

DİŞLİ ÇARKLARDA YENME HESABI YÖNTEMLERİ: BİR TARAMA

Kısım I: Basınca Dayalı Yöntemler

Talat TEVRÜZ *

Dişli çarklarda yenme, yıllardır araştırılmasına rağmen henüz birçok bilinmeyen vardır. Bu nedenle, dişli çarklarda yenme hesabı henüz tatmin edici bir seviyeye ulaştırılmamıştır. Günümüzde artan güç ve hız ihtiyacı dişli çarklarda yenmeyi daha da önemli hale getirmiştir. Yenme için sunulan hesap yöntemleri çoğunlukla farklı sonuçlar vermektedirler. Bu yöntemler, basınca, sıcaklığa veya özel kriterlere dayanmaktadır. Sıcaklığa dayalı yöntemlerin daha doğru neticeler verdikleri görülmüştür. Çalışmanın bu I. kısmında basınca dayalı yöntemler sunum sırasına göre verilerek irdelenmişlerdir.

Anahtar sözcükler : Dişli çarklarda yenme hesabı, yenme

Today, requirement the high power and high velocity have become important in scoring in gears. The methods that have been presented for calculation of scoring give different results. These methods are based on pressure or temperature on tooth profile or on some special criteria. The methods that are based on temperature give much more realistic results as compared with the other methods. In this part (Part I) of the study, the methods based on pressure are given according to the order of presentation and are analyzed.

Keywords : Scoring on gears, scoring

GİRİŞ

Günümüz tasarımlarında, artan güç ve yüksek hızlar nedeniyle dişli çarklarda adhezyon aşınması ve bunun kuvvetli şekli olan yenme dişli hasarları arasında ön plana çıkmıştır. Yenme yıllardır araştırılmasına rağmen henüz birçok bilinmeyeni vardır. Diğer hasar şekilleri olan diş dibinden kırılma ve pitting (yorulma aşınması) için yapılan hesaplar dünya üzerinde kabul görmüş birer yöntem sahne oldukları halde, yenme hesabı için pek çok yöntem olup bunların çoğu birbiri ile uyuşmamaktadırlar.

Yenme için sunulan hesap yöntemleri; diş profilindeki basınca, sıcaklığa veya özel kriterlere dayanmaktadır. Basınca dayalı başlıca yöntemler Niemann'ın, Niemann ve Lechner'in ve Lechner'in yöntemleri; sıcaklığa dayalı başlıca yöntemler Blok'un, Niemann ve Seitzinger'in, Winter ve Michaelis'in ve Niemann ve Winter'in yöntemleri¹; özel kriterlere dayalı başlıca yöntemler ise Almen'in, Grekoussis'in ve Borsof ve Godet'in yöntemleridir. Basınca dayalı yöntemler, nispeten eski yöntemler olup, günümüzde tercih edilmemektedirler. Bu taramada yöntemlerin sunum sırasına göre verilmesine çalışılmıştır.

Dişli çarklarda yenme hesabına dair yöntemlere geçmeden önce, özellikle, son senelerde ortaya konulan yöntemlerde kullanılan , DIN 51354 e göre FZG² tarafından yapılan yenme testi hakkında kısa bir bilgi vermek yöntemlerin anlaşılması bakımından uygun olacaktır [1,2,3,4,5]. DIN 51354, mekanizma yağlarının mekanik kontrolü için kısaca A/8,3/90 şeklinde tanımlanan bir test sunmuştur. Burada A, testte kullanılan dişli çark çiftini; 8,3, m/s olarak yuvarlanma dairesindeki çevresel hızı; 90 ise C° olarak kullanılan daldırmalı

¹ Tevrüz tarafından da sıcaklığa dayalı iki yöntem sunulmuştur.

² FZG: Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebbau. Technische Hochschule München. West Germany.

* İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi

yağlama yöntemindeki minimum yağ sıcaklığını göstermektedir. Test, yükün kademeler şeklinde artırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. FZG çeşitli yağlarla testi yaparak, bu yağlarda yenmenin meydana geldiği yuvarlanma noktasındaki burulma momenti değerini ve Stribeck basıncını tespit etmiştir. Bu çalışmada, bu kavramlara, FZG- Testi'ndeki yenme burulma momenti ve FZG-Testi'ndeki yenme Stribeck basıncı adı verilecektir. Yapılan çok sayıdaki deney sonuçlarına istinaden yağlar; saf mineral yağlar, orta katkılı mineral yağlar ve yüksek katkılı mineral yağlar şeklinde sınıflandırılarak, her biri için FZG-Testi'ndeki yenme burulma momenti veya yenme Stribeck basıncı viskoziteye göre tespit edilmiş olup, bunlar çeşitli kaynaklarda sunulmuşlardır (Tablo 1) [3,4,5,6,7,8,9,10]. Mamafih, kullanılan yağ için FZG-Testi'ndeki yenme burulma momenti veya yenme Stribeck basıncı bulunamazsa veya daha katı -bire bir- bir değer istenirse, o yağla bu testi bizzat gerçekleştirerek söz konusu değerleri elde etmek mümkündür.

