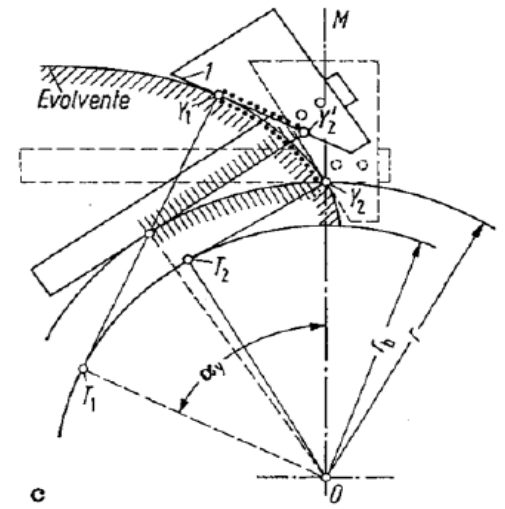
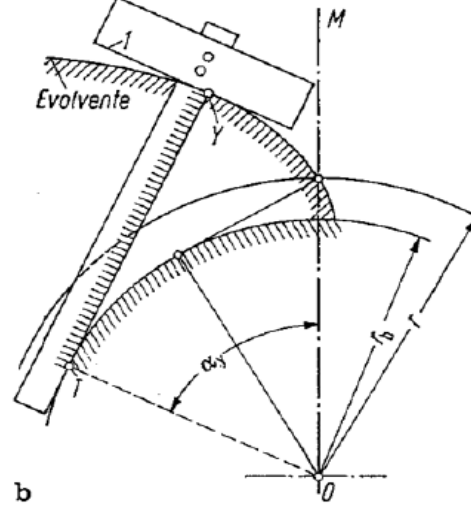
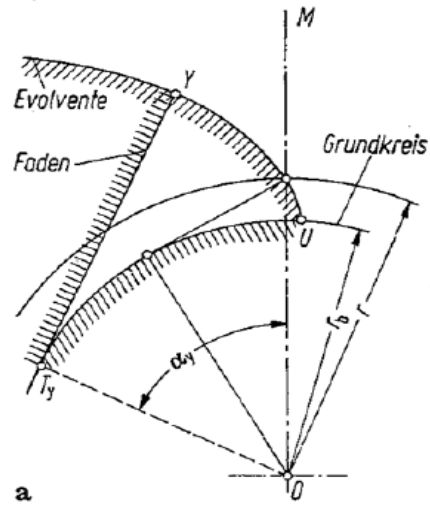


DİŞLİ GEOMETRİSİ

Metin Yılmaz
Arge Müdürü
Yılmaz Redüktör



Evolverte (Involute) Eğrisinin Tanımı

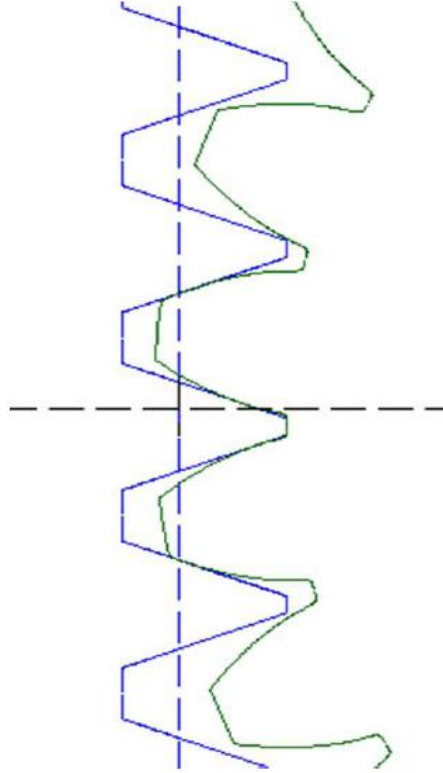


Evolverent Dişli Formu Özellikleri

- Kolay imal edilebilir.
- Farklı diş sayılarına sahip dişliler aynı takım ile imal edilebilir.
- Eksen arası mesafe sapmalarını tolere edebilir.
- Kavrama doğru doğrusaldır.
- Dişli normal kuvvetinin yönü ve büyüklüğü sabittir.
- Her iki profilin dış bükey olması nedeni ile yüksek temas basıncı oluşur.
- Birbirini kavrayan evolverent eğrileri, temel daireleri üzerindeki eşit taksimatlara sahiptir.
- Kavrama doğrusu her iki evolverentin temel dairesine teğettir.
- Pinyon ve çarkın arasındaki çevrim oranı temel dairelerin çapları arasındaki orana eşittir.
- Eksen arası mesafesindeki değişiklikler kavrama doğrusunun boyunu ve açısını değiştirir.
- Eksen arası mesafedeki değişiklikler evolverent formu etkilenmez.
- Sabit basınç açılı takımlarla üretim yapılabilir.



Evolverent Dişli Formu Özellikleri

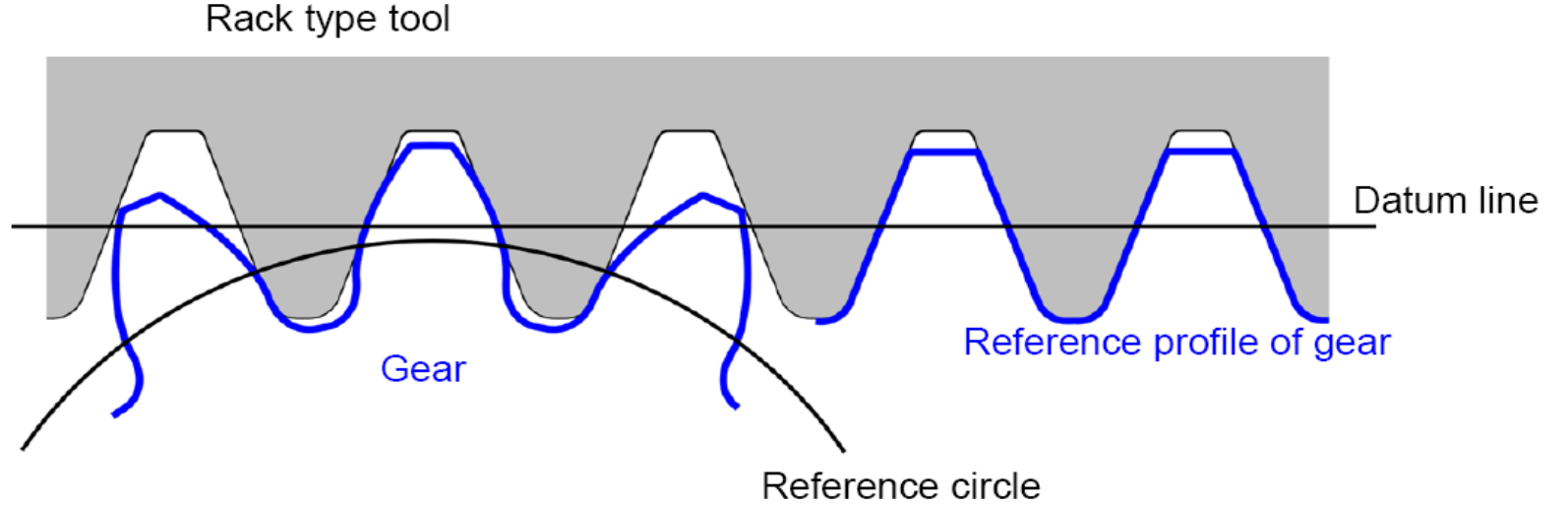


- Sabit basınç açılı doğrusal yanaklara sahip basit takımlarla üretim yapılabilir.
- $d = d_b / \cos \alpha$
- Temel daire üzerindeki taksimat modülü belirler.

