

DİŞLİ ÇARKLARDA YENME HESABI YÖNTEMLERİ: BİR TARAMA

KISIM IIB: *Sıcaklığa Dayalı Yöntemler*

Talat TEVRÜZ

Çalışmanın I. Kısmı'nda diş profili üzerindeki "Basınca Dayalı Yöntemler", IIA Kısmı'nda diş profilindeki "Noktasal Sıcaklığa Dayalı Yöntem", Bu kısımda diş profilindeki "Ortalama Sıcaklığa Dayalı Yöntemler" sunum sırasına göre verilerek irdelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Dişli Çarklarda Yenme Hesabı, Yenme.

In Part I of the study, the methods were based on pressure on the tooth profile; whereas in Part IIA, the method was based on contact temperature on the tooth profile. In this part of the study, the methods based on mean temperature on the tooth profile are given and are analyzed.

Keywords: The account of corrosion in cog wheels, corrosion

Ortalama Sıcaklığa Dayalı Yöntemler ¹

Seitzinger'e Göre Yenme Hesabı

Niemann ve Lechner tarafından çeşitli hızlarda ölçülen dış profil sıcaklıkları, bu sıcaklıkların hız ile arttığını göstermiştir [1,2]. Daha sonra yapılan ölçmelere de dayanarak Seitzinger, ortalama profil sıcaklığının hız ile artışının yenme olayında bir kriter olarak kullanılabileceği fikrinden hareketle, 1971 yılında yöntemini ortaya koymuştur [3,4,5].

Seitzinger, yönteminde, hesaplanan dış profil sıcaklığı ile, bir yenme testinden meselâ FZG-Testi A/8.3/90 dan hesaplanan kritik ortalama profil sıcaklığını mukayese etmektedir. Hesaplarda etkili büyüklüklerin ortalama değerleri kullanılmaktadır. Yöntem, öneminden dolayı aşağıda nispeten detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Seitzinger'e göre, ortalama profil sıcaklığı, yağ sıcaklığı ve dişteki kayıp güçten dolayı meydana gelen sıcaklığın toplamından ibarettir. Bu cümleden olarak Seitzinger ana denklemi şu şekilde ifade etmektedir:

$$t_{Om} = t_{Yağ} + t_i = t_{Yağ} + \frac{P_{vz}}{q \cdot A_w \cdot h_c} \quad (30)$$

Burada:

t_{Om} , C°, ortalama profil sıcaklığı,

$t_{Yağ}$, C°, yağ sıcaklığı (püskürtmeli yağlama yönteminde püskürtme sıcaklığı, daldırmalı yağlama yönteminde kutudaki yağın sıcaklığı),

t_i , C°, kayıp güçten meydana gelen sıcaklık,

P_{vz} , k.kal/s, kavrama doğrusu üzerindeki ortalama diş kayıp gücü,

q , -, yağ vasıtasıyla atılan ısıyı belirten bir faktör,

A_w , mm², ısının iletilmesinde etkili olan yüzey,

h_c , k·kal/mm²·s· C°, ısı iletim sabiti.

* İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi

¹ Verilmeyen faktörler ilgili kaynaktan alınacaktır.

Ortalama diş kayıp gücü P_{vz} nin tayini

$$P_{vz} = \mu \cdot P_1 \cdot H_v \quad (k \cdot \text{kal/s}) \quad (31)$$

Burada:

μ , - , sürtünme katsayısı (Aslında bu, Bölüm 3.2.2.'deki kavramadaki ortalama sürtünme katsayısı μ_m olmaktadır; ancak, Zeitzinger'in notasyonu değiştirilmemiştir),

P_1 , k·kal/s, kavramada nakledilen güç,

H_v , - , Ohlendorf'a göre diş kayıp faktörü [6] .

$$H_v = \frac{\pi \cdot (i+1)}{z_1 \cdot i} \cdot (1 - \varepsilon + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2) \quad (32)$$

Sürtünme katsayısının çeşitli tarzlarda, meselâ şu tarzlarda tespiti mümkündür:

- K. Stössel'in sürtünme kasnakları ile yaptığı deneylerle tespit ettiği çeşitli yağların sürtünme katsayıları arasında kullanılacak yağ için olanı varsa, direk olarak bu değer alınır; yoksa, deney bizzat gerçekleştirilerek sürtünme katsayısı tespit edilir [7,8] ;
- Ohlendorf tarafından sunulan yöntemle göre sürtünme katsayısı hesaplanır [9];
- Yukarıdaki her iki tespit şeklide kullanılamıyorsa yaklaşık bir değer almak mümkündür. Meselâ gresle yağlamada olduğu gibi.