BASINCA DAYALI YÖNTEMLER ⁴

Niemann'a Göre Yenme Hesabı

Niemann'ın 1960 yılında ortaya koyduğu yöntem, yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı ile gerçek Stribeck basıncının mukayesesine dayanmaktadır ⁵ [1,8]. Yöntem silindirik dişli çarklar içindir. Niemann'a göre, Stribeck basıncı kritik bir değere eriştiğinde diş profilinde yenme meydana gelmektedir. Bu kritik değer kritik Stribeck basıncı olarak adlandırılmaktadır.

Niemann, yenme emniyetini aşağıdaki şekilde tarif etmektedir:

$$S_F = \frac{k_F}{k_W} \geq 3...5 \quad (1)$$

S_F , -, yenme emniyet katsayısı,

k_F , -, yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı,

k_W , -, yuvarlanma noktasındaki gerçek Stribeck basıncı.

Bu büyüklükler aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır:

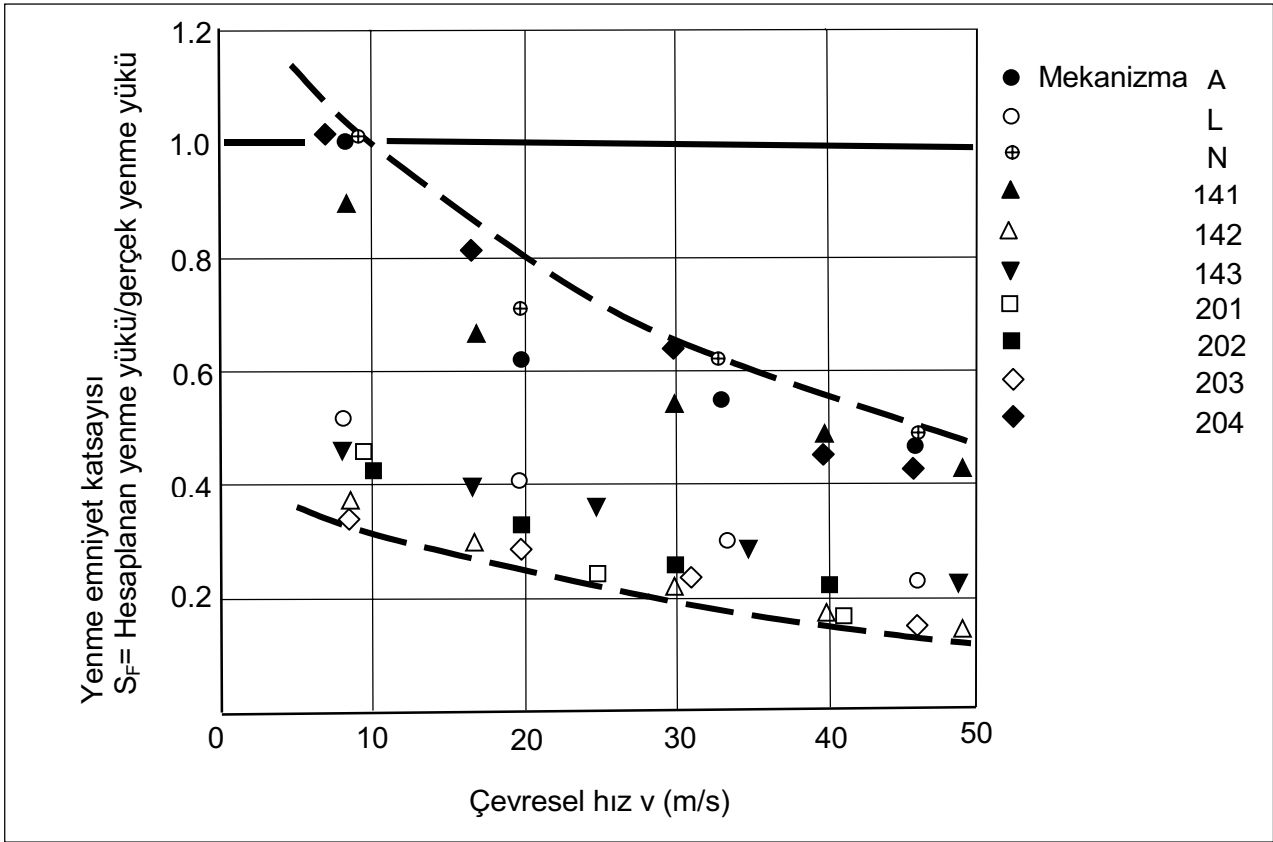
Tablo 1. Mekanizma Yağlarının FZG-Testi A/8.3/90'daki Yenme Yükleri [3] ³.

Yağ cinsi	$v = 58...121 \text{ cSt}/50$		
	Yenme yük kademesi	Yenme yükü $F_{nTest}(\text{daN})$	Yenme burulma momenti $M_{Test}(\text{daNm})$
Saf mineral yağ	6...9	408.6...912.5	13.8...30.8
Orta katkılı mineral yağ	9...12	912.5...1613.8	30.8...54.5
Yüksek katkılı mineral yağ	>12	>1613.8	>54.5

³ FZG-Testi A/8.3/90 için: $F_{nTest} = 29.7M_{Test}$, $k_{Test} = 2.86 \frac{P_{Test}^2}{E}$, $k_{Test} = 0.088M_{Test}$

⁴ Verilmeyen faktörler ilgili kaynaktan alınacaktır.

