

## EĞİTİM AMAÇLI 4 EKSENLİ MASA ÜSTÜ CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ

Samet UYAR<sup>a</sup>,Fatih BELER<sup>b</sup>, Kerim ÇETİNKAYA<sup>c</sup>

<sup>a</sup>KBÜ,Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK. [smtuyr@hotmail.com](mailto:smtuyr@hotmail.com)

<sup>b</sup>KBÜ,Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK. [info@fatihbeler.com](mailto:info@fatihbeler.com)

<sup>c</sup>KBÜ,Teknoloji Fakültesi, KARABÜK. 0370 433 82 00 / 1300 [kcetinkaya@karabuk.edu.tr](mailto:kcetinkaya@karabuk.edu.tr)

### Özet

Bu çalışmada, 4 eksen CNC freze tezgahı tasarlanmış, tezgahı oluşturan parçalar ve malzemeler tanıtılarak prototipi yapılmıştır. Gövde konstrüksiyonu ve eksenler 3 boyutlu modellenmiş, tabla boyutları 600x500x120 mm alınmıştır. Toplam 4 adet adım motoru kullanılmıştır. Tezgah boyutları 750x500x300 mm olup, X eksen 480 mm, Y eksen 580 mm, Z eksen ise 200 mm hareket mesafelidir. Tezgah da köprü tipi gövde konstrüksiyonu kullanılmıştır. Tabla sabit olup, 1 eksen köprü hareketli ve 2 eksen de köprü üzerinde hareketlidir. 3 eksen tahrik sisteminde M20 vida-somun çifti kullanılmıştır. 4.eksende 80 mm ayna kullanılarak divizör sistemi uygulanmıştır. Gövde sac profillerden imal edilmiştir. Elektronik kontrol ünitesinde TB 6560 entegreli 5 eksenli bir sürücü devresinin 4 eksen kullanılmıştır. CNC freze Mach 3 programı ile kontrol edilmiştir. Strafor malzemeler işlenerek uygulamalar yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** 4 Eksen CNC, CAD-CAM, Mach 3

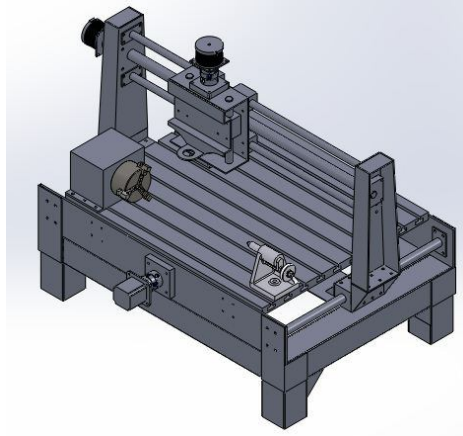
### 1.Giriş

Günümüzde pek çok firma ve eğitim kurumu kendi CNC tezgahını yapmaktadır. Bu alanda bazı çalışmalar özetlenirse; M. Özdeveci, yaptığı çalışmasında; eğitim amaçlı CNC freze tasarlamış ve imal etmiştir. İmal ettiği tezgahta endüstriyel CNC' ler de kullanılan lineer kızaklar yerine kırılmaç kuyruğu yataklar, bilyeli vidalı miller yerine ise trapez vidalı miller kullanmıştır [1]. S. Alan, çalışmasında; ülkemizdeki CNC eğitimi ve CNC' nin mesleki eğitim ve sanayi açısından önemini vurgulamış ve mesleki derslerde kullanılması için CNC eğitim seti tasarlamıştır [2]. U. Büyükşahin, çalışmasında; CNC tezgahları ve parçaları hakkında bilgi vermiş ve yeni bir freze tezgahı imal etmiştir [3]. M. Kutlu, çalışmasında; üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarım için gerekli parametreleri belirlemiş, eksenlerin tahrik hareketini step motorlarla sağlamıştır. Kontrol kartını hazır olarak almıştır [4]. H. Erer, CNC takım tezgahları hakkındaki gelişmeler ve endüstriye sağladığı teknolojik kolaylıklardan bahsederken kullanım kolaylığına da değinmiştir. CNC tezgahların da üretilen iş parçalarının daha hassas ve standart oldukları konusuna bilgi vermiştir [5]. S. Son ve arkadaşları, çalışmalarında; euler açılı tezgahlar ve hexapod tezgahlar gibi seri ve paralel hareket mekanizmalı makineleri birleştirerek, hibrit sisteme sahip MIT-SS-1 isiminde 5 eksen bir CNC freze geliştirmiştir [6]. A.Uyanık ve arkadaşları, çalışmalarında; bir üç eksenli yüzey işleme tezgahını CNC kontrollü hale dönüştürmüşler, kontrol üniteleri ve kontrol yazılımları hakkında bilgi vermiştir [7]. C. Göloğlu ve İ. Bunarbaşı, çalışmalarında; doğrusal hareket mekanizmaları, verimlilikleri ve yardımcı elemanlarının farklılıklarını analiz etmiştir. Çalışmada mil üzerinde kayan makaralar ile hareket eden üç eksenli bir doğrusal hareket mekanizması tasarımı yapılmış ve imal etmiştir [8]. R. Salami ve arkadaşları, çalışmalarında; CNC takım tezgahlarında ilerleme hızını optimize ederek verimlilik arttırmaya çalışmış,

