



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 2A0051

TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: May 2009
Accepted: July 2010
Series : 2A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Hakan Dilipak

Abdulmecit Gültaş

Mustafa Göktaş

Gazi University

hdilipak@gazi.edu.tr

aguldas@gazi.edu.tr

mgoktas@metu.edu.tr

Ankara-Turkey

YAY İÇEREN UNSURLARIN OFSETLENMESİNDE YENİ BİR ALGORİTMA

ÖZET

Cep frezeleme uygulamaları için güvenilir takım yolu türetilebilmesi oldukça önemlidir. Takım yollarının türetilebilmesi için cep profilinin doğru olarak ofsetlenmesi gerekmektedir. Sadece çizgilerden oluşan unsurların ofsetlenmesi basit iken içerisinde yay bulunan profillerin ofsetlenmesi daha zor ve karmaşıktır. Gerçekleştirilen bu çalışmada sunulan yöntemde, profili oluşturan çizgi ve yaylar ile birlikte bu unsurların bağlantı noktaları da ofsetleme sürecine katılmıştır. Profili oluşturan unsurların koordinat verileri kullanılarak ofset çizgi ve yaylarının analitik denklemleri elde edilmiş ve daha sonra kaba ofsetleme tamamlanmıştır. Sonraki adımda hatalı fazlalıkların atılması için ofset unsurları kesişim noktalarından kırılmış ve böylece geçerli bir ofset unsuru niteliği taşımayan ofset kısımları atılarak hatalar giderilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ofsetleme, Yay Oluşturma, Unsur Tanıma, Hata Giderme, Kesişim Noktalarının Tespiti

A NEW ALGORITHM FOR OFFSETTING FEATURES CONTAINING ARC

ABSTRACT

Reliable tool path generation for pocket milling application is very important. To generation of tool path, profile of pocket must be derived properly. When offsetting of features consisted only lines is easy, offsetting of elements including the arc is complex and difficult. The method presented in this study, connection point of this features with lines and arcs constituting profile are also participated in the offsetting process. Analytical equations of lines and arcs are acquired using coordinate data of features forming profile and then superficial offsetting is completed. At the next step, offsetting features are broken from intersections for throwing away the surplus and so errors are eliminated by removing the invalid offset parts.

Keywords: Offsetting, Arc Generation, Feature Recognize, Error Elimination, Determination Oof Intersection

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

CNC tezgahlarda ki cep frezeleme uygulamalarında istenilen profili işleyebilmek için kesicinin profil sınırlarına temas ederek kesme işlemini gerçekleştirmesi zorunluluk arz etmektedir. Bunun için kesicinin temas verilerinin konum verilerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Kesici konum verilerini hesaplayabilmek için ofsetleme işlemi hatasız olarak gerçekleştirilmelidir. Ofsetleme işlemindeki hatalar doğrudan takım yollarını etkilemekte ve işleme esnasında dalma ve kalıntılar oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hatasız takım yolları elde edebilmek için güvenilir bir ofsetleme yöntemi uygulamak önemlidir.

İşlenecek cep profili doğru ve/veya yaylardan oluşmaktadır. Sadece doğrulardan oluşan profillerin ofsetlenmesi nispeten basittir. İçerisinde yayların bulunduğu profillerin ofsetini hesaplamak doğruya göre daha zor ve karmaşıktır. Doğruların başlangıç ve bitiş noktaları ve yönleri vardır. Yayların ise yine başlangıç ve bitiş noktası ayrıca yay merkezi vardır. Bunun yanında, ofsetleme mesafesi ve yönüne göre bazı yayların yok olması veya ortaya çıkması ofsetleme işlemini iyice karmaşıklaştırmakta ve hatalara sebep olmaktadır. Bu nedenle doğru bir ofsetleme yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ofsetleme işleminin nasıl gerçekleştirileceği probleminin çözümü için literatürde birçok çalışma mevcuttur [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12]. Yapılan çalışmalarda genel olarak izlenen yöntemlerden bir tanesi voronoi diyagramları yöntemidir. Parametrik eğrilerin ofsetlenmesine yönelik bu uygulamada çeşitli yöntemler ile elde edilen voronoi eğrileri kullanılmıştır. Bu eğriler ile ofsetlenmesi istenen profil eğimin yüksek olduğu yerlerden kırılmış ve parçalar ayrı ayrı ofsetlenerek hataların önüne geçmek hedeflenmiştir [1, 2 ve 3].