⁵ Stribeck basıncı için Ek'e bakınız.



Şekil 1. Niemann'ın Yöntemine Göre Hesaplanan Yenme Yükleri İle, Deneyle Elde Edilen Yenme Yüklerinin Mukayesesi (k1° Yağı için [4,9]).

$$k_F = \frac{M_{Test} \cos \beta_0}{33.8 Y_F} \left[1 + 0.2 \left(\frac{47}{v} - 1 \right)^{1.5} \right] \quad (2)$$

Y_F , - , form faktörü

$$Y_F = \left[\frac{12.7(i+1)}{d_1 i} \right]^2 \left[1 + (e_{max}/10)^4 \right] \sqrt{m_n} \quad (3)$$

e_{max} mm, pinyon ve çarkın alın kesitindeki baş kavrama mesafeleri olan e_1 ve e_2 den büyük olan.

$$k_W = \frac{F'_n}{b} \frac{(i+1) \cos \alpha}{i d_1 \cos \alpha_n \sin \alpha_n} K_0 K_v K_m K_\beta \quad (4)$$

F'_n , diş kuvveti (normal kuvvet) (kavramada nakledilen güçten hesaplanır),

M_{Test} , kullanılacak yağın FZG-Testi'ndeki yenme burulma momenti.

Niemann'ın yöntemi, herşeyden önce denklem (2) den görüldüğü gibi kritik basıncın çevresel hızla değişiminin bütün yağlarda aynı olduğunu kabul ediyor ki, Lechner tarafından yapılan deneyler bu kabulün ancak $v=20$ m/s çevresel hızı kadar geçerli olduğunu göstermektedir [11]. Diğer taraftan, yöntem, sadece tekil diş parametrelerini dikkate almakta; kavrama oranı, yağ sıcaklığı gibi yenme olayında etkili olan diğer faktörler dikkate alınmamaktadır. Dolayısıyla yöntem, ancak $v=20$ m/s çevresel hızı kadar ve baş kavrama mesafeleri Niemann'ın deney mekanizmalarının baş kavrama mesafeleri bölgesinde olan dişli çark mekanizmaları için geçerli olmaktadır ($e_{max} \approx 10$ mm). Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, Şekil 1'den yöntemin Niemann'ın tavsiye

⁶ k1, Seitzinger'in deneylerinde kullandığı orta katkılı mineral yağ.

ettiği $S_F \geq 3...5$ değeri ile çok emniyetli olduğu anlaşılmaktadır. Zira, Şekil 1'den, yöntemin çoğu mekanizma için zaten gerçektekinden daha küçük bir yenme yükü verdiği, yani emniyetli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, genel uygulama için çevresel hıza bağlı olarak üst eğriden seçilecek emniyet katsayısı bu mahsuru önemli ölçüde giderecektir. Her şeye rağmen Şekil 1'den yöntemin tatmin edici olmaktan uzak olduğu anlaşılmaktadır.

Lechner'in İlk Yöntemine Göre Yenme Hesabı

Lechner tarafından 1966 yılında ortaya konulan bu yöntemde de, Niemann'ın yönteminde olduğu gibi yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı ile gerçek Stribeck basıncı mukayese edilmektedir. Fakat; Lechner, yapmış olduğu çok sayıdaki deneylere istinaden diş profillerinin yenmesinde etkili olan bütün parametreleri dikkate almış bulunmaktadır [11,12]. Diğer taraftan, kritik momentin veya kritik Stribeck basıncının yuvarlanma hızı ile değişiminin bütün yağlar için aynı olmadığını tespit etmiş olması ve bunu bir denklemlerle ifade edebilmiş olması bilhassa ayrı bir önem taşımaktadır. Yöntem silindirik dişli çarklar içindir. Lechner yenme emniyetini aşağıdaki şekilde tarif etmektedir:

$$S_F = \frac{k_F}{k_W} \quad (5)$$

S_F , -, yenme emniyet katsayısı,

k_F , -, yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı,

k_W , -, yuvarlanma noktasındaki gerçek Stribeck basıncı.

$$k_W = 37.39988 \frac{P_1}{b} \frac{(i+1)}{i \cdot a \cdot v \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha} K_0 \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\beta \cdot \cos \beta_g \quad (6)$$

P_1 , kavramda nakledilen güç

$$k_F = 0.088 \cdot M_F \cdot X_{z2} \cdot X_K \cdot X_R \cdot X_W \cdot X_T \cdot X_D \cdot X_Q \cdot X_b \quad (7)$$

M_F , işletme hızındaki yenme burulma momenti,

X_{z2} , -, diş formu faktörü,

k_F , -, diş başı daraltması faktörü,

X_R , -, pürüzlülük faktörü,

X_W , -, malzeme faktörü,

X_T , -, yağ sıcaklığı faktörü,

X_D , -, dönme yönü faktörü (pinyon veya çarkın tahrik ettiğini dikkate alan bir faktör),

X_Q , -, yağ miktarı faktörü,

X_b , -, diş genişliği faktörü.

