



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*  
*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*  
 ISSN 1012-2354

Cilt (Volume) 27, Sayı (Issue) 2, Nisan/April-2011  
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Adalı cep boşaltma operasyonları için takım yolu türetimi

Mustafa GÖKTAŞ<sup>1</sup>, Abdulmecit GÜLDAŞ<sup>2</sup>, Hakan DİLİPAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Atatürk Meslek Yüksek Okulu, Ankara

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara

<sup>3</sup> Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara

### **Anahtar Kelimeler**

Takım yolu türetme,  
cep işleme,  
adalı cep boşaltma,  
ofsetleme hatalarının  
giderilmesi.

### **ÖZET**

CNC freze tezgâhında adalı cep boşaltma operasyonları için takım yolu türetilmesi amacıyla bir algoritma geliştirilmiştir. Bunun için öncelikle işlenecek profile göre kesici konumunu hesaplayacak bir ofsetleme algoritması geliştirilmiştir. Sonraki adımda da dalma ve kalıntılara yol açabilecek ofsetleme hatalarını giderilmesi sağlanmıştır. Bu işlem için geçerli ofset unsurlarının taşınması gereken ortak özellikleri referans alan bir hata ayıklama yöntemi geliştirilmiştir. Takım yollarının elde edilmesi sürecinde ise cep profilleri içe doğru, ada profilleri de dışa doğru ofsetlenmiştir. Yapılan ofsetleme işlemleri sonucunda elde edilen çizgilerin ve yayların hatalı kısımları tespit edilmiş ve hata ayıklama yöntemi ile geçersiz kısımlar atılmıştır. Elde edilen geçerli ofset çizgileri kullanılarak takım yolları türetilmiştir.

## Tool path generation for operation of pocket machining with island

### **ABSTRACT**

An algorithm has been developed due to tool path generation for pocket machining with island operations on CNC machine center. For instance, firstly an offsetting algorithm was developed that calculate position of tool according to profile. At the next phase too, eliminating of the offsetting errors which may cause plunge and leftover was ensured. For this process an error elimination method that referred valid items owning shared properties was developed. Pocket profiles and island profiles was offset respectively to inside and outside in the progress of obtaining tool path. The incorrect features of lines and arcs which were obtained at the end of the offsetting progress were determined and then with error elimination method the invalid items were thrown away. Tool paths were generated by using obtained valid offset lines.

### **Keywords**

Tool path generation,  
pocket milling,  
pocket machining with  
island,  
elimination of offsetting  
error.

## 1. Giriş

Makine parçalarının üretim yöntemlerinden bir tanesi de çevresel frezeleme, cep frezeleme ve yüzey frezeleme gibi değişik operasyonları içeren NCN freze tezgâhlarıyla yapılan üretilmektedir. Bu operasyonlardan cep frezeleme işleminde CNC freze tezgâhının kullanılacak takım yollarının türetilmesi oldukça karmaşık bir işlemdir. Cep frezeleme operasyonlarında tek yönlü işleme, zig-zag işleme, profil tekrarlayarak işleme ve karmaşık işleme gibi işleme yöntemleri mevcuttur. Yapılan literatür araştırmalarında profil tekrarlayarak işleme yönteminde kesici takım üzerindeki kesme kuvveti ve gerilme değişimlerinin daha az olduğu için bu işleme yönteminin uygulanmasında daha uzun bir takım ömrüne ulaşılabilmektedir [1].

Profil tekrarlayarak işleme yöntemi için uygun takım yollarını türetilmesi gerekmekte ve bu takım yolları için de işlenecek cep profilinin doğru bir şekilde ofsetlenmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Güvenilir takım yollarının türetilmesi için kalıntılara neden olmayan, iş parsının dolu kısımlarına ve cep profili içerisinde kalan adalara dalmayan, doğru çalışan bir ofsetleme algoritmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ofsetleme probleminin çözümüne yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda dalma ve kalıntıların olmadığı, sağlıklı bir ofsetlemeyi gerçekleştirebilecek ofsetleme algoritması geliştirmek problemi üzerinde durulmuştur [2-14]. Yapılan literatür araştırmalarına göre genel olarak üç farklı ofsetleme yöntemi göze çarpmaktadır. Bunlardan biri işlenecek profile temas halindeki sanal bir çemberin, profil boyunca hareket ettirilmesiyle merkezinin çizdiği yolun ofsetleme sürecinde kullanıldığı, "Rolling ball" diye anılan yöntemdir [1,3-8,13]. Bir diğeri geçersiz kapalı profillerin atılmasına temel alan yöntem grubudur. Bu yöntemlerde kaba ofsetleme sonucu oluşan kapalı alanlardan geçersiz olanlarının çeşitli algoritmalarla tespit edilip atılması işlemi gerçekleştirilmektedir [2]. Genel olarak kullanılan bir diğeri yöntem de parametrik eğrilerden oluşan

