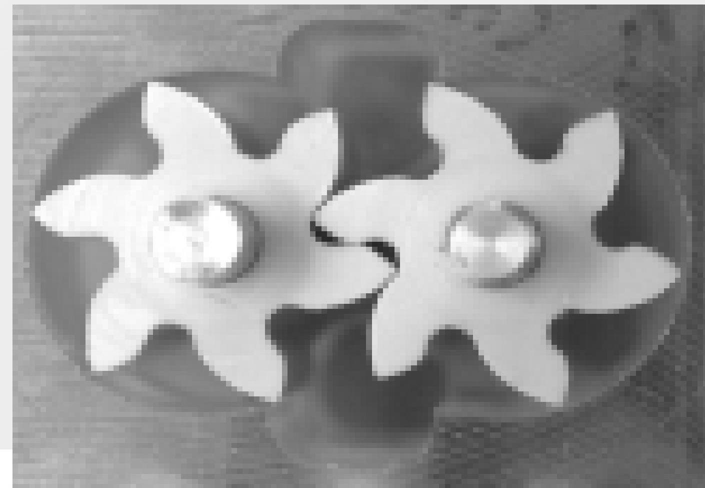
Kaydırılmış Dişli ile boşluk alma



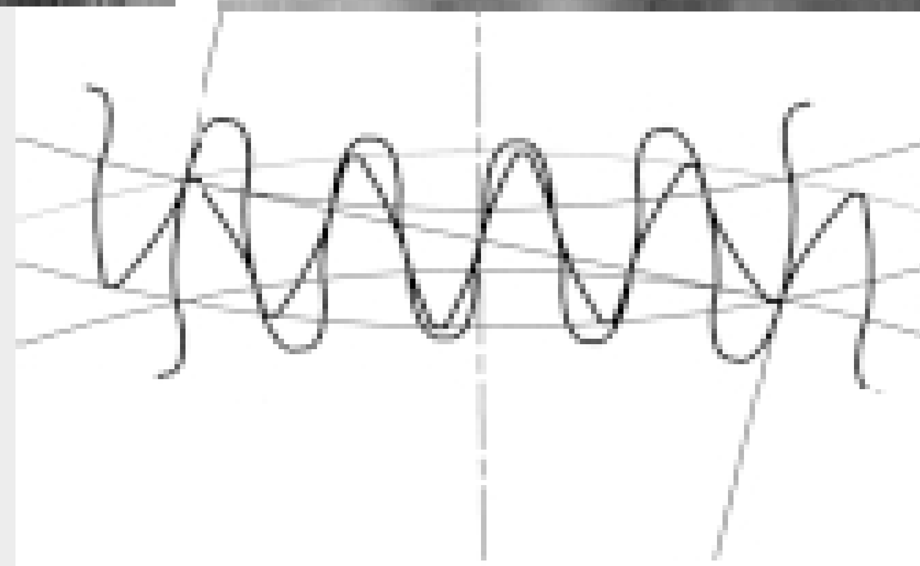
Şekil 1.1.1 a) kaydırılmış düz dişli b) Helisel dişli

Asimetrik dişli mekanizması





Yüksek kavrama açılı dişli mekanizması

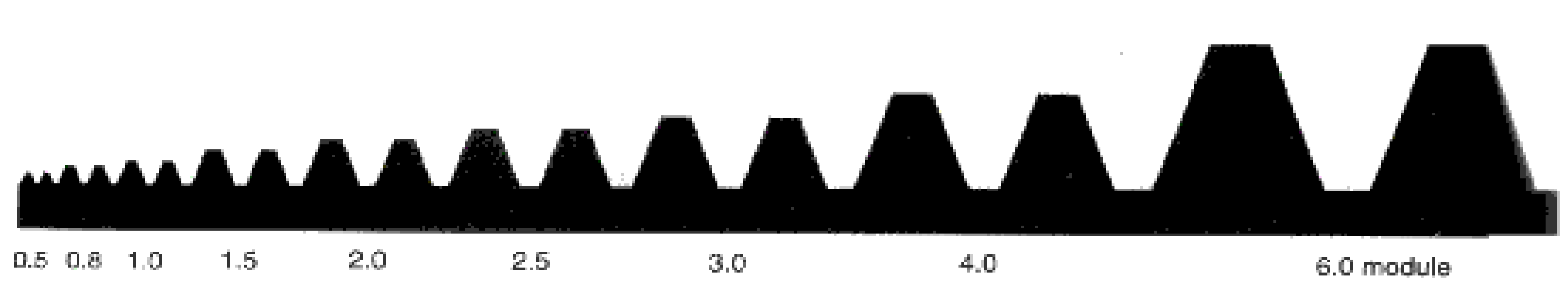


Yaygın olarak kullanılan modüller (diametral pitches)

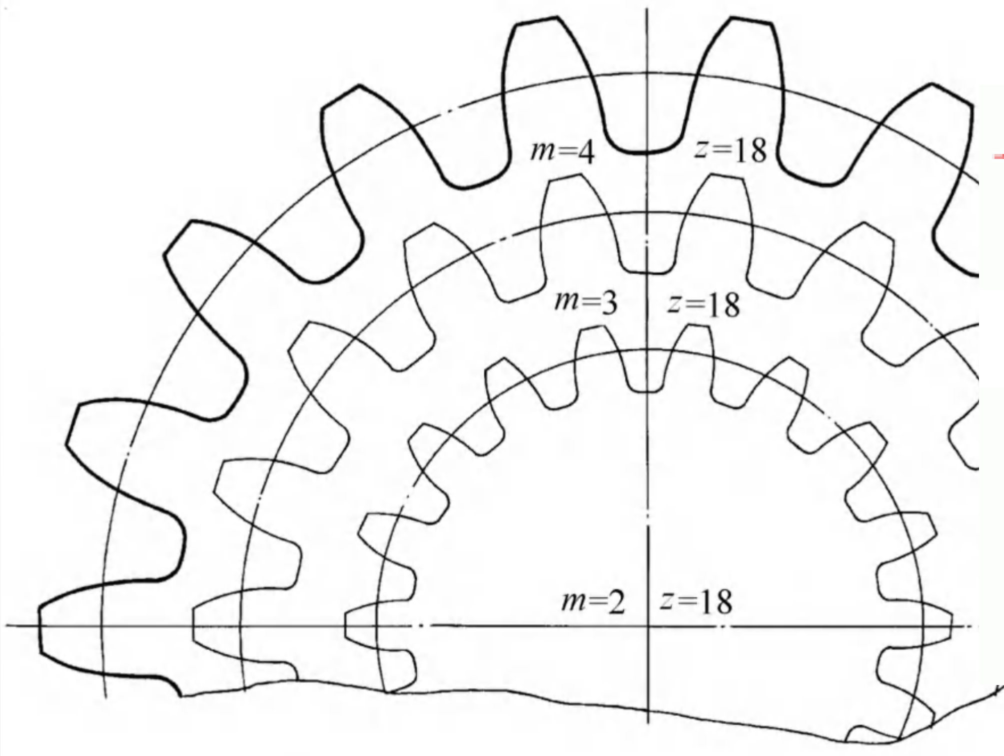
Kaba modüller	2	2.25	2.5	3	4	6	8	10	12	16
İnce modüller	20	24	32	40	48	64	96	120	150	200

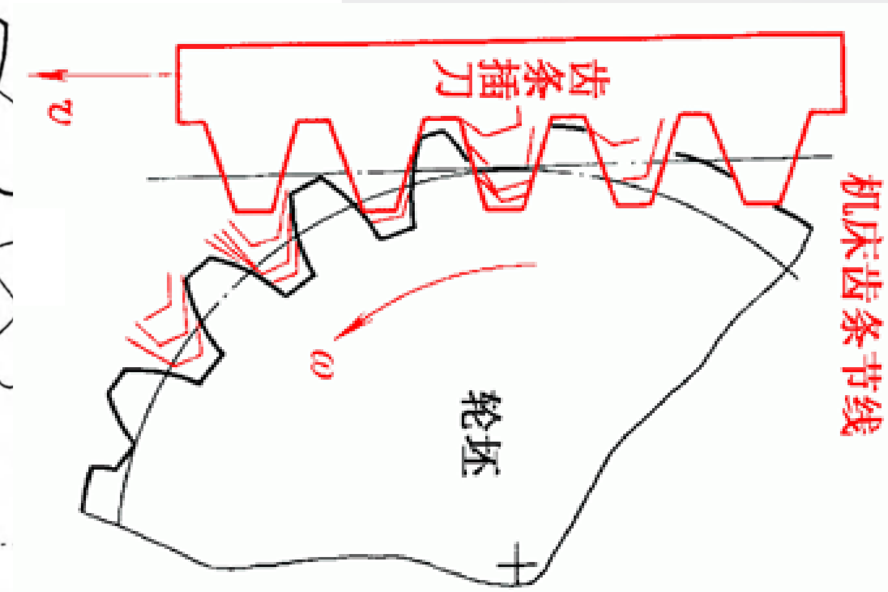
Tercih edilen modüller (mm) (DIN 780 , I. Grup)

0,5 0,8 1 1,25 1,5 2,5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 32 40 50



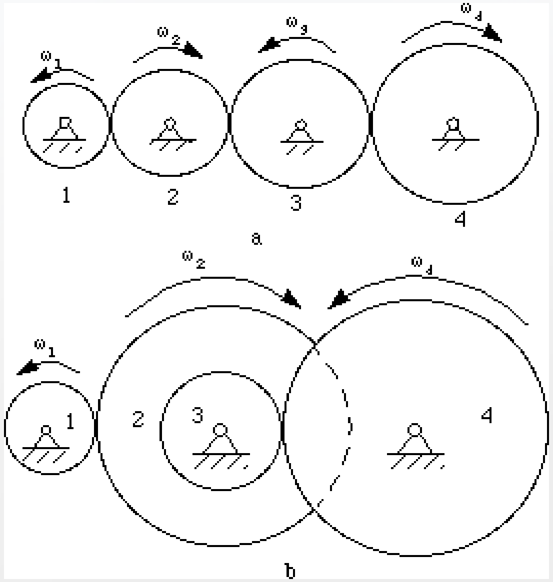
Modülün dişli boyutuna etkisi

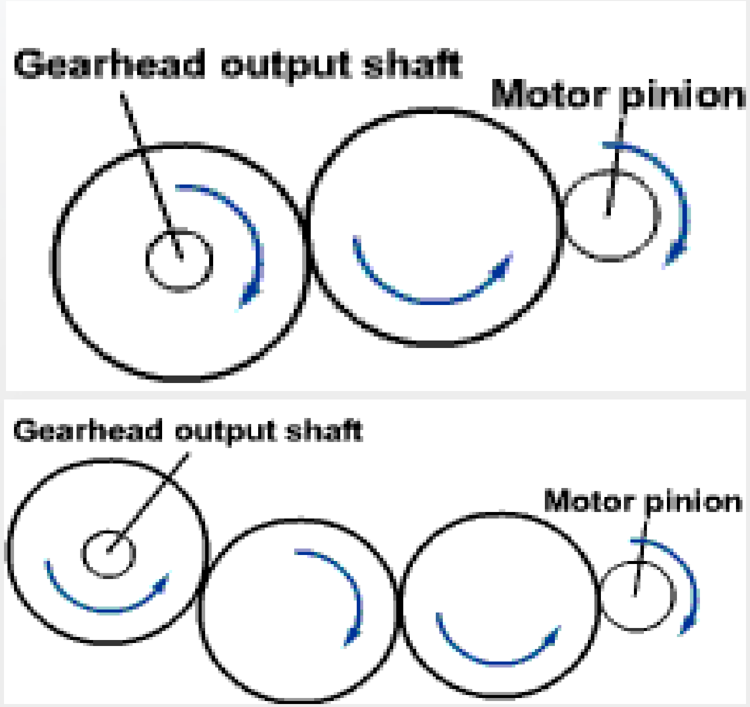




Dişli çark zincirleri

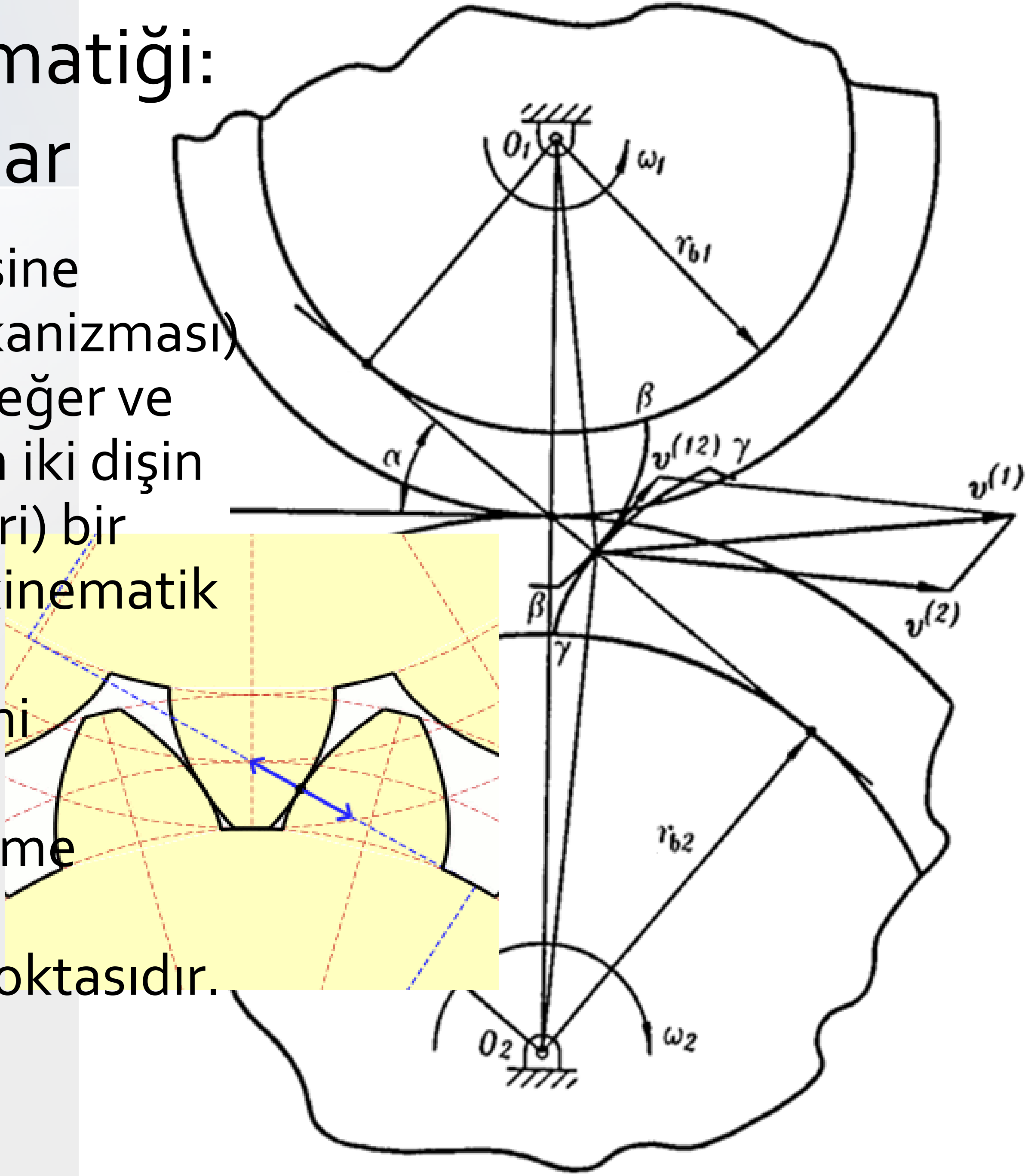
Normal dişli takımı



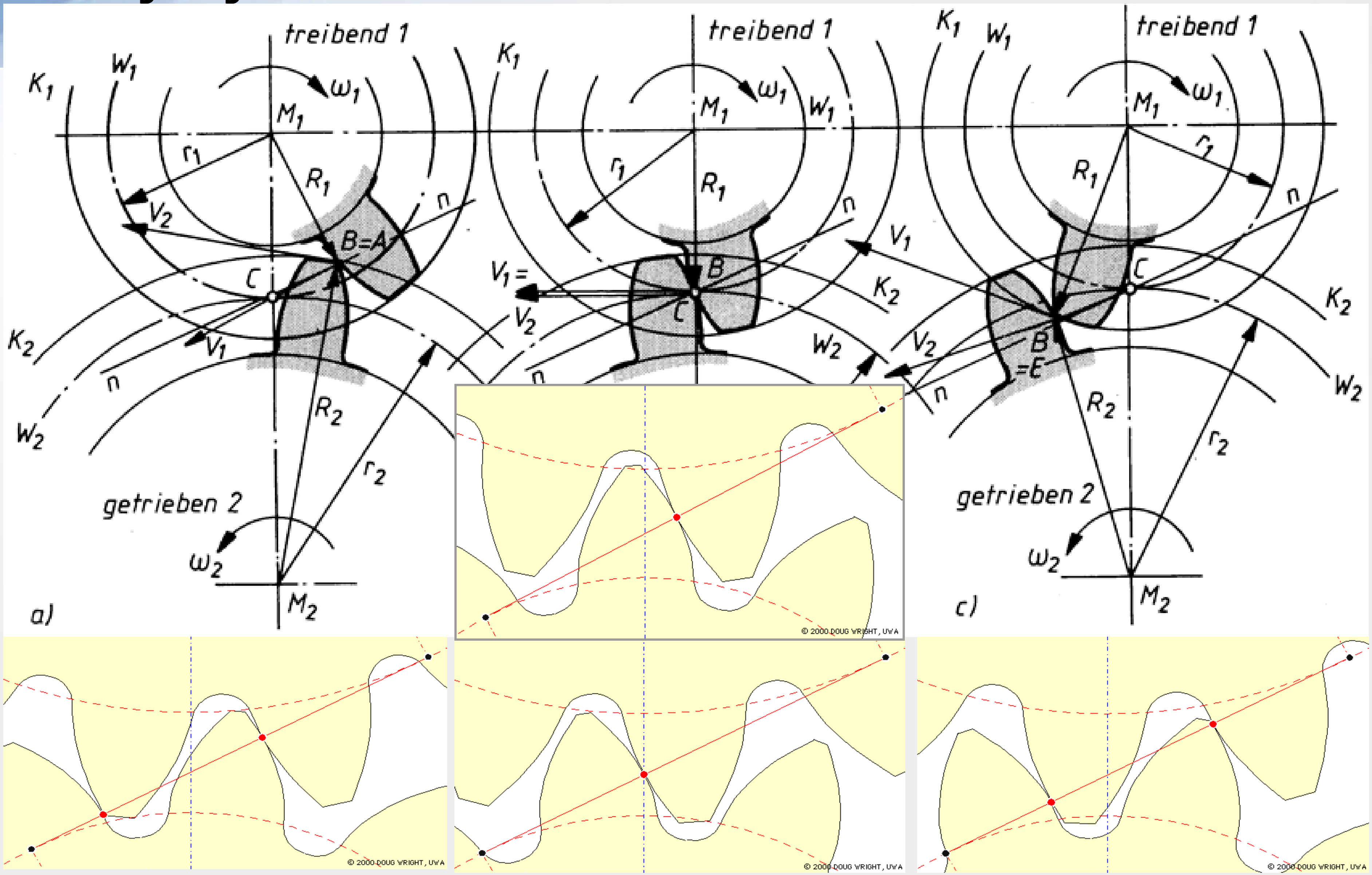


Dişli Çark Kinematiği: Temel Kavramlar

İki yuvarlanma dairesine (sürtünmeli çark mekanizması) kinematik olarak eşdeğer ve birbirleri ile eş çalışan iki dişin yan yüzeyi (diş refilleri) bir kayma-yuvarlanma kinematik çifti teşkil ederler ve izafi hareketleri bir ani dönme hareketidir.
Bu harekette ani dönme merkezi, yuvarlanma dairelerinin değme noktasıdır.

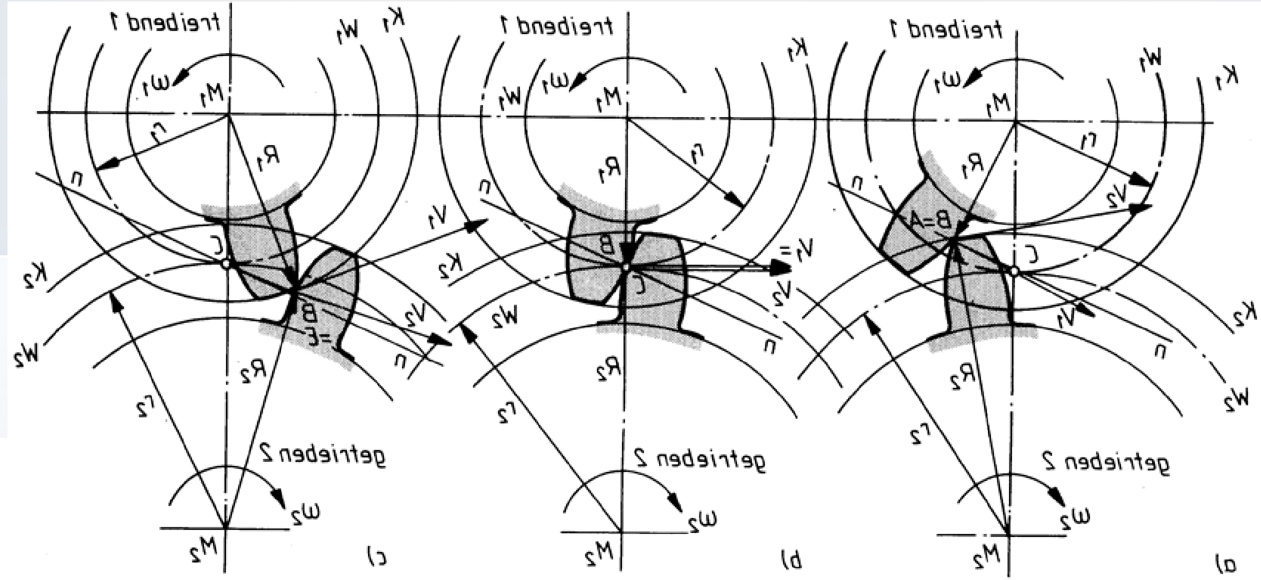


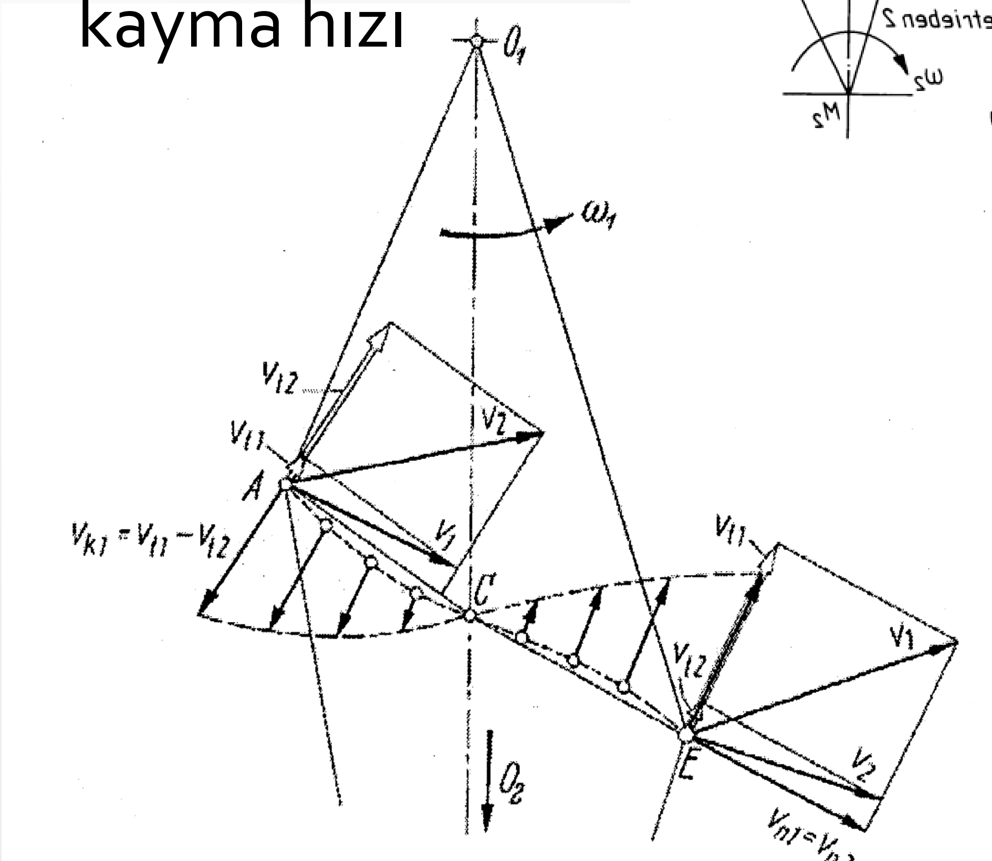
Dişli Çark Hızları



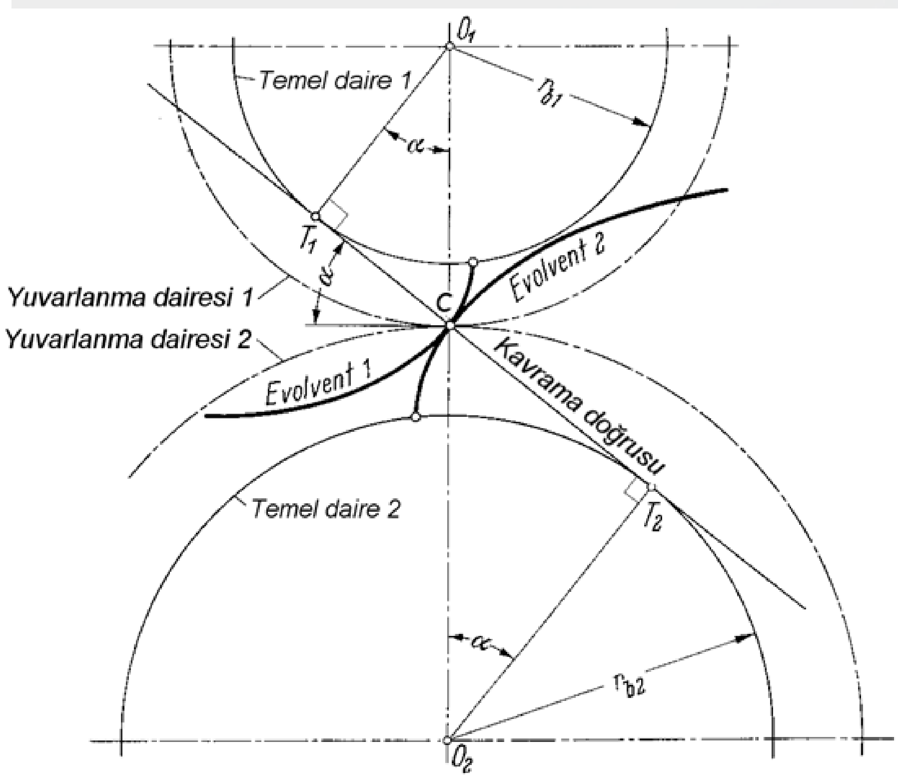
Dişli Çark Hızları

Çevre hızı ve kayma hızı



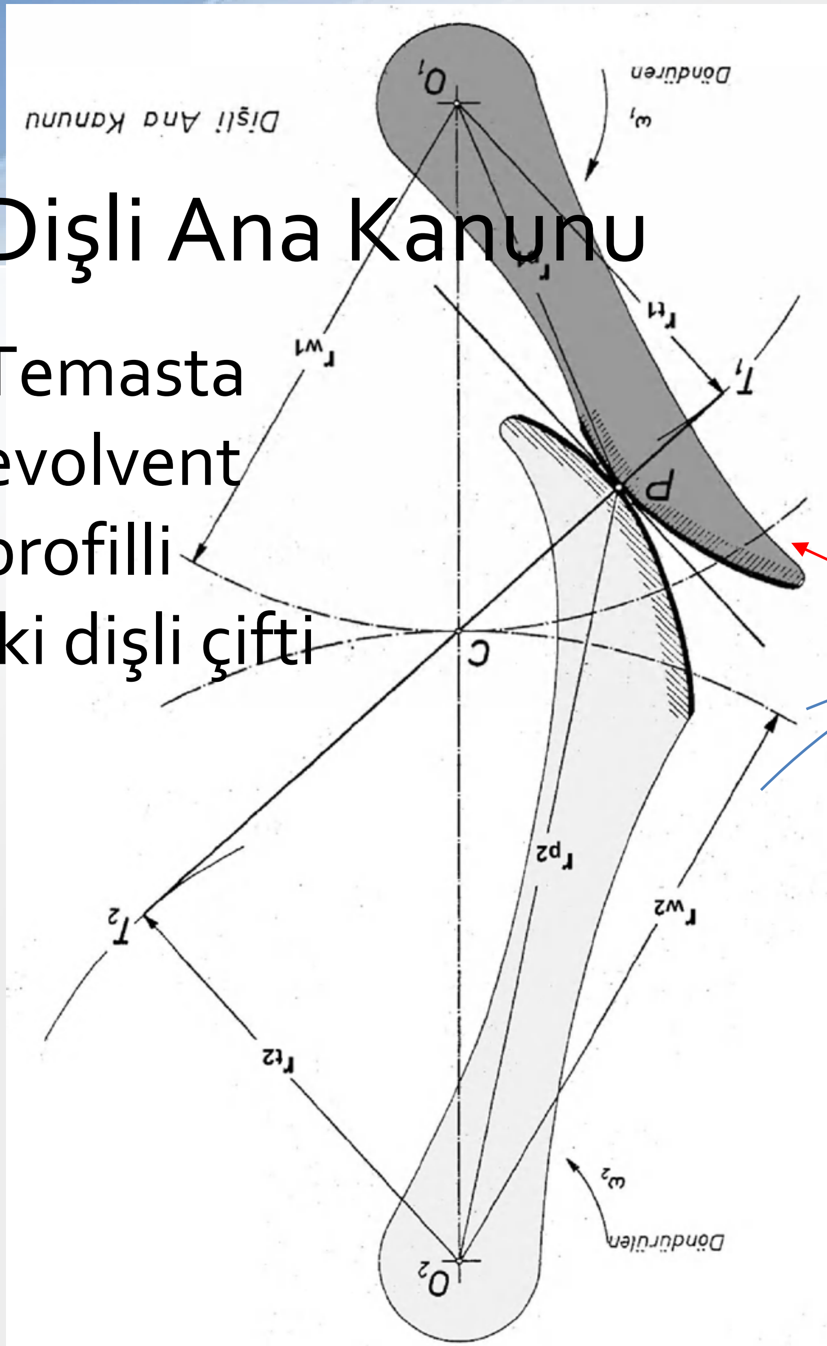


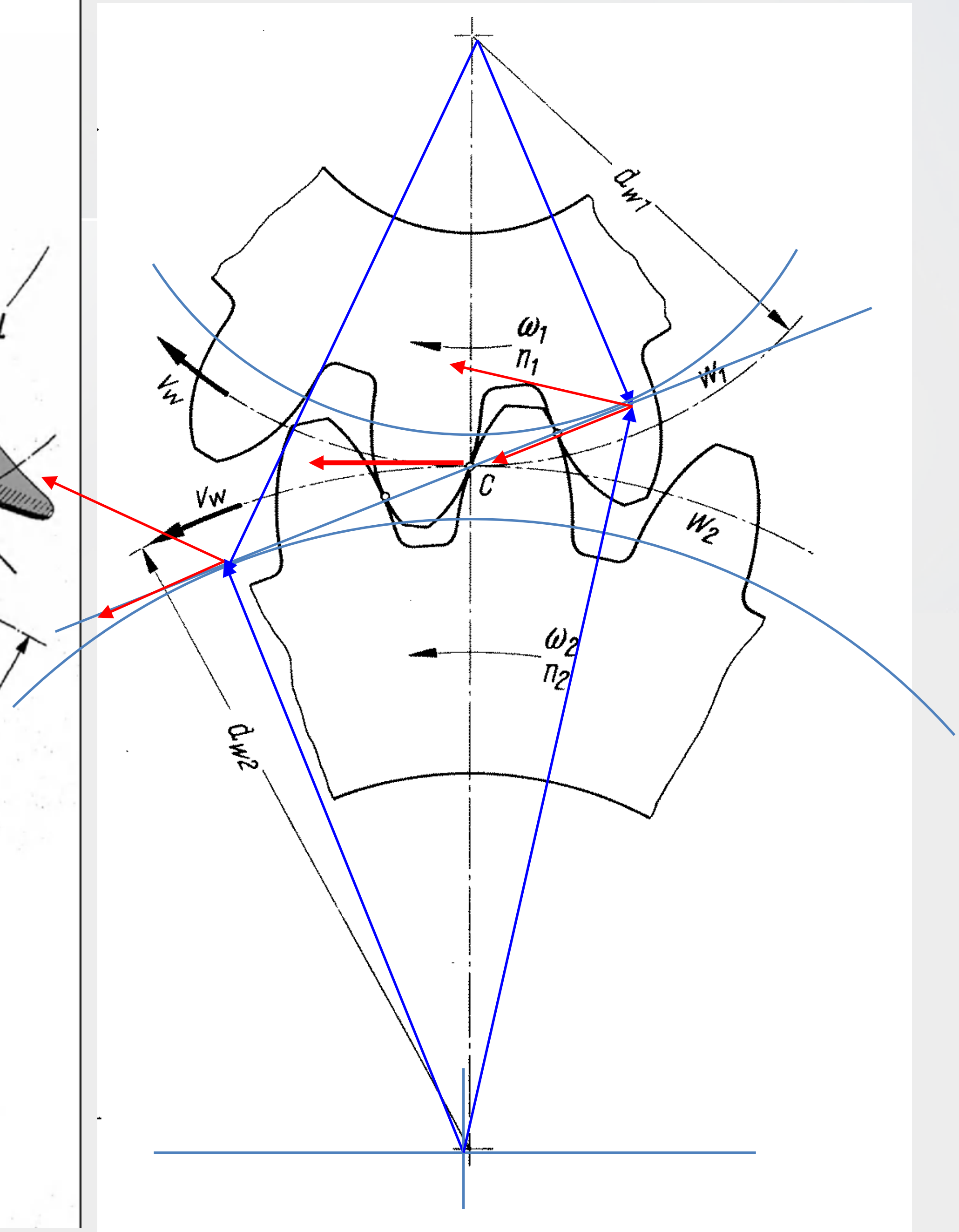
Kayma Hızı



Dişli Ana Kanunu

Temasta evolvent profilli iki dişli çifti





Dişli Ana Kanunu

$$\alpha_1=\alpha_2=\alpha$$

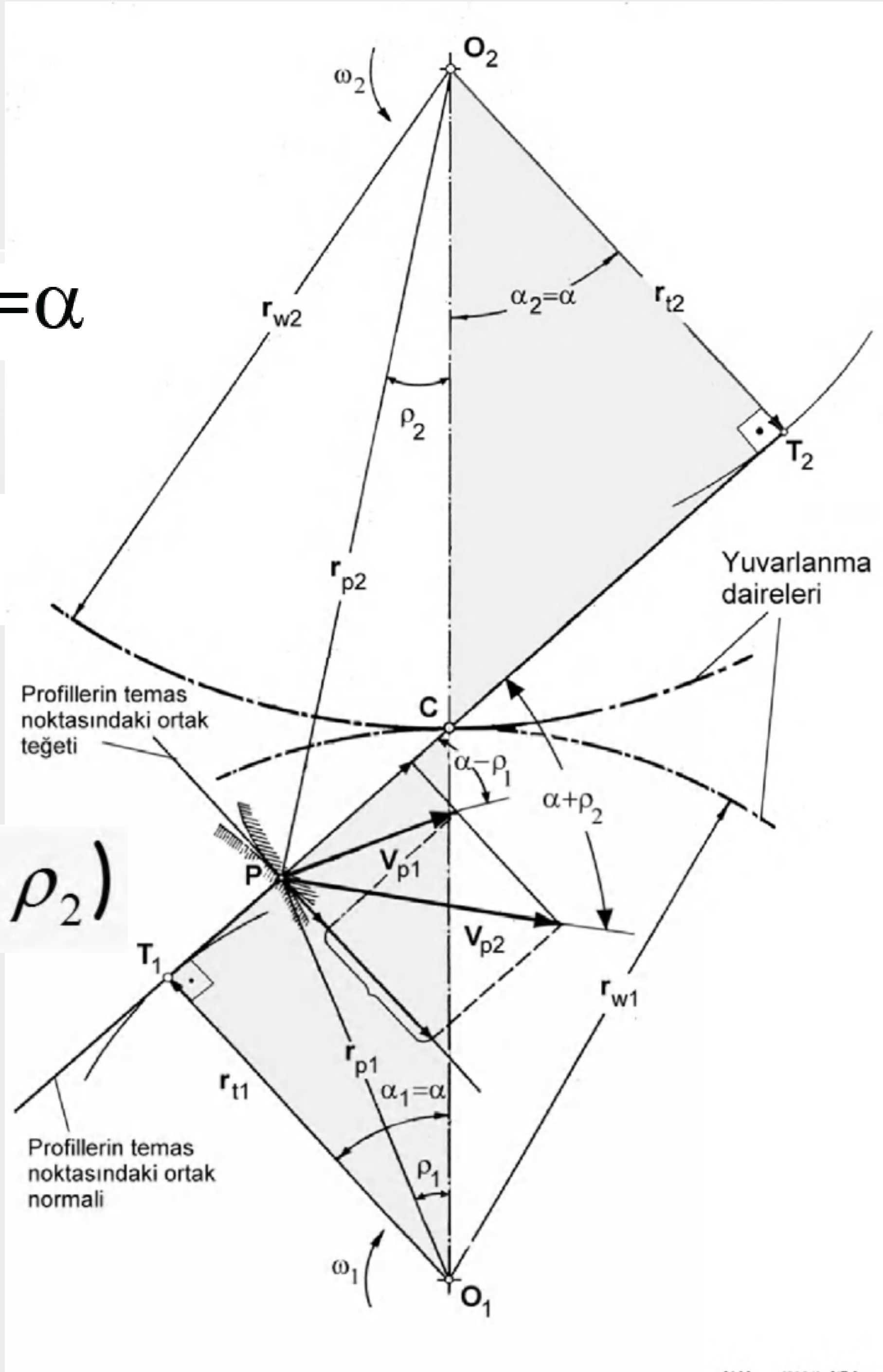
Temas noktasında dişlilerin çevre hızları

$$V_{p1}=\omega_1 . r_{p1} \quad \text{ve} \quad V_{p2}=\omega_2 . r_{p2}$$

hızların normal üzerindeki bileşenleri

$$V_{p1} \cdot \cos(\alpha-\rho_1) = V_{p2} \cdot \cos(\alpha+\rho_2)$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{p2} \cdot \cos(\alpha+\rho_2)}{r_{p1} \cdot \cos(\alpha-\rho_1)}$$



Dişli Ana Kanunu

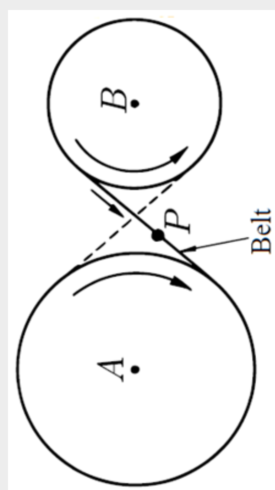
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{p2} \cdot \cos(\alpha + \rho_2)}{r_{p1} \cdot \cos(\alpha - \rho_1)}$$

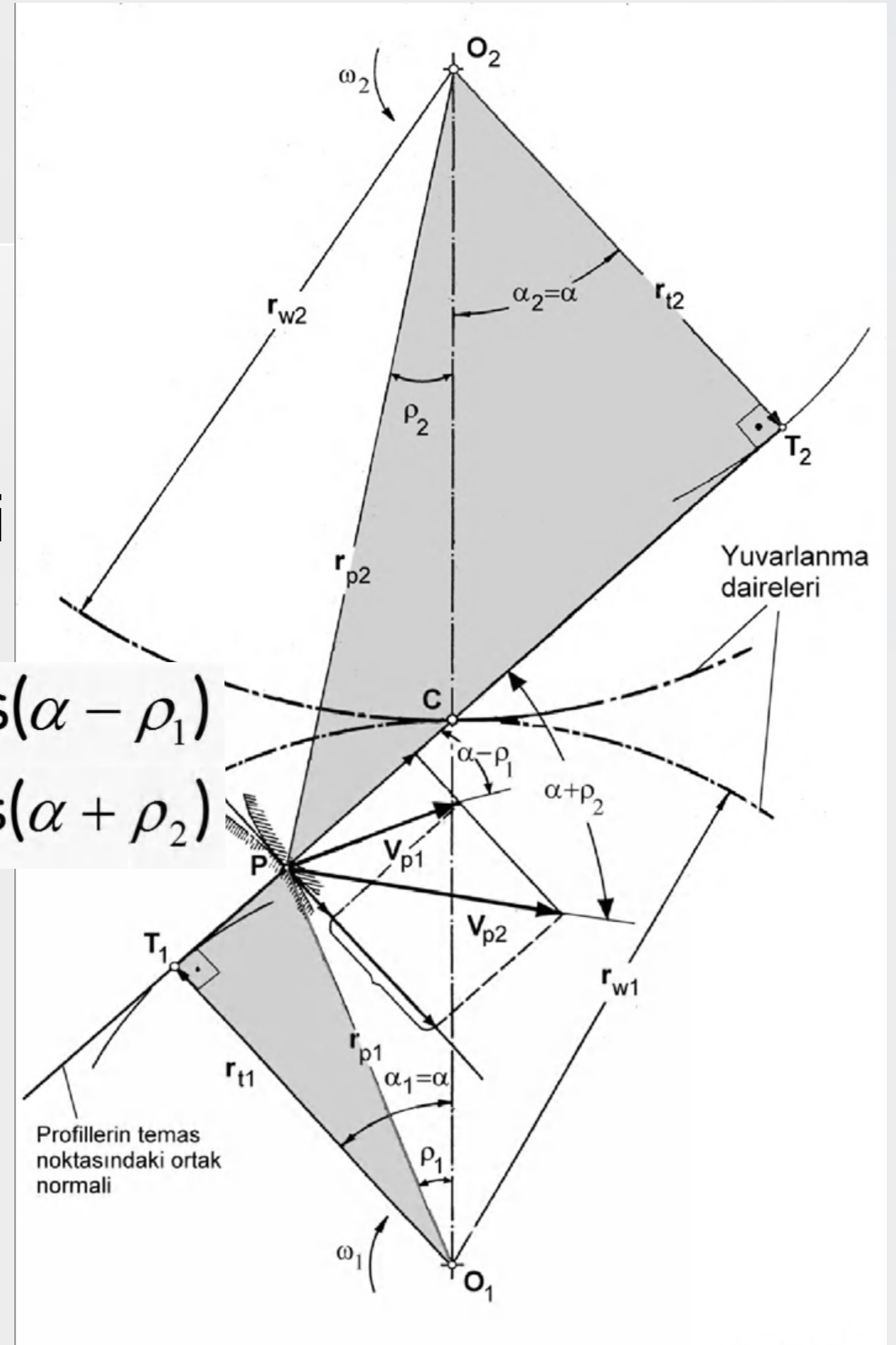
O_1T_1P ve O_2T_2P dik üçgenleri dikkate alındığında

$$r_{p1} = r_{t1} / \cos(\alpha - \rho_1) = r_{w1} \cdot \cos\alpha / \cos(\alpha - \rho_1)$$

$$r_{p2} = r_{t2} / \cos(\alpha + \rho_2) = r_{w2} \cdot \cos\alpha / \cos(\alpha + \rho_2)$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}} = sabit$$

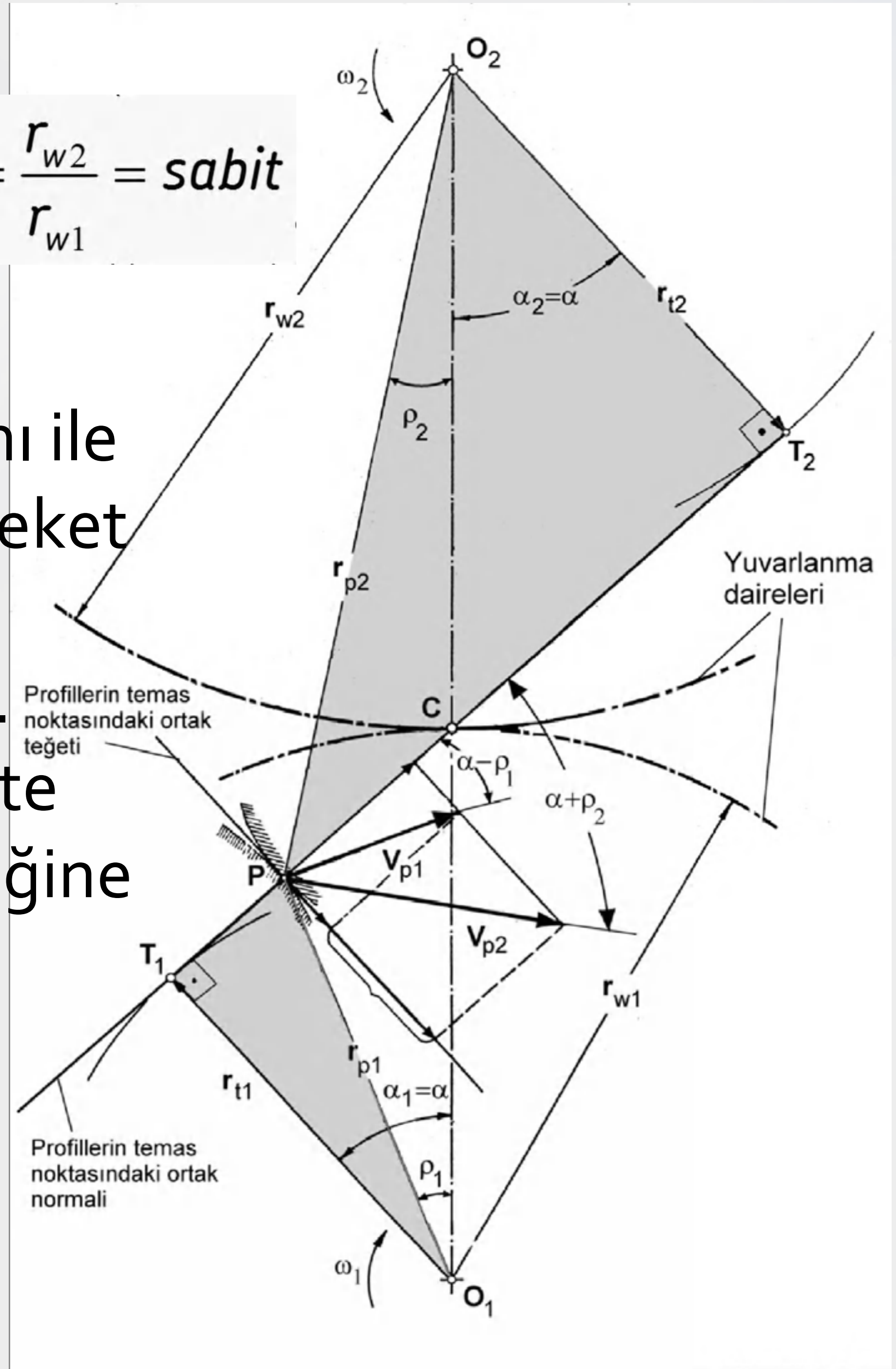




Dişli Ana Kanunu

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}} = sabit$$

Ortak normalin yuvarlanma noktasından geçtiği varsayımı ile kinematik olarak düzgün hareket iletimi anlamına gelen ω_1/ω_2=sabit sonucu bulundu.
Bu varsayım ve sonucu dikkate alınarak, eş çalışabilme özelliğine sahip diş profilleri için
şu genel koşul ortaya çıkar:

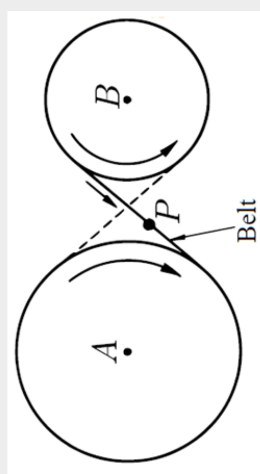


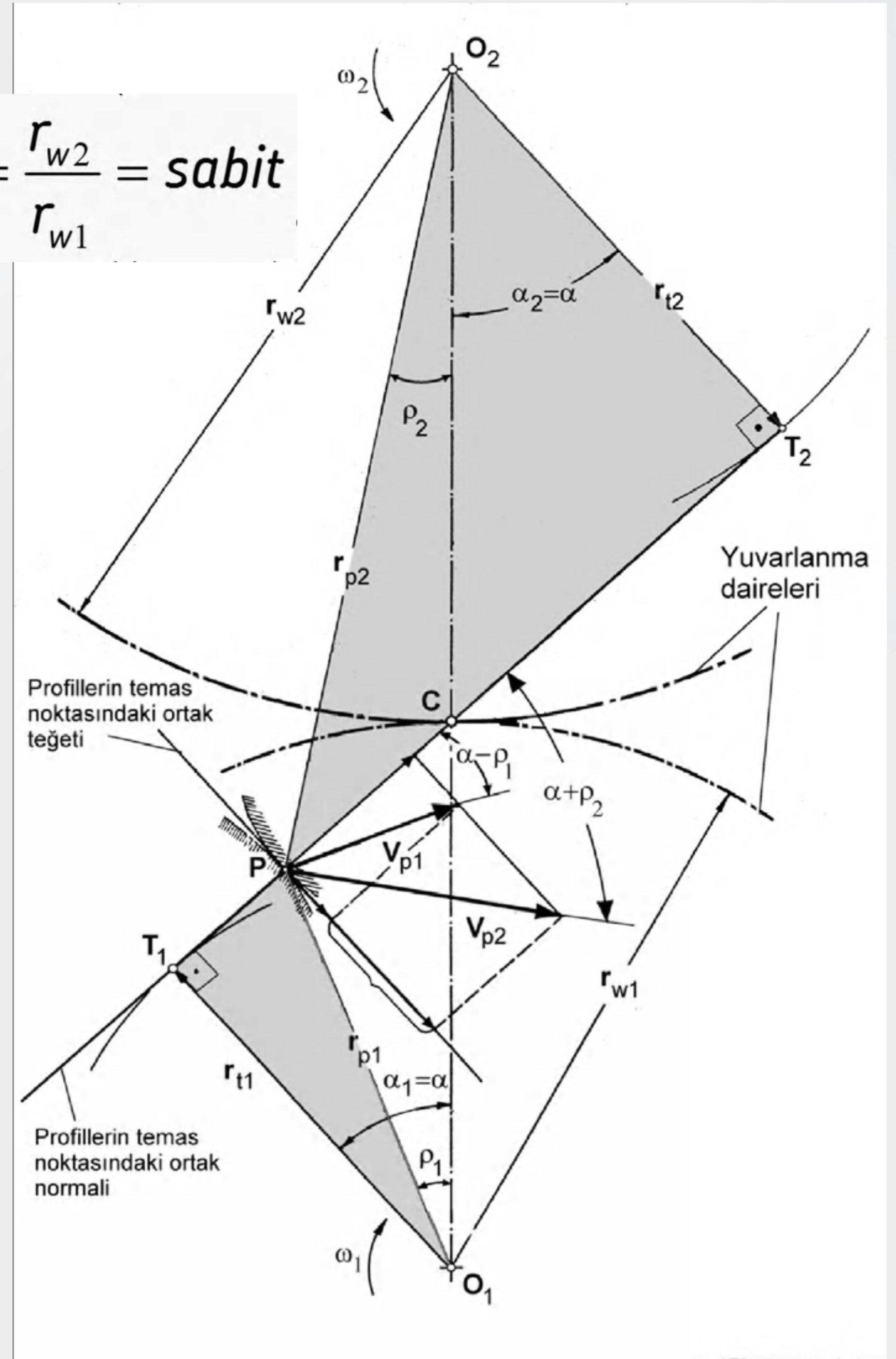
Dişli Ana Kanunu

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}} = sabit$$

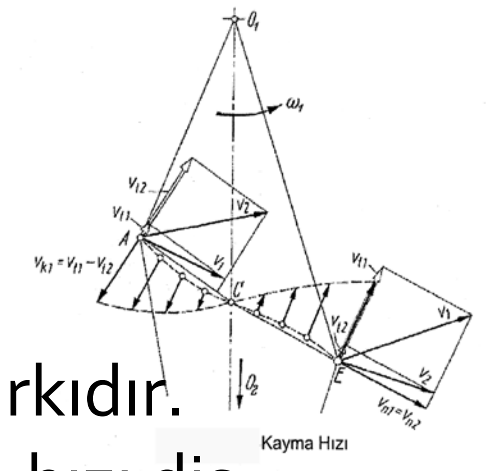
Kavrama süresince diş profillerinin temas noktasındaki ortak normal yuvarlanma noktasından geçmelidir.

Bu koşula dişli ana kanunu veya dişli temel kuralı denir.

