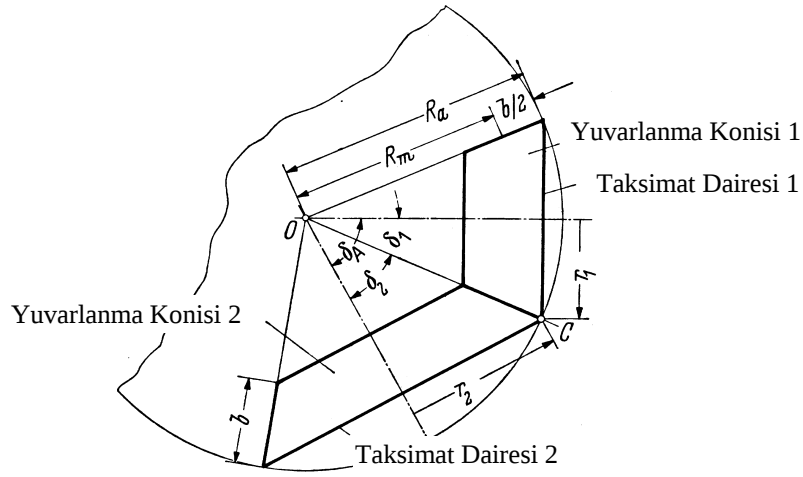


KONİK DİŞLİ ÇARK MEKANİZMALARI

DÜZ KONİK DİŞLİ ÇARKLARIN GEOMETRİK TEMEL BÜYÜKLÜKLERİ

Yuvarlanma mekanizmaları içinde eksenlerin kesişmesi iki konik eleman ile sağlanır. Bunların tepeleri dönme eksenlerinin kesişme noktasındadır. Bunlar sürekli $\overline{OC}$ ortak yan yüzey doğrusu boyunca temastadır ve sabit bir tahvil ile kaymadan yuvarlanırlar; bu demektir ki kesişme noktasından uzaklığı aynı olan noktaların çevresel hızları da aynıdır. Koniler yuvarlanma konisi adını alır ve taksimata isabet eden koniye yuvarlanma konisi adı verilir.(Şekil 13).



Şekil 13 Konik Dişli Çarklarda Yuvarlanma Konileri

Taksimat konisi açısı (çark eksenini ile taksimat konisinin yan yüzeyi arasındaki açı) (δ_1) ve (δ_2) olarak belirtilir. Toplamları, Sıfır ve V-Sıfır Mekanizmalarında, eksen açısı (δ_A) 'dır. (Çark eksenlerinin kesişme açısı) :

$$\delta_A = \delta_1 + \delta_2 \quad (1)$$

Taksimat daireleri (çark eksenlerine dik kesitlerdeki daireler) aşağıdaki ifadelerle belirtilir

$$2\pi r_1 = Z_1 t = Z_1 m\pi \quad \text{ve} \quad 2\pi r_2 = Z_2 t = Z_2 m\pi,$$

yani

$$r_1 = \frac{m}{2} Z_1 \quad \text{ve} \quad r_2 = \frac{m}{2} Z_2 \quad (2)$$

burada m 'in DIN 780 'e göre norm modül olması gerekir.

Taksimat konisi uzunluğu R_a

$$R_a = \frac{r_1}{\sin \delta_1} = \frac{r_2}{\sin \delta_2} \quad (3)$$

Taksimata dairesindeki çevresel hızın aynı olması şartından ve (2) ve (3) ifadelerinden

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} \quad (4)$$

(1) ifadesini kullanarak verilen eksen açısı (δ_A) ve diş sayıları Z_1, Z_2 (yani $i = Z_2/Z_1$) ile taksimata konilerinin açıları çıkarılabilir.

$$\tan \delta_1 = \frac{\sin \delta_A}{i + \cos \delta_A} \quad ; \quad \tan \delta_2 = \frac{i \sin \delta_A}{1 + i \cos \delta_A} \quad (5a)$$

$$\cos \delta_1 = \frac{i + \cos \delta_A}{\sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A}} \quad ; \quad \cos \delta_2 = \frac{1 + i \cos \delta_A}{\sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A}} \quad (5b)$$

$$\sin \delta_1 = \frac{\sin \delta_A}{\sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A}} \quad ; \quad \sin \delta_2 = \frac{i \sin \delta_A}{\sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A}} \quad (5c)$$

