

# BİLGİSAYAR DESTEĞİ İLE DİŞLİ ÇARK GÖRSEL MATERYALLERİN ELDE EDİLMESİ

Cüneyt FETVACI \* C. Erdem İMRAK \*\*

\* Dr., İTÜ Makina Fakültesi

\*\*

Doç. Dr., İTÜ Makina Fakültesi

*Dişli çarklar mekanik gücün naklindeki önemine paralel olarak mühendislik öğreniminde çeşitli derslerde incelenmektedir. Bilgisayar desteği ile kolaylıkla dizayn edilen dişli çark resim ve animasyonları işlenen konuların kavranmasında öğrencilere son derece faydalı olmaktadır. Uygun programlar ile çeşitli parametrelerin diş geometrisine etkileri kolaylıkla incelenmektedir. Bu çalışmada düz dişli çark resim ve animasyonlarının dizaynı ele alınmıştır.*

**Anahtar sözcükler :** CAD, düz dişli, simülasyon

*Being one of the most common mechanisms for transmitting power and motion, gears are examined in several courses in engineering education. The animation and illustration of gears can be created easily with the aid of computers . These visual materials help students comprehend the subjects. Suitable software are used to investigate the various parameters on gear geometry. In this study, the design and simulation of gears are examined.*

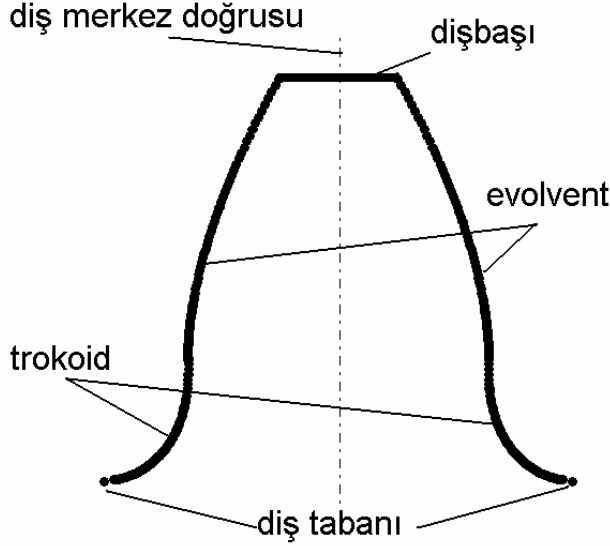
**Keywords :** CAD, spur gear, simulation

## GİRİŞ

Dişli çarklar günlük hayatta saatlerden uçak transmisyona elemanlarına birçok uygulamada kullanılmaktadır. Mekanik gücün naklinde çeşitli mühendislik ve maliyet avantajlarını bir arada sunan dişli çarklar, mühendislik lisans öğretiminde Makina Elemanları derslerinde incelenmekte olup, ayrıca gerek lisans ve gerek yüksek lisans öğretiminde kapsamlı olarak ele alınmaktadır. Temel geometrik özellikler ve dişli analitik mekaniği esasların ele alınması ile başlayan bu incelemelerde görsel materyallerin kullanılması eğitimde işlenen konuların kavranmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak geliştirilen paket programlar dişli çarkların dizaynı ve simülasyonu kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. Diş profilini tayin eden ifadelerin programlanması ile dişli geometrisi bilgisayar ortamında elde edilmektedir. Bilgisayar grafik esasları ve dişli mekaniği kullanılarak kavrama çevrimi simüle edilmektedir. Bu çalışmada evolvent profilili düz dişli çarkların dizaynı ve simülasyonu ele alınmıştır. Kesici takımın geometrisi ve profil kaydırmanın diş geometrisindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca dişlerin hareket çevriminin herhangi bir anında konumlarını gösteren resimler ve animasyon dosyaları elde edilmiştir. Bu şekilde işlenen konuları destekleyici mahiyette görsel materyaller öğrencilerin istifadesine sunulmuştur.