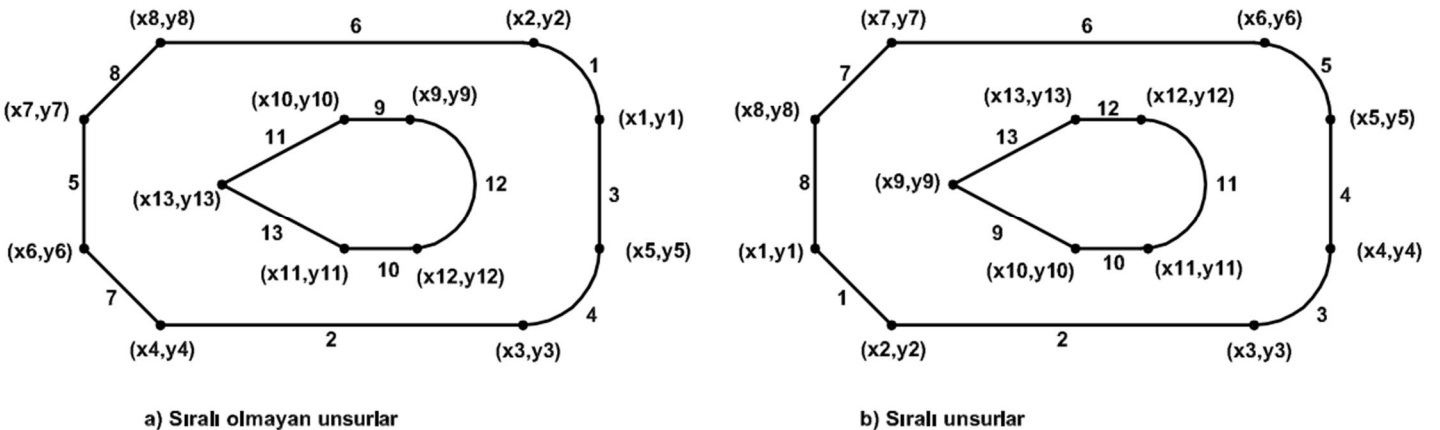
kapalı profillerin eğimlerinin büyük olduğu noktalardan kırılmasını sağlayan "voronoi" eğrileri kullanılarak yapılan ofsetleme yöntemidir. Bu yöntemde kırılmış profil parçalarının ayrı ayrı ofsetlenmesiyle ofset çizgilerinin bir birlerini kesmeleri önlenmektedir [9-11].

Adalı cep profillerinin ofsetlenmesinde de cep profili içe doğru ofsetlenirken ada profili dışa doğru ofsetlenmiştir [11,13].

Kapalı profillerin ofsetlenmesi için yapılan çalışmada ofsetleme hatalarını giderilmesi sürecinde ofset unsurlarının analitik denklemleri kullanılmıştır [14]. Hatalı ofset kısımlarının giderilmesi için öncelikle ofset unsurları kesişim noktalarından kırılmıştır. Daha sonra geçerli bir ofset unsurunun taşınması gereken ortak özellikler belirlenmiş ve bu özelliklerden her hangi birini taşımayan ofset unsurları atılarak hatalar giderilmiştir [14,15,16]. Bir dizi çalışmanın devamı olan bu çalışmada, adalı cep profillerinin ofsetlenmesinde ise öncelikle cep profil içeriye doğru, ada profili dışarıya doğru hatalar göz ardı edilerek kabaca ofsetlenmiş ve daha sonra hatalar giderilerek ofsetleme işlemi tamamlanmıştır. Bu çalışmada sunulan yöntem ile literatürdeki diğer çalışmalara göre daha pratik ve kararlı bir hata giderme uygulaması gerçekleştirilmiştir.

## 2. DXF Dosyasından unsur verilerinin alınması

Sunulan bu çalışmadaki ofsetleme ve hata ayıklama işleminin uygulanabilmesi için geliştirilen algoritma Delphi® ortamında program haline dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu program herhangi bir CAD/CAM programında oluşturulmuş 'dxf' dosyasından profile ait verileri okuyup, profili oluşturan unsurları belirleyebilmektedir. Kullanıcının oluşturduğu 'dxf' dosyasında 'AcDbline' başlığı altındaki çizgilere ait başlangıç ve bitiş koordinatları; 'AcDbcircle' başlığı altındaki yaylara ait merkez koordinatı, çap bilgisi, başlangıç ve bitiş açısı gibi veriler okunarak program ortamına alınmış ve programın kullanabileceği farklı bir formata dönüştürülmüştür.