Ortaya çıkan özel hal $\delta_A = 90^\circ$ için

$$\tan \delta_1 = \frac{1}{i} \quad ; \quad \tan \delta_2 = i \quad ; \quad \cos \delta_1 = \sin \delta_2 = \frac{i}{\sqrt{i^2 + 1}} \quad ; \quad \cos \delta_2 = \sin \delta_1 = \frac{1}{\sqrt{i^2 + 1}} \quad (5d)$$

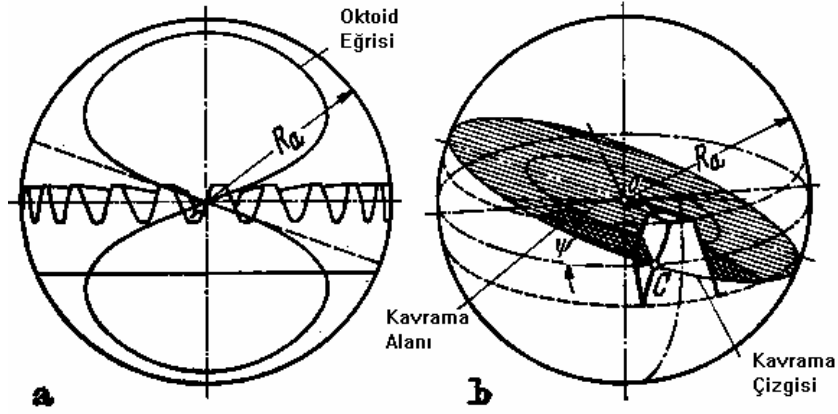
(1)-(5) ifadeleri diş formundan bağımsızdırlar. Taksimata daireleri (R_a) yarıçaplı bir kürenin yüzeyinde bulunmaktadır.

(O) noktasından (R_a) uzaklığında 1. çarkın yan yüzeyindeki herhangi bir nokta çalışma esnasında bir kere temas noktası olmaktadır. (karşı diş yan yüzeyine temas edince). Bu da gösteriyor ki temas çizgisi küre yüzeyinde bulunur.

(δ_1) aynı kalmak şartıyla (δ_2) arttırılırsa, $\delta_2 = 90^\circ$ olduğunda plan çarkın ortaya çıktığı görülür.

R_a yarıçapındaki konideki plan çarkın diş formu DIN 3971 'e göre referans profili olarak kabul edilmiştir.