Isı İletim sabiti h_c nin tayini

Diş profilinden geçerek atılan ısı miktarını gösteren bir sabite olup, aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$h_c = 1,85 \cdot 10^{-7} \cdot X_T \cdot \left(\frac{v_{km}}{2,5} \right)^{0,35} \cdot \left(\frac{P_{Hm}}{110} \right)^{1,1} \quad (33)$$

Burada:

X_T , - , yağ sıcaklığı faktörü,

v_{km} , m/s, kavramadaki ortalama kayma hızı,

P_{Hm} , daN/mm², yuvarlanma noktasındaki ortalama Hertz basıncı.

Kavrama oranını küçültecek şekilde fazlaca profil kaydırma yapılacak olursa, tek diş çiftinin kavramada olduğu bölgedeki ortalama Hertz basınçlarının ortalaması alınır.

Eğik dişli çarklarda ortalama Hertz basıncı P_{Hm} 'yi basitleştirilmiş olarak şu şekilde hesaplamak mümkündür:

$$\varepsilon_{top} = \varepsilon + \varepsilon_{at}$$

$$\varepsilon_{top} \leq 2.0 \quad \text{için} \quad P_{hm} \approx (1.0F_n)^{0.5}$$

$$2.0 < \varepsilon_{top} \leq 3.0 \quad \text{için} \quad P_{hm} \approx (0.8F_n)^{0.5}$$

$$\varepsilon_{top} > 3.0 \quad \text{için} \quad P_{hm} \approx (0.65F_n)^{0.5}$$

Yağ sıcaklığı faktörü

$$X_T = 1 + k_T \cdot \left(\frac{t_{Yağ}}{90} - 1 \right)^2 \quad (34)$$

dir. Burada k_T bir parametre olup,

$$\text{saf mineral yağlarda:} \quad k_T \approx 3 \dots 2$$

$$\text{orta katırlı mineral yağlarda:} \quad k_T \approx 1 \dots 2$$

$$\text{yüksek katırlı mineral yağlarda:} \quad k_T \approx 1 \dots 0.8$$

Etkili yüzey A_w 'nin tespiti

Etkili yüzey A_w , pinyon ve çarkın aktif diş profil yüzeylerinin eşdeğeridir.

$$A_w = A_{Pi} + \frac{A_{Ça}}{X_i} \quad (35)$$

A_{Pi} , mm², pinyonun aktif diş profil yüzeyi,

$A_{Ça}$, mm², çarkın aktif diş profil yüzeyi,

X_i , - , bir faktör (İşletme esnasında, çarkın diş

profilinin pinyonunkinden daha fazla soğuduğunu ve ayrıca artan çevrim oranı ile bu soğumanın pinyonunkinden daha fazla olduğunu dikkate alır).

$$X_i = 1 + 0.11(i - 1.0)^2 \quad (36)$$

$$A_{Pi} = \frac{\pi d_1 b \varepsilon}{\cos \beta_g} \left[\sin \alpha + \frac{\pi \cos \alpha}{z_1} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \right] \quad (37)$$

$$A_{Ca} = \frac{\pi d_2 b \varepsilon}{\cos \beta_g} \left[\sin \alpha + \frac{\pi \cos \alpha}{z_2} (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \right] \quad (38)$$

Yağ vasıtası ile atılan ısı için q faktörünün tespiti

$$q = \left(1 + \frac{300}{a \sqrt{v \cos \beta_0}} X_Q \right) X_s X_b \quad (39)$$

Burada:

X_Q , -, yağ miktarı faktörü,

X_s , -, yağlama yöntemi faktörü (yağlama yöntemlerinin farklı soğutucu etkilerini dikkate alır),

X_b , -, diş genişliği faktörü.