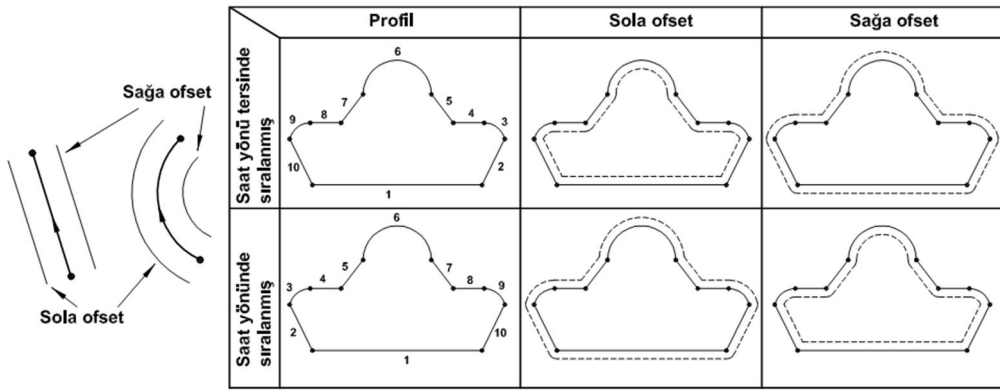


Şekil 1. Profil unsurları a) Sıralı olmayan, b) Sıralanmış

'Dxf' dosyası oluşturulurken kullanıcının unsurları belirli bir sıra dâhilinde değil de karmaşık olarak çizdiği var sayılmıştır ve programın unsurları kullanabilmesi için unsurların profili oluşturacak şekilde devam eden ardı ardına sıralanmış bir zincir durumunda olmaları gerekmektedir. Bu sıralama işleminde bütün unsurlar kendinden önceki unsurun bitiş noktasıyla başlamalı ve kendisinden sonraki unsurun başlangıç noktasıyla bitmelidir. Cep profiline ait unsur verileri 'dxf' dosyasından okunduktan sonra unsurların cep profiline mi yoksa ada profiline mi ait olduğu belirlenir. Ada profilini oluşturan unsurlarının da cep profili unsurları gibi düzgün bir sıra halinde olmaları gereklidir (Şekil 1).

### 3. Sıralama yönlerinin belirlenmesi

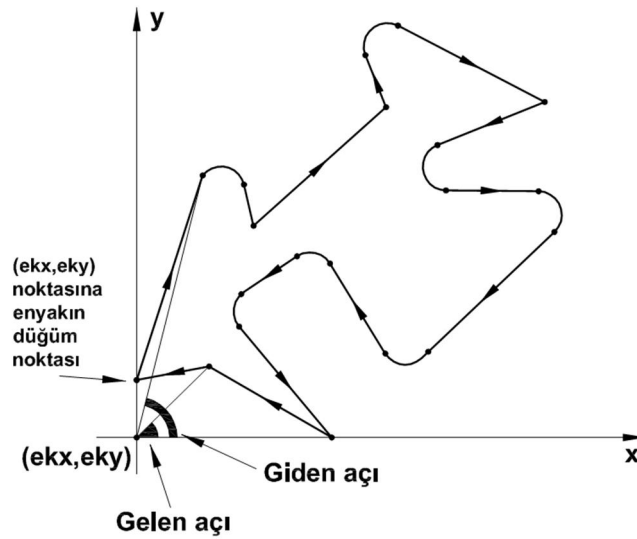
Bir profilin içe ya da dışa ofsetlenebilmesi için profili oluşturan unsurların sıralama yönünün bilinmesi gerekmektedir. Unsurları saat yönünde sıralanmış bir profile her bir unsur sağa doğru ofsetlendiğinde profil içe, her bir unsur sola doğru ofsetlendiğinde profil dışa ofsetlenmiş olur. Benzer şekilde, unsurları saat yönü tersinde sıralanmış bir profile her bir unsur sağa doğru ofsetlendiğinde profil dışa, her bir unsur sola doğru ofsetlendiğinde profil içe ofsetlenmiş olur. Bu nedenle bir profile ofsetleme yönünü tayin edebilmek için o profiledeki unsurların sıralama yönünün bilinmesi şarttır (Şekil 2).



Şekil 2. Sağa ve sola doğru yapılan ofsetleme işlemi.