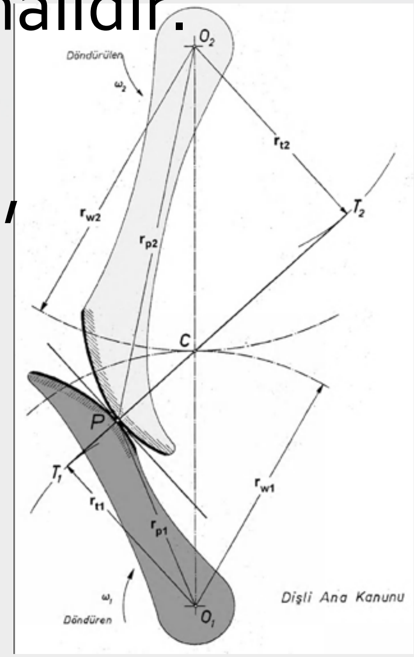




Dişli ana kanunu

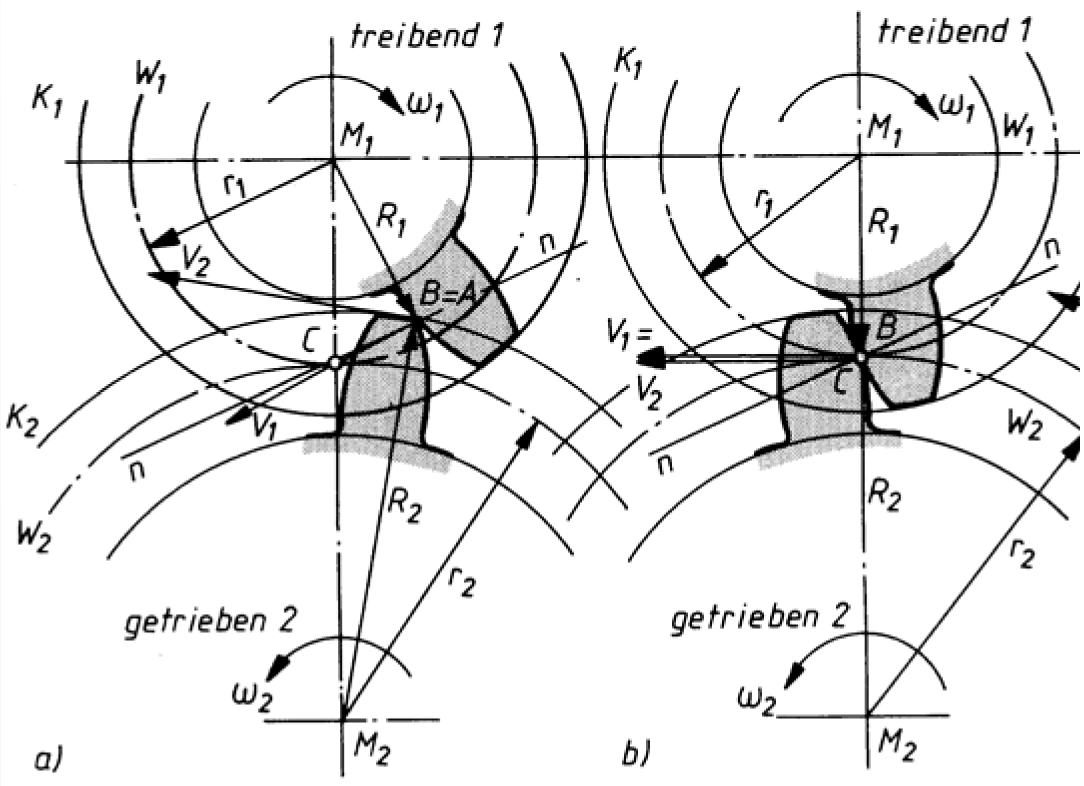


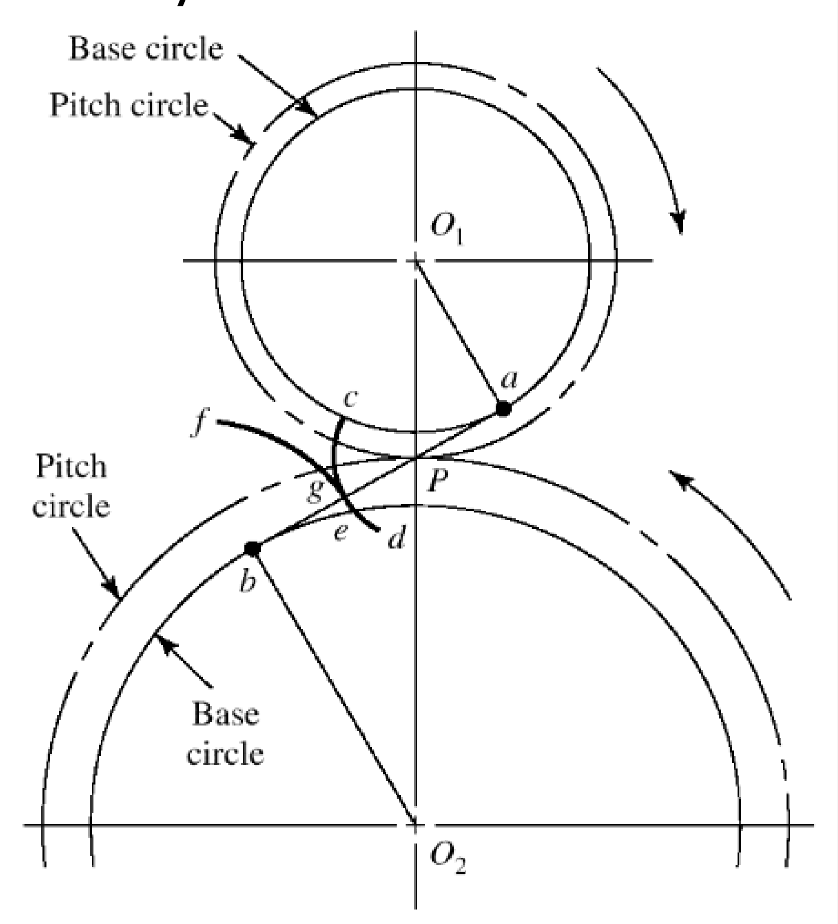
Hareketin açısal hızı açısal hızların cebrik farkıdır.
Herhangi bir diş temas noktasındaki kayma hızı diş yüzeylerine ait ortak teğet doğrultusunda olmalıdır.
Bu doğrultu temas noktası ile izafi ani dönme merkezini birleştiren doğruya dik olduğundan, müşterek teğete dik doğru yani müşterek normal, izafi ani dönme merkezinden geçer.
İzafi ani dönme merkezine
yuvarlanma noktası denir.
Buradan dişli ana kanunu ifade edilebilir.



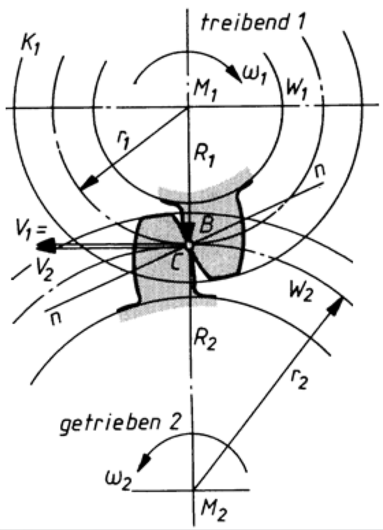
Dişli ana kanunu

Hareketin herhangi bir safhasında temas noktasındaki iki eş diş profilinin müşterek normali yuvarlanma noktasından geçer.





Alın Dişli Çark Mekanizmaları



Çarkların, taksimat dairesi üzerindeki çevresel hızları birbirine eşittir. Dişler üzerinde, izafi kayma olmadan yuvarlanma hareketi görülür. Bu sebeple bu tip mekanizmalara yuvarlanma mekanizmaları da denir.

Güç=Moment.açısal hız

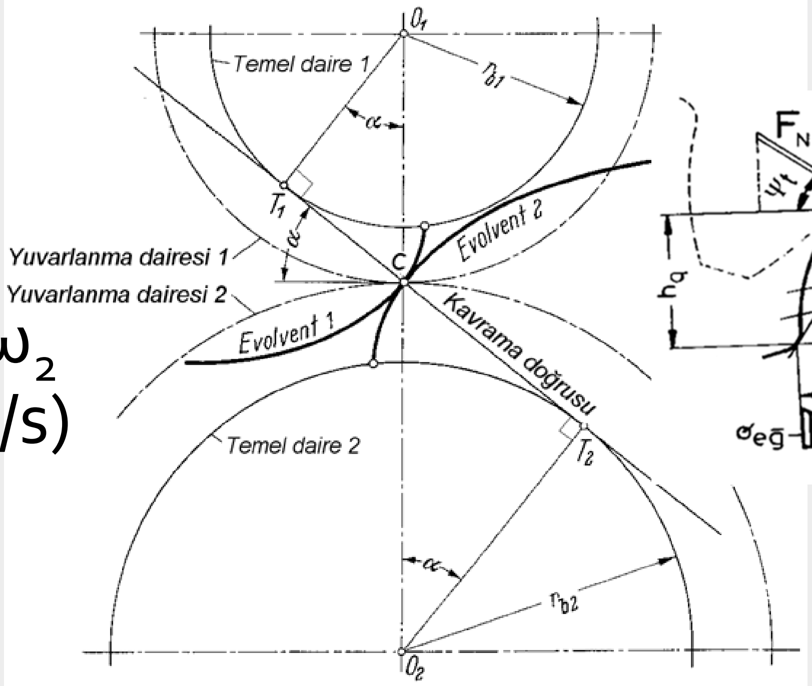
$P = M_d.\omega \quad M_d = F_t \, . \, r$

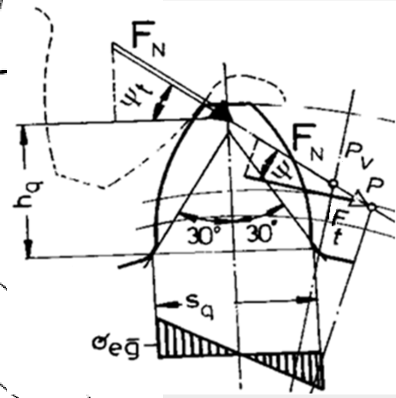
F_t teğetsel kuvvet

$v = v_1 = v_2 \qquad v = r_1\omega_1 = r_2\omega_2$

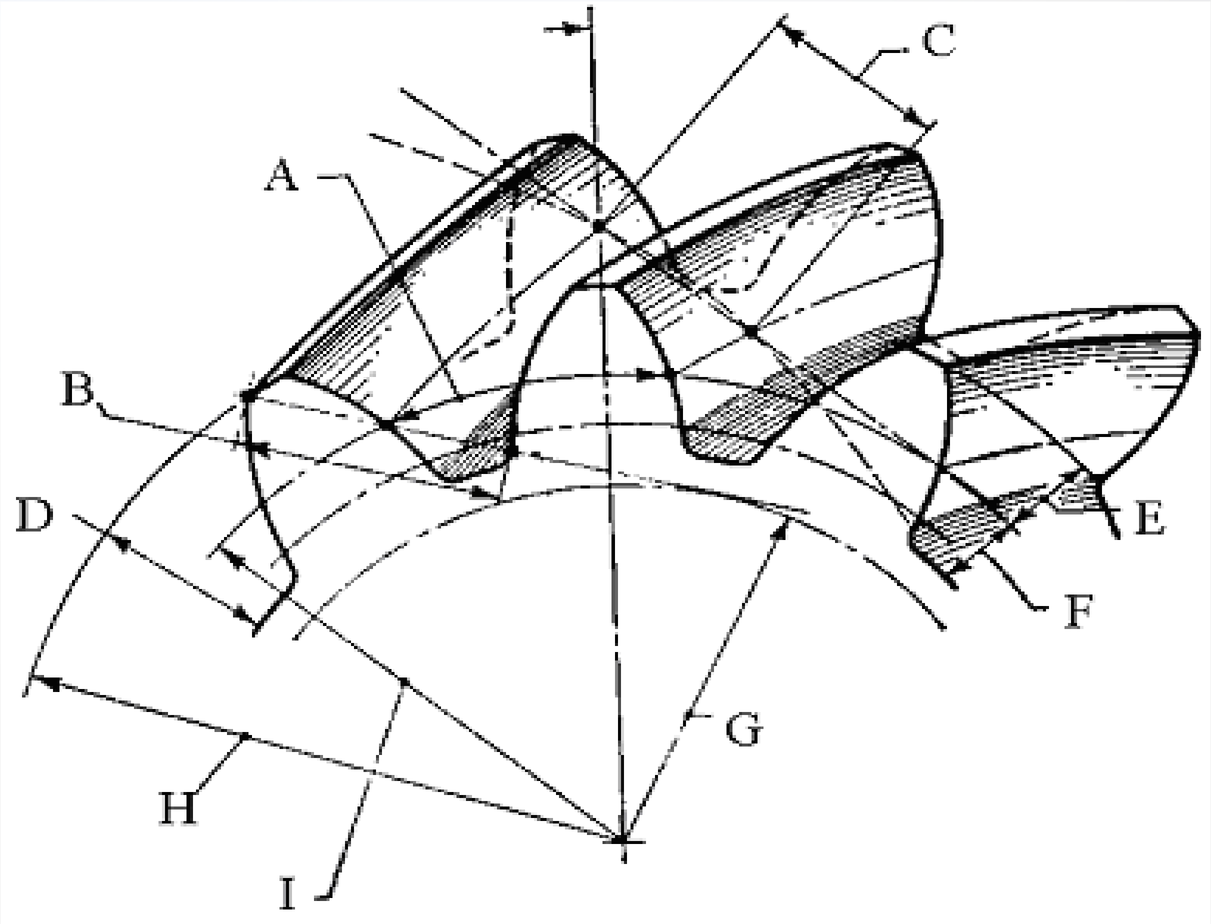
açısal hız: ω=2πn/60 (rad/s)

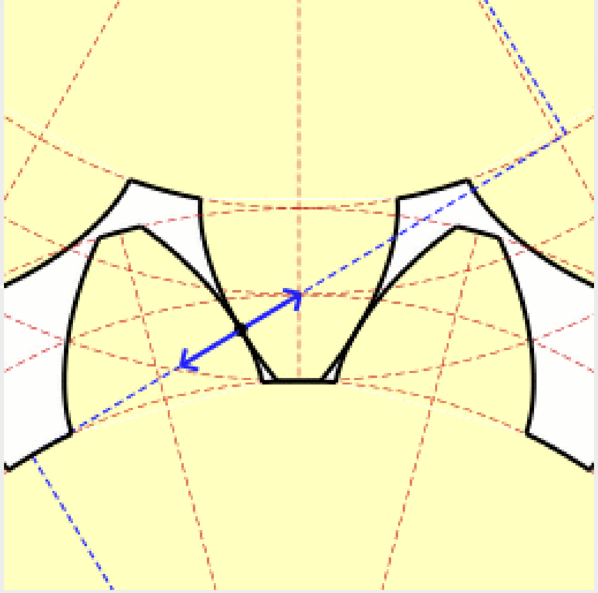
$$v = r_1 \frac{2\pi n_1}{60} = r_2 \frac{2\pi n_2}{60}$$

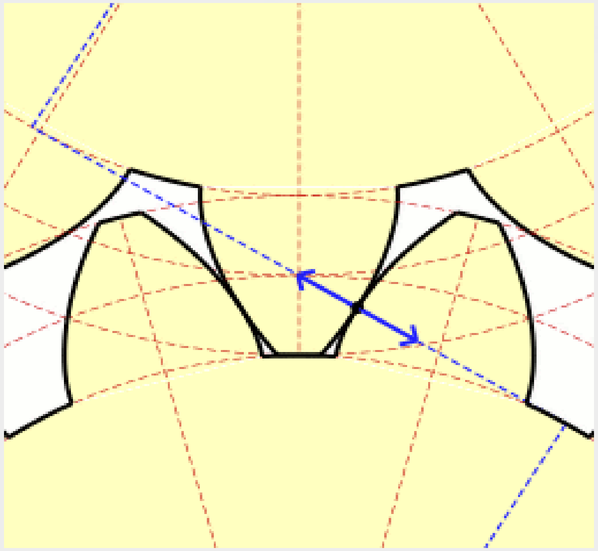




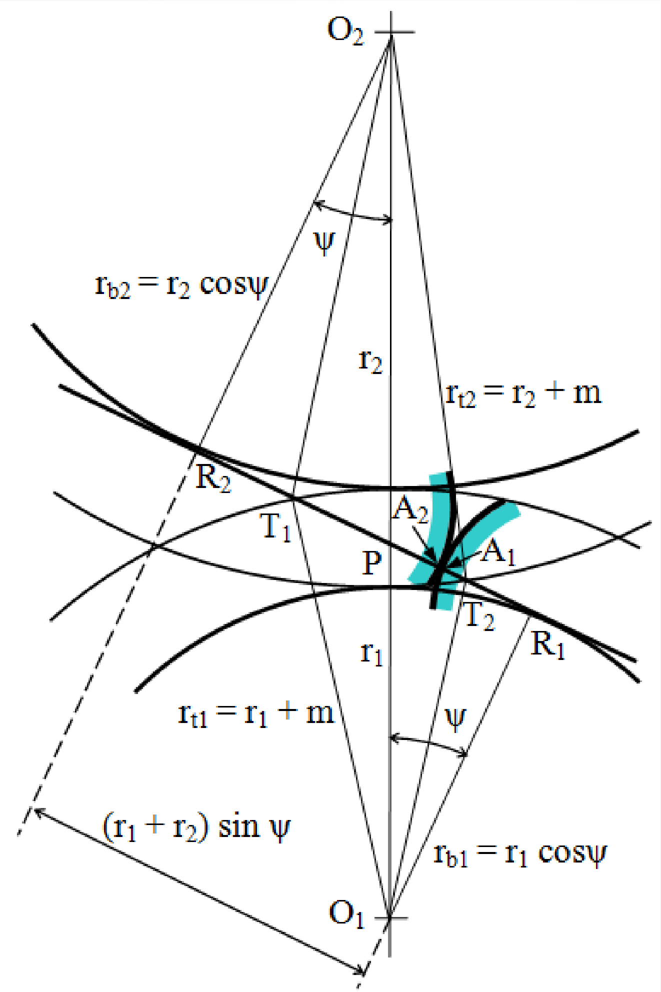
Dişli boyutları

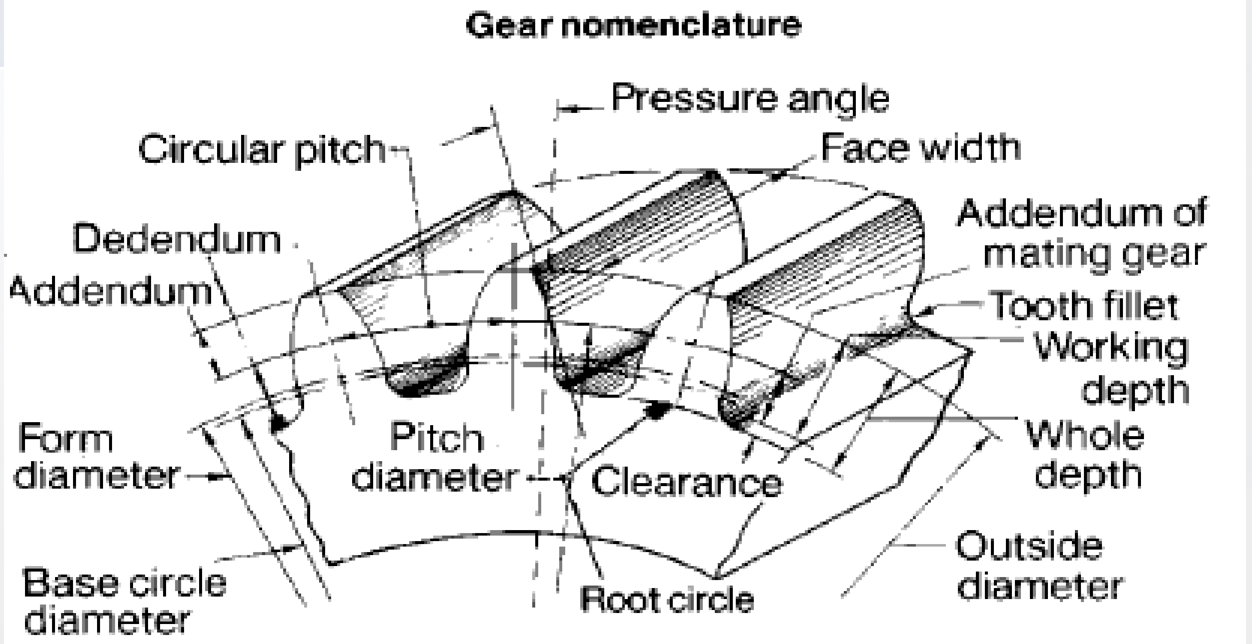


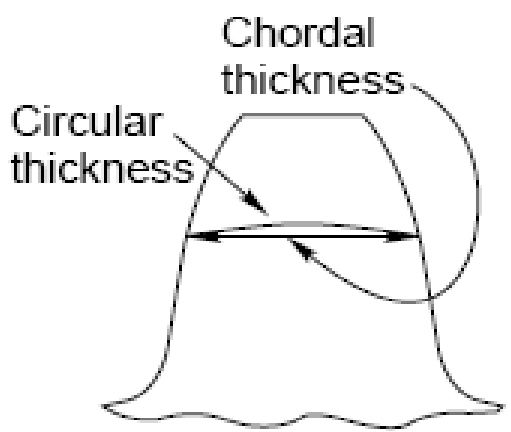


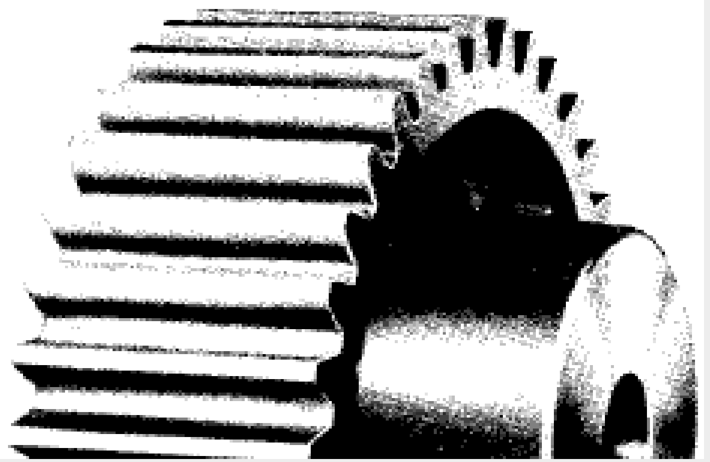


Dişli boyutları





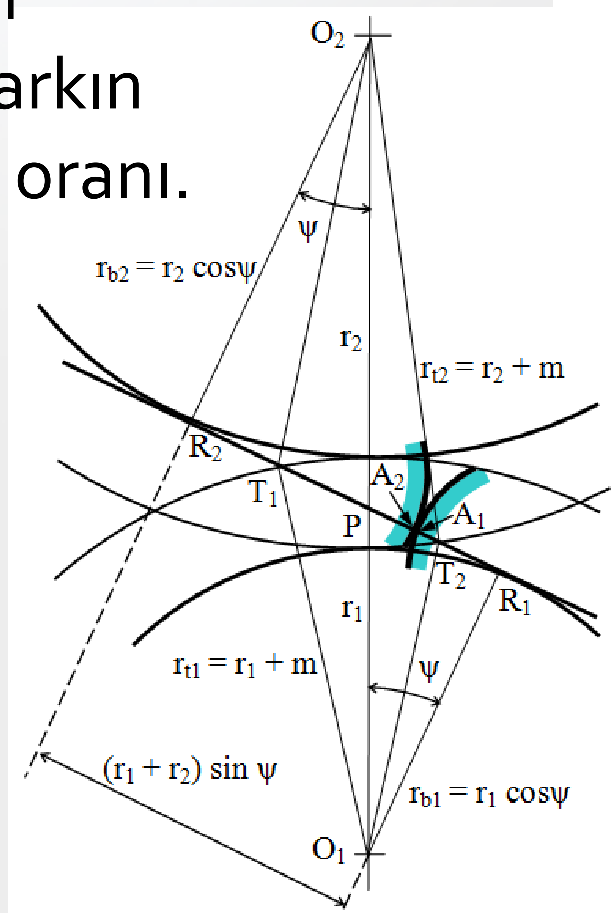


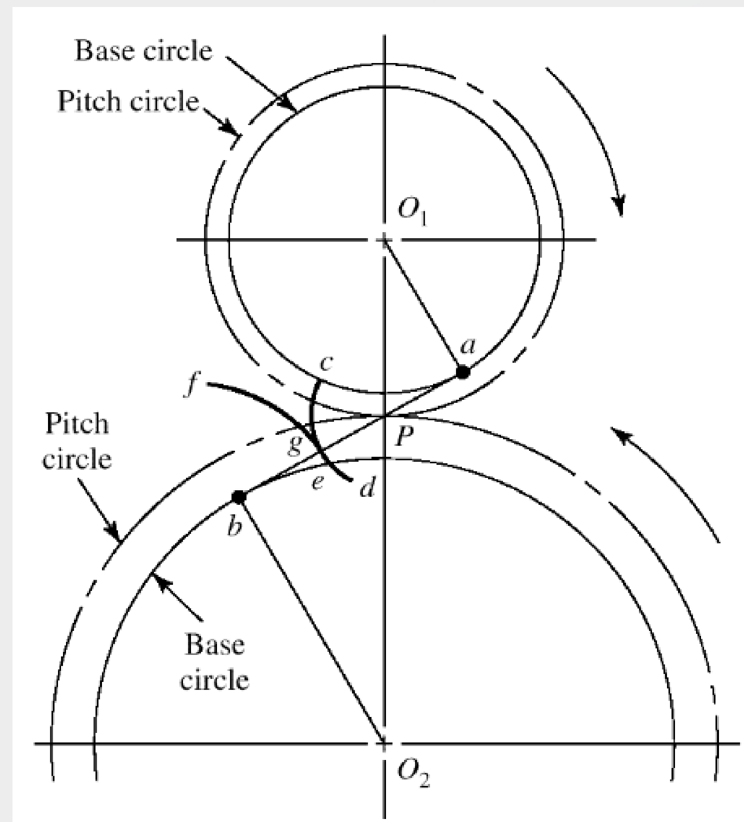


Çevrim Oranı (Tahvil Oranı):

Döndüren çarkın (pinyonun) devir sayısının döndürülen çarkın devir sayısına oranı.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1}$$





Çevrim oranı

Bir kademede sağlanabilecek en yüksek çevrim oranı:

$i_{max} \leq 8$

İki kademe için $i \leq 45$

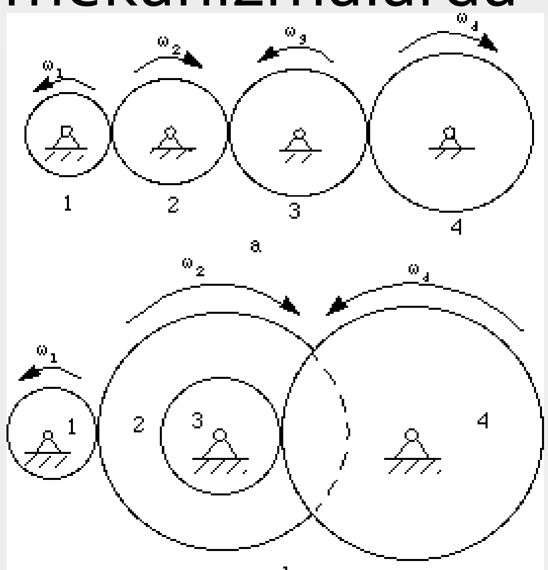
$$i_I \approx 0{,}8.\sqrt[3]{i^2}$$

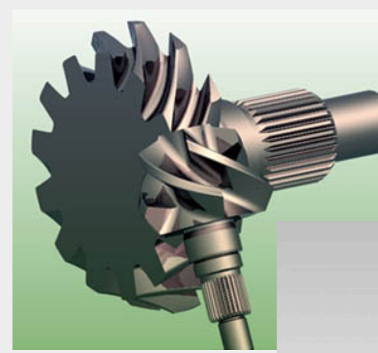
$$i_I \approx 1{,}25.\sqrt{i}$$

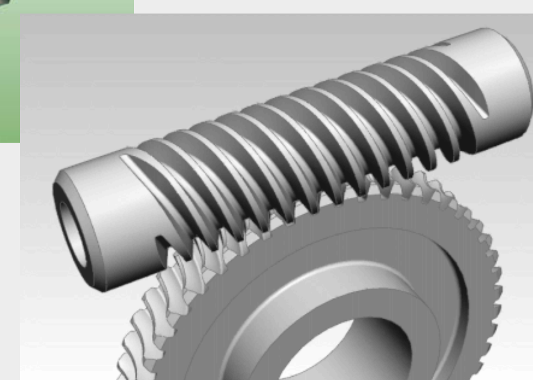
Üç kademe için $i \leq 200$

Çok kademeli mekanizmalarda çevrim oranı:

$i_{top} = i_1\ i_2\ i_3\ i_4 \ldots$

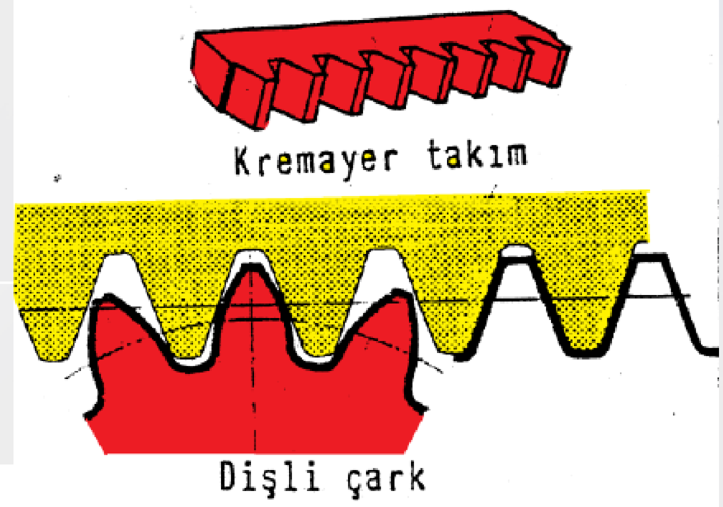


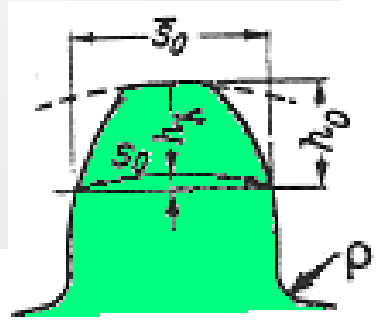




Dişli çark boyutları

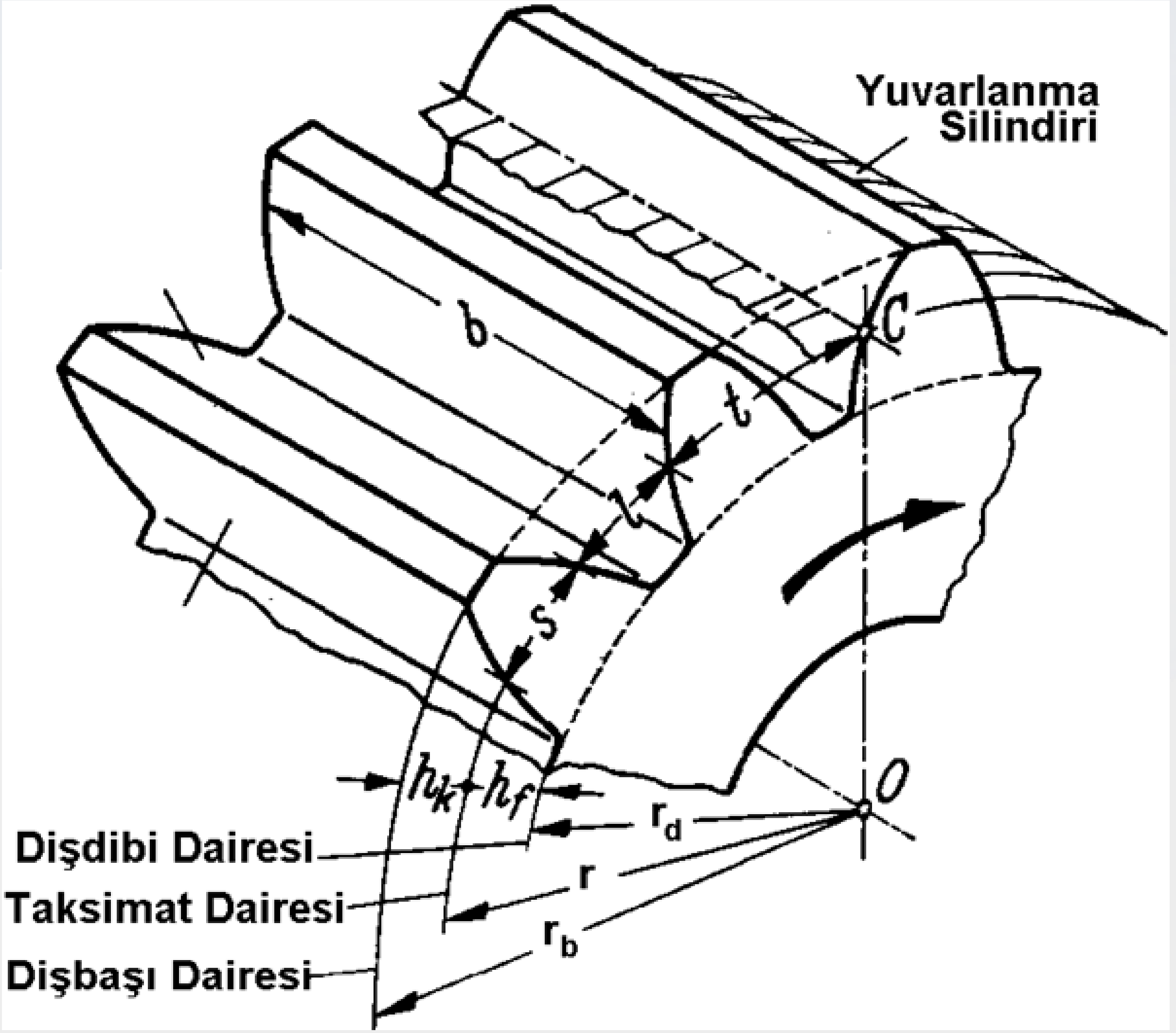
d_o = taksimat dairesi çapı
d_b = diş başı dairesi çapı
d_t = taban dairesi çapı
h = diş yüksekliği
h_b = diş başı yüksekliği
h_t = taban yüksekliği
l_o = diş boşluğu
b = diş genişliği
s_q = diş kalınlığı
t = taksimat





Dişli Çark Boyutları

Taksimat Dairesi Çevresi:
U= πd =z t



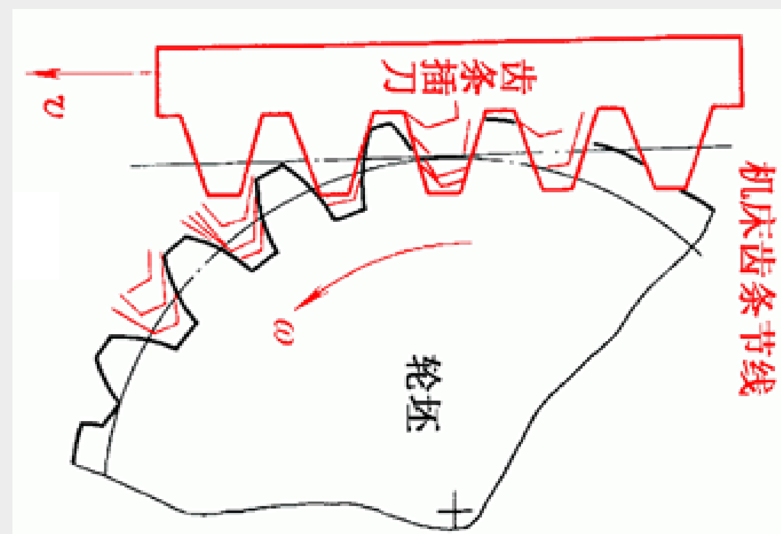
z: diş sayısı
t: taksimat (hatve)

Taksimat: İki diş profili arasındaki yuvarlanma dairesi üzerinden ölçülen yayın uzunluğudur.

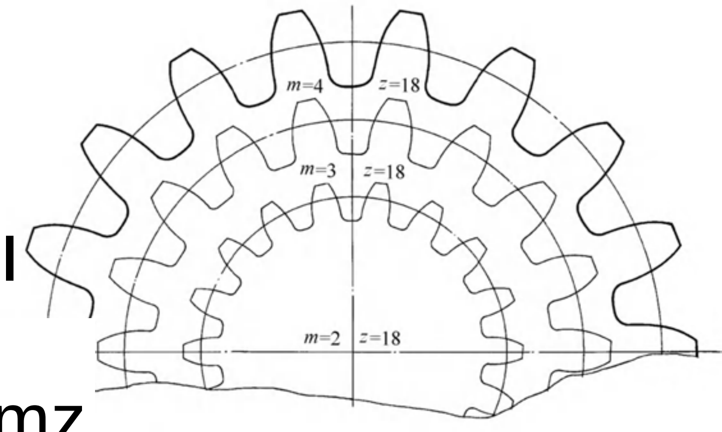
DIN 780 Standart Modüller [mm]

0.3-1.0	1.25-4.0	4.5-7.0	8-16
0.3	1.25	4.5	8
0.4	1.5	5.0	9
0.5…	1.75	5.5	10
…	…	…	…
1.0	4.0	7.0	16

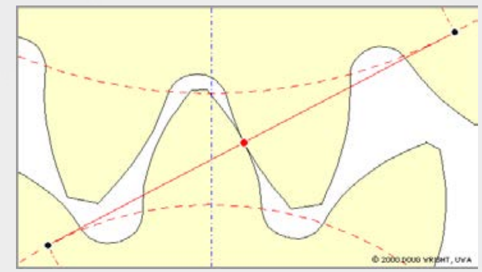
I. GRUP	II. GRUP	III. GRUP
1	1,125	
1,25	1,375	
1,50	1,75	
2	2,25	
2,5	2,75	
3	3,5	(3,25)
4	4,5	(3,75)
5	5,5	
6	7	(6,5)
8	9	
10	11	
12	14	
16	18	
20	22	
25	28	
32	36	
40	45	
50		



Düz Alın Dişli Çark Boyutları



Taksimat Dairesi Çapı: $d = \left(\dfrac{t}{\pi}\right) z = mz$



m: modül [mm] (standart)

Diş Yüksekliği: $h = h_f + h_k = 1{,}2m + m = 2{,}2m$

Dişbaşı Dairesi Çapı : $d_b = d + 2\,h_k = (z + 2)\,m$

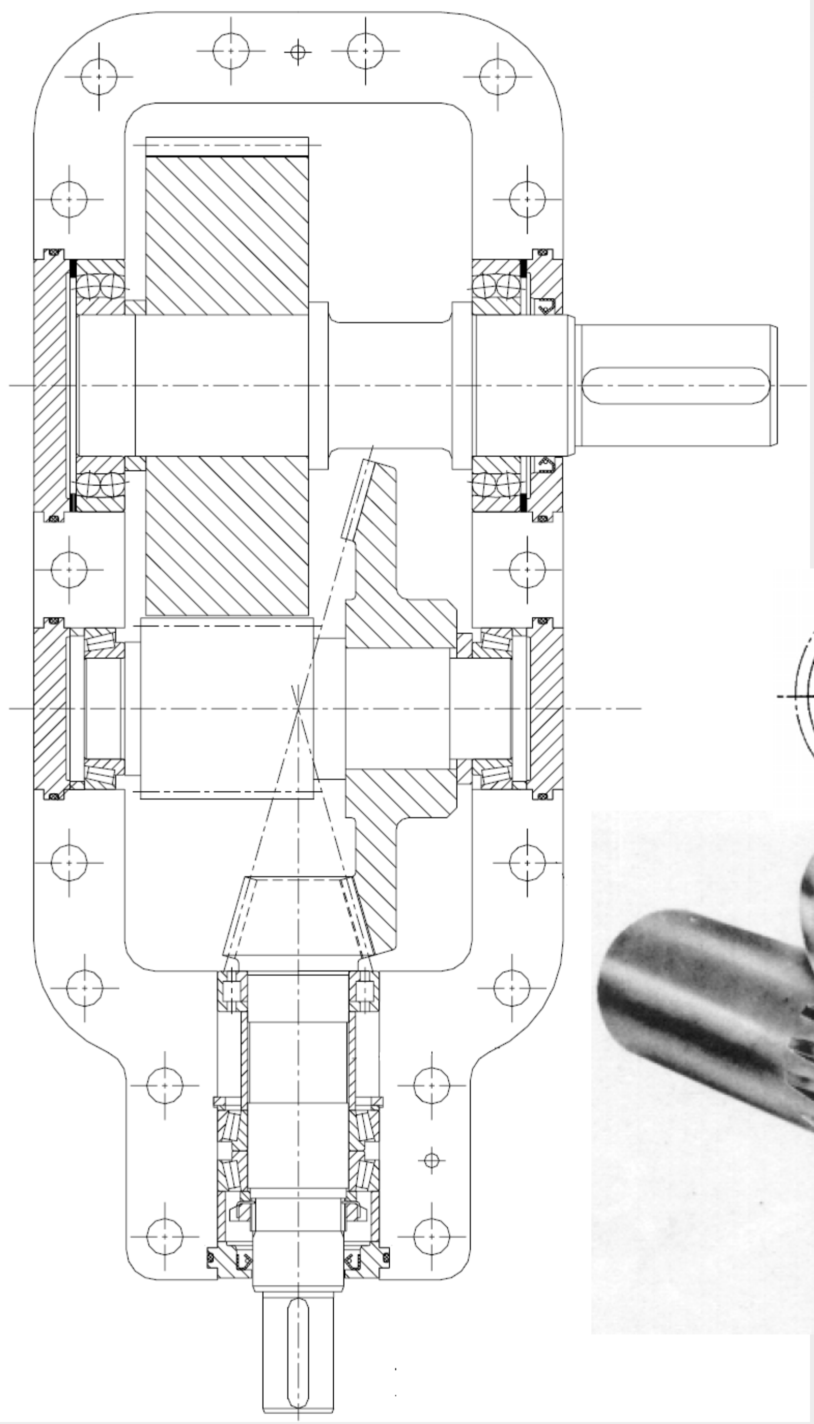
Dişdibi Dairesi Çapı : $d_d = d - 2\,h_f = (z - 2{,}4)\,m$

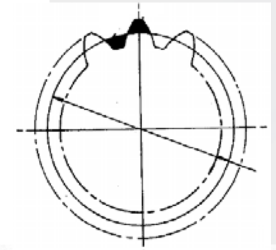
Eksenler arası Mesafe: $a = \dfrac{d_1 + d_2}{2} = \dfrac{(z_1 + z_2)m}{2}$

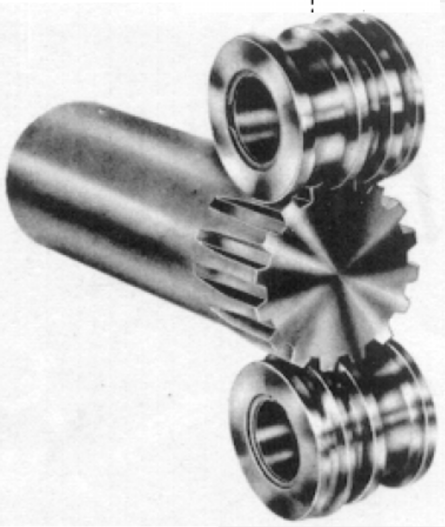
Dişli Çark Boyutları

d_{m1} mil çapı ile d_1 pinyon çapı karşılaştırılarak,
$d_1 =\sim 2\, d_{m1}$ ise
mile geçirilmiş pinyon,

$d_1 =\sim 1{,}2\, d_{m1}$ ise
mile açılmış pinyon,
olarak imal edilir.

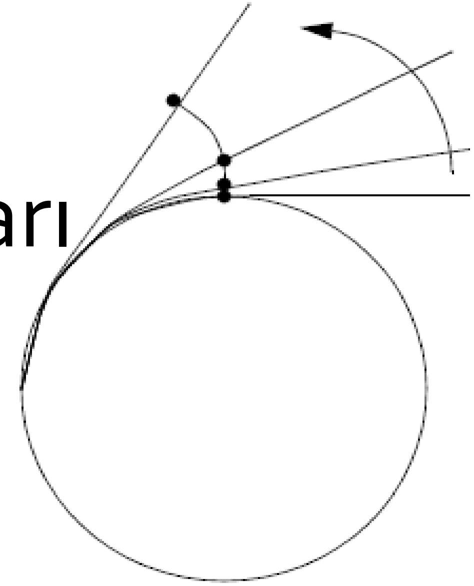


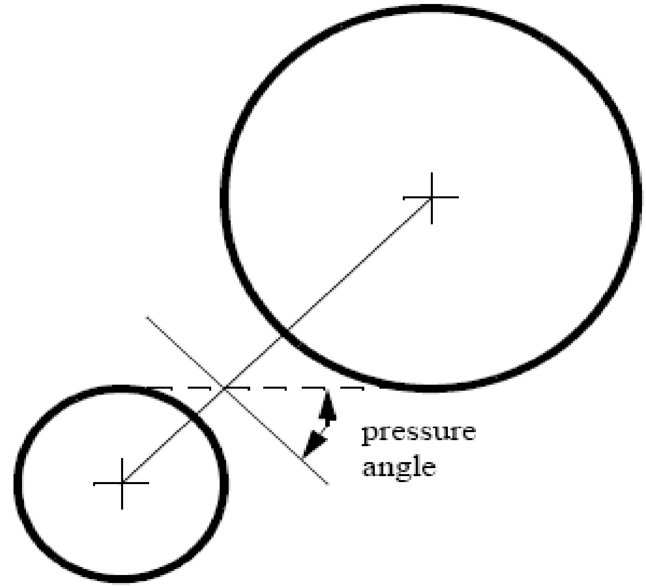


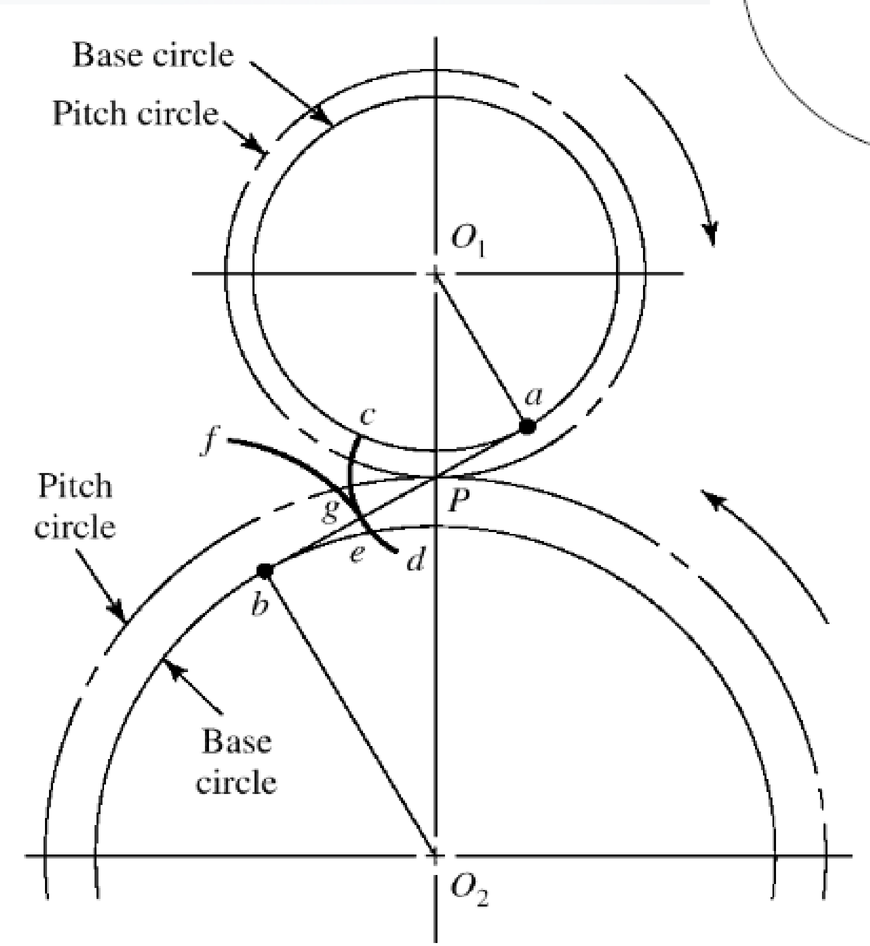


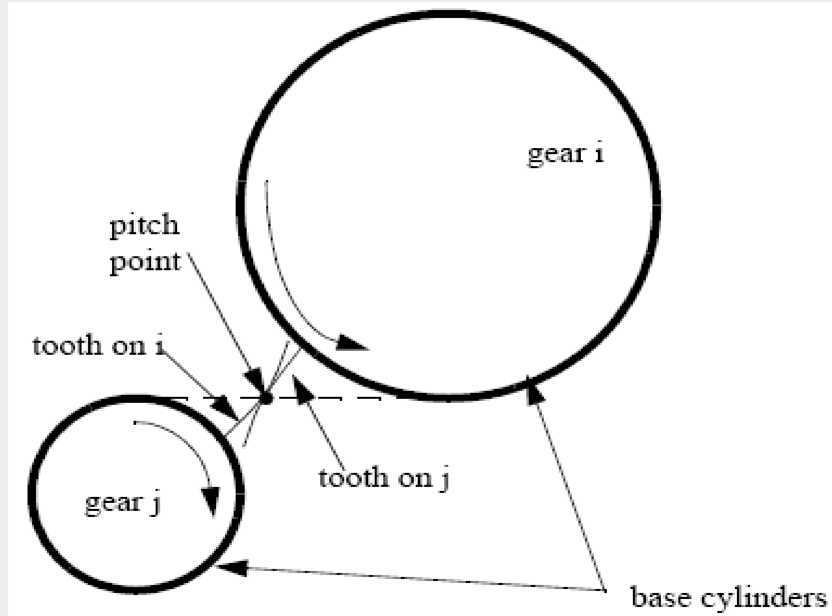
Dişli çark boyutları

Gear Dimensions





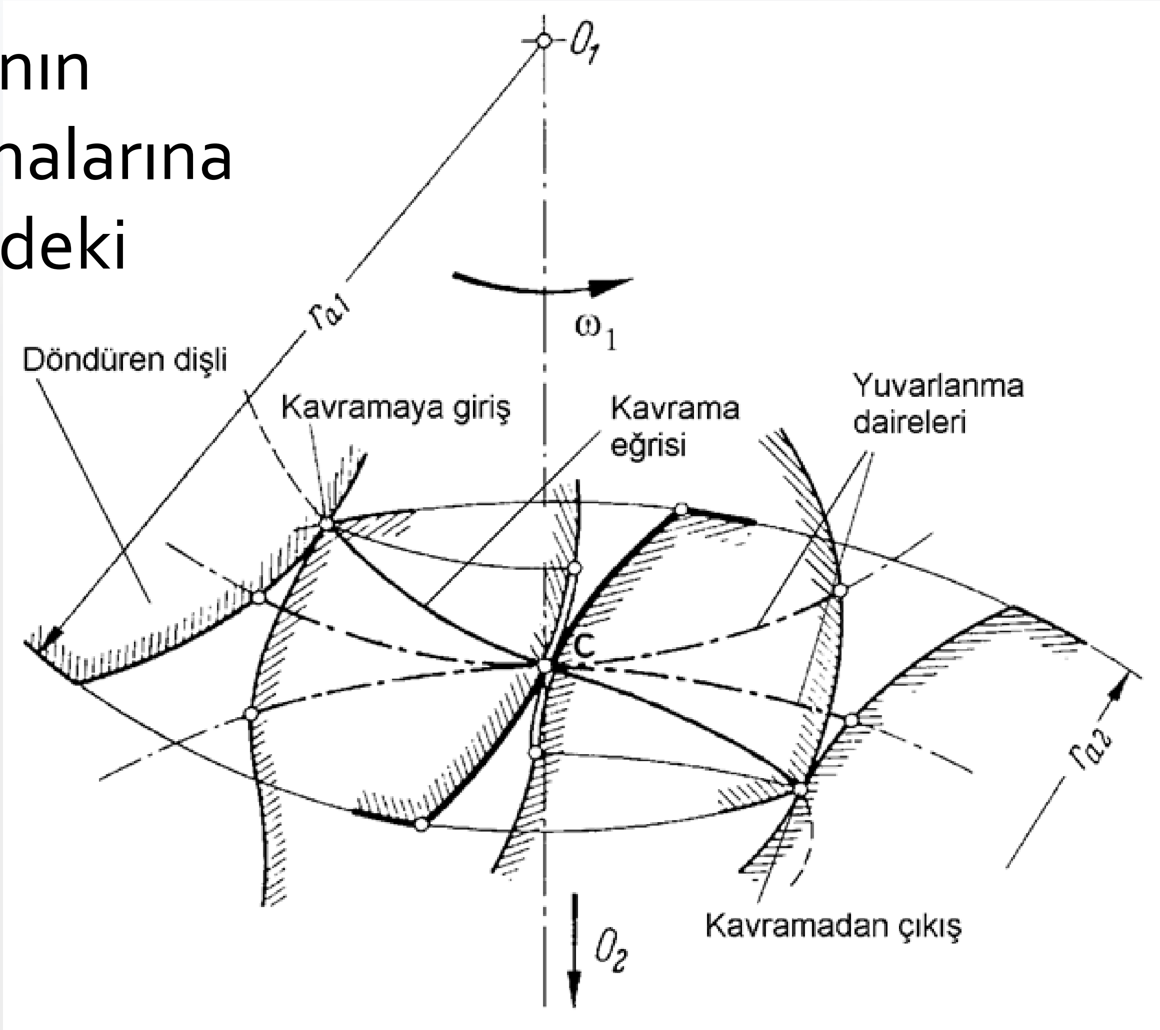




Kavrama eğrisi

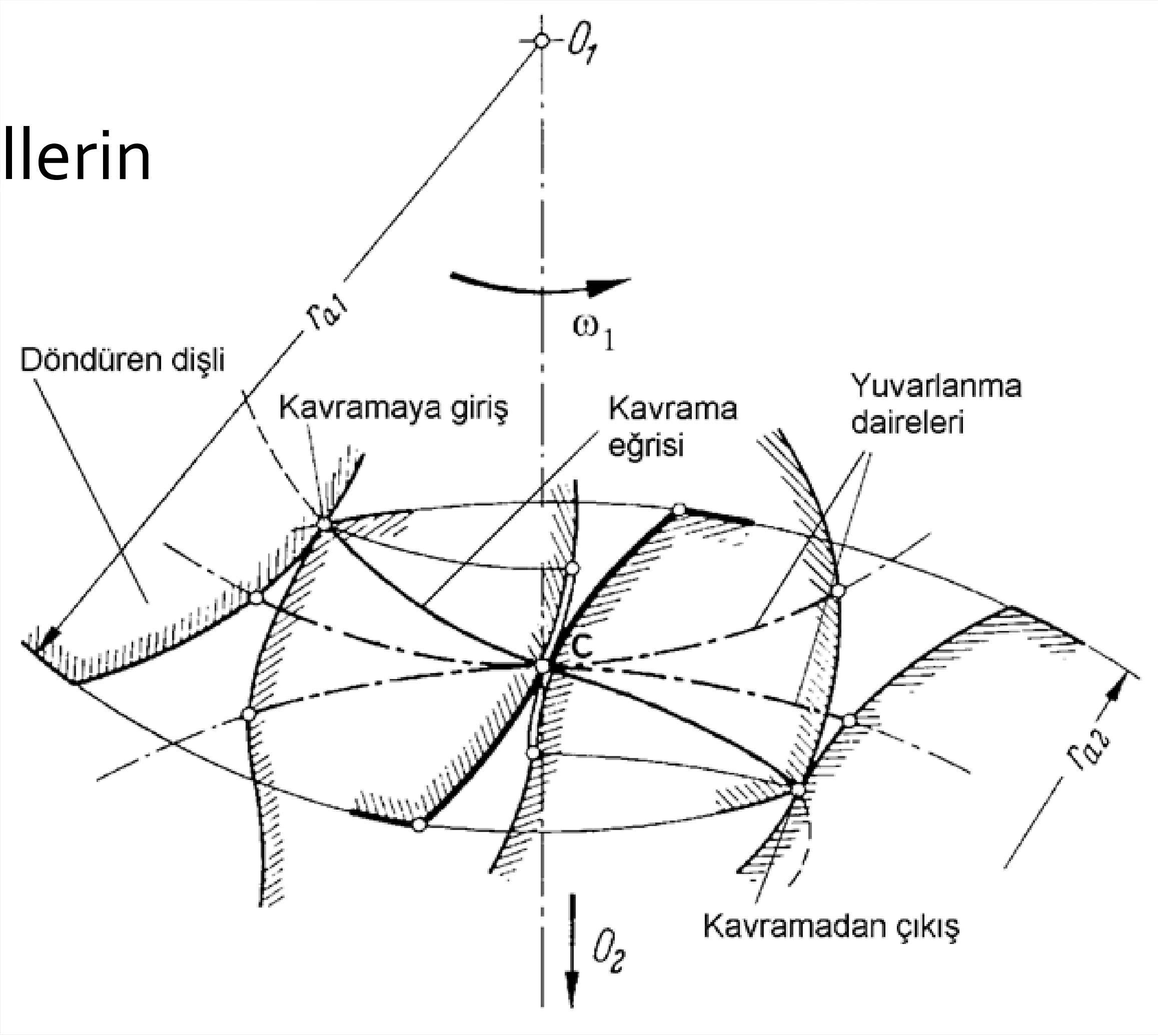
Bir diş çiftinin temasının başlangıcından ayrılmalarına kadar geçen süre içindeki duruma kavramada olma durumu denir.

Temas noktalarının geometrik yerine kavrama eğrisi (temas izi) denir.