## DİŞ GEOMETRİSİ

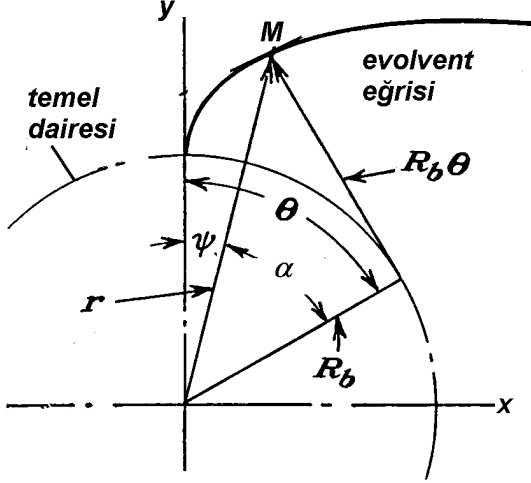
Düz dişli çark geometrisi incelendiğinde diş yan yüzeylerin evolvent eğrisi ve diş yan yüzeylerini diş dibi dairesine bağlayan kök eğrisinin trokoid formda olduğu görülmektedir (Şekil 1). Profili kesici takımın geometrisi tayin etmektedir. Standart kesici takım ISO53 normuna göre seçilmiştir[1]. Trokoidal kök eğrisini ve evolvent profili tayin eden ifadeler dişli çarkların analitik mekaniğinden elde edilmektedir [2]. Bu eğrileri tanımlayan analitik ifadelerin uygun çevrimlerle kullanıldığı bir hesaplayıcı program BASIC programlama lisanında yazılmıştır.



*Şekil 1. Düz Dişli Çark Geometrisi*

Bu çalışmada, evolvent düz dişli profili elde etmek için, Litvin tarafından geliştirilen düz dişli çark diş profili oluşturma metodunda evolvent profili ve trokoid formda diş dibi profilini tayin eden parametrik ifadeler kullanılmıştır [3]. Profil kaydırmanın da etkisini incelemek üzere ifadelere gerekli ilaveler yapılmıştır.

Şekil 2'de evolvent geometrisi görülmektedir. Evolvent profil üzerindeki bir noktanın konumunu veren parametrik ifadeler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Evolvent Profilin Oluşturulması [3]

$$M(\theta, r_b) = \begin{cases} x(\theta) = r_b (\sin(\theta) - \theta \cos(\theta)) \\ y(\theta) = r_b (\cos(\theta) + \theta \sin(\theta)) \end{cases} \quad (1)$$

Yuvarlanma parametresinin değişim aralığı ve diğer gerekli büyüklükler aşağıda verilmiştir.  $r_a$  dişbaşı dairesi yarıçapı  $r_b$  temel dairesi yarıçapı ve  $q$  dönme açısı olmak üzere

$$0 \leq \theta \leq \theta_{\max} \quad (2)$$

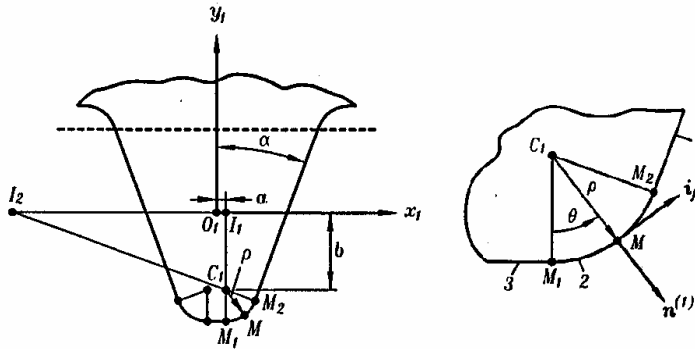
$$\theta_{\max} = \theta_a + ev \theta_a \quad (3)$$

$$\theta_a = \cos^{-1} \frac{r_b}{r_a} \quad (4)$$

$$\psi = ev \alpha = \tan \alpha - \alpha \quad (5)$$

$$\theta = \psi + \alpha = \tan \alpha \quad (6)$$

Şekil 1'de gösterilen diş profilini tayin eden kesici takımın geometrisi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Kesici Takım Geometrisi ve Takım Ucu Detayı [3]