Çalışmalarda izlenen bir diğer yöntem grubu ise geçersiz profillerin atılması temeline dayalı yöntemlerdir [4 ve 10]. Bu yöntem de işlenecek profil önce kabaca ofsetlenmiş daha sonra ofsetleme ile oluşan geçersiz kapalı parça profiller tespit edilerek atılmıştır. İzlenen yöntemlerden bir diğeri de "Rolling ball" yöntemi olarak anılan, işlenecek profil içinde profile teğet olarak yuvarlanan sanal bir çemberin merkezinin çizdiği yörüngeyi ofsetleme sürecinde kullanan uygulamadır [11].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Sunulan bu çalışmada ise, unsurların analitik denklemleri kullanılarak ofset unsurları elde edilmiştir. Unsurların bağlantı noktalarındaki köşe noktaları da ofsetleme sürecinde kullanılmıştır. Ofsetleme işleminden sonra oluşan hatalı kısımların atılması için birbirini kesen ofset çizgileri kesişim noktalarından kırılmış ve her bir parçanın ayrı unsur haline gelmesi sağlanmıştır. Sonraki adımda hatasız bir ofsetleme için bir ofset unsurunun sahip olması gereken özellikler belirlenmiştir. Bu özelliklere uygun olmayan unsurlar atılmış ve hatasız bir ofsetleme gerçekleştirilmiştir.

3. OFSETLEME SÜRECİ (OFFSETTING PROCESS)

Ofsetleme sürecinde öncelikle ofsetleme yöntemleri üzerinde durulmuş ve ofset sonucunda unsurlar arasında oluşan boşlukları önlemek için eklenmesi gereken yaylar belirlenerek kaba ofsetleme işlemi için hazırlık yapılmıştır. Sonraki adımda istenmeyen unsurlar (hatalı fazlalıklar) göz ardı edilerek kaba ofsetleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hatalı fazlalıkların kırılmasını

kolaylaştırarak kırma işleminden sonra gereksiz kısımların atılması ile ofsetleme süreci tamamlanmıştır.

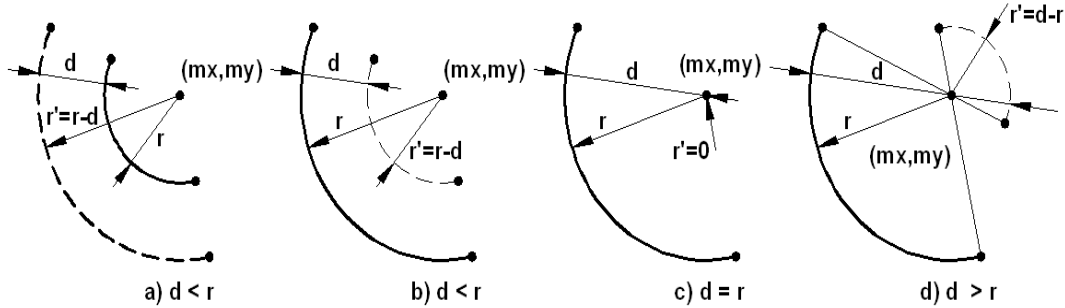
3.1. DXF Dosyasından Verilerin Alınması (Obtaining the Data From DXF File)

Ofsetlenmesi yapılacak profile ait veriler herhangi bir CAD yazılımında oluşturulmuş standart DXF dosyasından alınmıştır. DXF uzantılı dosyadan okunan bu veriler Delphi yazılımında yapılan bir programa aktarılmıştır. Bu veriler bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen program ile belirli bir sıralama düzenine sokulmuştur.

CAD ortamında kullanıcı tarafından gelişmiş güzel oluşturulmuş çizgi ve yayların algoritmada kullanılabilmesi için belirli bir sıralama düzeninde olmalıdır. Bu sıralama işlenecek profilin etrafını kesintisiz olarak dolaşacak ardı ardına devam eden unsurlar düzeninde olacaktır. Bir unsurun bitişi koordinatta diğer unsur başlayacak ve bu durum kapalı profil oluşturuluncaya kadar devam edecektir.