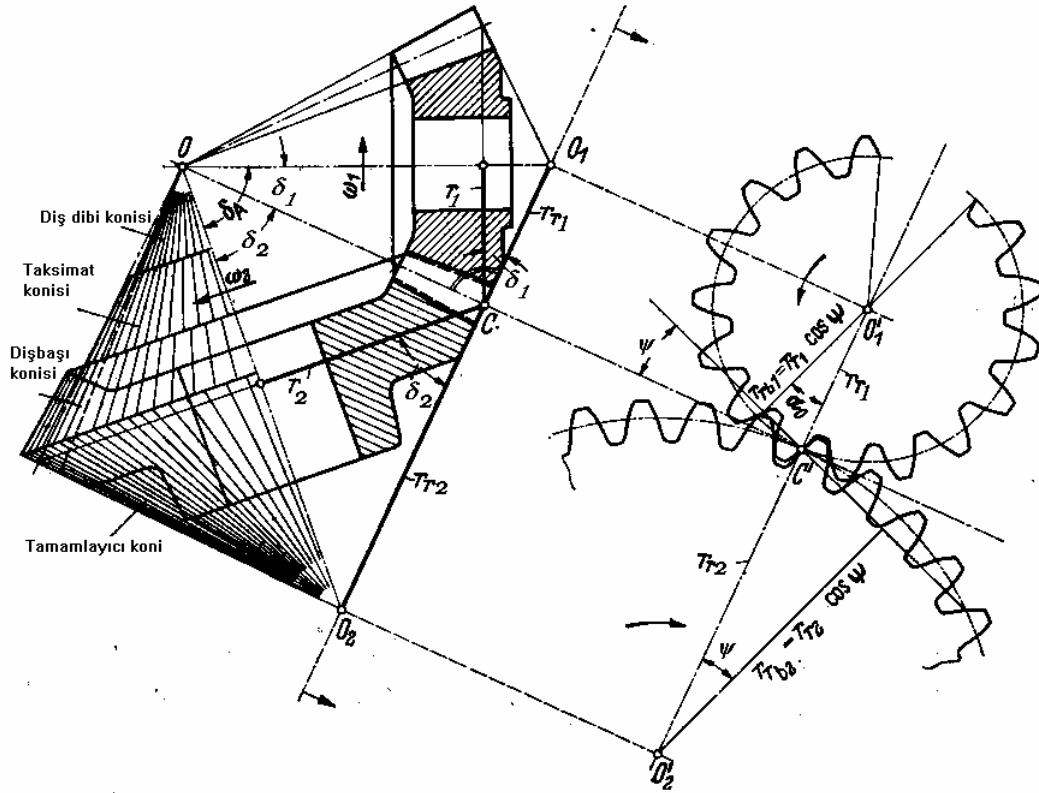
Konik çarkların imalinde düz yan yüzeyli takımlarla yuvarlanma metodu tercih edilir (misal olarak plan çarkın takım gibi kullanılması). Bu şekilde hasil olan dişli formuna Oktoid ismi verilir. Küre yüzeyindeki temas çizgisi bir Oktoid (sekize benzer eğri) meydana getirir. (Şekil 14a).



Şekil 14 a).Oktoid Dişli b).Küresel Evolvent Dişli Plan Çark

Sadece şablondan kopyalama metoduyla imal edilebilen küresel evolvent dişli formunda temas çizgisi küre üzerinde ψ açılı bir daire hasil eder.(Şekil 14 b). Plan dişli çarkın yan yüzeyi buradan iki kere kıvrılır; dişdibinde konveks (dış dişli gibi) diş başında konkav (iç dişli gibi) olur. Küresel evolventin temas çizgisi yuvarlanma noktasında Oktoide teğettir. Pratikte kullanılan Oktoid dişliler, diş yüksekliğinin sınırlı bölgede olması durumunda dairesel evolventen çok farklı değildir. Diş formundaki sapmalar oldukça azalır.

Koni yüzeyinin bir düzleme açılmayışı sebebiyle Tredgold'a göre yapılan çizimde tamamlayıcı koniler kullanılır.



Şekil 15 Konik Dişli Çark Mekanizmasında Tamamlayıcı Koniler

Tamamlayıcı konilerin tepe noktaları şekil 15'de (O_1) ve (O_2) ile gösterilmiştir.

$$\overline{O_1C} = r_{r1} = \frac{r_1}{\cos \delta_1} ; \quad \overline{O_2C} = r_{r2} = \frac{r_2}{\cos \delta_2} \quad (6a)$$

$$r_{r1} = r_1 \frac{\sqrt{1+i^2 + 2i \cos \delta_A}}{i + \cos \delta_A} ; \quad r_{r2} = r_2 \frac{\sqrt{1+i^2 + 2i \cos \delta_A}}{1 + i \cos \delta_A} \quad (6b)$$

$\delta_A = 90^\circ$ iken

$$r_{r1} = r_1 \sqrt{\frac{i^2 + 1}{i^2}} ; \quad r_{r2} = r_2 \sqrt{i^2 + 1}. \quad (6c)$$

Tamamlayıcı koniler bir düzlemde açılırsa ve dişler normal bir evolvent diş profili ile gösterilirse Oktoid dişlinin diş formuna oldukça yaklaşan bir dişli formu ortaya çıkar.

