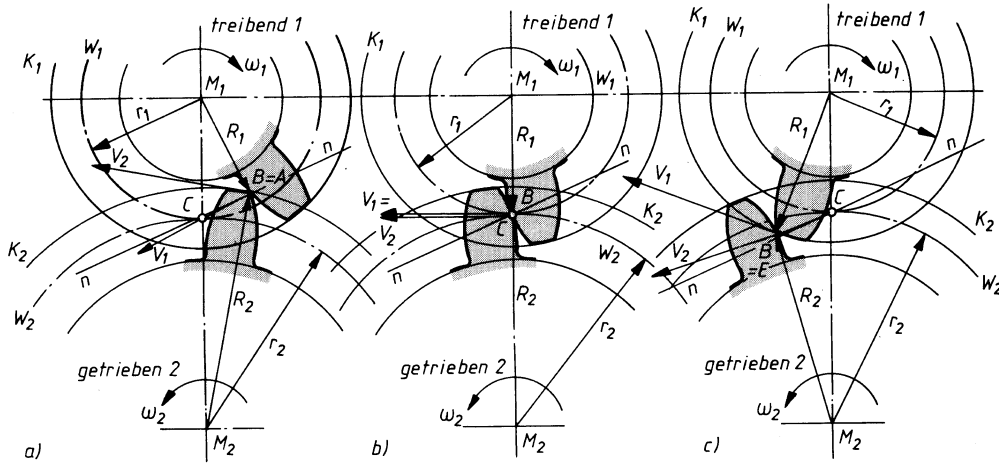
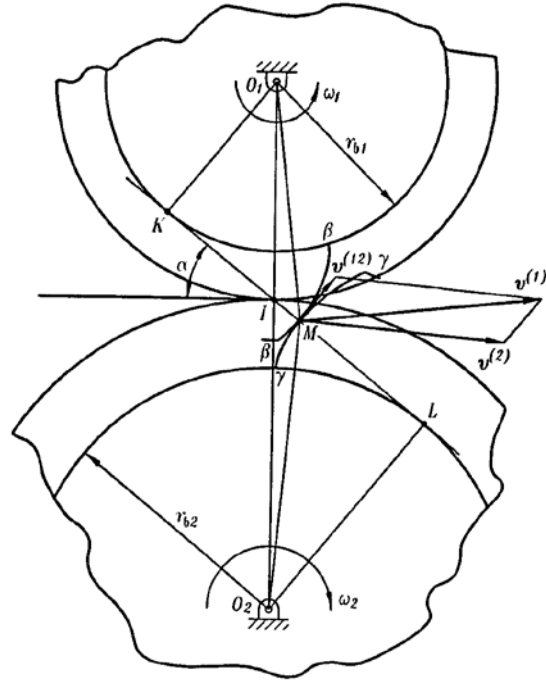


- Dişli Ana Kanunu :

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. 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.



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

- Kavrama Eğrisi :

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

- 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 ortak teğeti (yuvarlanma noktasındaki) ile yapmış olduğu açıdır.

- Kavrama Uzunluğu (Kavrama Kıtası) :

Kavrama eğrisi üzerindeki diş yan yüzeylerinin birbirleri ile temas ettiği kısmın uzunluğudur.

- 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.

- Dişli Taksimatı :

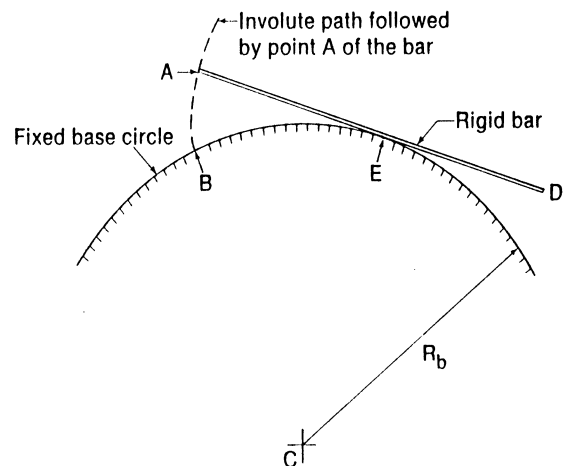
İki diş profili arasındaki yuvarlanma dairesi üzerinden ölçülen yayın uzunluğudur.

- Takım Dişli Şartı :

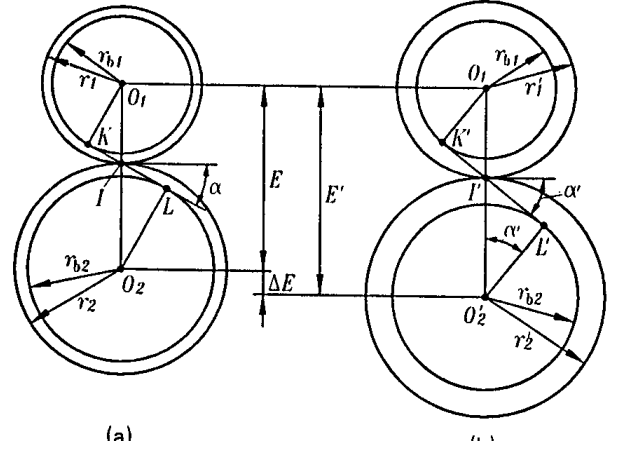
Muhtelif diş sayılı çarkların eş çalışmalarının mümkün olabilmesi için (1) diş yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri birbirleri ile çakışmalı ve (2) kavrama eğrisi yuvarlanma noktasına göre merkezi simetrik olmalıdır.

- Diş Profili Olarak Daire Evolventi :

Bir daire (Temel dairesi) üzerinden 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.



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). Kavrama açısı sabittir (sabit yük doğrultusu). Yuvarlanma daireleri çapları istenilen şekilde alınabilir, bu halde kavrama doğrusu ve kavrama açısı değişir, fakat kavramanın mükemmeliği ve çevrim oranı değişmez.



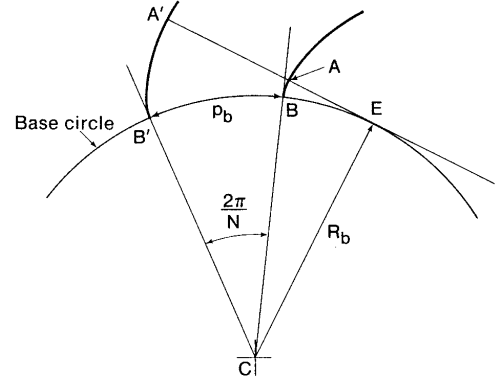
Yuvarlanma daireleri çapları keyfi olarak alınabileceğinden, taksimat olarak temel dairesi üzerindeki taksimatı almak uygundur.