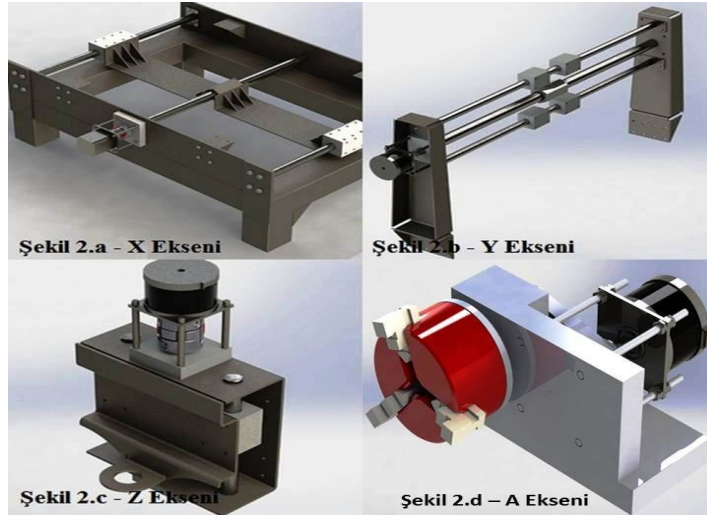
çalışma kapsamında ilerleme hızını optimize etmek için Acis ve Visual Basic' de iki program geliştirilmiştir. Bu sonuçları doğrulamak için çeşitli deneyler yapılmış ve verimlilikte önemli artışlar sağlandığı gözlemlenmiştir [9]. D.V. Hutton ve A. Hassan, çalışmalarında; CNC torna ve işleme operasyonları için yazılım geliştirmiş, mikrobilgisayar tabanlı bu basic yazılımı, program hataları ve analizlerinin yanı sıra tezgah hareketlerini gösteren grafik çıktısını da içermiştir [10]. H. Kaygısız, çalışmasında; eksen hareketlerini sağlayan vidalı milleri bilyalı ve yataklamaları da hazır olarak kullanmıştır [11]. A. Tokat, N. Hasar, çalışmalarında; masaüstü yarı profesyonel ve masaüstü tam profesyonel olmak üzere iki farklı tip CNC tezgahın oluşturulmasında kullanılan farklı ölçü ve tasarımlardaki montaj parçalarının maliyetlerinin karşılaştırmışlardır [12]. A. Koleri ve K. Çetinkaya, çalışmalarında; eğitim amaçlı masaüstü 3 eksen CNC freze tasarımı, prototip imalatı ve hassasiyet kontrolü yapmıştır. Tezgah tablası sabit olup, kesici takımı taşıyan köprü tipindeki başlık Y ekseninde tezgah tablası boyunca hareketlidir [13].

