

# CAD/CAM'İN CNC TAKIM TEZGAHLARINA ENTEGRASYONU

Mümin TUTAR<sup>1</sup>

Email: mmnttr@hotmail.com

(Danışman: Dr. Şeref AYKUT)

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Kınıklı 20070,  
DENİZLİ

## Özet

Üretimde verimliliği ve kaliteyi arttırmak amacıyla 20. yy.'ın ikinci yarısından itibaren yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımlardan CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım), üretilecek parçanın 3 boyutlu modelinin oluşturulması, mevcut parçalar üzerinde değişiklikler yapılması ve üretim için gerekli olan veritabanını hazırlayan bir sistem yaklaşımı olarak tanımlanırken; CAM (Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim) ise üretim sürecini kontrolde, doğrudan veya dolaylı olarak yapılan işlerin bilgisayar desteğiyle gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. CAD/CAM, tasarımcının üretkenliğini ve tasarımın kalitesini arttırmaktadır. Tezgahların kontrolü, işlem planlaması, malzemenin taşınması, kalite kontrol vb. safhalar bu sistem içerisinde bilgisayar desteğiyle gerçekleştirilmektedir. CNC (Computer Numerical Control-Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) ise sayısallaştırılmış komutların bilgisayardan direkt olarak tezgaha aktarıldığı ve tezgahın da geribildirim sağlayabildiği sistemdir.

Bilgisayar sistemlerinin mühendislik alanlarına uygulanması sonucu önce CAD/CAM ve CAM/CNC entegrasyonu sağlanmış, tasarım-üretim sürecinin gereği olarak da CAD/CAM/CNC entegrasyonu haline dönüşmüştür. Bu şekilde tasarım ve üretimin bütün safhalarında bilgisayar desteği alınmaktadır.

Bu çalışmada; öncelikle CAD yazılımları ile araçlar için ergonomik iç kapı kolu modeli tasarlanmış ve tasarlanan model CAM yazılımlarına aktarılmış, ardından da CAM yazılımlarında takım yolları oluşturularak simülasyonla doğrulanmış ve CNC freze tezgahında modelin üretimi yapılmıştır. Bu süreçte de CAD/CAM/CNC entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.

## 1. Giriş

CAD, mekanik ve elektromekanik parça ve sistem tasarımlarının yapılmasını kolaylaştırmak, hızlandırmak, kalitesini yükseltmek gibi amaçlarla bilgisayarlardan yararlanmayı içermektedir. Ürünü her açıdan görmek, o ürünün gerçek yapı ve şekli hakkında daha iyi fikir edinmek için bilgisayar ortamında ürünün gerçek ölçüleri temel alınarak görüntüsünün oluşturulması sağlanmaktadır [1].

CAD sistemleri genel olarak yazılım ve donanım kısımlarından oluşur. Yazılım kısmı, katı modelin oluşturulması ile tasarlanan modelin statik, dinamik ve termal performansının belirlenmesinde kullanılan modülleri kapsamaktadır. Donanım kısmı ise monitör, fare, klavye vb. çevre birimlerinden oluşur [2-4].

CAM, sürecin CAD'den sonraki aşamasıdır. CAD model bilgisi; CAM yazılımlarında, tormalama, frezeleme gibi yöntemlerle hammaddeyi istenen şekle getirirken kullanılır. Örneğin; CAD modelinde seçilen malzeme; devir ve ilerleme hızlarının, CAD modelinin boyutları ise takım seçiminin ve takım yollarının belirlenmesinde kullanılır. Böylece gerçek bir makine parçası, üç boyutlu olarak üretilir hale gelir [5].

CAM, aynı zamanda bilgisayar sistemlerini planlama, yönetme ve bir imalat sürecinin kontrolünde doğrudan veya dolaylı olarak yapılan işlemleri de kapsamaktadır. CAD/CAM teknolojisi, tasarım ile imalatın daha fazla entegrasyonu yönünde gelişmektedir [1,4,6].

Günümüzde kullanılan CAD ve CAM yazılımları sürekli olarak geliştirilmektedir. En çok kullanıcıya sahip olan CAD yazılımları arasında SolidWorks, CATIA, Unigraphics, Pro/Engineer, Autocad, Inventor sayılabilir. CAM yazılımları arasında ise CAMWorks, SolidCAM, EdgeCAM, SurfCAM ve MasterCAM yazılımları vardır. Bu

CAD ve CAM yazılımlarından bazıları entegre, bazıları ise bağımsız olarak kullanılmaktadır.

CNC’de temel düşünce takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen, belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgah kontrol ünitesinin parça programı yardımıyla üretim yapabilmesidir [7].

## 2. CAD/CAM Sistemlerinin Tarihçesi

Bilgisayarlı grafik sistemlerinin, dijital bilgisayarlarla birlikte ortaya çıkıp çıkmadığı çok tartışılmıştır. Tasarım ve üretim mühendisliğinde bilgisayar kullanımının tarihi, ilk bilgisayarların çıktığı 50’li yılların başlarına kadar uzanmaktadır. İlk fikir Amerika’da devlet desteği ile gerçekleştirilen simülasyon ve radar projeleri gibi araştırma-geliştirme çalışmaları ile ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalar 1949-1952 yıllarında ABD hava kuvvetlerinin Massachusettes Institute of Technology (MIT)’e verdiği proje ile uçak sanayisine yönelik olarak geliştirilmiştir. İlk sistemlerde karmaşık, uzun ve masraflı, toplu işlevli programlar büyük işlemcilere dayalı bilgisayarlarda çalıştırılmıştır. 1955-1959 yıllarında MIT’de sürdürülen çalışmalar sırasında D.T.Roos ilk defa “Bilgisayar Destekli Tasarım” terimini kullanmıştır [8].