- Evolvent Dişlilerde Takım Dişli Şartı :

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

- Temel Noktalar :

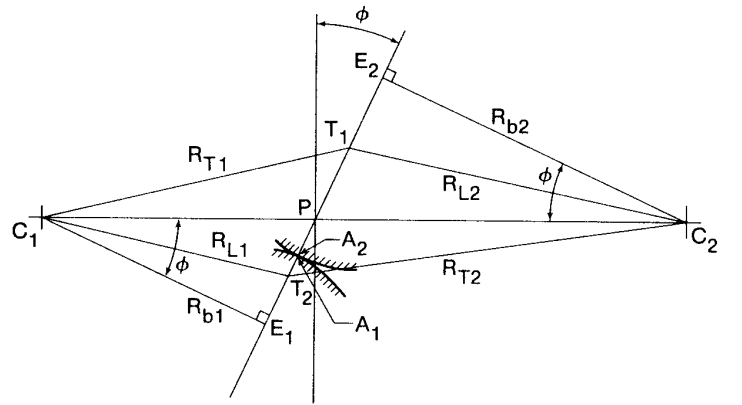
Kavrama doğrusunun (temel dairelerinin ortak teğeti) temel dairelere teğet olduğu noktalara temel noktalar denir.



- Kavrama Uzunluğu (Kavrama 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 Oranı : Kavrama kıtasının temel dairesi taksimatına oranıdır.

- 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.

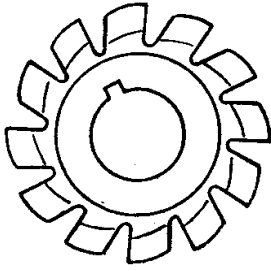
Dişli çarkların talaşlı imalatında kullanılan metodlar iki grupta toplanabilir.

- 1) Kopyalama Metodu (Form Freze)
- 2) Yuvarlanma Metodu (Çubuk Dişli Takım, Helisel Freze, Pinyon Bıçak)

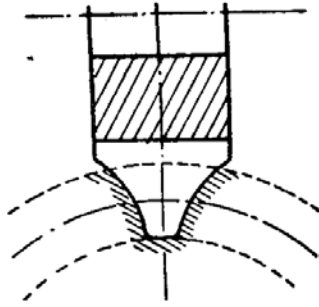
Kopyalama metodunda imal edilen diş şekli Kesici Takımın aynısıdır. Kesici Takımın profilinde herhangi bir hata aynı şekilde diş profilinde oluşur. Az sayıda imalat için küçük atelyelerde tercih edilmektedir. İmalatta Üiversal Freze Tezgahları kullanılır.

Yuvarlanma metodunda diş şekli Kesici Takımın ve Ham Dişlinin izafi hareketi ile hasıl edilir. Bu metodla imalat daha kısa sürede büyük hassasiyetle gerçekleştirilir. Orta ve büyük ölçekli işletmelerde seri imalatta kullanılır.

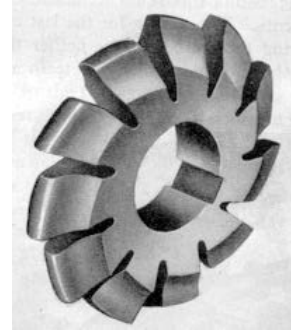
FORM FREZE



Şekil 1 Form Freze



Şekil 2 Profil Oluşturma



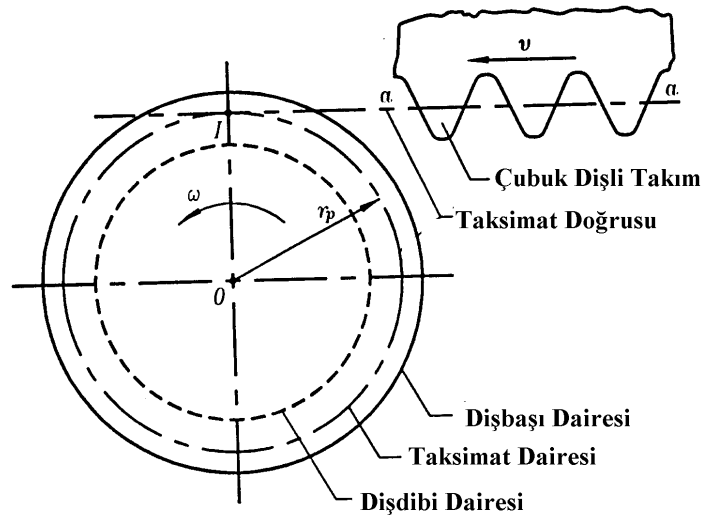
Şekil 3 Form Freze

Form freze ile imatta bıçak ham dişlide diş boşluğunu hasıl etmektedir. İşleme sırasında Form Freze kendi şeklini diş boşluğuna kopye eder ve böylece yan yana iki dişlinin iki yarım profilini meydana getirir.

ÇUBUK DİŞLİ TAKIM (KREMAYER - MAAG)

Şekil 4'de Çubuk Dişli (Kremayer) takım ile diş imalatı prensibi görülmektedir. Takımın hasıl edici hareketi v üniform hızlı sağdan sola düzgün bir yer değiştirmedir ve Ham Dişlinin hasıl edici hareketi v hızına aşağıdaki denklemle bağlı uniform açısal hızlı bir dönmedir.

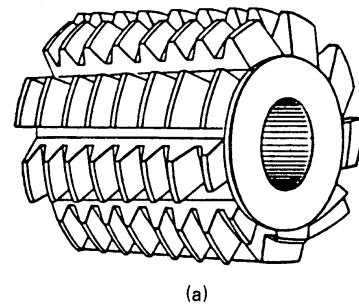
$$\frac{v}{\omega} = r_p$$



Şekil 4 Çubuk Dişli Takım (MAAG) ile Dişli İmalatı

HELİSEL FREZELEME

Helisel Freze sonsuz vida olarak ele alınabilir (genel olarak ağız sayısı 1 dir). Vidaya eksenel yönde yivler açılarak kesici bıçak serisi oluşturulur. Vidanın eksenel kesiti çubuk dişli olarak düşünülür (Şekil 6). Frezenin dönmesi imajiner Kremayerin öteleme hareketini simüle eder. Kesme işlemi esnasında Freze ve Ham Dişli çark kendi eksenleri etrafında dönerler. Freze dönme hareketine ilave olarak çark eksenine paralel öteleme hareketi yapar.