Profili oluşturan unsurların sıralama yönü bulunurken öncelikle profilin en küçük x ( $ekx$ ) ve en küçük y ( $eky$ ) koordinat değerleri bulunur. Daha sonra ( $ekx,eky$ ) noktasına, iki unsurun bağlandığı en yakın düğüm noktası bulunur. En yakın düğüm noktasından başlayan unsurun bitiş noktası ile ( $ekx,eky$ ) noktasını birleştiren doğru parçasının yatay ile yaptığı açığı giden açı; en yakın düğüm noktasında biten unsurun başlangıç noktası ile ( $ekx,eky$ ) noktasını birleştiren

doğru parçasının yatay ile yaptığı açığı gelen açı diye adlandırdığımızda, gelen açı giden açıdan büyük ise sıralama yönü saat yönü tersindedir, küçük ise sıralama yönü saat yönündedir (Şekil 3). En yakın düğüm noktasında bağlanan unsurlardan herhangi birinin yay olması durumunda unsurun bitiş/başlangıç noktası yerine yayın tepe noktası ile ( $ekx,eky$ ) yi birleştiren doğru parçasının yatay ile yaptığı açı kullanılır.

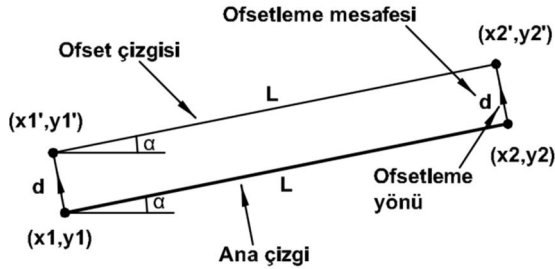


Şekil 3. Sıralama yönünün bulunması.

#### 4. Kaba ofsetleme

Cep profilinin ve ada profilinin sıralama yönleri belirlendikten sonra ofsetleme ile birlikte doğacak hatalar göz ardı edilerek öncelikle kaba ofsetleme işlemi gerçekleştirilmiş daha sonra geliştirilen bir hata ayıklama algoritması ile geçersiz ofset kısımları atılmıştır.

Ofsetleme işlemi gerçekleştirilirken unsurlar ofsetleme yönünde, ofsetleme mesafesi kadar ötelenerek ofset unsurları oluşturulmaktadır. Çizgilerin ofsetlenmesiyle ana unsur ile aynı boyda yeni bir ofset çizgisi elde edilmektedir. Yeni oluşan ofset çizgisinin başlangıç ve bitiş noktaları ana çizginin başlangıç ve bitiş noktalarından ofsetleme yönünde, ofsetleme mesafesi kadar uzaklıktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Çizginin ofsetlenmesi.

Çizginin ofsetinin başlangıç ve bitiş koordinatları hesaplanırken Eşitlik 1-4'te gösterilen denklemler kullanılmıştır.

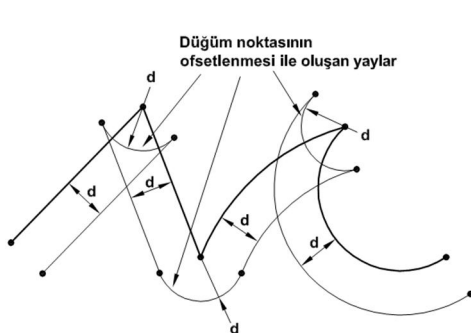
$$x1' = x1 + \cos(90+a).d \quad (1)$$

$$y1' = y1 + \sin(90+a).d \quad (2)$$

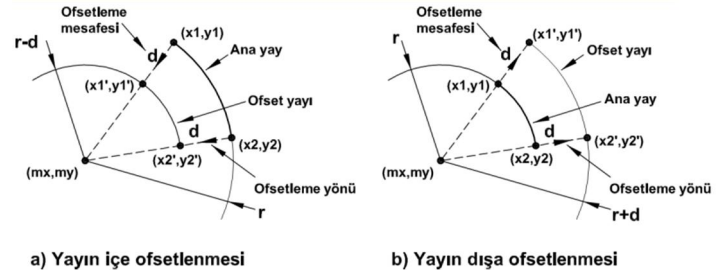
$$x2' = x2 + \cos(90+a).d \quad (3)$$

$$y2' = y2 + \sin(90+a).d \quad (4)$$

Yaylar ofsetlenirken yay, dışa doğru ofsetlendiğinde yarıçapı ofset mesafesi kadar büyürken içe doğru ofsetlendiğinde yarıçapı ofset mesafesi kadar küçülür. Elde edilen ofset yayının merkezi, başlangıç ve bitiş açıları ana yayın merkezi, başlangıç ve bitiş açıları ile aynı değerdedir (Şekil 5).