$$m_t = p_t / \pi, \quad d = z \times p_t / \pi = z \times m_t$$



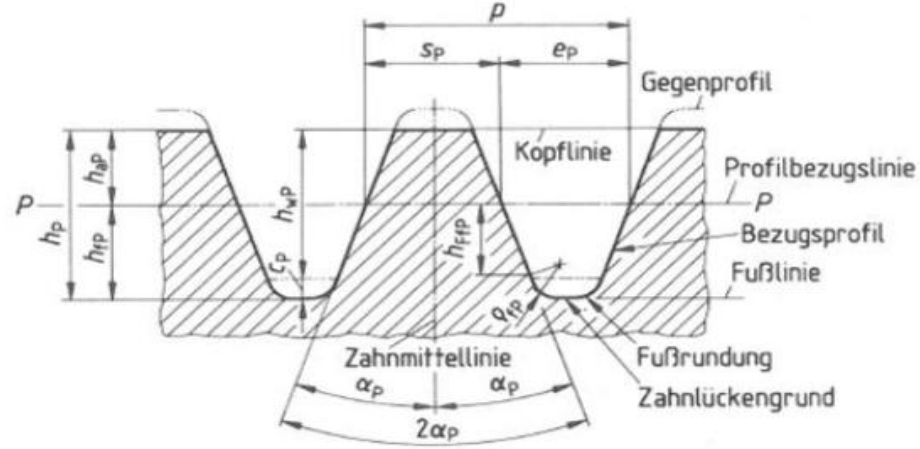
Referans Profil



Bir dişlinin referans profili, referans çapının bir doğruya açılması ile elde edilir. Evolvent dişlilerde referans profilin yanakları doğrusaldır. Referans profile referans dairesi olarak taksimat dairesi alınır.



Referans Profil, DIN867



Diş üstü(Addendum) yüksekliği $h_{ap}^*=1$

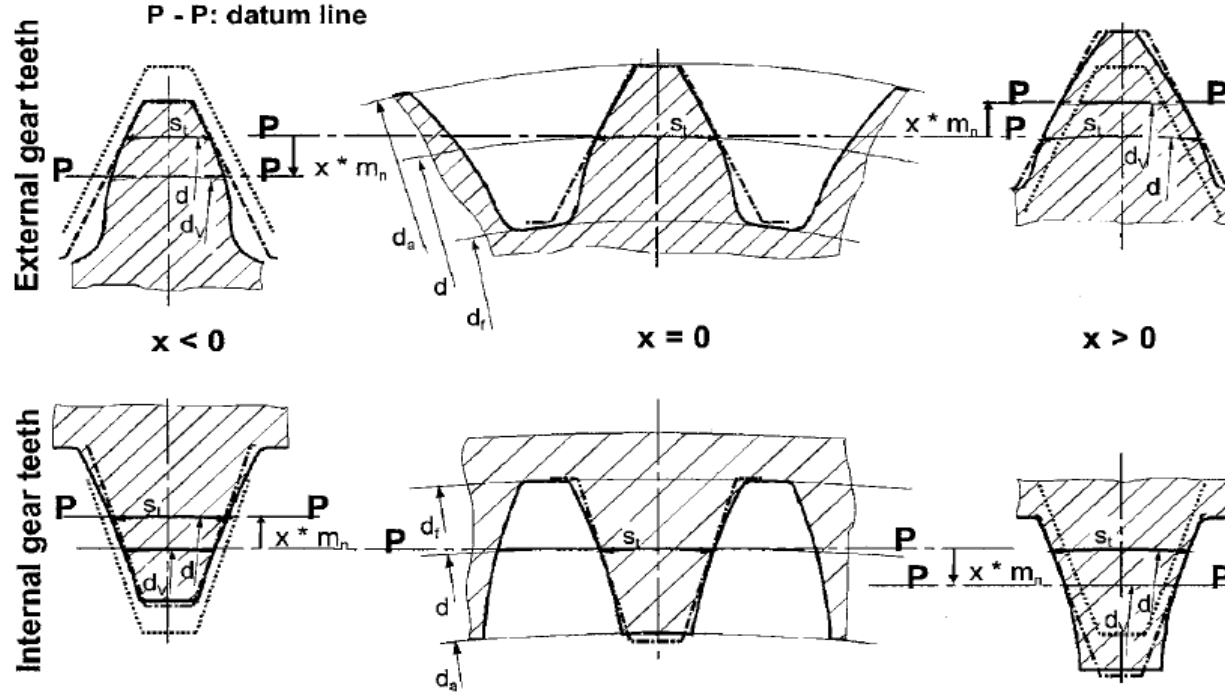
Diş dibi(Dedendum) yüksekliği $h_{fp}^*=1+c_p^*$

Tepe boşluğu(Tip clearance) faktörü $c_p^*=0,1-0,4$

Basınç açısı (Pressure angle) $\alpha_p=20^\circ$



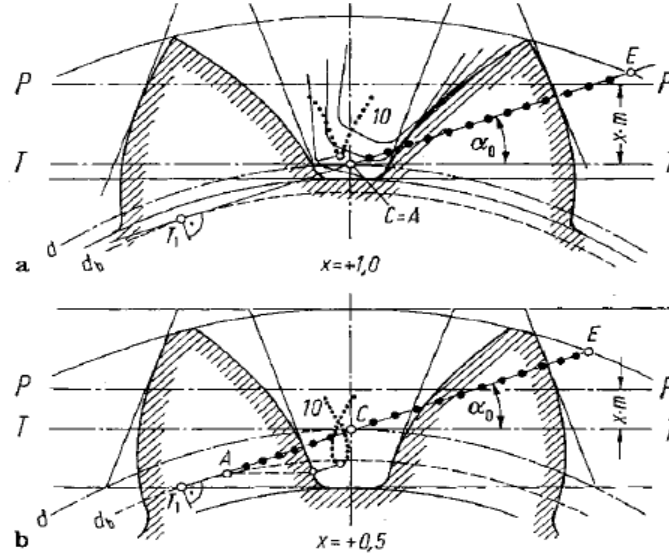
Profil Kaydırma / Tashih Miktarı (Profile Shifting / Addendum Modification)



Takımla iş merkezi arasındaki mesafe değiştirilerek profil kaydırma yapılabilir.