Plan dişli ($\delta_A = 90^\circ$) için (6) numaralı ifadeye göre $r_r = \infty$ olması durumunda açılım çubuk dişliyi yani DIN 867 'ye göre referans profili verecektir. Tamamlayıcı koni üzerinde dişbaşı yüksekliği $h_t = m$ ve dişdibi yüksekliği $h_d = m + s_k$ alınır.

Temel dairesi yarıçapı için açılım üzerinde

$$r_{rb1} = r_{r1} \cos \psi \quad \text{ve} \quad r_{rb2} = r_{r2} \cos \psi. \quad (7)$$

Z_e eşdeğer diş sayıları :

$$2\pi r_{r1} = z_{e1} t = z_{e1} m\pi \quad \text{ve} \quad 2\pi r_{r2} = z_{e2} t = z_{e2} m\pi$$

(6a) ve (2) ifadelerinden

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1}; \quad z_{e2} = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = z_{e1} \frac{i^2 + i \cos \delta_A}{1 + i \cos \delta_A} \quad (8a)$$

$\delta_A = 90^\circ$ için (6c) ifadesinden

$$z_{e1} = z_1 \sqrt{\frac{i^2 + 1}{i^2}} \quad z_{e2} = z_2 \sqrt{i^2 + 1} = z_{e1} i^2. \quad (8b)$$

z_{e1} için , düz dişlilerde pratik alttan kesilme sınır diş sayısı $\psi = 20^\circ$ 'de 14 diş olarak alınır

$$z_{1s\gamma n} = 14 \cos \delta_1 \quad (9)$$

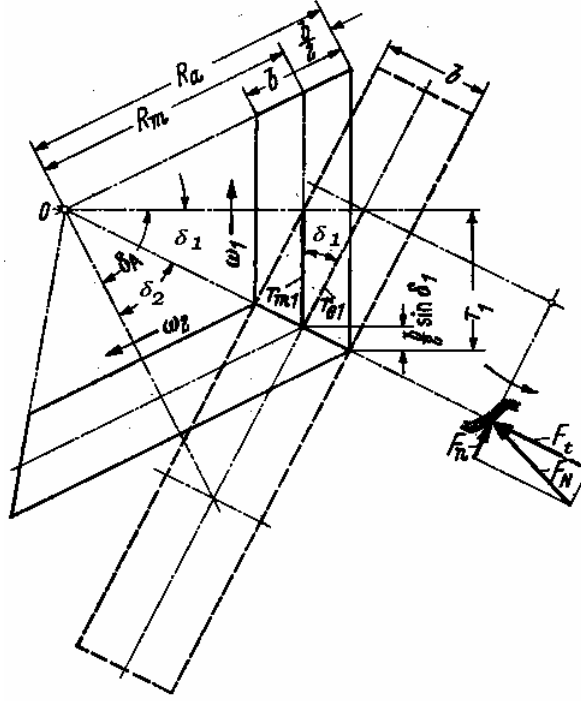
$$\delta_1 = 0...21^\circ \quad 22^\circ...30^\circ \quad 31^\circ...37^\circ \quad 38^\circ...44^\circ$$

$$z_s = \begin{matrix} 14 & 13 & 12 & 11 \end{matrix}$$

Diş sayısının az olduğu durumlarda dişliler profil kaydırma ile tashih edilmelidir. Taksimat konisinin yuvarlanma konisi olduğu V-Sıfır mekanizmaları tercih edilmelidir. Eş çalışma yuvarlanma konisinin, imalat yuvarlanma konisine eşdeğer olduğu V-Mekanizmaları da mümkündür. V-Konik dişlilerin imalinde, taksimat dairesi üzerindeki diş kalınlıklarının hatvesinin yarısından az veya çok olduğu yan profil kaydırma veya diş yüksekliği veya diş dibi yüksekliğinin açı değişikliğine bağlı olarak referans profilden ayrıldığı, yukarı doğru profil kaydırma kullanılır.

TEMEL BOYUTLAR

Düz konik dişli çarkların hesabında eşdeğer düz alın dişli çark esas alınır ve kuvvetin dişli kalınlığı b 'nin ortasına geldiği kabul edilir. Ölçüler de burada tespit edilir; yani ortalama modül m_m hesaplara esas olarak alınır. (Şekil 16).