Bu faktörlerden diş formu faktörü Lechner'e göre birinci derecede önemli olup, aşağıda verilmiştir. Yine Lechner'e göre, diğer faktörler ikinci derece faktörler olup, eğer hesabın kısa tutulması isteniyorsa veya bu faktörlerin hesabı için gerekli datalar (pürüzlülük gibi) yoksa bu faktörlerin değeri olarak 1 konulabilir [11,12].

$$M_F = 0.0676 \left[\frac{C_1}{(5+v)^{1/3}} + F_{z1} \cdot C_2 \cdot v - C_3 \right] \quad (8)$$

$$F_{z1} = \sqrt[3]{v_k / (w_\Sigma \cdot \cos^2 \beta_0)} \quad (9)$$

v_k , m/s, kavramadaki maksimum kayma hızı (pinyonun baş noktasındaki kayma hızı konulabilir),

w_Σ , m/s, v_k 'nin hesaplandığı noktadaki pinyon ve çarkın diş profillerinin yuvarlanma hızları toplamı ($w_\Sigma = w_1 + w_2$)

$$F_n = F_n' K_0 K_v K_m K_\beta \cdot F_n' = 2 \frac{M_1}{d_1}$$

M_1 : Pinyondaki burulma momenti.

Veya büyük bir yaklaşıklıkla

$$\frac{v_k}{w_\Sigma} = \frac{e_{\max}(i+1)/i}{e_{\max}(i+1)/i + \sin \alpha \cdot d_1} \quad (-) \quad (10)$$

e_{\max} , mm, e_1 ve e_2 den büyük olanı.

C_1, C_2, C_3 yağın yenme momentinin hız ile ilgisini karakterize eden yağ sabitleri olup

$$C_1 = 207.52M_{\text{Test1}} - 669.08M_{\text{Test2}} + 661.26M_{\text{Test3}} \quad (-) \quad (11)$$

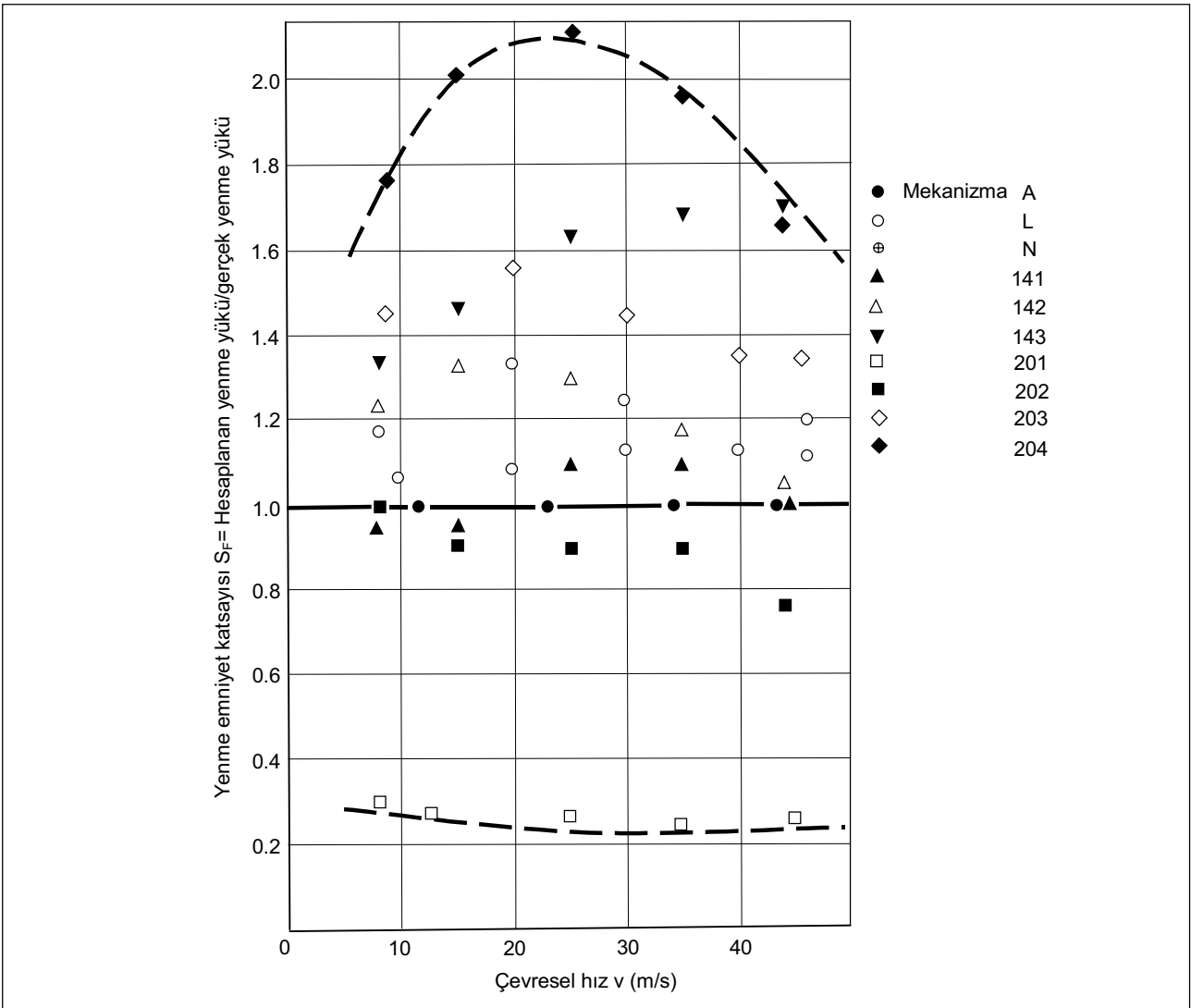
$$C_2 = 0.4769M_{\text{Test1}} - 2.9408M_{\text{Test2}} + 2.4639M_{\text{Test3}} \quad (-) \quad (12)$$

