

Halil Özer
Yardımcı Doçent

Durmuş Günay
Profesör

Zonguldak Karaelmas
Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü
67100 ZONGULDAK

Düz Dişlide Profil Kaydırma Faktörünün, Çatlak İlerleme Yolu Üzerindeki Etkisi

Bu çalışmada, düz dişlilerde, profil kaydırma faktörü x 'in çatlak ilerleme yolu ve gerilme şiddet faktörleri üzerindeki etkileri, artı ve eksi profil kaydırma faktörleri seçilerek, sonlu elemanlar metodu ile araştırılmıştır. Profili kaydırılmış dişlilerin çatlak ilerleme yolu, standart dişlilerin çatlak ilerleme yolu ile karşılaştırıldı. K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörleri J -integral Metodu ile, çatlak ilerleme yolu ise Maksimum Teğetsel Gerilme Metodu ile belirlendi. x arttıkça çatlak başlama yerinin, dişdibi eğriliğinde aşağı doğru ilerlediği görüldü. K_{II} gerilme şiddet faktörleri K_I 'den belirgin olarak küçük olmakla birlikte, K_{II} gerilme şiddet faktörünün çatlak yolunun şekli üzerinde çok etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Profil Kaydırma Faktörü, Çatlak İlerlemesi, Düz Dişli.

GİRİŞ

Dişli analiz ve tasarımı ile ilgili en yaygın metotlar AGMA'nın yayınladığı standartlara dayanmaktadır. Standartlardaki formüller, çatlak başlamasını önlemek için dişli diş eğilmesine dayalı formüllerdir. Ancak, çatlak başladıktan sonra, çatlak ilerleme yolu ile ilgili olarak bu standartlar herhangi bir şey söylememektedir.

Kırılma mekaniği, çatlak bulunan yapının mukavemet ve ömrünü tayin etmede çok kullanışlı bir araçtır. Ancak, kırılma mekaniğinin dişli problemlerine uygulanmasına ait literatürde pek az çalışmaya rastlanmıştır.

Honda ve Conway [1], çekme tarafındaki dişdibi eğriliğinde, en kritik gerilme noktasında, serbest yüzeye normal olacak şekilde bulunan çatlakları incelediler. Varsayılan çatlak adımlarında Mod I ve Mod II gerilme şiddet faktörlerini hesaplamak için sonlu eleman tekniğini kullandılar. Flaker ve arkadaşları [2], dişkökünün çekme tarafı dişdibinde çatlak bulunan dişli dişinde, çatlak ilerleme hızını ve doğrultusunu belirleyen bir metot önerdiler. Flaker ve arkadaşları, bilinen dişli hesaplama yöntemleri ile sonlu eleman metodunu başarılı bir şekilde uyguladılar ve kırılma mekaniğini kullanarak dişdibinde çatlak bulunan dişlilerin ömrünü belirlediler. Nicoletto [3], çatlaklı dişlilerin gerilme şiddet faktörlerini belirlemede, ağırlık fonksiyon metodu ile kompleks potansiyel metoduna dayanan

bir metot öne sürdü. Öne sürdüğü metotla elde ettiği gerilme şiddet faktörlerinin, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olduğunu gördü. Abersek ve arkadaşları [4], ağırlık fonksiyon metodunu, çatlaklı dişli dişinin gerilme şiddet faktörlerini tayin etmede kullandılar. Daniewicz ve arkadaşları [5], tek bir çatlaklı dişli bulunan pinyon ile çatlaksız bir dişlinin kavrama durumunu gözönüne aldılar. Çatlaklı pinyon dişli ile çatlaksız dişli diş çiftine dair diş-çifti direngenliğini, bir model kullanarak elde ettiler. Çatlaklı düz dişli dişinin direngenliğini, Mod I ve Mod II gerilme şiddet faktörlerinin fonksiyonu olacak şekilde, analitik olarak elde ettiler. Lewicki ve Ballarini [6], jant kalınlığının dişli dişindeki çatlak ilerleme yolu üzerindeki etkisini incelemek için analitik ve deneysel çalışmalar yaptılar. Çatlak ilerlemesinin dişkökü veya jant boyunca olup olmayacağını tayin etmek için çeşitli jant kalınlıkları kullandılar. Lewicki ve Ballarini [7,8], dişli jant kalınlığının çatlak ilerleme ömrü üzerindeki etkisini incelemek için analitik ve deneysel çalışma yaptılar. Öndeyilene çatlak ilerleme sonuçlarının geçerli olup olmadığını tayin etmek için deneysel incelemeler yaptılar. Kato ve arkadaşları [9], iki boyutlu lineer elastik kırılma mekaniğini kullanarak, sertleştirilmiş dişli dişinde, yorulma çatlak ilerlemesini temsil etmek için bir metot geliştirdiler. Çeşitli dişliler için kritik çatlak uzunlukları buldular ve bunları yüzey koşulunun fonksiyonu olarak gösterdiler. Inoue ve Kato [10], bilya püskürtmenin

