

DİŞLİ MUKAVEMETİ



1.Yüzey Basınç (Pitting) Kontrolü, ISO6336:2006

$$\sigma_H = Z_B \cdot \sigma_{HO} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_v \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \leq \sigma_{HP}$$

$$\sigma_{HO} = Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_t}{d_1 \cdot b} \cdot \frac{u+1}{u}}$$

σ_{HO} = Nominal yüzey basıncı

K faktörleri = Çalışma şartlarına uygun düzeltme katsayıları



Yüzey Basınç (Pitting) Kontrolü, ISO6336:2006

F_t = Teğetsel dişli yükü

d_1 = Taksimat dairesi çapı

b = Dişli genişliği

u = Çevrim oranı z_2/z_1

Z_B = Tek dişli temas faktörü

Z_H = Referans dairesinden taksimata dönüştürme katsayısı

Z_E = Elastisite modülü katsayısı

Z_ϵ = Kavrama oranı katsayısı

Z_β = Helis açısı faktörü

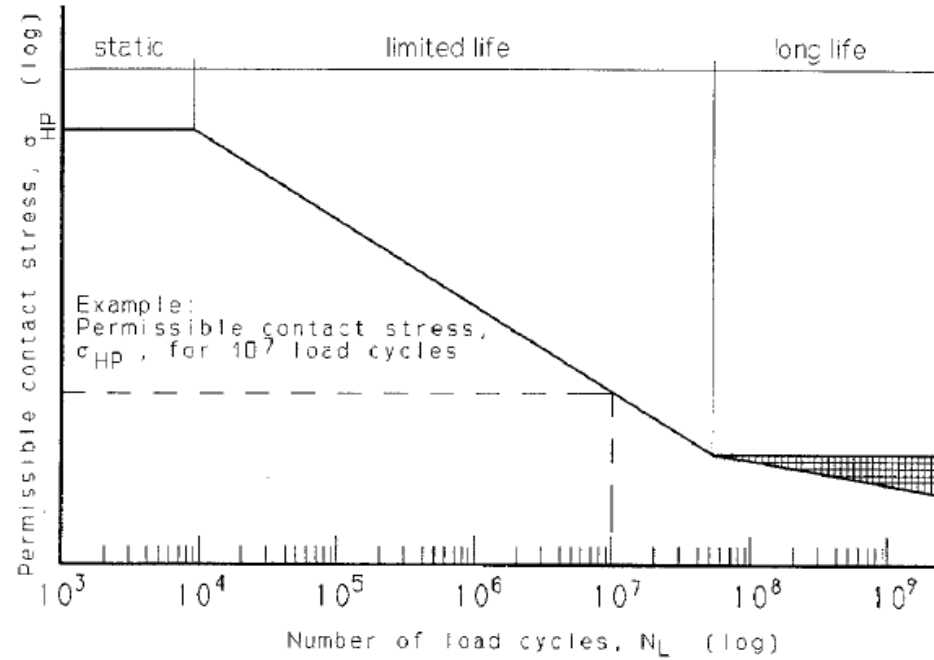
σ_H = Yüzey gerilmesi

σ_{H0} = Taksimat dairesindeki yüzey gerilmesi

σ_{HP} = Müsaade edilen yüzey gerilmesi



Müsaade Edilen Yüzey Gerilmesi



$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT}}{S_{Hmin}} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X = \frac{\sigma_{HG}}{S_{Hmin}}$$



Müsaade Edilen Yüzey Gerilmesi

- S_{Hmin} = Gerekli emniyet katsayısı
 Z_x = Dişli büyüklük katsayısı
 Z_w = Dişli malzeme eşleşme katsayısı
 Z_R = Yüzey pürüzlülük katsayısı
 Z_V = Hız faktörü
 Z_L = Yağlama faktörü
 Z_{NT} = Ömür faktörü
 σ_{HG} = Müsaade edilen düzeltilmiş yüzey gerilmesi
 σ_{Hlim} = Müsaade edilen referans yüzey gerilmesi
 σ_{HP} = Emniyetli yüzey gerilmesi



Müsaade Edilen Referans Yüzey Gerilmesi (σ_{Hlim})

Malzemeye bağlı σ_{Hlim} değerleri ISO 6336:2006 Bölüm 5' de verilmiştir. Yüzey sertliği ve malzeme kalitesine bağlı olarak referans gerilme değeri okunabilir.