## 2- Materyal ve Metod

Bu çalışmada ilk olarak tezgah tasarımı SolidWorks [14] programında 3 boyutlu olarak modellenmiş (şekil 1) ve X eksen (şekil 2.a), Y eksen (şekil 2.b), Z eksen (şekil 2.c), A eksen (şekil 2.d) modellemeleri ayrı ayrı yapılmıştır.



Şekil 1. 4 Eksenli CNC freze modeli



Şekil 2. Eksenlerin Modellemesi

Tasarımı ve prototipi yapılan masa üstü 4 eksen CNC tezgahı 3 eksen de doğrusal hareket ve 1 eksen de dairesel hareket yapmaktadır. X eksen için kullanılan köprü tipi kafa hareketi hem çalışma alanının geniş olmasını hem de büyük boyutlu parçalar bağlanabilmesini sağlamıştır. X,Y,Z eksenlerinin M20

vida-somun çifti (şekil 3) ile hareketi adım motor (şekil 4) ile tahrik edilmekte, dairesel hareket için kullanılan divizör ise 4. eksen olarak kullanılmış olup, adım motor yardımıyla döndürülmüş ve triger kayış kasnak (şekil 5) ile  $\frac{1}{4}$  iletim oranında hız iletilmiştir.



Şekil 3. Vida-Somun Çifti [15]



Şekil 4. Adım Motor [16]



Şekil 5. Triger Kayış-Kasnak [17]

CNC Tezgahtının tablası olarak sigma profiller (şekil 6) yan yana silindirik başlı civatalar ile bağlanmış ve portatif olarak tezgahın alt gövdesine montajı yapılmıştır. Tezgahtaki millerin hareketi ise adım motorlarla sağlanmış olup motor ve mil arasında dişli kaplin (şekil 7) bağlantısı da delik açılıp pim çakılarak montaj edilmiştir.



Şekil 6. Sigma Profil [18]



Şekil 7. Elastik Dişli Kaplin [19]

Z eksenine montajı yapılan kesici takım olarak SM-8442 Mini Taşlama Makinesi (şekil 8) kullanılmıştır. İşlenecek malzemeye uygun olarak çeşitli uçlar kesici üzerine penslerle bağlanmaya elverişlidir.



Şekil 8. Taşlama Makinesi [20]

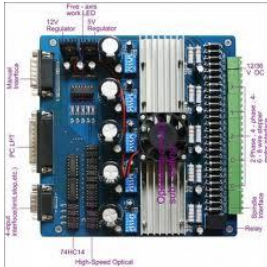


Şekil 9. CamWorks Arayüzü [21]



Şekil 10. Mach III Arayüzü [22]

Tezgahta işlenecek parçanın kodları SolidWorks tabanlı CamWorks (şekil 9) programında çıkarılmıştır. Bilgisayar ile kontrolü sağlamak için Mach 3 (şekil 10) programından yararlanılmıştır.



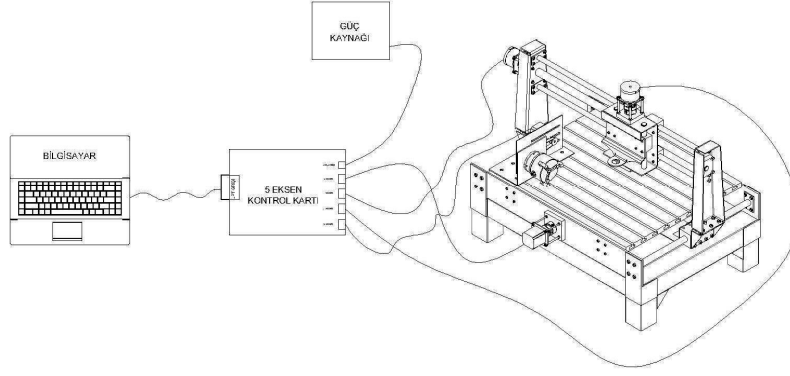
Şekil 11. 5 Eksen Kontrol Kartı [23]



Şekil 12. Güç Kaynağı [24]

Tezgahtın kontrolü için Toshiba TB 6560 entegreli 5 eksen kontrol kartı (şekil 11) kullanılmış olup, güç kaynağı olarak da 12V 15A (şekil 12) kullanılmıştır.