çatlak ilerlemesi üzerindeki etkisini incelediler. Bilya püskürtülmüş dişlide gerilme şiddet faktörünün, artık gerilme etkisi nedeniyle, sertleştirilmiş dişli gerilme şiddet faktöründen daha küçük olduğunu belirlediler.

Literatürde, profil kaydırma (tashih) faktörü ile çatlak ilişkisini inceleyen pek az çalışmaya rastlanmıştır. Oda ve Shimatomi [11,12], birinci ve ikinci raporlarında, normalize çelikten (S45C) ve sementasyon çeliğinden (SCM21) yapılmış düz dişlilerde, Oda ve Tsubokura [13] ise FC25 (dökme demir) ve SC46 (dökme çelik) den yapılmış düz dişlilerde, profil kaydırma faktörü x 'in, eğilme-yorulma mukavemeti, çatlak başlama yeri üzerindeki etkisini incelediler. Dişucu yüklemesi durumunda, profil kaydırma faktörünün, dişdibindeki gerilmelere etkisi ile ilgili bir analiz yaptılar. Profil kaydırma faktörü x 'in artmasıyla birlikte eğilme yorulma sınır yükünün arttığını gördüler. Profil kaydırma faktörünün eğilme-yorulma mukavemeti üzerindeki etkisini, eğilme-yorulma düzeltme faktörü B_x ile temsil ettiler. Pozitif profil kaydırma bölgesinde eğilme-yorulma sınırının, x 'in artmasıyla arttığını, negatif profil kaydırma bölgesinde ise x 'in azalmasıyla eğilme-yorulma sınırının biraz arttığını gördüler. Çatlak başlama yerinin, Hofer'in metoduyla belirlenen kritik yer civarında meydana geldiğini gördüler. Oda ve Tsubokura [14], profil kaydırma faktörünün yüksek kavrama açılı düz dişlilerin eğilme yorulma mukavemeti üzerindeki etkisini incelediler. Dişli malzemesi olarak, normalize çelik (S45C), dökme demir (FC25) ve dökme çelik (SC46) kullandılar. Yüksek kavrama açısı olarak $\phi = 27^\circ$ değerini seçtiler. $\phi = 27^\circ$ kavrama açılı dişlilerin eğilme-yorulma limit yükünün, malzeme ve profil kaydırma faktörüne bakmaksızın, $\phi = 20^\circ$ kavrama açılı dişlilerin eğilme-yorulma limit yüklerinden daha büyük olduğunu gördüler. Literatürde, profil kaydırma faktörünün, çatlak ilerleme yolu üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

SONLU ELEMAN MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Sonlu eleman modeli için önce, problem bölgesi elde edilmektedir. Problem bölgesi, tüm dişliyi ifade eden bir yüzeydir. Problem bölgesinin elde edilmesinde en önemli aşama diş profilinin oluşturulmasıdır. Evolvent profilli diş geometrisini veren bir bilgisayar programı tarafımızdan yazılmıştır [15,16,17,18]. Bu program, dişli ana büyüklüklerini, profil kaydırma faktörünü (x), kesici takım özelliklerini ve jant kalınlığını içermektedir. Programın MYSTRO'da oluşturduğu diş koordinat

noktalarından, diş oluşturulan kısımlar dikkate alınarak eğri parçaları oluşturuldu. Diş oluşturulan bu eğrilerden yüzeyler meydana getirildi. Diş/dişli modelinin sonlu eleman ağı MYSTRO'da oluşturuldu. Daha sonra bu model, gerilme analizi yapan LUSAS yazılımına aktarıldı.

Tablo 1. Dişli modelini oluşturmada ve analiz etmede kullanılan veriler

BÜYÜKLÜKLER	DEĞERLER
Kesici takım uç yarıçapı, r_c	0.375m
Modül, m	4 mm
Kavrama açısı, ϕ	20°
Diş sayısı, z	26
Diş üstü yüksekliği, h_a	1m
Diş taban yüksekliği, h_d	1.25m
Diş genişliği, b	10 mm
Yük, F	1471.5 N
Elastisite modülü, E (çelik için)	200×10^3 MPa
Poisson oranı, ν	0.3
Profil kaydırma faktörü, x	$\pm 0.15, \pm 0.3, \pm 0.5$
Jant Kalınlığı	8m
Sınır şartı	Dişli göbek kısmı sabit mesnet

Tabloda m sembolü modül anlamındadır.