Modül  $m$ , kavrama açısı  $\phi$ , profil kaydırma faktörü  $x_f$  ve takımın uç yuvarlatma yarıçapı  $\rho$  ile

tanımlandığında takımın yuvarlatılmış ucunun eğrilik merkezinin konumunu veren  $a$  ve  $b$  mesafeleri aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$a = \frac{m(\pi - 5 \tan \alpha)}{4} - \frac{\rho(1 - \sin \alpha)}{\cos \alpha} \quad (7)$$

$$b = 1.25 m - \rho - m x_1 \quad (8)$$

Yuvarlanma parametresi  $x_1$  0 ila  $(\dots)$  aralığında değişen yay parametresi  $q_1$  ile (7) ve (8) numaralı denklemler kullanılarak aşağıda tanımlanmıştır.

$$\phi = \frac{a - b \tan \theta_1}{r} \quad (9)$$

Takım geometrisine bağlı olarak trokoid formda diş dibi eğrisini tayin eden parametrik ifadeler, (7), (8) ve (9) numaralı denklemler kullanılarak aşağıda verilmiştir.

$$x_2 = \rho \sin(\theta_1 - \phi) + a \cos \phi - b \sin \phi + r(\sin \phi - \phi \cos \phi) \quad (10)$$

$$y_2 = -\rho \cos(\theta_1 - \phi) - a \sin \phi - b \cos \phi + r(\cos \phi + \phi \sin \phi) \quad (11)$$

## GÖRSEL MATERYALLER

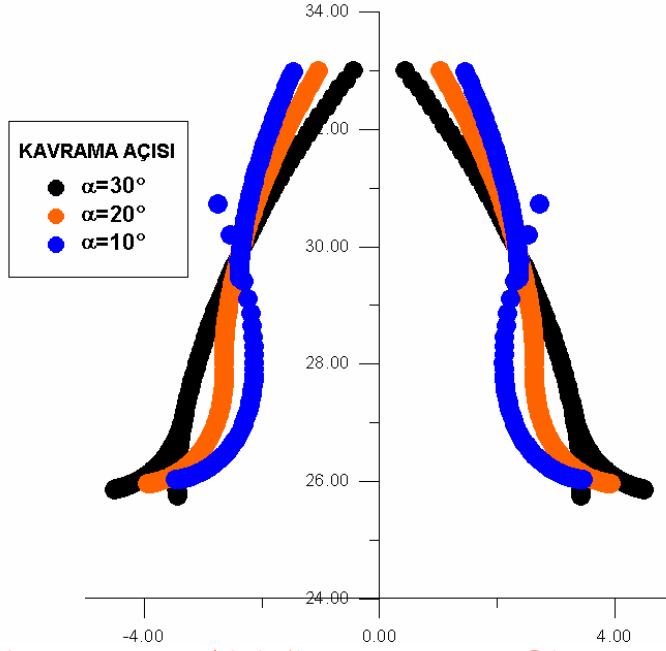
Diş profilini tayin eden ve yukarıda ele alınan ifadeler BASIC programlama lisansı ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Program GWBASIC derleyicide çalıştırılmaktadır. Giriş değerleri diş sayısı, modül, kavrama açısıdır. Çıkış dosyalarından biri diş profilini tayin eden noktaların koordinatlarından oluşmaktadır. Diğer çıkış dosyasında diş geometrisinden tayin edilen büyüklükler yazdırılmaktadır. Bu iki dosyadan faydalanılarak ANSYSâ önerilen modülünde eşçalışan dişlilerin kavrama çevriminin belirli anlarında konumu gösteren resim ve animasyon dosyaları oluşturulmaktadır. Ayrıca sadece koordinat dosyası GRAPHERâ grafik işlem programında değerlendirilerek dişli geometrisi resimleri elde edilmektedir.