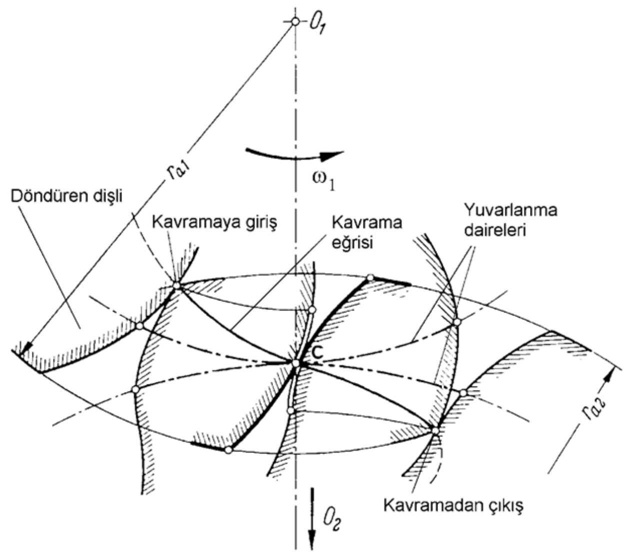


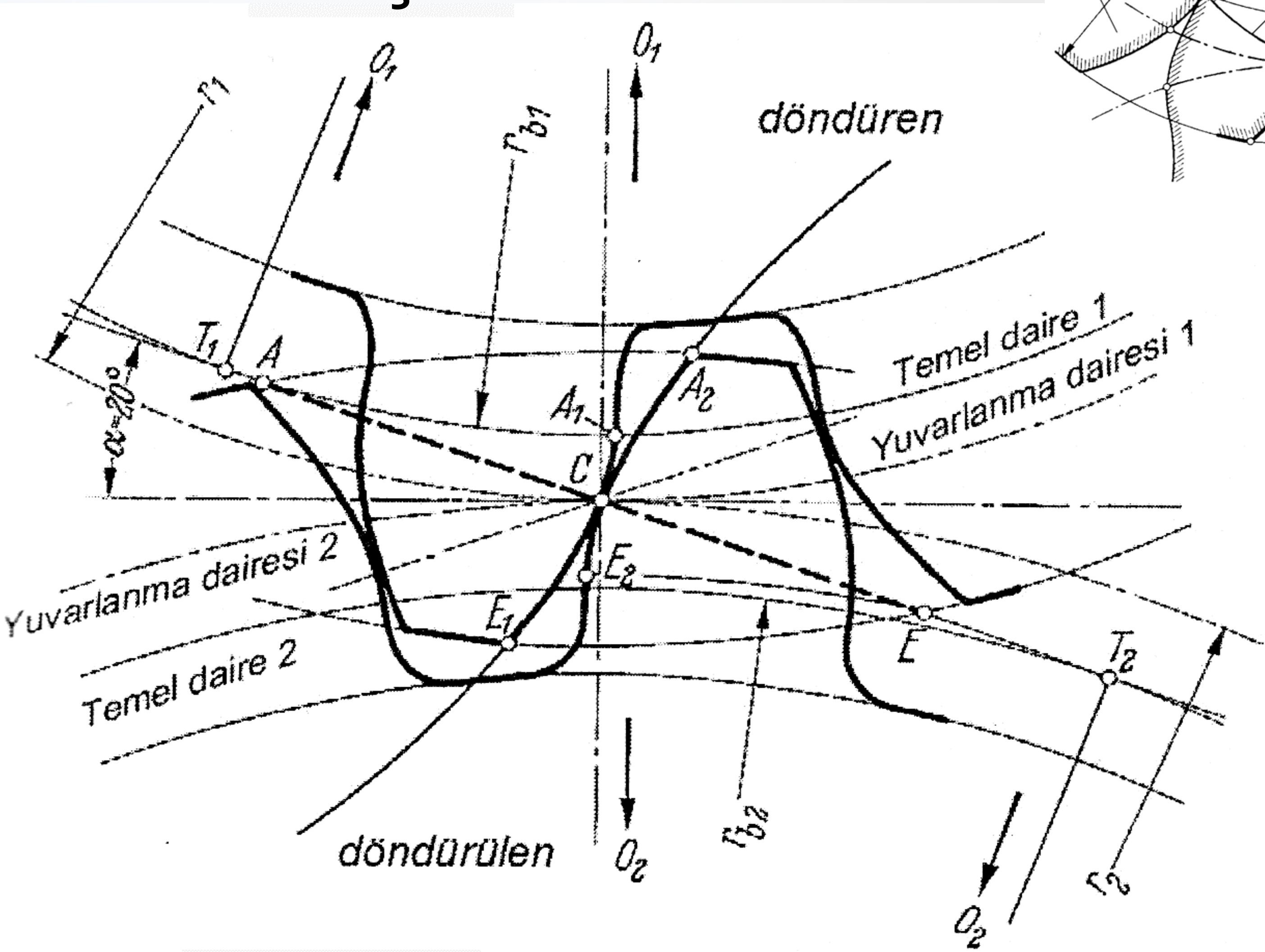
Kavrama eğrisi

Kavrama süresince,
alın düzleminde profillerin
birbirine temas eden
noktalarının
geometrik yeri
olan eğriye
kavrama eğrisi
denir.



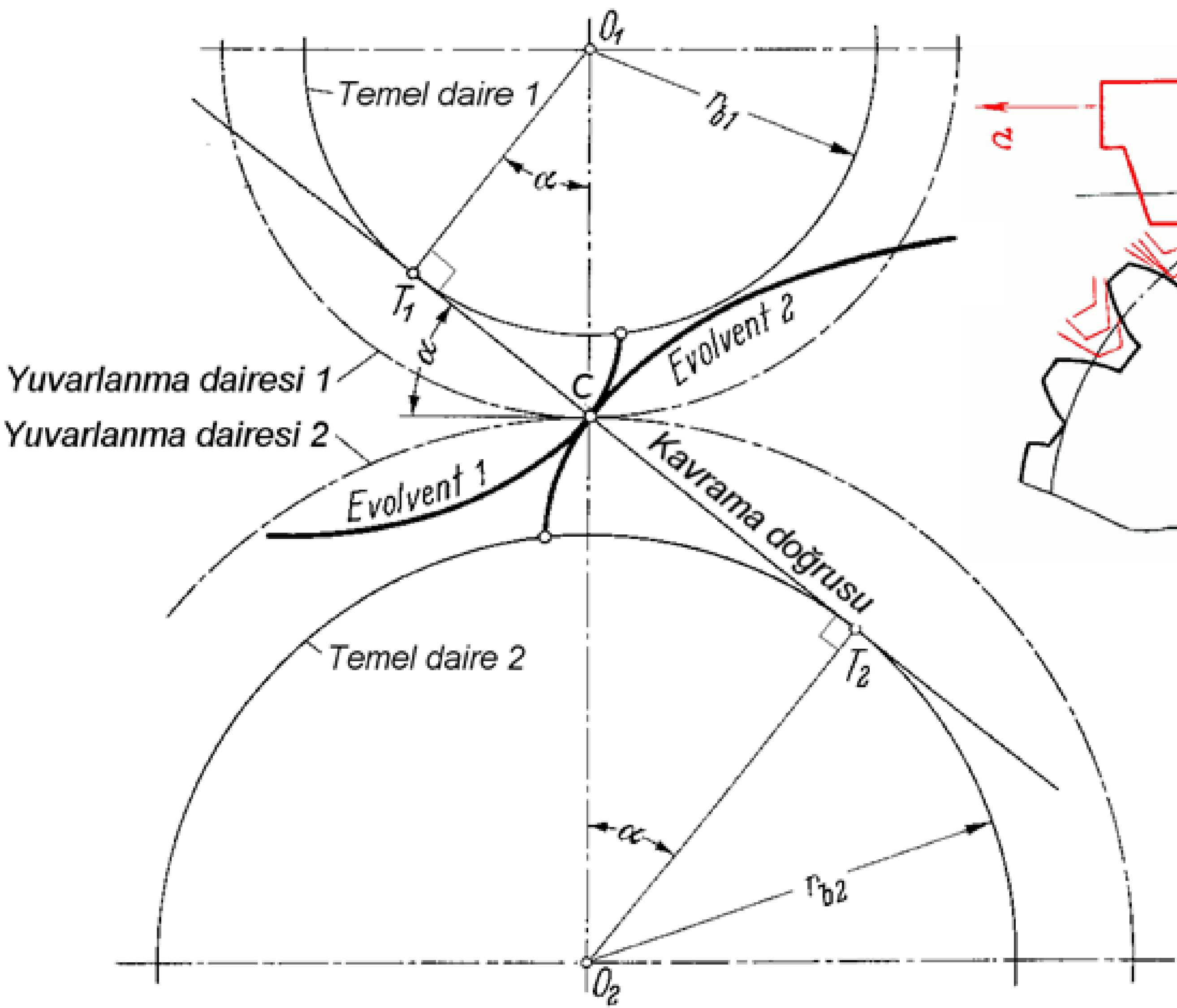
Evolvent dişlide kavrama

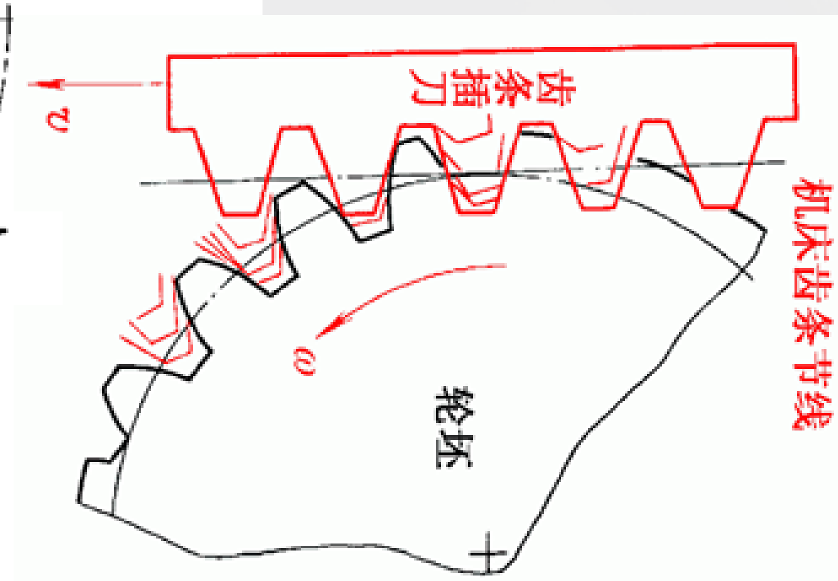




Evolvent dişlide kavrama olayı

Evolvent dişlide kavrama

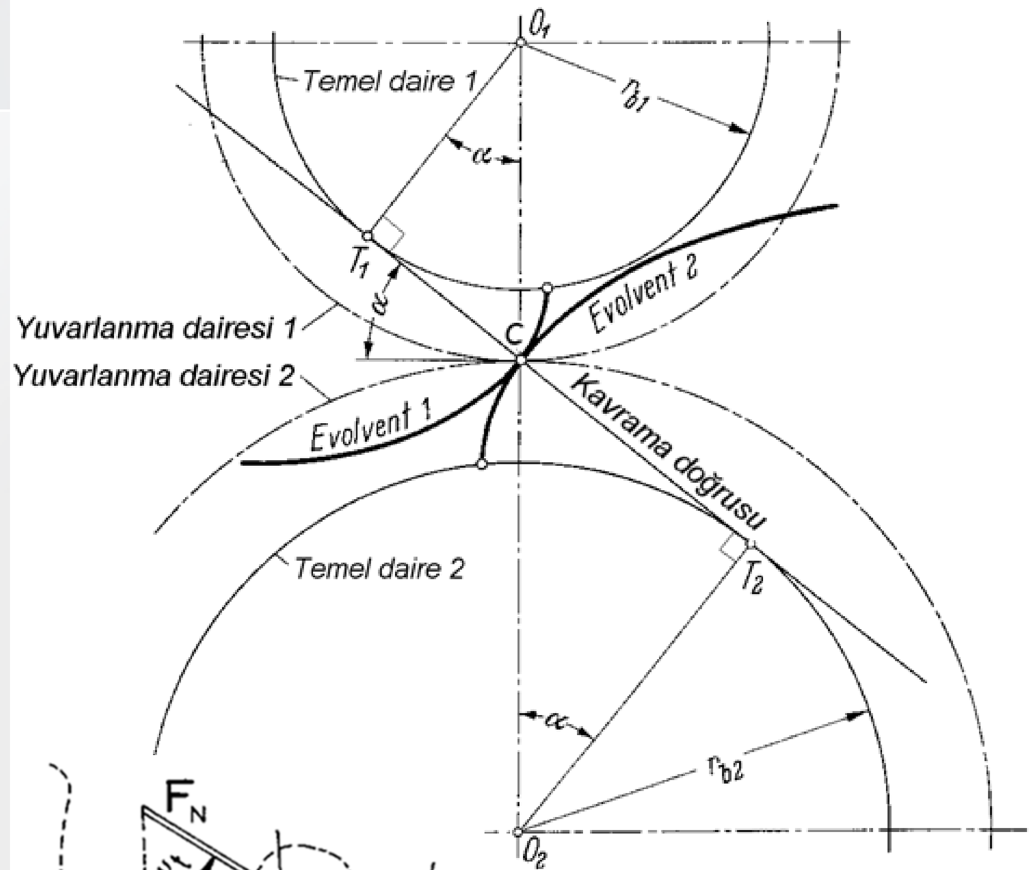


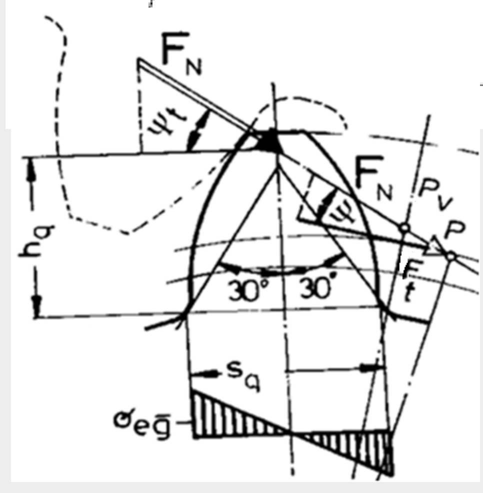


Ani Kavrama Doğrusu (Kavrama Normali)

Kavrama eğrisi üzerinde bir nokta (dişlerin o andaki temas noktası) ile yuvarlanma noktasını birleştiren doğruya ani kavrama doğrusu denir.

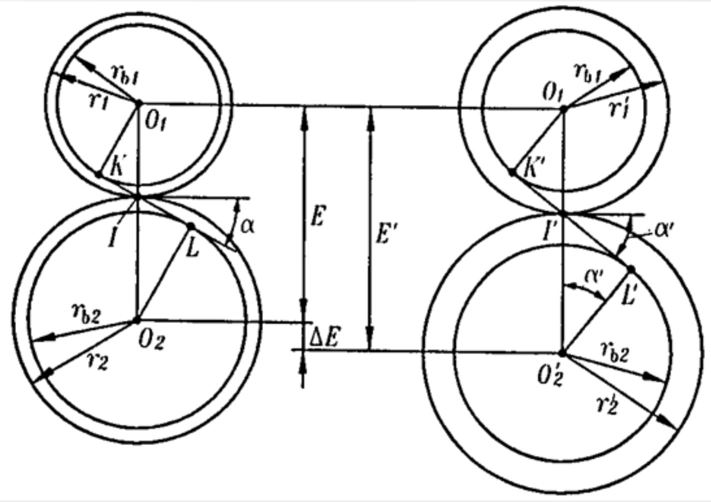
Diş kuvvetinin hareket düzlemindeki bileşeninin doğrultusunu verir.

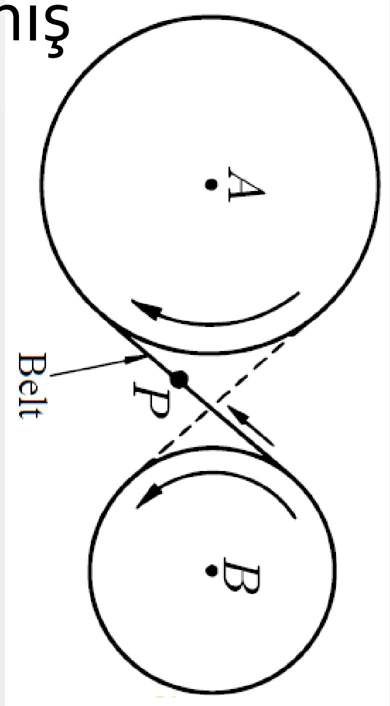


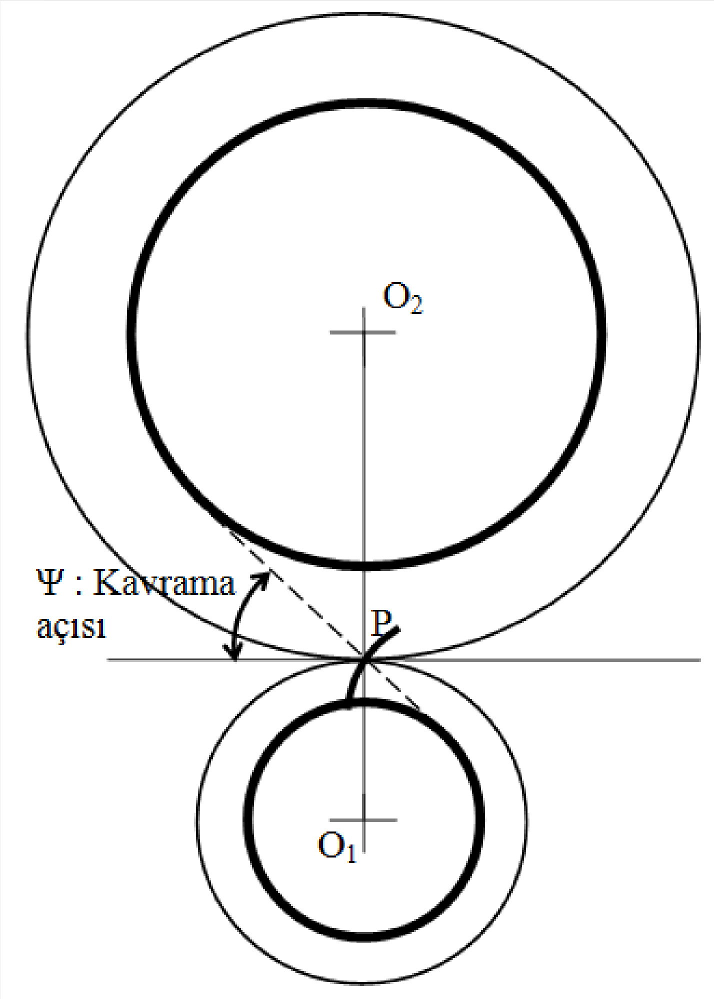


Kavrama Açısı

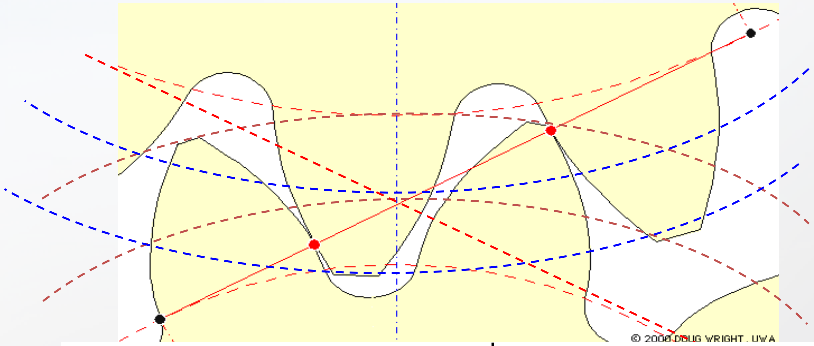
Ani kavrama doğrusunun yuvarlanma dairelerinin (yuvarlanma noktasındaki) ortak teğeti ile yapmış olduğu açıdır.

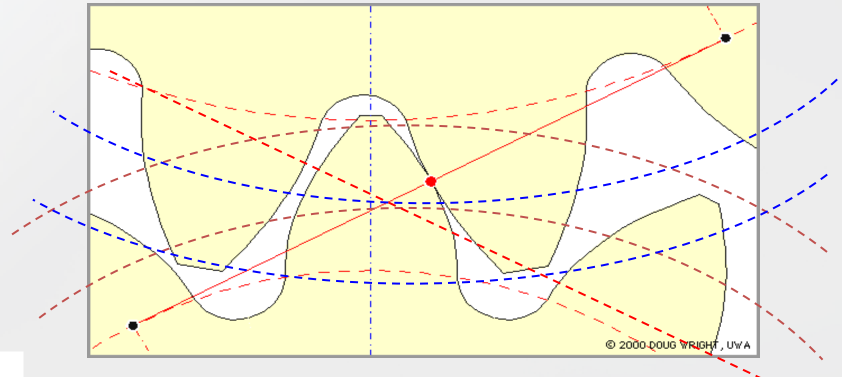


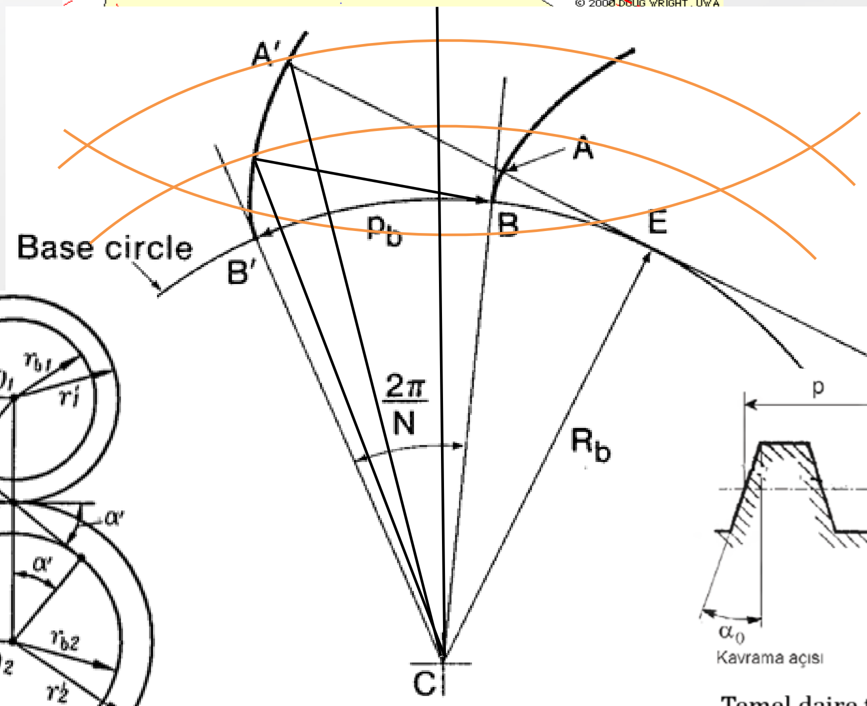


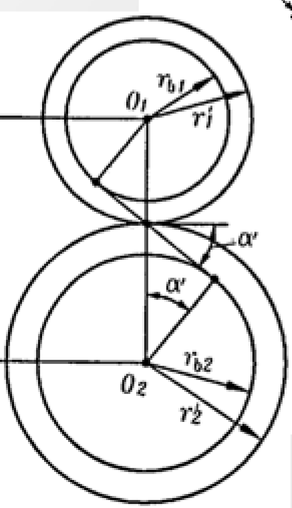


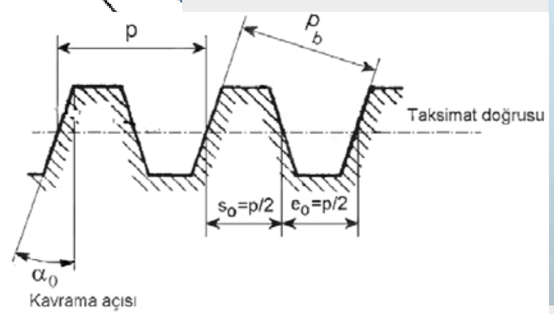
evolvent dişli çifti







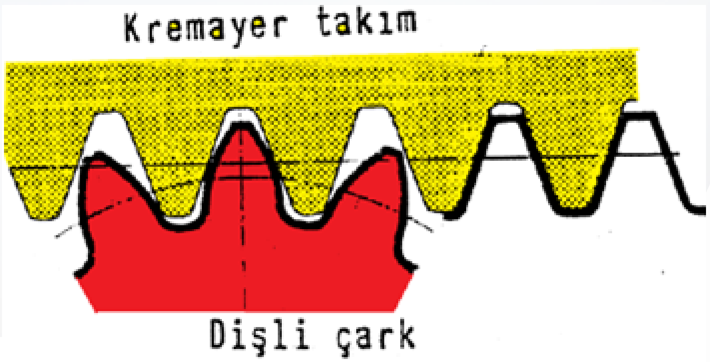


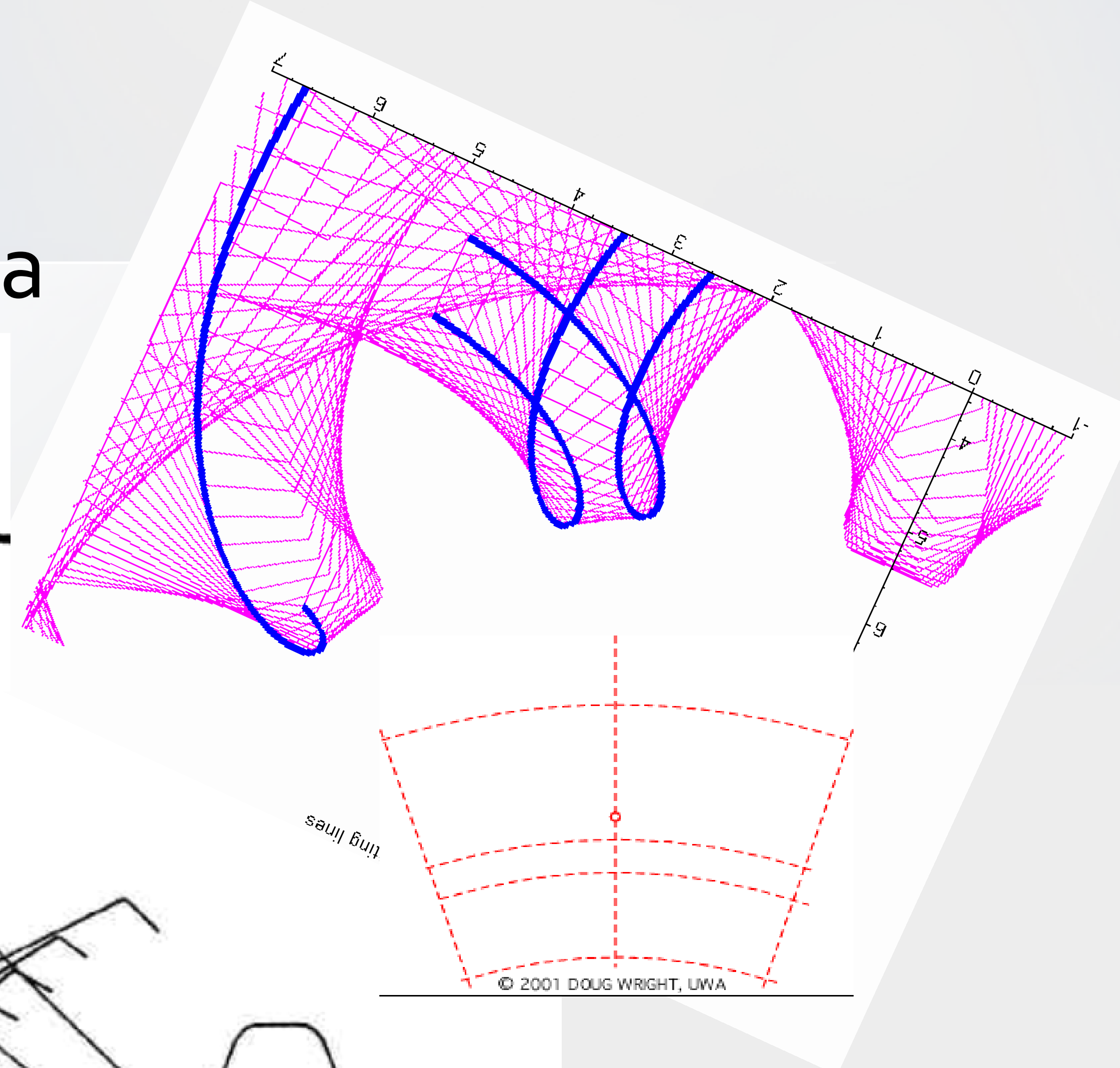


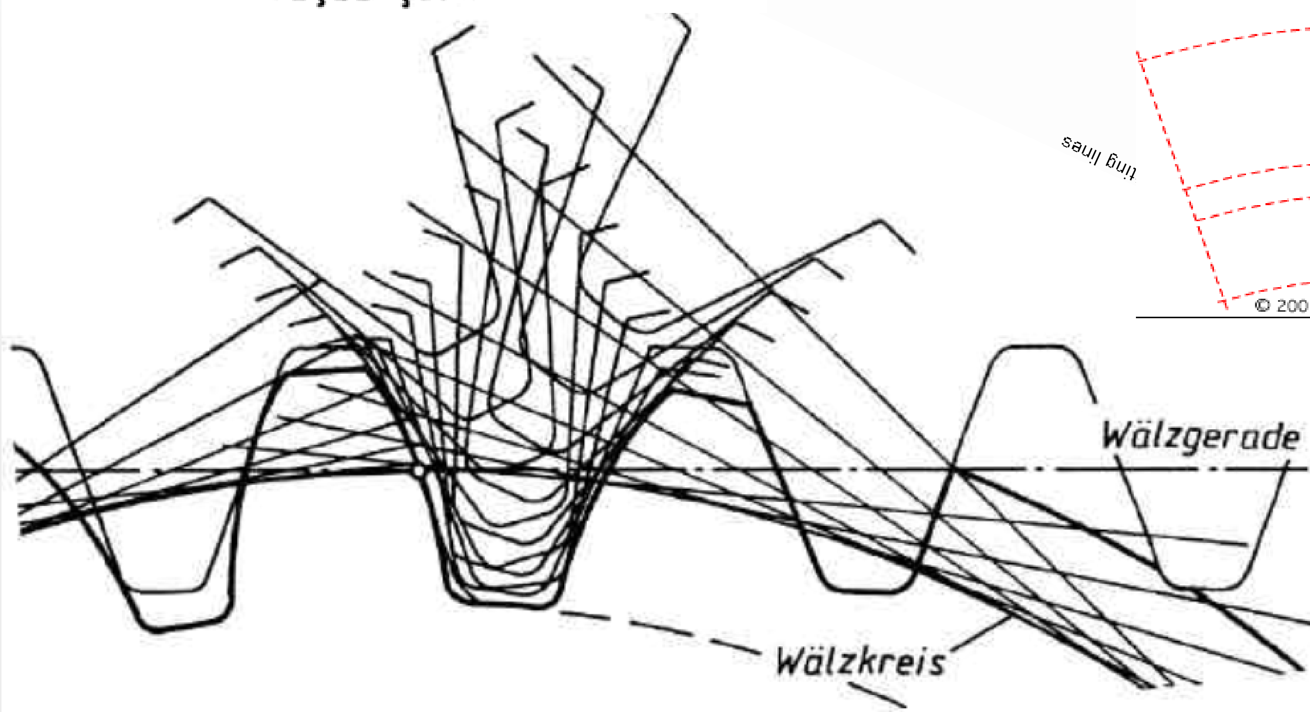
Temel daire taksimatı

$$p_b = p \cdot \cos \alpha_0$$

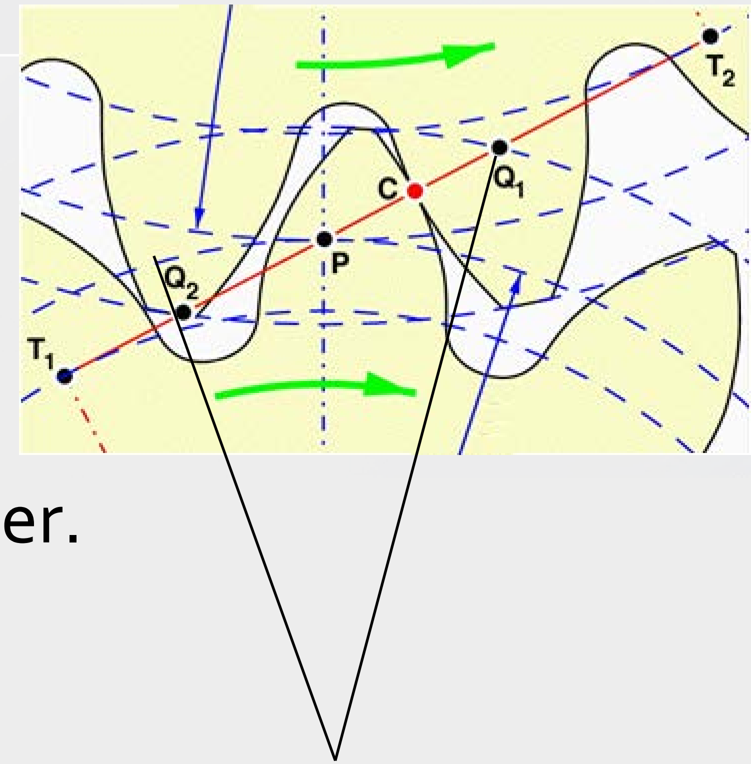
Çubuk bıçak ile evolvent diş açma







Kavrama Uzunluğu (Kıtası)

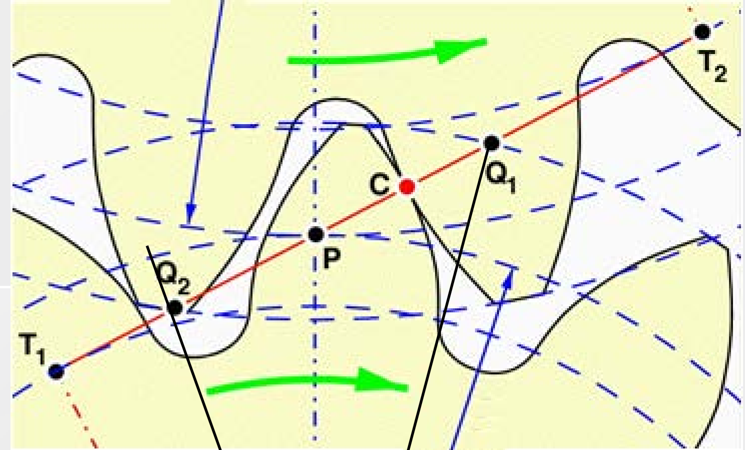


Kavrama eğrisi üzerindeki diş yan yüzeylerinin birbirleri ile temas ettiği kısmın uzunluğudur.
Diş profilleri yalnız iki baş dairesi arasında kavrama durumuna girerler.

Kavrama Boyu :

Yuvarlanma dairesi üzerinden ölçülen kavramanın başlangıcı ile sonu arasındaki yayın uzunluğudur.

Kavrama Oranı :



Kavrama boyunun dişli taksimatına oranıdır. Hareketin devamlılığı için (1) den büyük olmalıdır.

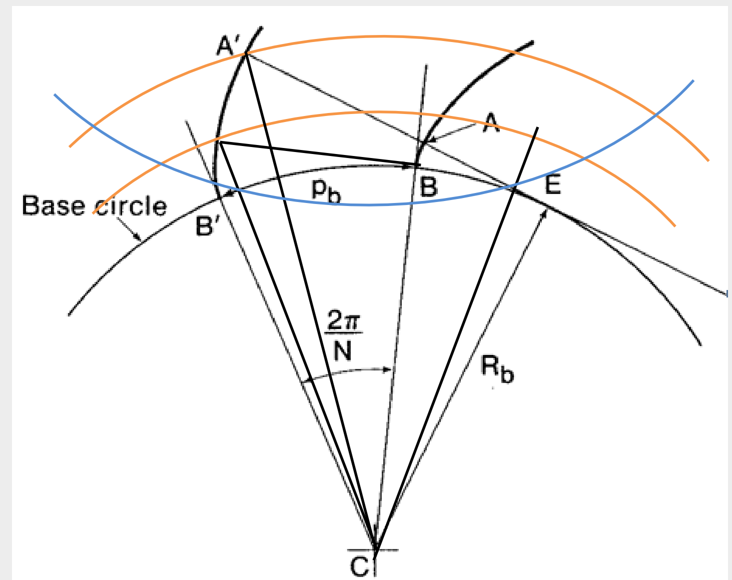
Kavrama Oranı ε = (Kavrama Boyu) / t

veya

Kavrama kıtasının temel dairesi taksimatına oranıdır.

Kavrama Oranı

ε = (Kavrama Uzunluğu) / t_b



Kavrama Oranı

Kavrama oranının 1'den büyük olması istenir. Genellikle $\varepsilon = 1{,}4$ alınır. Yani kavrama uzunluğunun, taksimattan büyük olması istenir.

Bunun nedeni $\varepsilon > 1$ olunca eş çalışan dişlilerde dişlerden biri devreden çıkmadan diğeri devreye girer.

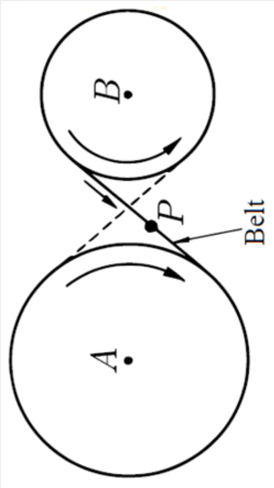
Böylece hem sessiz ve boşluksuz bir çalışma hem de harekette bir süreklilik sağlanır.

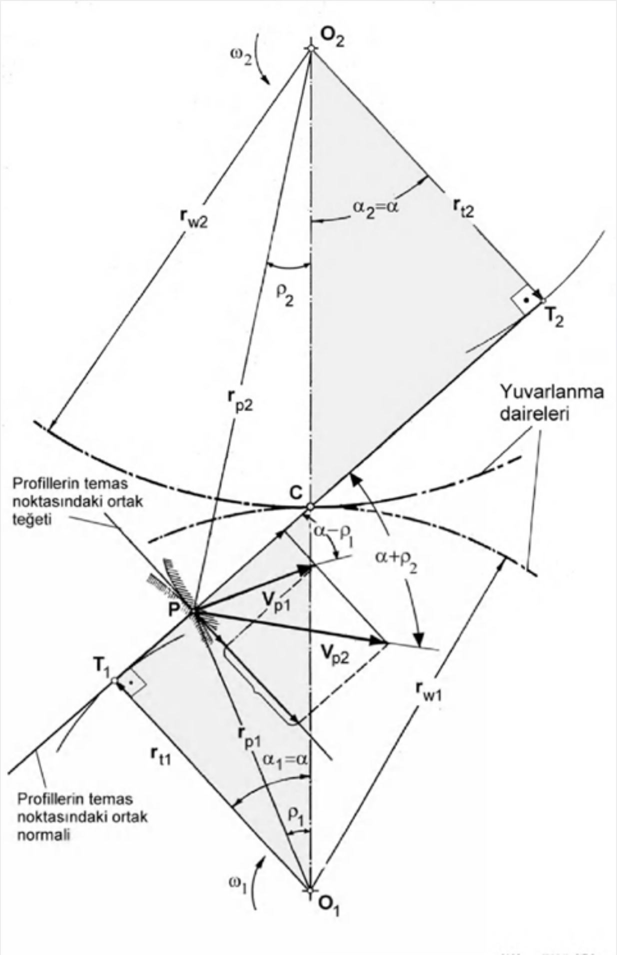
Takım Dişli Şartı

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}} = sabit$$

Mekanizmada düzgün hareket iletimi, **ω_1/ω_2** oranının kavrama boyunca sabit kalması demektir.

Bu özelliğe sahip profil çiftleri **eş çalışabilen** profillerdir.





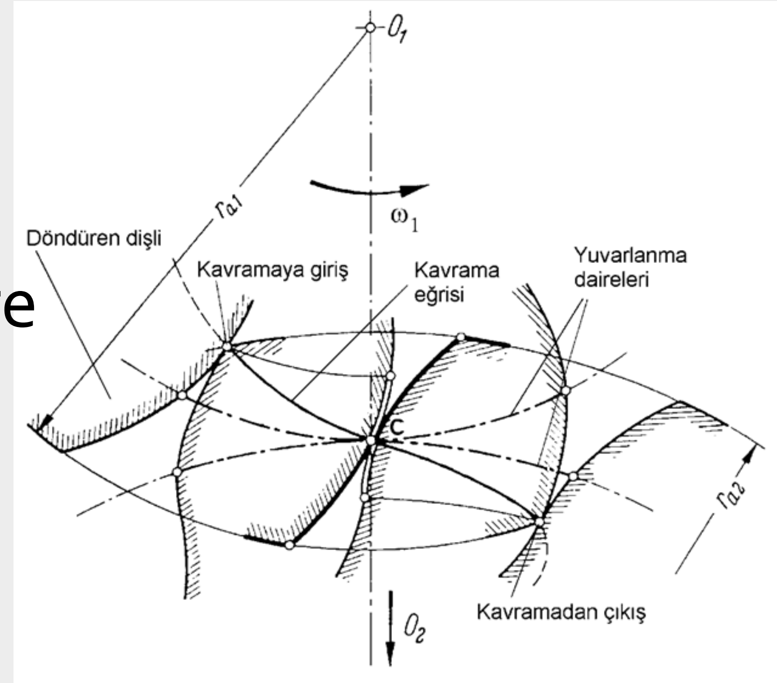
Takım Dişli Şartı

Yuvarlanma daireleri belli olan bir mekanizmada dişlilerden birinin profili bilindiği takdirde, $\boldsymbol{\omega_1/\omega_2}$**=sabit** koşulundan hareketle kavrama eğrisi nokta nokta çizilebilir veya hesaplanabilir.

Dişliler için seçilen profil eğrilerinin eş çalışabilmesinin, yani bunların kavramada kaldığı süre içinde $\boldsymbol{\omega_1/\omega_2}$ oranının sabit kalmasının bir genel koşulu var mıdır sorusu sorulabilir.

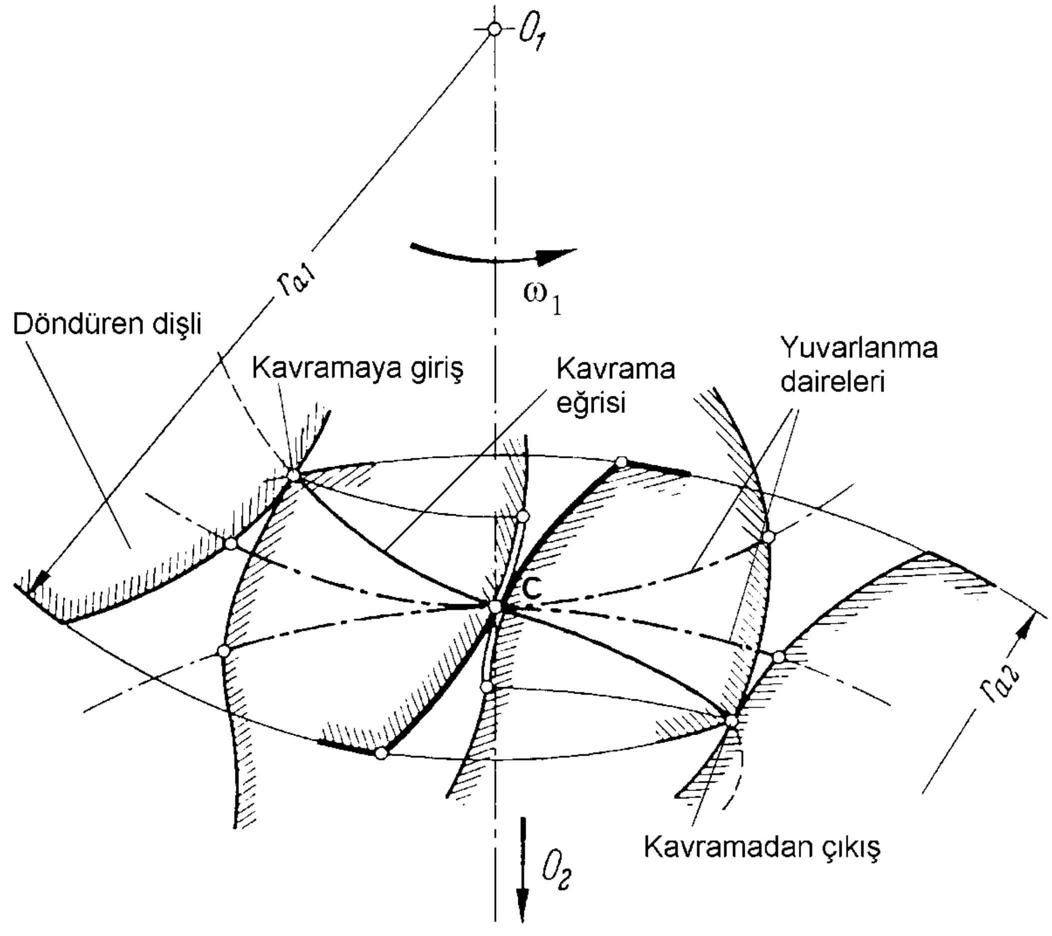
Takım Dişli Şartı

Muhtelif diş sayılı dişli çarklarda eş çalışmanın mümkün olabilmesi için (Takım dişliler)
(1) her bir diş yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri birbirleri ile çakışmalıdır
ve
(2) yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri yuvarlanma noktasına göre merkezi simetrik olmalıdır.



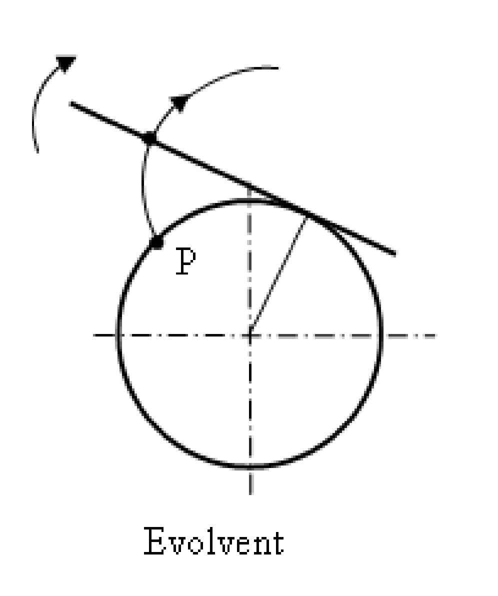
Takım Dişli

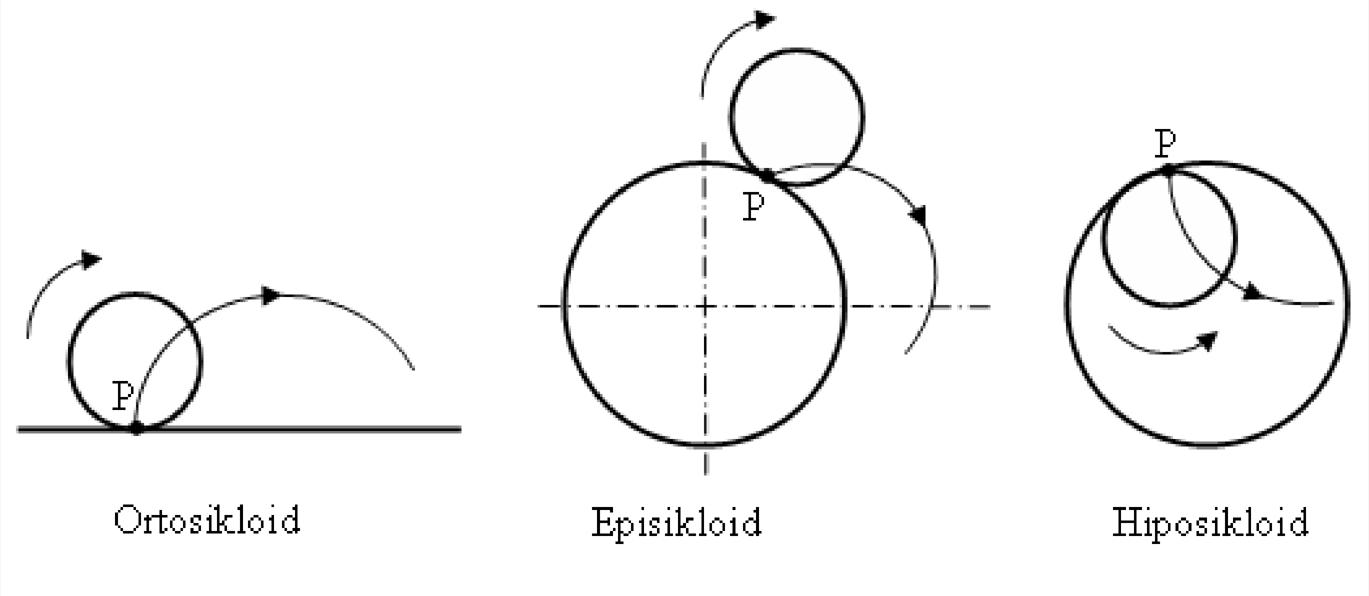
1. çark yerine 2. çark kullanılırsa kavrama eğrisi 180° döner. Eş çalışma için bu eğri evvelki eğri ile çakışmalı, bunun için yuvarlanma noktasına (C) göre merkezi simetrik olmalıdır



Kavrama Eğrileri

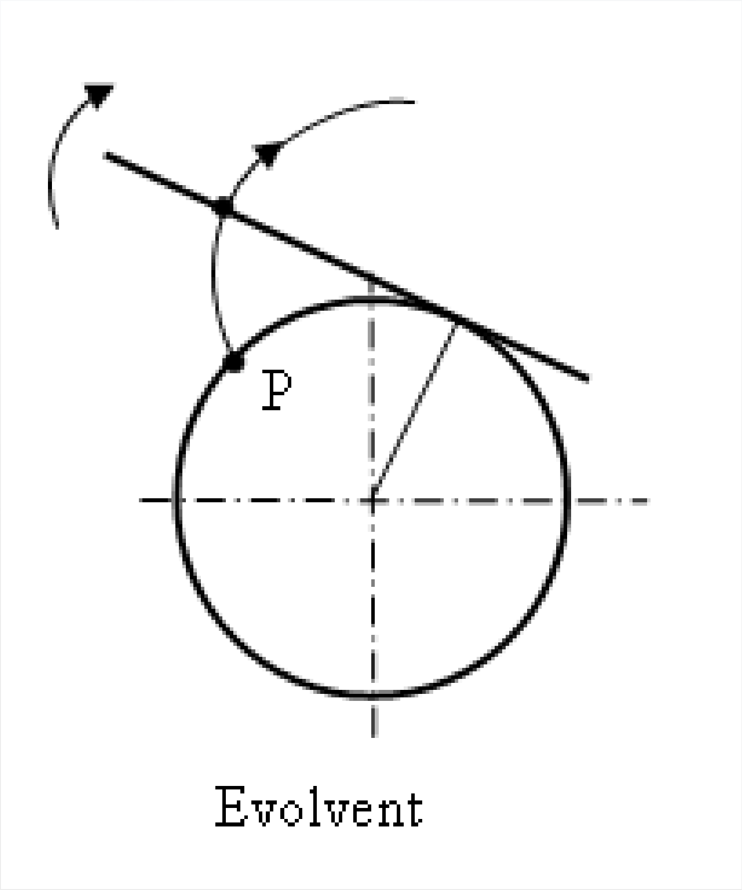
İmalatda kavrama eğrisi olarak basit eğriler seçilir. Mesela doğru (evolvent dişliler) veya iki daire kavisi (sikloid dişliler). Pratikte evolvent dişliler kullanılmaktadır.