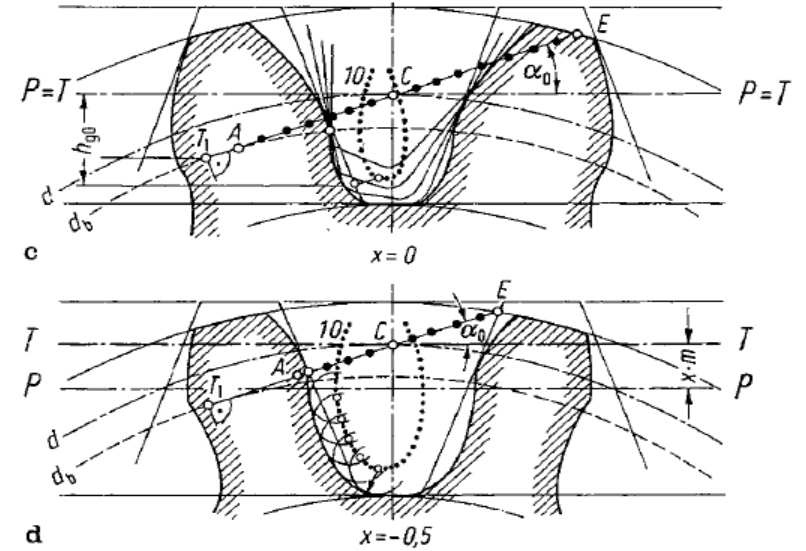


Profil Kaydırma (Profile Shifting)



Artan Profil Kaydırma;

Diş dibi kalınlaşır.
Diş tepesi sivrilir

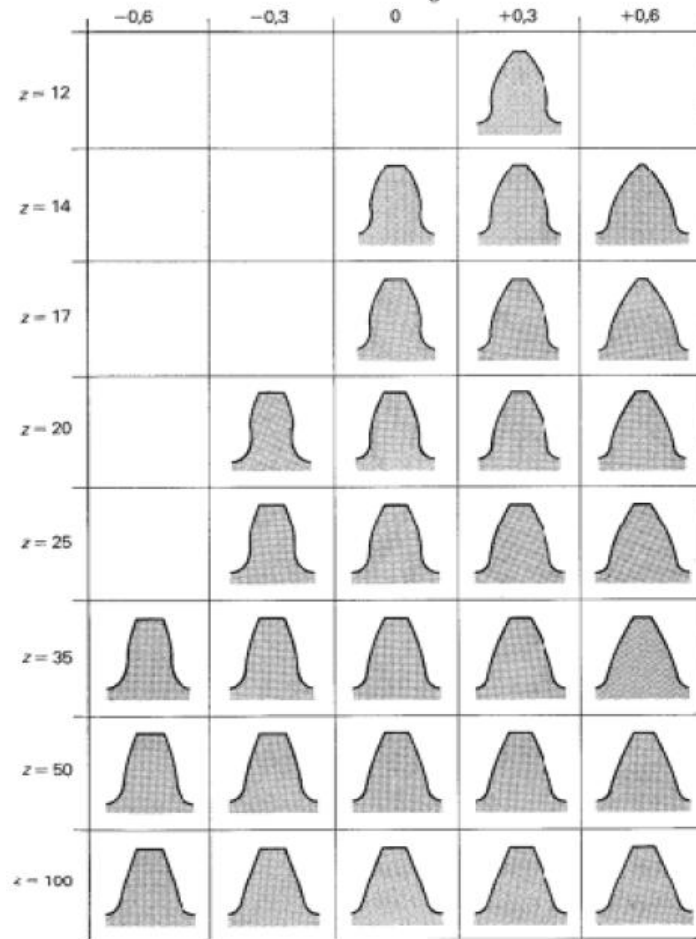


Azalan Profil Kaydırma;

Diş dibi kesilebilir (kısmi evolvent)
Diş tepesi kalınlaşır.



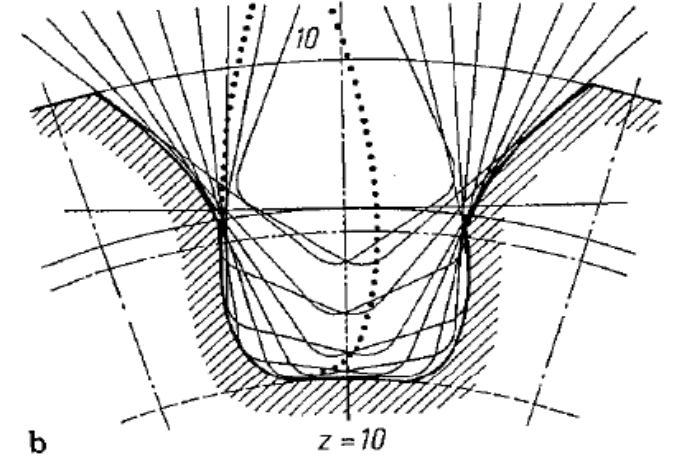
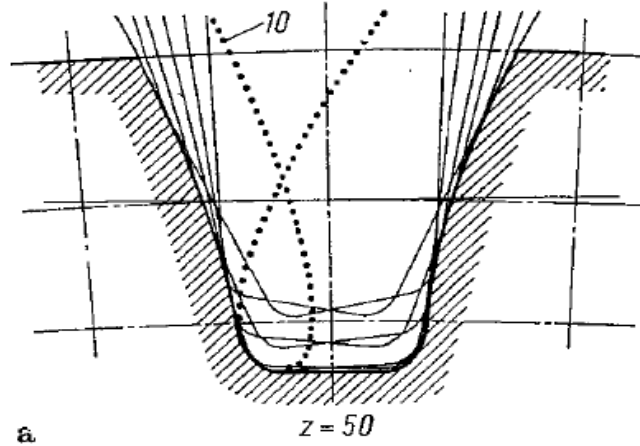
Profil Kaydırma (Profile Shifting)



Düşük diş sayılarına sahip dişliler tahsis miktarı değişimlerinden daha fazla etkilenir.



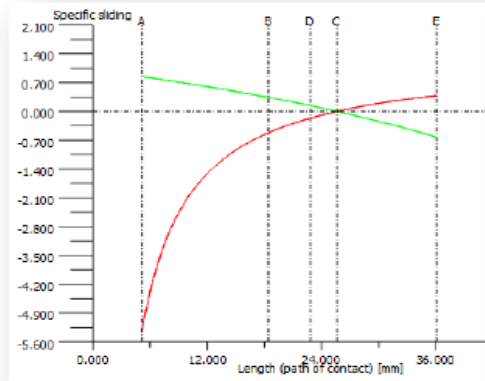
Dişdibi Kesilmesi (Undercut)



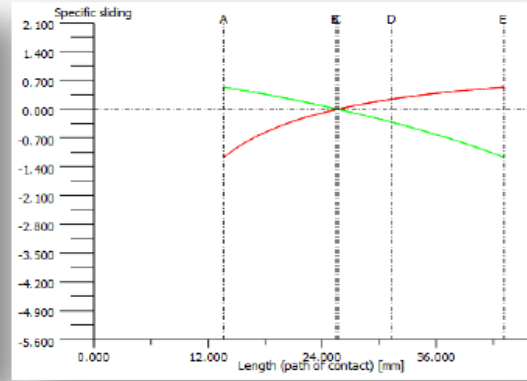
Düşük diş sayılı dişlilerde meydana gelir.
Uygun profil kaydırma miktarı ile dişdibi kesilmesi önlenabilir.