Tezgahtın bilgisayar arasındaki bağlantılar ise şematik olarak (şekil 13) gösterilmiştir.



Şekil 13. 4 Eksenli CNC Tezgağı Genel Çalışma Prensibi



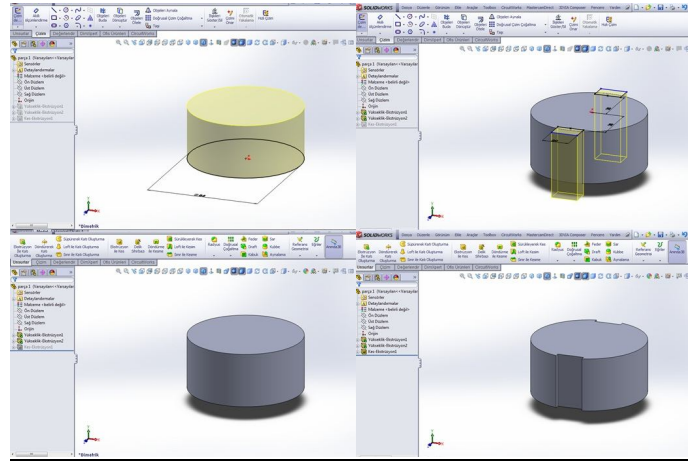
Şekil 14. İmal Edilen Tezgağı [25]

### 3. Örnek Uygulama

#### 3.1 Kama Kanalı Açma:

İşlenecek olan parçanın Solidwork programında çizimi yapılır (şekil 15) ve Camworks programında kodları çıkarılır. Bu aşamalar sırasıyla;

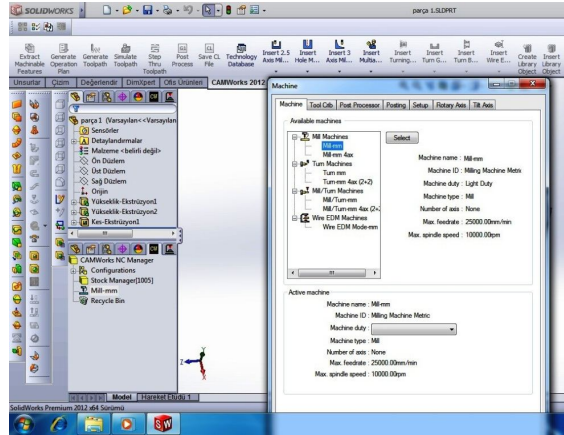
Yapılacak modelleme için SolidWorks programı açılır ve yeni simgesi tıklanır. Açılan pencereden parça (part) simgesi tıklanır ve çizime geçilir.



Şekil 16. Solidworks Katı Modelleme

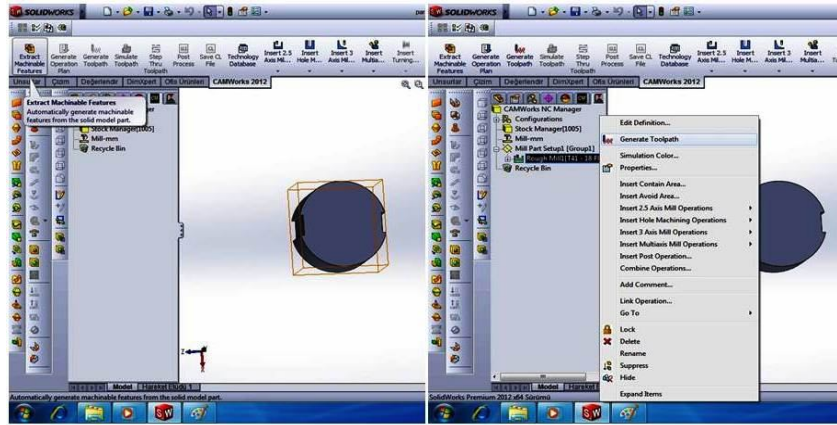


Çizim bittikten sonra SolidWorks programı içerisindeki CamWorks eklentisine tıklanarak CAM işlemi başlatılmış olur. Daha sonra makine seçim işlemi yapılır.