Şekil 16 Mukavemet Hesapları için Eşdeğer Alın Dişli Çark

$$r_{m1} = \frac{m_m}{2} Z_1 = r_1 - \frac{b}{2} \sin \delta_1 ; r_{m2} = \frac{m_m}{2} Z_2 = r_2 - \frac{b}{2} \sin \delta_2 \quad (10)$$

ve

$$m_m = m - \frac{b}{Z_1} \sin \delta_1 \quad (10a)$$

Bunun yanında eşdeğer alın dişli için:

$$r_{e1} = \frac{r_{m1}}{\cos \delta_1} \quad \text{ve}$$

$$r_{e2} = \frac{r_{m2}}{\cos \delta_2} \quad (11)$$

(z_{e1}) ve (z_{e2}) (8) ifadesinden (δ_1) ve (δ_2) (5) ifadesinden bulunur.

Moment ifadesinden $M_{d1} = f_B P / \omega_1$

teğetsel kuvvet $F_t = M_{d1} / r_{m1}$.

bulunur.

a) Dişdibi Mukavemeti : Dişdibindeki eğilme gerilmesinden

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_t}{bm_m} q_k \quad (12)$$

buradaki (q_k) form faktörü (Z_e) 'ye göre şekil 2'den bulunur. $\sigma_{e\delta} \leq \sigma_{e\delta em}$ şartına bağlı olarak, bazı sadeleştirmelerden sonra konik dişlilerdeki mutad dişli genişliği kabullerinde aşağıdaki ifadeler çıkar :

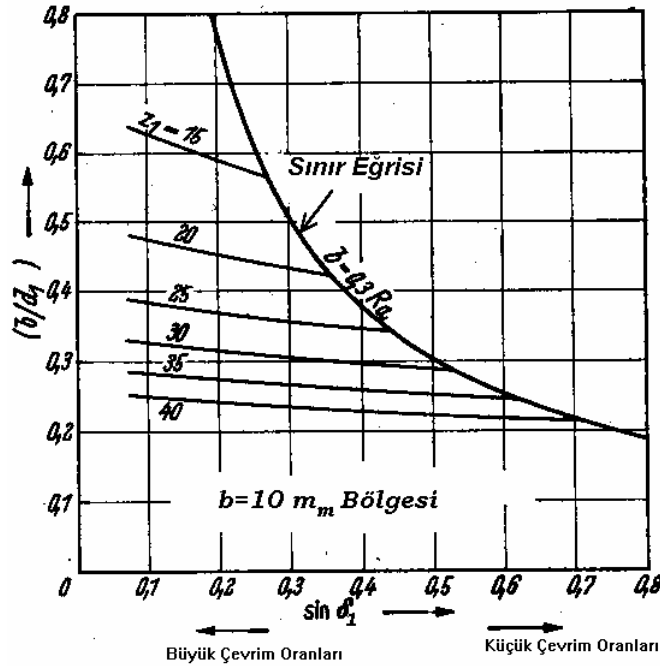
$$1. \quad b \leq 0,3R_a \quad ; \quad m \geq \sqrt[3]{\frac{18,5M_{d1} \sin \delta_1}{\sigma_{e\delta em1}} \frac{q_{k1}}{Z_1^2}} \quad (12a)$$

$$m_m = 0,85m \quad ; \quad b = \frac{0,15mZ_1}{\sin \delta_1}.$$

$$2. \quad b \leq 10m_m \quad ; \quad m_m \geq \sqrt[3]{\frac{0,2M_{d1}}{\sigma_{e\delta em1}} \frac{q_{k1}}{Z_1}} \quad (12b)$$

$$m = m_m \left(1 + \frac{10}{Z_1} \sin \delta_1\right)$$

1. veya 2. kabulüne göre hesap edilmesi gerektiği şekil 17'den çıkartılabilir. Sınır eğrisinin altında 2. kabul ($b=10 m_m$) alınması uygundur.