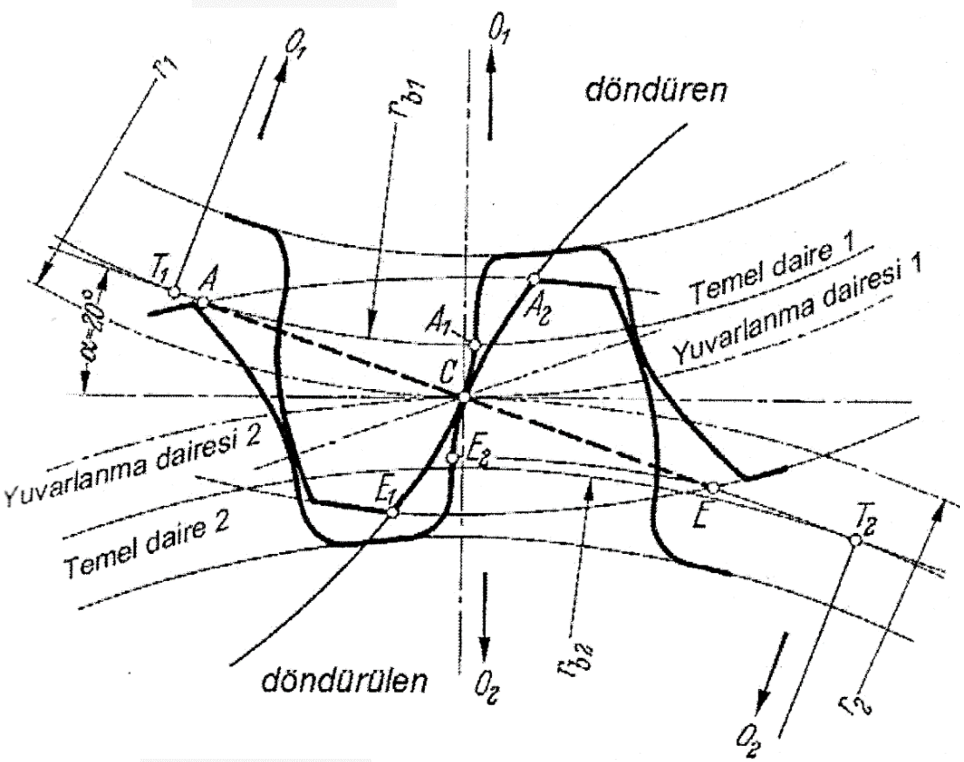


Evolvent profil

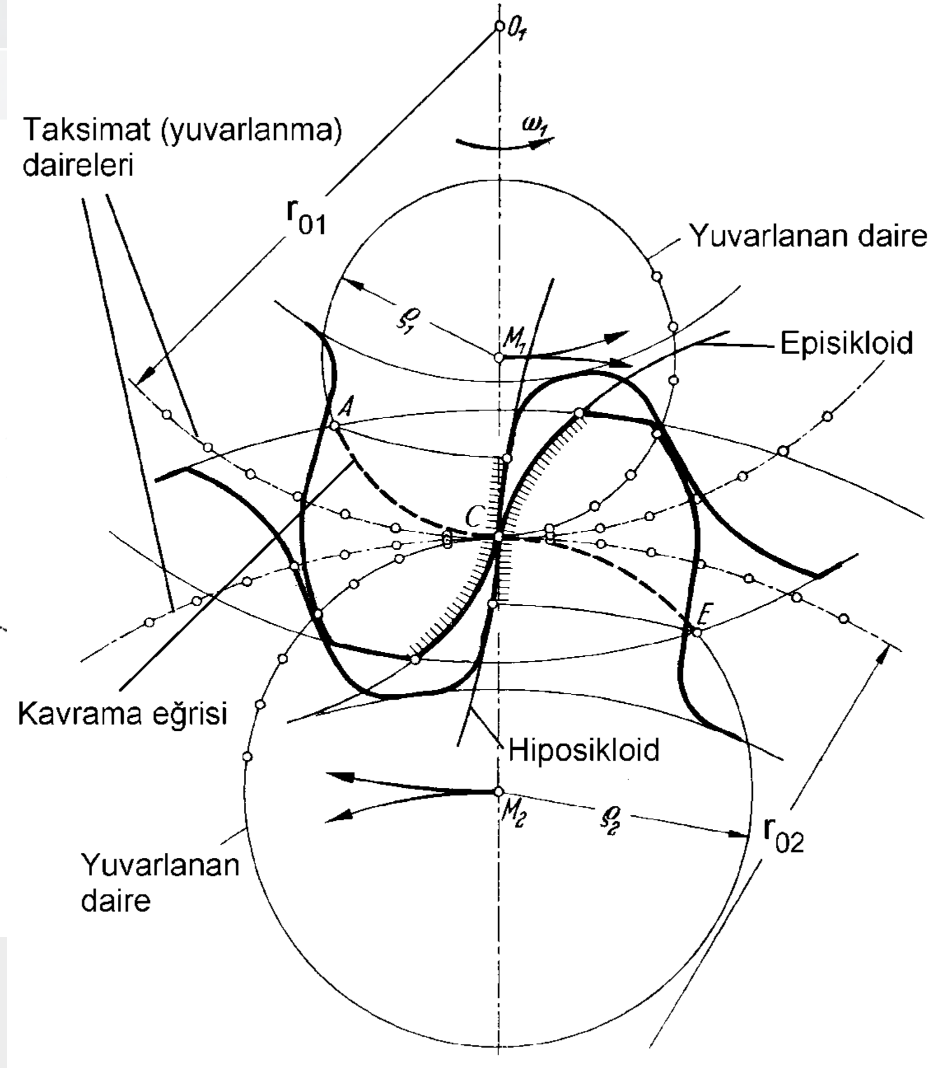
Evolvent profil



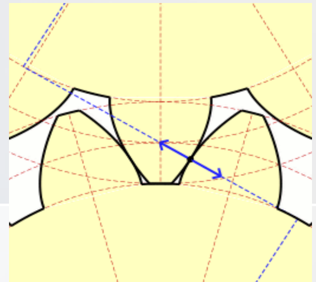
Kavrama Eğrileri

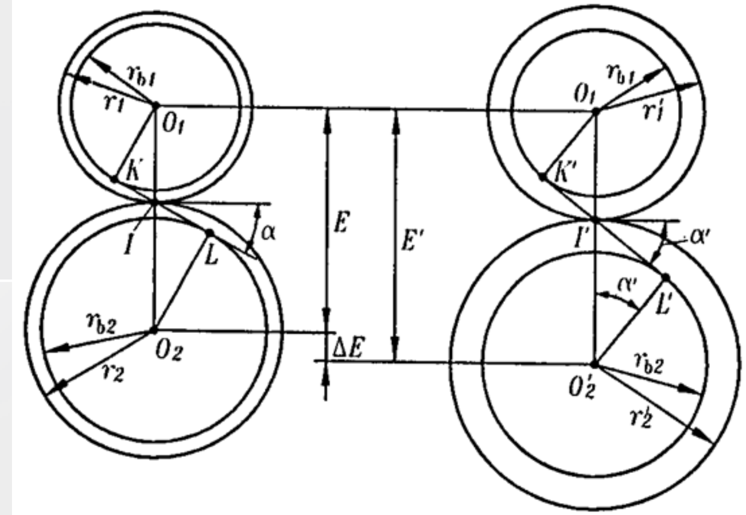


Evolvent dişlide kavrama olayı

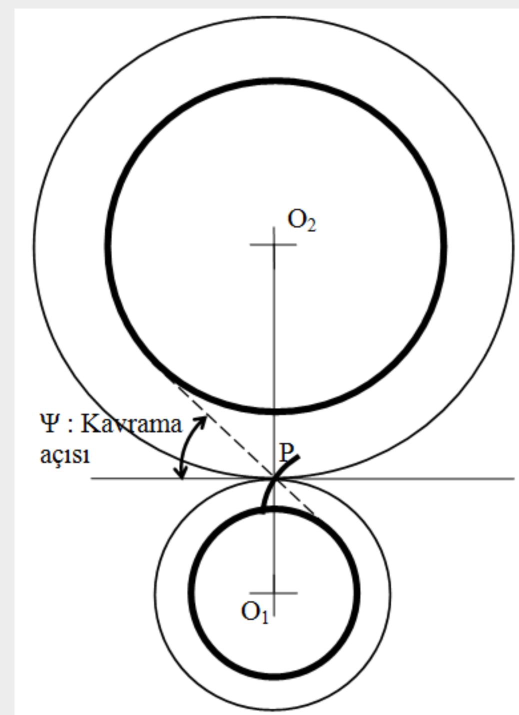


Kavrama açısı



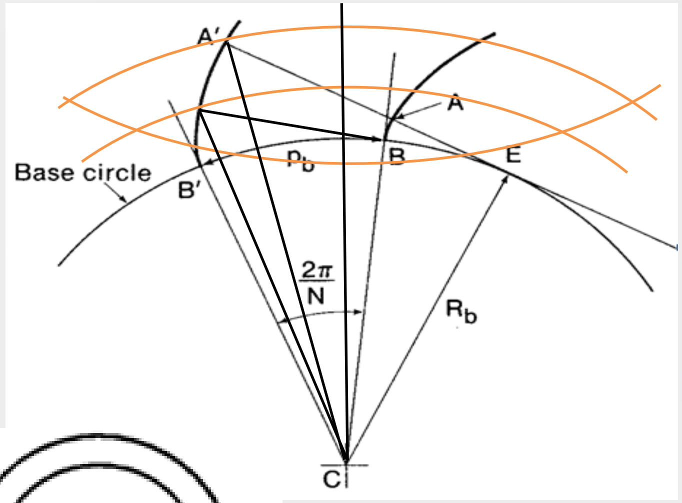


Kavrama açısı sabittir
(sabit yük doğrultusu).
Yuvarlanma daireleri çapları istenilen şekilde alınabilir,
bu halde kavrama doğrusu ve kavrama açısı değişir,
fakat kavramanın mükemmelliği ve
çevrim oranı değişmez.
Yuvarlanma daireleri çapları keyfi olarak
alınabileceğinden, taksimat olarak
temel dairesi üzerindeki taksimatı
almak uygundur.



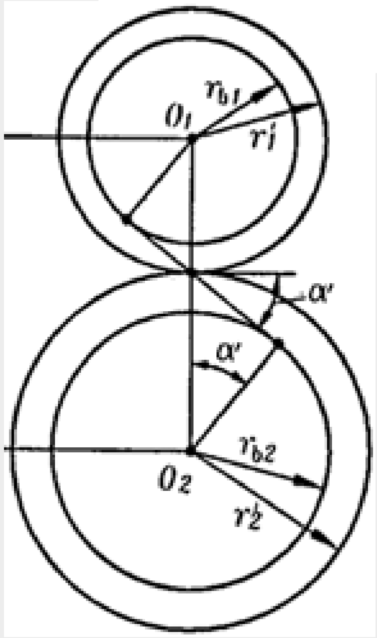
Evolvent dişlide Takım Dişli şartı

Temel daireleri taksimatı aynı olan evolvent dişliler takım dişli olarak kullanılabilirler.



Temel Noktalar :

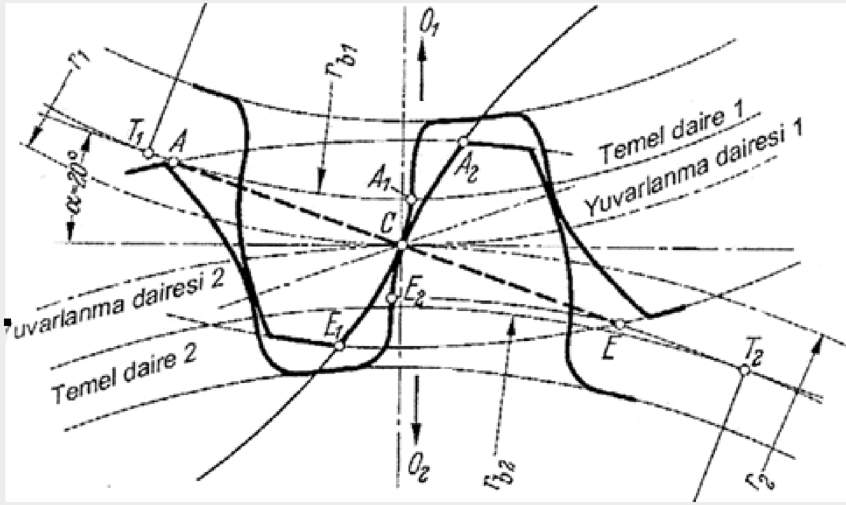
Kavrama doğrusunun (temel dairelerinin ortak teğeti) temel dairelere teğet olduğu noktalara temel noktalar denir.



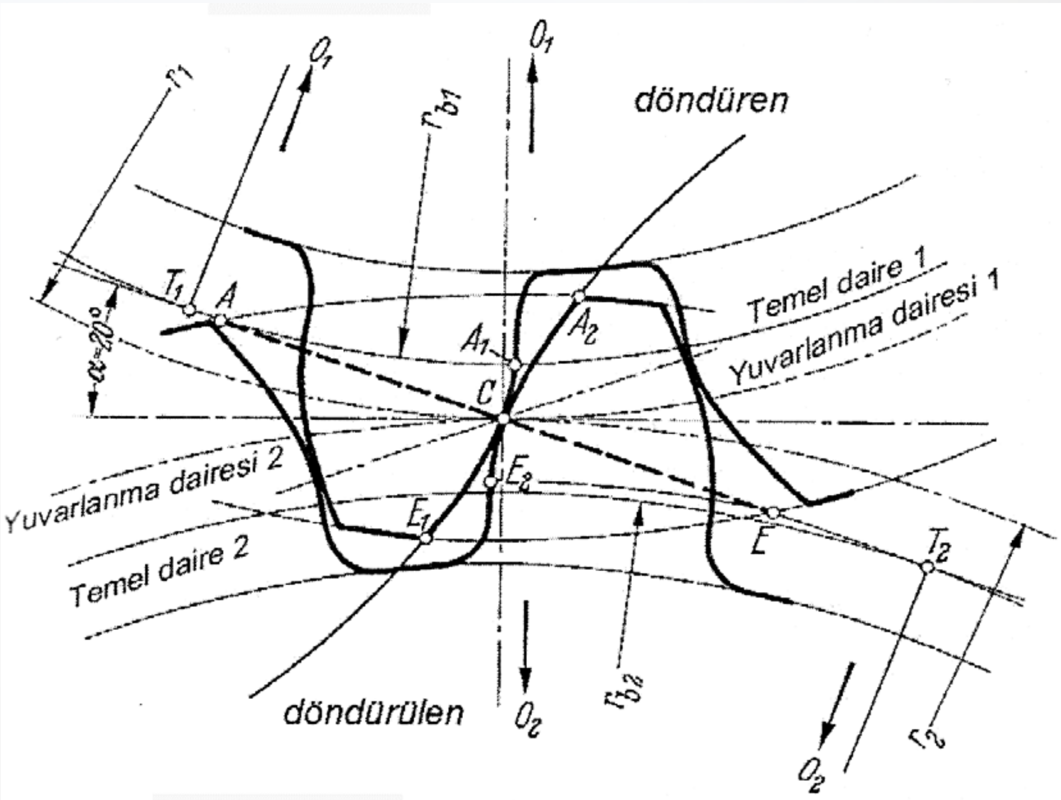
Kavrama Uzunluğu (Kıtası)

Diş profilleri yalnız dişlilere ait iki baş dairesinin kavrama doğrusunu kestiği noktalar arasında temas durumuna geldiğinden kavrama doğrusunun bu kısmı kavrama uzunluğudur ve kavrama kıtası olarak isimlendirilir.

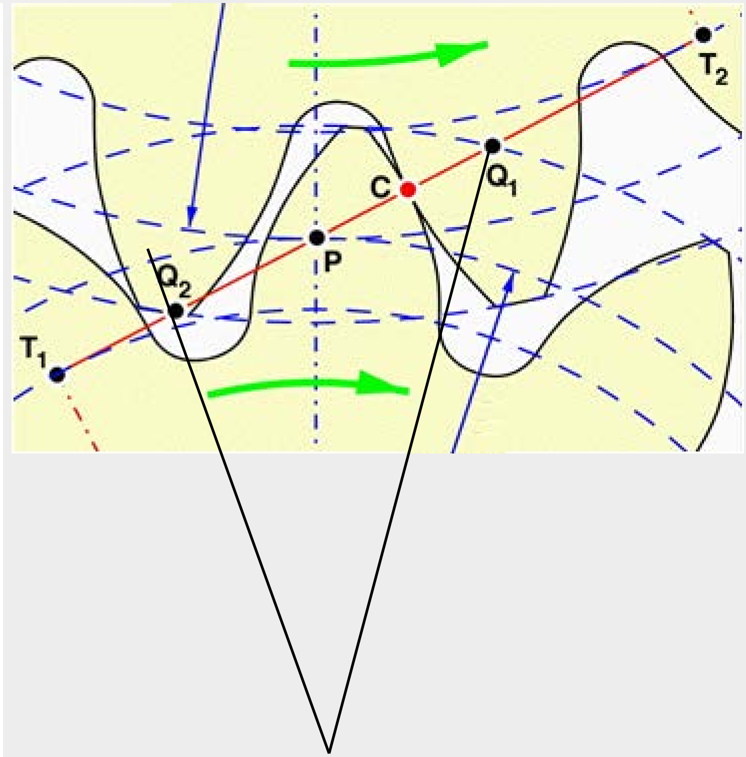
Bütün diş yan yüzeyinin evolvent olması gerekli değildir. Sadece kavramaya iştirak eden kısmın evolvent olması kafidir.



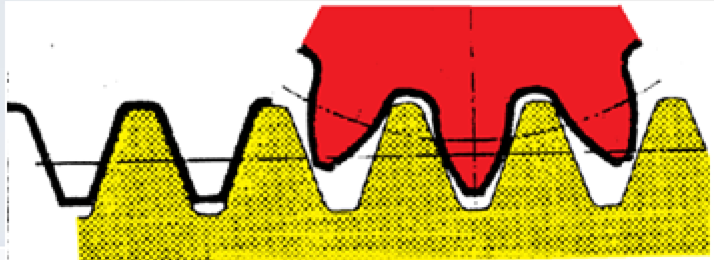
Kavrama Uzunluğu



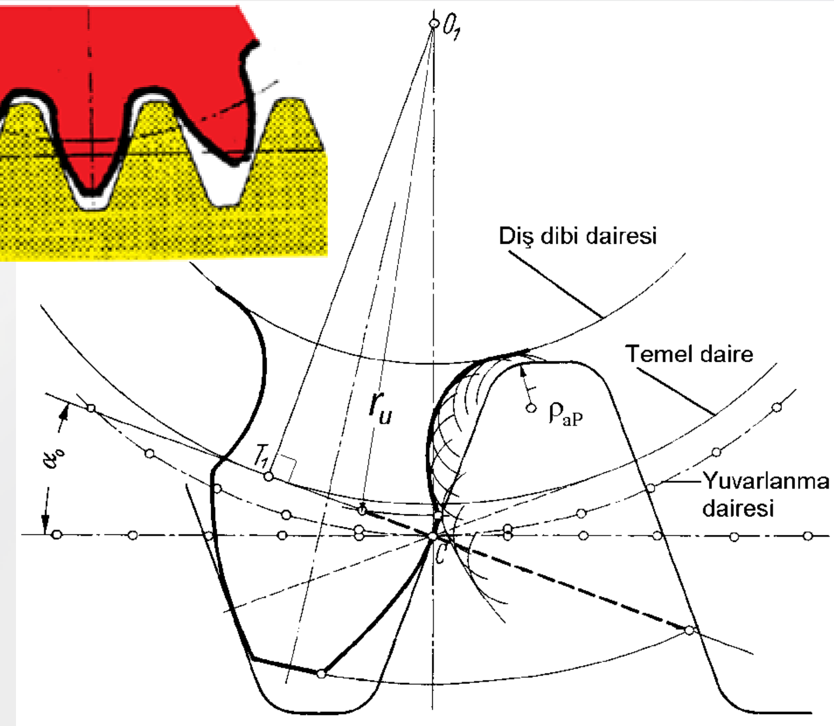
Evolvent dişlide kavrama olayı

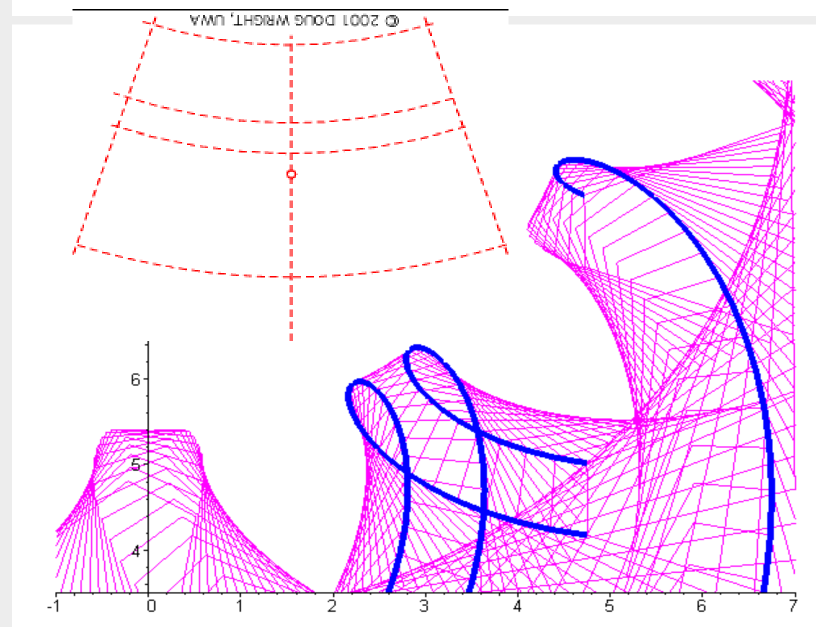


Alttan Kesme

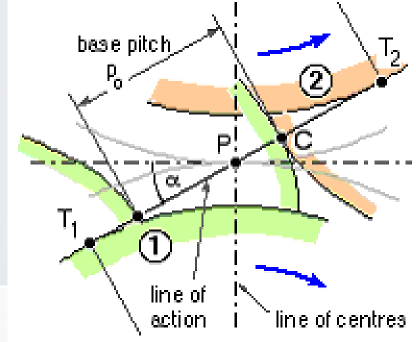


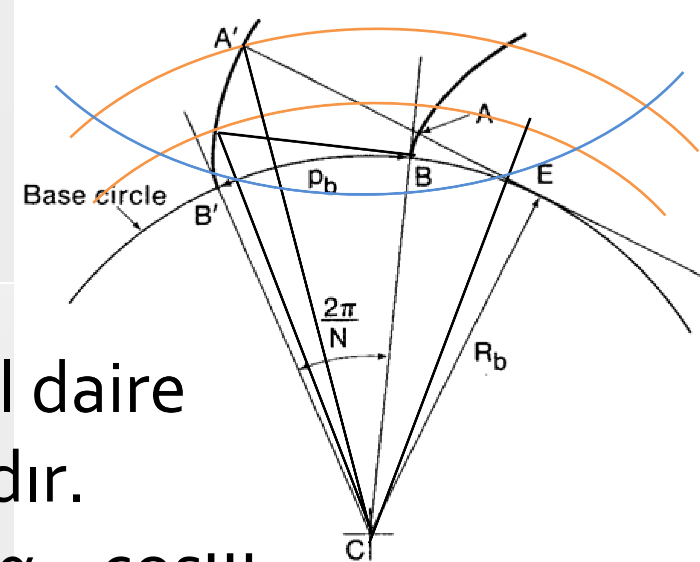
Baş noktalarının temel noktalarının dışına çıkması halinde (evolvent eğrisinin temel dairesinden başlaması sebebi ile) evolventten farklı profiller temas eder. İmalat sırasında bıçak ucu fazla malzemeyi kaldıracağından diş alttan kesilmiş olur.





Kavrama Oranı



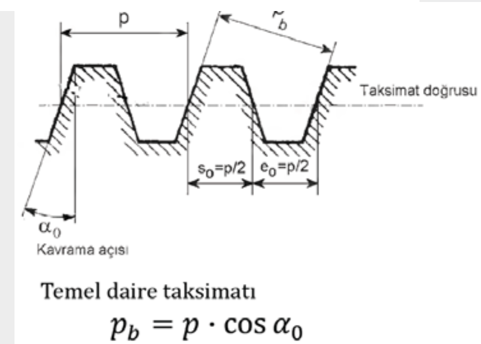


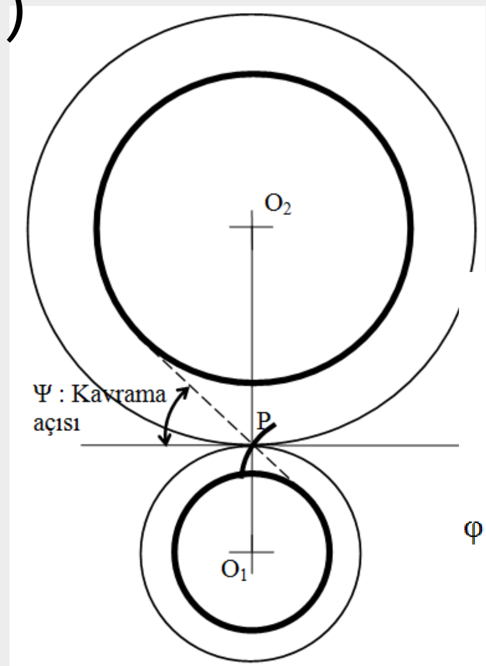
Kavrama uzunluğunun (KU) temel daire üzerindeki dişli taksimatına oranıdır.

$\varepsilon = \mathbf{KU / t_b}$ $\qquad t_b / t = r_b / r = \cos\alpha = \cos\psi$

veya kavrama boyunun (KB) dişli taksimatına oranıdır.

$\varepsilon = \mathbf{KB / t}$

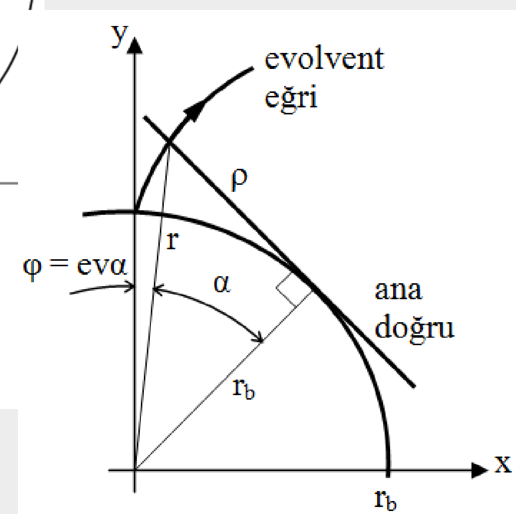




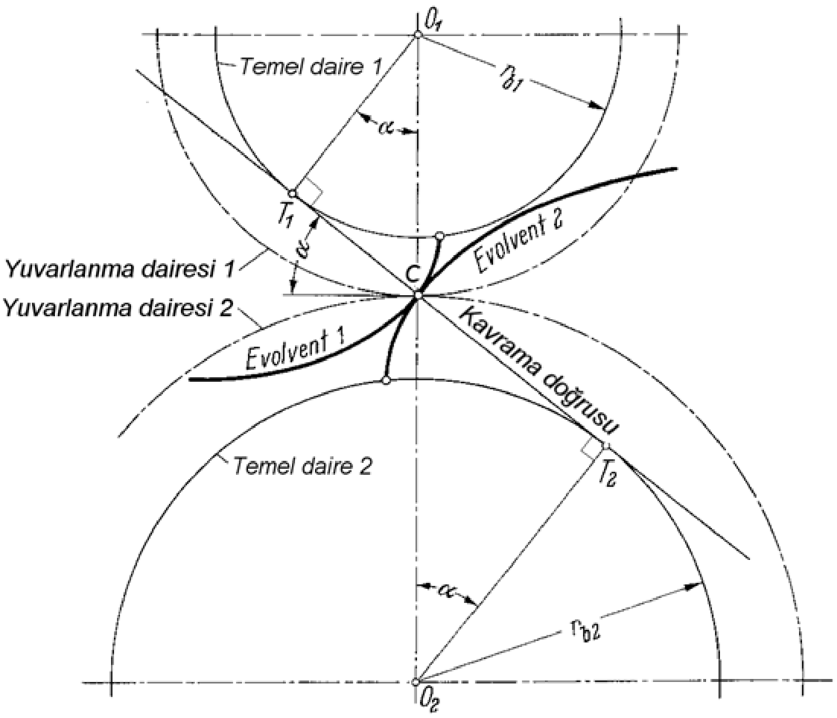
ψ (α) kavrama açısı artarsa,

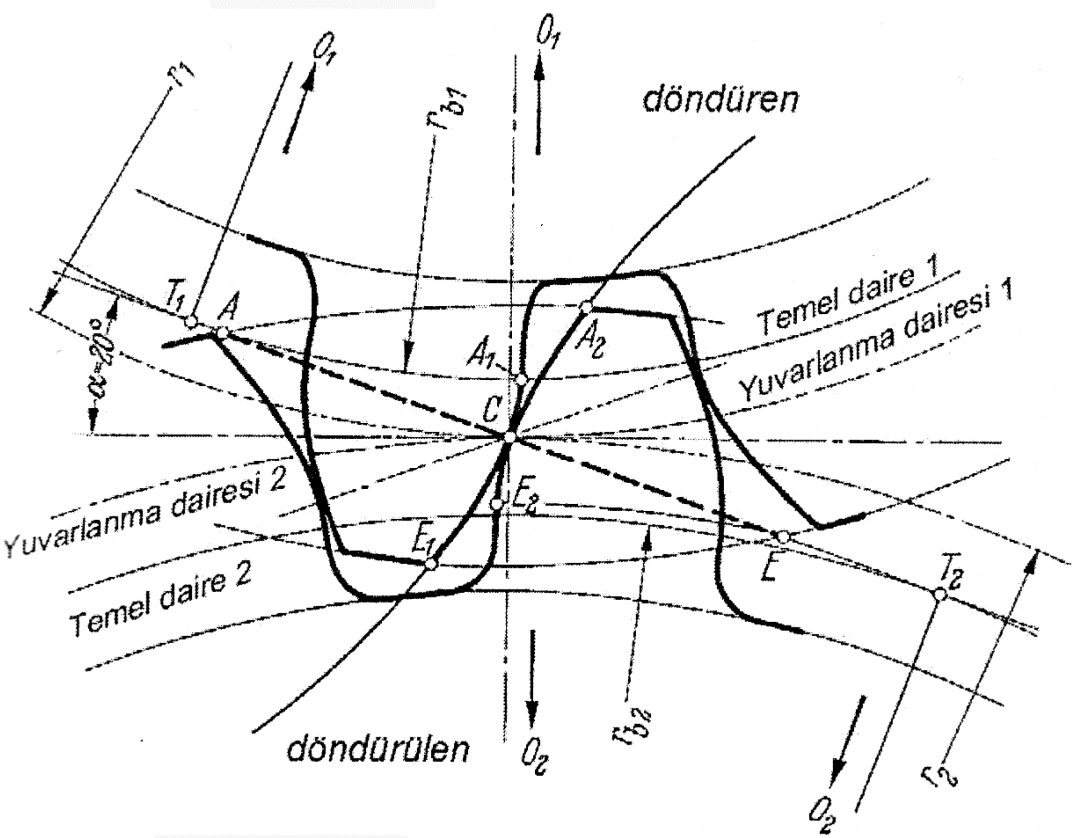
kavrama boyu kısalır,

ε kavrama oranı düşer.



Evolvent Dişlide Kavrama

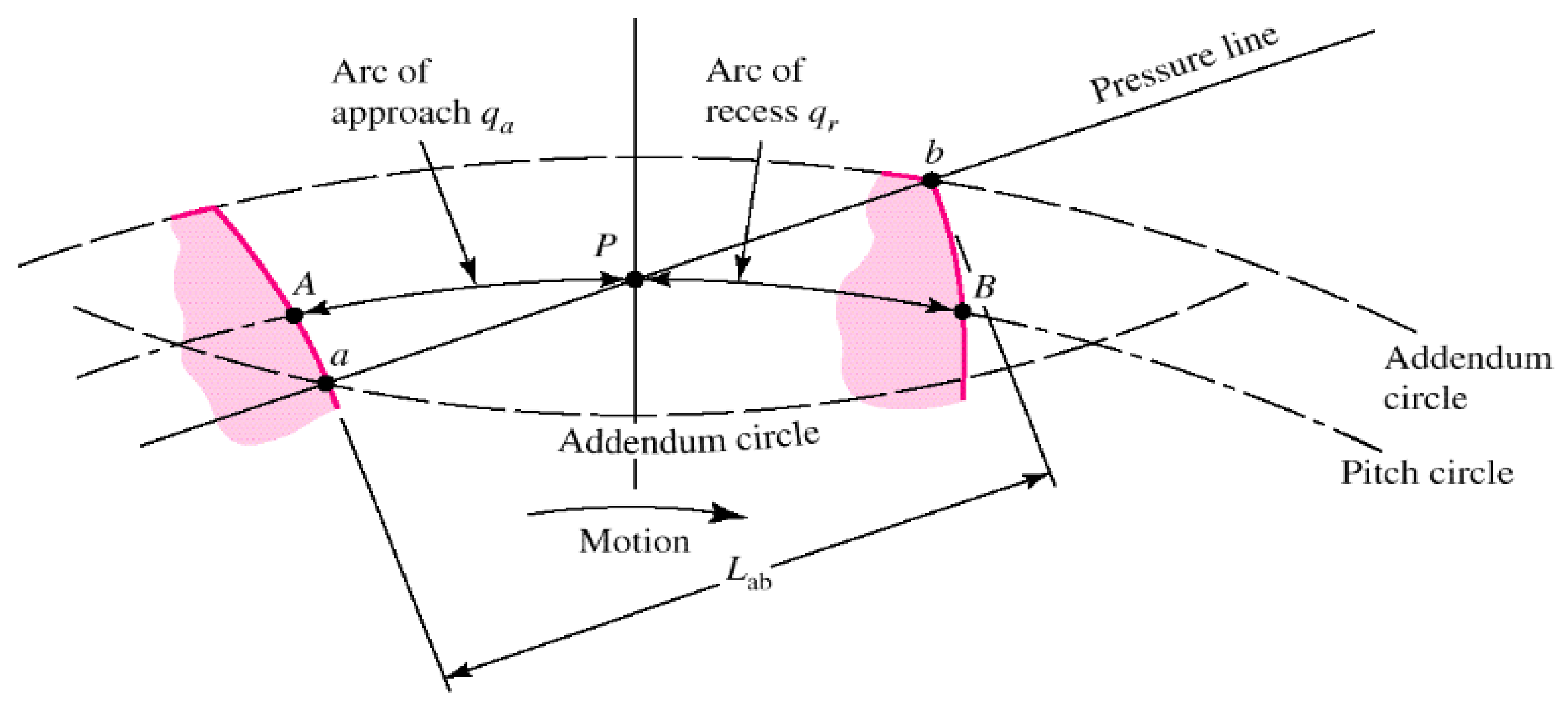




Evolvent dişlide kavrama olayı

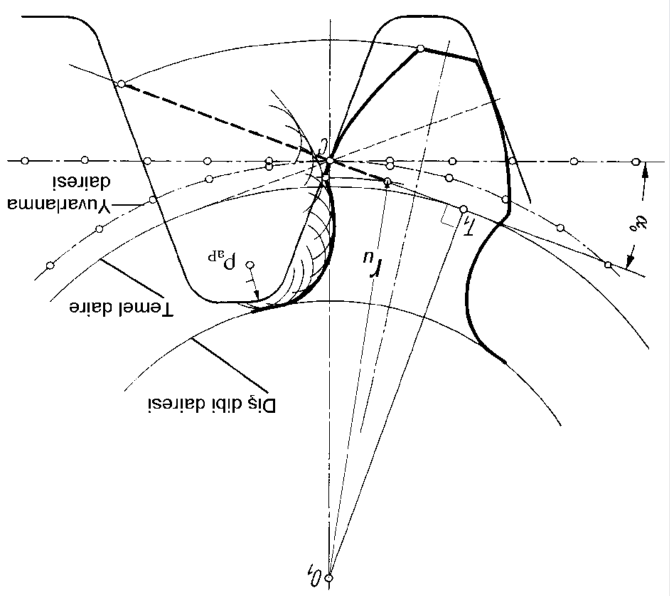
Kavrama Oranının belirlenmesi (definition of contact ratio)

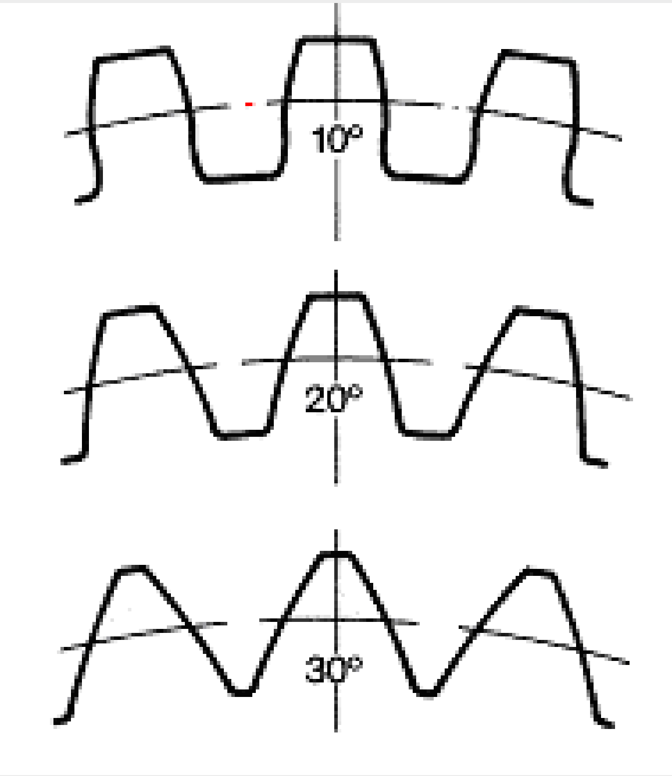
Verilen bir diş sayısı için, kavrama açısı arttıkça kavrama oranı düşer. $\boldsymbol{\varepsilon = KB / t}$ veya $\boldsymbol{\varepsilon = KU / t_b}$



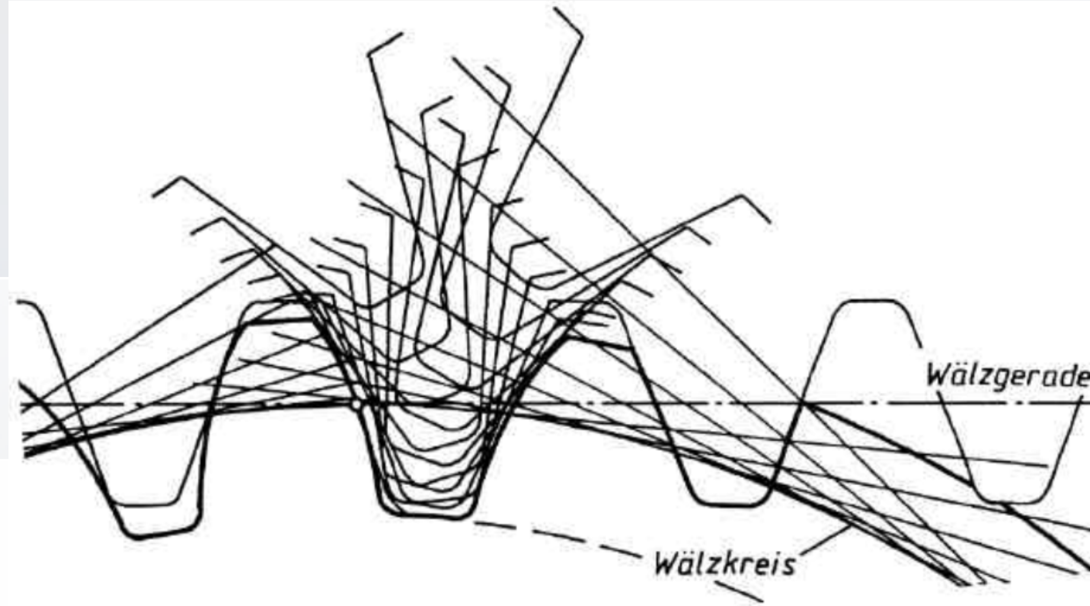
Düz dişlilerde kavrama açısı

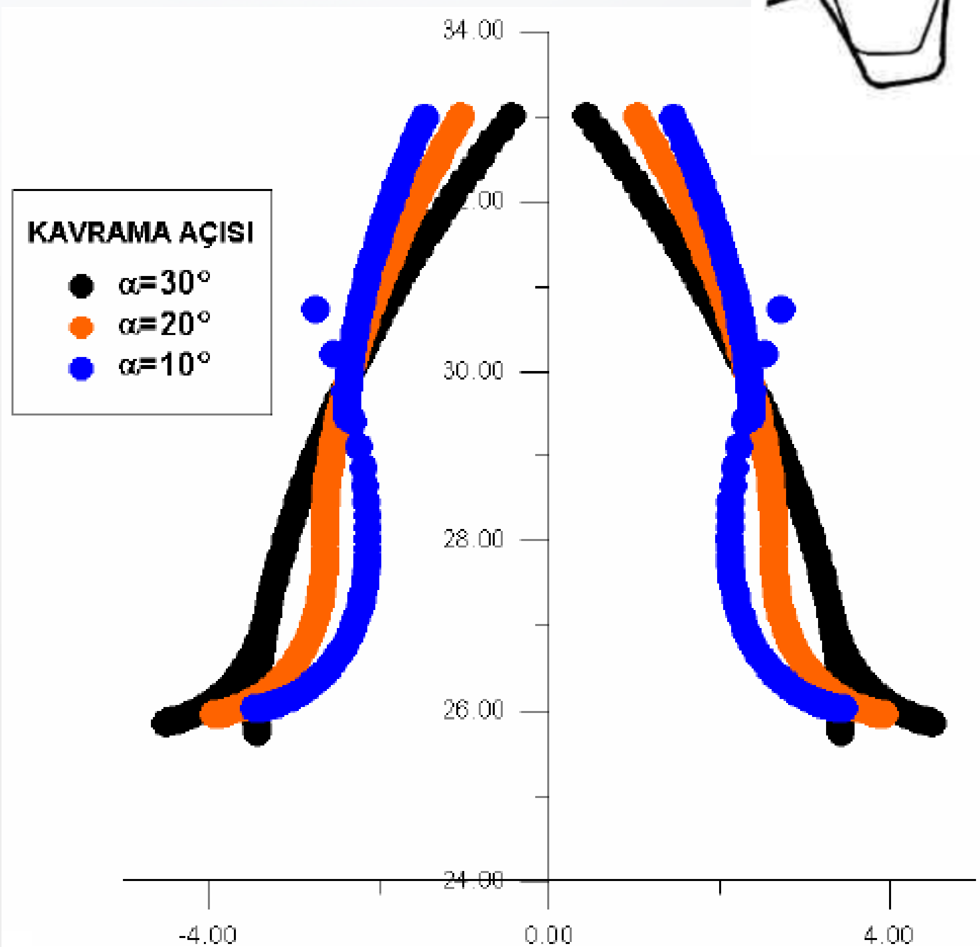
Kavrama normali ile yuvarlanma noktasından yuvarlanma dairelerine çizilen teğet arasındaki açıdır.
ψ kavrama açısı azalırsa diş dibi incelir eğilme bakımından zayıflar, dişbaşı kalınlaşır,
ψ kavrama açısı artarsa diş dibi kalınlaşır daha mukavim olur, dişbaşı incelir.

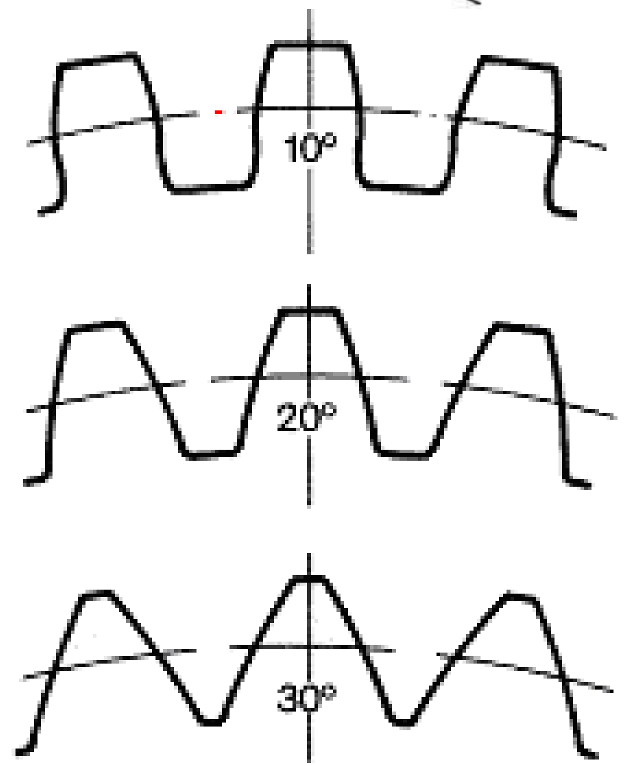




Kavrama Açısının Etkisi







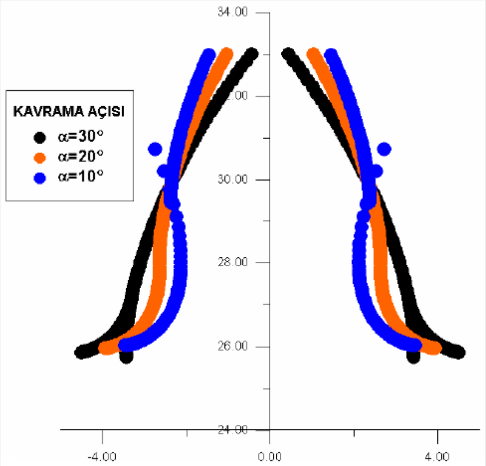
Kavrama açısının değişmesi

Dişli çarklarda kullanılan kavrama açıları 14,5 °, 20 ° ve 25 ° dir. Düşük kavrama açısı durumunda dişdibinden kırılma ihtimali artmaktadır. Hassas hareket ve yüksek verimlilik istenen yerlerde kullanılır.

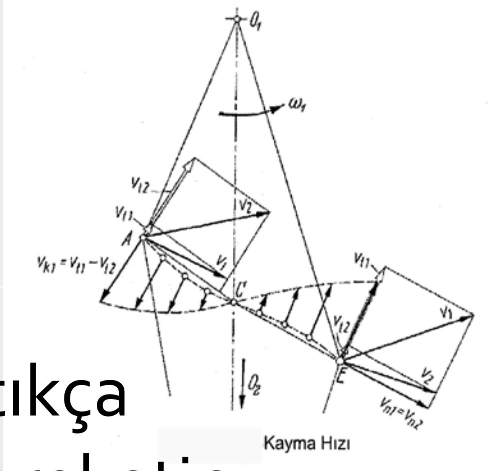
Yüksek kavrama açısı durumunda iyi bir eğilme mukavemeti fakat düşük bir verimlilik elde edilir.

Bu dişliler yüksek güçlerin naklinde kullanılır.

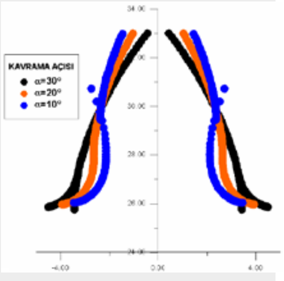
Tercih edilen kavrama açısı 20 ° dir.

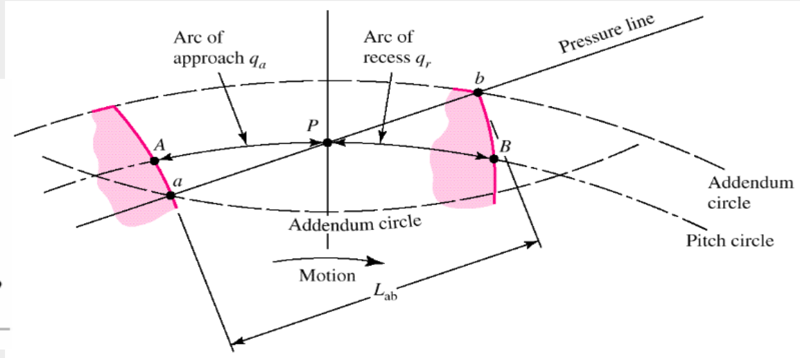


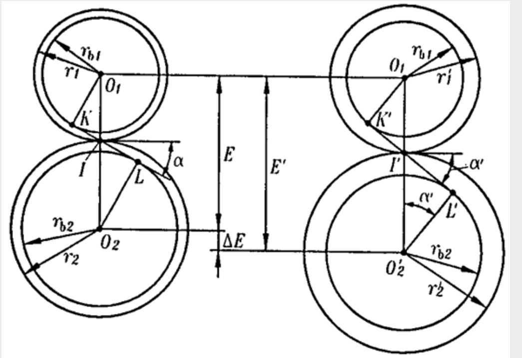
Kavrama açısının değişmesi



Verilen bir diş sayısı için, kavrama açısı arttıkça kavrama oranı (ε = KU / t_b) düşmektedir. Hareketin devamlılığı için kavrama oranının 1'den büyük olması istenir. Kavrama oranı büyüdükçe kayma hızının maksimum değeri de büyüyeceğinden (kavrama kıtası büyür, baş noktaları yuvarlanma noktasından uzaklaşır) optimum değer olarak **20°** uygun görülmüş ve standart olarak (ISO R 53, DIN 867, TSE 612) tayin edilmiştir.







Kavrama açısının değişmesi

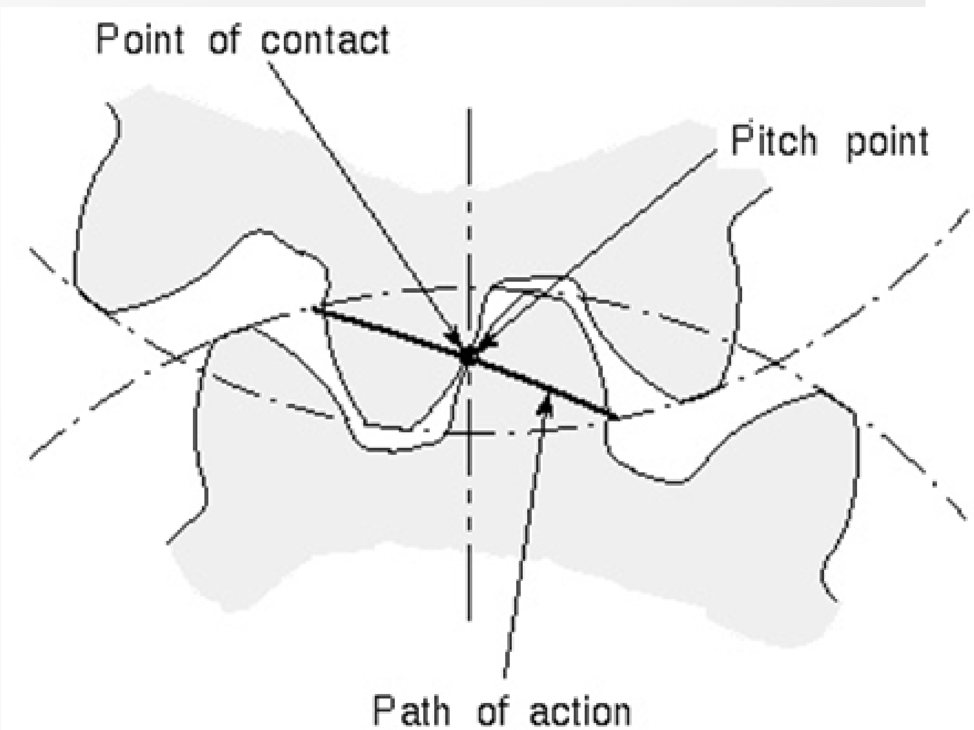
Tabloda kavrama açısının muhtelif değerleri için kavrama oranı (ε = KU / t_b) ve minimum diş sayısı değerleri verilmiştir.

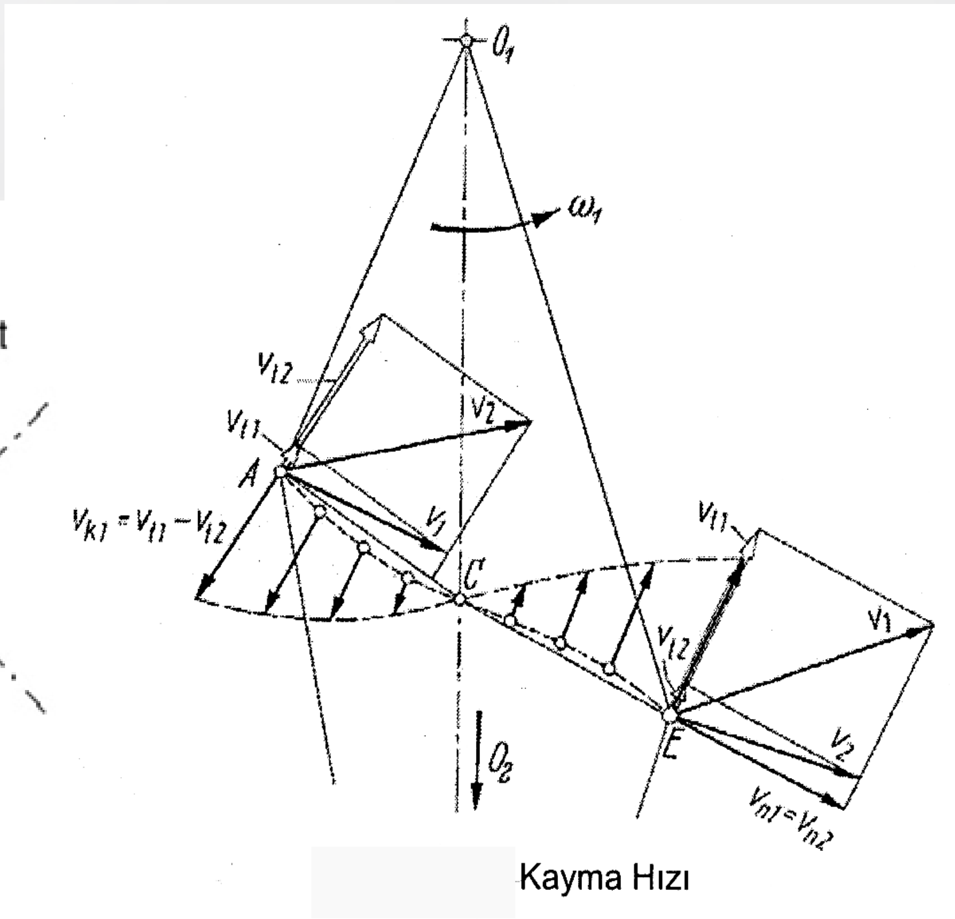
$$Z_{min} \geq 2 / \sin^2\psi_N$$

z_1	z_2	ψ_N	ε	z_{min}
20	30	14.5	1.866998	32
20	30	20	1.605175	17
20	30	30	1.33168	8

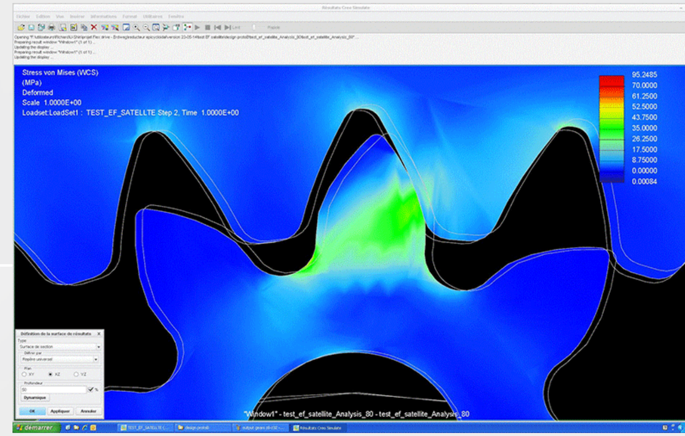
Kavrama oranı büyüdükçe kayma hızının maksimum değeri büyür

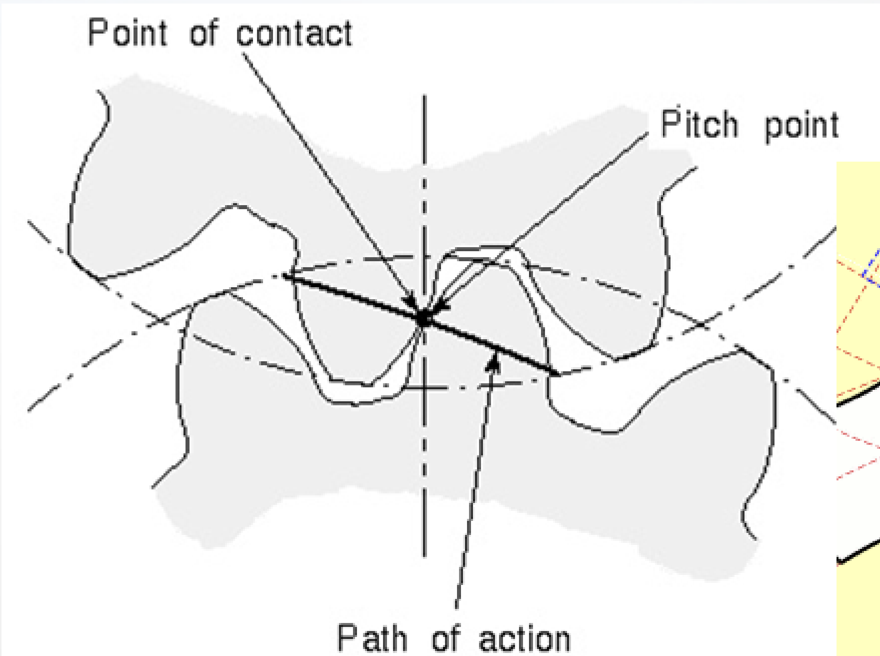
Kavrama kıtası büyür,
baş noktaları yuvarlanma noktasından uzaklaşır.