Böylece, çeşitli diş sayıları, modül, kavrama açısı ve profil kaydırma miktarlarında diş geometrisini gösteren resimler kolaylıkla elde edilmektedir. Böylece geometriyi etkileyen parametrelerin çeşitli değerleri için olan değişimler kolaylıkla incelenmektedir. Ayrıca kavrama çevriminde dişli çiftinin konumunu gösteren resimler ve kavrama simülasyonunu gösteren animasyonlar elde edilmektedir. Aşağıda çeşitli durumlar için elde edilen materyaller verilmektedir.

### Kavrama Açısındaki Değişme

Düz dişli çarklarda standart kavrama açısı  $\alpha=20^\circ$  dir. Kavrama açısı arttığında diş dibi kesit kalınlığı da arttığından diş mukavemeti artar, bununla birlikte dişucu sivrileşmektedir. Kavrama

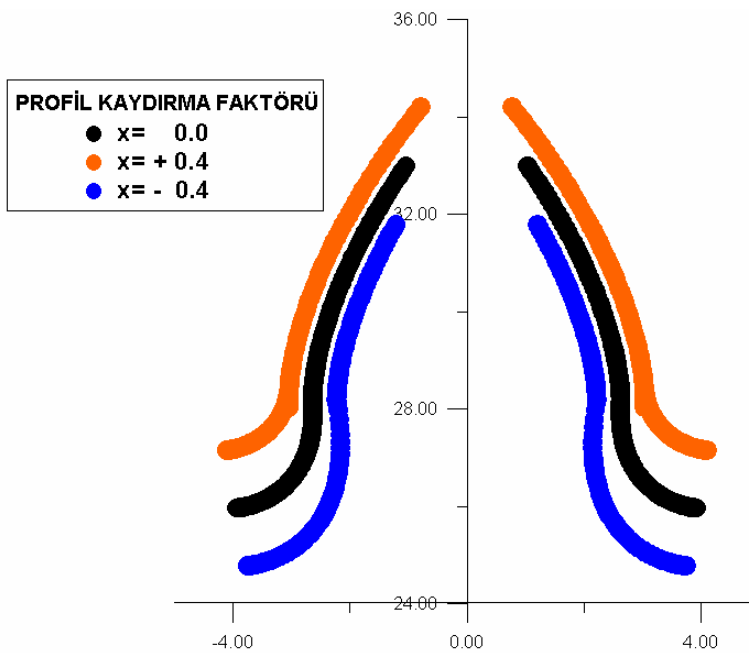
açısı azaldığında ise dişdibi kesit kalınlığı da azaldığından diş mukavemeti azalmaktadır. Kavrama açısındaki değişimin diş profiline olan etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Diş sayısı  $z=20$  ve modül  $m=3$  mmdir.