Q, dakikada püskürtülen yağ miktarı olmak üzere:

$$\frac{Q}{b} \geq 0.1 \text{ l/(mm.dak)} \quad \text{için} \quad X_Q = 1.0$$

$$\frac{Q}{b} < 0.1 \text{ l/(mm.dak)} \quad \text{için} \quad X_Q = 10 \frac{Q}{b}$$

$$\text{Daldırmalı yağlama yönteminde} \quad X_Q = 1$$

$$\text{Püskürtmeli yağlama yönteminde} \quad X_s = 1.0$$

$$\text{Daldırmalı yağlama yönteminde} \quad X_s = 1.13$$

$$b \geq 20 \text{ mm için} \quad X_b = 1$$

$$b < 20 \text{ mm için} \quad X_b = 1.0 + 2.8(10^{-3})(20 - b)^2$$

Kritik ortalama profil sıcaklığının tespiti

Seitzinger, yapmış olduğu deneylere istinaden, kritik ortalama profil sıcaklığının yağ cinsine bağlı olmak üzere hız ile lineer arttığını kabul etmiştir.

$$T_{Om} = T_{Om8.3} + C_{Yağ} (v - 8.3) \quad (40)$$

Burada:

T_{Om} , C° , kritik ortalama profil sıcaklığı,

$T_{Om8.3}$, C° , FZG-Testi A/8,3/90 dan kullanılacak yağ için, yenme yükünde, denklem (30) ile hesaplanan ortalama profil sıcaklığı,

$C_{Yağ}$, C° / (m/s), kritik ortalama profil sıcaklığının çevresel hız ile yükselmesi, m/s, çevresel hız.

Denklem (40), FZG-Testi A/16.6/90 için de yazılacak olursa

$$T_{Om} = T_{Om16.6} + C_{Yağ} (v - 16.6) \quad (41)$$

(40) ve (41) denklemlerinden $C_{Yağ}$ tespit edilebilir. Eğer A/16.6/90 testi mevcut değilse şu değerler konulabilir:

$$\text{Saf mineral yağlar için:} \quad C_{Yağ} = 0.5 \dots 2.0$$

$$\text{Orta katkılı mineral yağlar için:} \quad C_{Yağ} = 1.5 \dots 3.5$$

$$\text{Yüksek katkılı mineral yağlar için:} \quad C_{Yağ} = 3.0 \dots 7.0$$

Emniyet katsayısının tarifi

Seitzinger, yenme-emniyet katsayısını diğer yöntemlerde olduğu gibi, mekanizmanın kritik normal diş kuvvetinin gerçek normal diş kuvvetine oranı olarak tarif etmektedir:

$$S_F = \frac{F_{nkr}}{F_{neff}} \quad (42)$$

$$F_{nkr} = F'_{nkr} X_K X_R X_W X_D \quad (43)$$

Burada:

F'_{nkr} , daN, kritik ortalama profil sıcaklığı T_{Om} ile denklem (30) dan hesaplanan normal diş kuvveti,

X_K , -, diş başı daraltması faktörü [1,3],

X_R , -, pürüzlülük faktörü [1,3],

X_W , -, malzeme faktörü [1],

X_D , -, dönme yönü faktörü (pinyonun veya çarkın

tahrik ettiğini dikkate alır [1]);

$$F_{neff} = F_n' K_o K_v K_m \quad (44)$$

Burada:

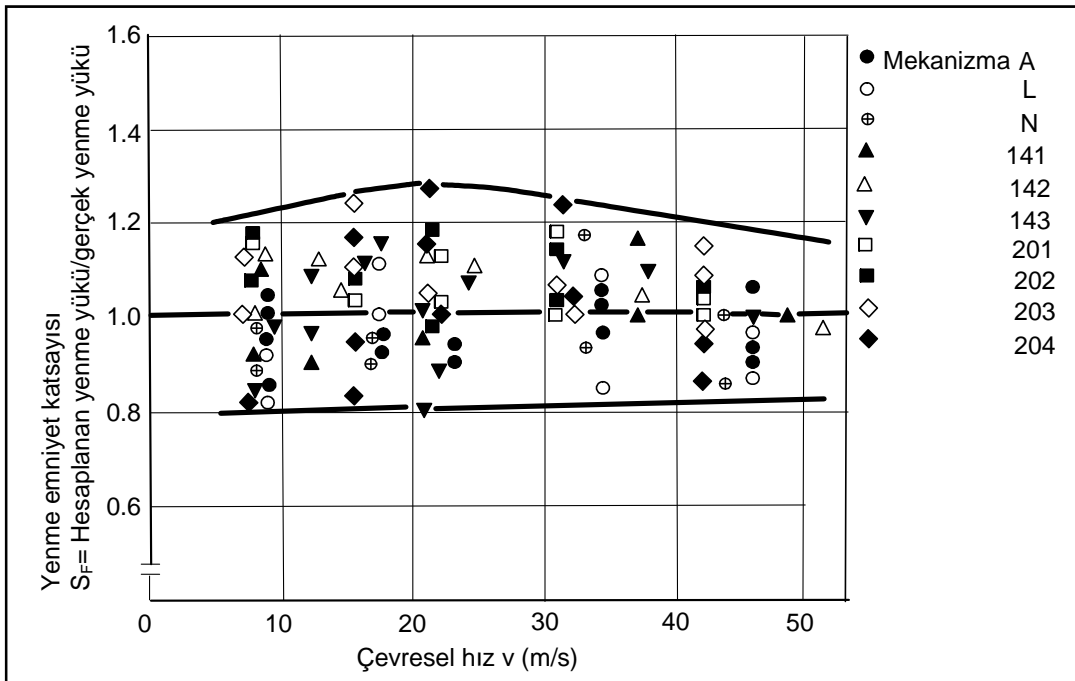
F_n' , daN, normal diş kuvveti (kavrama nakledilen güçten hesaplanır),

K_o , -, çalışma faktörü [10],

K_v , -, dinamik faktör [10],

K_m , -, yük dağılım faktörü [10],

Ancak; burada karşılaşılabilecek güçlük, yağın katkı durumuna bağlı olan k_T parametresinin seçiminde ve kritik ortalama profil sıcaklığının hız ile yükselmesinin ($C_{Yağ}$) seçiminde ortaya çıkmaktadır. Fakat, Seitzinger, bir makalesinde yağların FZG-Testi A/8.3/90 daki yenme yüküne göre $C_{Yağ}$ seçimini tavsiye ederek, $C_{Yağ}$ seçimindeki güçlüğü gidermiştir [4]. Kanaatimce k_T parametresi de benzer şekilde seçilebilir. Bu yöntemle göre hesaplanan yenme yükü ile çizilmiş bulunan Şekil 8'de, dağılım aralığının diğer yöntemlere nispetle oldukça dar olduğu ve dengeli bir dağılımın mevcudiyeti görülmektedir. Buradan, yöntemin diğer yöntemlere nispetle çok daha güvenilir olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 8. Seitzinger'in Yöntemine Göre Hesaplanan Yenme Yükleri İle, Deneylerle Elde Edilen Yenme Yüklerinin Karşılaştırılması (k_1^2 yağı için [3,4]).

Görüldüğü gibi, Seitzinger'in metodu kolaylıkla uygulanabilecek bir yöntemdir.

Winter ve Michaelis'e Göre Yenme Hesabı (İntegral Sıcaklık Yöntemi)

Winter ve Michaelis, Seitzinger'in yöntemine göre

² k_1 , Seitzinger'in deneylerinde kullandığı orta katkılı mineral yağ.

yapılan hesap sonuçlarıyla deney sonuçlarının iyi bir uyuşma göstermelerinden hareketle, bu yöntemdeki k_T ve $c_{Yağ}$ değerlerinin tespitindeki güçlüğü ortadan kaldırmak amacıyla 1975 yılında sıcaklık esasına dayalı yeni bir yöntem ortaya koymuşlardır. Winter ve Michaelis, Blok tarafından ortaya koyulmuş bulunan lokal ve anı sıcaklıkları kavrama boyutu üzerinde integre edip, yine bu boyuta bölmek sureti ile ortalama bir temas sıcaklığı (integral sıcaklık) elde ederek, kritik ortalama temas sıcaklığı (kritik integral sıcaklık) ile mukayese etmektedirler (Şekil 9 a ve b) [11,12]. Hesaplar alın kesitinde yapılmaktadır. Bir diğer değişle, hesaplarda kullanılan bütün büyüklükler alın kesitindeki büyüklüklerdir.

$$t_i = t_M + B t_{Flm} = t_M + B \frac{\int t_{Fi} dx}{g_a} \quad (45)$$

Burada:

t_i , C°, integral sıcaklık,

t_M , C°, dişli çarkların kütle sıcaklığı,

t_{Flm} , C°, ortalama flaş sıcaklığı,

t_{Fi} , C°, flaş sıcaklığı,

g_a , mm, kavrama boyu,

B , -, kütle sıcaklığı ile ortalama flaş sıcaklığının yenme olayındaki farklı etkilerini dikkate alan bir faktör.