Probleme esas teşkil edecek optimum sonlu eleman ağını elde etmek için, dişli modeline çeşitli sonlu eleman ağ tipi uygulandı. Burada amaç, mümkün olan en yaklaşık sonuca optimum sonlu eleman ağı ile ulaşmaktır. Sonlu eleman ağında sekiz düğümlü dörtgen eleman kullanılmıştır. Yük, diş ucuna uygulandı. Sınır şartı olarak, dişli, göbek kısmından sabit mesnetle mesnetlenmiştir.

Yüklemenin yapıldığı diş sektörünün hem diş hem de jant kısmında sonlu eleman ağı sıklaştırıldı. Özellikle gerilme değişiminin büyük olması beklenen dişdibi bölgesinde eleman sayısı artırıldı. Bitişikteki dişlerin gerilmelere etkisini dikkate alarak, yüklemenin yapıldığı dişin bitişikteki dişlerden başlanarak, dişlerdeki sonlu eleman ağı seyrekleştirildi. Bu yaklaşım, hem standart hem de tashihli dişlilere ayrı ayrı uygulandı.

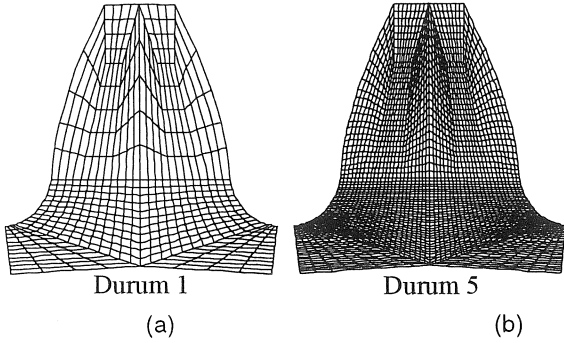
Optimum sonlu eleman ağını elde etmek için beş ayrı durum incelendi (Bkz. Tablo 2). Eleman sayısının artmasıyla gerilmelerde kademeli bir artma gözlemlendi. Ancak gerilmelerde hızlı bir değişim görülmedi. Durum 1 ve Durum 5 modeline ait σ_{max} ve σ_{min} gerilmeleri arasındaki fark sırasıyla % 4.347 ve % 4.26 kadar oldu.

Dolayısıyla, sonuca ulaşmada kabul edilebilir mertebedeki yaklaşıklık ve hesaplama zamanını gözönüne alarak, gerilme analizi, gerilme şiddet

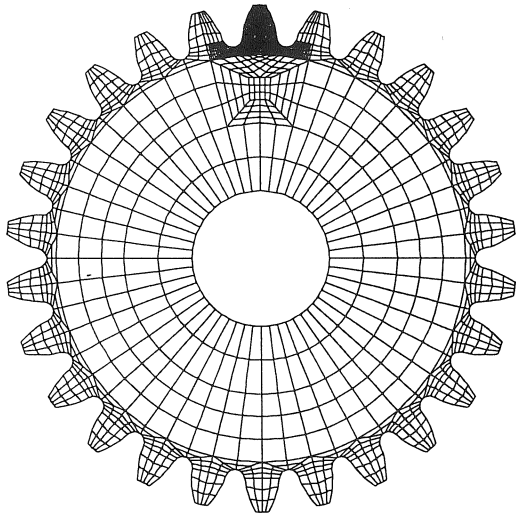
faktörü hesaplamalarında ve çatlak ilerleme yolunun tayin edilmesinde, bu çalışmada referans olarak Durum 1 modeli (1716 eleman, 5706 düğüm) kullanılacaktır. Bu eleman sayısı problem bölgesi olarak alınan tam dişliye ait eleman sayısını göstermektedir. Şekil 1 (a) ve Şekil 1 (b) de, sırasıyla Durum 1 ve Durum 5 için yükleme yapılan dişin sonlu eleman ağı gösterilmiştir. Durum 1'in tam modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Standart dişlide ($x = 0$) optimum sonlu eleman ağının araştırılmasında kullanılan modellere ait veriler

Durum	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı	σ_{max} [MPa]	σ_{max} daki % değişme	σ_{min} [Mpa]	σ_{min} daki % değişme
1	1716	5706	131.1	-	-161.8	-
2	1980	6559	132.8	1.29	-163.8	1.23
3	2244	7355	133.7	1.98	-164.9	1.91
4	3296	10573	135.4	3.27	-167.0	3.21
5	4596	14462	136.8	4.347	-168.7	4.26

