



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0122

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Mesut Hüseyinoğlu

Ferhat Çıra

Dicle University

mesuth@dicle.edu.tr

Diyarbakir-Turkey

**CNC FREZE TEZGAHINDA ELİPTİK PARABOLOİD BİR YÜZEYİN İMALATI İÇİN CAM
KODLARININ MATLAB PROGRAMLAMA İLE OLUŞTURULMASI**

ÖZET

Bu çalışmada Eliptik Paraboloid yüzeyli bir parçanın dik işleme merkezli CNC freze tezgahlarında, düz alınlı parmak freze çakısı ile imalatı için CAM kodlarının otomatik olarak türetilmesi amaçlanmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için, ilk önce Eliptik Paraboloid yüzeyin parametrik takım yolu denklemleri çıkarılmıştır. Daha sonra bu denklemlere göre, yüzeyin CAD modelini ve CAM kodlarını oluşturma işlemi MATLAB programlama ortamında yapılmıştır. Hazırlanan MATLAB programı ile otomatik CAM kodları oluşturulurken, programda standart ISO (G ve M) kodları kullanılmıştır. Elde edilen CAM kodlarının doğruluğunu kontrol etmek için, Dyna 4M CNC simülasyon programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CAM Kodları, MATLAB Programlama, Eliptik Paraboloid Yüzey, CNC Freze

**GENERATION OF CAM CODES OF A ELLIPTIC PARABOLOID SURFACE MANUFACTURED BY A
CNC MILLING MACHINE USING MATLAB**

ABSTRACT

The aim of this study is to automatically derive CAM codes of a elliptic paraboloid piece by using end mill cutter in CNC milling machines. To realize this operation, firstly the manufacturing tool path equations of elliptic paraboloid surface were established. After, according to the equations a MATLAB programme was developed different from existing applications for the model of CAD and generation of CAM codes. Standard ISO (G&M) codes were used while CAM codes automatically were being formed by developing this programme. Dyna 4M CNC simulation programme was used to control the accuracy of produced CAM codes.

Keywords: CAM Codes, MATLAB Programme, Elliptic Parabolic Surface, CNC Milling

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

CNC tezgahları X, Y, Z koordinat ekseninde hareket ederek istenilen her türlü formu veya parçayı işleme yeteneğine sahiptirler. Ancak, bu yeteneğe sahip olmak parçanın imali için yeterli değildir. Bu yeteneğin neticeye dönüştürülmesi parçanın programlanabilmesine bağlıdır. Parça veya tezgahın programlanabilmesi için iki temel araç vardır. Bunlar, tezgah başı programcılığı ve bilgisayar destekli imalat programlarıdır [1]. CAM programları bilgisayar ortamında, oluşturulmuş bir modeli sayısallaştırarak koordinatlara dönüştürür. Takımın dönme yönü ve hızı, eksen hareketlerinin muhtelif durumlardaki hızları, soğutma sıvıları vb. seçenekleri de göz önünde bulundurarak, bu koordinatlardan takım yolu oluşturur. Takım yolu oluştururken, bir modele ihtiyaç vardır ve modelin oluşumu için çözümü bilgisayar destekli tasarım sunar [1].

Kalıp yüzeylerinin tasarımında kavisli yüzeylerin kullanılmak zorunda olduğu birçok durum vardır. Bu tür yüzeylerin CNC freze tezgahlarında imalatına yönelik çeşitli çalışmalar devam etmektedir. Bundan önceki bir araştırmada, zımbalarda ve kalıp yüzeyinde bulunan farklı bölgelerin işlenmesi ve modellenmesi için bir metot gösterilmiştir. Bu metotta kalıp yüzeyindeki düzlemsel yüzey parçaları ve farklı yüzeylerden oluşan bölgeler, uzay geometri tasarımı kullanılarak modellenmiştir. Bu tür bir modelleme için işlem basamakları ve hesap detayları anlatılarak, IBM PC AT de bir örnek modelleme gerçekleştirilmiştir [2]. Biçimlendirilmiş yüzeylerden ibaret modeller için, 3 ve 5 eksenli freze tezgahlarında takım yollarını oluşturmak için bir algoritma geliştirilmiş ve bu algoritma bir model üzerinde denenmiştir. Deneme sonunda bu algoritmanın önceki algoritmalarından daha verimli olduğu ve takım yollarını daha kısa sürede oluşturduğu görülmüştür [3]. Prizmatik parçalar için dik işlem merkezinde, genetik algoritmalar kullanılarak işlem planlama fonksiyonlarının optimizasyonu için çalışma yapılmıştır [4]. Çakı konumu bilgisine göre, çakının kıvrımlı bir yüzey içerisinde temas noktalarının değiştirildiği algoritmik bir işlem gösterilmiştir. Bu algoritma ile konkav ve konveks kıvrımlar otomatik olarak teşhis edilmiş ve daha sonra çakının onlardan uzaklaşması sağlanmıştır. Yine bu tür yüzeyler işlenirken küçük çaplı küresel uçlu çakılar kullanılmasının, işlemin verimliliğini artıracakı anlatılmıştır [5]. Gelişi güzel yüzeyler ve kalıp yüzeylerinin verimli frezelenmesi için, yeni bir CNC komut yaklaşımı gösterilmiştir. Bu yaklaşım, geleneksel uygulamalar ile karşılaştırılış ve yeni algoritma, sistemli bir şekilde kesme yüksekliklerini ve makine dinamik etkilerini hesaplamak için de kullanılmıştır [6]. Düz alınlı bir parmak freze çakısının bir kalıp yüzeyini işlerken takım yolunu NC programlama ve CAD-CAM de değerlendirmek için yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma yardımı ile bir kalıp yüzeyi üzerinde bulunan, izometrik, konkav ve konveks bölgelerin işlenme durumları gözden geçirilmiştir. Bu yeni algoritma, takım yolu için toplam data farklılığını azaltmış, datalar daha kolay bir şekilde elde edilmiş ve çakının konumu, bilinen usullerden farklı olarak hesaplanmıştır [7]. Uzay geometriden faydalanarak katı bir model oluşturulmuş ve bu model üzerinde, takım yolu oluşturmak için bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma APT gibi diğer programlardan daha basit ve çok daha otomatik olarak kullanılmıştır [8]. Düz konik dişlilerin geleneksel işleme yöntemlerinden farklı olarak CNC freze tezgahlarında düz alınlı parmak freze çakısı ile işlenmesi için genel bir imalat programı geliştirilmiştir [9]. Bir telefon ahizesi CAD programı ile modellenmiş ve yine aynı ortamda bu modelden yararlanarak kalıp yüzeyleri oluşturulmuştur. Daha sonra CAM programı ile takım yolları hazırlanmış ve CNC freze tezgahında imalatı yapılmıştır [10 ve 11]. Sikloidal bir yüzeyin CNC freze tezgahlarında imal edilebilmesi için parametrik takım yolu denklemleri türetilmiş ve daha sonra bu takım yolu denklemlerinden faydalanarak CAM