Malzeme Kalite Grupları:

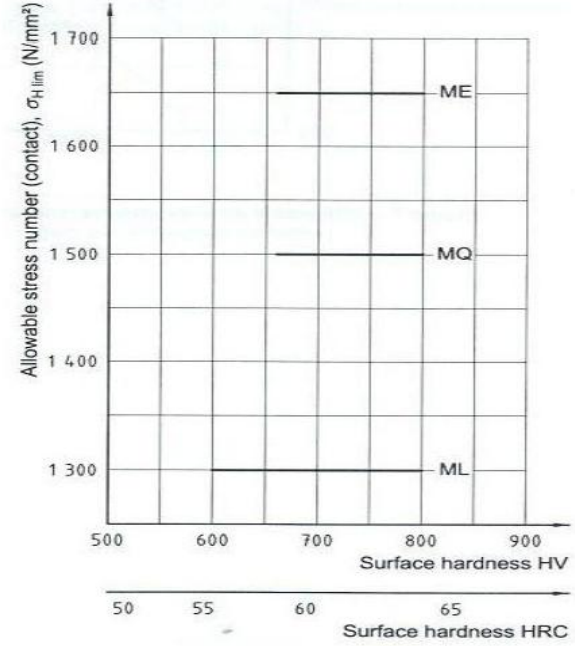
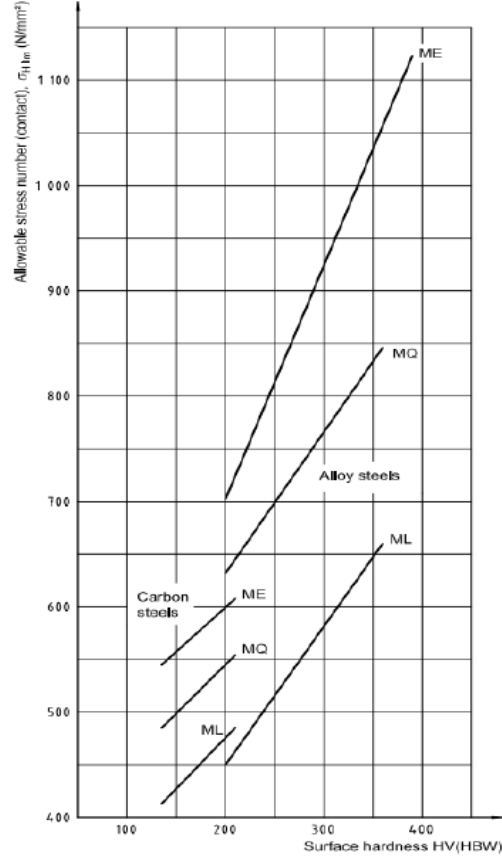
ME: Yüksek güvenilirlik gereksinimi.

MQ: Genel endüstriyel uygulamalar ve orta düzey güvenilirlik gereksinimi.

ML: Düşük seviye güvenlik gereksinimi.



Müsaade Edilen Referans Yüzey Gerilmesi (σ_{Hlim})



Yüzey sertleştirilmiş dişliler.

Komple sertleştirilmiş dişliler.



2. Dişdibi Gerilmesi Kontrolü, ISO6336:2006

$$\sigma_{FO} = \frac{F_t}{bm_n} \cdot Y_F \cdot Y_S \cdot Y_\beta$$

$$\sigma_F = \sigma_{FO} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \leq \sigma_{FP}$$