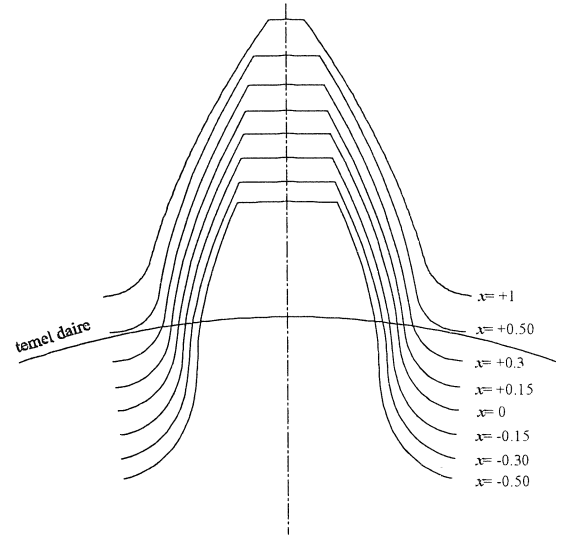


Şekil 1. Yüklemenin yapıldığı dişte sonlu eleman ağı: (a) Durum 1, (b) Durum 2



Şekil 2. Standart dişliye ($x = 0$) ait sonlu eleman ağı (Durum 1)

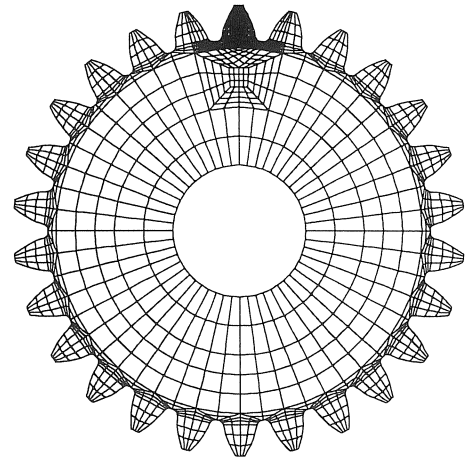
Tashihli dişlilerde (profil kaydırma yapılmış dişlilerde) optimum sonlu eleman ağının belirlenmesinde de aynı yöntem izlendi. Tashihli dişlilere ait nihai sonlu eleman ağ verileri Tablo 3'de verildi. Profil kaydırma faktörü x 'in diş geometrisi üzerindeki etkisi Şekil 3'de gösterilmiştir. Profil kaydırma faktörü $x = +0.5$ olan tashihli dişliye ait sonlu eleman ağı (1716 eleman ve 5706 düğüm) Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. X'in diş geometrisi üzerindeki etkisi

Tablo 3. Tashihli dişlilere ait eleman ve düğüm sayıları

x	-0.15	-0.3	-0.5	+0.15	+0.3	+0.5
Eleman Sayısı	1692	1688	1670	1740	1740	1716
Düğüm Sayısı	5632	5672	5616	5780	5780	5706



Şekil 4. Profil kaydırma faktörü $x = +0.5$ olan tashihli dişliye ait sonlu eleman ağı

GERİLME ŞİDDET FAKTÖRÜ VE ÇATLAK İLERLEME AÇISI

K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörleri *J-İntegral Metodu* ile, çatlak ilerleme açısı θ ise *Maksimum Teğetsel Gerilme* (σ_θ) *Metodu* ile belirlendi. *J-İntegral Metodu* şöyle tarif edilmektedir,

$$J_1 = \int_{\Gamma} (Wdy - T \frac{\delta u}{\delta x} ds) \quad (1)$$

$$J_2 = \int_{\Gamma} (Wdx - T \frac{\delta u}{\delta y} ds) \quad (2)$$

burada Γ çatlak ucunu çevreleyen kapalı bir eğri, W zorlanma enerji yoğunluğu, T , Γ ye dik ve yönü dışarı doğru olan bir vektör, ds ise, Γ de bir elementer yay uzunluğudur. Böylece, gerilme şiddet faktörleri ,

$$J_1 = \frac{1}{E^*} (K_I^2 + K_{II}^2) \quad (3)$$

$$J_2 = \frac{2}{E^*} K_I K_{II} \quad (4)$$

denklemlerinden bulunmaktadır. Çatlak ilerleme açısı θ ise, *Maksimum Teğetsel Gerilme* (σ_θ) *Metodu* kullanılarak,