kodları oluşturulmuştur [12]. Yukarıda yapılan çalışmalar incelendiğinde, mühendislik çalışmalarında kullanılan çeşitli yüzeylerin CNC freze tezgahlarında işlenmesine yönelik çalışmaların devam ettiği görülmektedir.

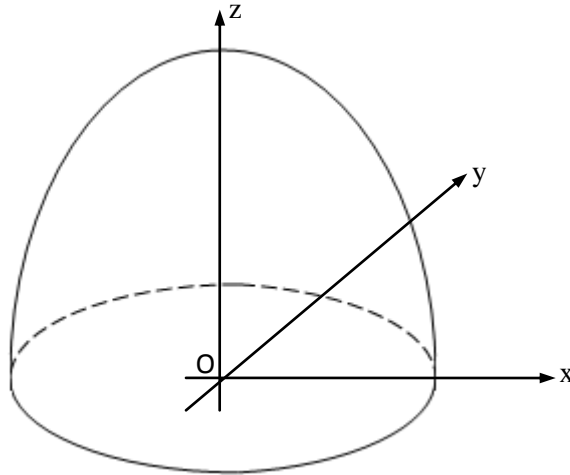
Bu çalışmada, eliptik paraboloid bir yüzeyin CNC freze tezgahında imalatı için CAD modeli ve CAM kodlarını oluşturma işlemi, mevcut uygulamalardan farklı olarak Matlab ortamında yapılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada eliptik paraboloid yüzeyin dik işlem merkezli CNC freze tezgahında imal edilebilmesi için CAM kodları MATLAB programlama ile oluşturulmuştur. Hazırlanan MATLAB programında yüzeyin, bir yandan CAM kodları oluşturulurken diğer yandan CAD modeli de yapılmaktadır. Bu sayede piyasalardaki pahalı CAD/CAM yazılımlarına ihtiyaç kalmamıştır. Aynı zamanda bu yüzeyin, piyasalarda ucuz ve bol miktarda bulunan düz alınlı parmak freze çakısı ile imalatı için işleme parametreleri belirlenmiştir.

3. ELİPTİK PARABOLOİD YÜZEYİN CAD MODELİ İÇİN PARAMETRİK DENKLEMLERİNİN ÇIKARILMASI (GENERATION OF PARAMETRIC EQUATIONS FOR CAD MODEL OF ELLIPTIC PARABOLOID SURFACE)

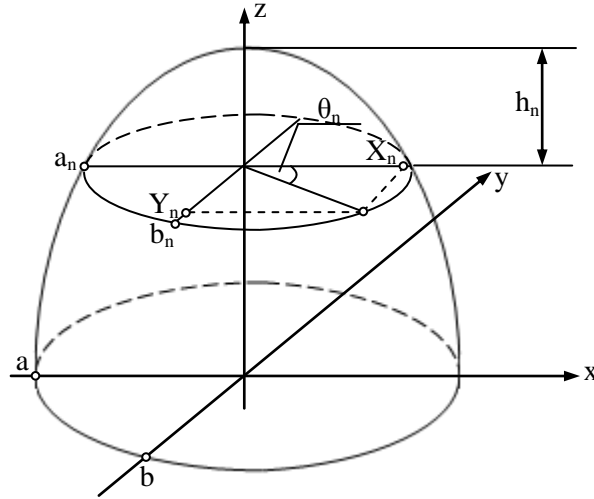
Eliptik paraboloid' in Matlab programlama ile modellenebilmesi için (1) denkleminin [13], X ve Y eksen takımına göre yeniden düzenlenmesi gerekir (Şekil 1).