σ_{FO} = Nominal dişdibi gerilmesi

K faktörleri = Çalışma şartlarına uygun düzeltme katsayıları



2. Dişdibi Gerilmesi Kontrolü, ISO6336:2006

F_t = Teğetsel dişli yükü

m_n = Normal modül

b = Dişli genişliği

Y_F = Dişdibi form faktörü

Y_S = Çentik faktörü

Y_β = Helis açısı faktörü

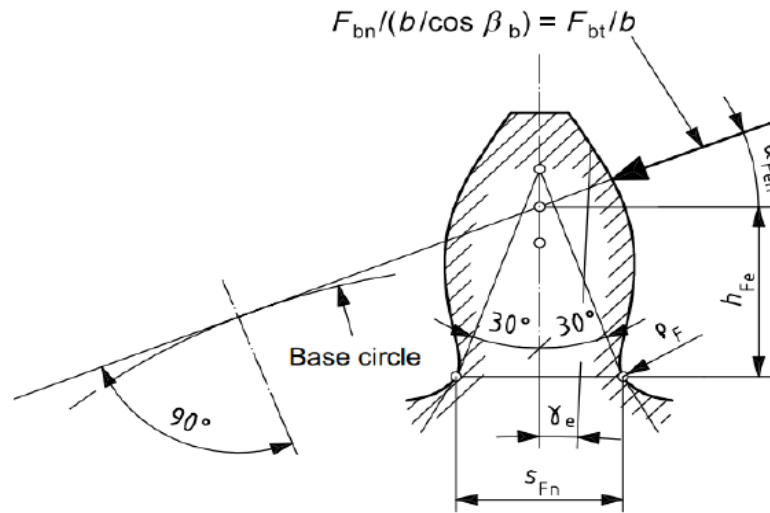
σ_F = Dişdibi gerilmesi

σ_{F0} = Nominal dişdibi gerilmesi

σ_{FP} = Müsaade edilen dişdibi gerilmesi



Dişli Form Faktörü



$$Y_F = \frac{6 \cdot h_{Fe} \cdot \cos \alpha_{Fen}}{m_n} \cdot \frac{1}{\left(\frac{S_{Fn}}{m_n} \right)^2 \cdot \cos \alpha_n}$$

AGMA 2001

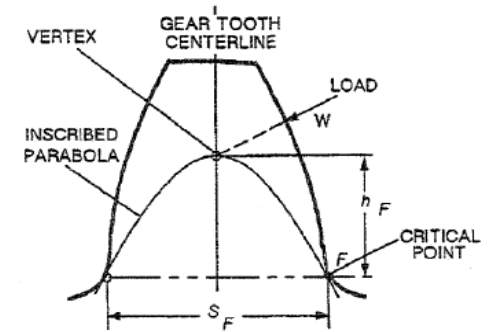


Fig 5-7 Critical Point of Maximum Bending Stress

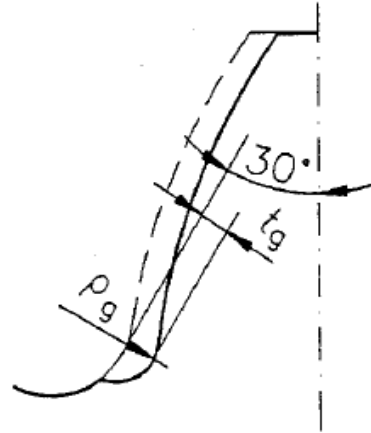


Dişdibi Çentik Faktörü

$$Y_S = (1.2 + 0.13 \cdot L) \cdot q_s \left[1.21 + \frac{2.3}{L} \right]^{-1}$$

$$L = \frac{S_{Fn}}{h_{Fe}}, \quad q_s = \frac{S_{Fn}}{2\rho_F}$$

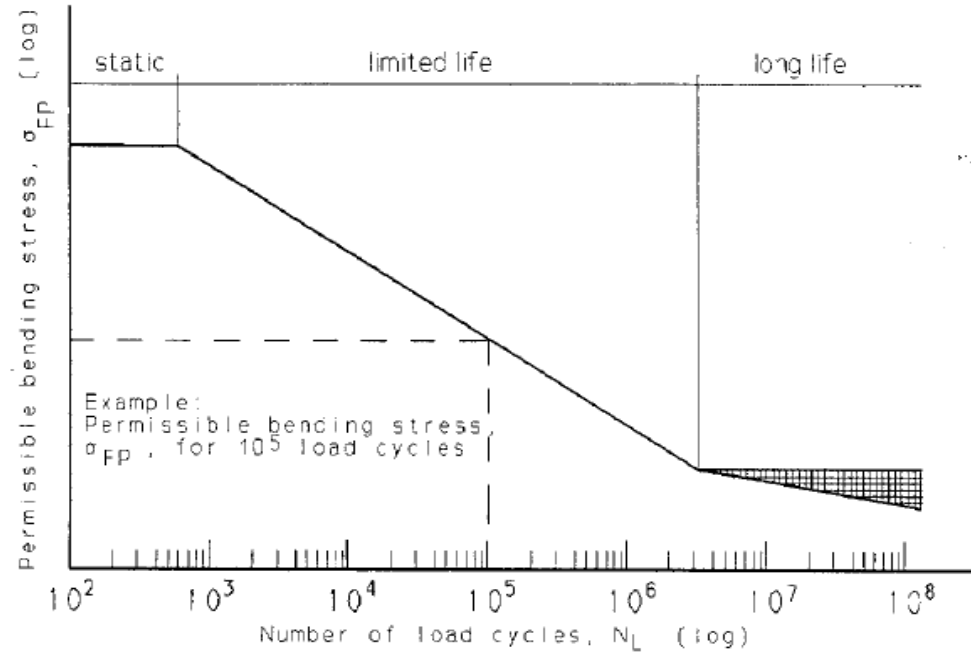
Taşlanmış dişliler için aşağıdaki formül kullanılır;