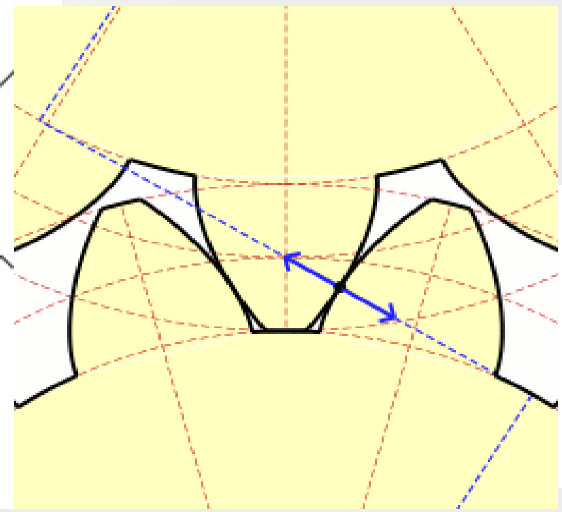


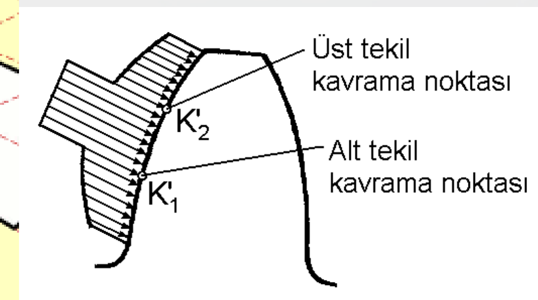


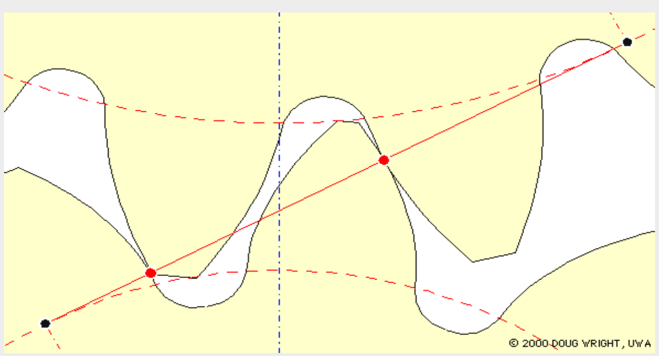
Kavrama açısı ve oranının diş üzerindeki yük etkisi

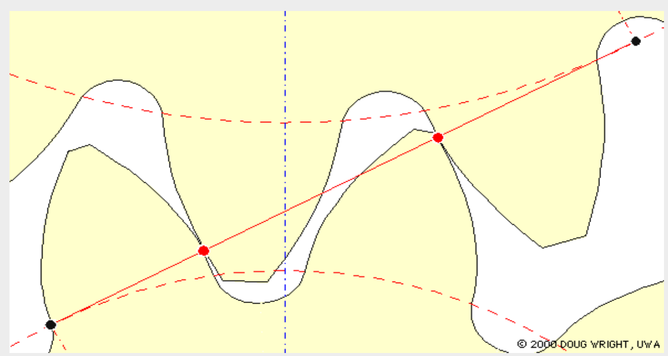




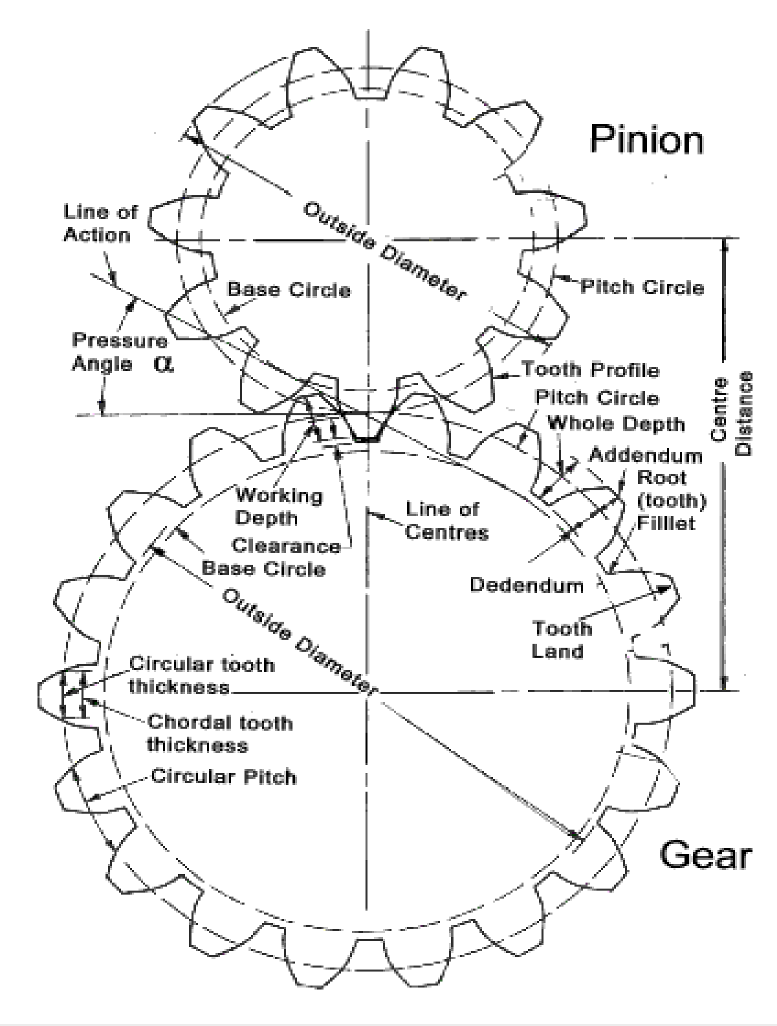


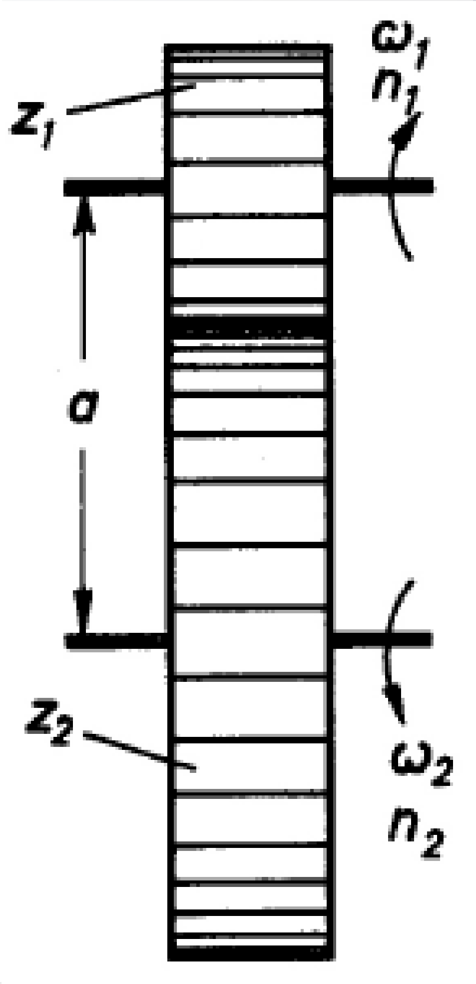




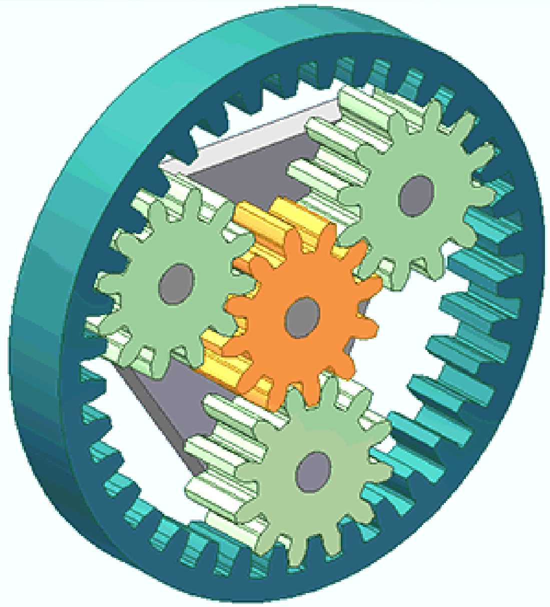


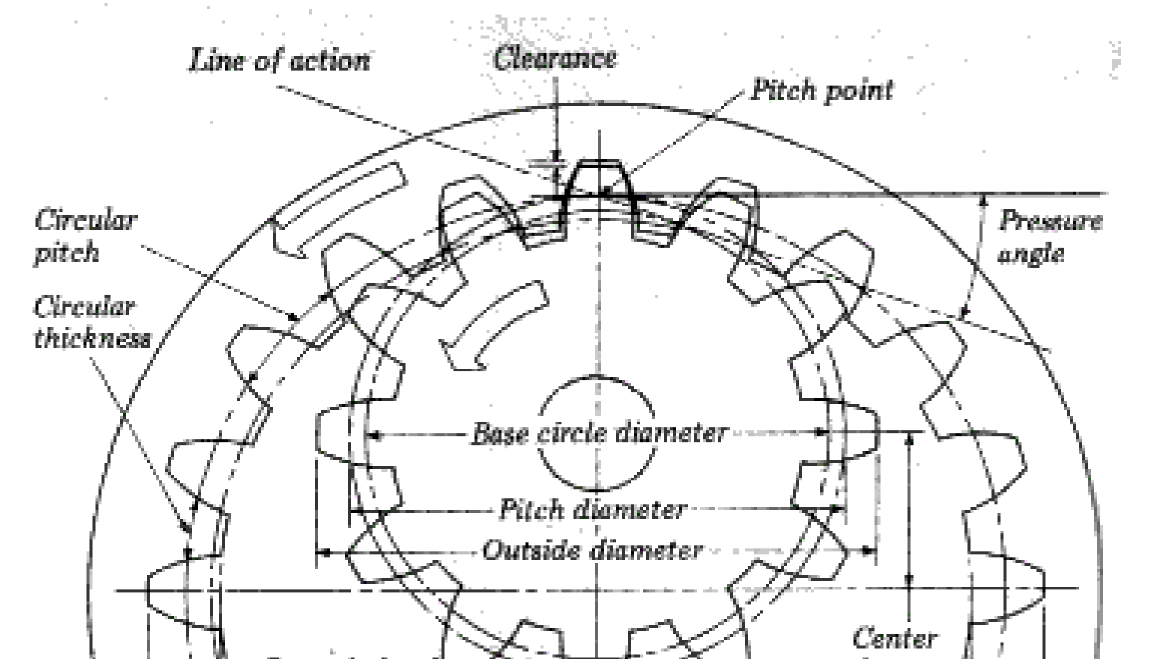
Dış dişli çark mekanizmaları

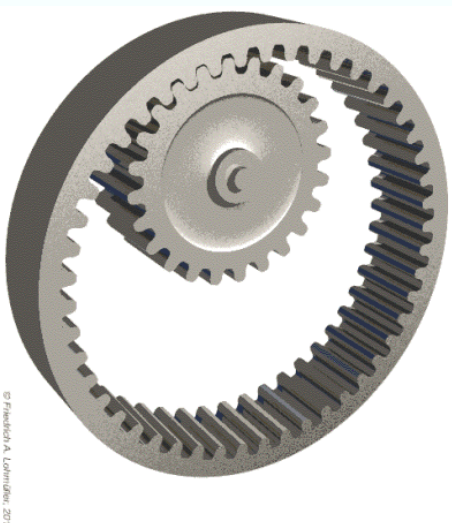


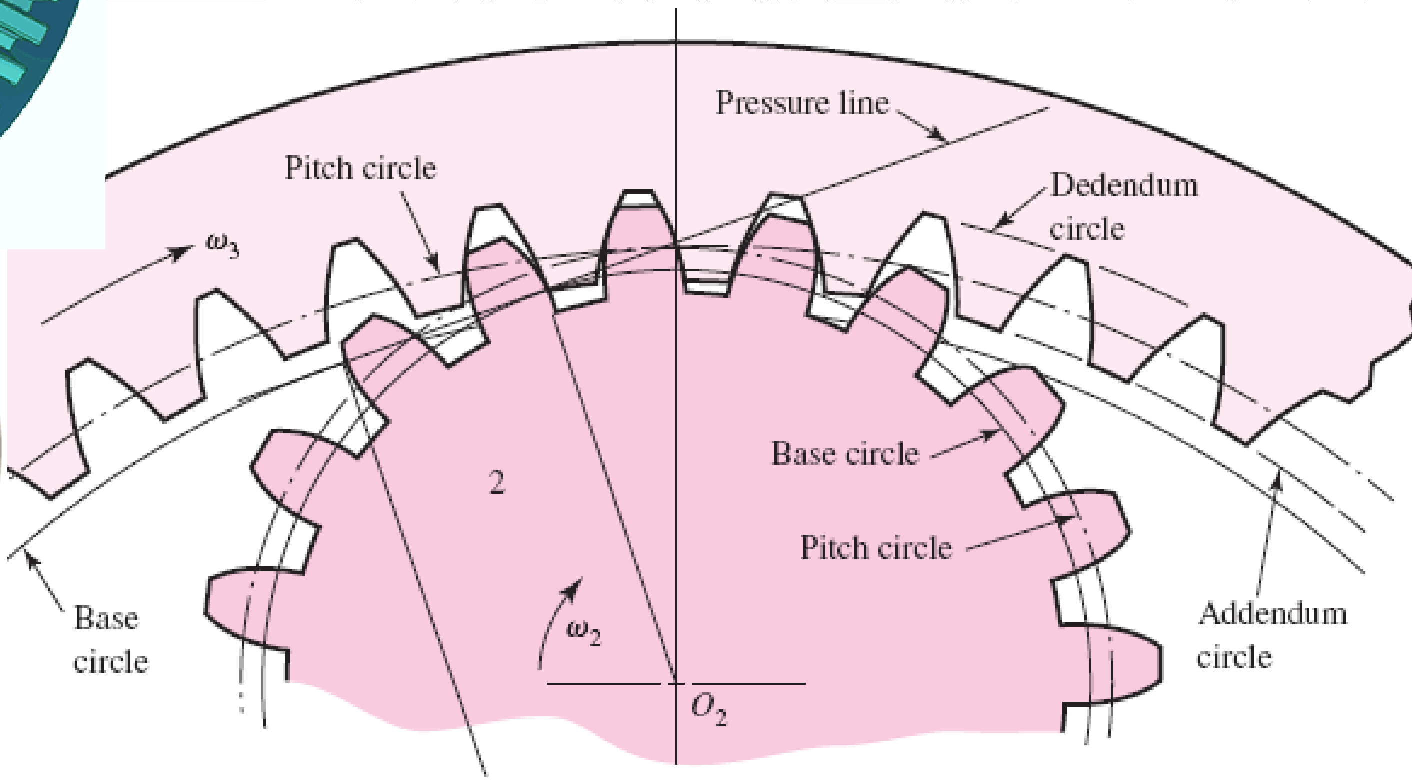


İç dişli çark mekanizmaları

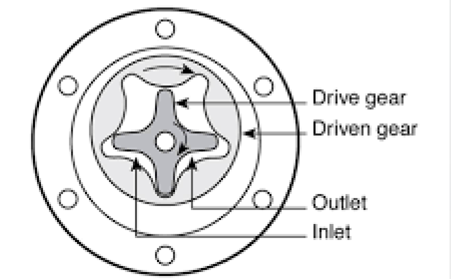




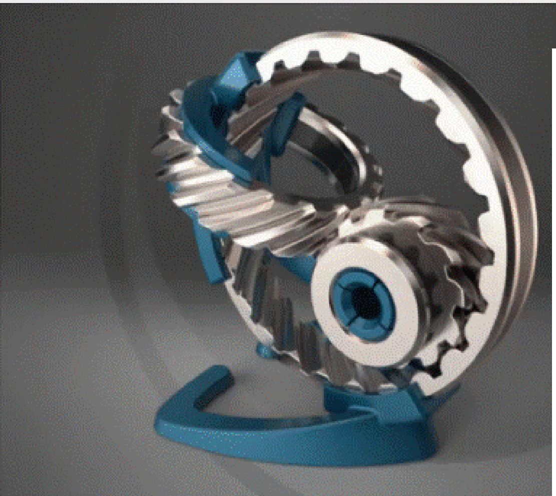


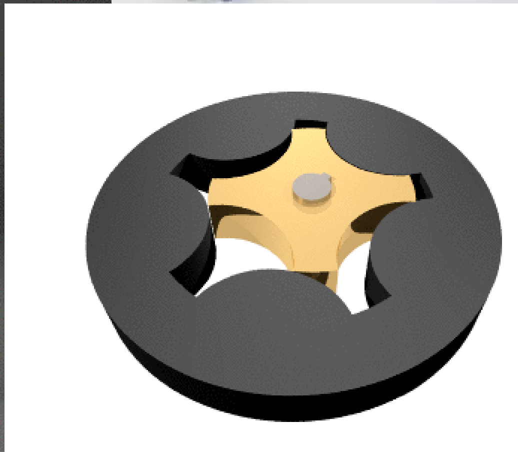


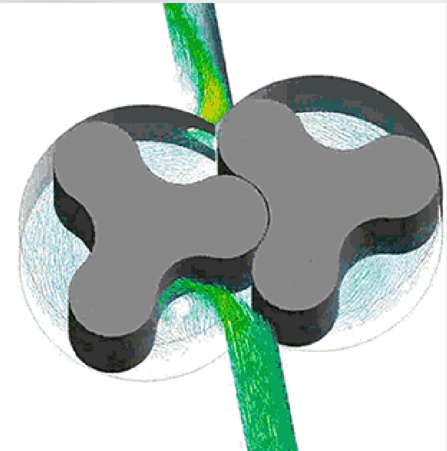
İç dişli çark mekanizmaları



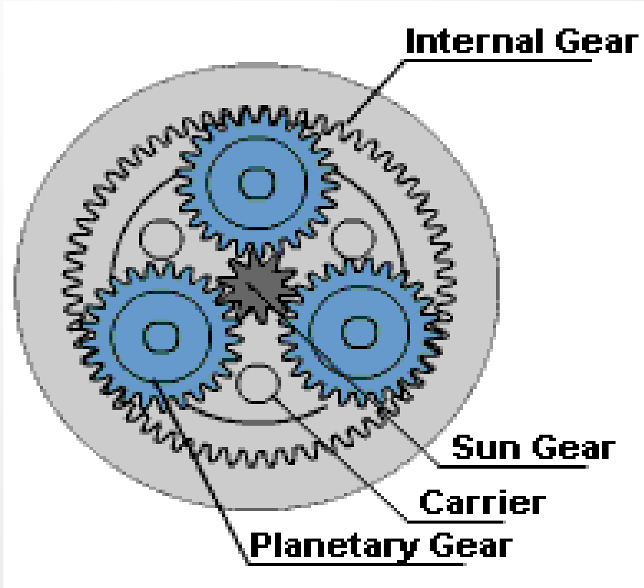
gerotor pump

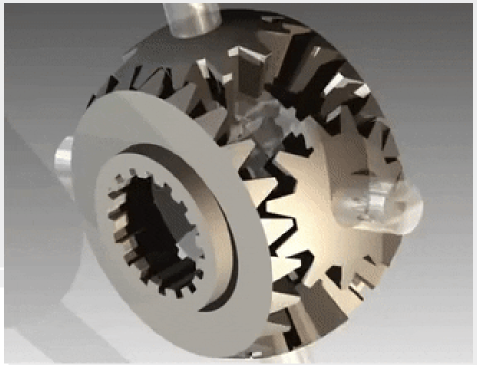


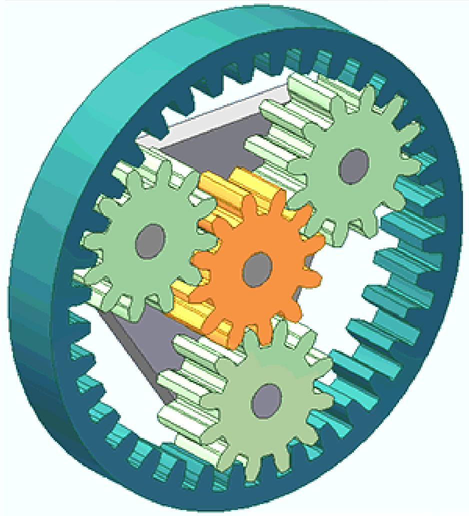


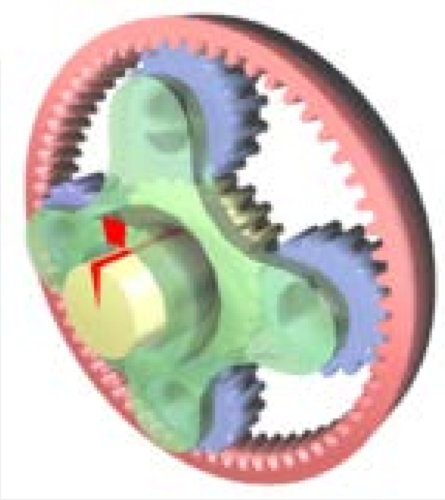


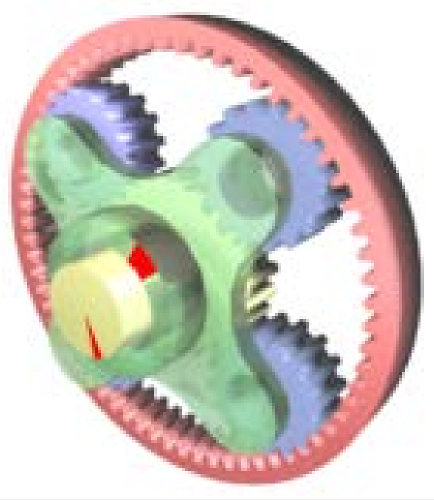
Planet mekanizması

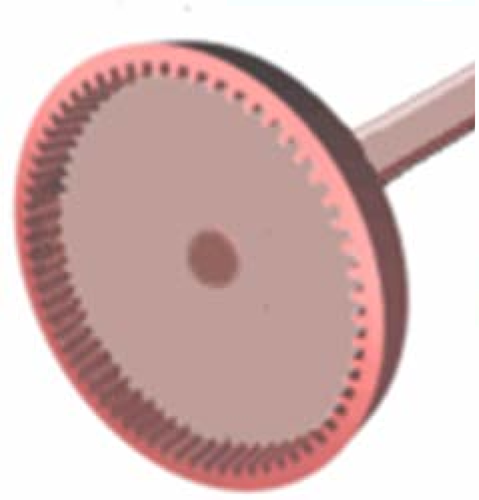


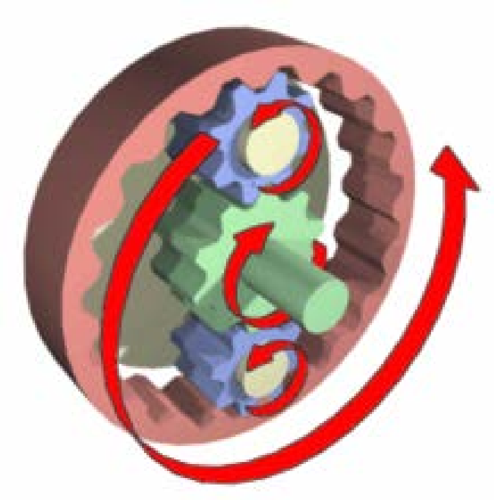


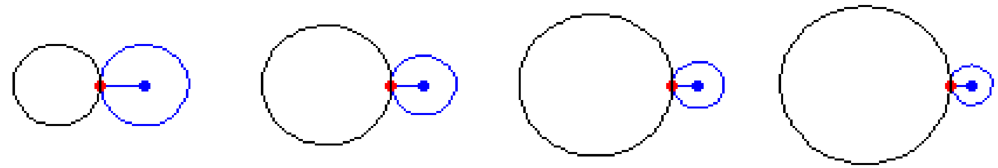




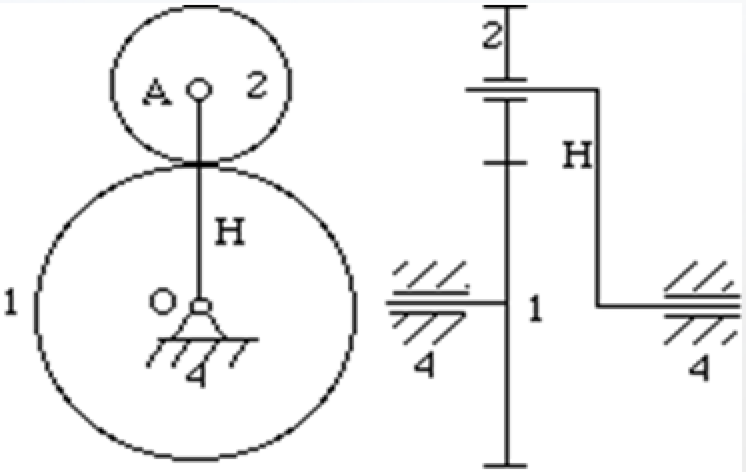


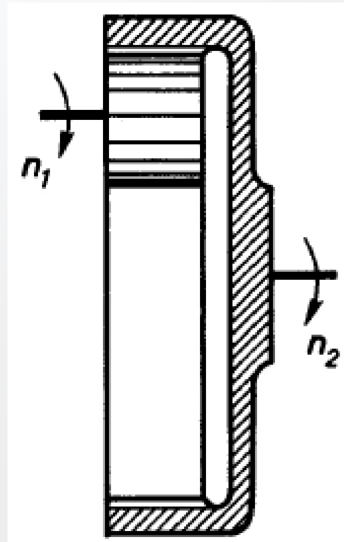


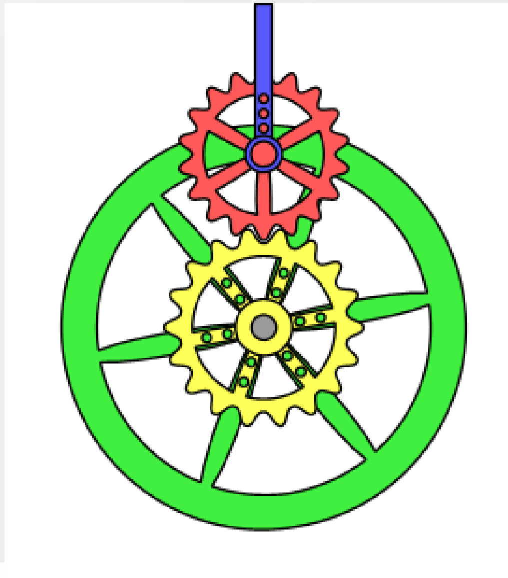


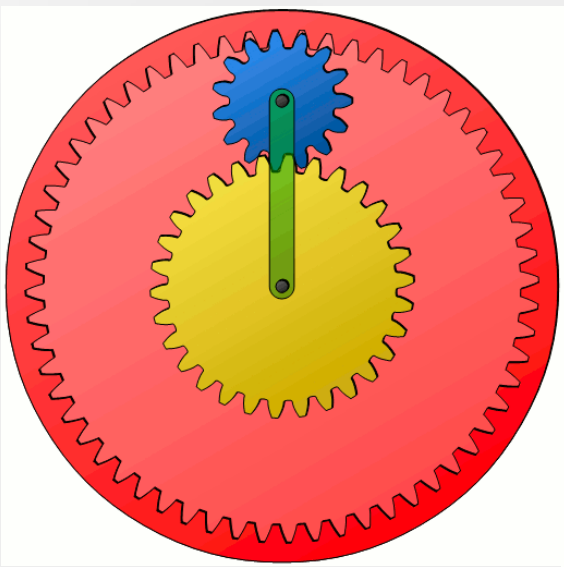


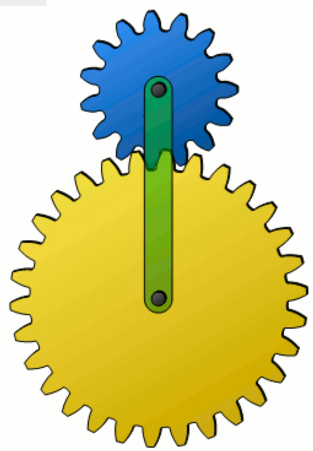
Planet mekanizması

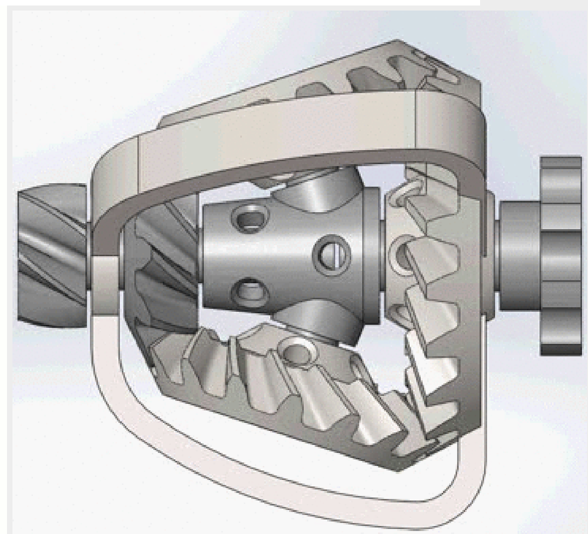






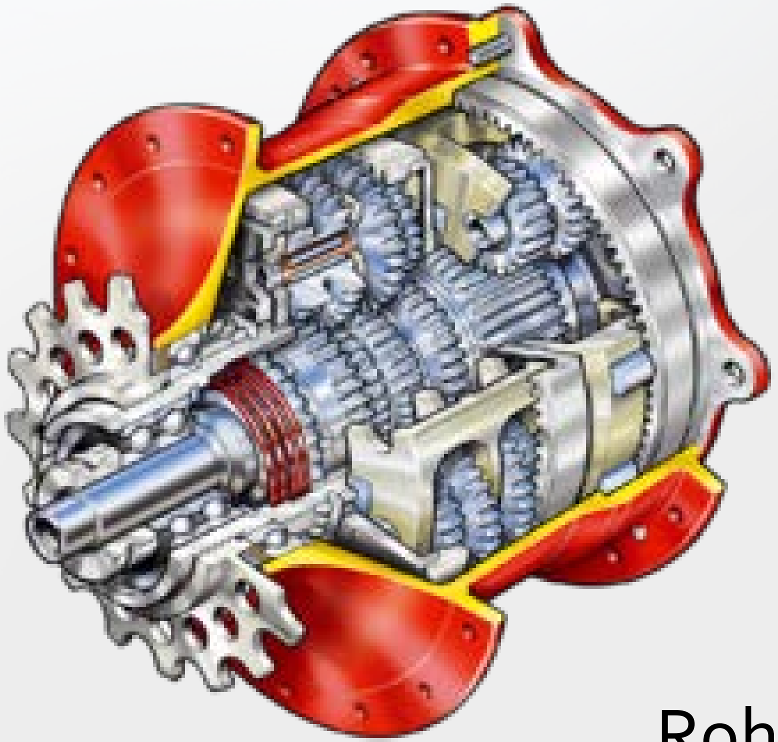






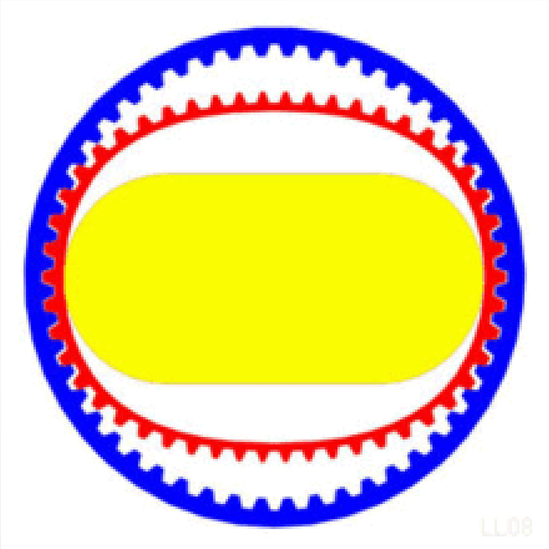
Planet mekanizması

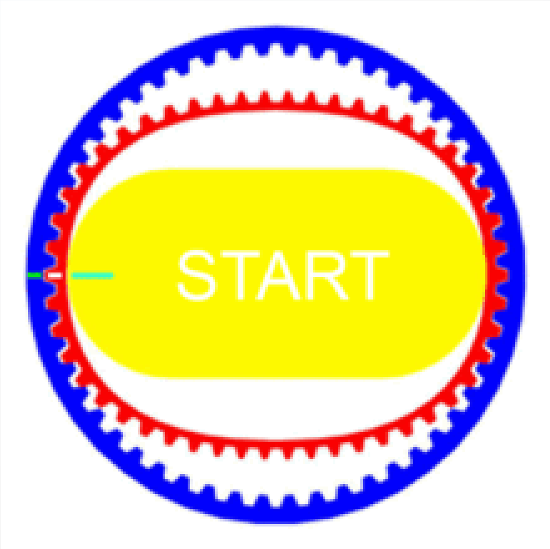
Multi-speed rear hub

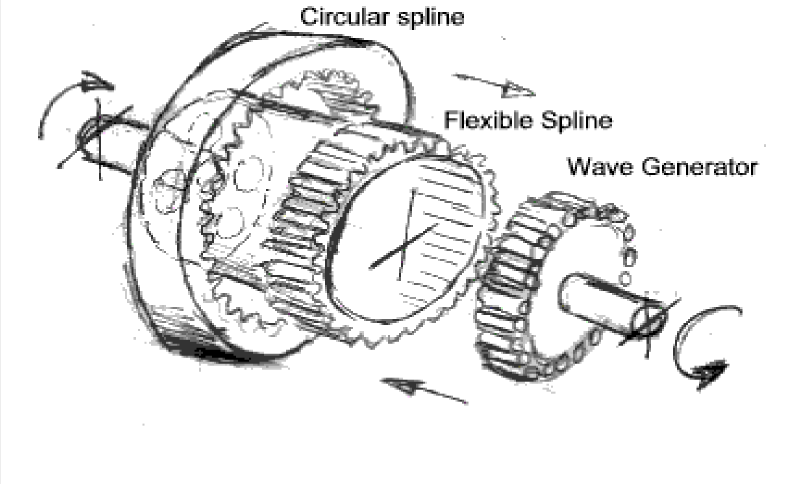


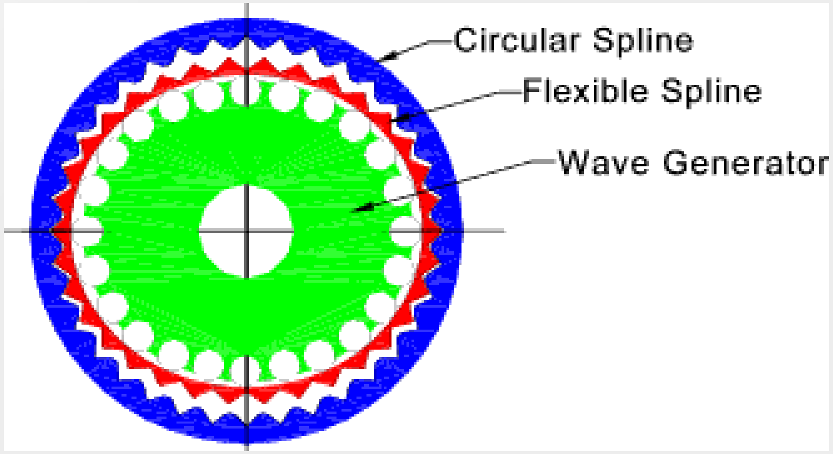
Rohloff-nabe

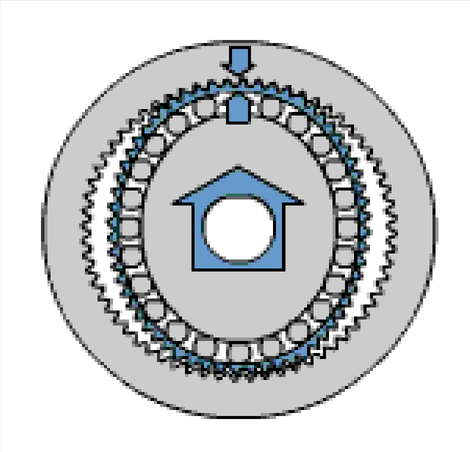
Harmonik dişli





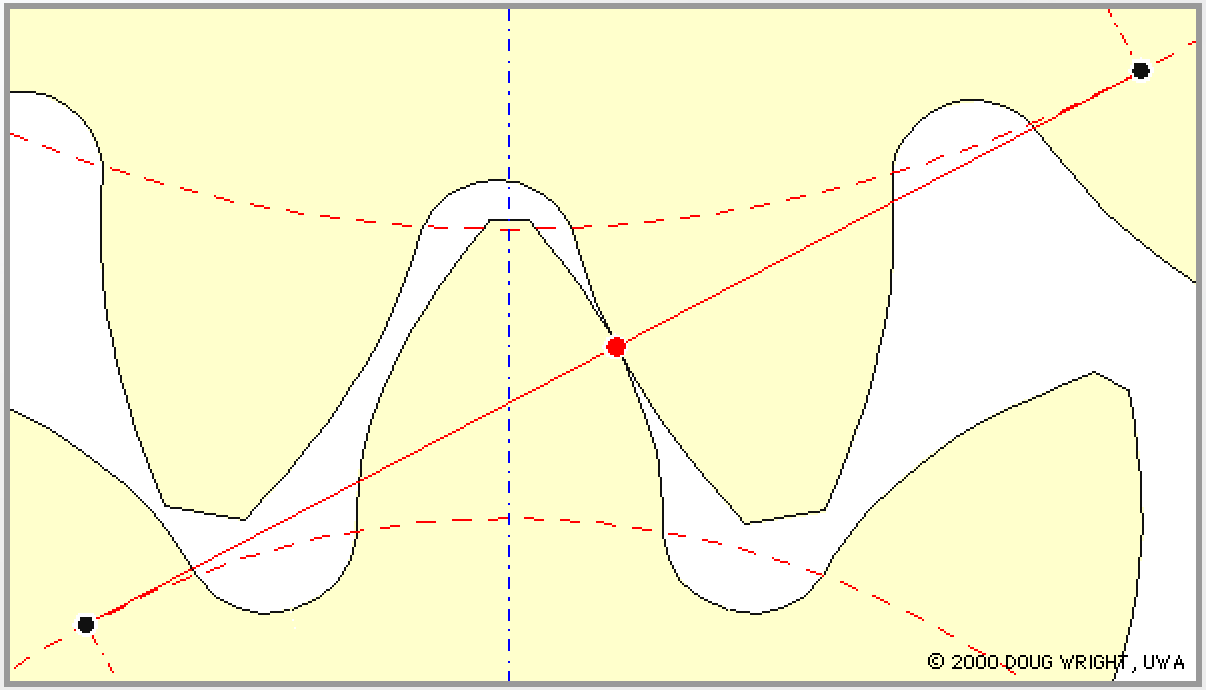


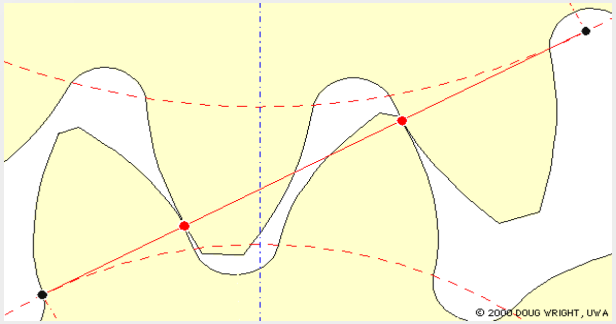


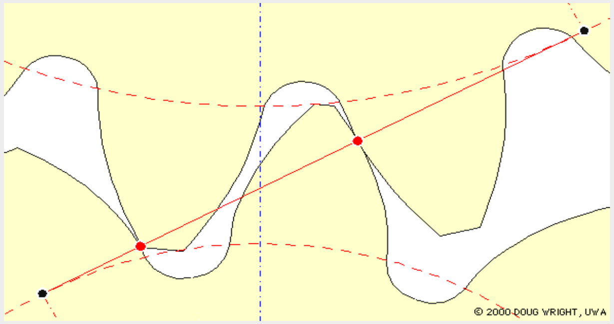


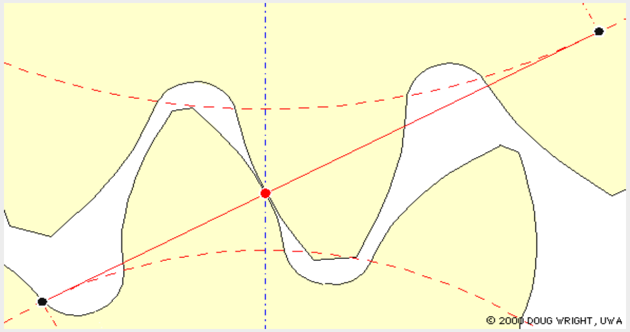
Dişli çark mekanizmalarının çalışması

Yuvarlanma
ve Kayma



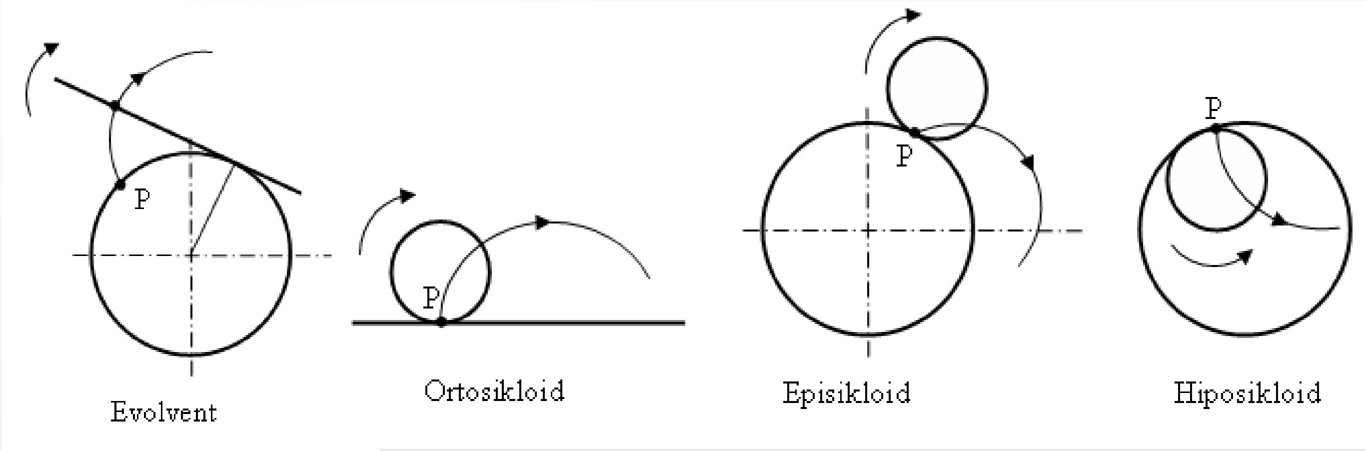






Diş profilleri

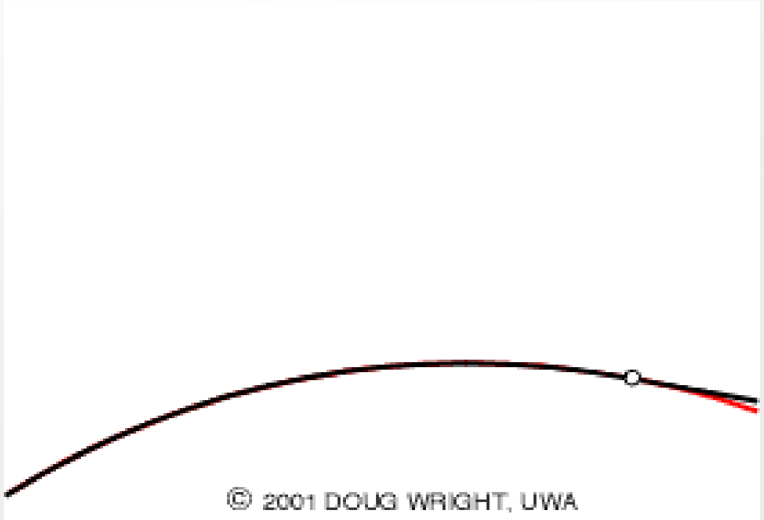
- Evolvent
- Ortosikloid
- Episikloid
- Hiposikloid

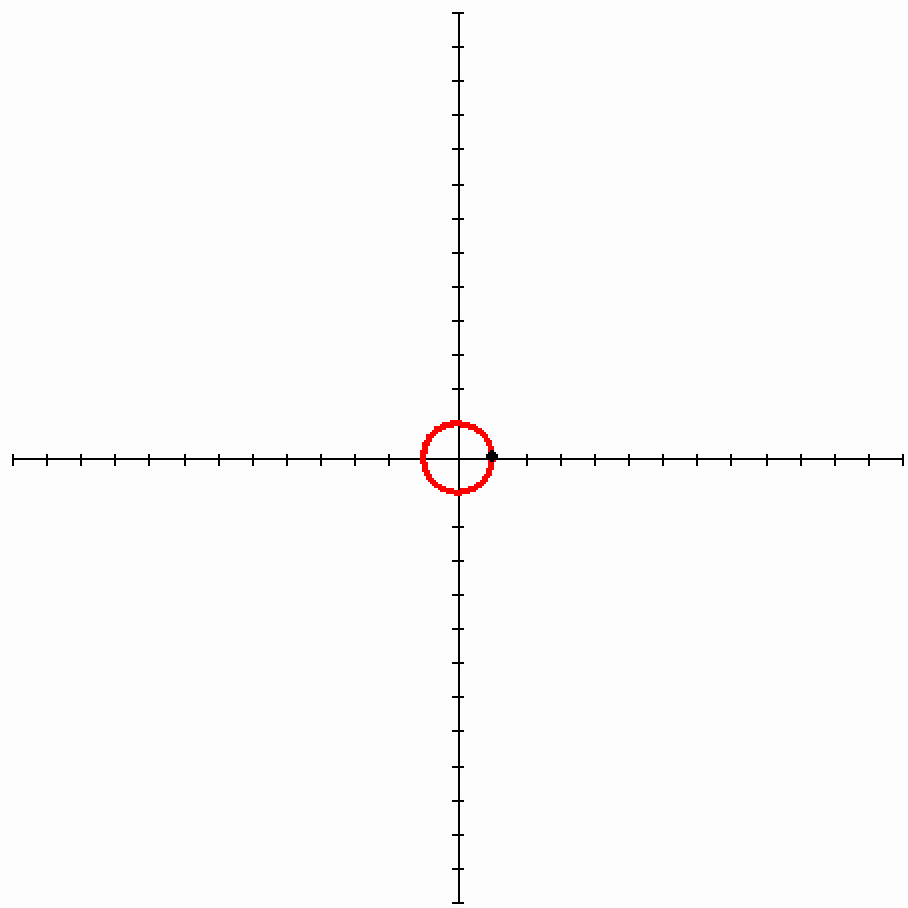


Evolvent profil, bir daire (Temel dairesi) üzerinde kaymadan yuvarlanan bir doğrunun (Ana doğru) bir noktasının geometrik yeridir. Yuvarlanma esnasında ana doğrunun temel dairesi ile temas (teğet) noktası ani dönme merkezidir. Bu sebeple ana doğru evolvente diktir. Yani profilin normalidir.

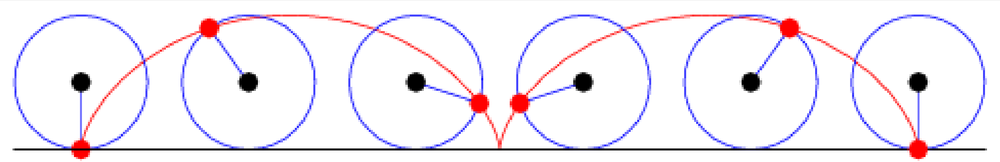
Diş profilleri

Evolvent

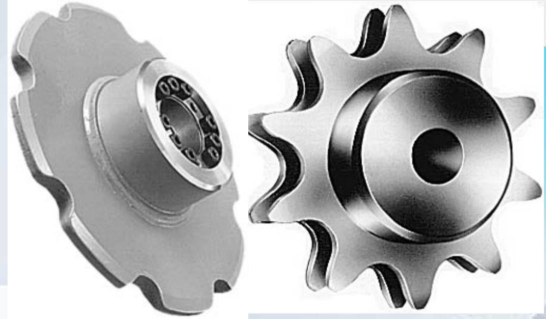




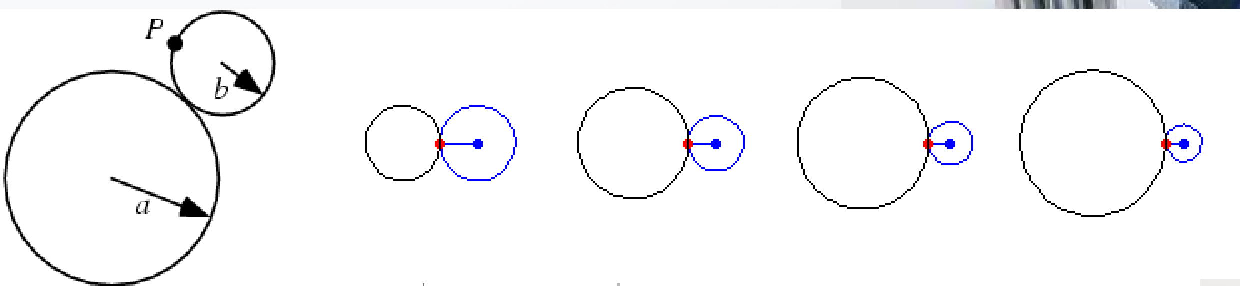
Ortosikloid

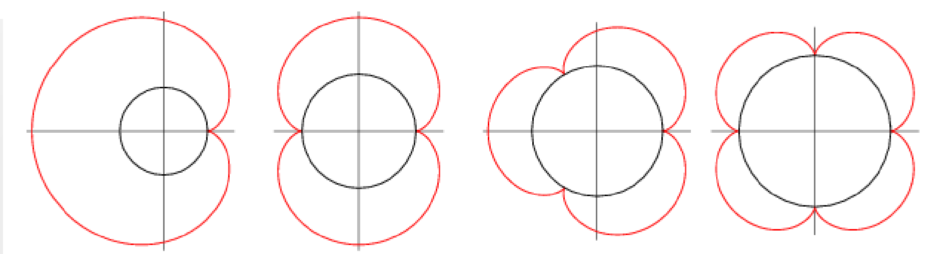


Diş profilleri

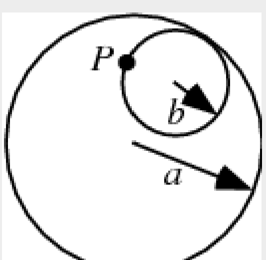


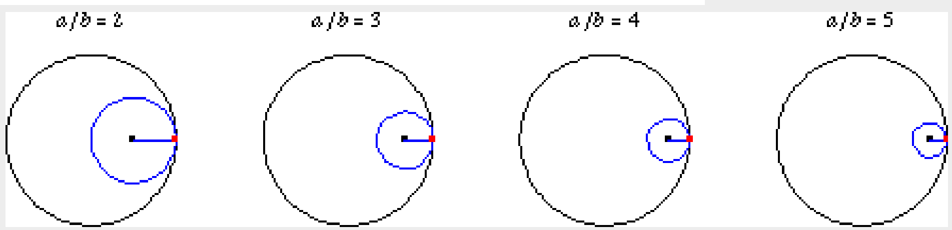
Episikloid

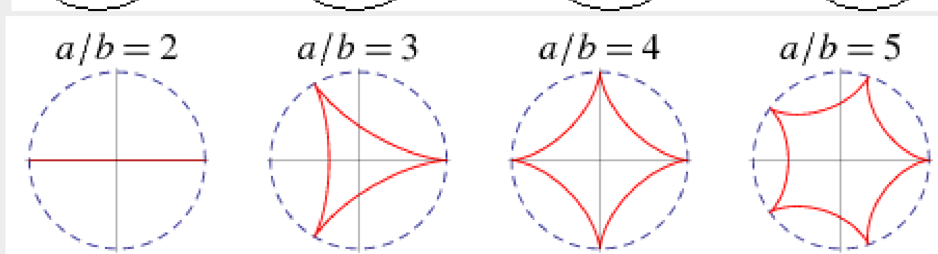




Hiposikloid







Diş profilleri

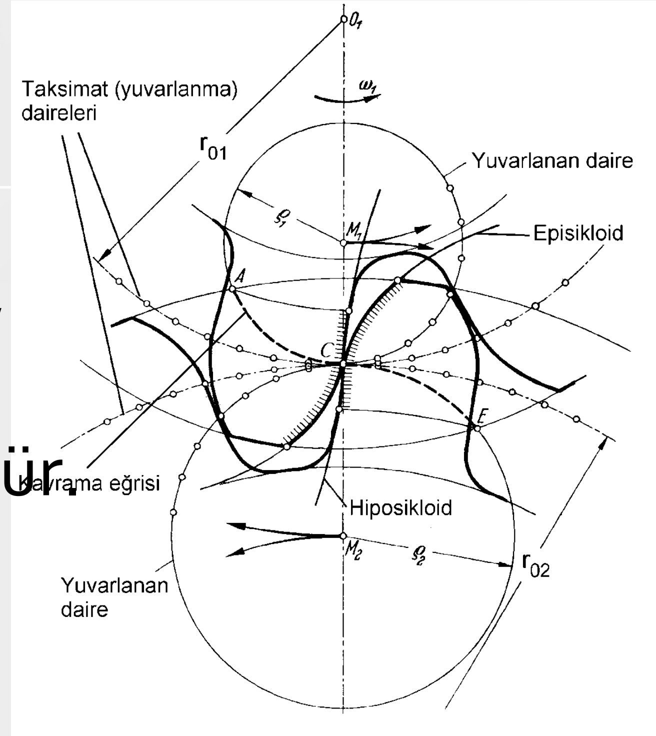
Ortosikloid profil, bir doğru üzerinde kaymadan yuvarlanan bir dairenin bir noktasının geometrik yeridir.

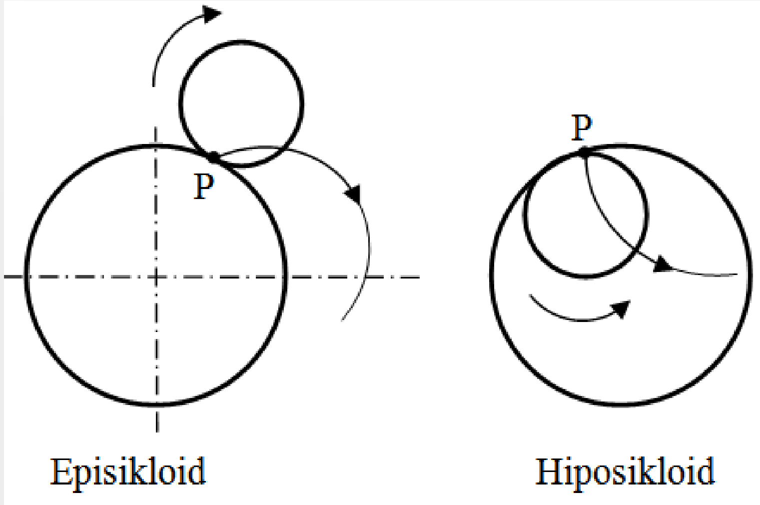
Episikloid profil, bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir dairenin bir noktasının geometrik yeridir.

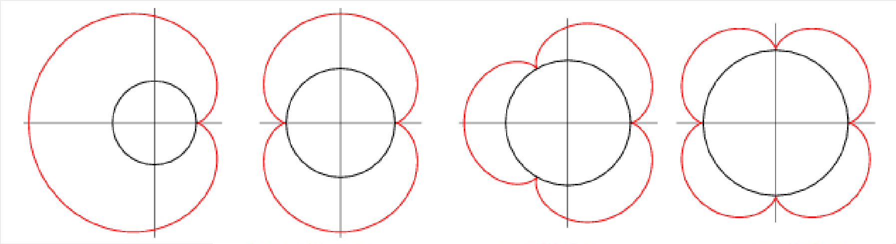
Hiposikloid profil, bir daire içinde kaymadan yuvarlanan bir dairenin bir noktasının geometrik yeridir.

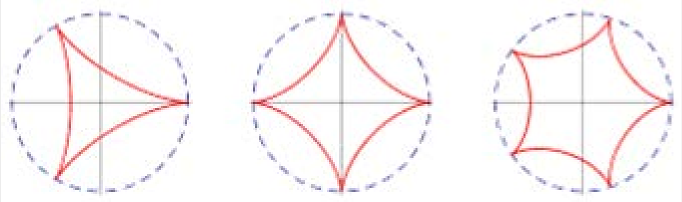
Sikloid profilli dişlilerin avantajları

- Dişbaşı eğrisi konveks (dış bükey), dişdibi eğrisi konkav (iç bükey) olduğundan yüzey basıncı düşüktür.
- Diş sayısı az olan büyük dişli çark yapılabilir.
- Daha sessiz çalışırlar.