Şekil 1. Eliptik paraboloid
(Figure 1. Elliptic paraboloid)

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = \frac{z}{c} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklem ile verilen eliptik paraboloid' in $z=z_0 > 0$ yatay düzlemindeki izi $a\sqrt{z_0/c}$ ve $b\sqrt{z_0/c}$ yarı eksenli $x^2/a^2 + y^2/b^2 = z_0/c$ elipsidir. Herhangi dikey düzlemde bunun izi bir paraboldür. Mesela; $y=y_0$ düzlemindeki izi; $z_1=cy_0^2$ ve $x_1=0$ olarak $z-z_1=k(x-x_1)^2$ şeklinde yazılabilen $x^2/a^2 + y_0^2/b^2 = z/c$ denkleminde sahiptir. Eliptik paraboloid yüzeyin XY düzlemindeki elipslerin boyutu Z eksen boyunca değişmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Eliptik paraboloidin iz elipsi.
(Figure 2. Ellipse trace of elliptic paraboloid)

Bu durumda XY düzleminde herhangi bir kesitteki a_n ve b_n değerleri aşağıdaki gibi yazılır.

$$a_n = a \sqrt{\frac{z_0}{c}} \quad (2)$$

$$b_n = b \sqrt{\frac{z_0}{c}} \quad (3)$$

Bu a_n , b_n ve h_n değerleri dikkate alınarak X_n , Y_n ve Z_n uzunluklarının değerleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

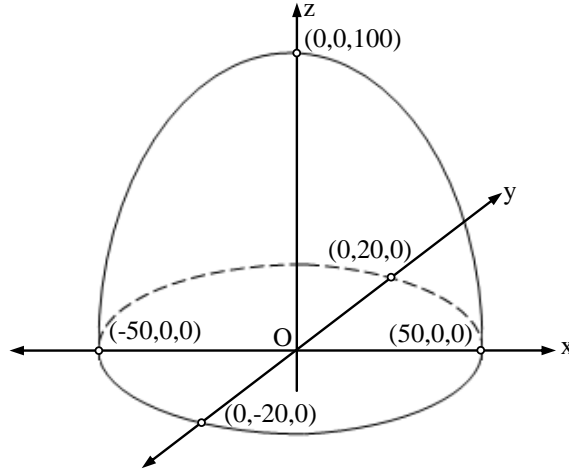
$$X_n = a_n \cos(\theta_n) \quad (4)$$

$$Y_n = b_n \sin(\theta_n) \quad (5)$$

$$Z_n = h_n \quad (6)$$

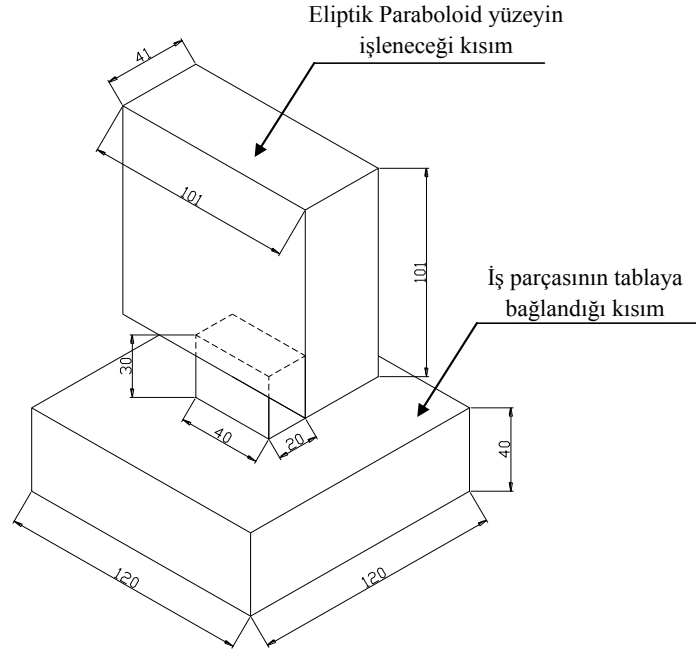
4. İMAL EDİLECEK YÜZEYİN BOYUTLANDIRILMASI (SURFACE SIZING TO BE MANUFACTURED)

İmalatı yapılacak olan Eliptik Paraboloid yüzeyin CNC freze tezgahında işlenebilmesi için taslak parçanın boyutlandırılması gerekir. Bu çalışmada tasarımı yapılan parçanın x, y ve z eksenlerini kestiği noktalar Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. İmalatı yapılacak olan parçanın boyutları
(Figure 3. Dimentions of workpiece to be manufactured)

MATLAB programlama ile CAM kodları türetilecek olan Eliptik Paraboloid yüzeyin imal edilebilmesi için dikdörtgenler prizması şeklinde bir taslak parça düşünülmüş ve çakının parçaya göre sıfırlanması ile ilgili hataların oluşabileceği dikkate alınarak bu parçanın boyutları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

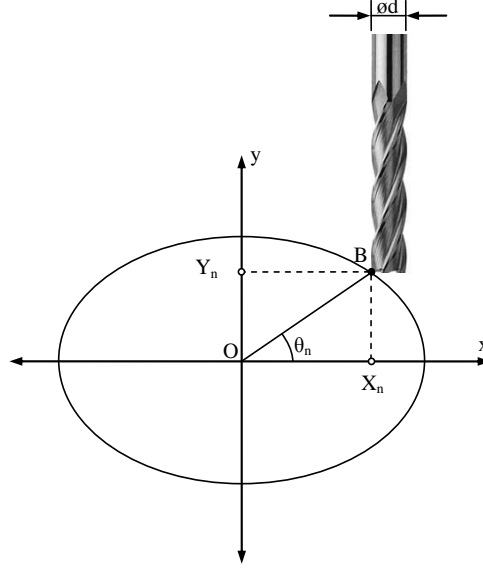


Şekil 4. Taslak parçanın ölçüleri
(Figure 4. Measures of the workpiece)

İş parçasının bağlanma kısmının ölçüleri, taslak parçanın CNC freze tezgahına civata ve papuç ile bağlanacağı düşünülerek serbest olarak seçilmiştir (Şekil 4). Parmak freze çakısının seçiminde ise şeklin geometrisi dikkate alınmıştır. Şeklin yüzeyinde kıvrımlı bölgeler olmadığından çakı seçimi için herhangi bir sınırlama olmamıştır. Bu durum karşısında çakının mukavemeti düşünüldü ve çok küçük çaplı çakı seçiminden kaçınılarak 10 mm' lik düz alınlı parmak freze çakısı seçilmiştir.