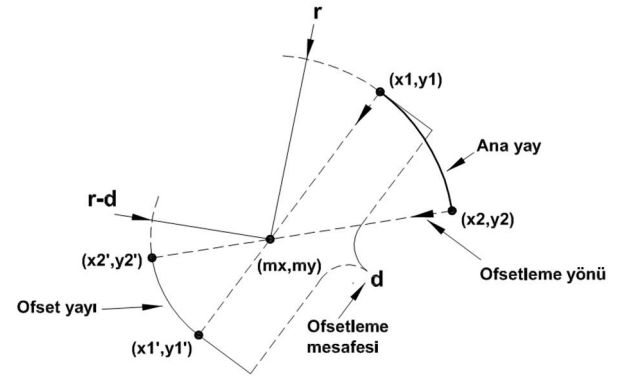


Şekil 7. Ofsetleme ile oluşan yaylar.



Şekil 5. Yayın içe ve dışa ofsetlenmesi.

Ofsetlenen yayın yarıçapının Ofsetleme mesafesinden daha küçük yarıçaplı bir yayın içe ofsetlenmesi durumunda elde edilecek ofset yayının yarıçapı, ofsetlenen yayın yarıçapı ile ofsetleme mesafesinin farkı kadar olacaktır. Ofset yayının merkez koordinatı ana yayın merkezi ile aynı değerde iken başlangıç ve bitiş açıları 180 derece artacaktır (Şekil 6).



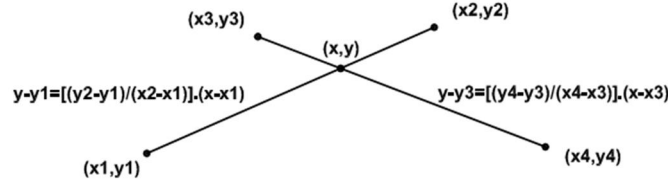
Şekil 6. Ofset mesafesinden küçük yarıçaplı yayın ofsetlenmesi.

Profil unsurlarını birleştiren düğüm noktaları da ofsetleme sürecine katılmaktadır. Düğüm noktalarının ofsetlenmesi ile ofsetleme yönünde, ofset mesafesi yarıçapında, düğüm noktasının bağladığı unsurların sınırlandırdığı bir yay elde edilir. Şekil 7'de profile ait bir parçanın sağa ve sola ofsetlenmiş ve düğüm noktalarının ofsetlenmesiyle oluşan yaylar görülmektedir.

Kaba ofsetleme işlemi ile profil, ofsetleme işlem ile oluşan hatalar göz ardı edilerek ofsetlenmiş olmaktadır. Sonraki adımda kaba ofsetleme ile birlikte oluşan hatalı kısımların atılması işlemi yer almaktadır. Hatalı kısımların atılmasını kolaylaştırmak amacıyla kaba ofsetleme ile elde edilen bütün ofset çizgileri kesişim noktalarından kırılarak hata ayıklama uygulaması için hazırlık yapılmıştır.

### 5. Kaba ofset unsurlarının kırılması

Ofset çizgilerini kesişim noktalarından kırmak için kaba ofsetleme ile elde edilen tüm ofset unsurları tek tek gözden geçirilir. Her bir ofset unsurunun diğer tüm ofset unsurlarıyla



Şekil 8. Çizgi ile çizginin kesişimi.

$$y-y1=[(y2-y1)/(x2-x1)].(x-x1) \quad (5)$$

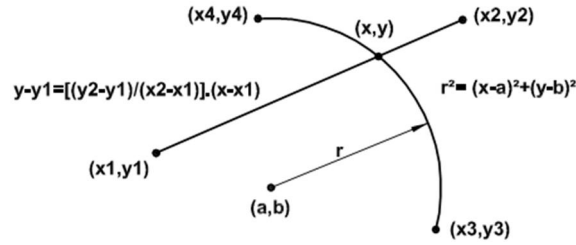
$$y-y3=[(y4-y3)/(x4-x3)].(x-x3) \quad (6)$$

$$x=[((y2-y1)/(x2-x1)].x1-[(y4-y3)/(x4-x3)].x3+y3-y1/([(y2-y1)/(x2-x1)]-[(y4-y3)/(x4-x3)]) \quad (7)$$

$$y=[(y2-y1)/(x2-x1)].(x-x1)+y1 \quad (8)$$

Karşılaştırılan unsurlardan birinin çizgi diğerinin yay olması durumunda ise Eşitlik 5 ve Eşitlik 9'da verilen çizgi ve yay denklemlerinin ortak çözüm denkleminin çözümü ile (Eşitlik

8 ve Eşitlik 11) karşılaştırılan çizgi ve yayın kesişim noktaları bulunur (Şekil 9).



Şekil 9. Çizgi ile yayın kesişimi.