$$C_1 = 75.887M_{\text{Test1}} - 303.275M_{\text{Test2}} + 212.610M_{\text{Test3}} \quad (-) \quad (13)$$

$$X_{z2} = 3.2144 \frac{z_1 \cos \beta_g}{\sqrt{a \times \cos \alpha \times [(1-\varepsilon_1)^2 + (1-\varepsilon_2)^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2]}} \quad (-) \quad (14)$$

$M_{\text{Test1,2,3}}$, daNmm, FZG tarafından A çark çifti ile 8,3 m/s, 34.4 m/s, 46 m/s çevresel hızlarda yapılan testlerle elde edilen, kullanılan yağ için yenme burulma momenti.

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$, -, sırası ile pinyon ve çarkın alın kesitindeki diş başı kavrama oranları Şekil 2'den, yöntemin bazı



Şekil 2. Lechner'in İlk Yöntemine Göre Hesaplanan Yenme Yükleri İle, Deneylerle Elde Edilen Yenme Yüklerinin Karşılaştırılması (k1 yağı için [9]).

hallerde gerçektekenden daha küçük yenme yükü verdiği, yani emniyetli olduğu; fakat çoğu hallerde gerçektekenden daha büyük yenme yükü verdiği, yani emniyetsiz olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, dağılımın $S_F = 1$ Diğer taraftan, dağılımın $S_F = 1$ değerinin etrafında geniş bir sahayı kapsamaya yöntemin güvenilir olmadığını göstermektedir. Bununla beraber, bu yöntem, yenmede etkili olan bütün parametreleri dikkate aldığı için diğer bazı yöntemlere nazaran tercih edilebilir. Şekil 2'den, genel uygulama için emniyet katsayısının $S_F = 2.1$ alınabileceği görülmektedir. Bununla beraber, emniyet katsayısının söz konusu şeklin üst eğrisinden çevresel hıza göre tespiti gerçekçi bir yaklaşım olup, tavsiye edilir.

Lechner'in İkinci Yöntemine Göre Yenme Hesabı

Lechner'in 1973 yılında ortaya koyduğu bu yöntemde yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı ile gerçek Stribeck basıncı mukayese edilmektedir [13]. Lechner, bu ikinci yönteminde de yine yenmede etkili olan bütün parametreleri dikkate almış bulunmaktadır. Bazı faktörler birinci yöntemle nazaran değişiklikler arz ettiği gibi, yeni faktörler de mevcuttur. Yöntem silindirik dişli çarklar içindir. Lechner, bu yönteminde yenme emniyetini aşağıdaki şekilde tarif etmektedir:

$$S_F = \frac{k_F}{k_W} \geq 1.5 \quad (15)$$

S_F , -, yenme-emniyet katsayısı,

k_F , yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı,

k_W , yuvarlanma noktasındaki gerçek Stribeck basıncı.

$$k_F = k_{Test} \left(\frac{X_v \cdot X_{vz} \cdot X_z \cdot X_b \cdot X_K \cdot X_R \cdot X_O \cdot X_T \cdot X_Q}{X_\phi \cdot X_D \cdot X_W \cdot X_P} \right) \quad (16)$$

k_{Test} , FZG-Testi A/8,3/90'daki yenme Stribeck basıncı,

X_v , -, hız faktörü,

X_{vz} , -, hız faktörü,

X_z , -, diş formu faktörü,

X_b , -, diş genişliği faktörü

X_K , -, diş başı daraltması faktörü,

X_R , -, pürüzlülük faktörü,

X_O , -, yüzey işleme faktörü,

X_T , -, yağ sıcaklığı faktörü,

X_Q , -, yağ miktarı faktörü,

X_ϕ , -, yağ püskürtme açısı faktörü,

X_D , -, dönme yönü faktörü (pinyonun veya çarkın tahrik ettiğini dikkate alan bir faktör) ,

X_W , -, malzeme faktörü,

X_P , -, güç dağılım faktörü.