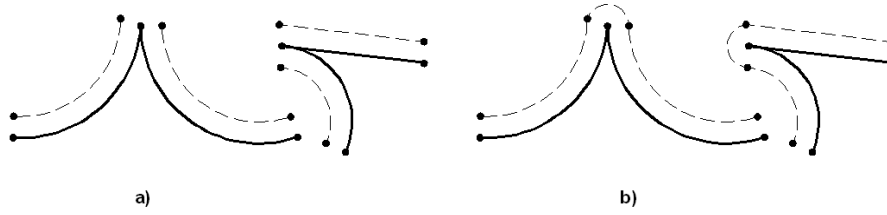
3.2. Ofsetleme Prensipleri (Principle of Offsetting)

Bir yayın ofseti yapılırken birinci kural ofsetleme için aynı yay merkezi kullanılması ikinci ana kural ise yay başlangıç ve bitiş açılarının ofseti yapılacak ana yay ile aynı olmasıdır. Dışa doğru ofsetleme de Şekil 1.a' da görüldüğü gibi yarıçap büyütülür. İçe doğru ofsetleme de ise Şekil 1.b' de görüldüğü gibi yarıçap küçültülür. İçeriye doğru yarıçap mesafesinde bir ofsetleme yapıldığında Şekil 1.c' de görüldüğü gibi yarıçapı 0 olan bir yay oluşur. İçeriye doğru yarıçaptan daha büyük bir mesafede ofsetleme yapıldığında ise ters açılara sahip eşmerkezli ve ofset mesafesiyle yarıçap farkı yarıçapında bir yay oluşur (Şekil 1.d).



Şekil 1. Yayın ofsetlenmesi
(Figure 1. Offsetting of arc)

Profili oluşturan tüm unsurların ofsetlenmesi doğru bir ofsetleme için yeterli olamamaktadır. Ofsetleme işlemi ile yarıçapı küçülen yaylar birbiri ile kesişmediği için Şekil 2.a'da görüldüğü gibi unsurlar arasında boşluklar oluşmaktadır. Bu unsurlar arası boşlukları önlemek için unsurların bağlantı noktalarının da ofsetleme sürecine katılması gerekmektedir. Profili oluşturan unsurların bağlandığı noktaların da ofsetlenmesi ile ana profilde yer almayan yeni yaylar oluşmaktadır (Şekil 2.b).



Şekil 2. Kopukluklar ve bağlantı noktalarının ofsetlenmesi
 (Figure 2. Offsetting of joint and broken points)

3.3. Kaba Ofsetleme (Rough Offsetting)

Kapalı profili oluşturan unsurların ve bağlantı noktalarının ofsetlenmesi ile profil kabaca ofsetlenmiş olacaktır. Bu noktaya kadar yapılan işlemlerin tam bir ofsetleme sayılmamasının nedeni ofset unsurlarının birbirini kesmeleriyle oluşan hatalı fazlalıkların bulunmasıdır. Kaba ofsetleme de hatalı fazlalıklar göz ardı edilecek ve daha sonraki adımlarda hatalar giderilecektir.

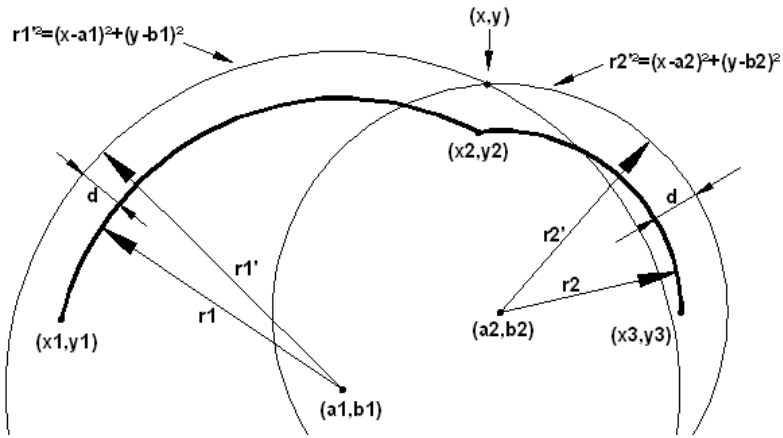
Profili oluşturan unsurların ofsetleri bulunurken ana unsurların koordinat verileri kullanılarak ofset unsurlarının analitik denklemleri elde edilmiştir. Daha sonra bu denklemler kullanılarak ofset unsurlarının bağlantı noktaları hesaplanmıştır. Yaylar için çember denklemi, çizgiler için ise doğru denklemi kullanılmıştır.