5. TAKIM YOLU DENKLEMLERİNİN TÜRETİLMESİ (DERIVATION OF TOOL PATH EQUATIONS)

Eliptik Paraboloid yüzeyin CNC freze tezgahlarında imal edilebilmesi için (4 ve 5) denklemlerine parmak freze çakısının yarıçapı ile ilgili ifadelerin ilave edilmesi gerekir. Bunun için Eliptik Paraboloid yüzey üzerinde düz alınlı parmak freze çakısının konumu dikkate alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Parmak freze çakısının konumu
(Figure 5. Position of the end mill)

Parmak freze çakısının yarıçapı ile ilgili ifadeler (4 ve 5) denklemlerine ilave edilerek imalat denklemleri bulunmuş olur.

$$X_m = a \sqrt{\frac{z_0}{c}} \cos(\theta_n) + r \cos(\theta_n) \quad (7)$$

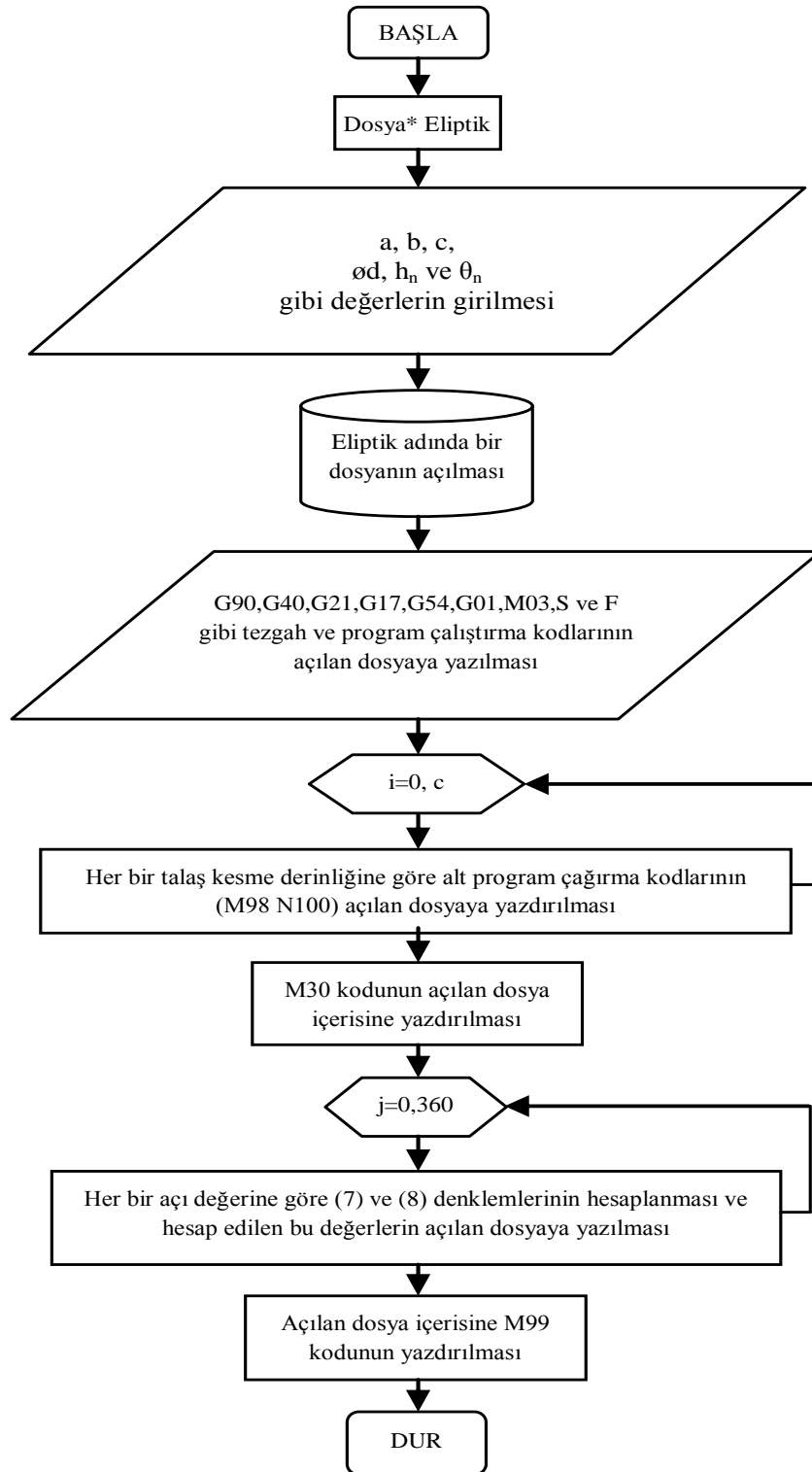
$$Y_m = b \sqrt{\frac{z_0}{c}} \sin(\theta_n) + r \sin(\theta_n) \quad (8)$$

$$Z_m = h_n \text{ (Sabit)} \quad (9)$$

(7 ve 8) denklemlerindeki θ_n açısı; Z eksenini boyunca Eliptik Paraboloid yüzeyin X-Y düzlemine paralel düzlemlerde işleme hassasiyetini temsil eder ve bu açı için sınır şartı olarak $0^\circ \leq \theta_n \leq 360^\circ$ yazılabilir. Yine Z_m için sınır şartı $0 \leq h_n \leq c$ dir.