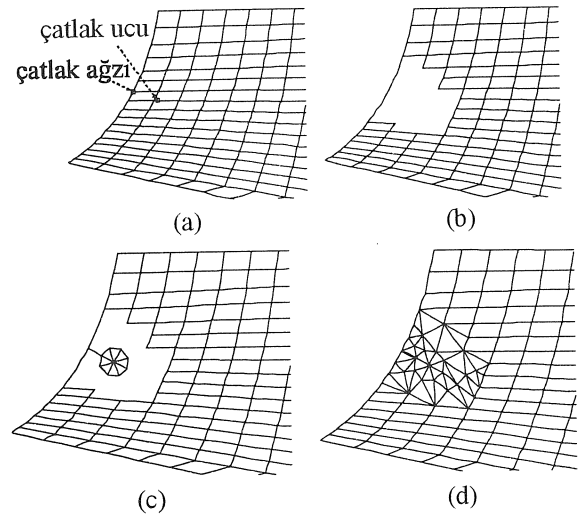
$$\left(\tan\left(\frac{\theta_m}{2}\right) \right)_{1,2} = \frac{1}{4} \frac{K_I}{K_{II}} \pm \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{K_I}{K_{II}}\right)^2 + 8} \quad (5)$$

bağıntısından bulunmaktadır.

STANDART VE PROFİL KAYDIRILMIŞ DİŞLİLERDE ÇATLAK İLERLEMESİNİN MODELLENMESİ

Çatlak başlama yeri, deneysel incelemelerin gösterdiği gibi [11, 12, 13 ve 14], dişdibi bölgesinde, yüklemenin olduğu çekme tarafında, maksimum gerilmenin meydana geldiği yer civarındadır. Buradan hareketle, bu çalışmada, çatlak başlama noktası (*çatlak ağzı*) olarak, gerilmenin maksimum olduğu dişdibi serbest yüzeyindeki eleman düğüm noktası seçilmiştir. Çatlak başlama noktasının (*çatlak ağzı'nın*), dişdibi eğriliği serbest yüzeyine teğetin normali doğrultusunda, başlangıç çatlak uzunluğu kadar ötelenmesiyle varılan nokta, *çatlak ucu* olarak seçilmiştir.

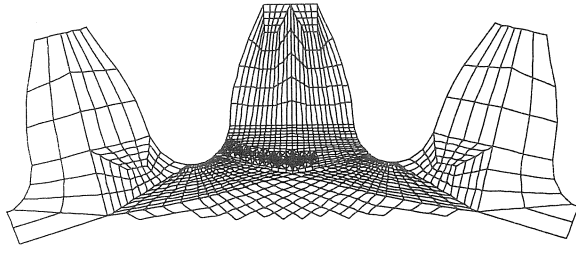
Bu çalışmada, düz dişli dişine çatlak yerleştirmek ve bu çatlak ilerletmek için FRANC [19] programı kullanılmıştır. FRANC programında yapıdaki çatlak modellemek için "sil ve doldur" şeklinde ifade edilebilecek bir metod kullanılmaktadır. Veri olarak başlangıç çatlakının, *çatlak ağzı* ve *çatlak ucu* girilmektedir. FRANC, *çatlak ucu* civarındaki elemanları silmekte ve *çatlak ucu'na*, iki adet orta düğümü *çatlak ucu'na* doğru $\frac{1}{4}$ oranında ötelenmiş altı-düğümlü üçgen elemanlar yerleştirmekte ve sonlu eleman ağını yeniden düzenlemektedir. Sonra, çatlak ilerleme adım sayısı ve adımlardaki *çatlak artırım-uzunluğu* girilmektedir. FRANC programında modele çatlak yerleştirmek için gerçekleştirilen işlemler Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Dişli dişinin dişdibine çatlak yerleştirme aşamaları: (a) *çatlak ağzı* ve *çatlak ucu'nun* belirlenmesi, (b) *çatlak ucu* civarındaki elemanların silinmesi, (c) iki orta düğümü *çatlak ucu'na* doğru $\frac{1}{4}$ oranında ötelenmiş üçgen elemanların *çatlak ucu'na* yerleştirilmesi, (d) Sonlu eleman ağıнын yeniden düzenlenmesi