$$r1' = r1 + d \quad (1)$$

$$r2' = r2 + d \quad (2)$$

$$r1'^2 = (x-a1)^2 + (y-b1)^2 \quad (3)$$

$$r2'^2 = (x-a2)^2 + (y-b2)^2 \quad (4)$$



Şekil 3. Ofset yayının bulunması
 (Figure 3. Finding the offsetting arc)

Daha sonra (3) ve (4) numaralı eşitliklerin ortak çözümü ile $4 \cdot x^2 [(a1-a2)^2 + (b1-b2)^2] + x [4 \cdot (a1-a2) \cdot (a2^2 - a1^2 + r1'^2 - r2'^2 + (b1-b2)^2) - 8 \cdot a1 \cdot (b1-b2)^2] + (a2^2 - a1^2 + r1'^2 - r2'^2 + (b1-b2)^2)^2 - 4 \cdot (b1-b2)^2 \cdot (r1'^2 - a1^2) = 0$ (5) eşitliği bulunur. Bulunan bu eşitlik ile de ofset yaylarının kesişim noktası olan (x, y) koordinatı hesaplanmış olur (Şekil 3).

$$x1' = x1 + \cos(90+a) \cdot d \quad (6)$$

$$y1' = y1 + \sin(90+a) \cdot d \quad (7)$$

$$x2' = x2 + \cos(90+a) \cdot d \quad (8)$$

$$y2' = y2 + \sin(90+a) \cdot d \quad (9)$$

$$x3' = x1 + \cos(90+b) \cdot d \quad (10)$$

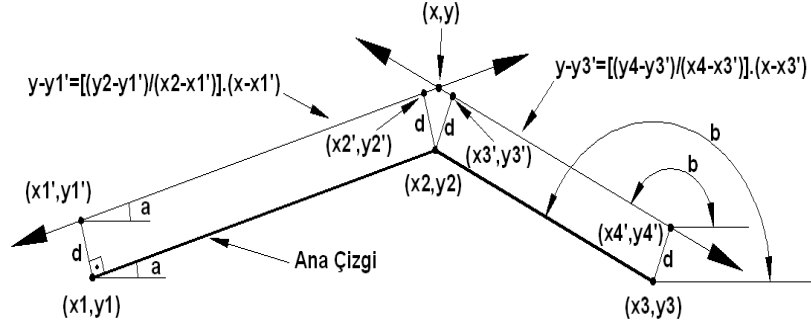
$$y3' = y1 + \sin(90+b) \cdot d \quad (11)$$

$$x4' = x2 + \cos(90+b) \cdot d \quad (12)$$

$$y4' = y2 + \sin(90+b) \cdot d \quad (13)$$

$$y - y1' = [(y2' - y1') / (x2' - x1')] \cdot (x - x1') \quad (14)$$

$$y - y3' = [(y4' - y3') / (x4' - x3')] \cdot (x - x3') \quad (15)$$



Şekil 4. Ofset çizgilerinin bulunması
 (Figure 4. Finding the offsetting lines)