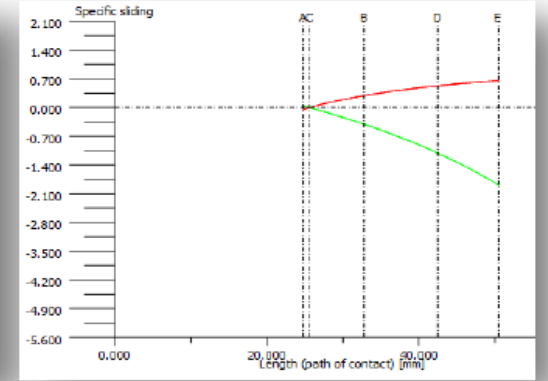
Kayma Hızı Değişimi



$x = -0.3$



$x = 0.27$

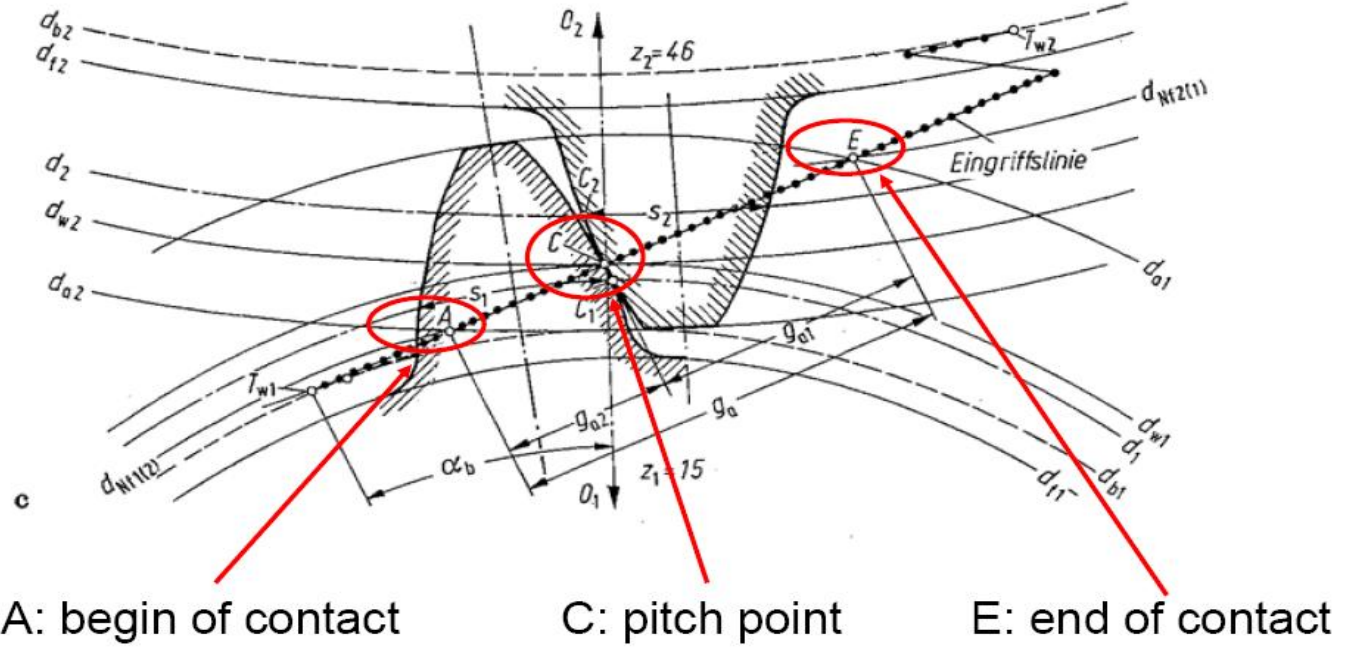


$x = 0.95$

Aşınmayı azaltmak ve ısıyı düşürmek için kayma hızlarının düşük tutulması hedeflenir.



Kavrama Doğrusu (Path of Contact)



Kavrama doğrusu iki temel daireye de teğet olan doğrudur. Kavrama noktaları teoride bu doğrunun üzerindedir.



Temel Formüller

Taksimat dairesi: $d = z \cdot m_t = z \cdot m_n / \cos(\beta)$

Dış üstü çapı: $d_a = d + 2m_n \cdot h_{ap} + 2m_n \cdot x + 2m_n \cdot k$

Dış dibi çapı: $d_f = d - 2m_n \cdot h_{fp} + 2m_n \cdot x$

Yuvarlanma dairesi çapı: $d_{w1} = 2a \cdot z_1 / (z_1 + z_2)$

Temel daire çapı: $d_b = d \cdot \cos(\alpha_t)$

Taksimat alın basınç açısı: $\tan(\alpha_t) = \tan(\alpha_n) / \cos(\beta)$

Basınç açısı: $\cos(\alpha_{yt}) = d_b / d_y = d \cdot \cos(\alpha_t) / d_y$

Dişli kalınlığı: $s_n = m_n \cdot (\pi/2 + 2 \cdot x \cdot \tan(\alpha_n))$

Eksen mesafesi;

Referans eksen mesafesi

$a_d = (z_1 + z_2) / (2m_n \cos(\beta))$

Gerçek eksen arası mesafesi

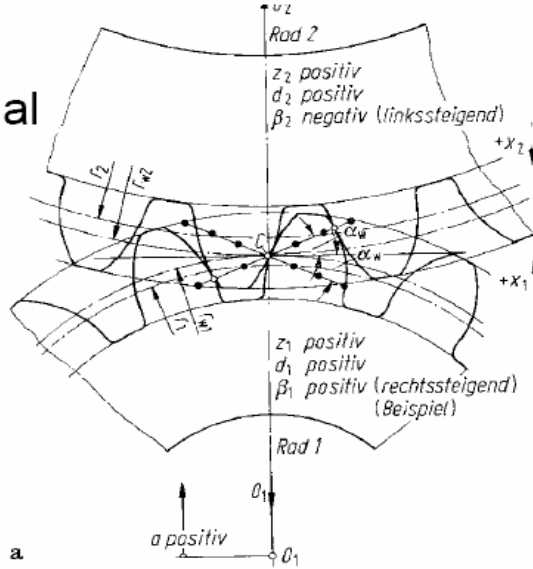
$a = (d_{w1} + d_{w2}) / 2 = a_d \cdot \cos(\alpha_t) / \cos(\alpha_{wt}) < a_d + \sum x \cdot m_n$



İç Dişli Formu (Internal Gear Form)