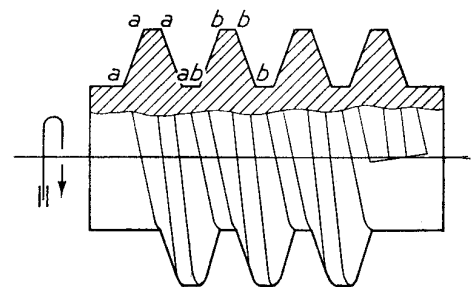


Şekil 5 Helisel Freze (Azdırma)

Freze ve Ham Dişli dönme hızları arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir.

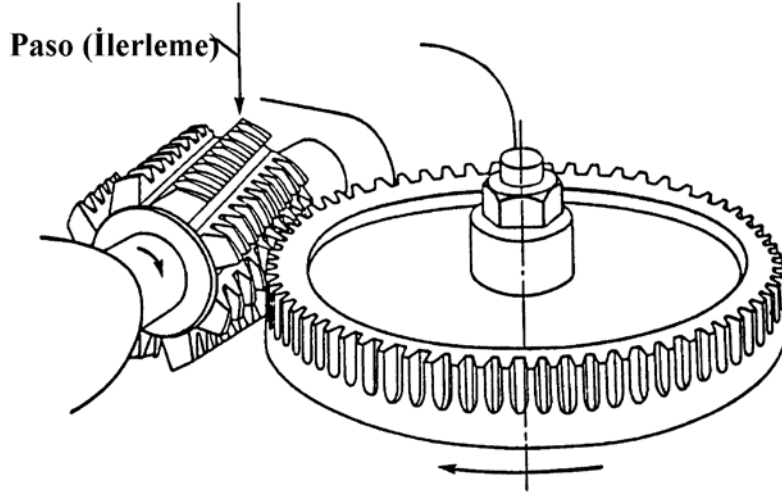
$$\frac{n_h}{n_g} = \frac{Z_g}{Z_h}$$

n_h ve n_g Frezenin ve Ham Dişlinin hızları
 z_h : frezenin vida ağız sayısı
 z_g : dişlinin diş sayısı



Şekil 6 Eksenel Kesit

Helisel Freze ile (Azdırma) profil hasıl etme Şekil 7’de görülmektedir



Şekil 7 Helisel Freze ile Dişli İmali

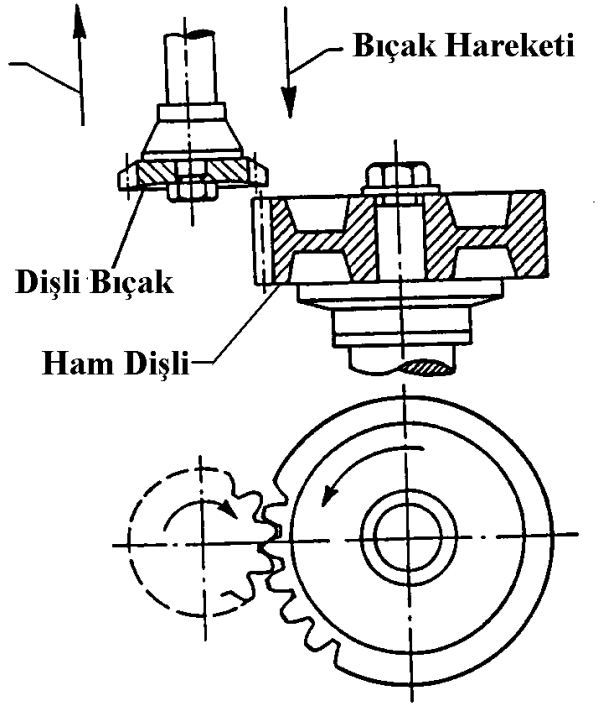
PİNYON ŞEKLİNDE TAKIM (FELLOWS)

Pinyon bıçak gerçekte, diş alınlarının yüzeyleri taşlanıp arka kısımları boşaltılarak kesici ağız haline getirilmiş bir dişlidir. Bu kesici ile profil hasil etme biri takım olan iki dişli çarkın eş çalışmasını simüle etmektedir. Temel dairesi yarıçapı r_{bc} olan pinyon takım aşağıdaki ifade ile tayin edilen temel dairesi yarıçapı r_{bg} olan dişli çarkı hasil eder.

$$r_{bg} = \frac{z_g}{z_c} r_{bc}$$

z_c : takımın diş sayısı

z_g : dişlinin diş sayısı

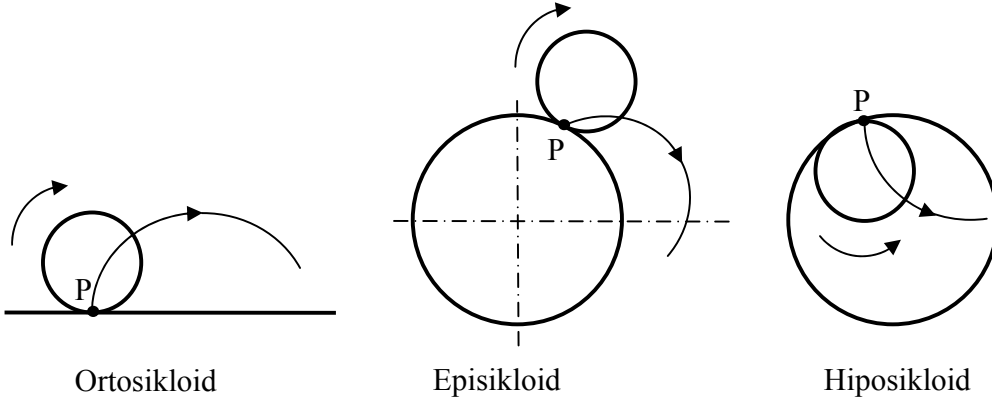


Şekil 8 Dişli Bıçak ile Dişli İmalatı

Kaynaklar :