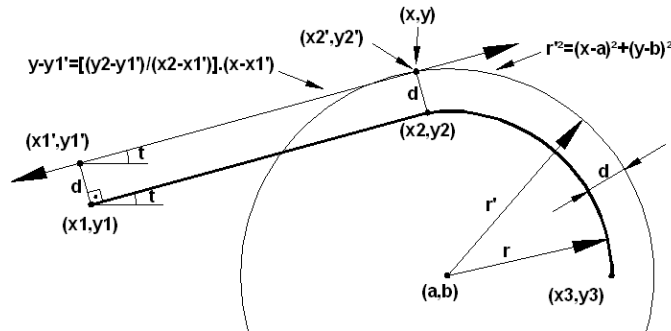
Daha sonra (14) ve (15) numaralı eşitliklerin ortak çözümü ile $x = [(y2' - y1') / (x2' - x1')] \cdot x1 - [(y4' - y3') / (x4' - x3')] \cdot x3' + y3' - y1' / [(y2' - y1') / (x2' - x1')] - [(y4' - y3') / (x4' - x3')] \quad (16)$ eşitliği bulunur. Bulunan bu eşitlik ile Şekil 4' de görüldüğü gibi ofset çizgilerinin kesişim noktası olan (x,y) koordinatı hesaplanmış olur.

$$r' = r + d \quad (17)$$

$$r'^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 \quad (18)$$

Daha sonra (14) ve (18) numaralı eşitliklerin ortak çözümü ile $x^2 \cdot (1+m^2) + x \cdot [-2 \cdot a + 2 \cdot m \cdot (-m \cdot x1 + y1 - b)] + [a^2 + (-m \cdot x1 + y1 - b)^2 - r^2] = 0 \quad (19)$

eşitliği bulunur. Bulunan bu eşitlik ile de ofset çizgisi ile ofset yaylarının kesişim noktası olan (x,y) koordinatı hesaplanmış olur (Şekil 5).

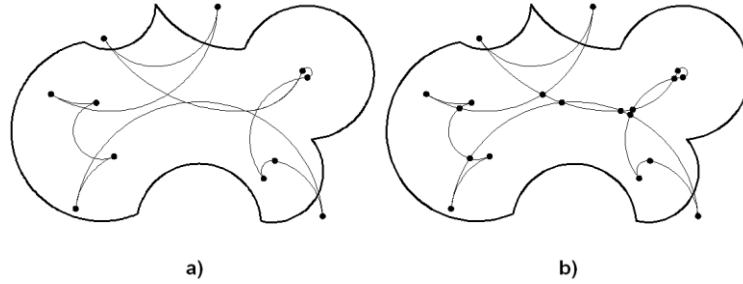


Şekil 5. Çizgi ve yayın ofsetlerinin bulunması
 (Figure 5. Finding the offsetting line and arcs)

3.4. Kırma İşlemi (Breaking Process)

Kaba ofsetlemeden sonra ofset unsurları birbirlerini kestiği noktalardan kırılmıştır. Unsurları kesişim noktalarından kırarak, bir ofset unsurunun gereksiz kısmını hesaplayarak kırmak yerine, ofset unsurunu geçerli ve geçersiz kısımlara bölüp, geçersizlerin atılması şeklinde ayıklama işleminin kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Böylece her unsur için hesap yapmak yerine geçersiz unsur ayıklaması yapılacaktır.

Kırma işleminde bütün ofset unsurları kesişim noktalarından kırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. a) Kırılmamış ofset unsurları, b) Kırılmış ofset unsurları
(Figure 6. a) Unbroken offset features, b) Broken offset features)

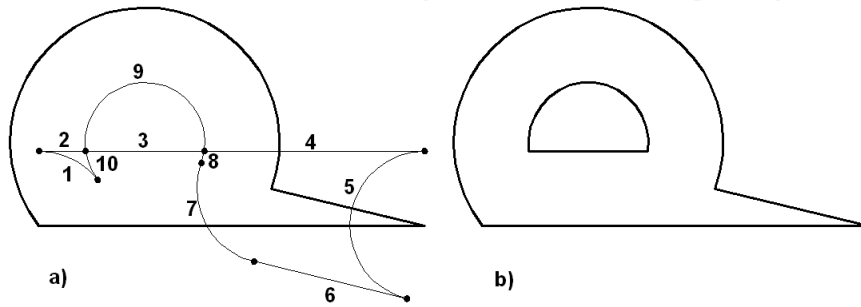
3.5. Hataların Giderilmesi (Elimination of Errors)

Kaba ofsetlemeden sonra hatalı kısımları olan ofset unsurları elde edilmiş ve kırma işlemi ile bu durum hatalı ve hatalı olmayan ofset unsurları halini almıştır. Hataların giderilmesi işleminde ise hatalı ofset unsurları belirlenerek atılmış ve geriye kalan ofset unsurları hatasız ofsetlemeyi gerçekleştirmiştir.