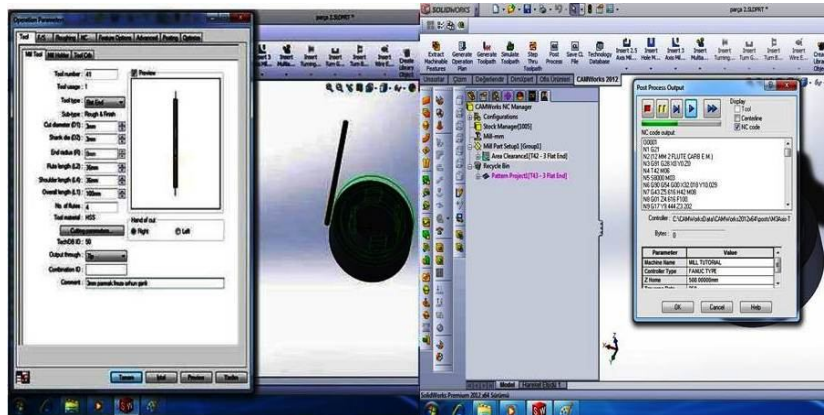
Şekil 17. CamWorks Makine Seçimi

Operasyon menüsünden işlemler başlatılır. Çıkan pencereden otomatik operasyon seçilimi yapılır. Simulate Toolpath seçeneği tıklanarak simülasyon menüsü açılır. Bu menüyle birlikte simülasyon işlemine geçilmiş olur.



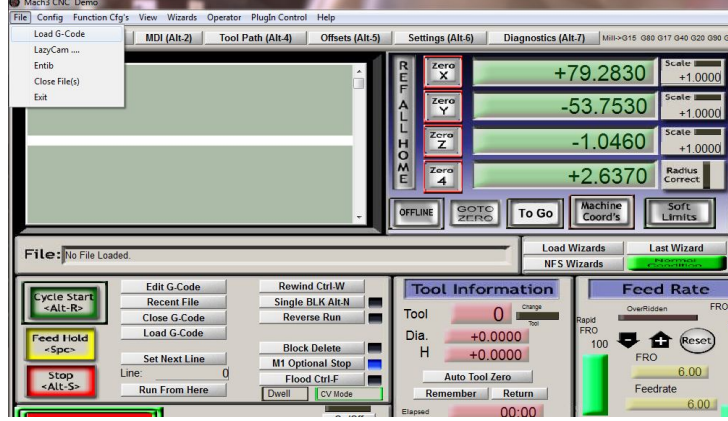
Şekil 18. Camworks Kesici Takım Seçimi

Bir sonraki aşamada Post Process menüsüne tıklanarak kod çıkarma işlemi başlatılır. En son aşamada Post Process penceresi simülasyon görüntüsüyle açılır ve otomatik olarak çıkarılan kodlar ekranda görünür.



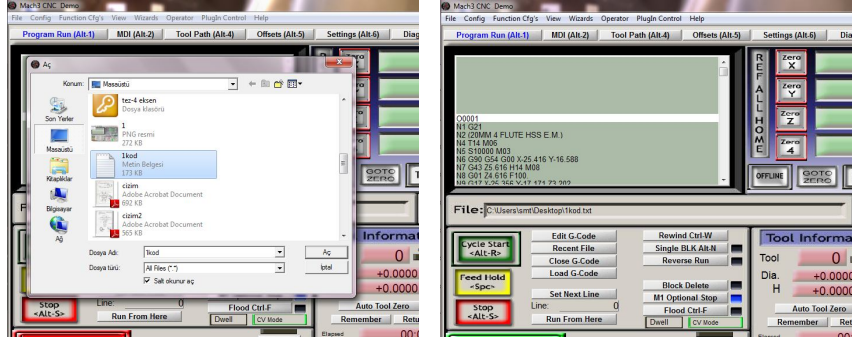
Şekil 19. Camworks Simülasyon ve Kodların Alınması

Mach 3 programı ana ekranındaki File menüsü seçilir. Açılan pencereden hedef \*.txt kod dosyası seçilir.