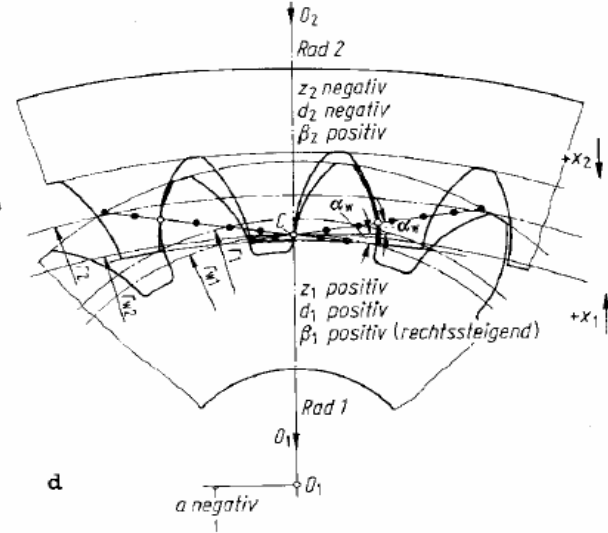
External

$$\begin{aligned} z &> 0 \\ a &> 0 \\ d &> 0 \\ d_a &> 0 \\ d_f &> 0 \end{aligned}$$



Internal

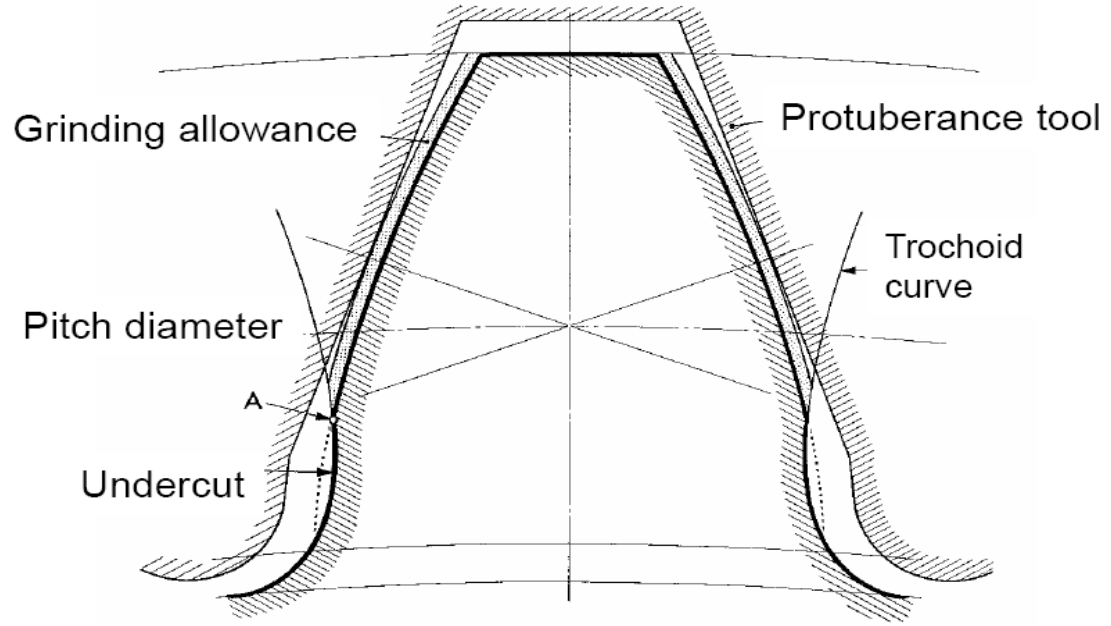
$$\begin{aligned} z &< 0 \\ a &< 0 \\ d &< 0 \\ d_a &< 0 \\ d_f &< 0 \end{aligned}$$



İç dişliler için eksen mesafesi, çaplar ve diş sayıları negatif olarak alınır.



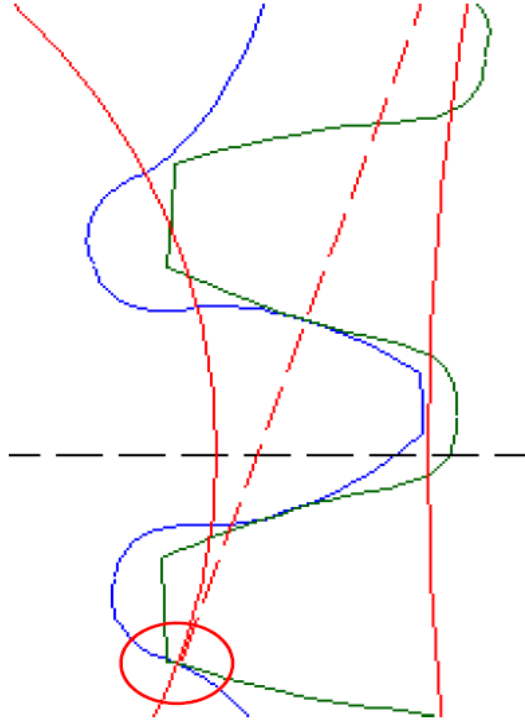
Protuberance



Dişli taşlama esnasında diş dibinde oluşan çentik etkisini azaltmak için **protuberance** bıçaklar kullanılır.



Dişli Profillerinin Çakışması (Interference)

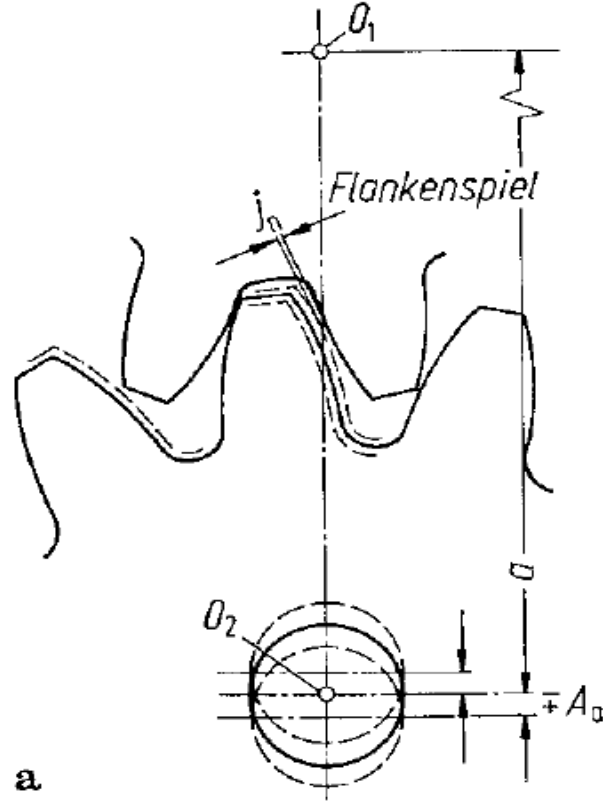


Evolvent olmayan profil bölgesinde (temel dairesi altında) oluşabilir.

İç dişliler için özel durum;
Temel dairesi diş üstü dairesi çapı üzerinde olduğu durumlarda kesin olarak oluşur. Bu nedenle buna izin verilmez.



Teorik Diş Arası Boşluğu (Backlash)



- Normal boşluk (j_n) dişli yanaklarına dik olarak ölçülür.
- Alın boşluk (j_t) dişli alına paralel olarak ölçülür.
- Düz dişlilerde ikisi birbirine eşittir.
- j_r Radyal olarak dişlilerin birbirlerine temas edene kadarki boşluktur.