Bu faktörlerden hız faktörleri ve diş formu faktörü Lechner'e göre birinci derecede önemli faktörler olup, bunlar aşağıda verilmiştir. Yine Lechner'e göre, ikinci derecede faktörler olan diğer faktörlerin hesabı için gerekli datalar yoksa bunların değeri olarak bir ilk yaklaşık sonuç için 1 koymak mümkündür.

$$X_v = \left(1 - \frac{1}{c} \left[\frac{14.1413}{(5+v)^{1/3}} + 0.030644 \cdot v - 6.22302 \right] \right) + 1,0 \quad (17)$$

c , yağ sabiti olup, kalın yağlarda (\geq SAE 80) ve yüksek katıtlı yağlarda $c=1.5 - 2.5$; ince yağlarda ve saf mineral yağlarda $c=4.0 - 5.0$ dir.

$$X_{vz} = \left[\frac{9,3}{(1+v)} \right]^{0,5(1-0,9 \cdot \epsilon_{max})} \quad (18)$$

ϵ_{max} , -, ϵ_1 ve ϵ_2 den büyük olanı.

Silindirik düz dişli çarklar için:

$$X_z = \frac{2,572}{a \cdot \cos\alpha} \cdot \left(\frac{z_1 \cdot i}{1+i} \right)^{1,5} \cdot \left(\frac{1}{1 + \epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 - \epsilon_1 - \epsilon_2} \right)^{1,5} \quad (19)$$

Silindirik helisel çarklar için :

$$X_z = \frac{2,572}{a \cdot \cos\alpha} \left(\frac{z_1 \cdot i}{1+i} \right)^{1,5} \left(\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2} \cdot \cos\beta_g \right)^{1,5} \quad (20)$$

Yöntem, Şekil 3'ten anlaşılacağı üzere "oldukça tatmin edici" görülmektedir. Diğer taraftan, yenme olayında etkili olan bütün parametrelerin dikkate alınmış olması yöntemin değerini artırmaktadır. Lechner, her ne kadar $S_F \geq 1.5$ demekle beraber, Şekil 3'ten bu değer in rizikolu olduğu anlaşılmaktadır. Genel uygulama için, Şekil 3'ten $S_F = 1.9$ 'un uygun olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, emniyet katsayısının Şekildeki üst eğriden çevresel hıza göre tespiti gerçekçi bir yaklaşım olup, tavsiye edilir.

Lechner birkaç ay sonra ikinci yöntemine aşağıda sunulan yeni bir şekil vermiştir [10]:

$$S_F = \frac{p_F}{p_W} \geq 1.5 \quad (21)$$

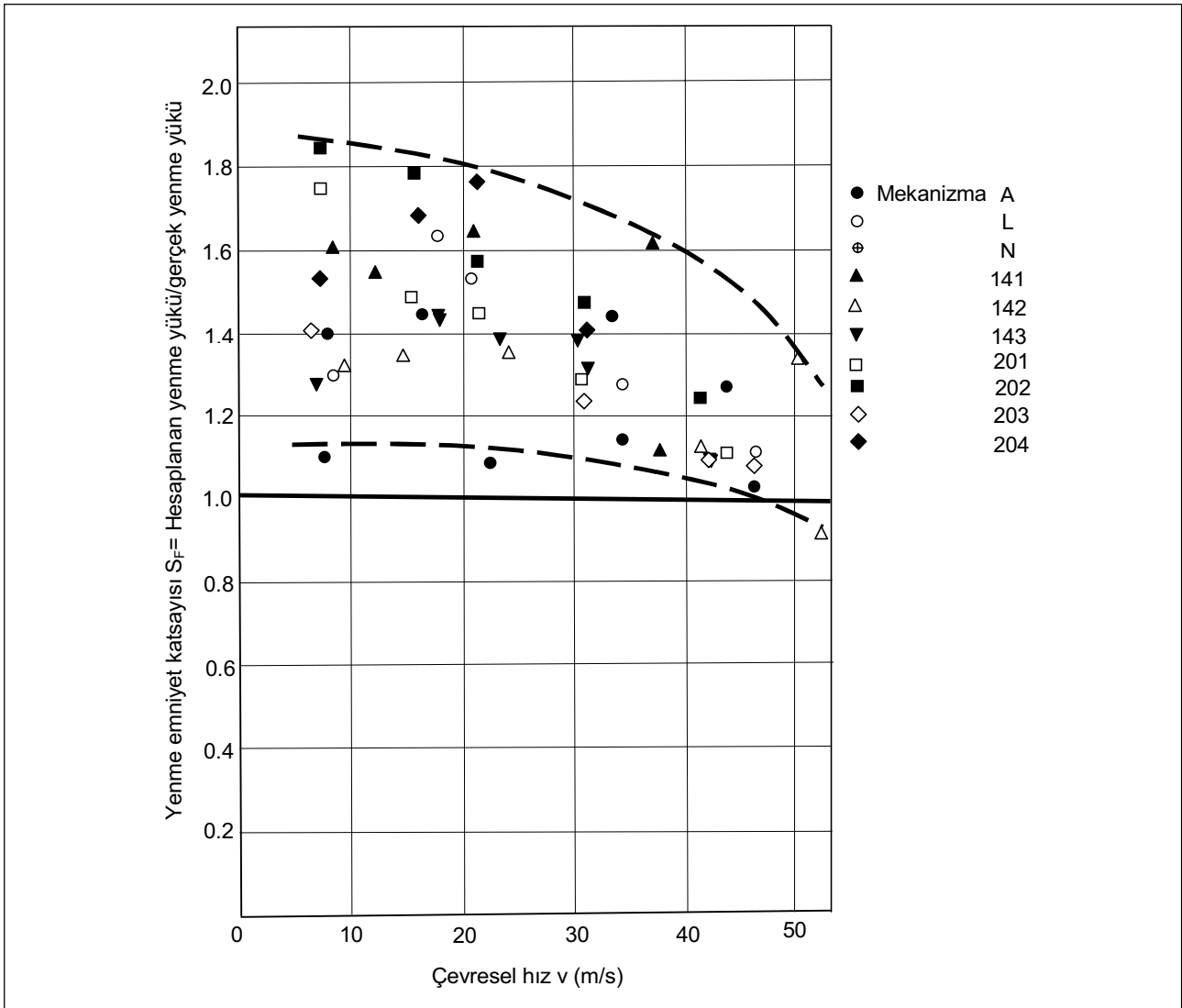
p_F , yuvarlanma noktasındaki kritik Hertz basıncı,