- Prof.Dr. A.ÇAKIR, "DİŞLİ ÇARK KİNEMATİĞİ", İ.T.Ü. Makina Fakültesi
- F.F.LITVIN, "GEAR DESIGN AND APPLIED THEORY", PTR Prentice Hall
- V.DANILEVSKY, "İMALAT MÜHENDİSLİĞİ", MMO
- W.STEEDS, "INVOLUTE GEARS", Longmans

Diş Profilleri

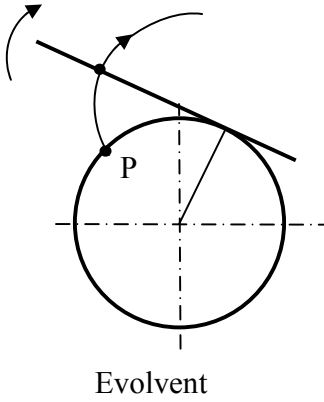


Sikloid profilli dişlilerin avantajları:

- 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 getirmmez.
- Dişli profillerin imalı zor ve pahalıdır.
- Sikloid dişliler saat sanayisinde, ölçme aletlerinde kullanılır.

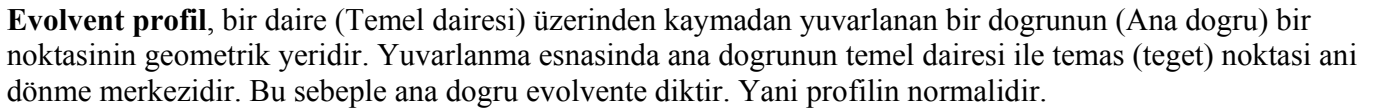


Evolvent profilli dişli çarkların avantajları:

- 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.

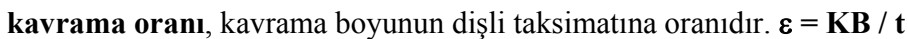
Evolvent profilli dişli çarkların dezavantajları:

- 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.

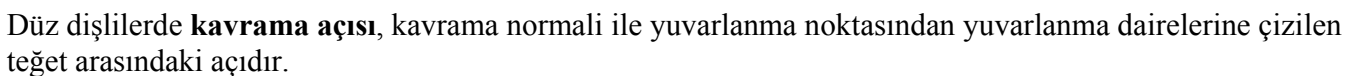


Episikloid profil, bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir dairenin bir noktasının geometrik yeridir.

Düz disli çarklarda kavrama açısı nedir ? Kavrama açısındaki değişimin kavrama oranı, disdibi mukavemeti ve disbasi kalınlığına olan etkilerini açıklayınız.



ψ kavrama açısı artarsa, kavrama boyu (KB) kısalır, ε kavrama oranı düşer.

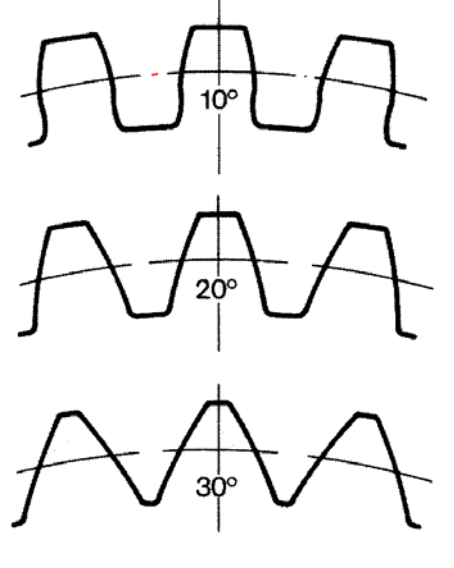


ψ kavrama açısı artarsa diş dibi kalınlaşır daha mukavim olur, dişbaşı incelir.

- **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

KAVRAMA AÇISININ DEĞİŞMESİ

Dişli çarklarda kullanılan kavrama açıları $14\frac{1}{2}^\circ$, 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 seçilmesi uygulamaya bağlıdır. Şekil 1’de kavrama açısına bağlı olarak diş profilinin değişmesi görülmektedir.



Şekil 1 Kavrama açısının değişmesinin diş profiline olan etkisi

Verilen bir diş sayısı için, kavrama açısı arttıkça kavrama oranı düşmektedir. Hareketin devamlılığı için kavrama oranının 1’den büyük olması istenir. Kavrama oranı büyüdükçe kayma hızının maksimum değeride 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. Tabloda kavrama açısının muhtelif değerleri için kavrama oranı ve minumum diş sayısı değerleri verilmiştir.

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

Takım dişli

Muhtelif diş sayılı dişli çarklarda **eş çalışmanın** mümkün olabilmesi için (Takım dişliler) herbir diş yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri birbirine çakışmalıdır ve yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri yuvarlanma noktasına göre simetrik olmalıdır. (1. çark yerine 2. çark kullanılırsa kavrama eğrisi 180° döner) (eş çalışma için bu eğri evvelki eğri ile çakışmalı, bunun için O noktasına göre merkezi simetrik olmalıdır). İmalatda kavrama eğrisi olarak basit eğriler seçilir. Mesela doğru (evolvent dişliler) veya iki daire kavisi (sikloid dişliler). Pratikte evolvent dişliler kullanılmaktadır.

t: diş taksimatı $t = \pi m$
m: diş modülü
z: diş sayısı $\pi d = z t$
d: diş çapı $d = z m$
r: diş yarıçapı $r = m z / 2$
 r_t : diş başı yarıçapı $r_t = r + m$
b: diş genişliği

yay uzunluğu yazılırsa:

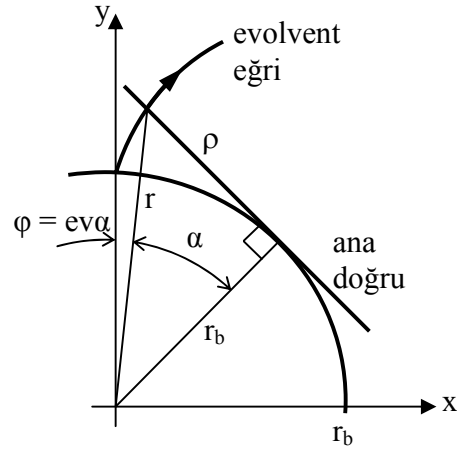
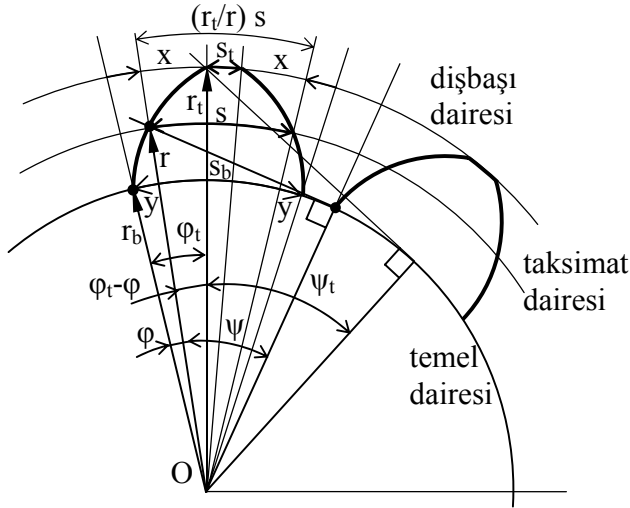
$$\rho = r_b \operatorname{tg} \alpha = r_b (\varphi + \alpha)$$

buradan

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

evolvent fonksiyonu:

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



Evolvent Dişliler

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

$$r_b \operatorname{tg} \psi = (\varphi + \psi) r_b \quad r = r_b / \cos \psi \quad \varphi = \operatorname{tg} \psi - \psi \quad \varphi = \operatorname{ev} \psi \text{ denir.}$$

$$r_t = r_b / \cos \psi_t \quad r_b = r \cos \psi \quad \text{taksimat diş kalınlığı } s = t / 2 = \pi m / 2$$

Dişbaşı ve temel daireleri üzerindeki diş kalınlıklarının hesabı

$$2\pi r_t / 2\pi r = 2 s_t z / 2 s z \quad \cos \psi = r_b / r \quad \cos \psi_t = r_b / r_t \quad \varphi_t = \operatorname{tg} \psi_t - \psi_t$$

$$s_t = 2 r_t [s/2r - (\varphi_t - \varphi)] \quad s_b = (r_b / r) s + 2 r_b \varphi = 2 r_b [s/2r + \varphi]$$

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. 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.

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

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

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

ψ kavrama açısı norm dışı 15° alınırdı, şimdi genel olarak 20° dir

t : yuvarlanma dairesi üzerindeki taksimat

t_b : temel dairesi üzerindeki taksimat

$$t_b = t \cos \psi$$

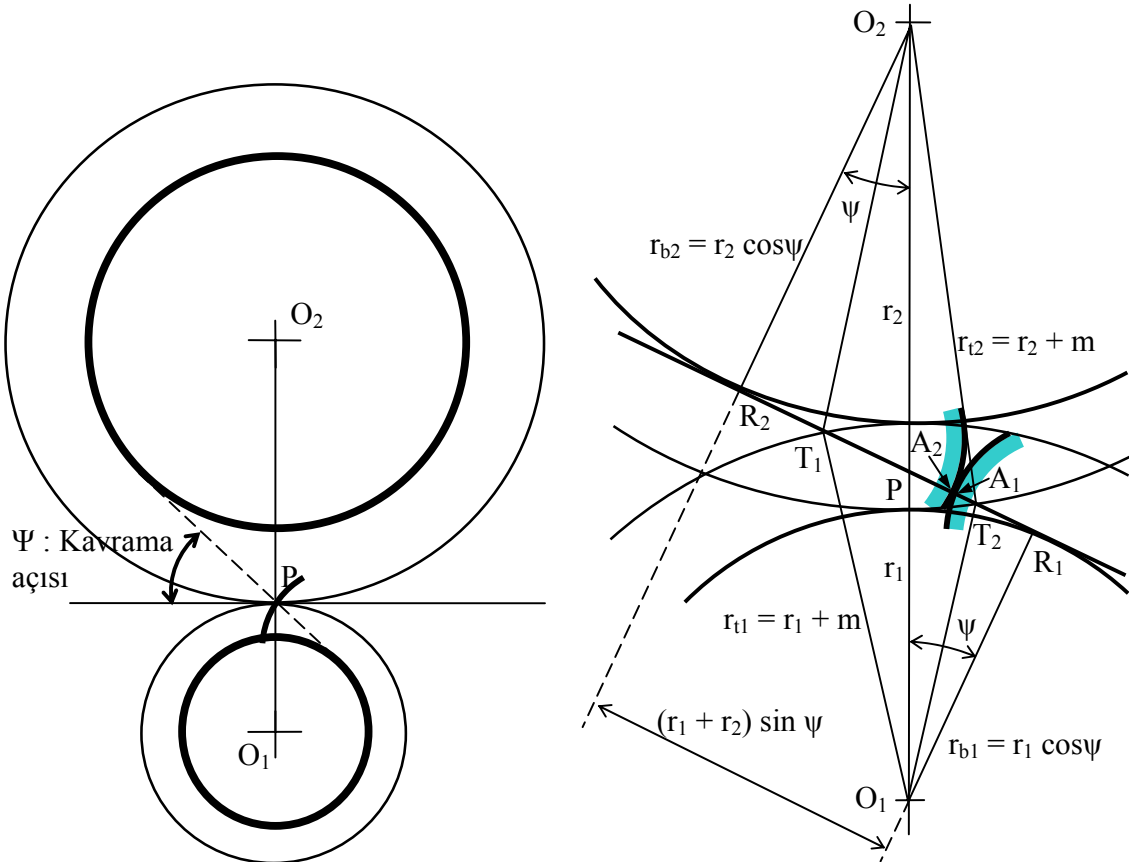
Evolvent dişlilerde temel dairelerindeki taksimat aynı olduğu zaman takım dişi olarak kullanılır.

Kavrama Oranı

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

$$\text{Kavrama Oranı } \varepsilon = (\text{Kavrama Uzunluğu}) / t_b$$

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.