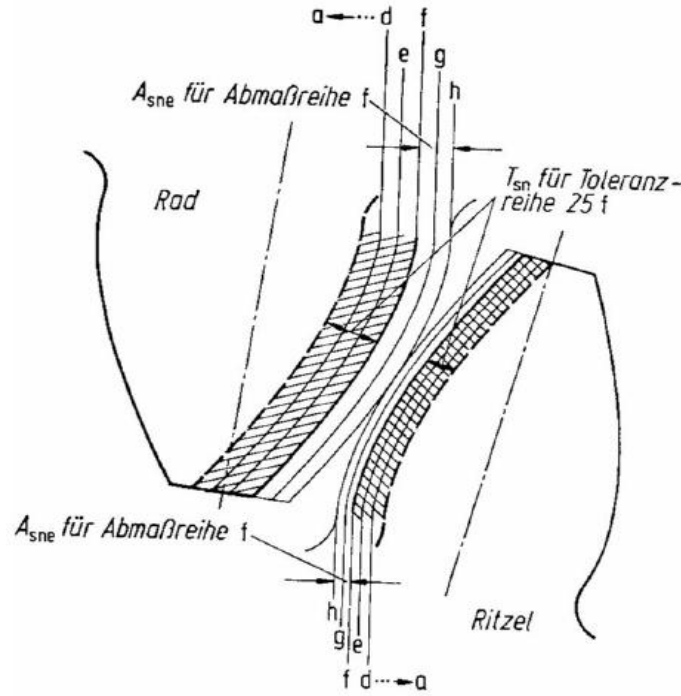
$$j_t = [(A_{sn1} + A_{sn2}) + 2A_a \tan \alpha_n] / \cos \beta$$

$$j_n = j_t \cos \alpha_n \cos \beta$$

$$j_r = j_t / 2 \tan \alpha_{wt}$$



Kalınlık Toleransı, DIN3967 (Thickness Tolerances)



$A_{sne,i}$ geçme boşluğunu, T_{sn} bunun imalat toleransını ifade eder.

$$A_{sn} = A_{sne,i} + T_{sn}$$

Tolerans sınıfı harf ve sayılar ile ifade edilir(Örnek: 25cd). Harf kısmı A_{sn} değerlerini, sayı kısmı da T_{sn} değerlerini yani toleransını tanımlar.

'a' en yüksek boşluk, 'h' ise sıfır boşluğu ifade eder. a'dan h'a doğru ISO geçme toleranslarında olduğu gibi boşluk azalır.

21'den 30'a doğru T_{sn} değerleri dar tolerans alanından geniş tolerans alanına doğru gider.



Kalınlık Toleransı, DIN3967 (Thickness Tolerances)

Döküm çember dişli	a29, a30
Çember dişli(normal boşluklu)	a28
Çember dişli(az boşluklu)	bc26
Yüksek sıcaklıkta çalışan dişliler ($\Delta T=70K$)	ab25
Genel endüstriyel dişliler (tek yön çalışan)	b26
Genel endüstriyel dişliler (çift yön çalışan)	c25,c24,cd25, cd24, d25, d24, e25, e24
Otomobil şanzımanları	d26
Tarım makinaları	e27, e28
Tezgah takımları	f24, f25
Baskı makinaları	f24, g24
Ölçüm makinaları	g22



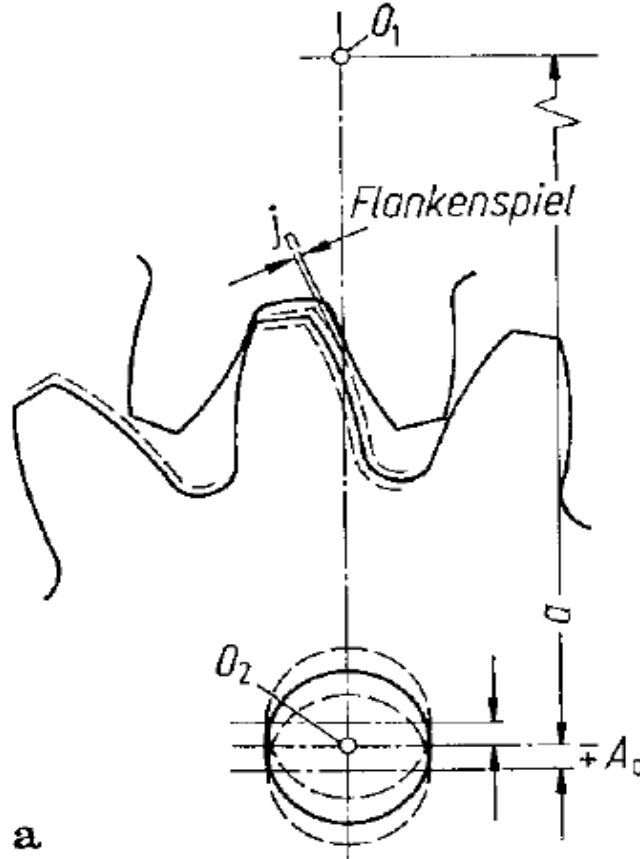
Eksen Arası Toleransı, DIN3964

Aa: Dişlilerin içine yerleştirildiği gövdenin eksenlerinin arasındaki toleransı ifade eder. Gösterimi 'js' ve bir sayı ile isimlendirilir. (Örnek: js7)

Döküm çember dişli	js10
Çember dişli(normal boşluklu)	js9
Çember dişli(az boşluklu)	js9, js8
Yüksek sıcaklıkta çalışan dişliler ($\Delta T=70K$)	js6
Genel endüstriyel dişliler (tek yön çalışan)	js7
Genel endüstriyel dişliler (çift yön çalışan)	js7, js6
Otomobil şanzımanları	js7
Tarım makinaları	js8
Tezgah takımları	js6
Baskı makinaları	js6
Ölçüm makinaları	js5



Gerçek Diş Arası Boşluğu (Backlash)



Gerçek çalışma boşluğu genişmeden dolayı olan farklılıklar ve yük altındaki deformasyonlar dikkate alınarak düzeltilmelidir.

$$\Delta j_g = a(\Delta \vartheta_G \alpha_G - \Delta \vartheta_R \alpha_R) \cdot 2 \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

$$\Delta j_Q = \left(\frac{1}{3} wa \right) \cdot 2 \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

Δj_g = Isıl genişmeye bağlı boşluk değişimi

Δj_Q = Deformasyona bağlı boşluk değişimi



Dişli Kalitesi

Dişli kalitesi ISO1328, DIN3961, AGMA2015 ve BS436/2 çok az farklarla aynı gruplandırma sayısı ile tanımlanır.

İmalat yöntemine göre elde edilebilir kaliteler aşağıda verilmiştir.