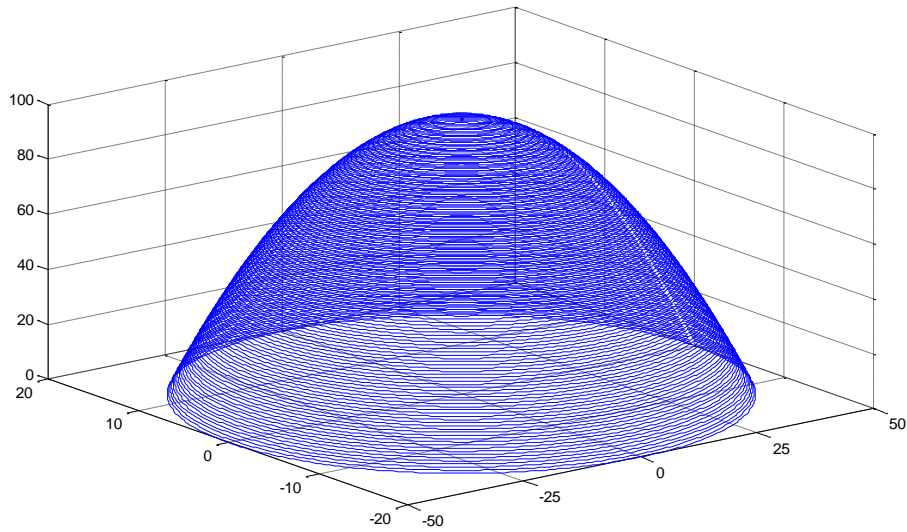
6. CAM KODLARININ OLUŞTURULMASI (GENERATION OF CAM CODES)

Eliptik Paraboloid yüzeyin CAD modelini ve CAM kodlarını oluşturmak için hazırlanan Matlab programının akış diyagramı Şekil 6' da verilmiştir. Program çalıştırıldığında, yüzeyin modellenmesi (4, 5 ve 6) denklemleri kullanılarak hesaplanan koordinat değerlerine göre yapılmaktadır. Programda yüzeyi modellemek ve CAM kodlarını oluşturmak için $a=50$ mm, $b=20$ mm, $\delta d=10$ mm ve artım değerleri de $h_n=1$ mm ve $\theta_n=1^\circ$ olarak girildi. Bu değerlere göre oluşturulan yüzeyin CAD modeli Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 6. Eliptik Paraboloid yüzeyin CAM kodlarının türetimi için akış diyagramı

(Figure 6. Flow chart for the generation of CAM codes of elliptic paraboloid surface)



Şekil 7. Eliptik Paraboloid yüzeyin CAD modeli
(Figure 7. CAD model of elliptic paraboloid surface)

Hazırlanan program, girilen değerlere göre yüzeyin MATLAB ortamında bir yandan CAD tasarımını yaparken diğer yandan da program tarafından açılan dosya içerisine CAM kodlarını yazdırmaktadır. CAM kodları oluşturulurken standart G ve M kodları kullanılmıştır. Sadece 1. döngü için elde edilen CAM kodları aşağıda verilmiştir.

```
//Kullanılacak takım çapı=10.00000
G90
G40
G17
G21
G54 X0 Y0 Z110
M03 S1200
//G41 Q2.0
//G42 Q2.0
G01 Z100.00 F200
G01 X 5.00 Y 0.00
G01 X 5.00 Y 0.09
G01 X 4.99 Y 0.26
G01 X 4.99 Y 0.35
G01 X 4.98 Y 0.44
G01 X 4.97 Y 0.52
G01 X 4.96 Y 0.61
G01 X 4.95 Y 0.70
G01 X 4.94 Y 0.78
G01 X 4.92 Y 0.87
G01 X 4.91 Y 0.95
G01 X 4.89 Y 1.04
G01 X 4.87 Y 1.12
G01 X 4.85 Y 1.21
G01 X 4.83 Y 1.29
G01 X 4.81 Y 1.38
G01 X 4.78 Y 1.46
G01 X 4.76 Y 1.55
G01 X 4.73 Y 1.63
G01 X 4.70 Y 1.71
G01 X 4.67 Y 1.79
G01 X 4.64 Y 1.87
G01 X 4.60 Y 1.95
G01 X 4.57 Y 2.03
G01 X 4.53 Y 2.11
G01 X 4.49 Y 2.19
G01 X 4.46 Y 2.27
G01 X 4.41 Y 2.35
G01 X 4.37 Y 2.42
G01 X 4.33 Y 2.50
G01 X 4.29 Y 2.58
G01 X 4.24 Y 2.65
G01 X 4.19 Y 2.72
G01 X 4.15 Y 2.80
G01 X 4.10 Y 2.87
G01 X 4.05 Y 2.94
G01 X 3.99 Y 3.01
G01 X 3.94 Y 3.08
G01 X 3.89 Y 3.15
G01 X 3.83 Y 3.21
G01 X 3.77 Y 3.28
G01 X 3.72 Y 3.35
G01 X 3.66 Y 3.41
G01 X 3.60 Y 3.47
G01 X 3.54 Y 3.54
G01 X 3.47 Y 3.60
G01 X 3.41 Y 3.66
G01 X 3.35 Y 3.72
G01 X 3.28 Y 3.77
G01 X 3.21 Y 3.83
G01 X 3.15 Y 3.89
G01 X 3.08 Y 3.94
G01 X 3.01 Y 3.99
G01 X 2.94 Y 4.05
G01 X 2.87 Y 4.10
G01 X 2.80 Y 4.15
G01 X 2.72 Y 4.19
G01 X 2.65 Y 4.24
G01 X 2.58 Y 4.29
G01 X 2.50 Y 4.33
G01 X 2.42 Y 4.37
G01 X 2.35 Y 4.41
G01 X 2.27 Y 4.46
G01 X 2.19 Y 4.49
G01 X 2.11 Y 4.53
G01 X 2.03 Y 4.57
G01 X 1.95 Y 4.60
G01 X 1.87 Y 4.64
G01 X 1.79 Y 4.67
G01 X 1.71 Y 4.70
G01 X 1.63 Y 4.73
G01 X 1.55 Y 4.76
G01 X 1.46 Y 4.78
G01 X 1.38 Y 4.81
G01 X 1.29 Y 4.83
G01 X 1.21 Y 4.85
G01 X 1.12 Y 4.87
G01 X 1.04 Y 4.89
G01 X 0.95 Y 4.91
G01 X 0.87 Y 4.92
G01 X 0.78 Y 4.94
G01 X 0.70 Y 4.95
G01 X 0.61 Y 4.96
G01 X 0.52 Y 4.97
G01 X 0.44 Y 4.98
G01 X 0.35 Y 4.99
G01 X 0.26 Y 4.99
G01 X 0.17 Y 5.00
G01 X 0.09 Y 5.00
G01 X 0.00 Y 5.00
G01 X-0.09 Y 5.00
G01 X-0.17 Y 5.00
G01 X-0.26 Y 4.99
G01 X-0.35 Y 4.99
G01 X-0.44 Y 4.98
G01 X-0.52 Y 4.97
G01 X-0.61 Y 4.96
G01 X-0.70 Y 4.95
G01 X-0.78 Y 4.94
G01 X-0.87 Y 4.92
G01 X-0.95 Y 4.91
G01 X-1.04 Y 4.89
G01 X-1.12 Y 4.87
G01 X-1.21 Y 4.85
G01 X-1.29 Y 4.83
G01 X-1.38 Y 4.81
G01 X-1.46 Y 4.78
G01 X-1.55 Y 4.76
```