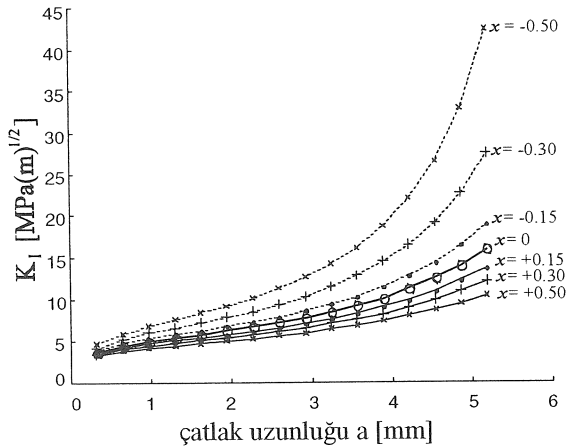
K_I ile K_{II} gerilme şiddet faktörlerini tayin etmek ve çatlak ilerleme yolunu belirlemek amacıyla, standart ($x = 0$) ve $x = \pm 0.15, \pm 0.30$ ve ± 0.50 profil kaydırma faktörlü dişli modelleri FRANC'a aktarılmıştır. Her bir modelde maksimum gerilmenin meydana geldiği noktaya *çatlak ağzı* (*çatlak başlangıç noktası*) yerleştirildi. Başlangıç çatlak uzunluğu olarak, her bir modelde dişdibi bölgesindeki ortalama eleman uzunluğu seçilmiştir. FRANC'da *çatlak ağzı* ve *çatlak ucu* tespit edildi ve

başlangıç çatlakları yerleştirildi. Şekil 6'da profil kaydırma faktörü $x = -0.15$ olan tashihli dişlide çatlakların 15 adım ilerletilmesinden elde edilen çatlak yolu ve sonlu eleman ağı gösterilmiştir.

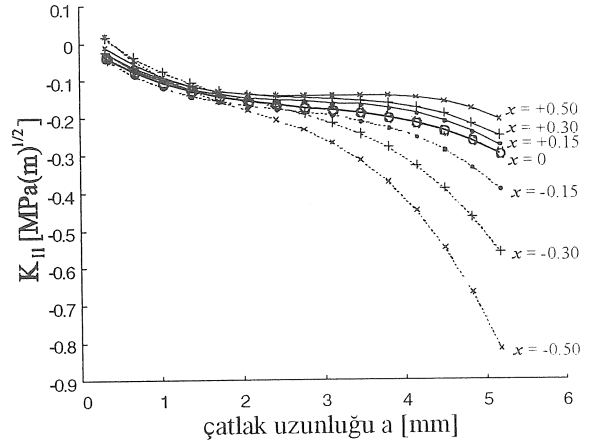


Şekil 6. Profil kaydırma faktörü $x = -0.15$ olan tashihli dişlide çatlakların 15 adım ilerletilmesinden elde edilen çatlak yolu

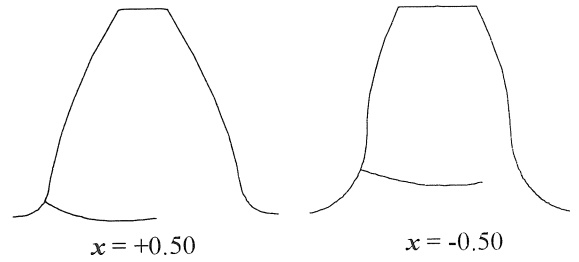
Gerilme şiddet faktörlerinin belirlenmesinde *J-integral metodu*, çatlak ilerleme doğrultusunun belirlenmesinde *Maksimum Teğetsel Gerilme Metodu* kullanılarak, standart ($x=0$) ve $x = \pm 0.15$, $x = \pm 0.3$, $x = \pm 0.5$ profil kaydırma faktörlü dişlilerde çatlak 15 adım ilerletildi. Her bir model için elde edilen K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörleri, sırasıyla, Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. $x = +0.5$ ve $x = -0.5$ profil kaydırma faktörlü dişlide, çatlakların 15 adım ilerletilmesinden elde edilen çatlak yolları ise Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 7. x 'e bağlı olarak K_I 'in değişimi



Şekil 8. x 'e bağlı olarak K_{II} 'nin değişimi



Şekil 9. Profili kaydırılmış dişlilerde, çatlakların 15 adım ilerletilmesinden elde edilen çatlak yolları