İntegral sıcaklık

Winter ve Michaelis, yöntemlerinde, deneylerinden istifade etmiş oldukları Lechner [1,15] ve Seitzinger'in [3,4] deney çarklarının modül sahası olan 3-12 mm modüller için, aşağıdaki denklemleri vermektedirler:

$$t_i = t_M + c_2 t_{Flm} \quad (46)$$

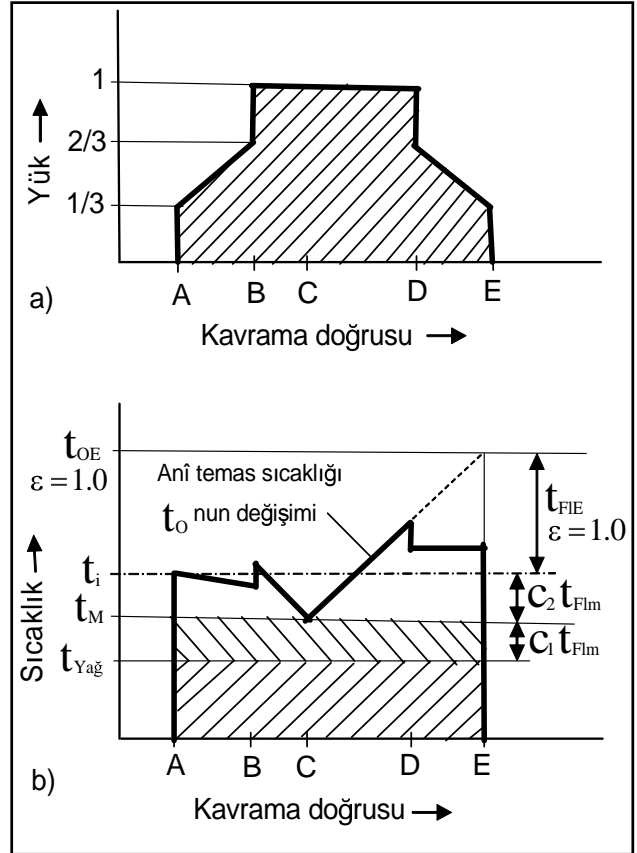
$$t_M = t_{Yağ} + c_1 t_{Flm} \quad (47)$$

$$t_i = t_{Yağ} + c t_{Flm} \quad (48)$$

Burada:

$t_{Yağ}$, C°, yağ sıcaklığı,

c_2 , -, integral sıcaklık üzerine kütle sıcaklığının ve ortalama flaş sıcaklığının farklı etkilerini dikkate alan bir faktör,



Şekil 9. İntegral Sıcaklık Yöntemi (Şematik) [11,12]. a) Kavramadaki Yük Dağılımı. b) Sıcaklıklar.

c_1 , -, kütle sıcaklığı üzerine yağ sıcaklığının ve ortalama flaş sıcaklığının farklı etkilerini dikkate alan bir faktör.

$$m=3-12 \text{ mm için: } c_1 = 0.7 ;$$

$$c_2 = 1.5 ; c = c_1 + c_2 = 2.2$$

$$t_{Flm} = t_{FIE} X_\epsilon X_\beta \quad (49)$$

t_{FIE} , C°, $\epsilon = 1.0$ için, yani diş çiftlerine yük dağılımı olmaksızın pinyonun dişbaşı kavrama noktasındaki (E) flaş sıcaklığı,

X_ϵ , -, kavrama oranı faktörü [11],

X_β , -, diş eğim açısı faktörü [11],

$$t_{FIE} = 2.52 \mu_m \left(\frac{F_n}{b} \right)^{0.75} n_i^{0.5} \frac{\sqrt{\rho_{1E}} - \sqrt{\rho_{2E}/i}}{4\sqrt{\rho_E}} \quad (50)$$

μ_m , - , kavramadaki ortalama sürtünme katsayısı
[hesap için [7,9,11,13]

F_n , N , yuvarlanma dairesindeki normal diş kuvveti
(alın kesitinde),

n_i , dev/s , devir sayısı,

ρ_{1E}, ρ_{2E} , mm, pinyon ve çarkın diş profillerinin
pinyonun diş başı kavrama noktası E deki eğrilik
yarıçapları.,

ρ_E , mm, E noktasındaki eşdeğer eğrilik yarıçapı ³.