G01 X-1.63 Y 4.73	G01 X-4.85 Y 1.21	G01 X-3.66 Y-3.41	G01 X 0.87 Y-4.92
G01 X-1.71 Y 4.70	G01 X-4.87 Y 1.12	G01 X-3.60 Y-3.47	G01 X 0.95 Y-4.91
G01 X-1.79 Y 4.67	G01 X-4.89 Y 1.04	G01 X-3.54 Y-3.54	G01 X 1.04 Y-4.89
G01 X-1.87 Y 4.64	G01 X-4.91 Y 0.95	G01 X-3.47 Y-3.60	G01 X 1.12 Y-4.87
G01 X-1.95 Y 4.60	G01 X-4.92 Y 0.87	G01 X-3.41 Y-3.66	G01 X 1.21 Y-4.85
G01 X-2.03 Y 4.57	G01 X-4.94 Y 0.78	G01 X-3.35 Y-3.72	G01 X 1.29 Y-4.83
G01 X-2.11 Y 4.53	G01 X-4.95 Y 0.70	G01 X-3.28 Y-3.77	G01 X 1.38 Y-4.81
G01 X-2.19 Y 4.49	G01 X-4.96 Y 0.61	G01 X-3.21 Y-3.83	G01 X 1.46 Y-4.78
G01 X-2.27 Y 4.46	G01 X-4.97 Y 0.52	G01 X-3.15 Y-3.89	G01 X 1.55 Y-4.76
G01 X-2.35 Y 4.41	G01 X-4.98 Y 0.44	G01 X-3.08 Y-3.94	G01 X 1.63 Y-4.73
G01 X-2.42 Y 4.37	G01 X-4.99 Y 0.35	G01 X-3.01 Y-3.99	G01 X 1.71 Y-4.70
G01 X-2.50 Y 4.33	G01 X-4.99 Y 0.26	G01 X-2.94 Y-4.05	G01 X 1.79 Y-4.67
G01 X-2.58 Y 4.29	G01 X-5.00 Y 0.17	G01 X-2.87 Y-4.10	G01 X 1.87 Y-4.64
G01 X-2.65 Y 4.24	G01 X-5.00 Y 0.09	G01 X-2.80 Y-4.15	G01 X 1.95 Y-4.60
G01 X-2.72 Y 4.19	G01 X-5.00 Y 0.00	G01 X-2.72 Y-4.19	G01 X 2.03 Y-4.57
G01 X-2.80 Y 4.15	G01 X-5.00 Y-0.09	G01 X-2.65 Y-4.24	G01 X 2.11 Y-4.53
G01 X-2.87 Y 4.10	G01 X-5.00 Y-0.17	G01 X-2.58 Y-4.29	G01 X 2.19 Y-4.49
G01 X-2.94 Y 4.05	G01 X-4.99 Y-0.26	G01 X-2.50 Y-4.33	G01 X 2.27 Y-4.46
G01 X-3.01 Y 3.99	G01 X-4.99 Y-0.35	G01 X-2.42 Y-4.37	G01 X 2.35 Y-4.41
G01 X-3.08 Y 3.94	G01 X-4.98 Y-0.44	G01 X-2.35 Y-4.41	G01 X 2.42 Y-4.37
G01 X-3.15 Y 3.89	G01 X-4.97 Y-0.52	G01 X-2.27 Y-4.46	G01 X 2.50 Y-4.33
G01 X-3.21 Y 3.83	G01 X-4.96 Y-0.61	G01 X-2.19 Y-4.49	G01 X 2.58 Y-4.29
G01 X-3.28 Y 3.77	G01 X-4.95 Y-0.70	G01 X-2.11 Y-4.53	G01 X 2.65 Y-4.24
G01 X-3.35 Y 3.72	G01 X-4.94 Y-0.78	G01 X-2.03 Y-4.57	G01 X 2.72 Y-4.19
G01 X-3.41 Y 3.66	G01 X-4.92 Y-0.87	G01 X-1.95 Y-4.60	G01 X 2.80 Y-4.15
G01 X-3.47 Y 3.60	G01 X-4.91 Y-0.95	G01 X-1.87 Y-4.64	G01 X 2.87 Y-4.10
G01 X-3.54 Y 3.54	G01 X-4.89 Y-1.04	G01 X-1.79 Y-4.67	G01 X 2.94 Y-4.05
G01 X-3.60 Y 3.47	G01 X-4.87 Y-1.12	G01 X-1.71 Y-4.70	G01 X 3.01 Y-3.99
G01 X-3.66 Y 3.41	G01 X-4.85 Y-1.21	G01 X-1.63 Y-4.73	G01 X 3.08 Y-3.94