<u>İşleme Yöntemi</u>	<u>Kalite</u>
Taşlama	2...7
Raspalama, lebleme	5...7
Azdırma	6...9
Fellow	6...9
Sinterleme	8...12

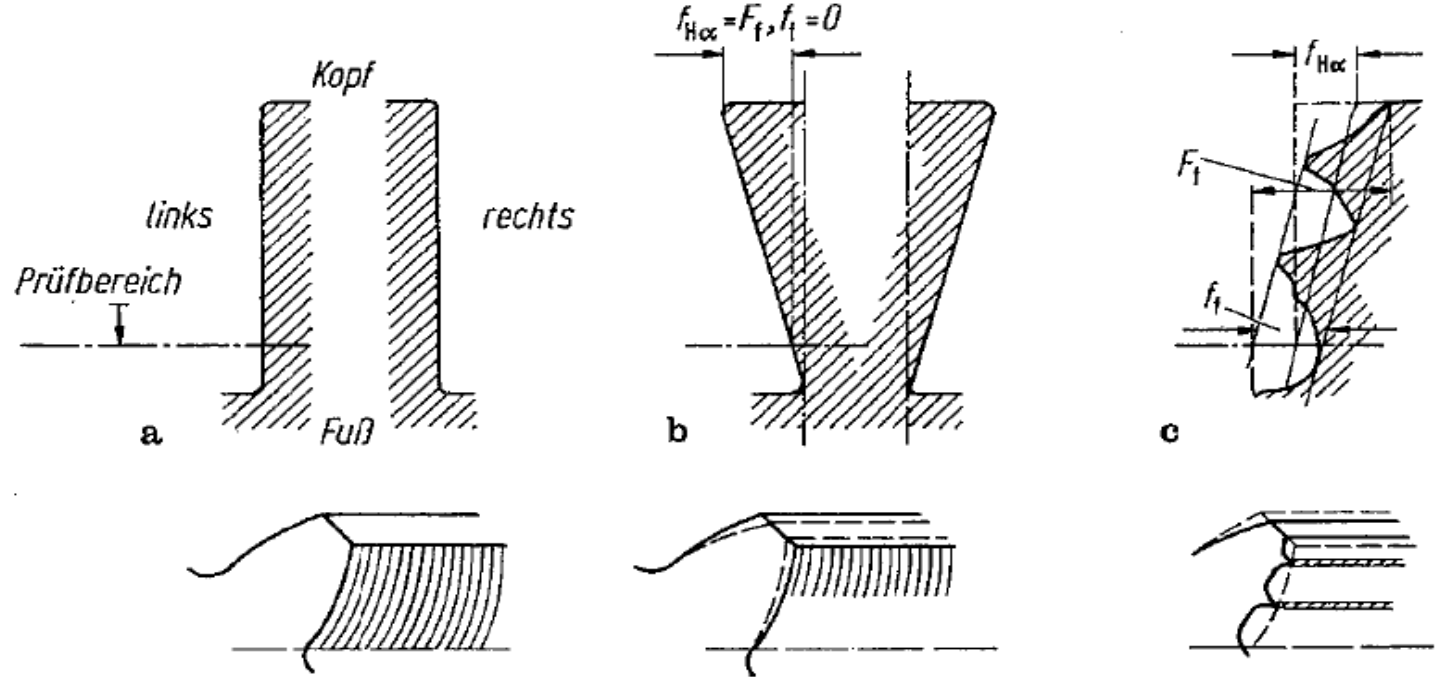
Not: AGMA eski norm kaliteleri ISO ile aynı değildir. Aralarında yaklaşık olarak 17 sayı fark vardır.

AGMA2000-A88 \approx (17 – ISO Kalitesi)

Örnek: ISO 8.Kalite \approx AGMA 9.Kalite



Profil Sapmaları



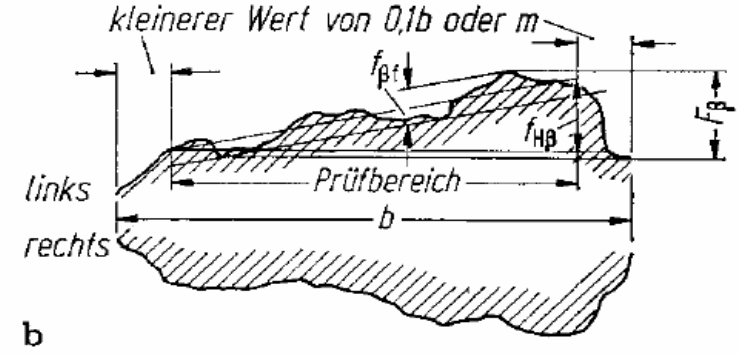
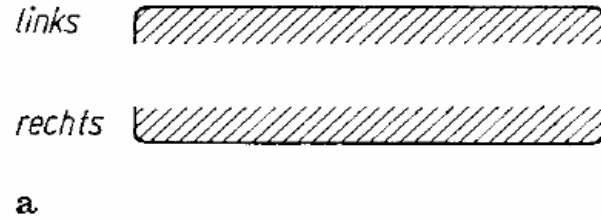
F_f Toplam profil sapma

f_f Profil form sapması

$f_{H\alpha}$ Profil açı sapması



Helis Sapmaları



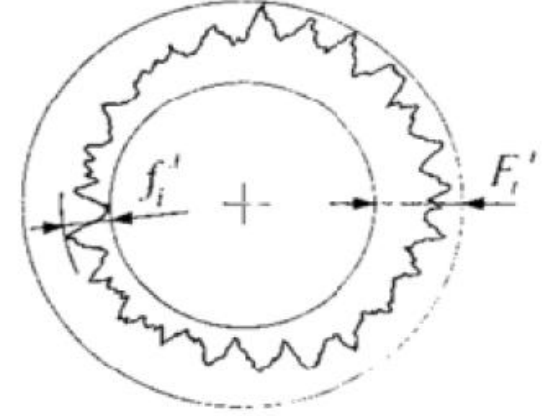
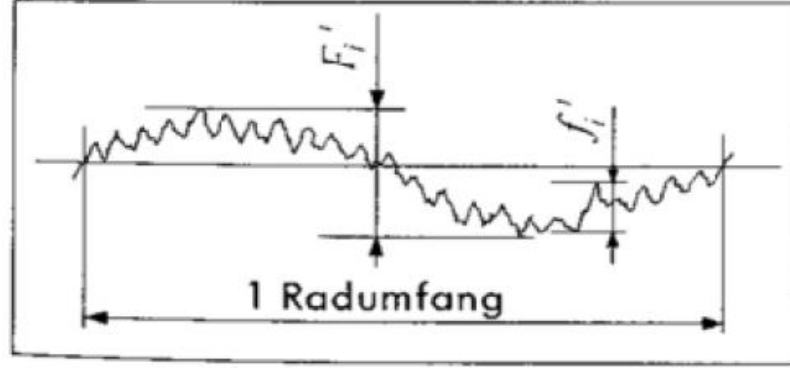
F_{β} Toplam helis sapması