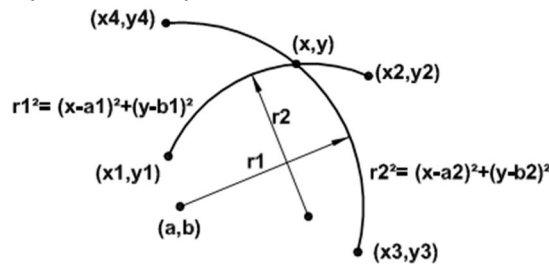
$$r^2=(x-a)^2+(y-b)^2 \quad (9)$$

$$m=(y2-y1)/(x2-x1) \quad (10)$$

$$x^2.(1+m^2)+x.(-2a+2m.(-m.x1+y1-b))+a^2+(-m.x1+y1-b)^2-r^2=0 \quad (11)$$

Karşılaştırılan unsurların ikisinin de yay olması durumunda ise Eşitlik 12 ve Eşitlik 13'de verilen yay denklemlerinin ortak çözüm denkleminin çözümü ile (Eşitlik 14 ve Eşitlik

15) karşılaştırılan yayların kesişim noktaları bulunur (Şekil 10).



Şekil 10. Yay ile yayın kesişimi.

$$r1^2=(x-a1)^2+(y-b1)^2 \quad (12)$$

$$r2^2=(x-a2)^2+(y-b2)^2 \quad (13)$$

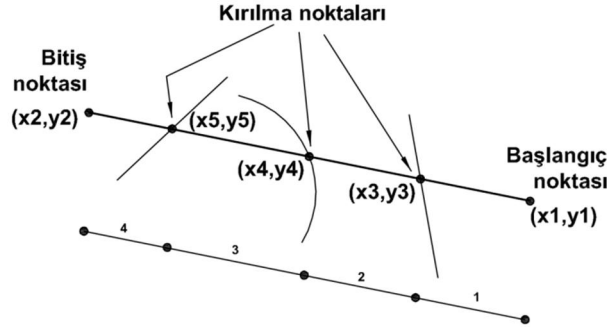
$$4.x^2[(a1-a2)^2+(b1-b2)^2]+x.[4.(a1-a2).(a2^2-a1^2+r1^2-r2^2+(b1-b2)^2)-8.a1.(b1-b2)^2] \quad (14)$$

$$+(a2^2-a1^2+r1^2-r2^2+(b1-b2)^2)^2-4.(b1-b2)^2.(r1^2-a1^2)=0 \quad (15)$$

$$y=(r1^2-(x-a1)^2)^{0.5}-b1$$

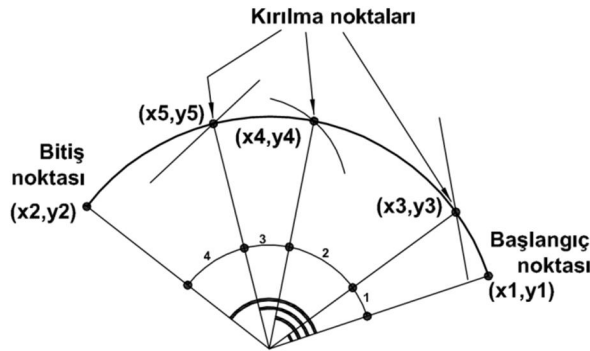
Yukarıda verilen denklemler ile unsurların kesişim noktaları bulunur. Denklemin çözümü boş küme değilse ve bulunan kesişim noktası unsurların başlangıç ve bitiş noktaları aralığında ise iki unsur kesişiyor demektir. Her bir ofset

unsurunun bütün kesişim noktaları bulunduktan sonra bu noktalar, çizgilerde başlangıç noktasına olan uzaklıklarına göre sıralanırlar (Şekil 11).

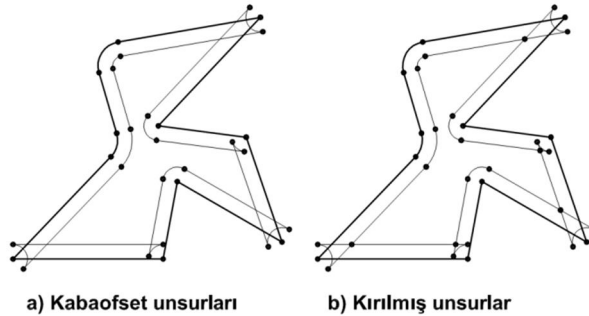


Şekil 11. Çizginin kırılması.

Yaylarda ise başlangıç noktalarına göre açısal aralıklarına göre sıralanırlar (Şekil 12).



Şekil 12. Yayın kırılması.



Şekil 13. Kırılmamış ve kırılmış ofset unsurları.