G01 X-3.72 Y 3.35	G01 X-4.83 Y-1.29	G01 X-1.55 Y-4.76	G01 X 3.15 Y-3.89
G01 X-3.77 Y 3.28	G01 X-4.81 Y-1.38	G01 X-1.46 Y-4.78	G01 X 3.21 Y-3.83
G01 X-3.83 Y 3.21	G01 X-4.78 Y-1.46	G01 X-1.38 Y-4.81	G01 X 3.28 Y-3.77
G01 X-3.89 Y 3.15	G01 X-4.76 Y-1.55	G01 X-1.29 Y-4.83	G01 X 3.35 Y-3.72
G01 X-3.94 Y 3.08	G01 X-4.73 Y-1.63	G01 X-1.21 Y-4.85	G01 X 3.41 Y-3.66
G01 X-3.99 Y 3.01	G01 X-4.70 Y-1.71	G01 X-1.12 Y-4.87	G01 X 3.47 Y-3.60
G01 X-4.05 Y 2.94	G01 X-4.67 Y-1.79	G01 X-1.04 Y-4.89	G01 X 3.54 Y-3.54
G01 X-4.10 Y 2.87	G01 X-4.64 Y-1.87	G01 X-0.95 Y-4.91	G01 X 3.60 Y-3.47
G01 X-4.15 Y 2.80	G01 X-4.60 Y-1.95	G01 X-0.87 Y-4.92	G01 X 3.66 Y-3.41
G01 X-4.19 Y 2.72	G01 X-4.57 Y-2.03	G01 X-0.78 Y-4.94	G01 X 3.72 Y-3.35
G01 X-4.24 Y 2.65	G01 X-4.53 Y-2.11	G01 X-0.70 Y-4.95	G01 X 3.77 Y-3.28
G01 X-4.29 Y 2.58	G01 X-4.49 Y-2.19	G01 X-0.61 Y-4.96	G01 X 3.83 Y-3.21
G01 X-4.33 Y 2.50	G01 X-4.46 Y-2.27	G01 X-0.52 Y-4.97	G01 X 3.89 Y-3.15
G01 X-4.37 Y 2.42	G01 X-4.41 Y-2.35	G01 X-0.44 Y-4.98	G01 X 3.94 Y-3.08
G01 X-4.41 Y 2.35	G01 X-4.37 Y-2.42	G01 X-0.35 Y-4.99	G01 X 3.99 Y-3.01
G01 X-4.46 Y 2.27	G01 X-4.33 Y-2.50	G01 X-0.26 Y-4.99	G01 X 4.05 Y-2.94
G01 X-4.49 Y 2.19	G01 X-4.29 Y-2.58	G01 X-0.17 Y-5.00	G01 X 4.10 Y-2.87
G01 X-4.53 Y 2.11	G01 X-4.24 Y-2.65	G01 X-0.09 Y-5.00	G01 X 4.15 Y-2.80
G01 X-4.57 Y 2.03	G01 X-4.19 Y-2.72	G01 X-0.00 Y-5.00	G01 X 4.19 Y-2.72
G01 X-4.60 Y 1.95	G01 X-4.15 Y-2.80	G01 X 0.09 Y-5.00	G01 X 4.24 Y-2.65
G01 X-4.64 Y 1.87	G01 X-4.10 Y-2.87	G01 X 0.17 Y-5.00	G01 X 4.29 Y-2.58
G01 X-4.67 Y 1.79	G01 X-4.05 Y-2.94	G01 X 0.26 Y-4.99	G01 X 4.33 Y-2.50
G01 X-4.70 Y 1.71	G01 X-3.99 Y-3.01	G01 X 0.35 Y-4.99	G01 X 4.37 Y-2.42
G01 X-4.73 Y 1.63	G01 X-3.94 Y-3.08	G01 X 0.44 Y-4.98	G01 X 4.41 Y-2.35
G01 X-4.76 Y 1.55	G01 X-3.89 Y-3.15	G01 X 0.52 Y-4.97	G01 X 4.46 Y-2.27
G01 X-4.78 Y 1.46	G01 X-3.83 Y-3.21	G01 X 0.61 Y-4.96	G01 X 4.49 Y-2.19
G01 X-4.81 Y 1.38	G01 X-3.77 Y-3.28	G01 X 0.70 Y-4.95	G01 X 4.53 Y-2.11
G01 X-4.83 Y 1.29	G01 X-3.72 Y-3.35	G01 X 0.78 Y-4.94	G01 X 4.57 Y-2.03