Şekil 20. Mach 3 Programı G Kodlarını Yükleme

Çağrılan kod Mach 3 ekranına gelmiş olur. Cycle Start seçeneği tıklanarak parça işlenmeye başlamış olur.



Şekil 21. Mach 3 Programı G Kodları Dosyadan Seçme Ve İşleme Anı

İşlenmiş olan parçanın CamWorks programında çıkarılan kodlarının (şekil 22) bir kısmı aşağıda verilmiştir.

```

00001
N1 G21
N2 (10 MM 4 FLUTE HSS BALL NOSE E.M.)
N3 G91 G28 A0 Y0 Z0
N4 T44 M06
N5 S6666 M03
N6 G90 G54 G00 A40. Y3.77
N7 G43 Z-46.889 H44 M08
N8 G01 Z-47.889 F322.
N9 G17 Y3.863 Z-48.494
N10 Y4.136 Z-49.042
N11 Y4.561 Z-49.483
N12 Y5.099 Z-49.774
N13 Y5.7 Z-49.888
N14 A39.915 Y6.347 Z-49.911
N15 A39.665 Y6.95 Z-49.934
N16 A39.268 Y7.468 Z-49.957
N17 A38.75 Y7.865 Z-49.98
N18 A38.147 Y8.115 Z-50.003
N19 A37.5 Y8.2 Z-50.025
N20 A-57.5 F2150.
    
```

Şekil 22. İşlenen Parçanın Kodları

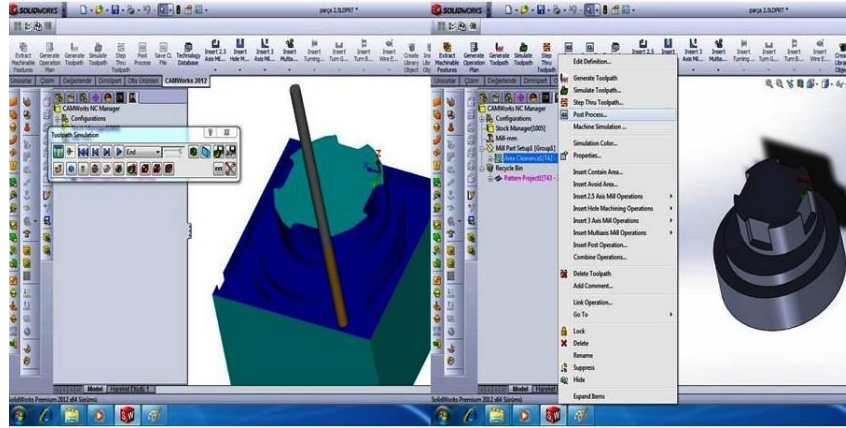
Modellemesi yapılan ve kodları çıkarılan parçanın işlendikten sonraki görünümü (şekil 23) aşağıda verilmiştir.



Şekil 23. İşlenen Parça

### 3.2 Çoklu Kanal Açma:

Kama kanalı açma işleminde kullanılan SolidWorks ve CamWorks (şekil 24) aynı işlemler ile tekrar yapılarak parçanın işlenmesi sağlanmış olur. Parçanın CamWorks Aşamaları kısaca aşağıda verilmiştir:



Şekil 24. CamWorks Simülasyon Ve Kod Alma Aşamaları

İşlenmiş olan parçanın CamWorks programında çıkarılan kodlarının (şekil 25) bir kısmı aşağıda verilmiştir.

```
O0001
N1 G21
N2 (12 MM 2 FLUTE CARB E.M.)
N3 G91 G28 A0 Y0 Z0
N4 T42 M06
N5 S8000 M03
N6 G90 G54 G00 A32.018 Y10.029
N7 G43 Z5.616 H42 M08
N8 G01 Z4.616 F100.
N9 G17 Y9.444 Z3.202
N10 Y8.029 Z2.616
N11 A31.469 Y6.466 Z2.562
N12 A30.063 Y5.589 Z2.508
N13 A28.417 Y5.785 Z2.454
N14 A27.256 Y6.966 Z2.399
N15 A27.088 Y8.615 Z2.345
N16 A27.988 Y10.006 Z2.291
N17 A29.561 Y10.529 Z2.237
N18 A31.114 Y9.953 Z2.183
N19 A31.967 Y8.533 Z2.128
N20 A31.744 Y6.891 Z2.074
N21 A30.543 Y5.749 Z2.02
N22 A28.892 Y5.609 Z1.966
N23 A27.516 Y6.533 Z1.912
```

Şekil 25. Çoklu Kanal Açma Kodları

Modellemesi yapılan ve kodları çıkarılan parçanın işlendikten sonraki görünümü (şekil 26) aşağıda verilmiştir.