Sıralama işleminden sonra unsurlar başlangıç noktasından başlayan ve kendisine en yakın kırılma noktasında biten, en yakın kırılma noktasında başlayıp sonraki en yakın kırılma noktasında biten ve en sonunda bitiş noktasında biten unsur parçalarına bölünürler. Kırma işleminden sonra kaba ofsetleme ile elde edilen unsur grubu bir birini kesmeyen ayrı unsurlardan oluşan yeni bir unsur grubu haline gelir. Kırma işleminden sonra her iki düğüm noktası arasında ayrı

bir unsur bulunmaktadır. Şekil 13'te kırma işleminden önceki ve sonraki ofset unsurları görülmektedir.

## 6. Geçersiz ofset parçalarının atılması

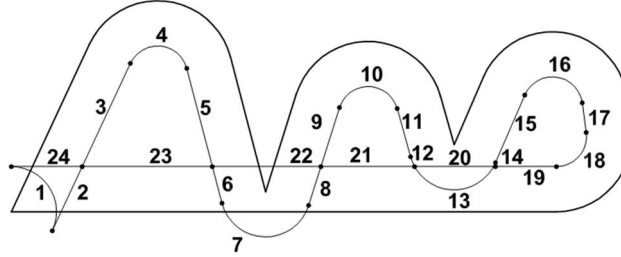
Cep profilinin içe doğru, ada profilinin de dışa doğru kabaca ofsetlenmesinden sonra ofsetleme ile oluşan hataların ayıklanması için öncelikle geçerli bir ofset unsurunun taşınması gereken ortak özellikler tespit edilmiş daha sonra bu

özellikleri taşımayan ofset unsurları atılmıştır. Geçerli bir ofset unsurunun taşınması gereken ortak özellikler şunlardır.

- 1) Geçerli bir ofset unsuru cep profiline veya ada profiline ait ana unsurlardan herhangi birini kesemez.
- 2) Geçerli bir ofset unsuru cep profiline veya ada profiline ait ana unsurlardan herhangi birine ofset mesafesinden daha yakın olamaz.

- 3) Geçerli bir ofset unsuru, cebe ait kapalı profilin dışında ya da adaya ait kapalı profilin içinde yer alamaz.

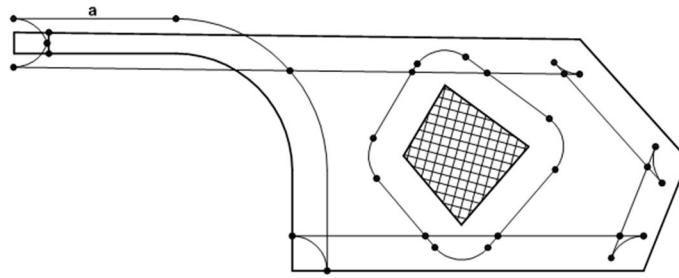
Belirlenen bu üç ortak özelliği taşımayan ofset unsurlarının atılmasıyla başarılı bir ofsetleme işlemi tamamlanmış olur.



**Şekil 14.** Geçersiz ofset parçalarının atılması işleminde 1. ve 2. özelliği taşımayan ofset unsurlarının atılması.

Şekil 14'te görüldüğü gibi 1. özelliği taşımayan 1, 2, 7, 22 ve 24 numaralı ofset unsurları atılacaktır. 2. özelliği taşımayan 6, 8, 13 ve 20 numaralı ofset unsurları atılacaktır. Şekil

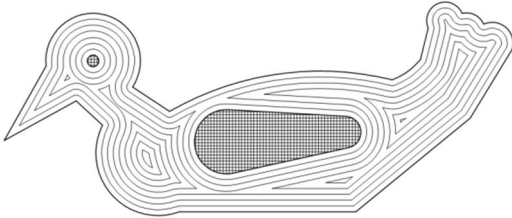
15'teki 'a' ile gösterilen ofset unsuru da 3. özelliği taşımadığı için atılacaktır.



**Şekil 15.** Geçersiz ofset parçalarının atılması işleminde 3. özelliği taşımayan ofset unsurlarının atılması.

Geçerli bir ofset unsuru, cebe ait kapalı profilin dışında ya da adaya ait kapalı profilin içinde yer alamaz.