G01 X 4.60 Y-1.95	G01 X 4.78 Y-1.46	G01 X 4.91 Y-0.95	G01 X 4.98 Y-0.44
G01 X 4.64 Y-1.87	G01 X 4.81 Y-1.38	G01 X 4.92 Y-0.87	G01 X 4.99 Y-0.35
G01 X 4.67 Y-1.79	G01 X 4.83 Y-1.29	G01 X 4.94 Y-0.78	G01 X 4.99 Y-0.26
G01 X 4.70 Y-1.71	G01 X 4.85 Y-1.21	G01 X 4.95 Y-0.70	G01 X 5.00 Y-0.17
G01 X 4.73 Y-1.63	G01 X 4.87 Y-1.12	G01 X 4.96 Y-0.61	G01 X 5.00 Y-0.09
G01 X 4.76 Y-1.55	G01 X 4.89 Y-1.04	G01 X 4.97 Y-0.52	G01 X 5.00 Y-0.00

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Eliptik Paraboloid yüzeyin CNC freze tezgahlarında imal edilebilmesi için CAM kodları türetilirken mevcut uygulamalardan farklı olarak MATLAB programlama kullanılmıştır. Söz konusu yüzeyin CAM kodlarını türetmek için ilk önce (1) denklemi dikkate alınmıştır. Bu denklemden faydalanarak yüzeyin X, Y ve Z koordinatlarını veren (4 ve 5) ve (6) denklemleri elde edilmiştir. Yüzeyin hazırlanan MATLAB programı ile CAM kodları elde edilirken (4 ve 5) denklemlerine imalat için kullanılacak olan çakının yarıçapı ile ilgili ifadelerin ilave edilmesi gerekir. Aksi takdirde kamın, çakı yarıçapından dolayı CNC freze tezgahında gerçek ölçülerine göre imal edilemeyeceği görülmektedir (Şekil 5).

Hazırlanan MATLAB programı θ_n ve h_n gibi önceden belirlenebilen işleme hassasiyeti değerlerine göre çalışmaktadır. θ_n için girilen açı değerinin çok küçük olması elips kesitlerin işleme hassasiyetini arttıracaktır. Ancak θ_n açısının küçük olması programdaki döngü sayısını arttıracığından imalat süresi uzun olacaktır. Yine benzer şekilde h_n için girilen değerinde çok küçük olması halinde işleme hassasiyeti artacaktır. Tüm bu değerlerin çok küçük olması tezgahın enerji sarfiyatını arttıracığından pahalı bir imalata sebep olabilir. θ_n ve h_n değerleri belirlenirken işlenecek olan malzemenin sertliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Sertlik değeri büyük olan malzemeler için bu değerler küçük seçilmesi uygun olacaktır. Ayrıca programda θ_n için girilen değerlerin Eliptik Paraboloid' in yüksekliği boyunca sabit değerde olması halinde, parçanın sıfır noktasından itibaren etek kısımlarına doğru işleme hassasiyetinin bozulacağı görülmüştür. Çünkü yüzeyin etek kısımlarına doğru elips kesitlerin büyümesine bağlı olarak sapma miktarı artacaktır.

Sonuç olarak, hazırlanan MATLAB programı ile Eliptik Paraboloid yüzeyin CAM kodları, piyasalardaki CAD-CAM paket programlarına ihtiyaç kalmadan türetilmiştir. Ayrıca bu tür yüzeylerin piyasalarda ucuz ve bol miktarda bulunan düz alınlı parmak freze çakısı ile işleme parametreleri de belirlenmiştir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 14-16 Ekim 2010 tarihinde Dicle Üniversitesinde tamamlanan Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumunda (BUMAT2010) sözlü sunumu yapılmış ve NWSA yazım esaslarına göre yeniden düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Karagöz, Y., (2000). Nümerik Kontrollü Tezgahlar için Programlama (CAM) Teknikleri, Mühendis ve Makine., Cilt: 41 Sayı: 483, 33-45.
2. Choi, B.K., Lee, C.S., Hwang, J.S., and Jun, C.S., (1988). Compound Surface Modelling and Machining., Computer-Aided Design, Vol.20.
3. Elber, G. and Cohen, E., (1993). Toll Path Generation for Freeform Surface Models, 2nd ACM Solid Modelling, 93-5/ Montreal, Canada.
4. Dereli, T. and Filiz, H., (2000). Automatic CNC Code Generation In Process Planning of Rotational And Prismatic Parts, Politeknik Dergisi, 3,2, 1-25.
5. Choi, B.K. and Jun, C.S., (1989). Ball-end Cutter Interference Avoidance in NC Machining of Sculptured Surfaces, Computer-Aided Design, Vol. 21, No. 6.

6. Golub, A.D. and Yang, D.C.H., (1992). Improved Trajectory Generation for Precision CNC Milling of Arbitrary Countours and Surfaces, Precision Machining: Technology and Machine Development and Improvement, ASME PED, Vol. 58.
7. Daoyuan, Y., Zhengcheng, D., Xiong, Z., and Jining, L., (1995). Local Discretization without Tolerance in the CAD-CAM and NC Programming of a Sculptured Surface, Journal of Materials Processing Technology, 57, 195-200.
8. Bobrow, J.E., (1985). NC Machine Tool Path Generation Form CSG Part Representations, Computer Aided Design, Vol. 17, No. 2.
9. Özel, C., İnan, A., and Özler, L., (2005). An Investigation on Manufacturing of the Straight Bevel Gear Using End Mill by CNC Milling Machine, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of The ASME, Vol. 127, 503-511.
10. CAD-CAM "Reference Issue, Machine Design", (1985)., Cilt 57, Sayı: 24, 2-132.
11. Erdman, A.G., (1985). Computer Aided Design of Mechanisms: 1984 and Beyond, Mechanism and Machine Theory, Cilt 20, Sayı: 4, 245-249.
12. Ortaç, Y., Pıhtılı, H. ve Özel, C., (2005). Sikloidal Yüzeylerin CNC Freze Tezgahlarında İmalatlarının Araştırılması, 4th International Advanced Technologies Symposium, September 28-30, Konya/Türkiye, 668-672.
13. Edwards, C.H. and Penney, D.E., (2001). Matematik Analiz ve Analitik Geometri Cilt 2, PALME Yayın Dağıtım Pazarlama İç ve Dış Tic. Ltd. Şti., Ankara.