$f_{f\beta}$ Helis form sapması

$f_{H\beta}$ Helis açığı sapması



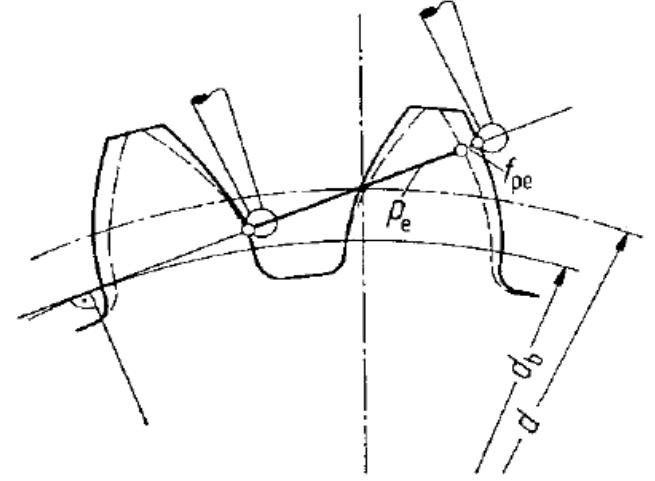
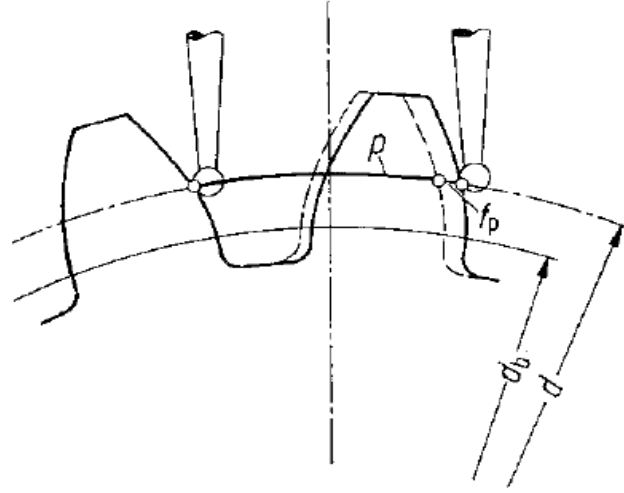
Birleşik Adım Sapmaları



- F_i' Toplam teğetsel adım sapması
- f_i' Dişten dişe teğetsel adım sapması
- F_i'' Toplam radyal adım sapması
- f_i'' Dişten dişe radyal adım sapması



Adım Sapmaları

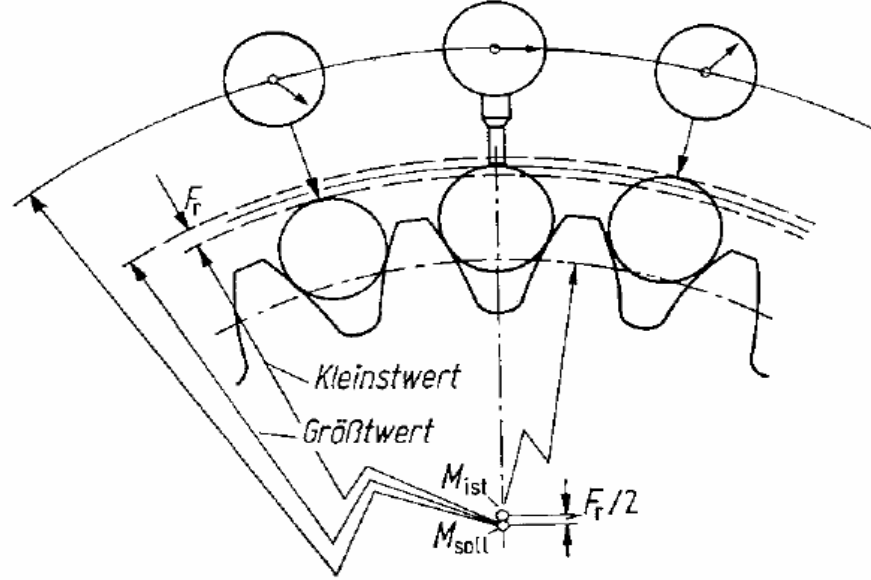


f_p Taksimat dairesindeki tek diş adım sapması

f_{pe} Temel dairesindeki tek diş taksimat sapması



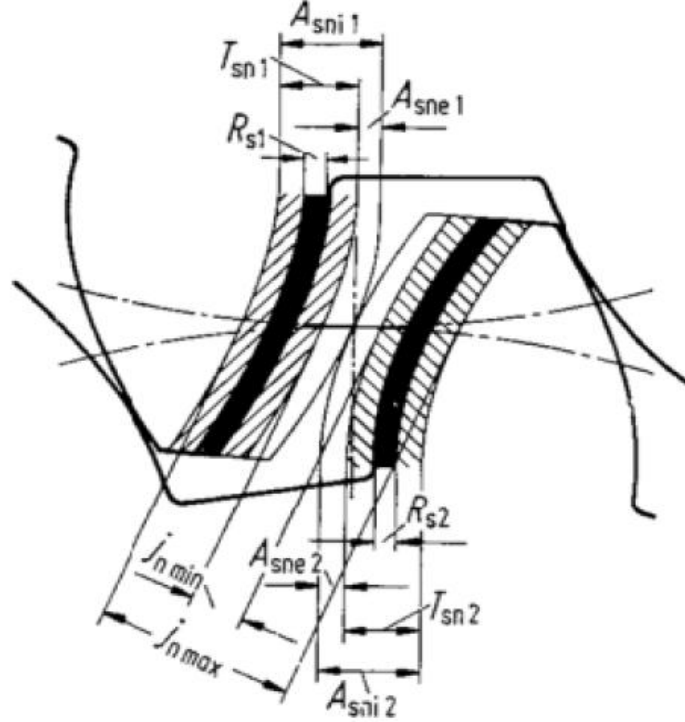
Eş Merkezlik Sapması (Radyal Salgı)



F_r Radyal salgı



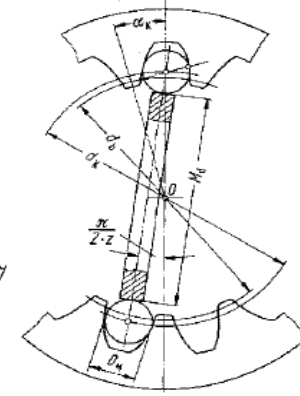
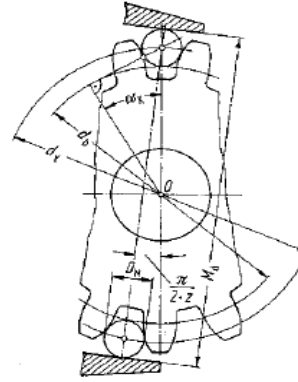
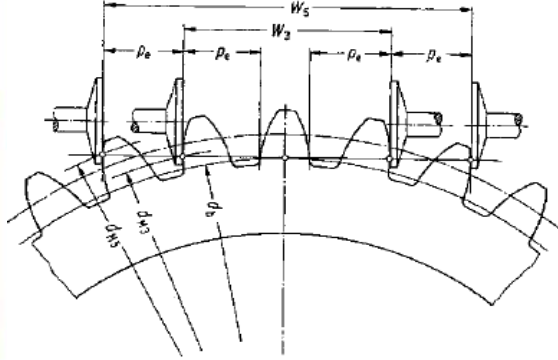
Diş Kalınlık Değişimi



R_s Diş kalınlık değişimi



Dişli Kalınlık Ölçüm Yöntemleri



Dişli ölçüm tezgahı