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

$$\varepsilon = T_1 T_2 / (t \cos \psi) = T_1 T_2 / (\pi m \cos \psi)$$

$$PR_1 + PR_2 = R_1 R_2 = a \sin \psi = (r_1 + r_2) \sin \psi$$

$$T_1 T_2 = (T_1 R_1 - PR_1) + (T_2 R_2 - PR_2) = T_1 R_1 + T_2 R_2 - (PR_1 + PR_2)$$

$$T_1 T_2 = (r_{t1}^2 - r_{b1}^2)^{1/2} + (r_{t2}^2 - r_{b2}^2)^{1/2} - a \sin \psi$$

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

$$T_1 T_2 = [(r_1 + m)^2 - r_{b1}^2]^{1/2} - [(r_1^2 - r_{b1}^2)^{1/2}] + [(r_2 + m)^2 - r_{b2}^2]^{1/2} - [(r_2^2 - r_{b2}^2)^{1/2}]$$

$$T_1 T_2 = [(mz_1/2 + m)^2 - (mz_1/2 \cos \psi)^2]^{1/2} + [(mz_2/2 + m)^2 - (mz_2/2 \cos \psi)^2]^{1/2} - (r_1 + r_2) \sin \psi$$

$$T_1 T_2 = [(mz_1/2 + m)^2 - (mz_1/2 \cos \psi)^2]^{1/2} + [(mz_2/2 + m)^2 - (mz_2/2 \cos \psi)^2]^{1/2} - m/2 (z_1 + z_2) \sin \psi$$

$$\varepsilon = T_1 T_2 / (\pi m \cos \psi) \rightarrow \varepsilon = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1 + 2}{\cos \psi}\right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2 + 2}{\cos \psi}\right)^2 - z_2^2} - (z_1 + z_2) \operatorname{tg} \psi \right] \text{ bulunur.}$$

Baş noktalar ile temel noktalar üst üste ise $T_1 T_2 = R_1 R_2$

$$\varepsilon = R_1 R_2 / (t \cos \psi) = (r_1 + r_2) \sin \psi / (t \cos \psi)$$

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

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

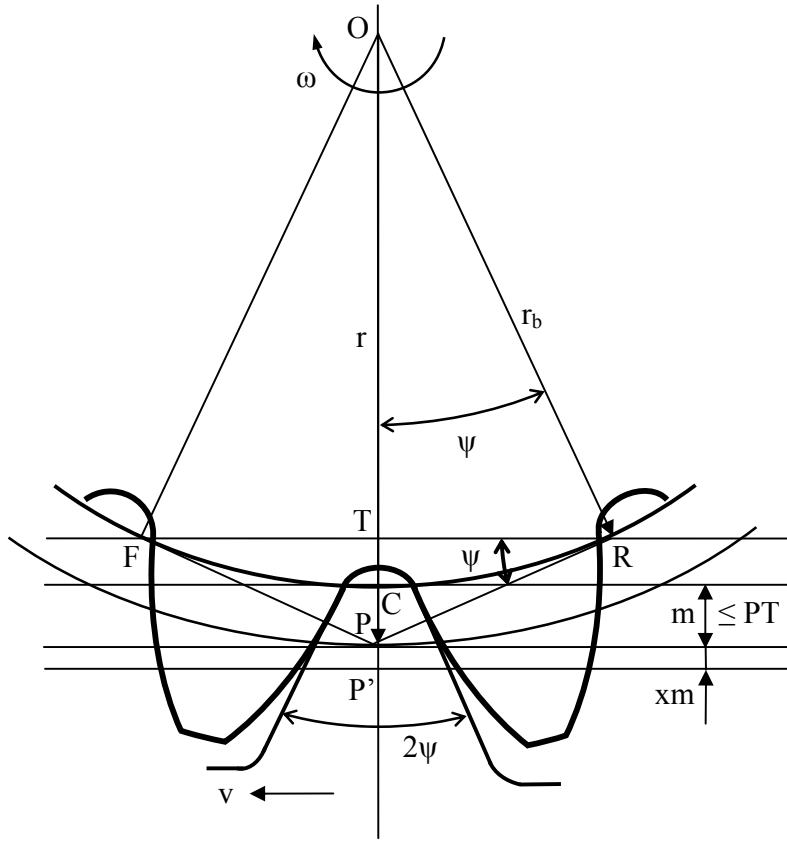
$$\varepsilon = 1 \rightarrow (z_1 + z_2)_{\min} = 2\pi \cos \psi / \sin \psi = 2\pi \cotg \psi$$

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

$$r = r_b + 7/6 m = r \cos \psi + 7/6 m = r \cos \psi + 1,25 m \text{ olur.}$$

Bütün yan yüzün evolvent olmasına lüzum yoktur. Sadece kavramaya iştirak eden kısmın evolvent olması kafidir. Kavrama kıtası temel noktaları arasında olmalıdır. 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.

	Z _{min} -teorik	Z _{min} -pratik
ψ=20° için	17	14
ψ=15° için	30	25



SINIR DİŞLİ

$$r_b = r \cos \psi \quad m \leq PT = PO - TO = r - r_b \cos \psi = r - r \cos \psi \cdot \cos \psi = r (1 - \cos^2 \psi) = r \sin^2 \psi$$

$$r = m z / 2 \quad z = 2 r / m \geq 2 r / r \sin^2 \psi \quad z_{\text{sınır}} \geq 2 / \sin^2 \psi \quad \psi = 20^\circ \text{ için } \rightarrow z_{\text{sınır}} \geq 17,1$$

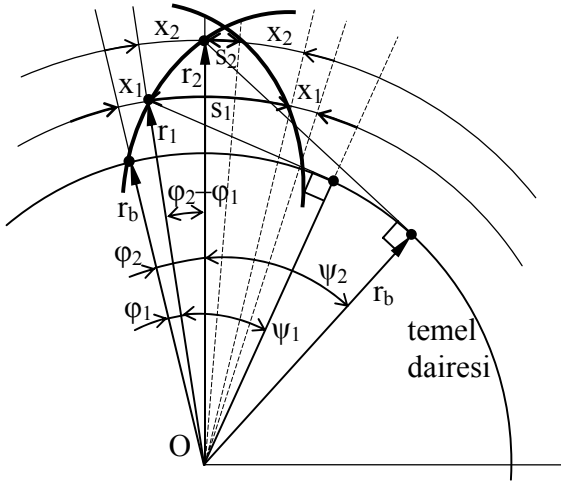
$$\sin \psi \geq m / PR = PR / r \quad r = PR / \sin \psi = m / (\sin \psi \cdot \sin \psi) = m / \sin^2 \psi = m z_{\text{min}} / 2$$