Hatalı ofset unsurlar belirlenirken, doğru bir ofset unsurunun taşıdığı özellikler tespit edilmiş ve bu özelliklere sahip olmayan ofset unsurları hatalı kabul edilmiştir. Doğru bir ofset unsurunun taşınması gereken özellikler şunlardır;

- I. Geçerli bir ofset unsuru ana profili kesmez. Ana profili kesen ofset unsurları geçersizdir.
- II. Geçerli bir ofset unsuru ana profile ofset mesafesinden daha yakın değildir. Ana profile ofset mesafesinden daha yakın ofset unsurları geçersizdir.
- III. Geçerli bir ofset unsuru ofsetleme bölgesinde yer alır. Yani ofsetleme içe yapılıyor ise geçerli ofset unsuru içeride, ofsetleme dışa yapılıyor ise geçerli ofset unsuru dışarıdadır. Ofsetleme bölgesinde yer almayan ofset unsurları geçersizdir.

Şekil 7 de görüldüğü gibi 5,4,7 numaralı ofset unsurları I. kuralı, 1, 2, 8, 10 numaralı ofset unsurları II. kuralı ve 6 numaralı ofset unsuru III. kuralı ihlal ettiği için atılmıştır. Geriye kalan 3 ve 9 numaralı ofset unsurları ise geçerli ofsetlemeyi sağlamıştır.



Şekil 7. Hataların giderilmesi


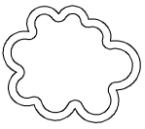



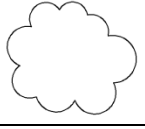

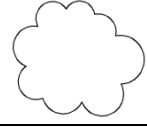
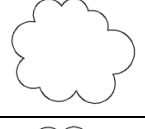
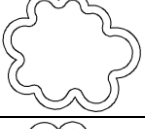
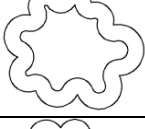
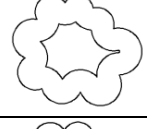

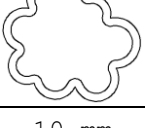
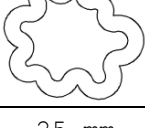
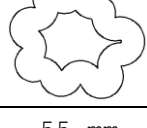
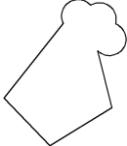



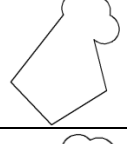
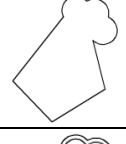
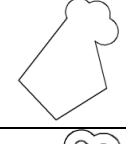
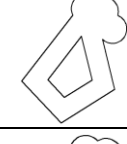
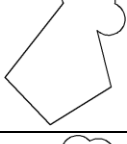
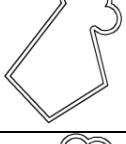
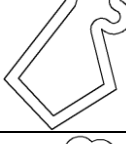
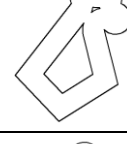
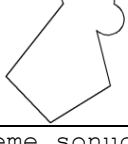
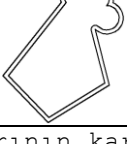
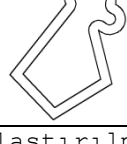
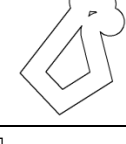
- a) Hatalı ve hatasız ofset unsurları,
- b) Hataları giderilmiş ofset unsurları

(Figure 7. Elimination of errors

- a) Accurate and inaccurate offset feature,
- b) Verified offsetting features)

4. DEĞERLENDİRME (ASSESSMENT)

Profil içinde bulunan yaylar profilin ofsetlenmesi işlemini çok daha karmaşık hale getirmektedir. Ofsetleme probleminin çözümü için sunulan yöntemlerde hatalar çoğunlukla yaylardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada ofsetleme problemi için sunulan yöntem ofsetleme işlemini başarıyla gerçekleştirmektedir (Şekil 8).