$$Y_{Sg} = \frac{1.3 \cdot Y_S}{1.3 - 0.6 \cdot \sqrt{\frac{t_g}{\rho_g}}}$$



Müsaade Edilen Dişdibi Gerilmesi



$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT}}{S_{Fmin}} \cdot Y_{\delta relT} \cdot Y_{RrelT} \cdot Y_X = \frac{\sigma_{FG}}{S_{Fmin}}$$



Müsaade Edilen Dişdibi Gerilmesi

SF_{min} = Gerekli emniyet katsayısı

Y_{ST} = Gerilim düzeltme katsayısı

Y_{NT} = Ömür faktörü

$Y_{\sigma_{relT}}$ = Çentik hassasiyet faktörü

$Y_{R_{relT}}$ = Yüzey pürüzlülük faktörü

Y_X = Malzeme büyüklük fakötrü

σ_{FG} = Müsaade edilen düzeltilmiş dişdibi gerilmesi

σ_{Flim} = Müsaade edilen referans dişdibi gerilmesi

σ_{FP} = Emniyetli dişdibi gerilmesi



Müsaade Edilen Referans Dişdibi Gerilmesi (σ_{Flim})

Malzemeye bağlı σ_{Flim} değerleri ISO 6336:2006 Bölüm 5' de verilmiştir. Malzeme çekirdek sertliği ve malzeme kalitesine bağlı olarak referans gerilme değeri okunabilir.

Malzeme Kalite Grupları:

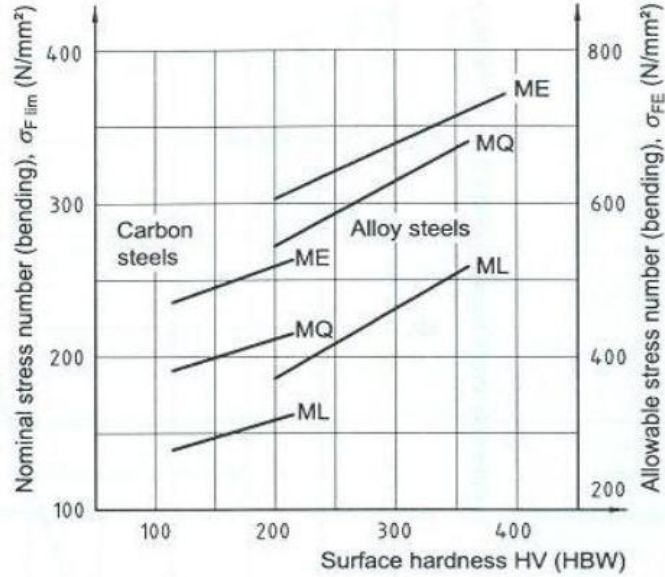
ME: Yüksek güvenilirlik gereksinimi.

MQ: Genel endüstriyel uygulamalar ve orta düzey güvenilirlik gereksinimi.