Şekil 26. İşlenen 2.Parça

### 3.3 İşlenen Malzemenin Özellikleri:

Eğitim amaçlı tezgahda örnek işleme için en uygun işleme kolaylığı olan ve kolayca bulunabilen strafor malzemenin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.

Yoğunluk: Genellikle 15-30 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklarda kullanılır.

Su Emme Oranı: Straforu meydana getiren Styrene

Suda çözünmeyen ve erimeyen bir yapıda olduğundan su ile temas halinde su emme oranı çok düşüktür.

Yanma:"Strafor'un parlama noktası 360-370C° olup; kendiliğinden yanabilmesi için ortam sıcaklığının 490 C° ulaşması gerekir.

Ömür: Almanya'da 31 yıllık bir teras çatıdan alınan 20kg/m<sup>3</sup>'lük Strafor malzemesi bilirkşi huzurunda test edilmiş ve malzemenin 31 yıl önceki özelliklerinin değişmediği görülmüştür.

### 4.Bulgular ve Tartışma

Masa Üstü 4 Eksen CNC Freze Tezgahı modellenen şekliyle (şekil 1 ve Şekil 14) üretimi gerçekleşmiş olup, bütün parçaları istenilen şekilde ve ölçülerde montaj edilmiştir. Eksenlerin doğrusal hareketleri sorunsuz bir şekilde çalışmıştır. Tezgah da kullanılan kesici takım hızı, parça işleme esnasında max. 32000 dev/dk hızla çalışmıştır. Divizör mantığında kullanılan torna aynasının dönme açısı, tahrik sisteminde kullanılan ¼ düşürme ile 0.45 ° olarak ölçülmüştür.

Bu çalışmada, hareket milleri için yapılan kestamid yataklar yerine hazır yatak kullanılması daha olumlu sonuç verecektir. Tezgahın mekanik aksamında ağırlığı azaltmak için yan destek saclarında boşaltma yapılabilir. Aynı zamanda rulman yataklarında küçük çapta delikler açılarak yağlama yapılması sağlanabilir.

Motor ve kaplin arasındaki bağlantıların pim ile yapılmış olması eksen hareketlerini sağlayan millerin sıyırma ihtimalini ortadan kaldırmıştır. Bu yüzden de tabla üzerine her türlü malzeme bağlanabilmiş ve miller zorlanmadan malzemenin işlenmesi gerçekleşmiştir. Tezgaha gelen elektriğin kontrolü için kullanılan 12V 15A güç kaynağı da olumlu sonuç vermiş ve elektronik aksama herhangi bir zarar vermemiştir.

### 5.Sonuç

Bu tezgah ile plastik, ahşap, strafor (köpük) gibi malzemeler kolaylıkla işlenebilmekte ve istenilen parçalar üretilebilmektedir. Prototipi yapılan 4 eksenli masa üstü CNC tezgahın da malzemeye kama kanalı açma, dişli imalatı, helis kanalı açma, yuvarlak yüzey işleme, bardak ve vazo gibi süs eşyaları üretme, dairesel bir malzeme üzerine yazı yazma ve resim çıkarma gibi işlemler yapılabilmektedir. Ayrıca çalışmada üretilen tezgah hediyelik eşya, ahşap ev eşyası, maketçilik, kalıpcılık, medikal, mobilya, otomotiv yedek parça gibi bir çok alanda üretim için endüstride kullanılmaktadır. Tezgahın



mekanik ve elektronik aksamının montajı sonunda hassasiyet kontrolü yapmak için çeşitli ölçü, şekil ve malzemelerde bilgisayar üzerinde Mach 3 programı kullanılarak işlemler yapılmıştır.