p_W , yuvarlanma noktasındaki gerçek Hertz basıncı.

$$p_F = p_{Test} (X_v X_{vz} X_z X_b X_K X_R X_O X_T X_Q X_\phi X_D X_W X_P)^{0.5} \quad (22)$$

p_{Test} , FZG-Testi A/8,3/90'daki yenme Hertz basıncı.

$$p_{Test} = \sqrt{\frac{k_{Test} \cdot E}{2.86}}$$



Şekil 3. Lechner'in İkinci Yöntemine Göre Hesaplanan Yenme Yükleri ile, Deneylerle Elde Edilen Yenme Yüklerinin Karşılaştırılması (k1 yağı için [13]).

(22) nolu denklemdaki faktörler Bölüm 2.3'de verilenlerle aynı olup, sadece malzeme faktörü X_W farklılık göstermektedir.

SONUÇ

Şekil 1 ve Şekil 2'den, Niemann'ın ve Lechner'in ilk yöntemlerinin, ilgili bölümlerde genel uygulama için verilen emniyet katsayıları ile, çoğu haller için fazla emniyetli oldukları görülmektedir. Şekil 3'ten, Lechner'in ikinci yönteminin, ilgili bölümde genel uygulama için verilen emniyet katsayısı ile, diğer iki yöntemle nispetle daha gerçekçi sonuç verdiği anlaşılmaktadır.

SEMBOLLER

a , mm, eksenler arası mesafe
 b , mm, diş genişliği
 d_1 , mm, pinyonun yuvarlanma dairesi çapı
 e_1 ve e_2 , mm, sırası ile pinyon ve çarkın alın kesitindeki baş kavrama mesafeleri (pinyon ve çarkın diş başlarının alın kesitinde kavrama doğrusu üzerinde yuvarlanma noktasına olan uzaklıkları)
 E , daN/mm², elastisite modülü
 F_n , daN, diş kuvveti (normal kuvvet)
 F'_n , daN, diş kuvveti (normal kuvvet) (kavramada nakledilen güçten hesaplanır)
 F_{nTest} , daN, FZG-Testi A/8,3/90'daki yenmedeki diş kuvveti
 k_F , daN/mm², yuvarlanma noktasındaki kritik Stribeck basıncı
 k_W , daN/mm², yuvarlanma noktasındaki gerçek Stribeck basıncı
 k_{Test} , daN/mm², FZG-Testi A/8,3/90 daki yenme Stribeck basıncı
 K_O , -, çalışma faktörü
 K_V , -, dinamik faktör

K_m , -, yük dağılım faktörü
 K_β , -, silindirik helisel dişli çarklar için yük dağılım faktörü
 m_n , mm, normal modül
 M_F , daNm, işletme hızındaki yenme burulma momenti
 M_{Test} , daNm, FZG-Testi A/8,3/90'daki yenme burulma momenti
 p , p_H , daN/mm², Hertz basıncı
 p_F , daN/mm², yuvarlanma noktasındaki kritik Hert basıncı
 p_W , daN/mm², yuvarlanma noktasındaki gerçek Hert basıncı
 p_{Test} , daN/mm², FZG-Testi A/8,3/90'daki yenme Hert basıncı
 P_1 , BG, kavramada nakledilen güç
 S_F , -, yenme emniyet katsayısı
 v , m/s, yuvarlanma dairesindeki çevresel hız
 z_1 = Number of teeth on pinion
 α , 0, alın kavrama açısı
 α_{a0} , 0, taksimat dairesindeki alın kavrama açısı
 α_n , 0, normal kavrama açısı
 β_0 , 0, taksimat dairesindeki diş eğim açısı
 β_g , 0, temel dairesindeki diş eğim açısı
 ϵ_1, ϵ_2 , -, sırası ile pinyon ve çarkın alın kesitindeki diş başı kavrama oranları
 ϵ , -, kavrama oranı (alın kesitteki) ($\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$)

Endisler ve Simgeler
1 pinyon
2 çark
Mekanizma A,L,M,N,141,... Değişik araştırmacıların deneylerinde kullandıkları çark çiftlerine verdikleri isim.