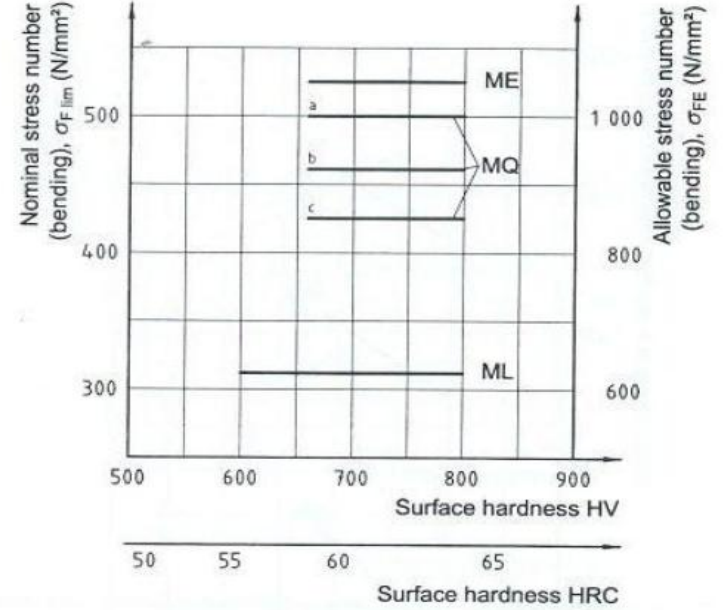
ML: Düşük seviye güvenlik gereksinimi.



Müsaade Edilen Referans Dişdibi Gerilmesi (σ_{Flim})



Komple sertleştirilmiş dişliler.



Yüzey sertleştirilmiş dişliler.



K Katsayıları

Uygulama Katsayı, K_A

Tahrik eden makinanın yük sınıfı	Tahrik edilen makinanın yük sınıfı			
	Düzgün	Hafif darbeli	Orta darbeli	Ağır darbeli
Düzgün	1,0	1,25	1,5	1,75
Hafif darbeli	1,1	1,35	1,6	1,85
Orta darbeli	1,25	1,5	1,75	2,0
Ağır darbeli	1,5	1,75	2,0	>2,25



K Katsayıları

Eşdeğer Tork, T_{eq}

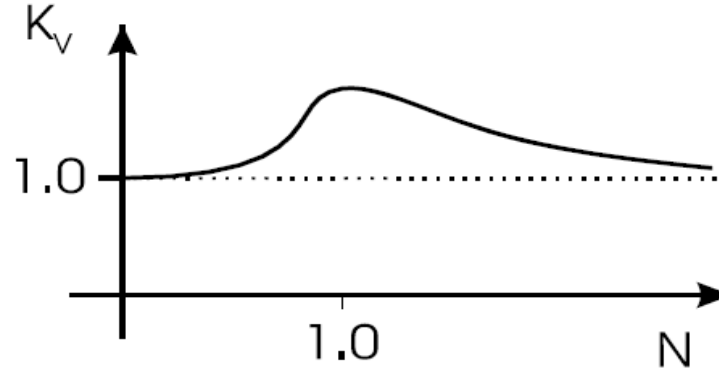
$$T_{eq} = \sqrt[p]{\frac{\sum T_i^p n_i}{N}}, \quad K_A = \frac{T_{eq}}{T_n}$$

Isıl İşlem	Yüzey Basınç (Pitting)		Dişdibi	
	p	N_{Lref}	p	N_{Lref}
Yüzey sertleştirme	6,610	5×10^7	8,738	5×10^7
Komple sertleştirme	6,610	5×10^7	6,225	5×10^7
Nitrasyon	5,709	5×10^7	17,035	5×10^7
Nitro-karbürizasyon	15,715	5×10^7	84,003	5×10^7



K Katsayıları

Dinamik Yük Katsayı, K_v



$$n_{E1} = \frac{30 \cdot 10^3}{\pi \cdot z_1} \cdot \sqrt{\frac{c_\gamma}{m_{red}}}$$

Hıza ve rijitliğe bağlı oluşan ek yükleri referans alır.



K Katsayıları

Helis Yönünde Yük Dağılım Faktörleri, $K_{H\beta}$ (Diş yüzeyi), $K_{F\beta}$ (Dişdibi)

- Dişli genişliği boyunca olan yük dağılım değişimini göz önüne alır.

Yük dağılım bozukluğunun sebepleri;

- Dişli, mil, rulman, gövde ve benzeri yük alan elemanların deformasyonları
- Dişli ve millerin konum tolerans ve imalat hataları



K Katsayıları

$K_{H\beta}$ (Diş yüzeyi)