	1. Profil	20 mm	40 mm	60 mm
AutoCAD 2004				
SolidWorks 2009				
Mastercam X2				
Çalışmada sunulan yöntem				
	2. Profil	10 mm	25 mm	55 mm
AutoCAD 2004				
SolidWorks 2009				
Mastercam X2				
Çalışmada sunulan yöntem				

Şekil 8. Ofsetleme sonuçlarının karşılaştırılması
(Figure 8. Comparison of offsetting results)

Şekil 8'de görüldüğü gibi yay içeren örnek bir profil, AutoCAD 2004, SolidWorks 2009, Mastercam X2 ve bu çalışmada sunulan yöntemler ile ofsetlenmiş ve sonuçlar tablo halinde karşılaştırılmıştır. Sunulan yöntem ve Mastercam X2 nin sonuçları başarılı iken AutoCAD 2004 ve SolidWorks 2009 ofsetleme mesafesine göre hatalı ya da sonuçsuz bir çıktı vermişlerdir.

5. SONUÇ (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada ofsetleme problemi üzerinde durularak problemin çözümü için bir yöntem geliştirilmiştir. Ofsetlenecek profili oluşturan yaylar, çizgiler ve bağlantı noktalarının koordinat verileri kullanılarak ofset unsurları elde edilmiştir. Ofset unsurlarının birbirlerini kesmelerinden kaynaklanan hatalı kısımların atılması için öncelikle birbirini kesen ofset çizgileri kesişim noktalarında kırılmış ve geçerli bir ofset unsuru niteliği taşımayan ofset unsurları atılarak hatalar giderilmiştir. Ofsetlenecek profil içindeki yayların çokluğunun ve konumlarının, ofsetleme işlemini çok daha karmaşıklaştırdığı ve hata riskini artırdığı görülmüştür.

Bu çalışmada sunulan yöntem diğer bazı yöntemlerle karşılaştırılmış ve örnek çözümlerle sunulan yöntemin geçerliliği kanıtlanmıştır.

Bu çalışmanın devamında, elde edilen ofset çizgileri takım yollarının türetilmesinde kullanılacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Jeong, J. and Kim, K., (1999). Generating Tool Paths for Free-Form Pocket Machining Using z-Buffer-Based Voronoi Diagrams, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15:182-18.
2. Held, M., (1998). Voronoi diagrams and offset curves of curvilinear polygons", *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 4, pp. 287-300.
3. Jeong, J. and Kim, K., (1999).Generation of Tool Paths for Machining Free-Form Pockets with Islands Using Distance Maps, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15:311-316.
4. Lai, Y., Wu, J., Hung, J., and Chen, J., (2006). A simple method for invalid loops removal of planar offset curves", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27:1153-1162.
5. Lee, E., (2003). Contour ofset approach to spiral toolpath generation with constant scallop height, *Computer-Aided Design*, 35, 511-518.
6. Choi, B. and Park, S., (1999). A pair-wise offset algorithm for 2D point-sequence curve, *Computer-Aided Design* 31, 735-745.
7. Tiller, W., Hanson, E., (1984). Offsets of Two-Dimensional Profiles, *Structural Dynamics Research Corporation*.
8. Park, S. and Choi, B., (2001). Uncut free pocketing tool-paths generation using pair-wise offset algorithm, *Computer-Aided Design*, 33, 739-746.
9. Yan, S., Shuilai, W., and Shuiguang, T., (2000). Uneven offset method of NC tool path generation for free-form pocket machining", *Computers in Industry*, 43, 97-103.
10. Rohmfeld, R., (1998). IGB-offset for plane curves-loop removal by scanning of interval sequences, *Computer Aided Geometric Design*, 15, 339-375.
11. You, C., Sheen, B., and Tzu-Kuan Lin, T., (2001). Robust Spiral Tool-Path Generation for Arbitrary Pockets, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17:181-188.
12. Göktaş, M., Dilipak, H., and Güldaş, A., (2009). Ofsetleme ve Cep Frezeleme İşlemlerinde Analitik Yaklaşım, 5th International Advanced Technologies Symposium, Karabük.