Şekil 17 $b = 0,3 R_a$ Sınır Eğrisi ve $b = 10 m_m$ Bölgesi

b) Yüzey Mukavemeti : Hertz gerilmesi ifadesine eşdeğer alın dişli çarkın eğrilik yarıçapı konduğunda yuvarlanma noktası için

$$\rho_{e1} = r_{e1} \sin \psi \quad \text{ve} \quad \rho_{e2} = r_{e2} \sin \Psi$$

$$\text{Temel ifade : } p_c = \sqrt{0,175E \frac{F_N}{b} \left(\frac{1}{\rho_{e1}} + \frac{1}{\rho_{e2}} \right)}$$

$F_N = F_t / \cos \psi$ ve ifade (11) 'deki r_e değerleri kullanılarak

$$p_c = \sqrt{0,35E} \sqrt{\frac{F_t}{bd_{m1}} \frac{1}{i} (\cos \delta_1 + \cos \delta_2) y_c}$$

veya (5b) ifadesi kullanılarak

$$p_c = \sqrt{0,35E} \sqrt{\frac{F_t}{bd_{m1}} \frac{1}{i} \sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A} y_c} \quad (13)$$

buradaki yuvarlanma noktası faktörü $\psi = 20^\circ$ için

$$y_c = \sqrt{\frac{1}{\sin \psi \cos \psi}} = 1,764$$

$p_c \leq p_{eml}$ şartından modül şu şekilde çıkarılır.

$$1. \quad b \leq 0,3R_a$$

$$m \geq \frac{1}{Z_1} \sqrt[3]{\frac{6,45EM_{d1}}{p_{em1}^2} \frac{\sin \delta_A}{i} y_c^2} \quad (13a)$$

$$m_m = 0,85m \quad ; \quad b = \frac{0,15mZ_1}{\sin \delta_1}$$

$$2. \quad b \leq 10m_m$$

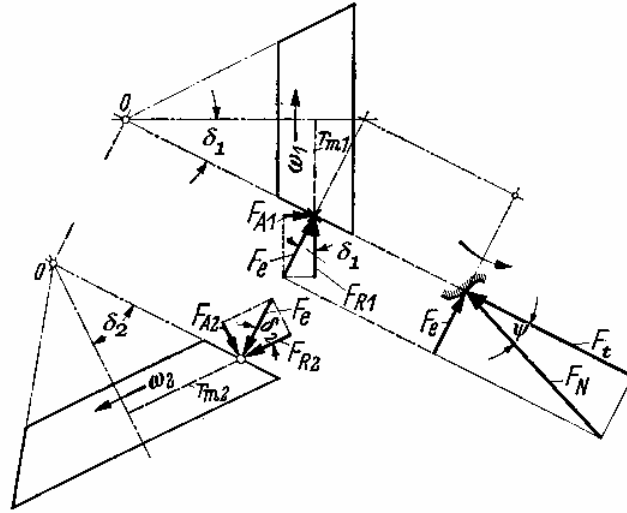
$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{0,07EM_{d1}}{Z_1^2 p_{em1}^2} \frac{1}{i} \sqrt{i^2 + 1 + 2i \cos \delta_A} y_c^2} \quad (13b)$$

$$m = m_m \left(1 + \frac{10}{Z_1} \sin \delta_1 \right)$$

Burada da şekil17'den 1. veya 2. kabulden hangisinin seçileceği çıkartılabilir.

YÜKLEME DURUMU VE YATAKLAMA

Diş gelen normal kuvvetin F_N dişli genişliğinin ortasına etki ettiği kabul edilir. Şekil18'de üstte tahrik eden pinyona gelen kuvvetler gösterilmiştir. F_N normal kuvveti, F_t çevresel kuvvet (çevresel hıza zıt yönde) ve F_e (eşdeğer alın dişliye gelen radyal kuvvet) olarak iki bileşene ayrılır. Çevre kuvveti, teğetsel kuvvet $F_t = M_d / r_m$.



Şekil 18 Konik Dişli Çark Mekanizmasına Gelen Kuvvetler

Temas noktasında ise dönme eksenine dik (F_R) ve koninin tepe noktasından eksen doğrultusunda ayrılan eksenel kuvvet (F_{A1}) olarak bileşenlere ayrılır.