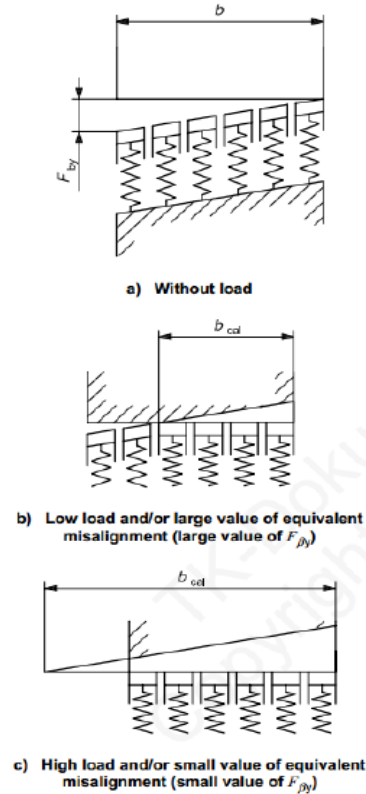


Figure 7 — Distribution of load along face width with linear equivalent misalignment (illustration of principle)

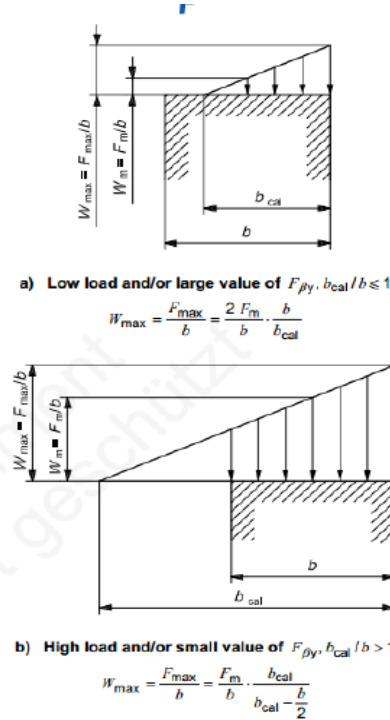


Figure 8 — Calculation of load per the unit face width $(F/b)_{max}$ with linear distribution of the load on the face width $F_m = (F_t K_A K_v)$

$$\frac{b_{cal}}{b} > 1:$$

$$K_{H\beta} = 1 + \frac{F_{\beta y} \cdot c_\gamma}{2 \cdot F_m / b}$$

$$\frac{b_{cal}}{b} = 0.5 + \sqrt{\frac{2 \cdot F_m / b}{F_{\beta y} \cdot c_\gamma}}$$

$$\frac{b_{cal}}{b} \leq 1:$$

$$K_{H\beta} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{\beta y} \cdot c_\gamma}{F_m / b}} \geq 2$$

$$\frac{b_{cal}}{b} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_m / b}{F_{\beta y} \cdot c_\gamma}}$$



K Katsayıları

Profil Yönünde Yük Dağılım Faktörleri, $K_{H\alpha}$ (Diş yüzeyi), $K_{F\alpha}$ (Dişdibi)

$$\varepsilon_\gamma \leq 2 : K_{H\alpha} = K_{F\alpha} = \frac{\varepsilon_\gamma}{2} \cdot \left(0.9 + 0.4 \cdot \frac{c_\gamma \cdot (f_{pb} - y_\alpha)}{F_{tH} / b} \right)$$