Kritik İntegral Sıcaklık

Kritik integral sıcaklığı, bir yenme testinden integral
sıcaklığın hesabına benzer tarzda hesaplanmaktadır.

$$t_{ikr} = (t_{Yağ})_{Test} + C X_W X_S (t_{Blm})_{Test} \quad (51)$$

Burada:

t_{ikr} , C⁰, kritik integral sıcaklık,

X_W , - , malzeme faktörü [11],

X_S , - , yağlama yöntemi faktörü [11],

Yenme emniyet katsayısı

$$S = \frac{t_{ikr}}{t_i} > 1.8 \quad (52)$$

veya alışılan tarzda:

$$S_F = \frac{F_{nkr}}{F_{neff}} \quad (53)$$

Winter-Michaelis'e göre denklem (53)'teki S_F ,
aşağıdaki tarzda da yazılabilir:

$$S_F = \frac{t_{ikr} - t_{Yağ}}{t_i - t_{Yağ}} \quad (54)$$

Burada:

F_{nkr} , N , kritik integral sıcaklığı t_{ikr} ile denklem (48)
den hesaplanan normal diş kuvveti,

$$F_{neff} = F'_n \frac{K_0 K_v K_m K_\beta}{X_K X_D} \quad (55)$$

F'_n , N , yuvarlanma dairesindeki normal diş kuvveti
(alın kesitinde) (kavramada nakledilen güçten hesaplanır),

K_0 , - , çalışma faktörü,

K_v , - , dinamik faktör,

K_m , - , yük dağılım faktörü,

K_β , - , silindirik helisel dişli çarklar için yük dağılım
faktörü,

X_K , - , diş başı daraltması faktörü [1,11]

X_D , - , dönme yönü faktörü [1,11].

Yöntemde, kritik integral sıcaklığı t_{ikr} in hız ile
değişmediğinin kabul edilmesi veya ihmal edilmiş olması,
yöntemin mahsurlu taraflarından birini teşkil etmektedir.
Halbuki, yapılan deneyler kritik anî temas sıcaklığı t_{okr}
in hıza kuvvetle bağlı olduğunu göstermektedir (Kısım
IIA Şekil 4). Dolayısıyla, kritik integral sıcaklığı t_{ikr} de
hıza bağlı olmaktadır. Bir diğer husus, bir mekanizmada
yenme yükünün yağ sıcaklığına önemli ölçüde bağlı
olmasıdır [1,3,14,15,16]. Dolayısıyla, kritik integral
sıcaklık t_{ikr} de yağ sıcaklığına önemli ölçüde bağlıdır.
Yöntem, bu etkiyi de dikkate almamıştır. Diğer taraftan
yöntem, ancak 3-12 mm modüller için
uygulanabilmektedir. Bu da yöntemin bir diğer eksik
tarafını teşkil etmektedir.

³ $\frac{1}{\rho_E} = \frac{1}{\rho_{1E}} + \frac{1}{\rho_{2E}}$

SONUÇ

Winter ve Michaelis'in yöntemi, Seitzinger'in yöntemine göre genel olarak gerçektekinden çok daha fazla yenme yükü vermektedir [11]. Diğer taraftan Winter ve Michaelis'in yöntemine göre hesaplanan yenme yükünün, gerçek yenme yüküne oranı (S_F yenme emniyet katsayısı), çeşitli dişli mekanizmaları için büyük farklılıklar göstermektedir [11]. Halbuki, Seitzinger'in yöntemi bu bakımdan çok daha tatmin edicidir (Şekil 8, [11]).