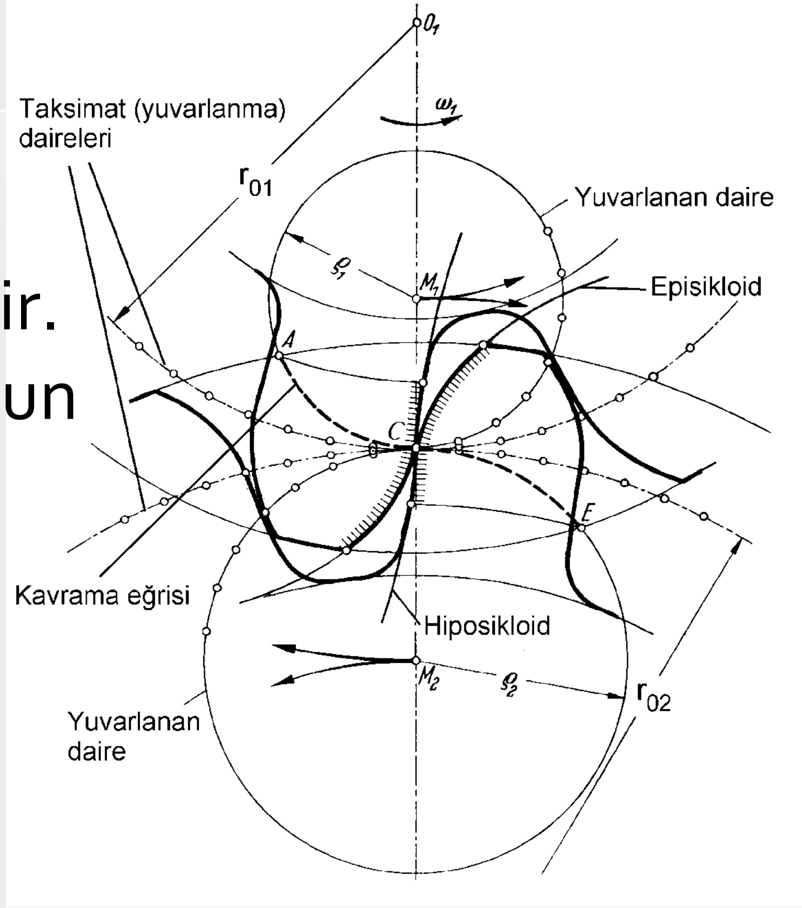






Sikloid profilli dişlilerin dezavantajları

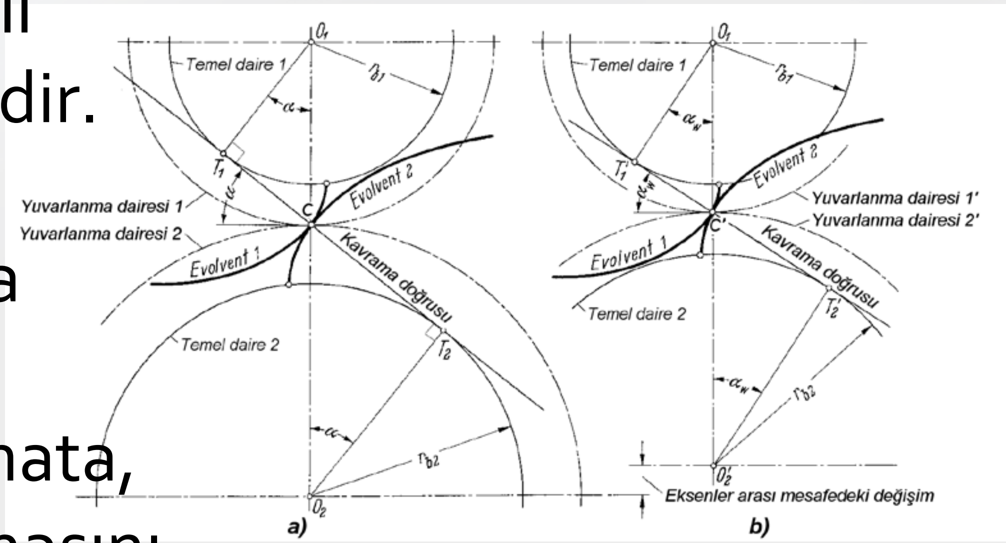
- Eksenler arası mesafesi hassas olarak monte edilmelidir. Aksi halde temel dişli kanununun şartlarını yerine getirmez.
- Dişli profillerin imali zor ve pahalıdır.

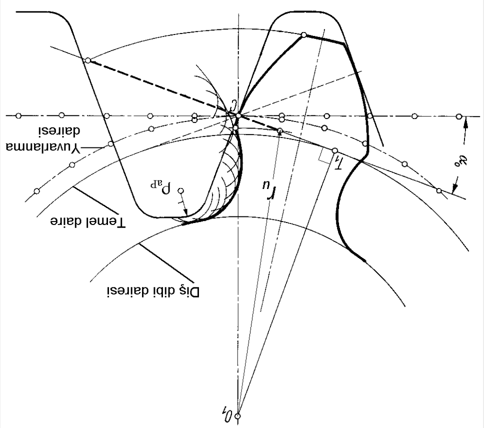


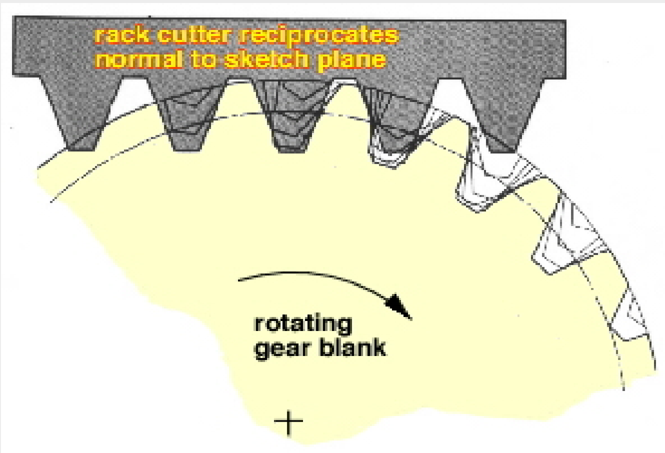
Sikloid dişliler, saat sanayisinde, ölçme aletlerinde kullanılır.

Evolvent profilli dişli çarkların avantajları

- İmalatları basit, kullanışlı ve verimi yüksek dişlilerdir.
- Dişlinin her iki yüzeyi aynı geometrik kurallara göre meydana gelir.
- Eksenler arasındaki bir hata, evolvent dişlilerin çalışmasını etkilemez.
- Aynı takımla farklı dişliler elde edilir.

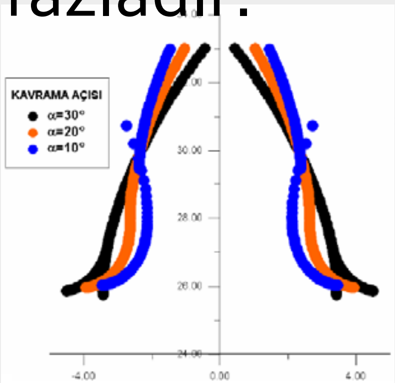


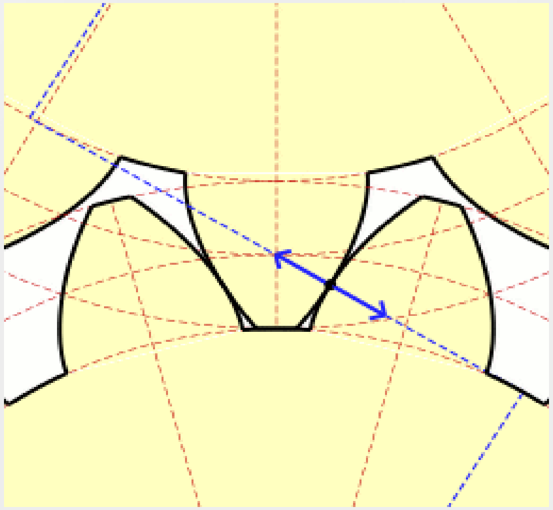


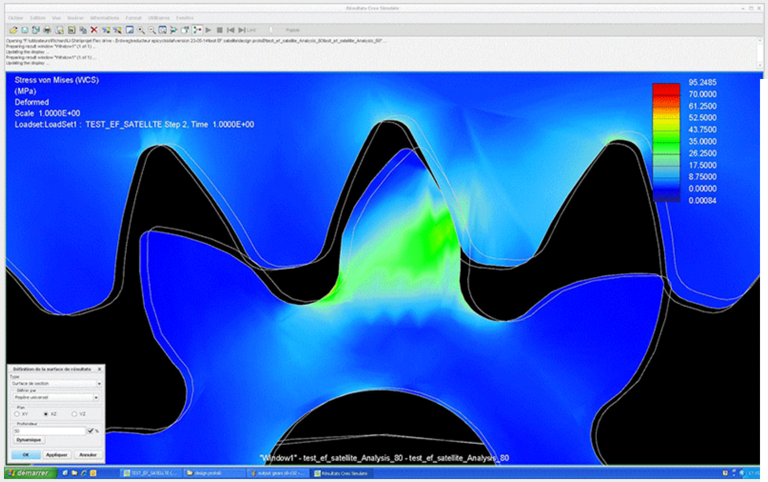


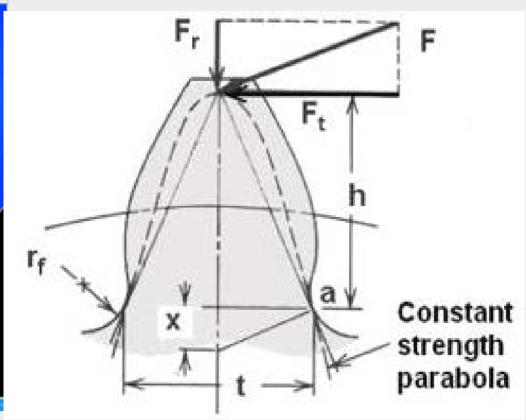
Evolvent profilli dişli çarkların dezavantajları

- İki konveks (dış bükey) yüzeyin beraber çalışması sonucunda büyük aşınma meydana gelir.
- Dişe gelen radyal yöndeki kuvvetin etkisi fazladır.
- Diş sayısının küçük olması durumunda dişdibi kesilmesi ortaya çıkar.





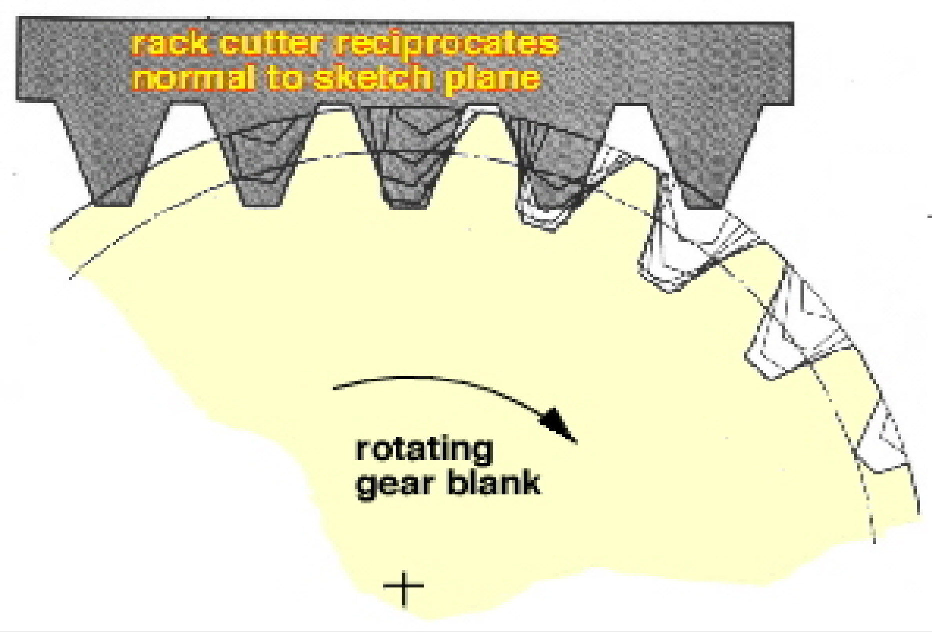


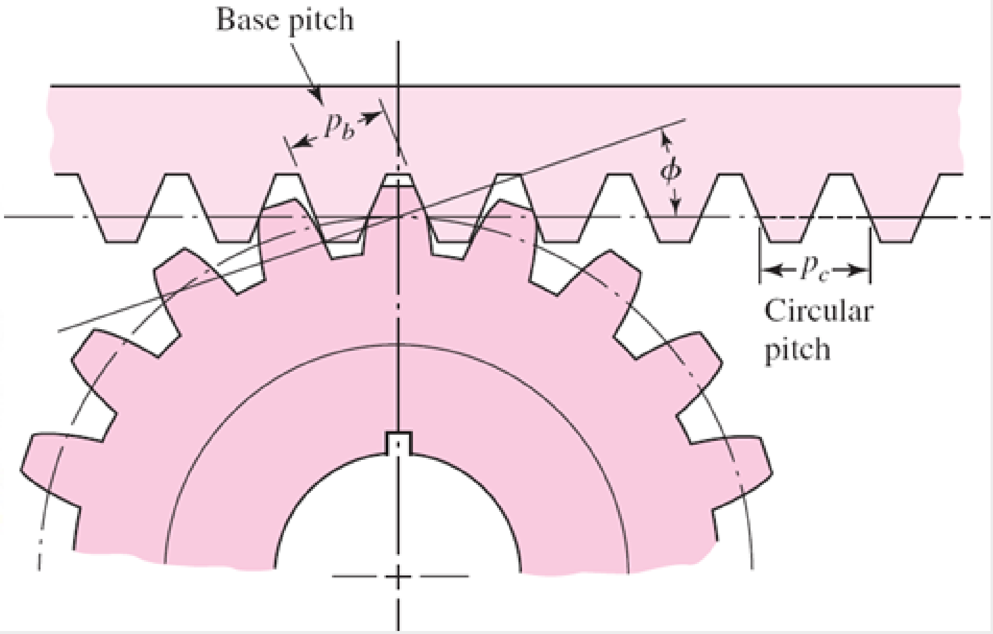


Çubuk (kremayer) bıçak ile evolvent diş profil imalatı

Taksimat dairesi yarıçapı r = ∞ alınırsa *kremayer* dişlisi elde edilir.

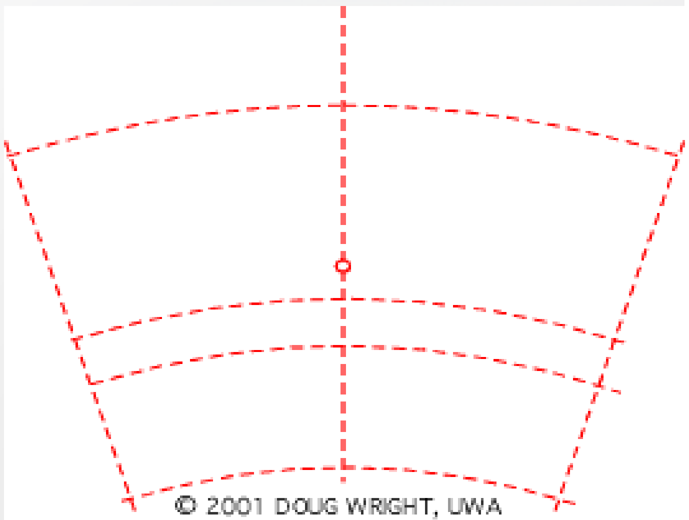
Involute-toothed pinion and rack

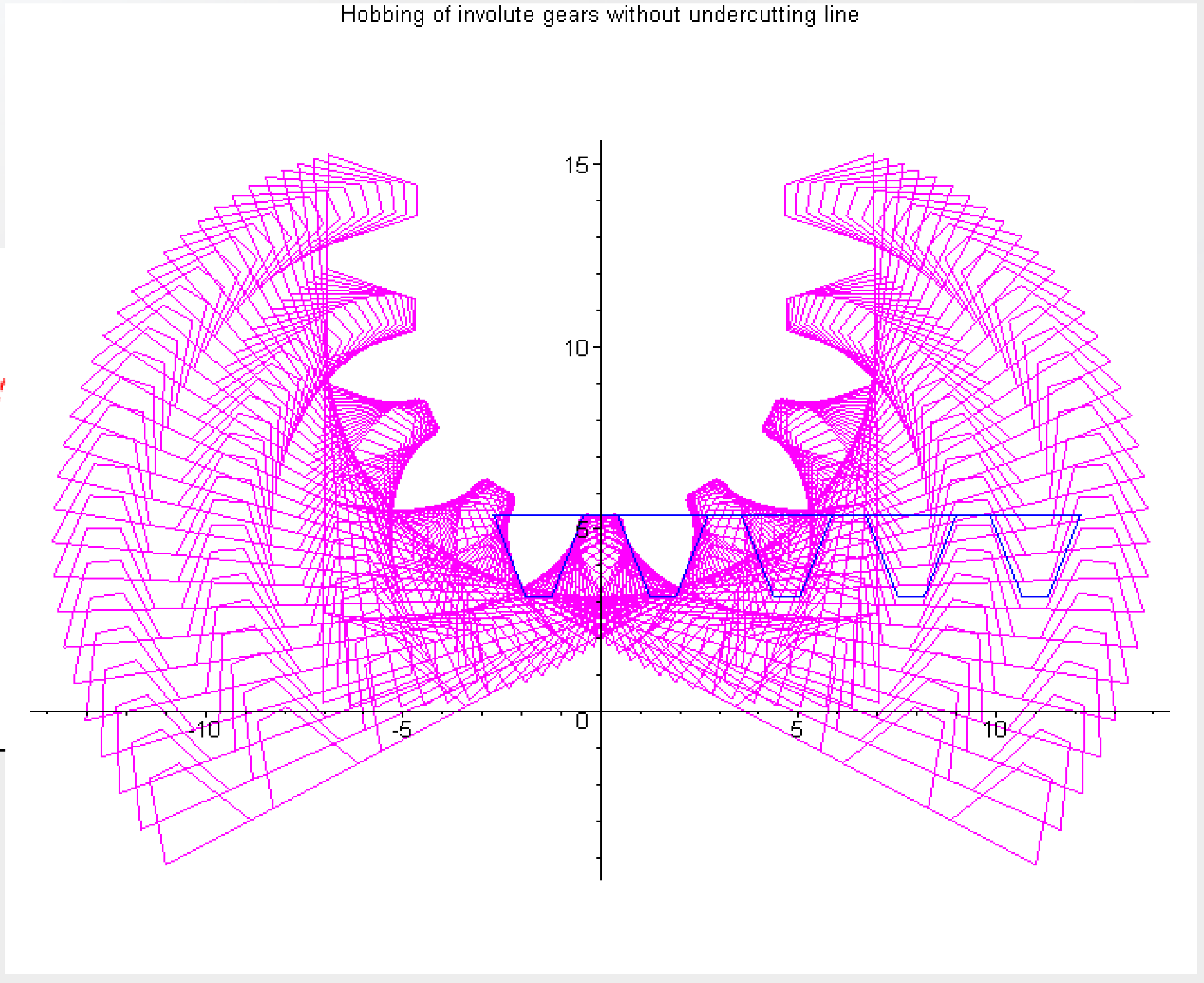




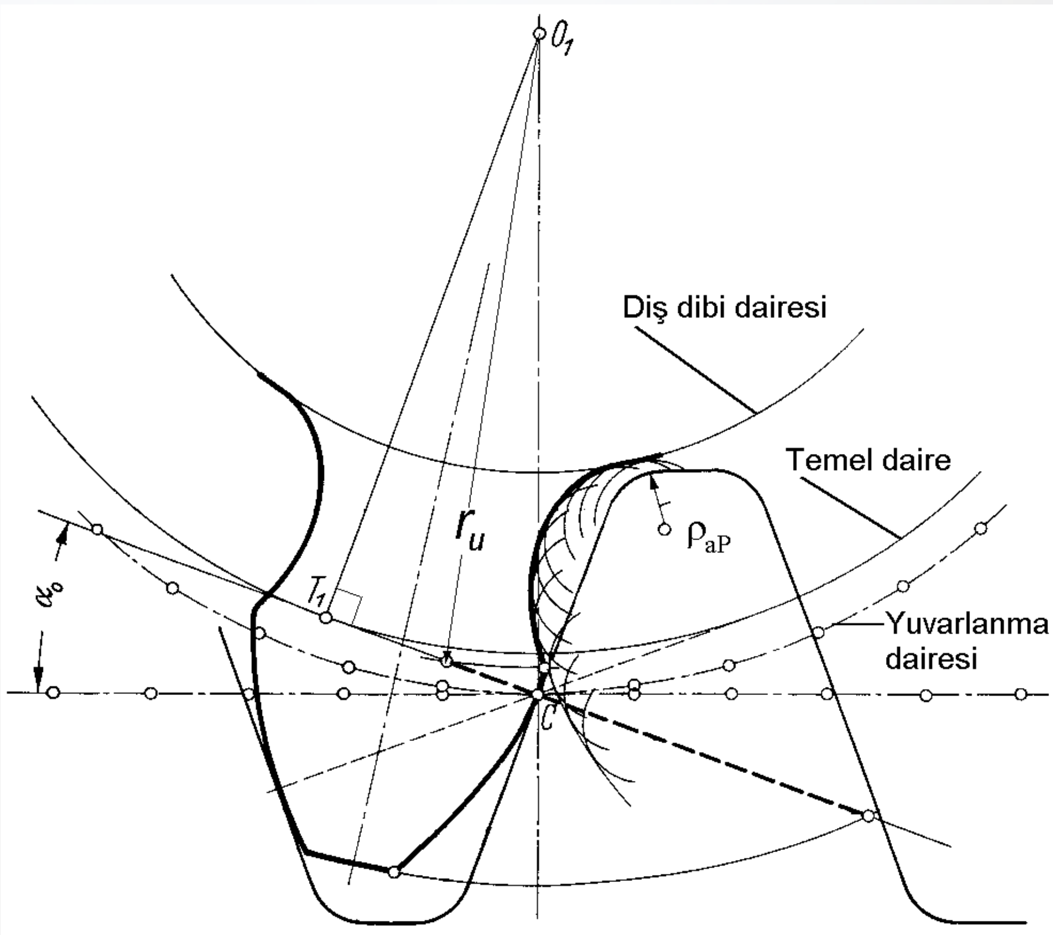
Çubuk (kremayer) bıçak ile evolvent diş profil imalatı

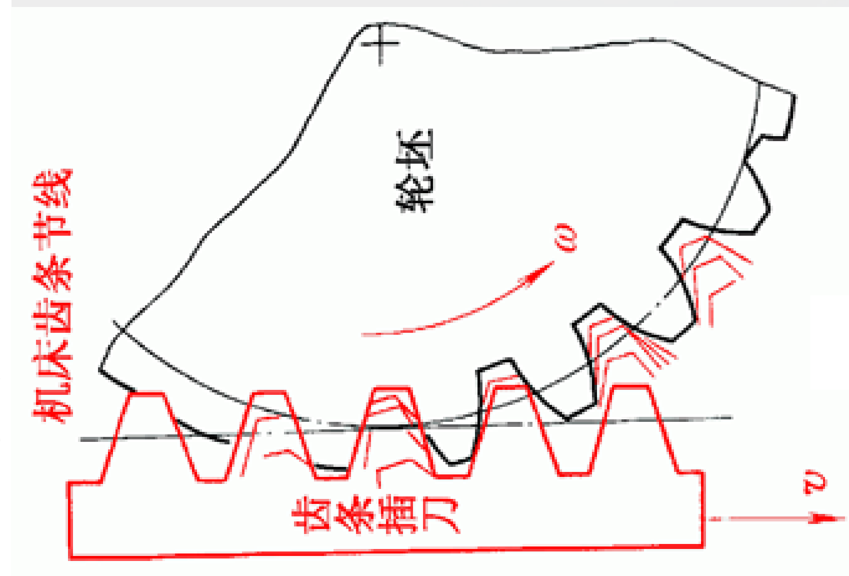
Involute-toothed pinion and rack



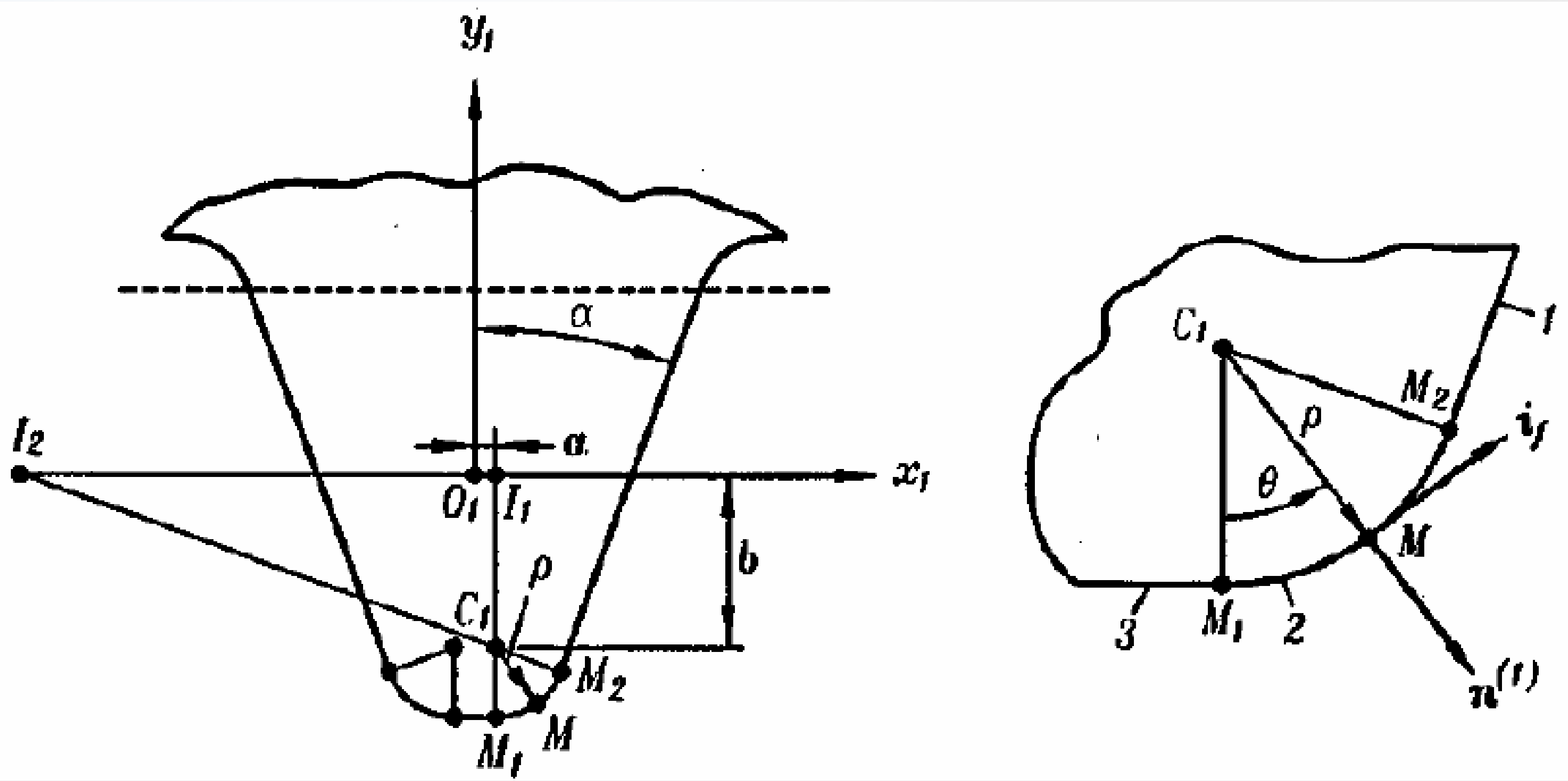


Çubuk (kremayer) bıçak ile evolvent diş profil imalatı

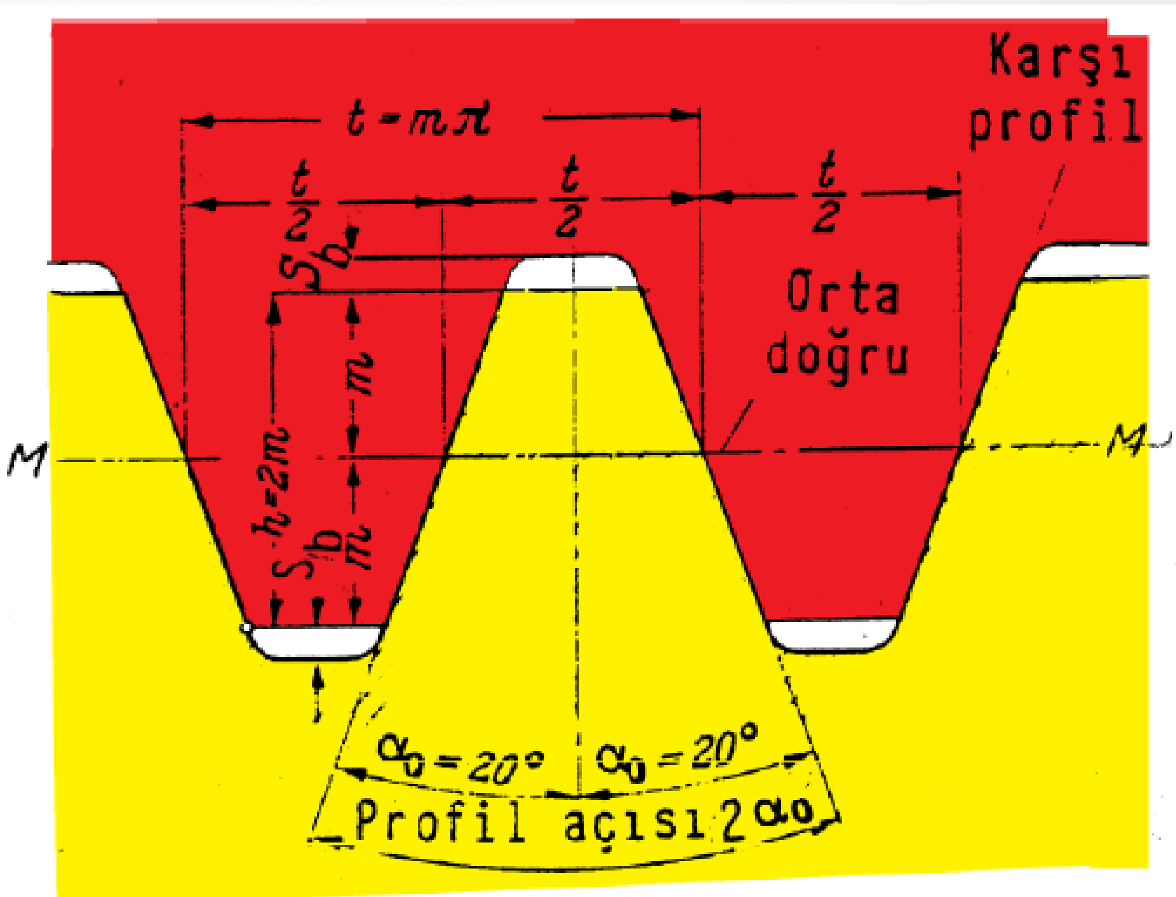


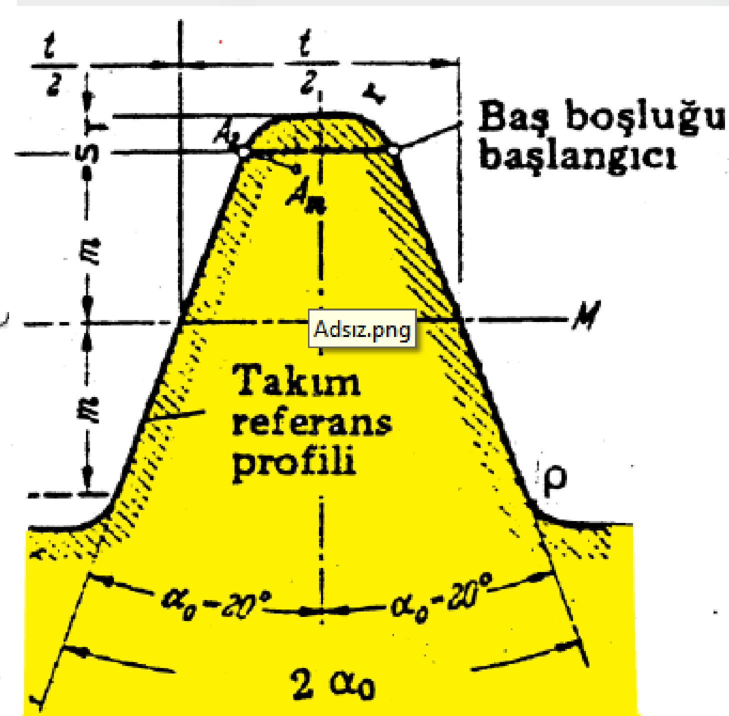


Kesici Takım Geometrisi ve Takım Ucu Detayı

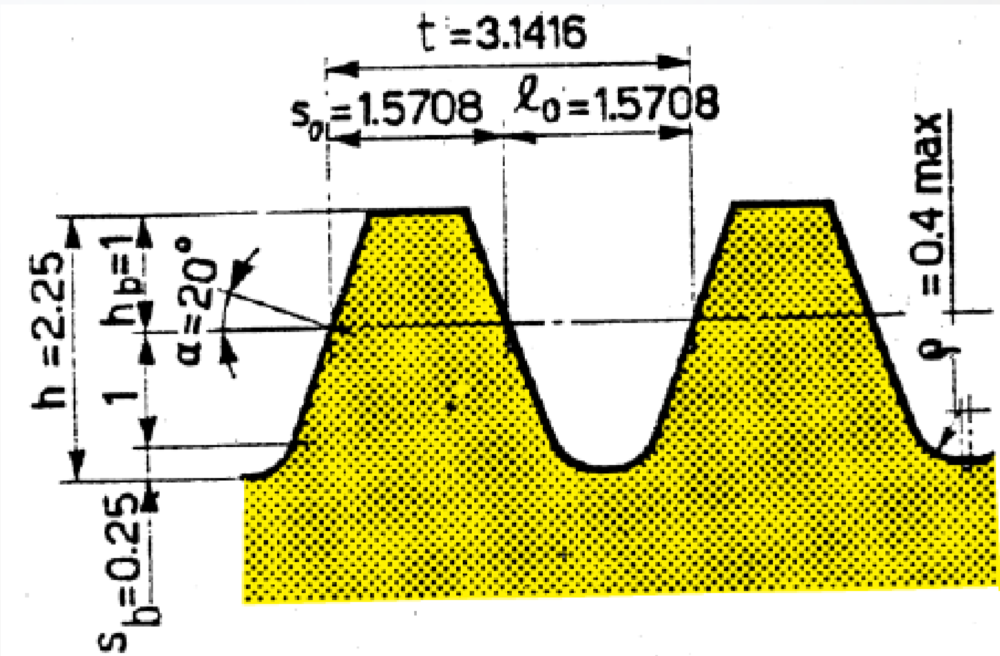


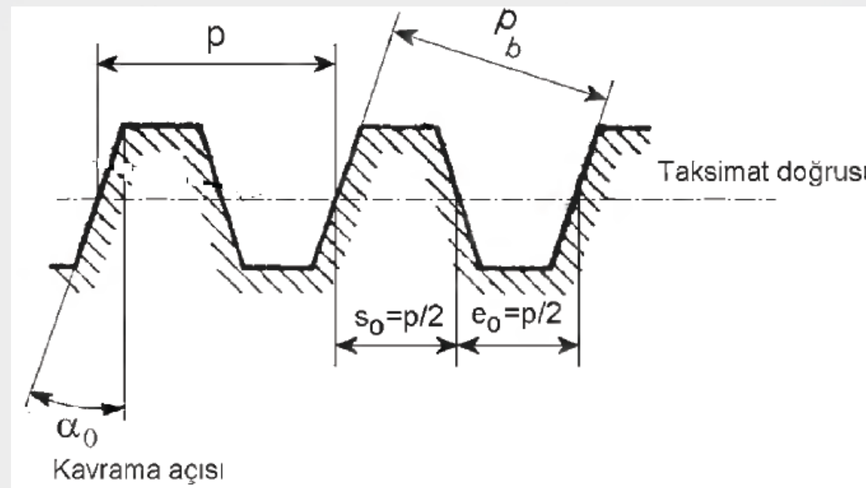
Kremayer (çubuk dişli) takım referans profili





Kremayer (çubuk dişli) takım referans profili

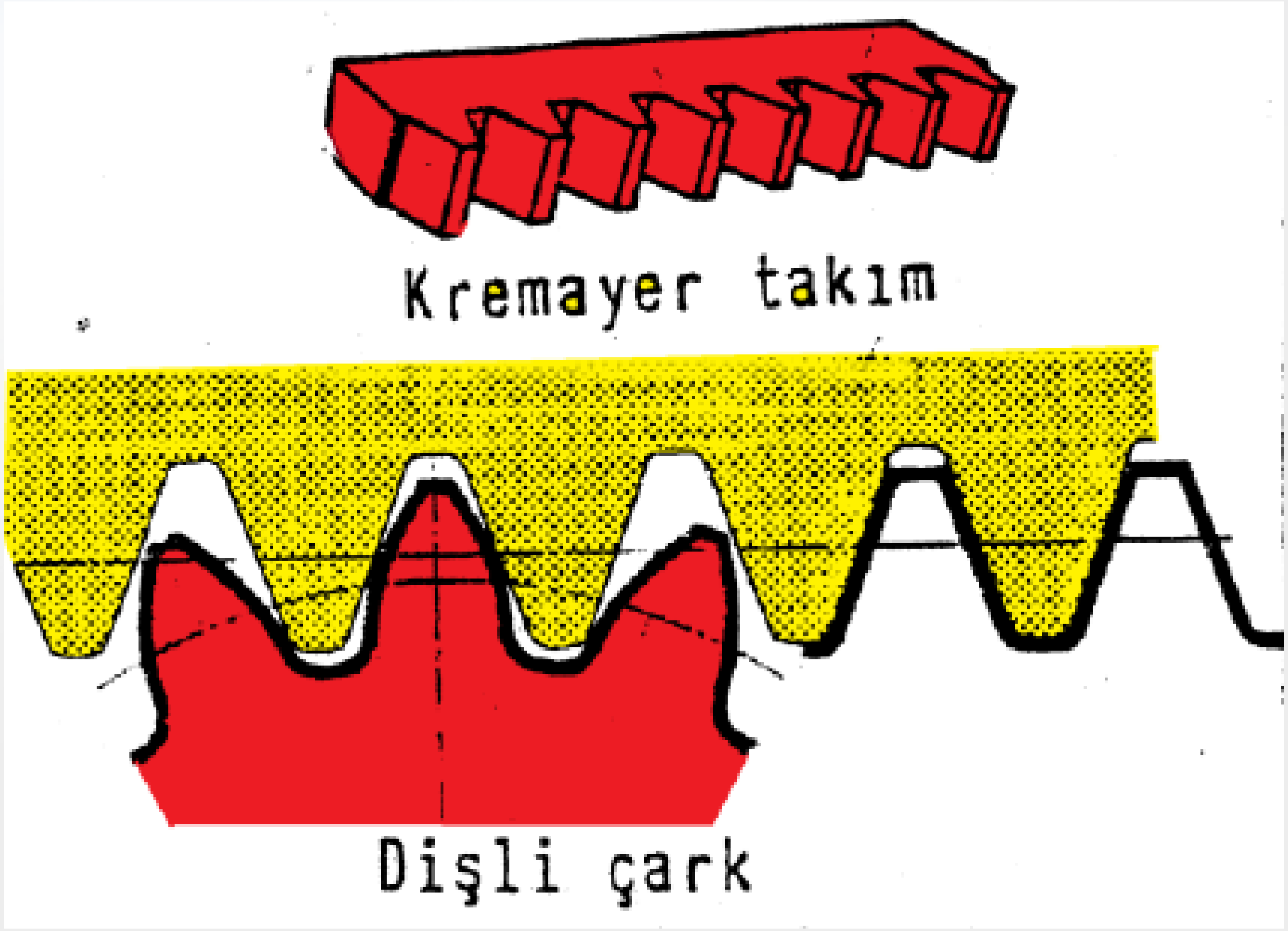


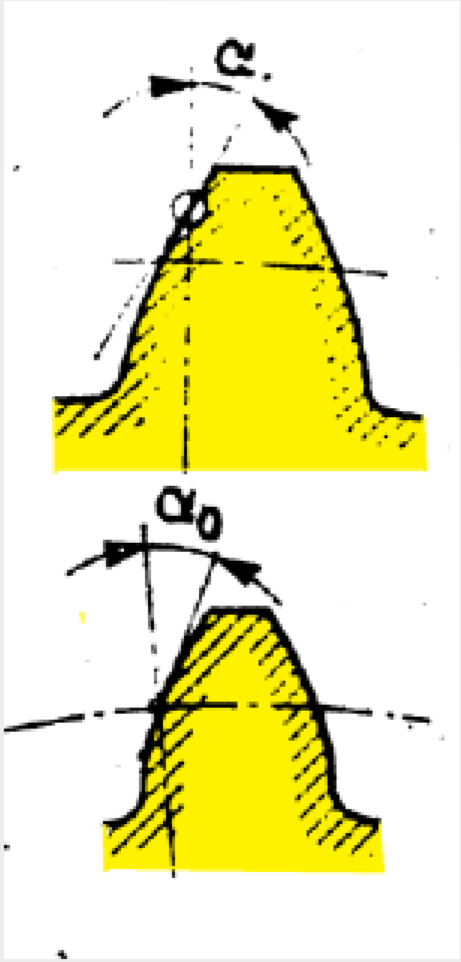


Temel daire taksimatı

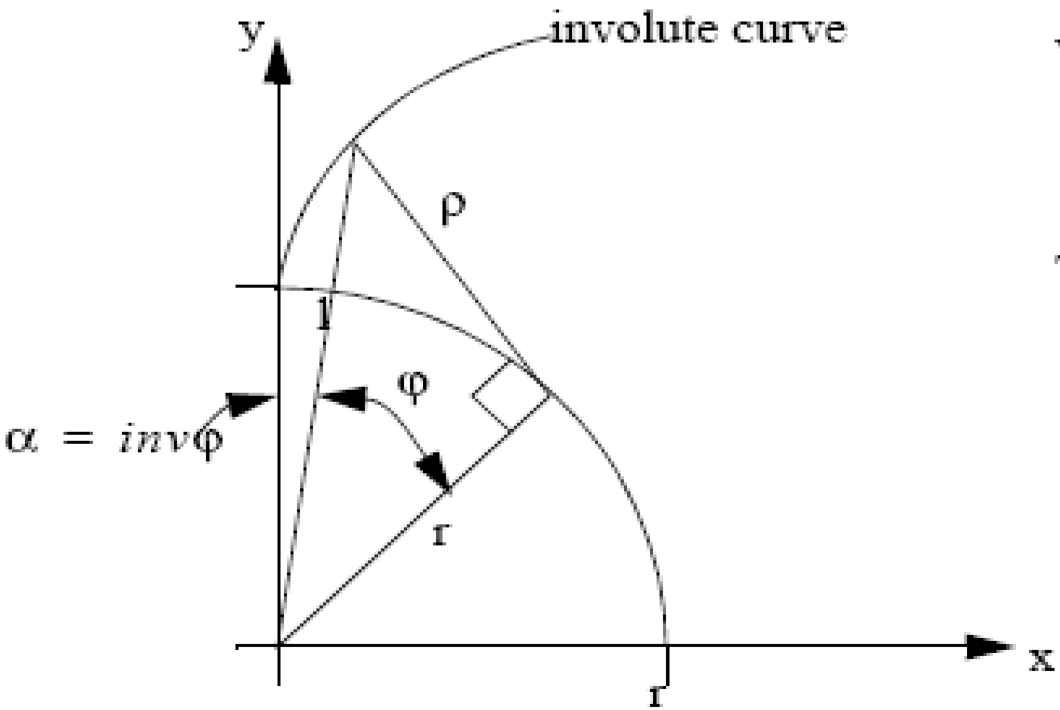
$$p_b = p \cdot \cos \alpha_0$$

Kremayer (çubuk dişli) takım referans profili





Evolvent eğri profil   Involute curve



We define the involute curve such that,

$$\rho = r(\alpha + \varphi)$$

$$\rho = r\tan\varphi$$

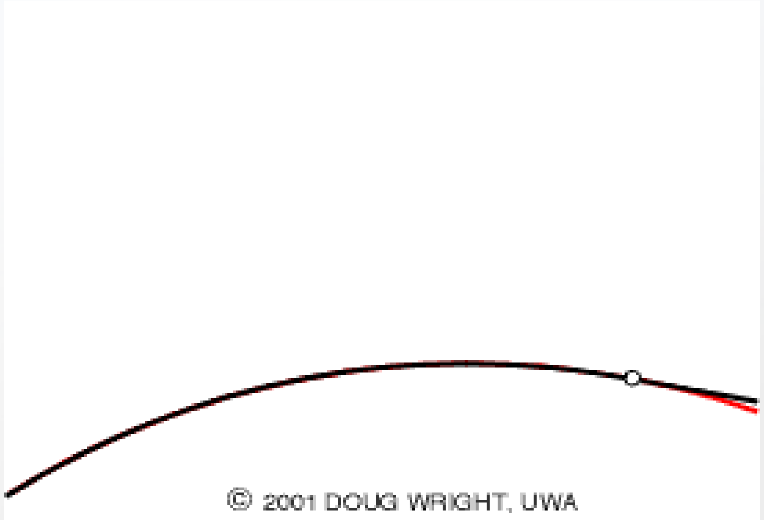
Therefore,

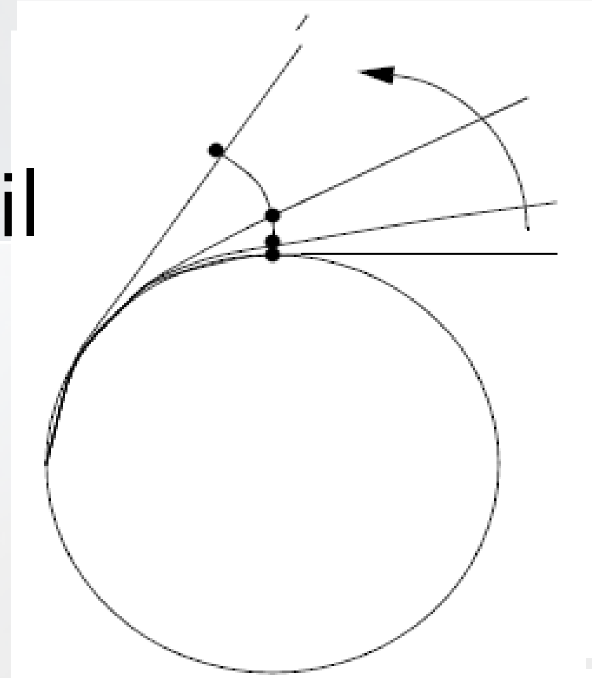
$$\rho = r(\alpha + \varphi) = r\tan\varphi$$

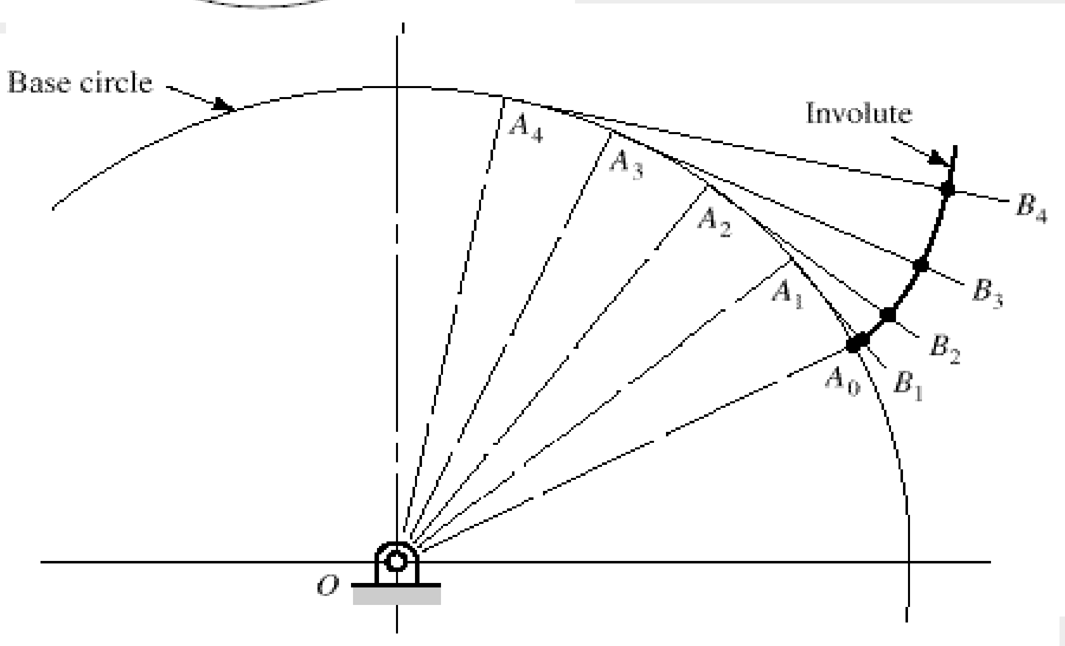
$$\therefore \alpha = \tan\varphi - \varphi$$

$$\boxed{\therefore \mathrm{inv}\varphi = \tan\varphi - \varphi}$$

Evolvent eğri profil Involute

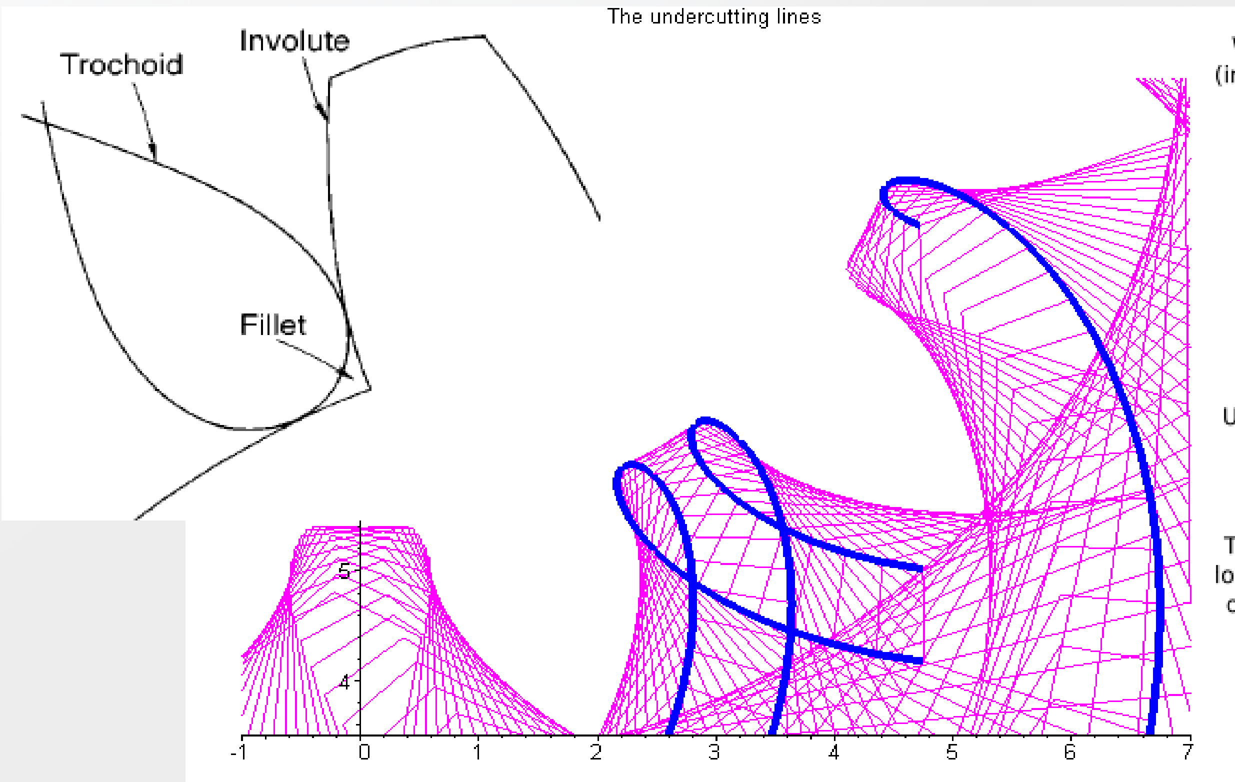


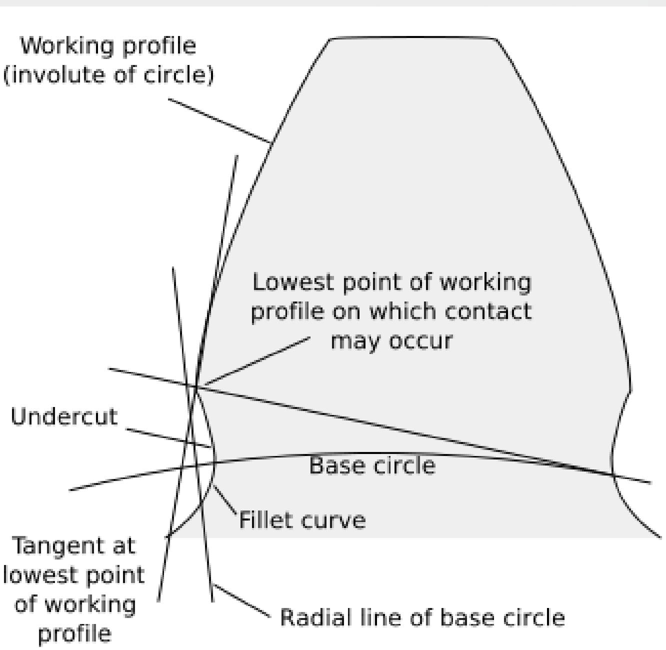




Alttan kesme trokoid eğrisi

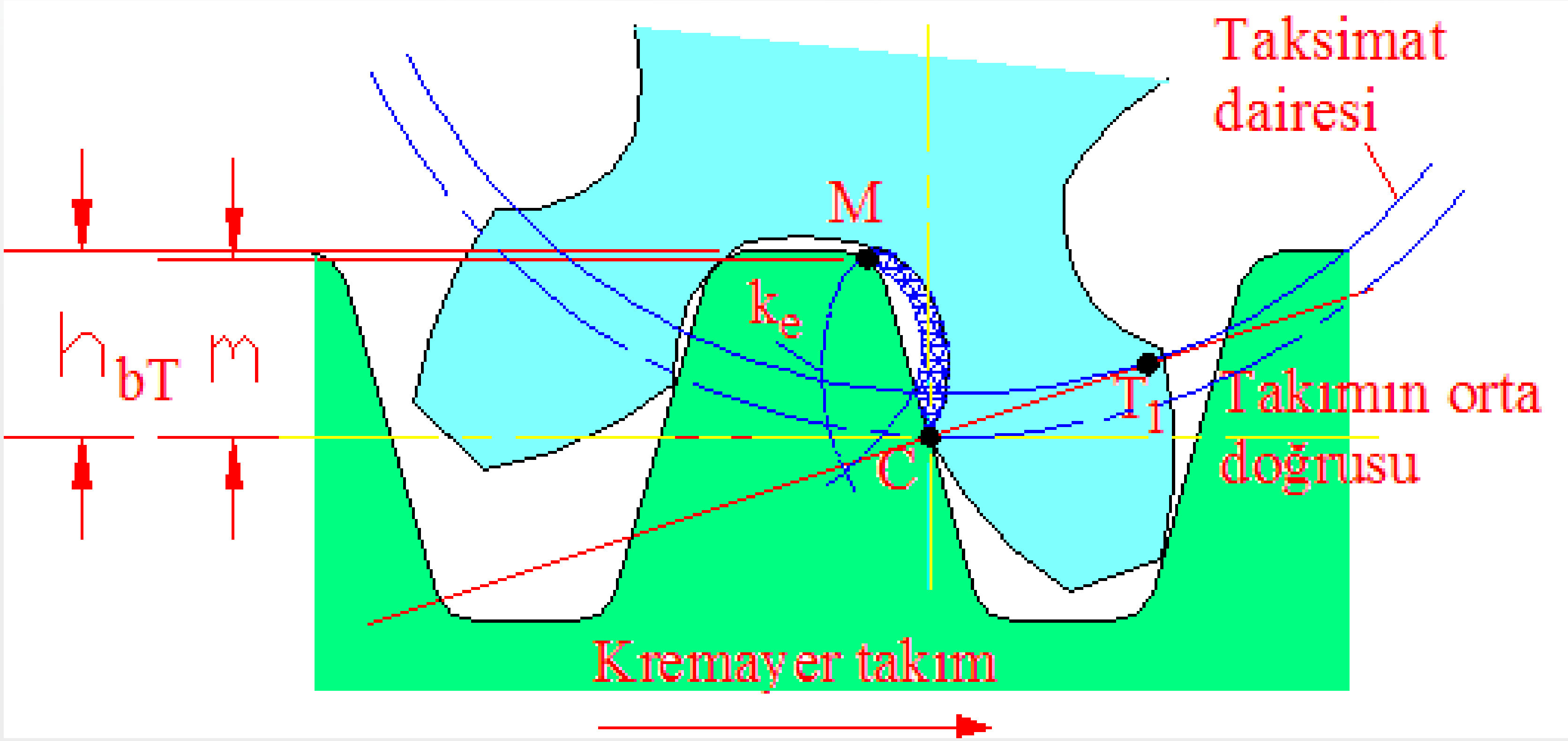
Bıçağın alttan kesmesi sonucu oluşan trokoid eğri diş dibi yuvarlatması