SONUÇLAR

1. Profil kaydırma faktörü x 'in artmasıyla, dişdibi eğrilik yarıçapı ρ 'nun azaldığı, kritik kesitteki S_q diş kalınlığının arttığı, yük tatbik noktasının kritik kesite uzaklığının arttığı ve yük tatbik noktasının diş simetri eksenine uzaklığının azaldığı görüldü.
2. Pozitif profil kaydırma bölgesinde x 'in artmasıyla, dişdibi eğrilik yarıçapı ρ 'nun azalması nedeniyle dişdibinde çentik (gerilme yığılma) faktörü artmaktadır. Ancak x arttıkça S_q kritik kesit kalınlığının artması, gerilme değişiminde dengeleyici unsur olarak iş görmektedir.
3. Negatif profil kaydırma bölgesinde x azaldıkça, dişdibi eğrilik yarıçapı ρ artmaktadır, dolayısıyla dişdibinde çentik (gerilme yığılma) faktörü azalmaktadır. Ancak negatif profil kaydırma bölgesinde x azaldıkça, S_q kritik kesit kalınlığının azalması, gerilme değişiminde dengeleyici unsur olarak iş görmektedir.

4. Profil kaydırma faktörü arttıkça, σ_y , τ_{xy} , σ_{max} , σ_{min} , τ_{max} gerilmelerinin azaldığı görülmüştür.
5. Bu problemde $K_I \gg |K_{II}|$ olduğundan, çatlak ilerleme açıları (θ_m), literatürde [20] ifade edilene uygun olarak $\theta_m = -K_{II} / K_I$ 'e yakınsamaktadır.
6. Profil kaydırma faktörü x 'in çatlak başlama yeri üzerindeki etkisi incelendi. Profil kaydırma faktörü x arttıkça, yük tatbik noktasının S_q kritik kesite uzaklığı artmaktadır. Bu çalışmada çatlak başlama yeri olarak, yüklemenin yapıldığı taraftaki dişdibi eğriliğinde meydana gelen σ_{max} 'ın oluştuğu düğüm noktası seçildiğinden, pozitif profil kaydırma bölgesinde x arttıkça, çatlak başlama yeri, dişdibi eğriliğinde aşağı doğru hareket etti. Negatif profil kaydırma bölgesinde ise x azaldıkça, çatlak başlama yerinin dişdibi eğriliğinde yukarı doğru hareket ettiği görüldü. Dolayısıyla, x arttıkça çatlak başlama yeri, dişdibi eğriliğinde aşağı doğru kaymaktadır.
7. Profil kaydırma faktörü x 'in gerilme şiddet faktörleri üzerindeki etkisi incelendi. Standart ve tashihli dişlilerde Mod I gerilme şiddet faktörlerinin Mod II gerilme şiddet faktörlerinden çok büyük olduğu görüldü. Negatif profil kaydırma bölgesinde K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörlerinin, pozitif profil kaydırma bölgesine nazaran daha hızlı değiştiği görüldü.
8. Standart ve tashihli dişlilerde çatlak yolunun değişimi incelendi. Dişucu yüklemesi durumunda, çatlak yolunun başlangıçta janta doğru ilerlediği, ancak daha sonra, çatlak yolunu değiştirerek dişköküne geri döndüğü görüldü. Bu problemde, K_{II} gerilme şiddet faktörleri, K_I gerilme şiddet faktörlerinden belirgin olarak küçük olmakla birlikte, çatlak ilerleme yollarından görüldüğü gibi, K_{II} gerilme şiddet faktörü, çatlak yoluna hafif bir eğrilik katmakta ve çatlak başlangıçta jant kısmına doğru ilerlerken, K_{II} gerilme şiddet faktörünün etkisiyle, çatlak yolunu değiştirerek dişköküne yönelmektedir. Dolayısıyla K_{II} gerilme şiddet faktörü, çatlak yolunun şekli üzerinde etkili olmaktadır.
9. Standart ve tashihli dişlilerde, çatlak uzunluğunun artmasıyla Mod I gerilme şiddet faktörünün sürekli artma eğilimi gösterdiği, Mod II gerilme şiddet faktörünün ise azalma eğilimi gösterdiği görüldü.

THE EFFECT OF ADDENDUM MODIFICATION COEFFICIENT ON CRACK PROPOGATION PATH AT SPUR GEAR TOOTH

In this study, the effects of addendum modification coefficient on crack propagation path and stress intensity factors, are investigated. Addendum modification coefficient used in this analysis are $x = \pm 0.15, \pm 0.30, \pm 0.50$. For each one of different addendum modification coefficient a model is established.

An initial crack being normal to the free surface at the most critically stressed point is placed at the tensile fillet of standard and profile modified spur gears. Mod I and Mod II stress intensity factors are computed by using the finite element technique. The crack propagation path is obtained by means of Mod I and Mod II stress intensity factors. FRANC software is used to simulate crack and crack propagation at standart and profile modified spur gears.