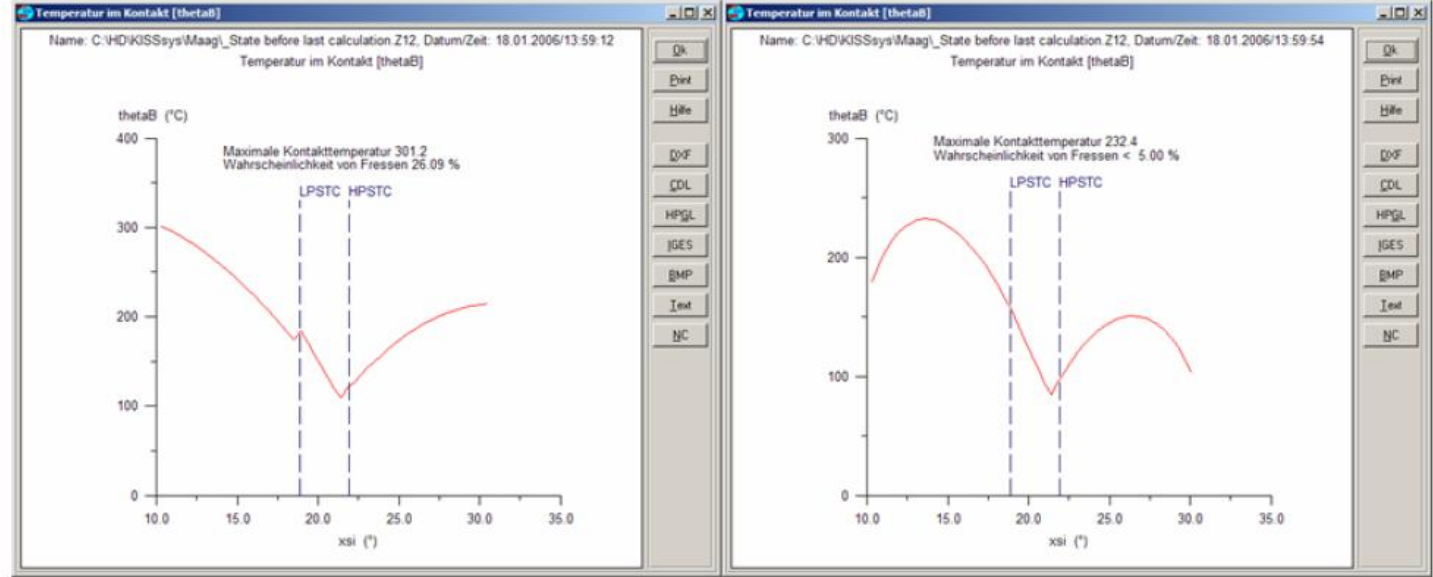
$$\varepsilon_\gamma > 2 : K_{H\alpha} = K_{F\alpha} = 0.9 + 0.4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (\varepsilon_\gamma - 1)}{\varepsilon_\gamma} \cdot \frac{c_\gamma \cdot (f_{pb} - y_\alpha)}{F_{tH} / b}}$$

- Dişli profili boyunca olan yük dağılım değişimini göz önüne alır.
- Yük dağılım bozukluğunun sebepleri;
- Dişli, mil, rulman, gövde ve benzeri yük alan elemanların deformasyonları
 - Dişli ve millerin konum tolerans ve imalat hataları
 - Kavrama oranına bağlı olarak dişlilerin kavramaya giriş ve çıkış anlarındaki yük paylaşımları
 - Profil modifikasyonları



Diğer Dişli Kontrolleri

Aşınma (Scuffing / Scoring)

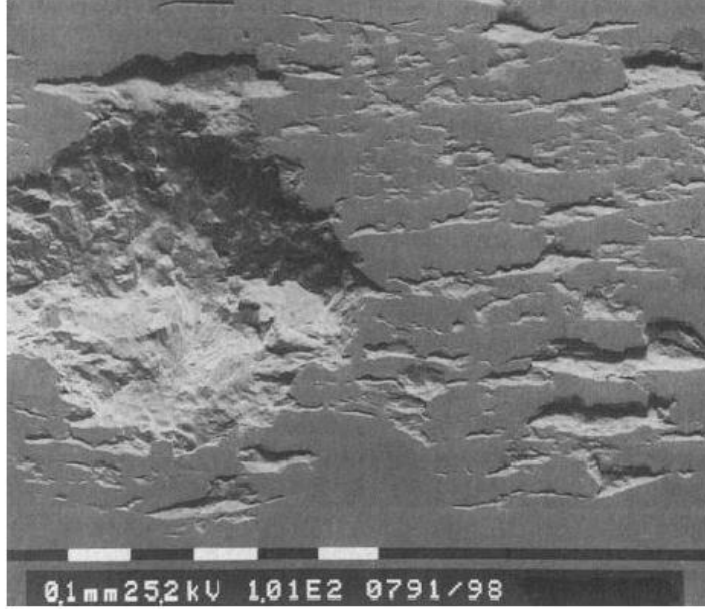


Kavrama doğrusunun giriş ve çıkış noktalarına yakın bölgelerde yüksek kayma hızlarından dolayı meydana gelen yüksek ısı artışları ile beraber bölgesel olarak yağ filminin incilmesi ve kısmi metal-metal temasının gerçekleşmesi ile olur.



Diğer Dişli Kontrolleri

Mikropitting



Yeterli yağlama koşullarının sağlanamaması veya aşırı yüzey basınçları nedeni ile görünen dişli yan yüzeyinin alt kısmından başlayarak yüzeye doğru yayılan minik çukurcuklar nedeni ile oluşur. Önce ses artışı ve sonrasında dişlinin komple bozulması ile sonuçlanır.