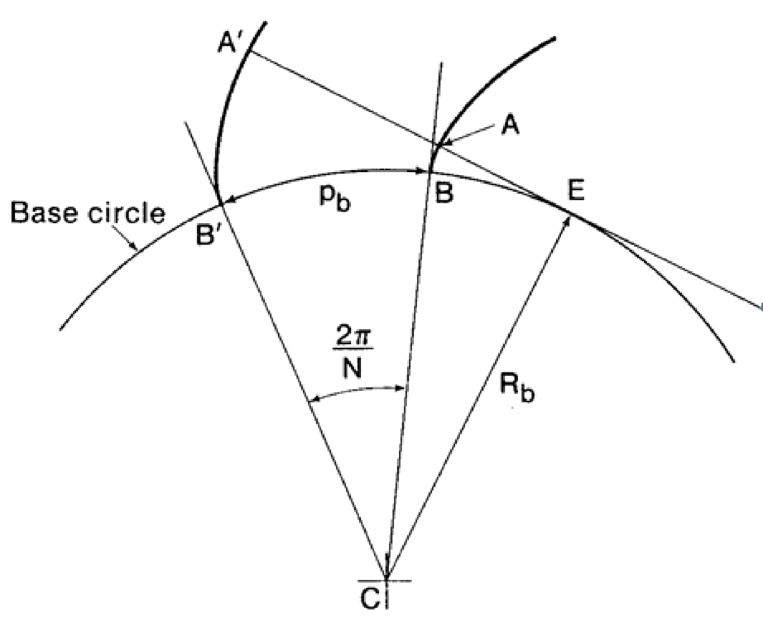
Alttan kesme trokoid eğrisi

Bıçağın alttan kesmesi sonucu oluşan trokoid eğri diş dibi yuvarlatması

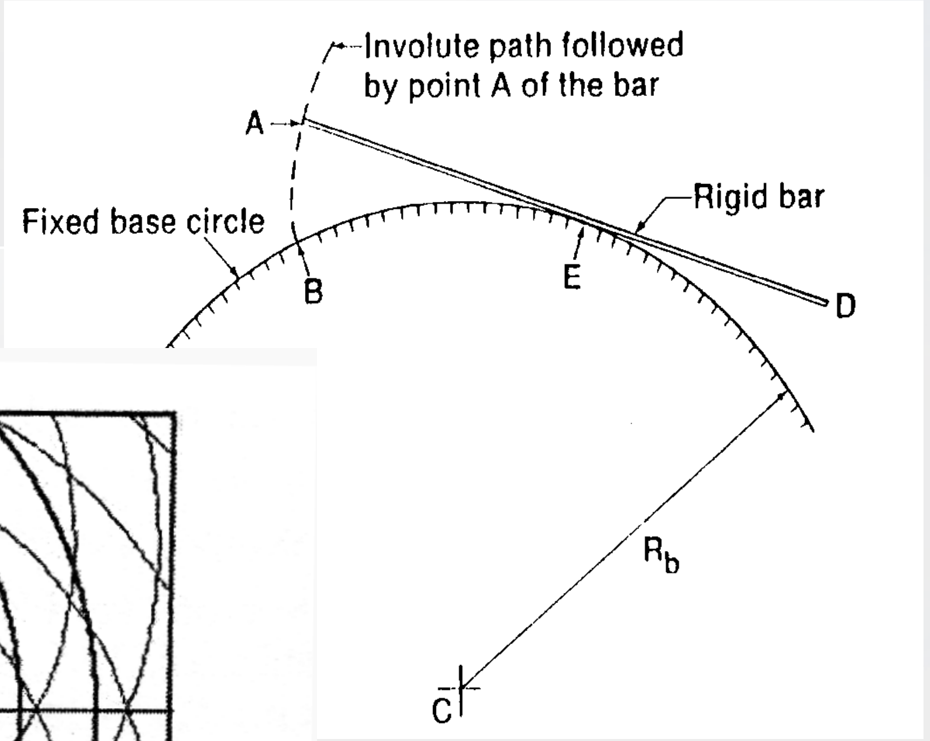


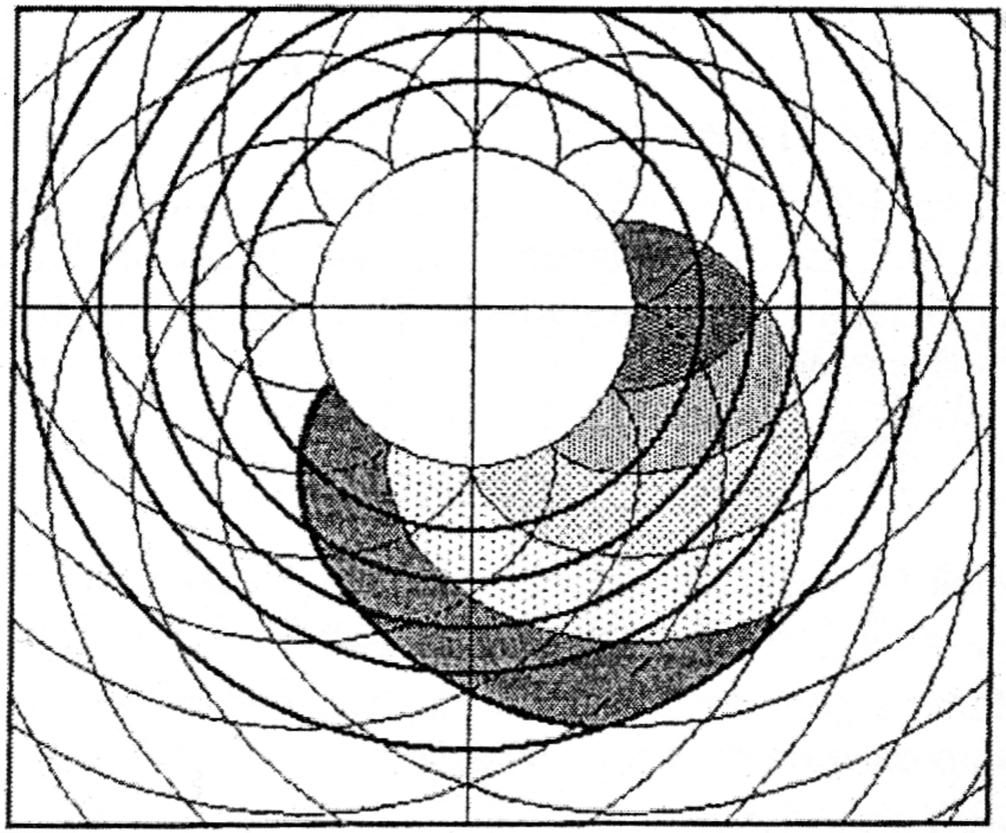
Diş Profili Olarak Daire Evolventi

Bir daire (Temel dairesi) üzerinde kaymadan yuvarlanan bir doğrunun (Ana doğru) bir noktasının geometrik yeridir.
Yuvarlanma esnasında ana doğrunun temel dairesi ile temas (teğet) noktası ani dönme merkezidir.
Bu sebeple ana doğru evolvente diktir. Yani profilin normalidir.



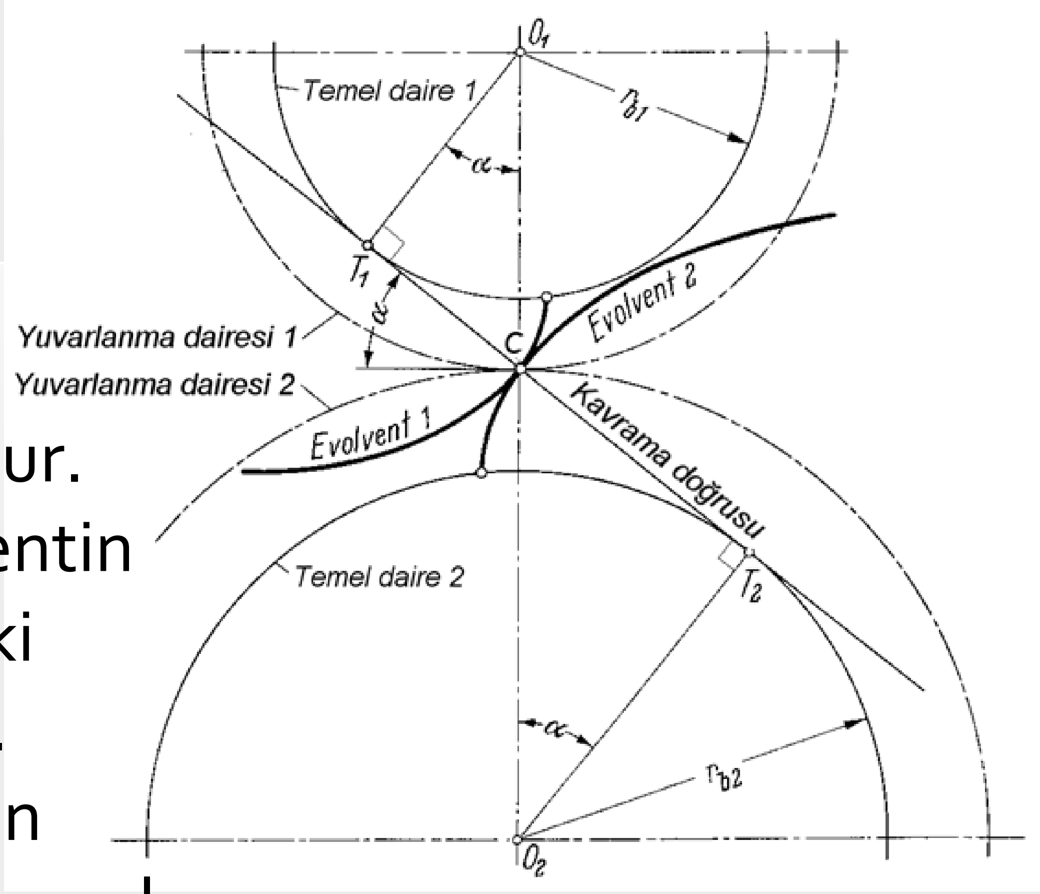
Evolvent eğri profil





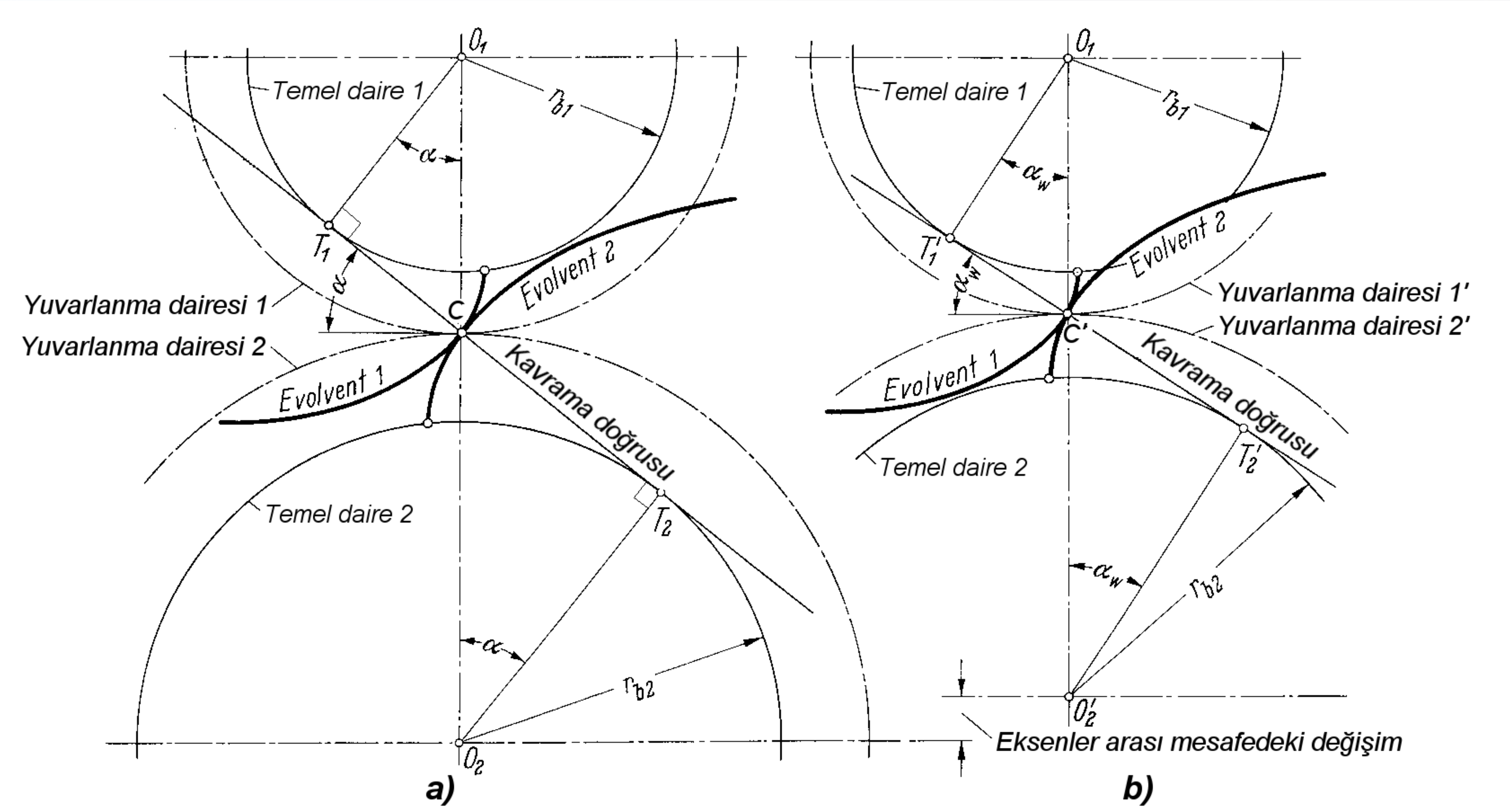
Aynı evolventten farklı büyüklükte diş elde edilmesi

Evolvent profilli dişli çarklar



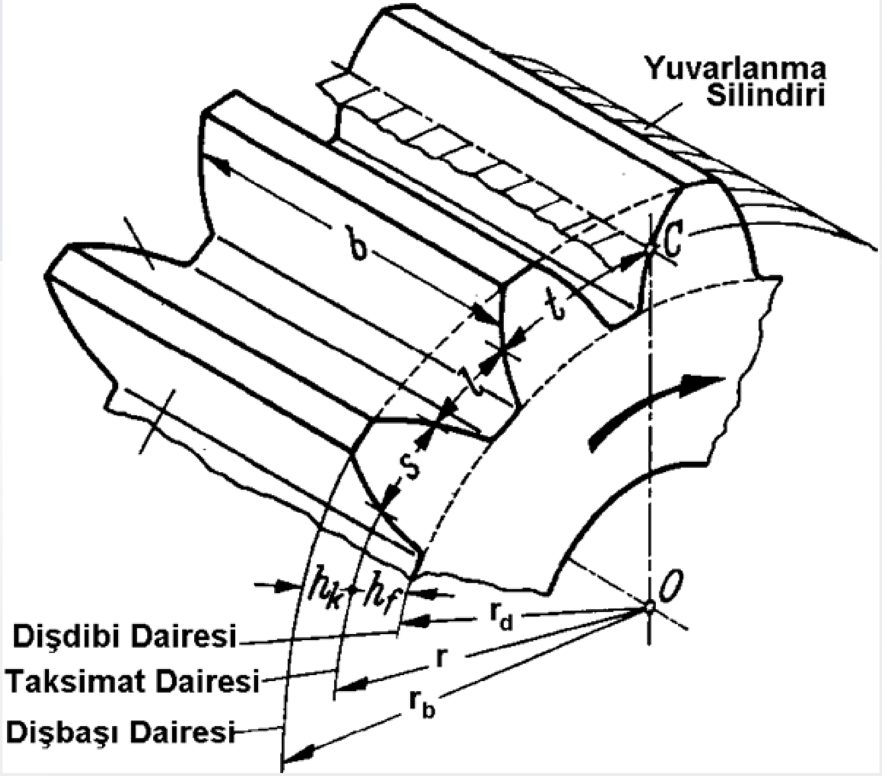
Her temel dairesinin
bir tek evolventi mevcuttur.
Ortak teğetli iki eş evolventin
temas noktalarında her iki
ana doğru üst üste düşer.
Bu sebepten iki evolventin
kavrama noktası her iki temel
dairesinin müşterek teğeti üzerindedir.
Ana doğru temel dairelerinin müşterek teğetidir
(kavrama eğrisi bir doğrudur).

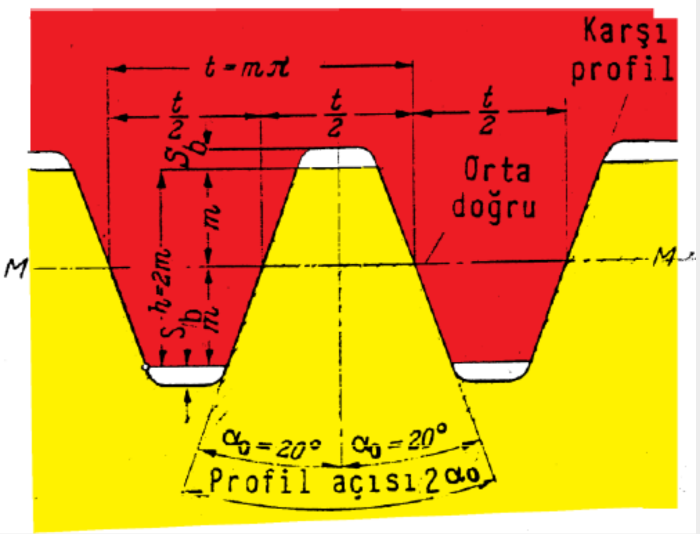
Evolvent Profilli Dişli Çark



Diş boyutları

t: diş taksimatı
m: diş modülü
z: diş sayısı
d: diş çapı
r: diş yarıçapı
r_t: diş başı yarıçapı
b: diş genişliği





$$t = \pi m$$
$$\pi d = z t$$
$$d = z m$$
$$r = m z / 2$$
$$r_t = r + m$$

Evolvent eğri fonksiyonu

yay uzunluğu yazılırsa:

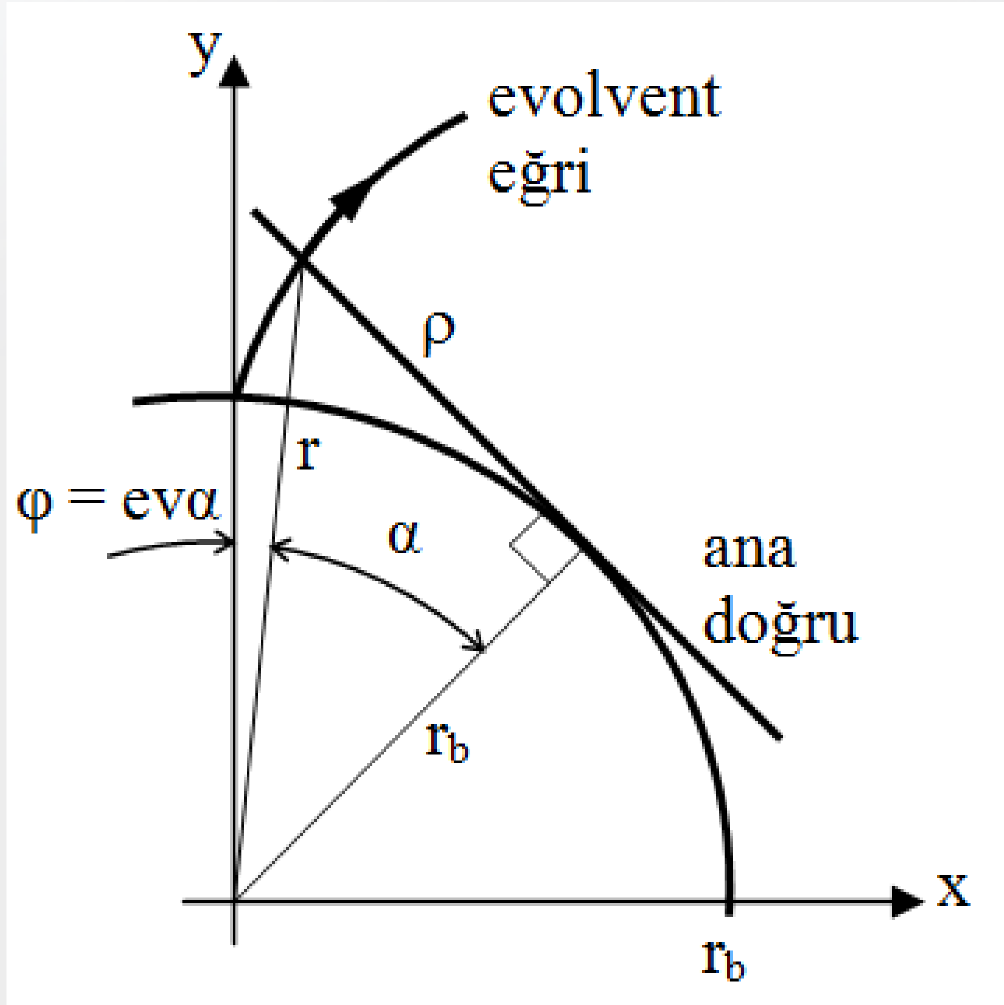
$\rho = r_b \,\mathrm{tg}\alpha = r_b\,(\varphi + \alpha)$

buradan

$\varphi = \mathrm{tg}\alpha - \alpha$

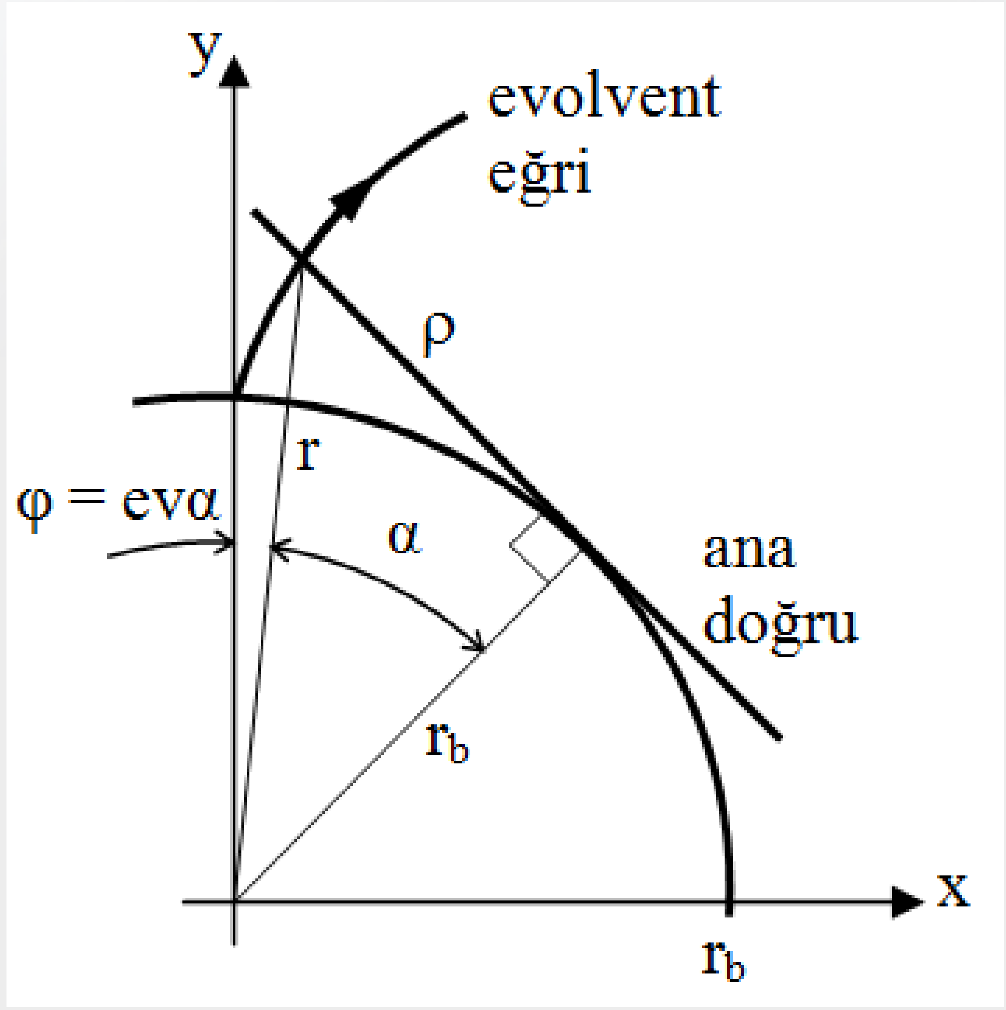
evolvent fonksiyonu:

$\mathrm{ev}\alpha = \mathrm{tg}\alpha - \alpha$



Evolvent Dişliler

Sabit bir daire (temel dairesi) üzerinde yuvarlanan bir doğrunun (ana doğru) bir noktasının geometrik yeri daire evolventidir. Yuvarlanma dairesi üzerinde $\alpha = \psi$ olur.



Evolvent Dişliler

$r_b \; tg\psi = (\varphi + \psi)\, r_b \qquad s_T = (r_t / r)\, s$

$r = r_b / \cos\psi$

$\varphi = tg\psi - \psi$

$\varphi = ev\psi$ denir.

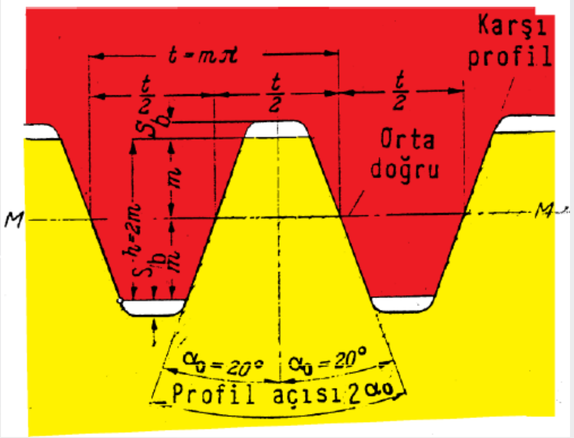
$r_t = r + m$

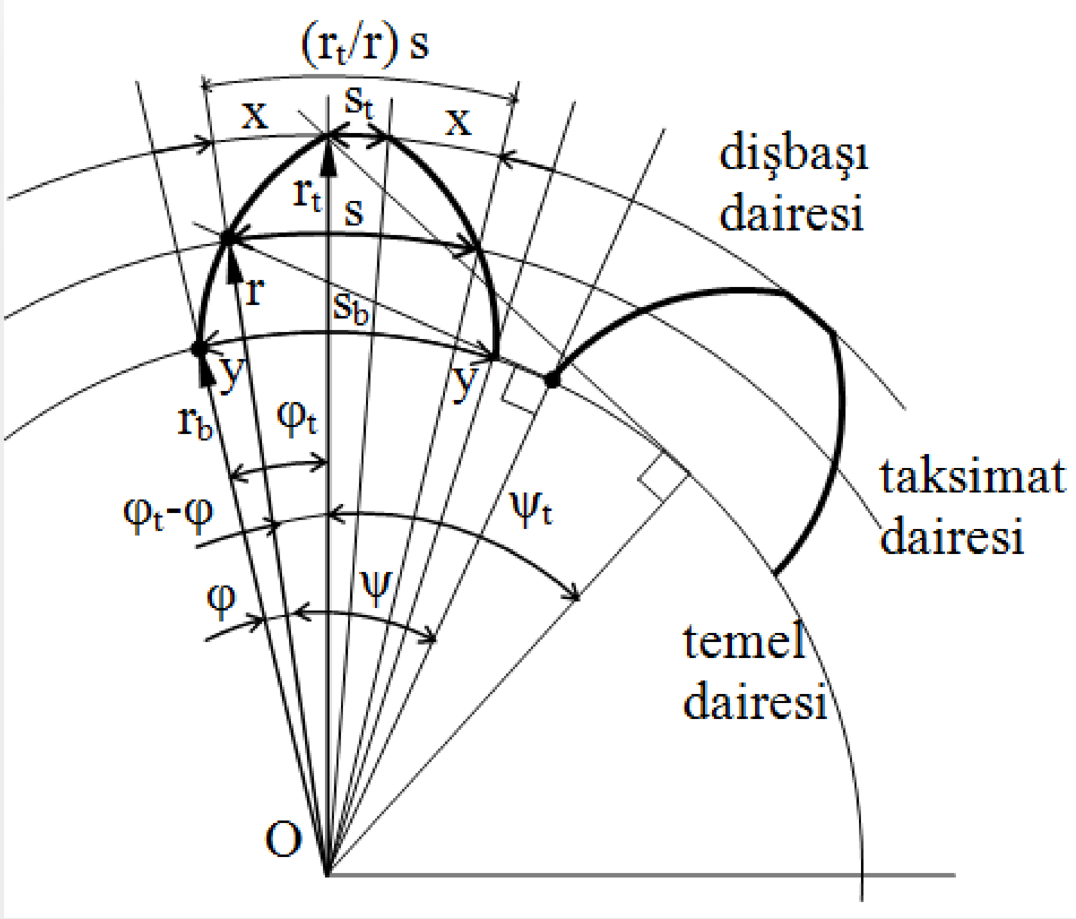
$r_t = r_b / \cos\psi_t$

$r_b = r \cos\psi$

taksimat diş kalınlığı

$s = t / 2 = \pi\, m / 2$





Dişbaşı ve temel daireleri üzerindeki diş kalınlıklarının hesabı

$2\pi\, r_t / 2\pi\, r = 2\, s_T\, z \;/\; 2\, s\, z$ $\qquad\qquad$ $s_T = (r_t / r)\, s$

$\cos\psi = r_b / r$

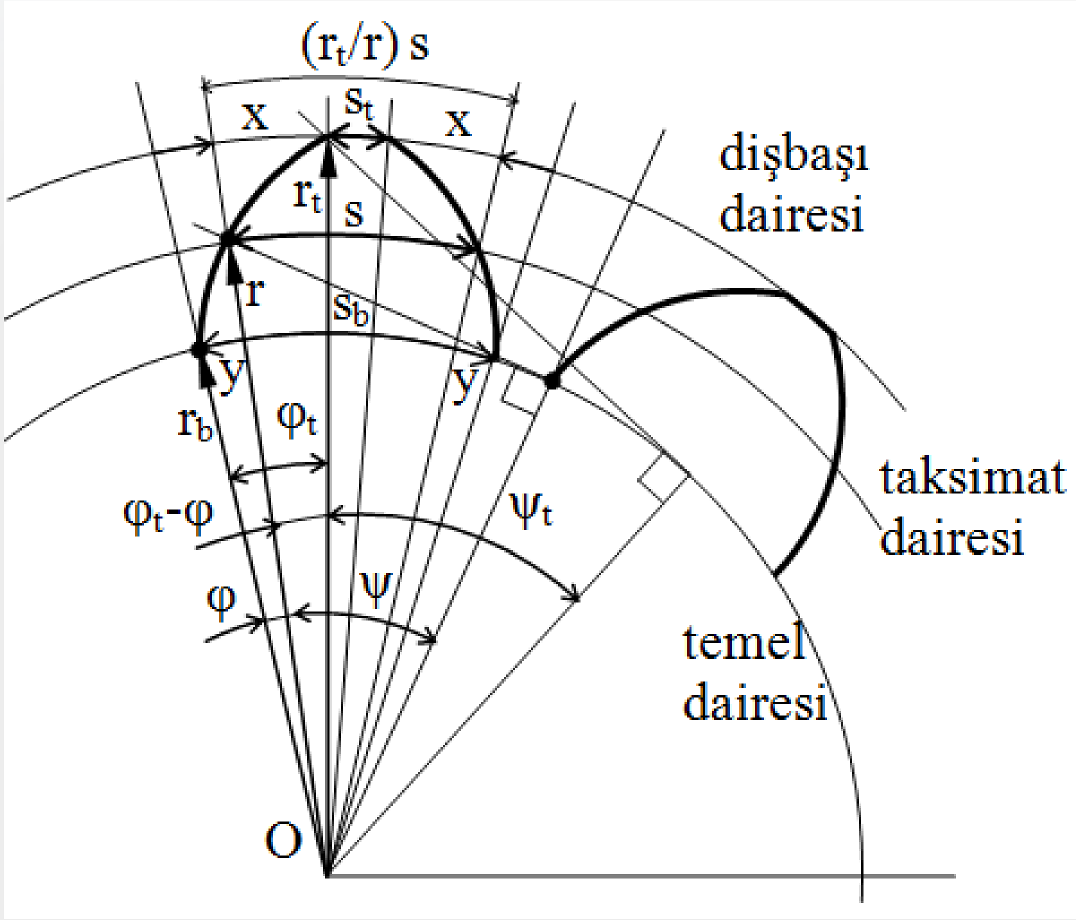
$\cos\psi_t = r_b / r_t$

$\varphi_t = tg\psi_t - \psi_t$

$s_t = 2\, r_t\, [\, s/2r - (\varphi_t - \varphi)]$

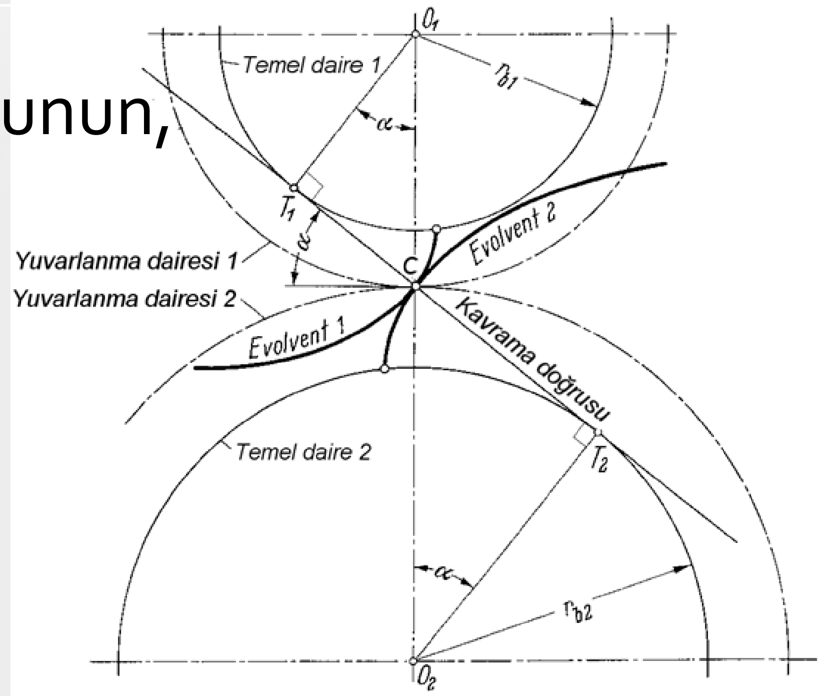
$s_b = (r_b / r)\, s + 2\, r_b\, \varphi$

$s_b = 2\, r_b\, [\, s/2r + \varphi]$



Evolvent Dişliler

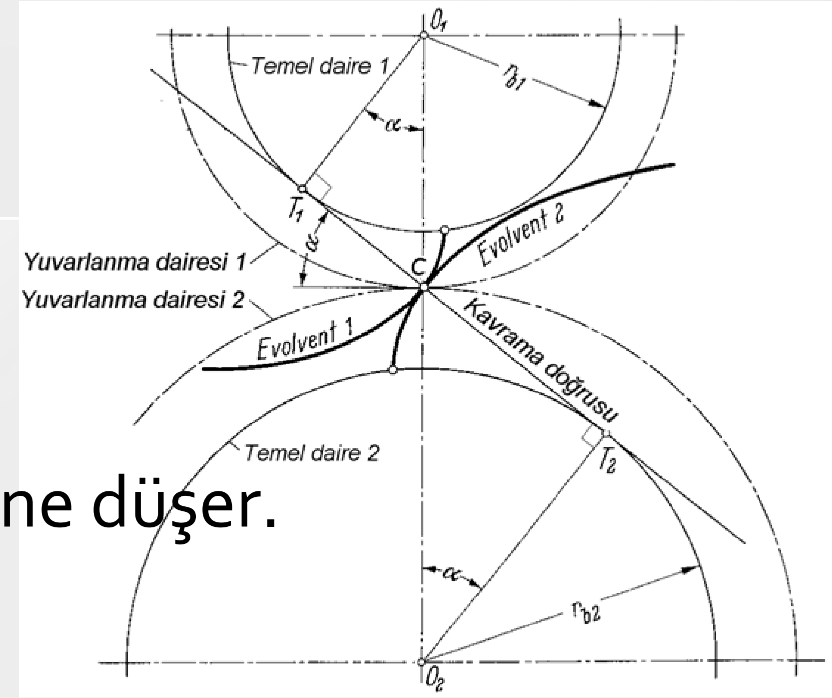
Yuvarlanma esnasında ana doğrunun,
temel dairesi ile temas noktası
ani dönme merkezidir.



Dolayısı ile bu doğru evolvente
diktir ve profilin normalidir.

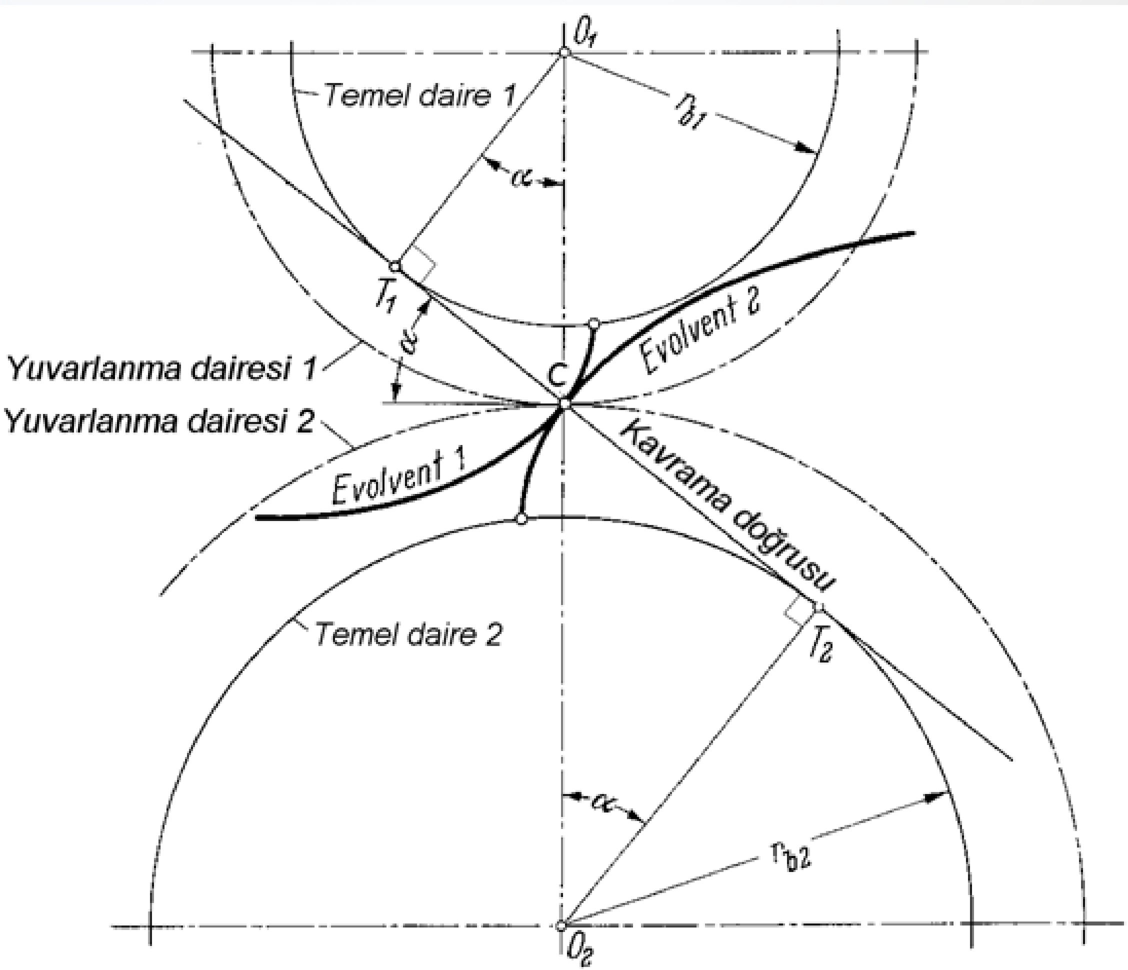
Her temel dairesinin bir tek evolventi vardır.
Müşterek teğetli iki eş evolventin temas noktalarında
her iki ana doğru üst üste düşer.

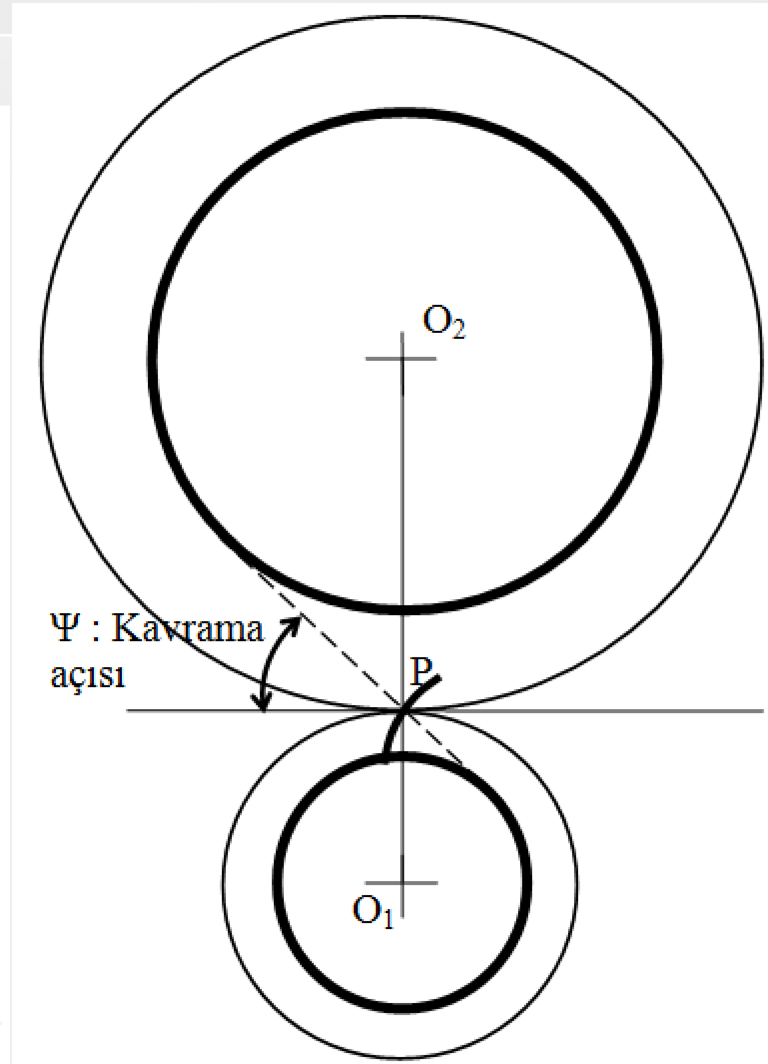
Evolvent Dişliler



Bu sebepten iki evolventin kavrama noktası her iki temel dairesinin müşterek teğeti üzerine düşer.
Yani ana doğru aynı zamanda kavrama doğrusudur.
Yuvarlanma daireleri istenilen şekilde alınabilir. Bu sebepten yuvarlanma dairelerini taksimat daireleri olarak almak uygun değildir.
Temel daireleri taksimatı aynı olan evolvent dişliler takım dişli olarak kullanılabilirler.

Evolvent dişlide kavrama





Evolvent Dişliler

$r = r_b / \cos\alpha$

yuvarlanma dairesi üzerinde $\alpha = \psi$ olur.

ψ kavrama açısı norm dışı 15° alınırdı,

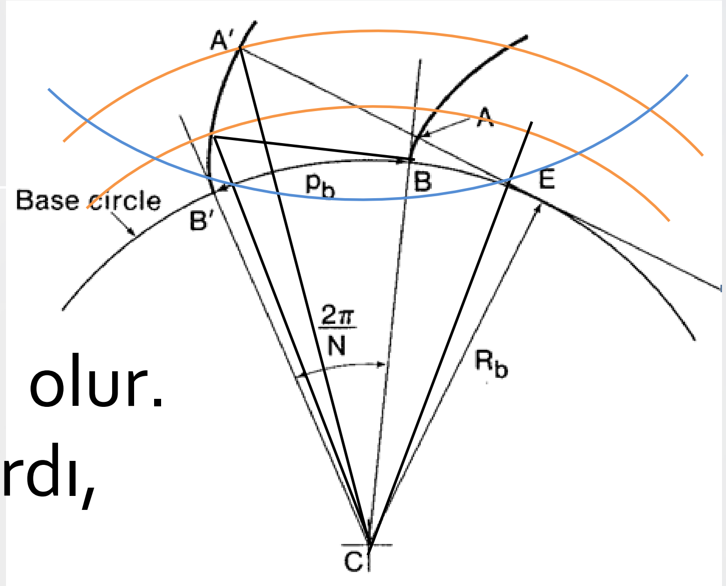
şimdi genel olarak 20°dir

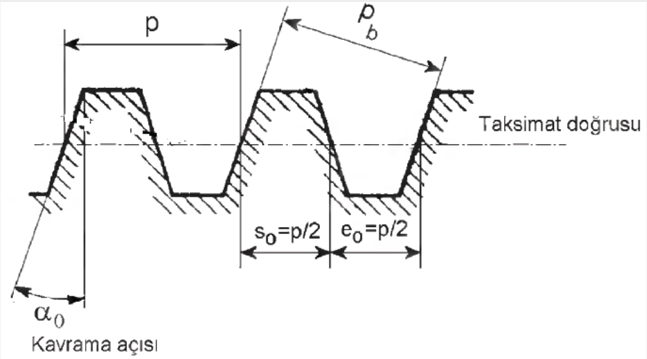
$t_b / t = r_b / r = \cos\alpha$

t : yuvarlanma dairesi üzerindeki taksimat

t_b : temel dairesi üzerindeki taksimat

$t_b = t \cos\psi$





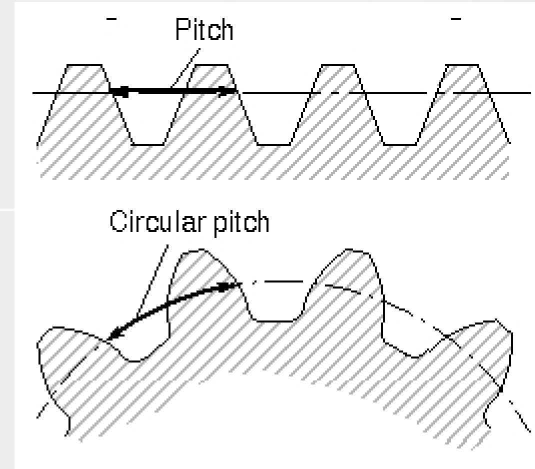
Temel daire taksimatı

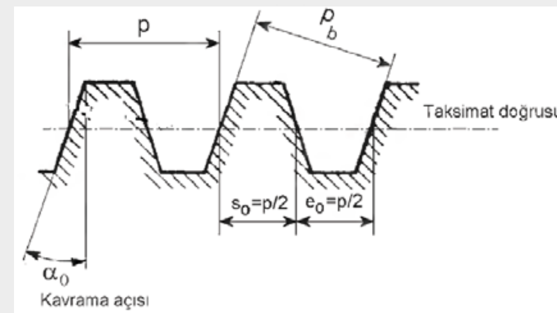
$$p_b = p \cdot \cos\alpha_0$$

Kavrama Uzunluğu (Kıtası)

Diş profilleri yalnız iki baş dairesi arasında kavrama durumuna girerler. Kavrama doğrusunun bu kısmına Kavrama Uzunluğu (KU) denir.

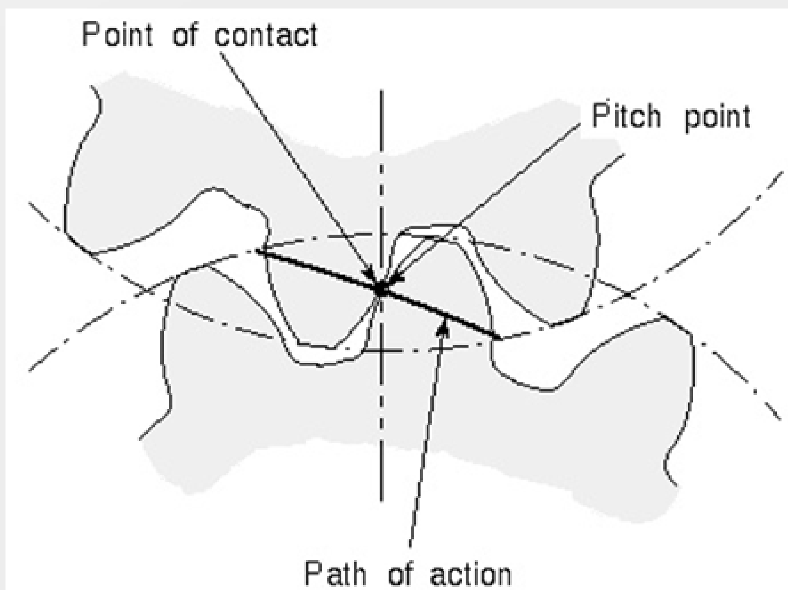
Kavrama Oranı $\varepsilon = KU / t_b$

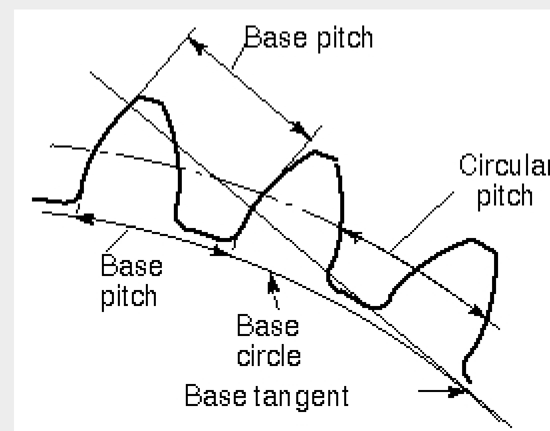




Temel daire taksimatı

$$p_b = p \cdot \cos \alpha_0$$

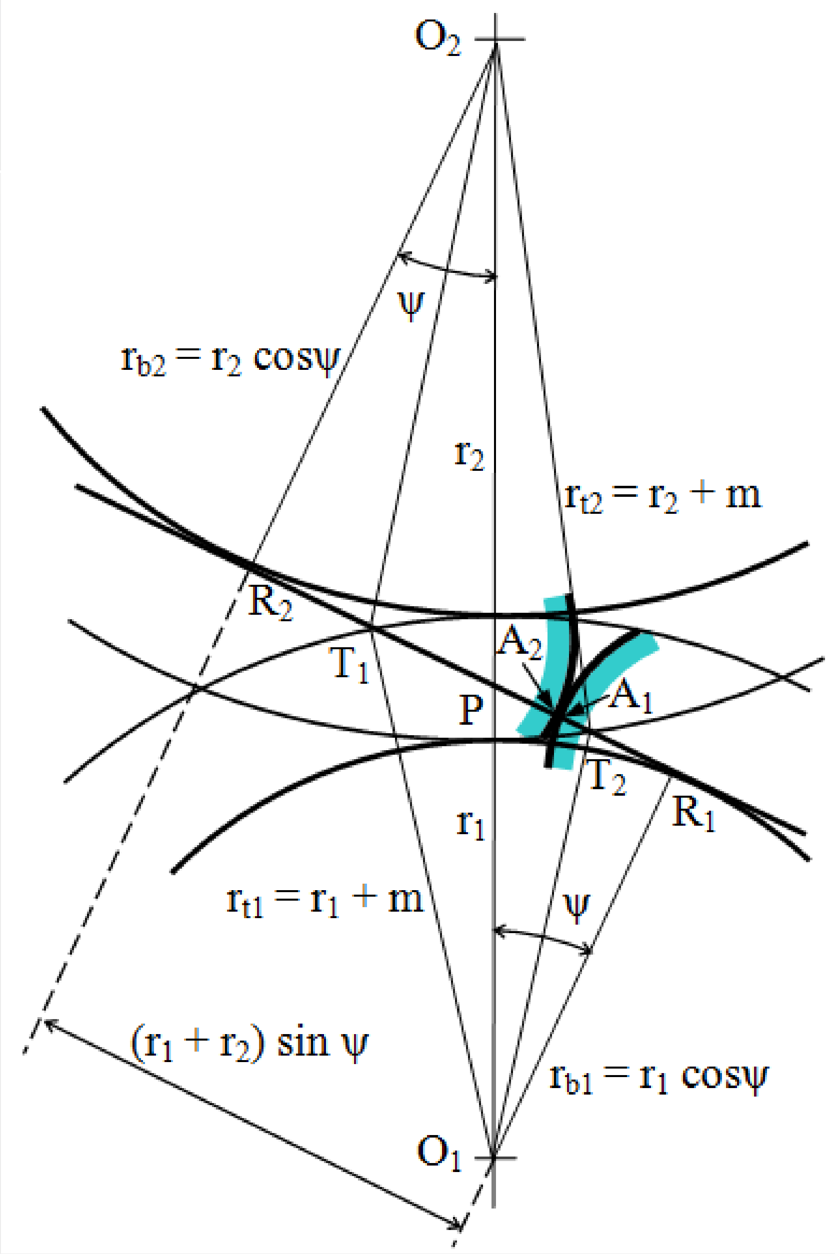




Kavrama Oranı

Kavrama kıtasının maksimum değeri ψ kavrama açısı ile tayin edilen temel noktalarla sınırlanmıştır.

İki çarkın diş yükseklikleri ayrı ayrı alınarak, kavrama kıtasının maksimum değerinden faydalanılabilir.