Crack beginning place moves to downward on the free fillet surface with a increasing x . Although K_{II} stress intensity factors are significantly less than K_I stress intensity factors, K_{II} clearly effects on the shape of the crack propagation path.

Keywords: Addendum Modification Coefficient, Crack Propagation, Spur Gear.

KAYNAKÇA

1. Honda, H., Conway, J.C., "An analysis by Finite Element Techniques of the Effects of a Crack in the Gear Tooth Fillet and its Applicability to Evaluating Strength of the Flawed Gears", *Bulletion of the JSME*, Vol. 22, No. 174, December 1979.
2. Flaker, J., Pehan, S., Abersek, B., "Determination of Service Life of Gears with Cracks Initiated in Tooth Root", *Proc. ECF8-Fracture Behaviour and Design of materials and Structures*, pp. 1678-1681, Torino, Italy, 1990.
3. Nicoletto, G., "Approximate Stress Intensity Factors for Cracked gear Teeth", *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 44, No.2, pp. 231-242, 1993.
4. Abersek, B., Flaker, J., "Stress Intensity Factor for Cracked Gear Tooth", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 20, pp. 99-104, 1994.

5. Daniewicz, S.R., Collins, J.A., Houser, Donald R., "The Stress Intensity Factor and Stiffness for a Cracked Spur Gear Tooth", *Journal of Mechanical Design*, Transactions of the ASME, Vol. 116, No.3, pp. 697-700, Sept. 1994.
6. Lewicki, D.G., Ballarini, R., "Effect of Rim Thickness on Gear Crack Propagation Path", *Journal of Mechanical Design*, Vol. 119, March 1997.
7. Lewicki, D.G., Ballarini, R., "Rim Thickness Effects on Gear Crack Propagation Life", *International Journal of Fracture*, No. 87, pp. 59-86, 1997.
8. Lewicki, D.G., Ballarini, R., "Gear Crack Propagation Investigations", *Gear Technology*, Vol. 14, No. 6, pp. 18-24, Nov-Dec 1997.
9. Kato, M., Deng, G., Inoue, K., Takatsu, N., "Evaluation of the Strength of Carburized Spur Gear Teeth Based on Fracture Mechanics", *JSME International Journal*, Series C, Vol. 36, No. 2, 1993.
10. Inoue, K., Kato, M., "Crack Growth Resistance Due to Shot Peening in Carburized Gear", *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 11, No. 5, pp. 973-979, September-October 1995.
11. Oda, S., Shimatomi, Y., "Effects of Addendum Modification on Bending Fatigue Strength", *Bulletion of the JSME*, Vol 20, No.139, pp. 116-121, January, 1977.
12. Oda, S., Shimatomi, Y., "Effects of Addendum Modification on Bending Fatigue Strength", *Bulletion of the JSME*, Vol 20, No 139, pp. 122-129, 1977.
13. Oda, S., Tsubokura, K., "Effects of Addendum Modification on Bending Fatigue Strength", *Bulletion of the JSME*, Vol 24, No 190, pp. 716-722, April, 1981.
14. Oda, S., Tsubokura, K., "Effects of Addendum Modification on Bending Fatigue Strength of Spur Gears with Higher Pressure Angle", *Bulletion of the JSME*, Vol 25, No 209, pp. 1813-1820, November, 1982.
15. Günay, D., Özer, H., Aydemir, A., "The Effect of Addendum Modification Coefficient on Tooth Stresses of Spur Gear", *Mathematical & Computational Applications*, Vol 1, No 1, p. 36-43, 1996.
16. Günay, D., Özer, H., Aydemir, A., "Düz Dişlilerde Jant Kalınlığının Diş Kökü Gerilmeleri Üzerindeki Etkisi", *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, s. 299-304, 1997.
17. Günay, D., Özer, H., Aydemir, A., "Düz Dişlilerde Diş Kökü Gerilmelerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi", *II. Ulusal Hesaplamalı Mekanik Konferansı*, 4-6 Eylül 1996, Trabzon.
18. Günay, D., Özer, H., Aydemir, A., "Tooth Stresses in Addendum Modified Spur Gears", *Proceedings of the XII Polish Conference on Computer Methods in Mechanics*, Poznan, Poland, 5-8 May, 1997.
19. Swenson D., James, M., "FRANC2D/L: a Crack Propagation Simulator for Plane Layered Structures, Version 1.4 User's Guide", Kansas State University, Manhattan, Kansas.
20. Cotterel, B., Rice, J.R., "Slightly Curved or Kinked Cracks", *International Journal of Fracture*, Vol.16, No. 2, pp. 155-169, 1980.