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

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

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

	$z_{\text{min-teorik}}$	$z_{\text{min-pratik}}$
$\psi = 15^\circ$ için	30	25
$\psi = 17^\circ 30'$ için	22	18
$\psi = 20^\circ$ için	17	14
$\psi = 25^\circ$ için	11	9
$\psi = 30^\circ$ için	8	7



diş kalınlığı:

$$r_1 / r_2 = s_1 / (s_2 + 2x_2) \quad x_2 = r_2 (\phi_2 - \phi_1) \quad s_2 = s_1 \cdot r_2 / r_1 - 2 r_2 (\phi_2 - \phi_1)$$

$$r_1 = r_b / \cos \psi_1 \quad r_2 = r_b / \cos \psi_2$$

$$\phi_1 = \tan \psi_1 - \psi_1 \quad \phi_2 = \tan \psi_2 - \psi_2$$

$$s_2 = s_1 \cos \psi_1 / \cos \psi_2 - 2 (r_b / \cos \psi_2) (\phi_2 - \phi_1)$$

$$s_2 = 2 r_2 [s_1 / 2 r_1 - (\phi_2 - \phi_1)]$$

Profil Kaydırma

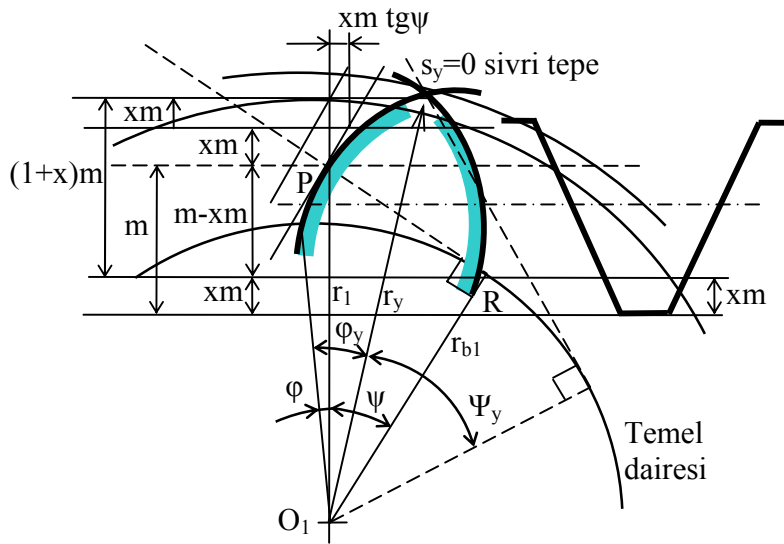
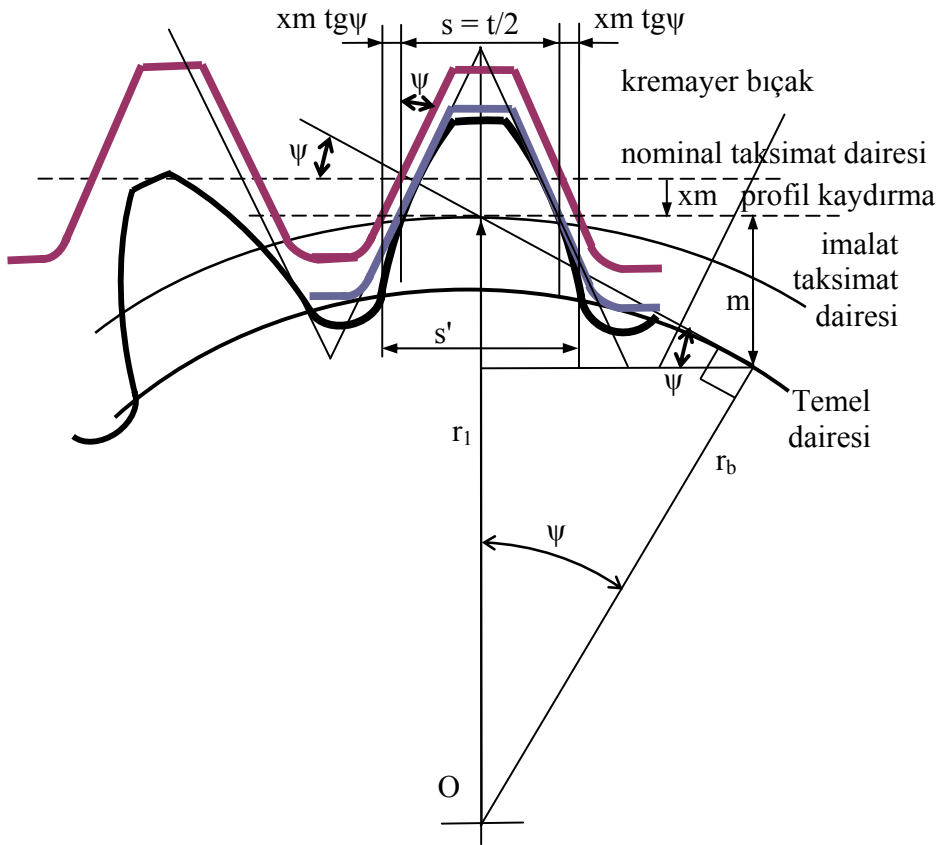
imalat yuvarlanma (taksimat) dairesi üzerindeki kalınlık

$$s' = t / 2 + 2 x_m \tan \psi$$

herhangi bir r_y yarıçapındaki kalınlık

$$s_y = 2 r_y [s / 2 r - (\phi_y - \phi)]$$

$$s_y = 2 r_y [1/z (\pi / 2 + 2 x \tan \psi) - (\phi_y - \phi)]$$



profil kaydırma alt sınırı

$$PR = r_1 \sin \psi = (m z_1 / 2) \sin \psi = (m - xm) / \sin \psi$$

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

$$\psi = 20^\circ \text{ için } \rightarrow 2 / \sin^2 \psi = 17 \quad x = (17 - z_1) / 17 \text{ teorik} \quad x = (14 - z_1) / 14 \text{ pratik}$$

profil kaydırma üst sınırı : sivri tepe

$$s_y = 2 r_y [s/2r - (\varphi_y - \varphi)]$$

$$s_y = 2 r_y [1/z (\pi / 2 + 2 x \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_y - \varphi)]$$

$$s_y = 0 \quad \varphi_y = 1/z (\pi / 2 + 2 x \operatorname{tg}\psi) + \varphi$$

$$r_y = r \cos\psi / \cos\psi_y = r_t' = (m z / 2) \cos\psi / \cos\psi_y$$

$$r_y = r + (1 + x) m = m (z / 2 + (1 + x)) = m (z / 2) \cos\psi / \cos\psi_y$$

$$(z / 2 + (1 + x)) = (z / 2) \cos\psi / \cos\psi_y$$

$$\textbf{Sıfır dişlisi} \quad x_1 = 0 \quad x_2 = 0 \quad a_v = a \quad r_{eş1} = r_1 \quad r_{eş2} = r_2 \quad \psi_v = \psi$$

$$\textbf{V-Sıfır mekanizması} \quad x_2 = -x_1 \quad a_v = a \quad r_{eş1} = r_1 \quad r_{eş2} = r_2 \quad \psi_v = \psi$$