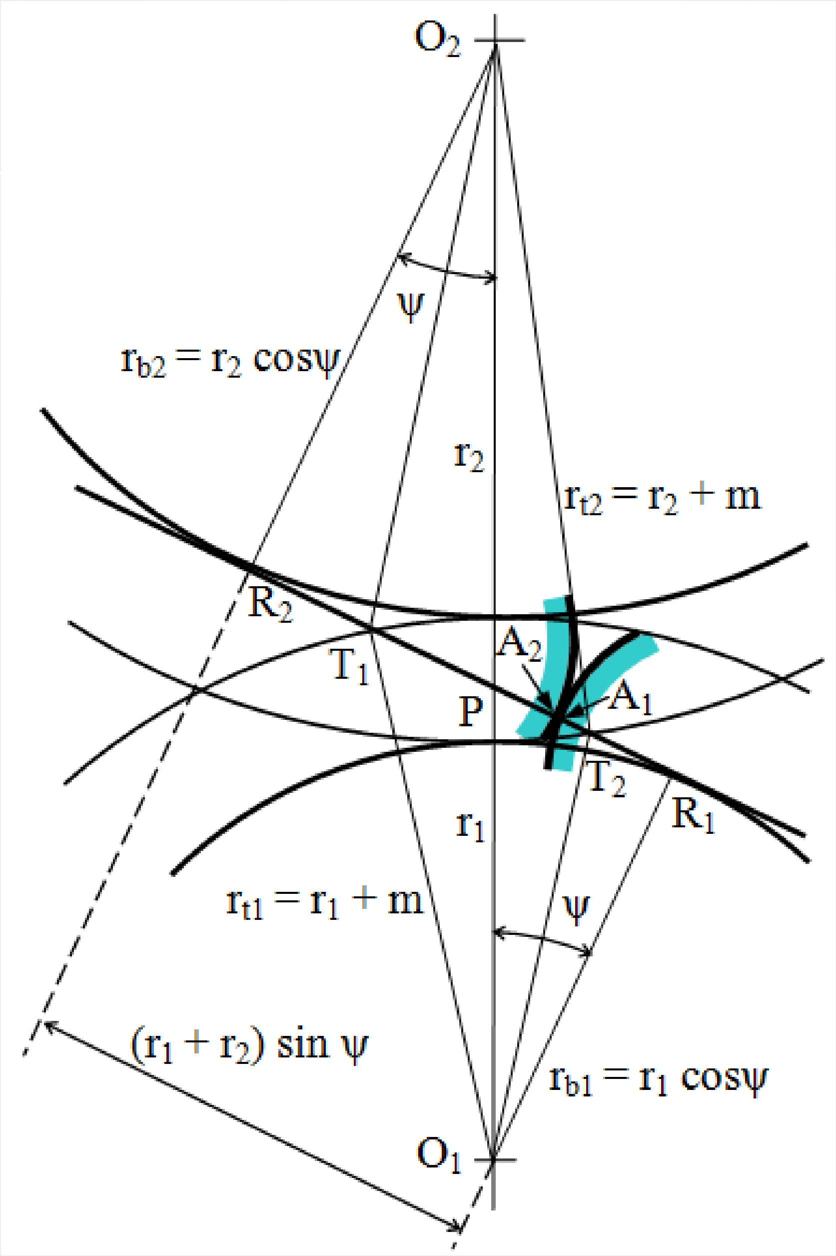
Kavrama Oranı

Norm dişlilerdeki diş yükseklikleri **m** olduğundan dış dişli halinde:

$\varepsilon = T_1T_2 \,/\, (t \cos\psi)$

$\varepsilon = T_1T_2 \,/\, (\pi m \cos\psi)$

$T_1T_2 = T_1R_1 + T_2R_2 - (R_1R_2)$

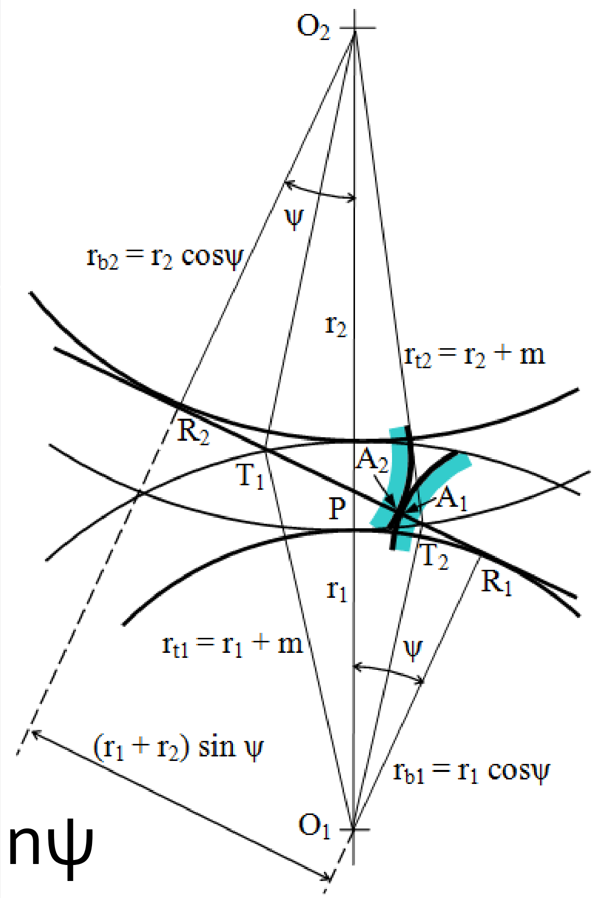


Kavrama Oranı

$$PR_1 + PR_2 = R_1R_2 = a\sin\psi = (r_1 + r_2)\sin\psi$$

$$T_1T_2 = (T_1R_1 - PR_1) + (T_2R_2 - PR_2)$$
$$= T_1R_1 + T_2R_2 - (PR_1 + PR_2)$$

$$T_1T_2 = (r_{t1}^2 - r_{b1}^2)^{1/2} + (r_{t2}^2 - r_{b2}^2)^{1/2} - a\sin\psi$$



$$\varepsilon = T_1T_2 \,/\, (t\cos\psi) \qquad \varepsilon = T_1T_2 \,/\, (\pi m\cos\psi)$$

$$\varepsilon = [(r_{t1}^2 - r_{b1}^2)^{1/2} + (r_{t2}^2 - r_{b2}^2)^{1/2} - a\sin\psi] \,/\, (\pi m\cos\psi)$$

Kavrama Oranı $\varepsilon = T_1T_2 \,/\, (\pi m \cos\psi)$

$$T_1T_2 = [(r_1+m)^2 - r_{b1}^{\ 2}]^{1/2} - [(r_1^{\ 2} - r_{b1}^{\ 2}]^{1/2} + [(r_2+m)^2 - r_{b2}^{\ 2}]^{1/2} - [(r_2^{\ 2} - r_{b2}^{\ 2}]^{1/2}$$

$$T_1T_2 = [(mz_1/2 + m)^2 - (mz_1/2\ \cos\psi)^2]^{1/2} + [(mz_2/2 + m)^2 - (mz_2/2\ \cos\psi)^2]^{1/2} - (r_1+r_2)\sin\psi$$

$$T_1T_2 = [(mz_1/2 + m)^2 - (mz_1/2\ \cos\psi)^2]^{1/2} + [(mz_2/2 + m)^2 - (mz_2/2\ \cos\psi)^2]^{1/2} - m/2\,(z_1+z_2)\sin\psi$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi}\left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos\psi}\right)^2 - z_1^{\ 2}} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos\psi}\right)^2 - z_2^{\ 2}} - (z_1+z_2)\,tg\,\psi\right]$$

Evolvent profilli düz dişlide kavrama oranı

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi}\left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos\psi}\right)^2 - z_1^{\;2}} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos\psi}\right)^2 - z_2^{\;2}} - (z_1+z_2)tg\,\psi\right]$$

bulunur.

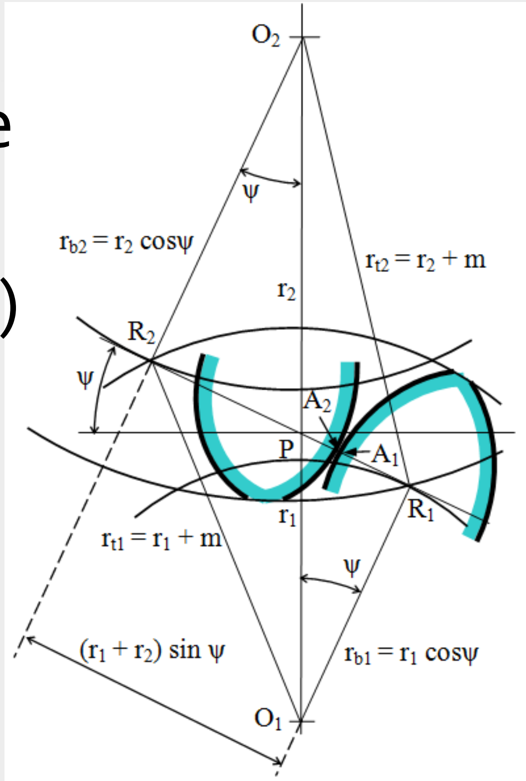
Baş noktalar ile temel noktalar üst üste ise

$T_1T_2 = R_1R_2$

$\varepsilon = R_1R_2 \;/\; (t\cos\psi) \;=\; (r_1+r_2)\sin\psi \;/\; (t\cos\psi)$

$2\pi\,(r_1+r_2) = (z_1+z_2)\,t \qquad (r_1+r_2) = (z_1+z_2)\,t\,/\,2\pi$

$\varepsilon \;=\; (z_1+z_2)\sin\psi \,/\, 2\pi\cos\psi \;\geq\; 1$



Kavrama Oranı

$\varepsilon = (z_1+z_2) \sin\psi / 2\pi\cos\psi \geq 1$

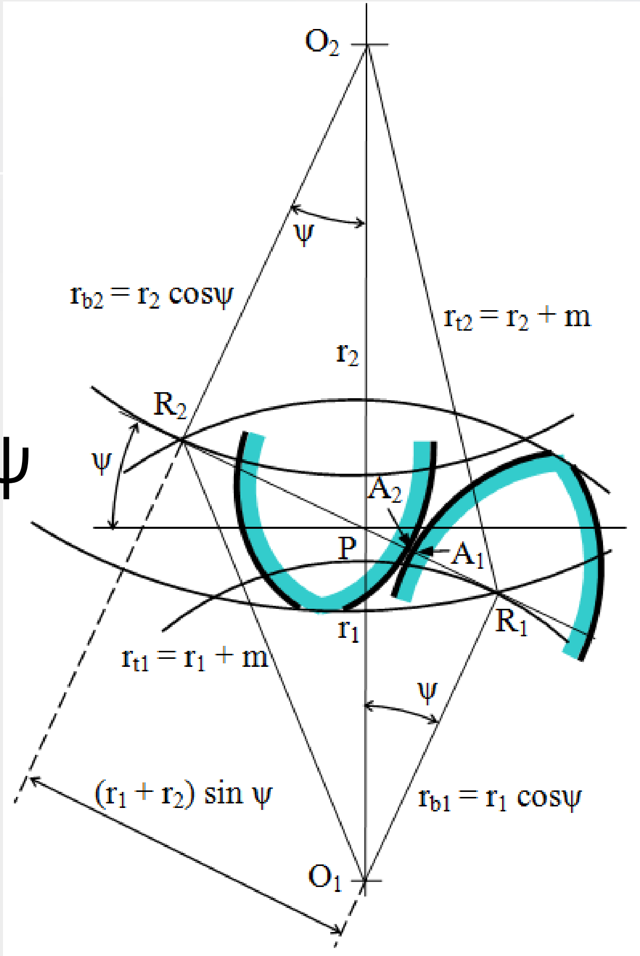
$\varepsilon = 1$

$(z_1+z_2)_{min} = 2\pi \cos\psi / \sin\psi = 2\pi \operatorname{cotg}\psi$

Norm dişlilerde temel dairesi ile
diş dibi dairesi üst üste düştüğü halde

$r = r_b + 7/6\ m = r\cos\psi + 7/6\ m$

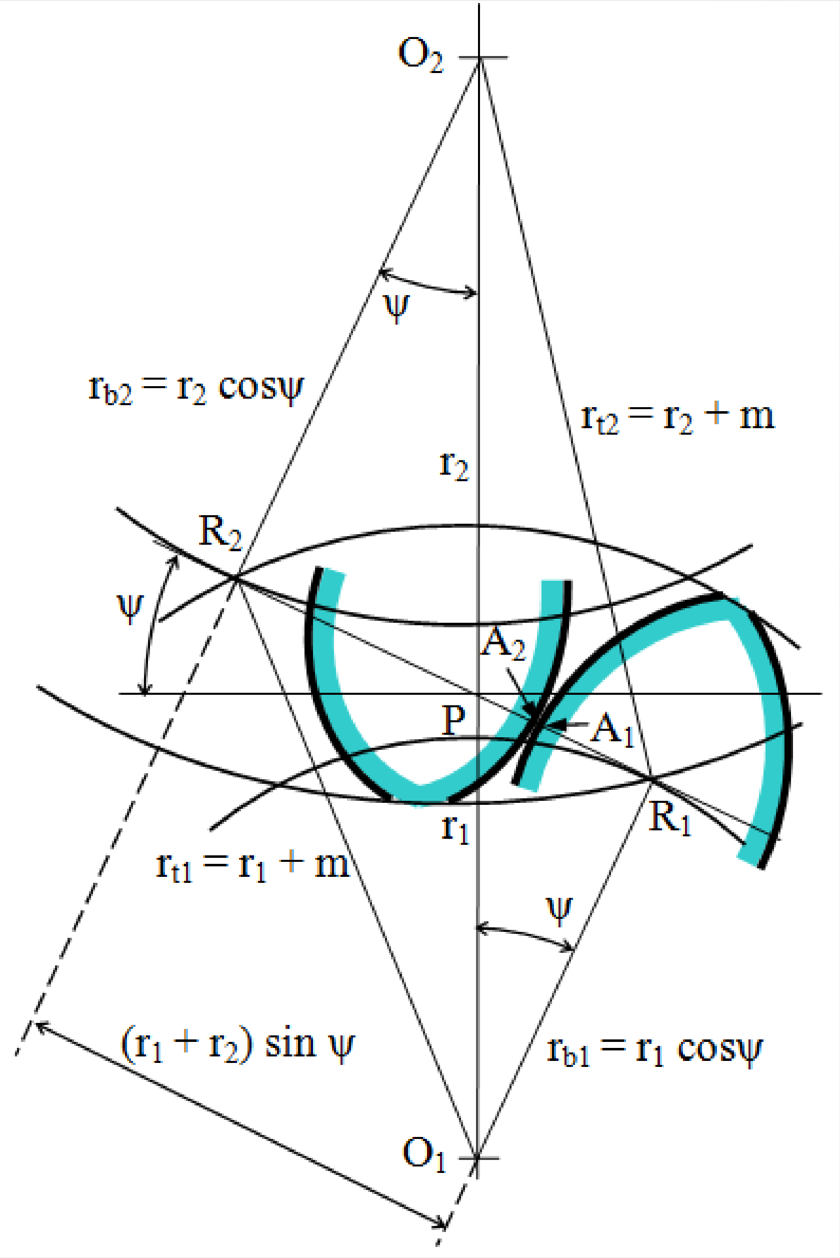
$= r \cos\psi + 1{,}25\ m$ olur.



Minimum diş sayısı

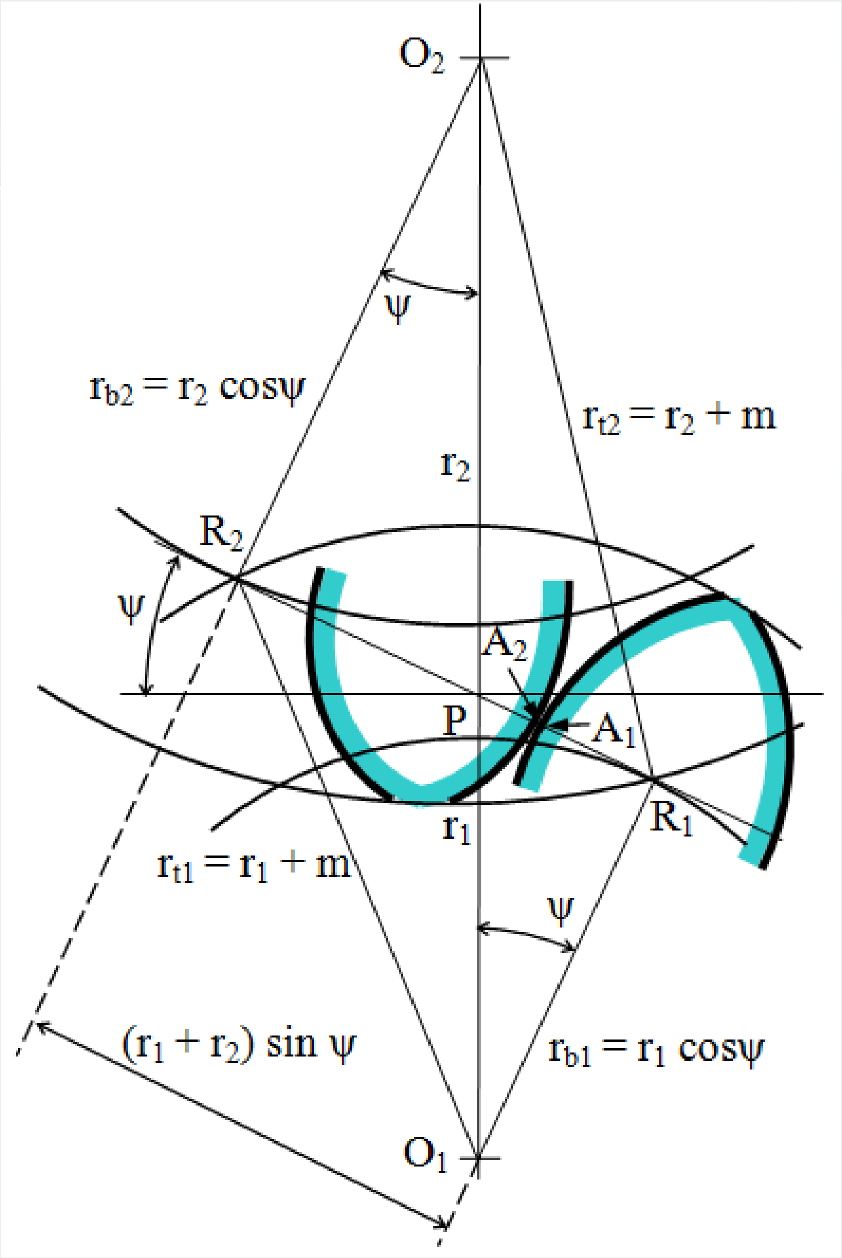
Bütün yan yüzün evolvent olmasına lüzum yoktur. Sadece kavramaya iştirak eden kısmın evolvent olması kafidir.

Kavrama kıtası temel noktaları arasında olmalıdır.



Minimum diş sayısı

Kavrama kıtası temel noktasının dışına düşerse alttan kesme (diş dibi kesilmesi) meydana gelir. En ekstremum halde üst üste düşerler. Bu halde eş dişlilerde müsaade edilebilecek minimum ve maksimum diş sayıları hesap edilebilir.



Sınır diş sayısının bulunması

$$(r_2+m)^2 = (r_1 \sin\psi)^2 + r_2^2 - 2\, r_2\, r_1 \sin\psi \cos(90+\psi)$$

$$\cos(90+\psi) = -\sin\psi$$

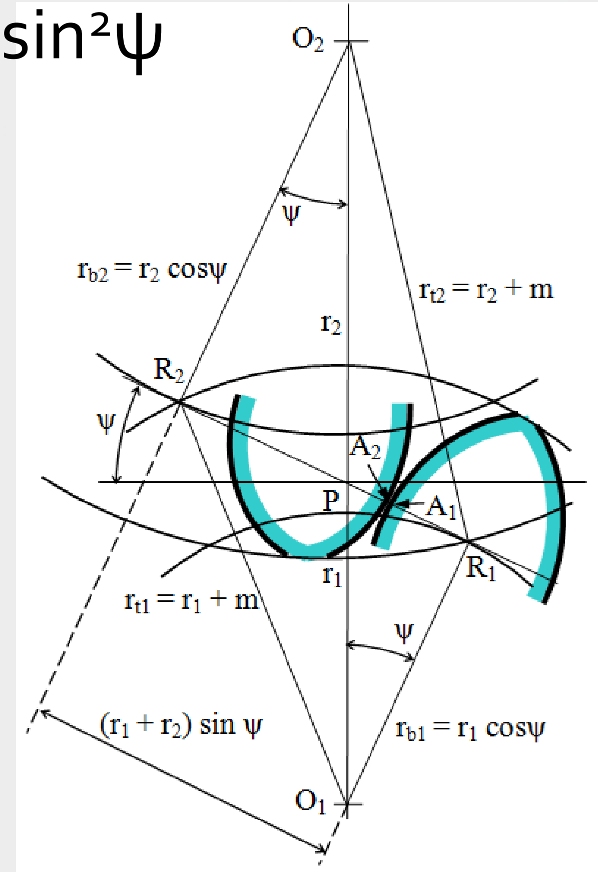
$$r_2^2 + 2\, r_2\, m + m^2 = (r_1 \sin\psi)^2 + r_2^2 + 2\, r_2\, r_1 \sin^2\psi$$

$$2\, r_2\, m - 2\, r_2\, r_1 \sin^2\psi = (r_1 \sin\psi)^2 - m^2$$

$$r_2\,(2\, m - 2\, r_1 \sin^2\psi) = (r_1 \sin\psi)^2 - m^2$$

$$r_2 = ((r_1 \sin\psi)^2 - m^2) / (2\, m - 2\, r_1 \sin^2\psi)$$

$$r = m\, z / 2$$



Sınır diş sayısının bulunması

$r_2 = ((r_1 \sin\psi)^2 - m^2) / (2 m - 2 r_1 \sin^2\psi)$
$r = m z / 2$

$z_2 = ((z_1/2 . \sin\psi)^2 - 1) / (1 - z_1/2 . \sin^2\psi)$

$$z_2 = \frac{\left(\frac{z_1}{2}\sin\psi\right)^2 - 1}{1 - \frac{z_1}{2}\sin^2\psi}$$

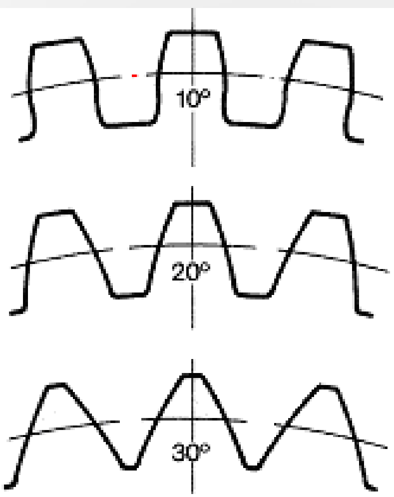
$z_2 = \infty \qquad 1 - z_1/2 . \sin^2\psi = 0$

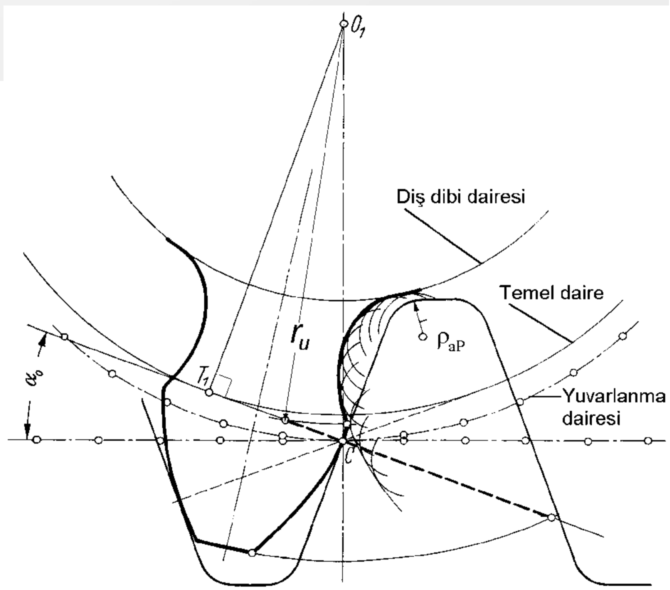
$z_1 = 2 / \sin^2\psi$

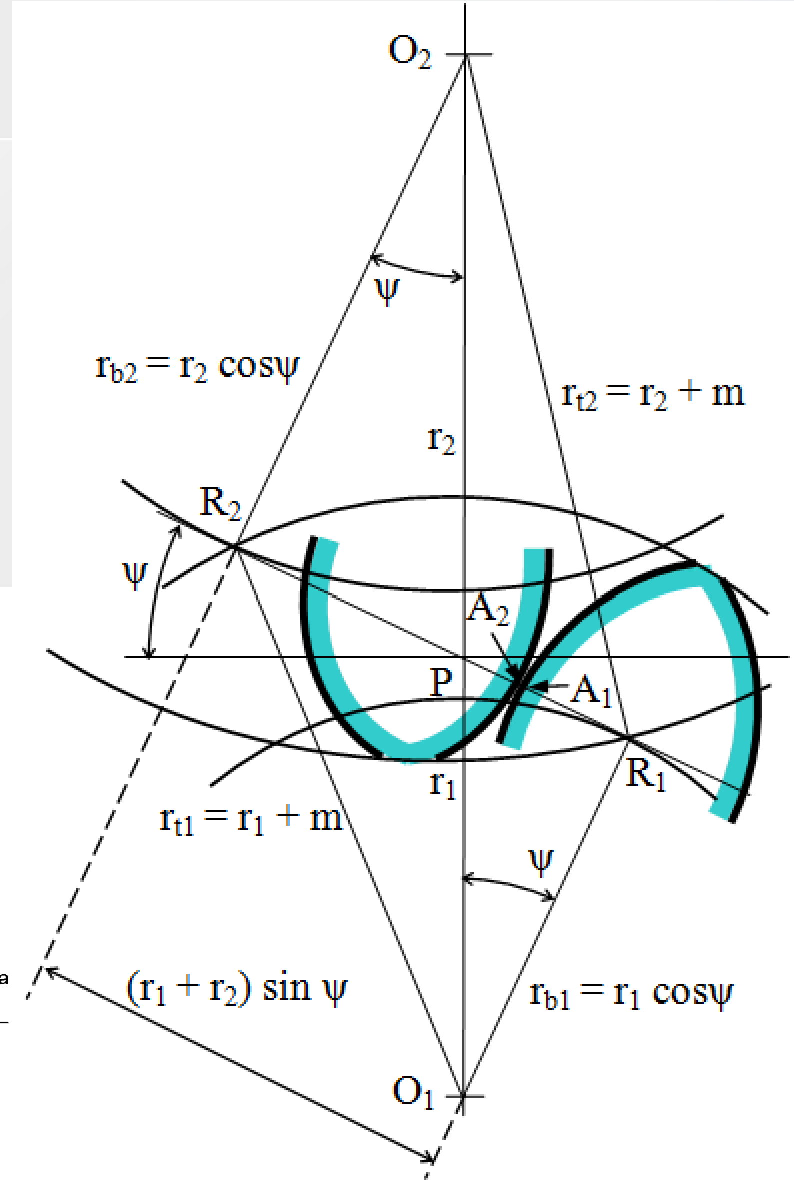
Sınır diş sayısı

$z_1 = 2 / \sin^2\psi$

	$z_{min\text{-}teorik}$	$z_{min\text{-}pratik}$
ψ=20° için	17	14
ψ=15° için	30	25







Sınır diş sayısı

$r_b = r \cos\psi$

$m \leq PT = PO - TO$

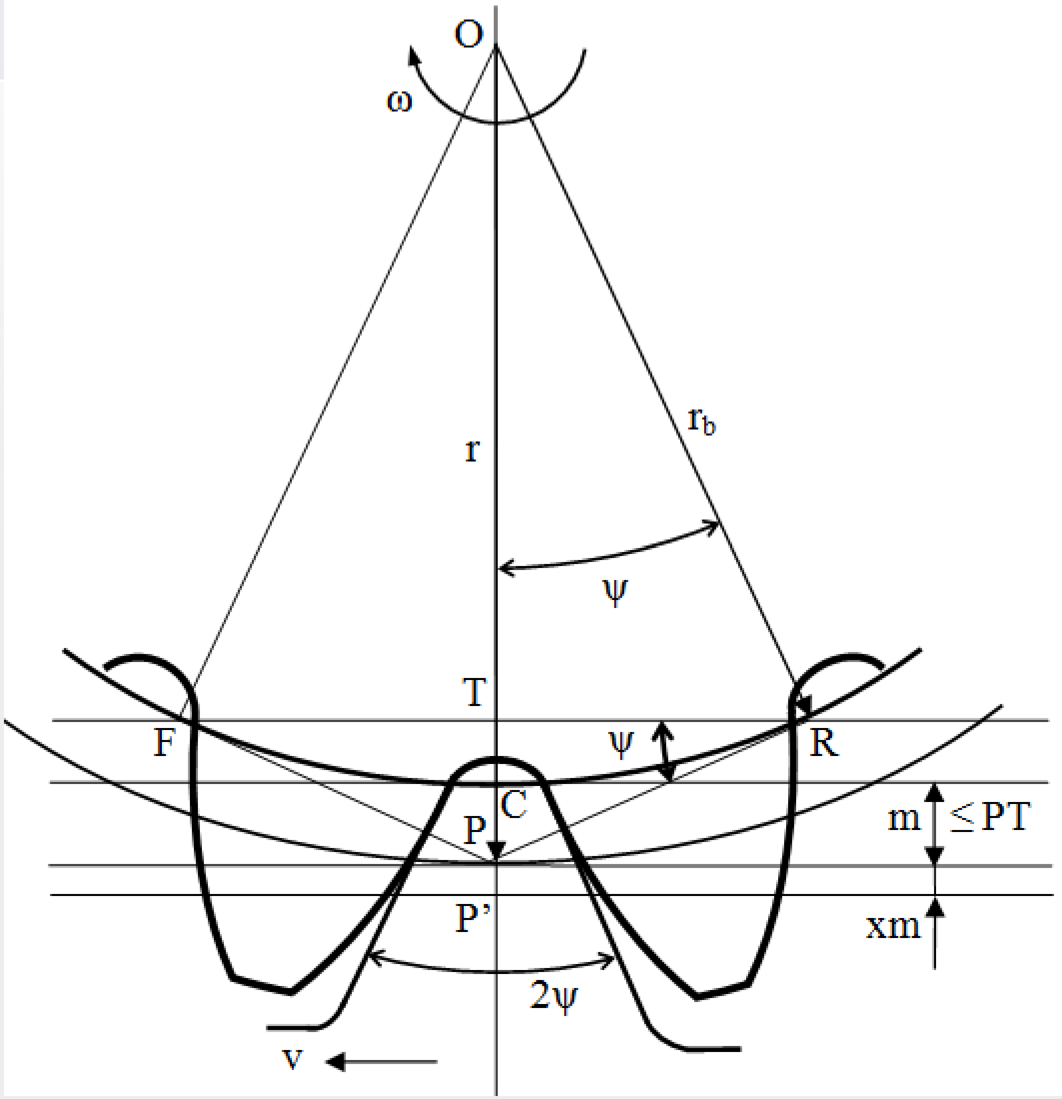
$PT = r - r_b \cos\psi$

$= r - r \cos\psi \cos\psi)$

$= r\,(1 - \cos^2\psi)$

$= r \sin^2\psi$

$m \leq r \sin^2\psi$



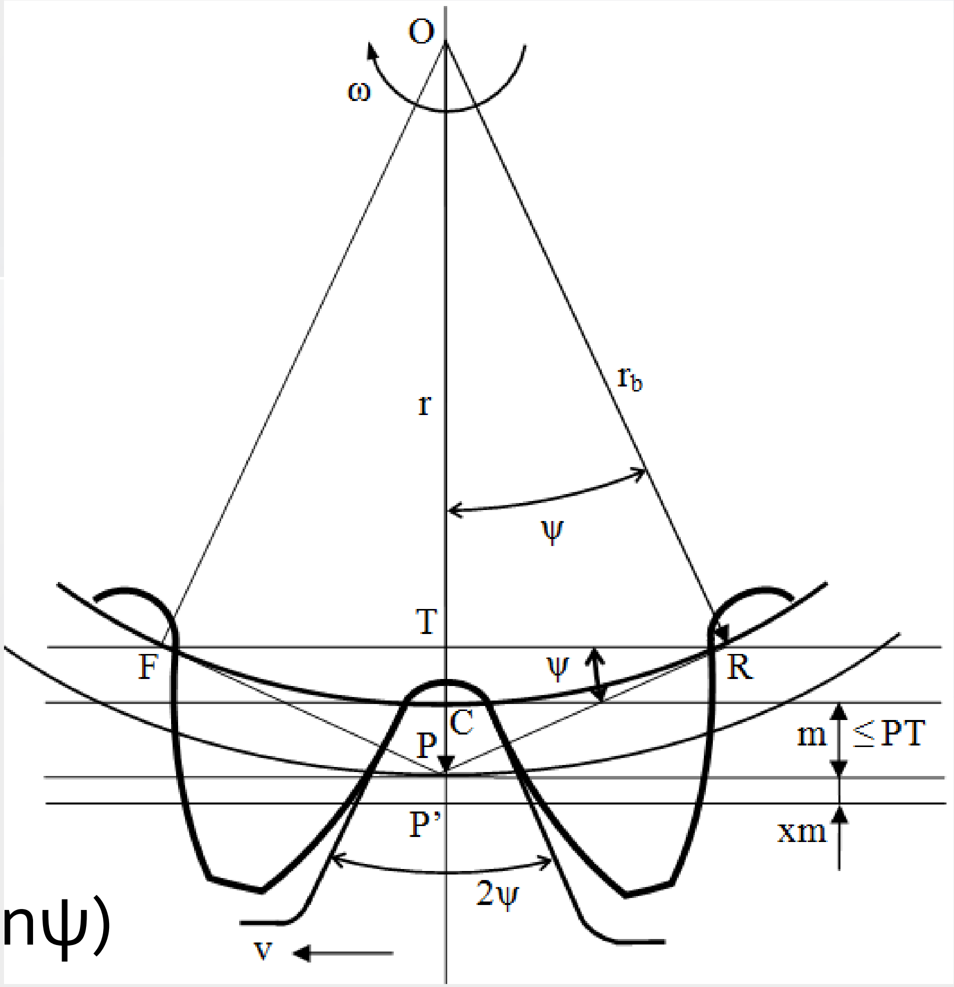
Sınır diş sayısı

$r = m\,z / 2 \qquad\qquad m = r \sin^2\psi$

$z = 2\,r / m \;\geq\; 2\,r / r \sin^2\psi$

$z_{sınır} \;\geq\; 2 / \sin^2\psi$

$\psi = 20°$ için $\rightarrow$ $z_{sınır} \geq 17{,}1$



$\sin\psi \geq m / PR = PR / r$

$r = PR / \sin\psi \;=\; m / (\sin\psi \,.\, \sin\psi)$

$\;= m / \sin^2\psi \;=\; m\,z_{min} / 2$

Sınır diş sayısı

Teorik diş sayısı alt sınırı

$z_{min\text{-}teorik} \geq 2 / \sin^2\psi = 17$

Pratik diş sayısı alt sınırı

$z_{min\text{-}pratik} = 14$ (alttan kesmeye müsaade edilir)

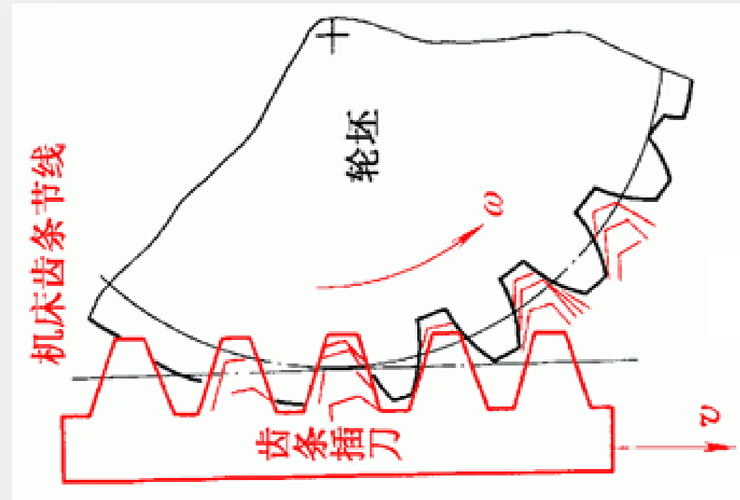
$z_1 = 2 / \sin^2\psi$

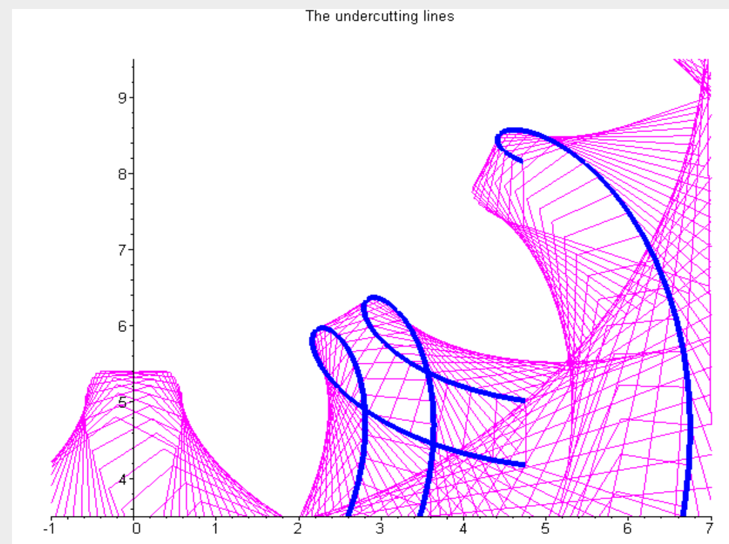
$z_2 = ((z_1/2 \,.\, \sin\psi)^2 - 1) / (1 - z_1/2 \,.\, \sin^2\psi)$

$\psi=20°$ için							
	z_1	13	14	15	16	17	18
	z_2	13	26	45	101	1310	∞

Diş sayısı alt sınırı

	$z_{min\text{-}teorik}$	$z_{min\text{-}pratik}$
ψ=15° için	30	25
ψ=17°30′ için	22	18
ψ=20° için	17	14
ψ=25° için	11	9
ψ=30° için	8	7





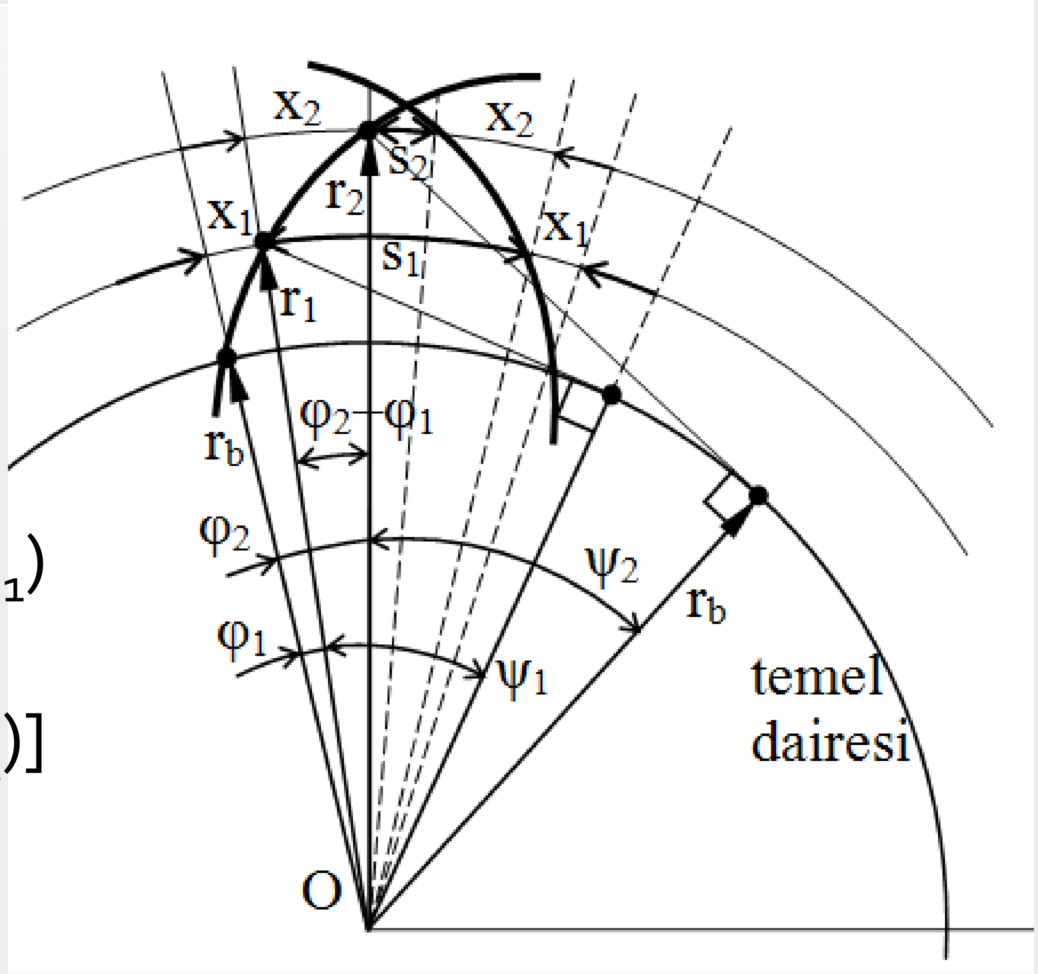
Diş kalınlığı

$r_1 / r_2 = s_1 / (s_2+2x_2)$

$x_2 = r_2 (\varphi_2 - \varphi_1)$

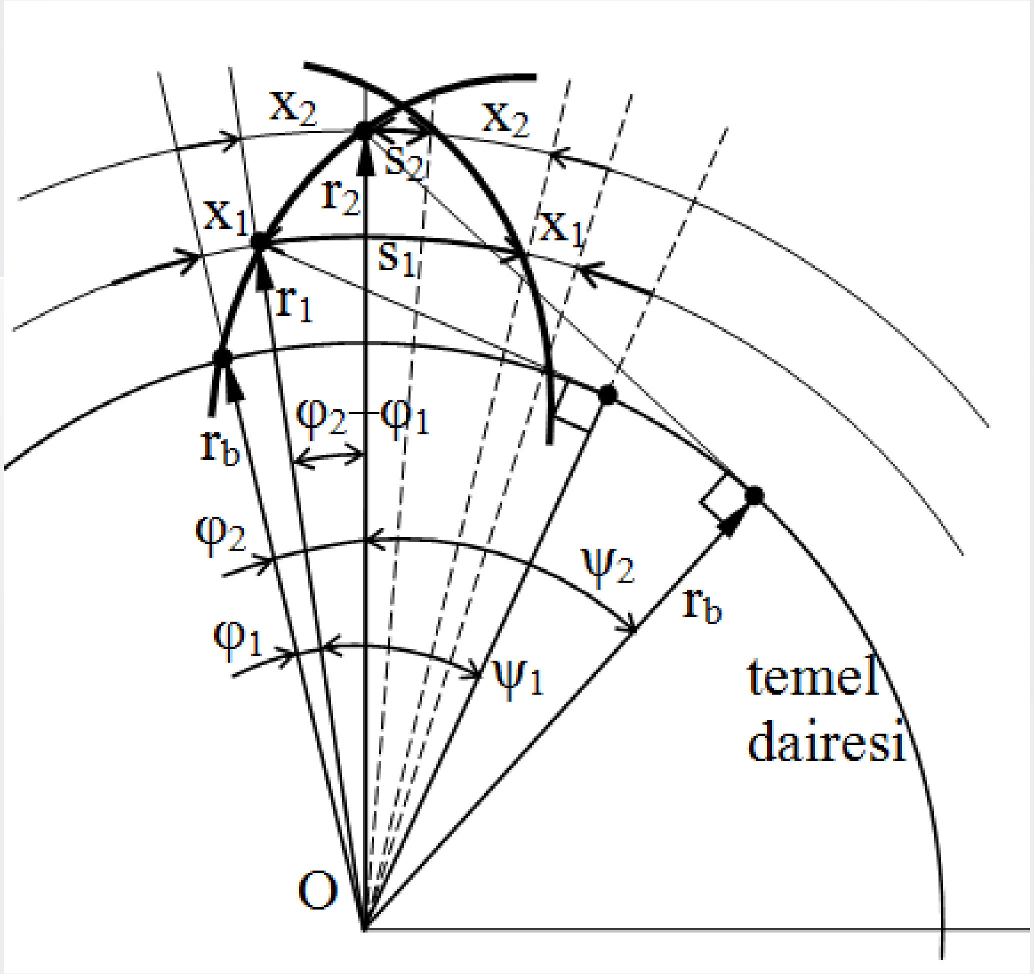
$s_2 = s_1 . r_2/r_1 - 2 r_2 (\varphi_2 - \varphi_1)$

$s_2 = 2 r_2 [s_1/2r_1 - (\varphi_2 - \varphi_1)]$



Diş kalınlığı

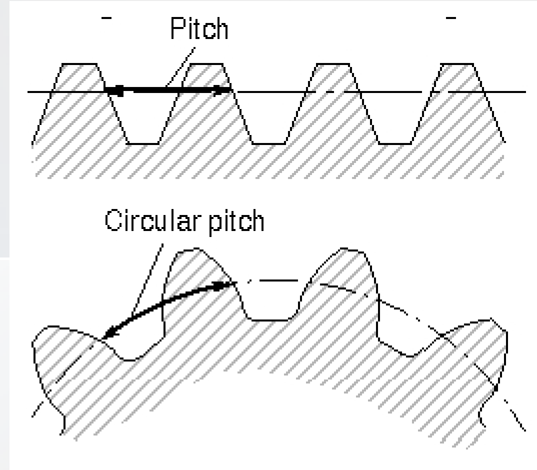
$r_1 = r_b / \cos\psi_1$
$r_2 = r_b / \cos\psi_2$
$\varphi_1 = tg\psi_1 - \psi_1$
$\varphi_2 = tg\psi_2 - \psi_2$

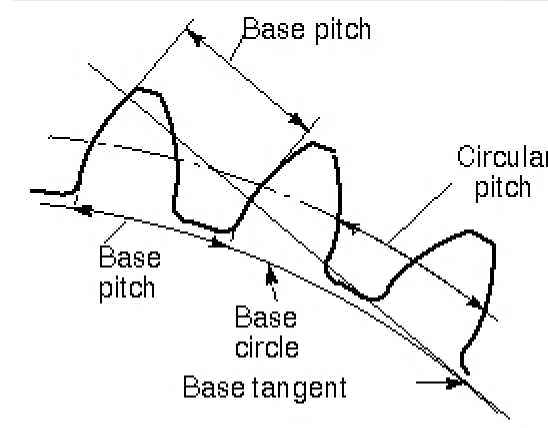


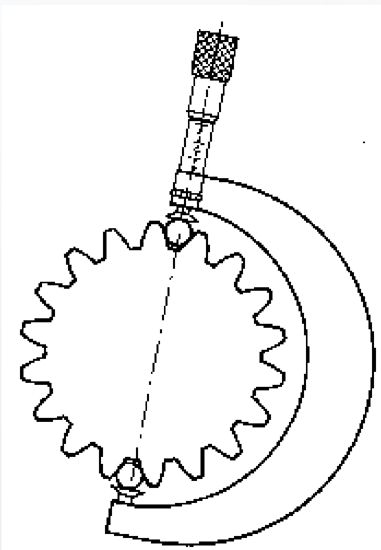
$s_2 = s_1 \, . \, r_2/r_1 - 2\, r_2\, (\varphi_2 - \varphi_1)$

$s_2 = s_1 \cos\psi_1 / \cos\psi_2 \;\; - \;\; 2\, (r_b / \cos\psi_2)\, (\varphi_2 - \varphi_1)$

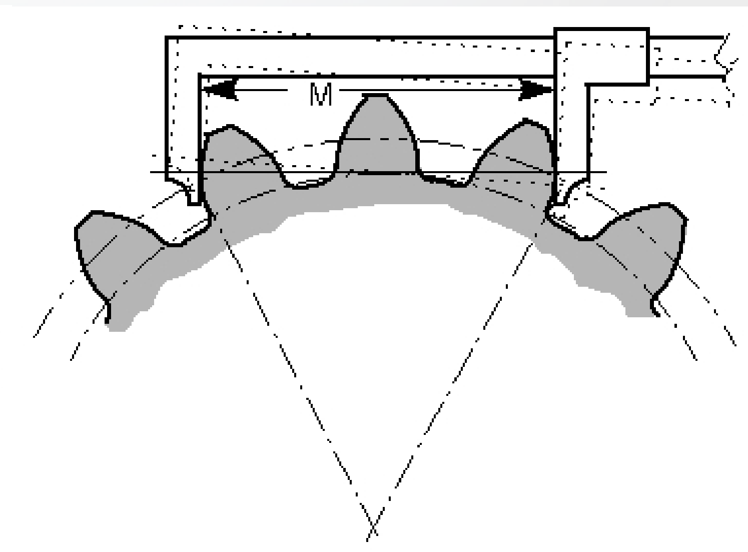
Dişli boyutlarının ölçümü



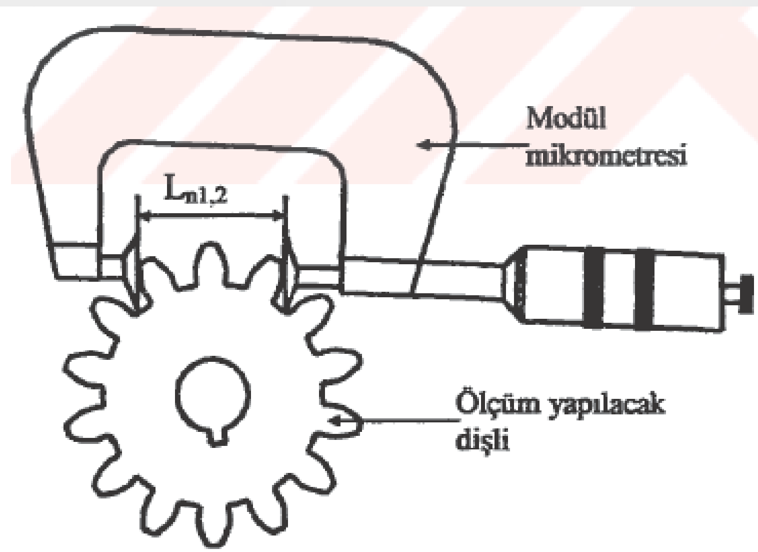




Pin measurement

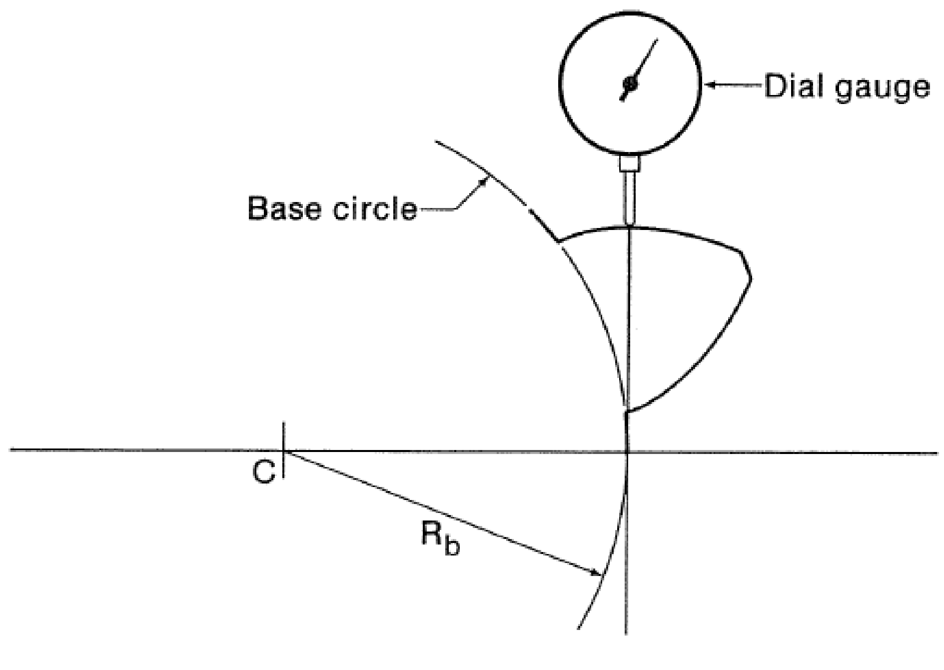


Span measurement

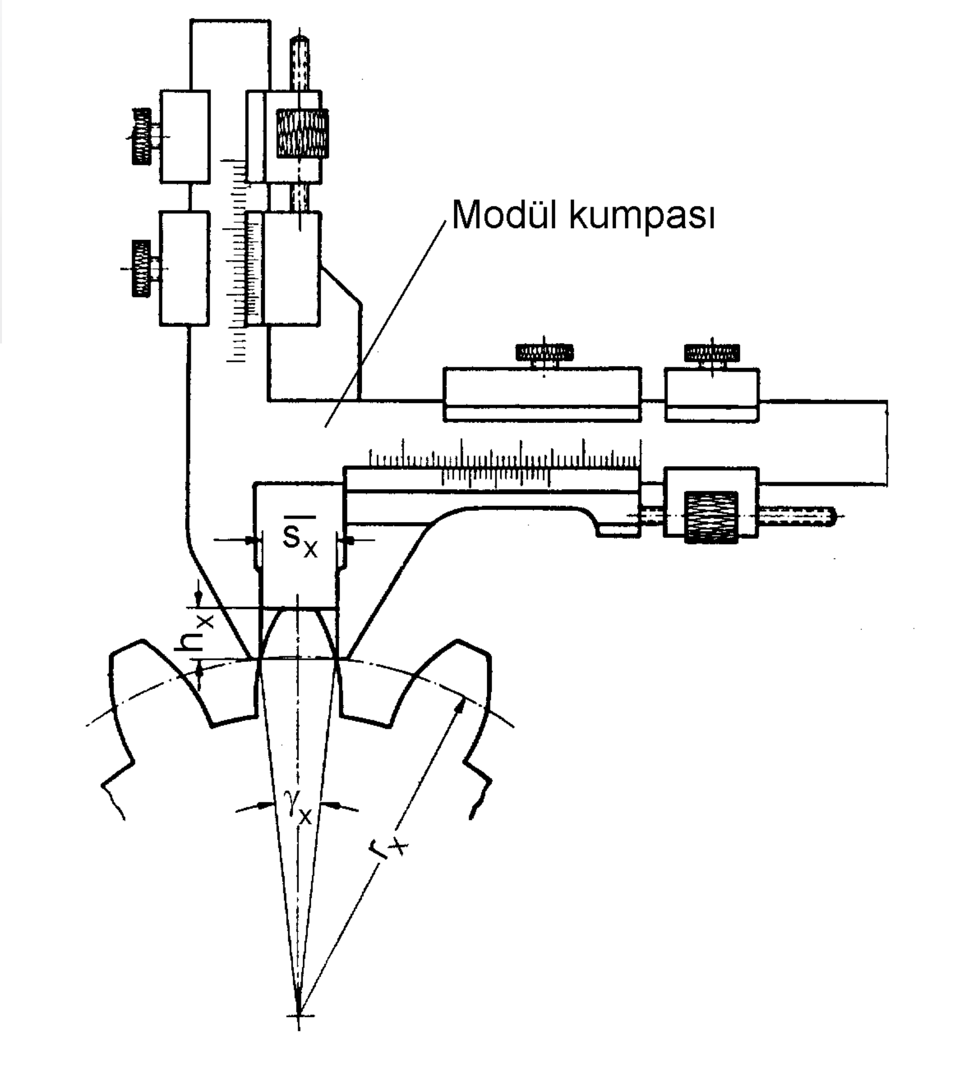


Mikrometre ile ölçüm

Dişli boyutlarının ölçümü



Measuring the backlash.



Dişli çarklar

.