SEMBOLLER

a , mm, eksenler arası mesafe

b , mm, diş genişliği

d_1, d_2 , mm, pinyonun ve çarkın yuvarlanma dairesi çapları

i , - , çevrim oranı

z_1, z_2 , - , pinyon ve çarkın diş sayıları

α , ° , alın kavrama açısı

β_0 , ° , taksimat dairesindeki diş eğim açısı

β_g , ° , temel dairesindeki diş eğim açısı

ε , - , kavrama oranı (alın kesitteki)

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$, - , sırası ile pinyon ve çarkın alın kesitindeki diş başı kavrama oranları

ε_{at} , - , atlama kavrama oranı (Helisel dişli çarklar için)

ε_{top} , - , toplam kavrama oranı

Endisler ve Simgeler

1 pinyon

2 çark

Mekanizma A,L,M,N,141,... Değişik araştırmacıların deneylerinde kullandıkları çark çiftlerine verdikleri isim.

KAYNAKÇA

1. **Lechner, G.**, Die Fress-Grenzlast bei Stirnrädern aus Stahl, Ph. D. Thesis, Technischen Hochschule, München, 1966.
2. **Niemann, G. ve Lechner, G.**, The measurement of surface temperatures on gear teeth, ASME-ASLE Conference, Washington, 1964, Paper No.64-Lub-17.
3. **Seitzinger, K.**, Die Erwärmung einsatzgehärteter Zahnäder als Kennwert für ihre Fresstragfähigkeit, Ph.D. Thesis, Technischen Universität, München, 1971.
4. **Niemann, G. ve Seitzinger, K.**, Die Erwärmung einsatzgehärteter Zahnäder als Kennwert für ihre Fresstragfähigkeit, VDI-Z, 113 (1971) 97-105.
5. **Michaelis, K.**, Die mittlere Oberflächentemperatur als Kriterium für die Fresstragfähigkeit, Fressen an Zandrädern, Stand der Berechnungsmethoden, FZG-Colloquium, München, 1973, pp. 31-60.
6. **Ohlendorf, H.**, Verlustleistung und Erwärmung von Stirnrädern, Ph.D. Thesis, Technischen Hochschule, München, 1959.
7. **Niemann, G., Stössel, K.**, Reibungszahlen bei elasto-hydrodynamischer Schmierung im Reibrad-und Zahnradgetrieben, Konstruktion, 23 (1971) 245-256.
8. **Stössel, K.**, Reibungszahlen unter elasto-hydrodynamischen Bedingungen, Ph. D. Thesis, Technischen Hochschule, München, 1971.
9. **Ohlendorf, H.**, Verlustleistung und Erwärmung von Stirnrädern, Ph.D. Thesis, Technischen Hochschule, München, 1959.
10. **Niemann, G., Çevirenler: Harzadın, G. ve Yurdakonar, S.**, Makina Elemanları, Cilt III, Güven Kitabevi, Ankara, 1960.
11. **Winter, H. ve Michaelis, K.**, Fresstragfähigkeit von Stirnradgetrieben, Antriebstechnik, 14 (1975) 405-409, 461-465.
12. **Niemann, G. ve Winter, H.**, Maschinenelemente, Band II, Springer-Verlag, London, Paris, Tokyo, 1989.
13. **Eiselt, H.**, Verzahnungsgeometrische Beziehungen zur Berechnung der Reibungszahl, Reibungsarbeit, Reibungleistung, Eingriffszeiten und Ausgangsgrößen zur Berechnung des Verschleisses bei evolventischen Zahnädern, Maschinenbautechnik, 19 (1970) 11-17 ve 127-130.
14. **Niemann, G. ve Lechner, G.**, Die Erwärmung der Zahnäder im Betrieb, Schmieretechnik, 14 (1967) 13-20.
15. **Niemann, G. ve Lechner, G.**, Die Fress-Grenzlast bei Stirnrädern aus Stahl, Erdöl und Kohle. Erdgas. Petrochemie, 20 (1967) 96-106.
16. **Niemann, G. ve Grekoussis, R.**, Vergleichende Untersuchungen zur Fresstragfähigkeit von Hypoid-und Stirnrädern, VDI-Z, 112 (1970) 261-265, 397-402.

Not : Daha önceki sayılarımızda "Dişli Çarklarda Yenme Hesabı Yöntemleri" makalesinin Kısım IIA ve Kısım IIC bölümleri yer almıştı. Kısım IIB'yi ise bu sayımızda yayımlıyoruz