V mekanizması: Eş çalışma kavrama açısı, imalat kavrama açısından farklıdır. Merkez mesafeleri de farklıdır. Eş çalışmayı aşağıdaki denklemler tayin eder.

$$s_{eş1} = 2 r_{eş1} [1/z_1 (\pi / 2 + 2 x_1 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)]$$

$$s_{eş2} = 2 r_{eş2} [1/z_2 (\pi / 2 + 2 x_2 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)]$$

$$2 r_{eş1} = z_1 t_{eş} / \pi \quad \text{ve} \quad 2 r_{eş2} = z_2 t_{eş} / \pi \quad s_{eş1} + s_{eş2} = t_{eş}$$

$$s_{eş1} + s_{eş2} = t_{eş} = 2 r_{eş1} [1/z_1 (\pi / 2 + 2 x_1 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)] + 2 r_{eş2} [1/z_2 (\pi / 2 + 2 x_2 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)]$$

$$s_{eş1} + s_{eş2} = t_{eş} = (z_1 t_{eş} / \pi) [1/z_1 (\pi / 2 + 2 x_1 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)] + (z_2 t_{eş} / \pi) [1/z_2 (\pi / 2 + 2 x_2 \operatorname{tg}\psi) - (\varphi_v - \varphi)]$$

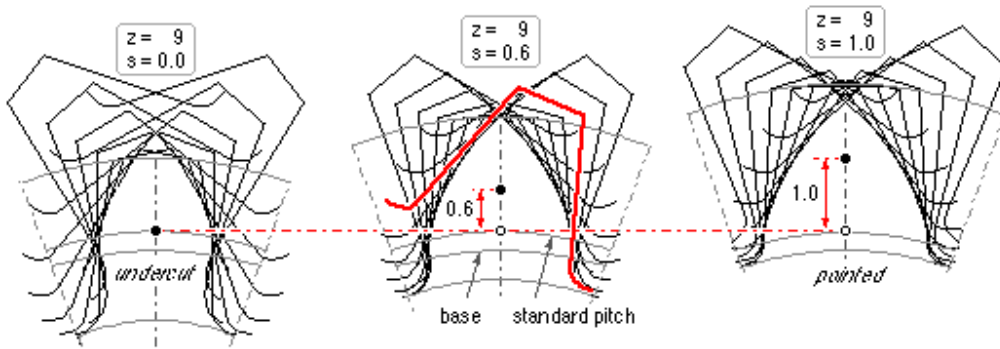
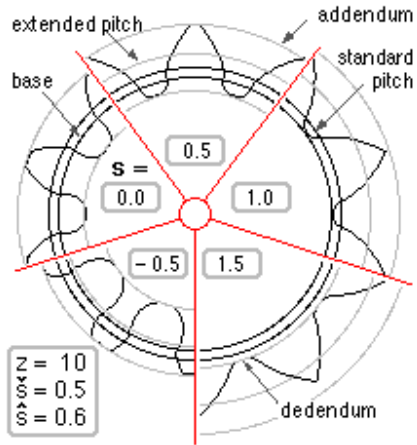
$$t_{eş} = (z_1 t_{eş} / \pi) (1/z_1) (\pi / 2) + (z_1 t_{eş} / \pi) (1/z_1) (2 x_1 \operatorname{tg}\psi) - (z_1 t_{eş} / \pi) (\varphi_v - \varphi) + \\ + (z_2 t_{eş} / \pi) (1/z_2) (\pi / 2) + (z_2 t_{eş} / \pi) (1/z_2) (2 x_2 \operatorname{tg}\psi) - (z_2 t_{eş} / \pi) (\varphi_v - \varphi)$$

$$t_{eş} = (t_{eş} / 2) + (t_{eş} / 2) + (t_{eş} / \pi) 2 (x_1 + x_2) \operatorname{tg}\psi - (z_1 + z_2) (t_{eş} / \pi) (\varphi_v - \varphi)$$

$$(z_1 + z_2) (t_{eş} / \pi) (\varphi_v - \varphi) = (t_{eş} / \pi) 2 (x_1 + x_2) \operatorname{tg}\psi \quad \varphi_v = 2 [(x_1 + x_2) / (z_1 + z_2)] \operatorname{tg}\psi + \varphi$$

$$x_1 + x_2 = (z_1 + z_2) (\varphi_v - \varphi) / (2 \operatorname{tg}\psi) \quad r_{eş1} = r_1 \cos\psi / \cos\psi_v \quad r_{eş2} = r_2 \cos\psi / \cos\psi_v$$

$$a_v = (r_1 + r_2) \cos\psi / \cos\psi_v$$



Eş çalışan dişli boyutları

Diş dibi yarıçapları: $r_{d1} = r_1 - (m + s_k) + m x_1$ $r_{d2} = r_2 - (m + s_k) + m x_2$

Diş başı yarıçapları: $r_{t1}' = r_1 + m + m x_1$ $r_{t2}' = r_2 + m + m x_2$

s_k diş boşluğunu sağlayan diş başı yarıçapları: $r_{t1} = a_v - (r_{d2} + s_k)$ $r_{t2} = a_v - (r_{d1} + s_k)$

$r_{t1} = a_v - r_2 + m (1 - x_2)$ $r_{t2} = a_v - r_1 + m (1 - x_1)$

$k m = r_{t1}' - r_{t1} = r_{t2}' - r_{t2} = m (x_1 + x_2) - (a_v - a)$

dişlilerin uçlarında eş çalışmada boşluk için kısaltma oranı

$k = x_1 + x_2 - (a_v - a) / m$