EK

Çizgi Teması İçin Stribeck Basıncı

d_1 ve d_2 çaplarında iki silindir birbirine F kuvveti ile bastırınılar (Şekil E 1). Bu durumda oluşan Stribeck basıncı k ve Hertz basıncı P_H değerleri ve aralarındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$k = \frac{F}{d.l}, k = 2.86 \frac{P_H^2}{E}, \quad (E1)$$

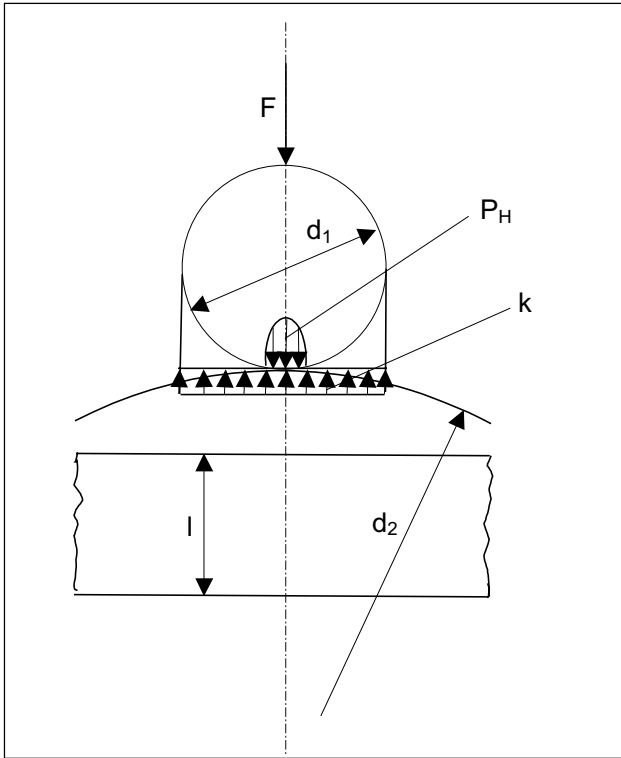
Burada d , eşdeğer çap olup, $\frac{1}{d} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}$ dir.

(E1) ifadeleri dişli çarklara uygulanırsa

$$k = \frac{F_n}{2pb}, k = 2.86 \frac{P_H^2}{E}$$

yazılır. Burada $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}$ dir.

ρ , mm , pinyon ve çarkın diş profillerinin eşdeğer eğrilik yarıçapı,



Şekil E1. İki Silindirik Yüzey Arasındaki Stribeck ve Hertz Basıncıları.

ρ_1 ve ρ_2 , mm , sırası ile pinyon ve çarkın diş profillerinin eğrilik yarıçapları.

KAYNAKÇA

1. **Lechner, G.**, Die Bestimmung der Tragfähigkeit von Ölen als Grundlage für die Berechnung der Fresssicherheit von Getrieben, Mineralöl-Technik, 7 (1962) 1-19.
2. DIN 51354 (Entwurf), Prüfung von Schmierölen Mechanische Prüfung von Getriebeölen in einer Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine nach dem FZG-Verfahren, Mai, 1964.
3. **G. Lechner and K. Seitzinger**, Durchführung und Anwendung des Getriebeölteste IAE, Ryder und FZG, Erdöl und Kohle. Erdgas. Petrochemie, 20 (1967) 800-806.
4. **G. Niemann and K. Seitzinger**, Die Erwärmung einsatzgehärteter Zahnäder als Kennwert für ihre Fresstragfähigkeit, VDI-Z, 113 (1971) 97-105.
5. **H. Winter and M. Richter**, VerzahnungsWirkungsgrad und Fresstragfähigkeit von Hypoid- und Schraubenradgetrieben, Antriebstechnik, 15 (1976) 211-218.
6. **Niemann, G., Rettig, H. And Lechner, G.**, Zur Prüfung von Getriebeölen im Zahnrad-Verspannungsprüfstand. Stand der Erfahrungen, Erdöl und Kohle, 12 (1959) 472-480.
7. **Niemann, G. And Rettig, H.**, Der FZG-Zahnradkurtztest zur Prüfung von Getriebeölen, Erdöl und Kohle, 7(1954) 640-642.
8. **Niemann, G., Çevirenler: Harzadın, G. ve Yurdakonar, S.**, Makina Elemanları, Cilt III, Güven Kitabevi, Ankara, 1960.
9. **K. Seitzinger**, Die Erwärmung Einsatzgehärteter Zahnäder als Kennwert Für Ihre Fresstragfähigkeit, Ph.D. Thesis, Technischen Universität, München, 1971.
10. **G. Lechner**, Berechnung der Fresstragfähigkeit von Stirn-und Kegelrädern, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, 1st edn, 1973.
11. **G. Lechner**, Die Fress-Grenzlast bei Stirnrädern aus Stahl, Ph. D. Thesis, Technischen Hochschule, München, 1966.
12. **Niemann and G. Lechner**, Die Fress-Grenzlast bei Stirnrädern aus Stahl, Erdöl und Kohle. Erdgas. Petrochemie, 20 (1967) 96-106.
13. **G. Lechner**, Der Fressverschleiss als Leistungs-Grenze von Getrieben, Fressen an Zahnädern, Stand der Berechnungsmethoden, FZG-Colloquium, München, 1973, pp. 8-30.