### Kaynaklar

Özdeveci M. , “Eğitim Tipi Frezesinin Tasarımı Ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2001).

Alan, S. , “CNC Eğitimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2006).

Büyükşahin U. , “Üç Eksenli CNC Tezgah Tasarımı Ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).

Kutlu M. , “Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgahı Tasarımı Ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, (2006).

Erer. H. , “CNC Takım Tezgâhlarının Gelişimi”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Mühendis Ve Makina Dergisi*, 486: 37 – 40 (2000).

Son S. , Kim T. , Sarma S.E. And Slocum A. , “A Hybrid 5-Axis CNC Milling Machine”, *Precision Engineering*, 33 (4): 430-446 (2009).

Uyanık A. , Şimşek İ. , Aytan İ. , Onat M. ve Erdal H. , “Üç Eksenli Yüzey İşleme Tezgâhının Bilgisayar İle Kontrolü”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, (2009).

Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ. , “Üç Eksenli Doğrusal Hareket Mekanizması Tasarımı Ve İmalatı”, *Teknoloji*, 7(3): 507-515 (2004).

Salami R. , Sadeghi M.H. ve Motakef B. , “Feed Rate Optimization For 3-Axis Ballend Milling Of Sculptured Surfaces”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5): 760-767 (2007)

Hutton D.V. And Hassan A. , “Computer Graphics Simulation Of A CNC Lathe”, *Computers & Education*, 9(2): 127 – 134 (1985).

Kaygısız H. , Çetinkaya K. , “CNC freze eğitim seti tasarımı ve uygulaması”, *SDU International Journal of Technologic Sciences*, 2 (3): 53-71 (2010).

Tokat A. , Hasar N. , “Masaüstü yarı profesyonel ve tam profesyonel CNC frezelerin mekanik sistemleri, hassasiyetler ve maliyet analizi karşılaştırılmaları”, Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, Çankırı-İlgaz, 25-27 Mayıs (2012).

Koleri A. , Çetinkaya K. , “Masa Üstü CNC Freze Tezgah Tasarımı Ve Porotopi”, Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, Çankırı-İlgaz, 25-27 Mayıs (2012).

İnternet: SolidWorks, “3B CAD Tasarım Yazılımı”, <http://www.solidworks.com> , İstanbul, (2010).

İnternet: CNC, “CNC Malzemeleri”, <http://www.cnc-market.com>, Ankara, (2012)

İnternet: Mach 3, “CNC Kontrol Yazılımı”, <http://www.mach3turkiye.com> , İstanbul, (2010).

[www.usmekatronik.com/](http://www.usmekatronik.com/), Ankara, (2012).

İnternet: Doğuş Kalıp, “Sigma Profil Çeşitleri”, <http://www.sigmaprofilmarket.com/tr>, İstanbul, (2010).

Kartal Cıvata, “Ürün Kataloğu”, *Kartal Cıvata*, Bursa, (2011).

Yapı Teknik, “Kesici Takım Çeşitleri”, *Yapı Teknik Market*, Kocaeli, (2004).

İnternet: Camworks, “Solidworks ile birleştirilmiş 3B CNC CAD-CAM Yazılım”, <http://www.tr.camworks.com> , İstanbul, (2010).

İnternet: Mach 3, “Mach 3 Kullanıcı Ara Yüzü”, <http://www.mach3turkiye.com> , İstanbul, (2010).

Başboğa G., Pındık A., Tutkun E., ve Çetinkaya K.; “Eğitim amaçlı masa üstü cnc freze tasarımı ve imalatı” ,TMMOB Makina mühendisleri odası Konya şubesi VI. Makina tasarım ve imalat teknolojileri kongresi, 22-23 ekim 2011.

Kabaş K., ve Çetinkaya K.; “Masaüstü CNC dik işleme tezgahı tasarımı ve soğutma sıvısı uygulaması”, IATS'11, Elazığ, 2011.

Uyar S. , Beler F. , “Lisans Mezuniyet Tezi”, Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tasarım Ve Konstrüksiyon A. B. D, Temmuz, (2012).