Kuvvetlerin meydana getirdiği üçgenlerden

Eşdeğer radyal kuvvet $F_e = F_t \tan \psi$

Radyal kuvvet $F_{R1} = F_e \cos \delta_1 = F_t \tan \psi \cos \delta_1$

Eksenel kuvvet $F_{A1} = F_e \sin \delta_1 = F_t \tan \psi \sin \delta_1$ (14a)

Tahrik edilen konik dişli çarkta ise F_N , F_t ve F_e kuvvetleri yukarıdaki kuvvetlere zıt yöndedir.

$F_{R2} = F_e \cos \delta_2 = F_t \tan \psi \cos \delta_2$; $F_{A2} = F_e \sin \delta_2 = F_t \tan \psi \sin \delta_2$ (14b)

$\delta_A = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ 'de $F_{R1} = F_{A2}$ ve $F_{A1} = F_{R2}$ olur.

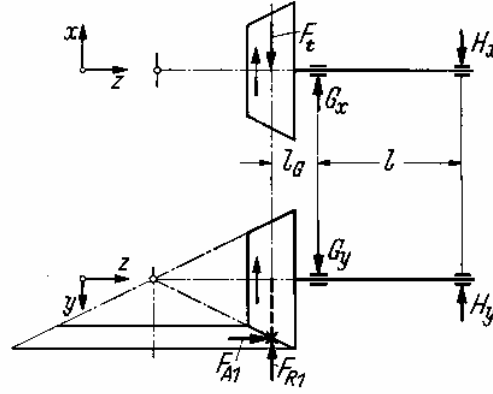
Yatak yükleri ve eğilme momentleri iki dik eksende incelenir. Bileşke radyal kuvvet

$G_r = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ ve $H_r = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$ olur. Bir yatakta eksenel kuvvet $F_a = F_{A1}$ olarak

alınmalıdır.

Pinyonun ankastre olarak monte edildiği durumlarda l_G ankastre mesafesi mümkün olduğu kadar az, yatak arası mesafesi ise mümkün olduğu kadar fazla olmalıdır.

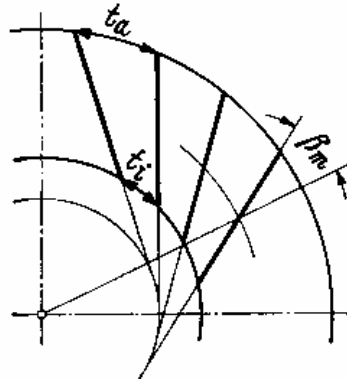
($l \approx 2d$ veya $l \geq 2,5l_G$) Yataklar, dişlinin eksenel olarak konumunun ayarlanabileceği şekilde dizayn edilmelidir. (Şekil 19)



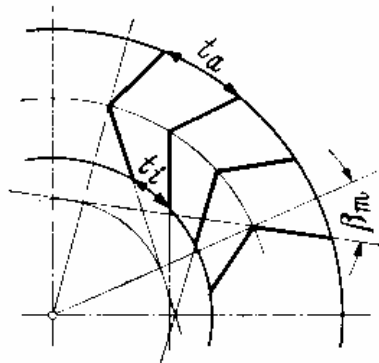
Şekil 19 Konik Dişli Çark Mekanizmasında Yatak Kuvvetleri

HELİSEL VE KAVİSLİ KONİK DİŞLİ ÇARKLAR

Plan dişli çark referans olarak kabul edilebilir. Düz konik dişlide profil doğrultusu plan dişlisinde radyal, helisel (Şekil 20) ve ok dişlide (Şekil 21), helis açısına göre, iç çemberden küçük bir daireye teğet olarak bulunur.