Kaba ofsetleme işleminden sonra ortaya çıkan ofsetleme hatalarının giderilmesi ile ofsetleme işlemi başarıyla



**Şekil 16.** Hatasız olarak gerçekleştirilmiş ofsetleme işlemi.

## 7. Sonuçlar

Bu çalışmada, üzerinde adalı cep bulunan iş parçalarının CNC freze tezgahında işlenebilmesi amacıyla profil tekrarlayan takım yollarının türetilmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Profile paralel takım yollarının elde edilebilmesi için uygulanacak ofsetleme işleminin nasıl yapılacağına dair bir çözüm sunulmaktadır. Geliştirilen

gerçekleştirilmiş olur. Ofsetleme işleminin ardı ardına tekrarlanması ile ada içeren cep profilini işleyecek takım yolları elde edilir (Şekil 16).

yöntem ada içeren cep işleme operasyonlarında kalıntı ve dalmalara neden olmadan, güvenle kullanılabilir bir uygulamadır.

Yapılan çalışmada geliştirilen hata ayıklama algoritması oldukça pratiktir. Bu nedenle uygulanabilirliği daha kolay olup hemen hemen bütün karmaşık profiller için geçerli, genel bir çözüm sunulmaktadır.

Unsurların kesişim noktalarının bulunmasında vektörler ya da parametrik denklemler yerine, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak çizgi ve yayların analitik denklemleri kullanılmıştır.

Geliştirilen algoritma, CAD/CAM yazılımlarında gelişigüzel oluşturulmuş unsurları algılayarak sıralayabilmektedir. Bazı yöntemlerde de olduğu gibi kapalı profilli oluşturan unsurların "polyline" ya da sıralanmış olması şartına ihtiyaç

duyulmadan karmaşık bir sırayla oluşturulmuş profillerde de uygulanabilen bir yöntem geliştirilmiştir [12].

İş parçası üzerindeki cep profilinin tasarımı sırasında, çizgiler ve yaylar, parametrik eğrilere göre daha çok kullanıldığından, sunulan yöntemin, “Voronoi” eğrilerini kullanan yöntemlere göre daha tercih edilir bir yöntem olduğu görülmektedir.

Cep profiline paralel takım yollarının daha pratik bir şekilde ve hatasız olarak türetilmesini mümkün kılan, bir ofsetleme yöntemi geliştirilmiştir.

### **Kaynaklar**

1. You, C., Sheen, B., Tzu-Kuan Lin, T., Robust Spiral Tool-Path Generation for Arbitrary Pockets, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17:181–188, 2001
2. Lai, Y., Wu, J., Hung, J., Chen, J., A simple method for invalid loops removal of planar offset curves, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27:1153–1162, 2006
3. Choi, B., Park, S., A pair-wise offset algorithm for 2D point-sequence curve, *Computer-Aided Design*, 31, 735–745, 1999
4. Tiller, W., Hanson, E., Offsets of Two-Dimensional Profiles, *Structural Dynamics Research Corporation*, 1984
5. Park, S., Choi, B., Uncut free pocketing tool-paths generation using pair-wise offset algorithm, *Computer-Aided Design*, 33, 739-746, 2001
6. Yan, S., Shuilai, W., Shuiguang, T., Uneven offset method of NC tool path generation for free-form pocket machining, *Computers in Industry*, 43, 97–103, 2000
7. Lee, E., Contour ofset approach to spiral toolpath generation with constant scallop height, *Computer-Aided Design*, 35, 511-518, 2003
8. Rohmfeld, R., IGB-offset for plane curves-loop removal by scanning of interval sequences, *Computer Aided Geometric Design*, 15, 339-375, 1998
9. Jeong, J., Kim, K., Generating Tool Paths for Free-Form Pocket Machining Using z-Buffer-Based Voronoi Diagrams, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15:182–187, 1999
10. Held, M., Voronoi diagrams and offset curves of curvilinear polygons, *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 4, pp. 287-300, 1998
11. Jeong, J., Kim, K., Generation of Tool Paths for Machining Free-Form Pockets with Islands Using Distance Maps, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15:311–316, 1999
12. Liu, X., Yong, J., Zheng, G., Sun, J., An offset algorithm for polyline curves, *Computers in Industry*, 58, 240–254, 2007
13. Sheen, Bor-Tyng., You, Chun-Fong., Tool path generation for arbitrary pockets with islands, *J. Intell Manuf.* 17:275–283, 2006
14. Göktaş, M., Dilipak, H., Gültaş, A., İki Boyutlu Profillerin İşlenmesinde Takım Yolu ve Ofsetleme İçin Yeni Bir Algoritma Geliştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, No:1, 179-187, 2010
15. Göktaş, M., Dilipak, H., Gültaş, A., Ofsetleme ve Cep Frezeleme İşlemlerinde Analitik Yaklaşım, 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 2009
16. H. Dilipak, A. Gültaş, M. Göktaş, Yaylar İçin Ofsetleme Algoritması, *e-Journal of New World Sciences Academy: Technological Applied Sciences*, Cilt 5, Sayı 3, Sayfa 212-219, 2010