Şekil 4. Kavrama Açısındaki Değişimin Geometriye Etkisi

#### Profil Kaydırma Faktöründeki Değişme

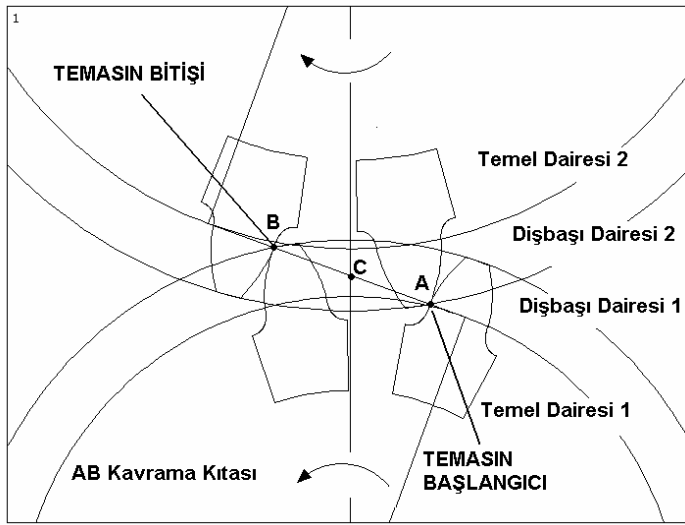
Profil kaydırma metodu dişli çark mekanizmasını istenen eksenler arası mesafeye yerleştirmek, küçük diş sayılarında alttan kesmeyi önlemek ve diş mukavemetini arttırmak için uygulanmaktadır [4, 5]. Profil kaydırma faktöründeki değişimin diş geometrisine olan etkisi Şekil 5'de gösterilmiştir.



*Şekil 5. Profil Kaydırma Faktöründeki Değişimin Geometriye Etkisi*

### Kavrama Simülasyonu

Eş çalışan dişlilerin kavrama çevriminin herhangi bir anında konumunu gösteren resimlerin elde edilmesinde ANSYSâ genel amaçlı sonlu eleman analiz programı kullanılmıştır. Bu programda diş profilini belirleyen programın çıkış dosyaları değerlendirilmektedir. Şekil 6'da bir dişli çiftinin kavramaya girmesi ve çıkması durumu gösterilmektedir. Burada AC bölgesi yaklaşma bölgesi ve CB bölgesi ise uzaklaşma bölgesidir. Uygun geometrik transformasyonlar ile kavrama çevrimin herhangi bir anında dişli çiftinin konumunu gösteren resimler elde edilebilir. Kavrama çevrimin başlangıcından bitişine belirli noktalar için elde edilen resimler bir arada değerlendirildiğinde dişli çark kavramasını simüle eden animasyon dosyaları elde edilmektedir.



*Şekil 6. Kavrama Çevrimi*

## SONUÇ

Eğitimde görsel materyaller öğrencilerin işlenen konuları kavramasında büyük destek sağlamaktadır. Ders kitapları ve notlarında hacim nedeniyle kısıtlı tutulan dişli çark görsel materyalleri bilgisayar desteği ile kısa zamanda hazırlanmakta ve pratik bir şekilde projeksiyon cihazları ile derslerde öğrencilerin istifadesine sunulmaktadır. Bu çalışmada elde edilen materyaller Makina Elemanları derslerinde öğrencilere gösterilmiş ve internet ortamında öğrencilerin istifadesine sunulmuştur [6]. Geliştiren programların internet ortamına aktarılarak öğrencilerin interaktif kullanımına sunulması düşünülmektedir.

## SEMBOLLER

- a : kavrama açısı
- f : dönme açısı
- q : evolvent profilde dönme açısı

- $q_1$  : takım ucu yay parametresi  
 $r$  : takım ucu yuvarlatma yarıçapı  
 $\gamma$  : evolvent açısı  
 $m$  : modül  
 $r$  : taksimat yarıçapı  
 $r_a$  : dişbaşı yarıçapı  
 $r_b$  : temel dairesi yarıçapı

## KAYNAKÇA

1. **ISO53**, *Cylindrical Gears for General and Heavy engineering-Basic Rack*, International Organization for Standardization, Switzerland. 1974.
2. **Buckingham, E.**, 1949. *Analytical Mechanics of Gears*, McGraw-Hill, New York,
3. **Litvin, F.L.**, *Gear Geometry and Applied Theory*, PTR Prentice Hall, New Jersey, 1994.
4. **Çakır, A.**, 1989, *Dişli Çark Kinematiği*, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul
5. **Maitra, G.M.**, 1989, *Handbook of Gear Design*, Tata McGraw-Hill, New Delhi
6. <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~fetvacic>