Şekil 20 Helisel Dişli Konik Çark

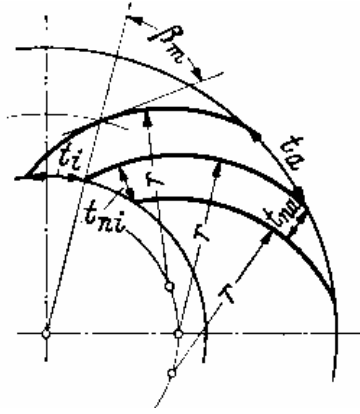


Şekil 21 Ok Dişli Konik Çark

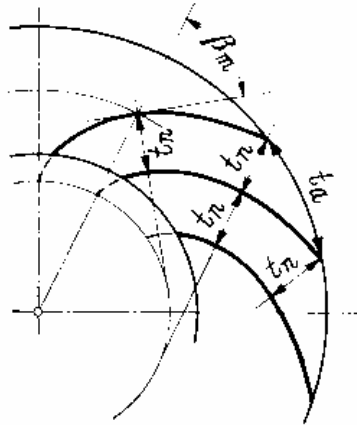
Kavrama oranının iyileştirilmesi maksadıyla daha uygun yükleme imkanı, sakin çalışma için ve deformasyona karşı hassasiyete mani olmak için kavisli yanaklar geliştirilmiştir. Çeşitli metodlarla imal edilen çarklar genel olarak spiral konik dişli çarklar olarak isimlendirilirler. Ortalama spiral açısı $\beta_m \approx 35^\circ \dots 40^\circ$ arasındadır; fakat 0° 'ye kadar inebilir. Pinyon ve çarkta bu açılar zıt yönlüdür.

Alışılmış profil doğrusu formları :

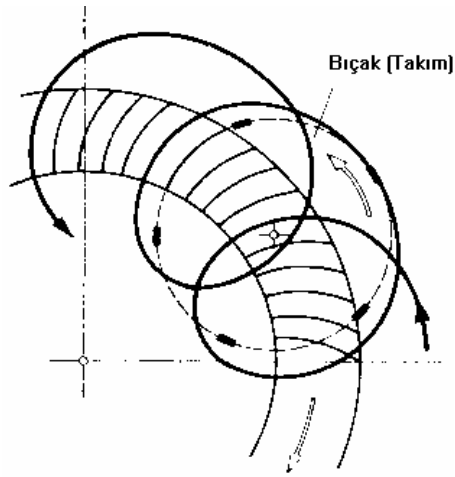
- 1) Dairesel (Gleason) (Şekil 22)
- 2) Uzatılmış Evolvent (Klingelnberg) (Şekil 23)
- 3) Uzatılmış Episikloid (Klingelnberg , Oerlikon) (Şekil 24)



Şekil 22 Dairesel (Gleason) Dişli Konik Çark

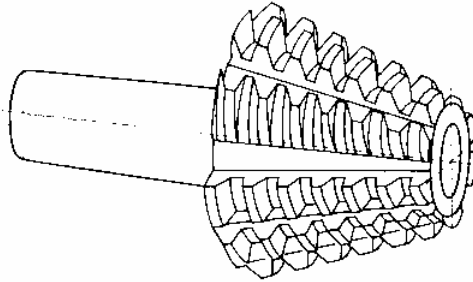


Şekil 23 Spiral (Klingelnberg), Evolvent Yan Yüzeyli Konik Dişli



Şekil 24 Elloid Dişli (Oerlikon), Episikloid Yan Yüzey

Gleason formu, ayrıca diğer muciti olan Böttcher formu olarak da bilinir. İmalat, dönen trapez formu bıçağın dişlerden daire kirişleri şeklinde talaş kaldırması ile olur. Klingelnberg Metodu, Schicht ve Preis tarafından bulunmuştur. Tezgahı ise W. Ferd. Klingelnberg Söhne, Remscheid firması tarafından imal edilmiştir. Konik bir sonsuz vida şeklinde olan freze bıçağı devamlı çalışarak dişleri hasil eder.(Şekil 25). Plan dişlide dişlerin yanakları az değişerek uzamış evolvent formdadır. Bunun maksadı temas yüzeyinin daireselleştirilmesidir (Pallid dişli). İçte ve dışta yaklaşık aynı normal taksimata, diş kalınlığına ve ayrıca sabit diş yüksekliğine sahiptir.



Şekil 25 Konik Sonsuz Vida Formunda Freze Bıçağı