Akademik düzeyde CAD sistemine ilk adım 1963 yılında I.E. Sutherland’ın MIT’deki doktora tezi ile atılmıştır. “Sketchpad” adı verilen sistemde uygun programlama teknikleri ve veri yapılarıyla yenileme (görüntüyü sürekli yeniden üreten) ile bir çalışma sergilenmiştir.

CAD/CAM uygulamalarının temelini oluşturan pahalı sistemler, önceleri karşılığının fazlasıyla alınabildiği havacılık sanayi gibi büyük endüstrilerde kullanılsa da; teknolojinin gelişmesi ve fiyatların düşmesiyle seksenli yıllarda tüm sektörlerde yaygınlaşmaya başlamıştır.

Daha güçlü daha ucuz elektronik, artan deneyim ve rekabet, kullanımın yaygınlaşmasında büyük rol oynamıştır. Aynı yıllarda gözlemlenen diğer bir gelişme de piyasa şartları sonucu farklı donanım ve yazılım kullanan şirketlerin üretim sürecinde bütünleşik bilgi işleme ihtiyacından kaynaklanmıştır. Böylece yeni donanım ve yazılım arabirimleri ve standartları geliştirilmeye başlanmıştır.

1960’larda yüzyılın en önemli teknolojik gelişmelerinden biri olarak kabul edilen CAD/CAM tekniği bugün basit bilgisayar grafiği kavramının oldukça ilerisinde bulunmakta ve küçük işletmelerde bile etkin bir şekilde kullanılmaktadır [8].

## 3. CNC Takım Tezgahlarının Gelişimi

Takım tezgahlarının ilk görünürlüğü 16. yüzyıla kadar gitmektedir. 1540 yılında Torriano isimli bir İtalyan, İspanyol kralı V. Charles’ a hediye edilecek saatin imalatında freze tezgahının ilk örneklerinden birini kullanmıştır.

Modern takım tezgahlarının ilk atası olarak, 1775 yılında John Wilkinson tarafından yapılan yatay delik işleme tezgahı kabul edilmektedir. İlk torna tezgahı ise 1780’li yılların ortasında İngiliz Henry Maudstay tarafından yapılmıştır.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak takım tezgahlarında kaliteyi artırmak, kolay üretilebilirliği sağlamak, düşük maliyet ve işleme koşullarının kolaylıkla değiştirilebilmesini sağlamak amacıyla otomasyona geçilmiştir. Böylece parçanın işlenmesine ait verilerinin insan tarafından girildiği konvansiyonel tezgahlardan sonra verilerin tezgahın anlayabileceği kodlardan oluşmuş program tarafından verildiği sayısal kontrollü (NC) takım tezgahları ortaya çıkmıştır.

Sayısal kontrol fikri II. Dünya Savaşı’nın sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. CAD/CAM sistemleri ile CNC takım tezgahlarının ilk buluşması bu amaca dayanmaktadır [2,10].

1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATTI-HYDROTEL freze tezgahını NC ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı NC takım tezgahı imalatına başlamıştır. İlk önceleri NC takım tezgahlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, komplike kontrol ara yüzleri kullanılmıştır. Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerektiği için daha sonraları NC takım tezgahlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler NC sistemleri de etkilemiştir. Bu gelişmelerle birlikte NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmaya başlanmıştır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanması mümkün olmuştur. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC’nin doğmasına öncülük etmiştir [2,10].

## 4. CAD/CAM/CNC Entegrasyonu

CAD/CAM sistemlerinin CNC’lerle entegrasyonu tasarım ve imalat sürecinin bir gereksinimidir.

Aslında birbirinden farklı olan bu kavramlar günümüzde küçük işletmelerde dahi entegre edilmiş şekilde kullanılmaktadır [1,6,11].

#### 4.1. CAD

Tasarım-imalat sürecinin ilk basamağı olarak CAD sistemleri kullanılır. CAD sistemlerinde amaç üretilecek parçanın modellenmesi ve gerekli analizlerinin yapılmasıdır. CAD sistemlerinde parçaların iki boyutlu ve üç boyutlu modellenmesinde çeşitli operasyonlar ve modüller kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin seçimi parçanın tanımlanabilirliğine bağlıdır. Bir parça katı olarak, yüzeyleriyle veya tel kafes şeklinde tanımlanır. Her parçanın katı olarak modellenmesi gerekli olmayabilir. Katı modelde parçanın tüm özellikleri tanımlanabilir durumdadır ve tüm analizleri CAD’de yapılabilir. Makine parçaları genel olarak katı model şeklinde tasarlanmaktadır. Katı modellemede döndürerek, öteleyerek veya iki profil arasını katılama ya da süpürme gibi operasyonlar kullanılmaktadır.

#### 4.2. CAM

Üretilecek parçanın gerekli çizimleri ile oluşturulan model CAM yazılımına aktarılır. Bu aşama kullanılan sisteme göre farklılıklar gösterebilir. Bazı CAD ve CAM yazılımları entegre şekilde çalışırken bazı yazılımlar bağımsız çalışmaktadır. Entegre çalışan yazılımlarda modelleme ekranından direkt olarak CAM’deki işleme ekranına geçiş yapılırken, entegre olmayan yazılımlarda CAD’de hazırlanan model kullanılacak CAM yazılımına uygun bir formatta

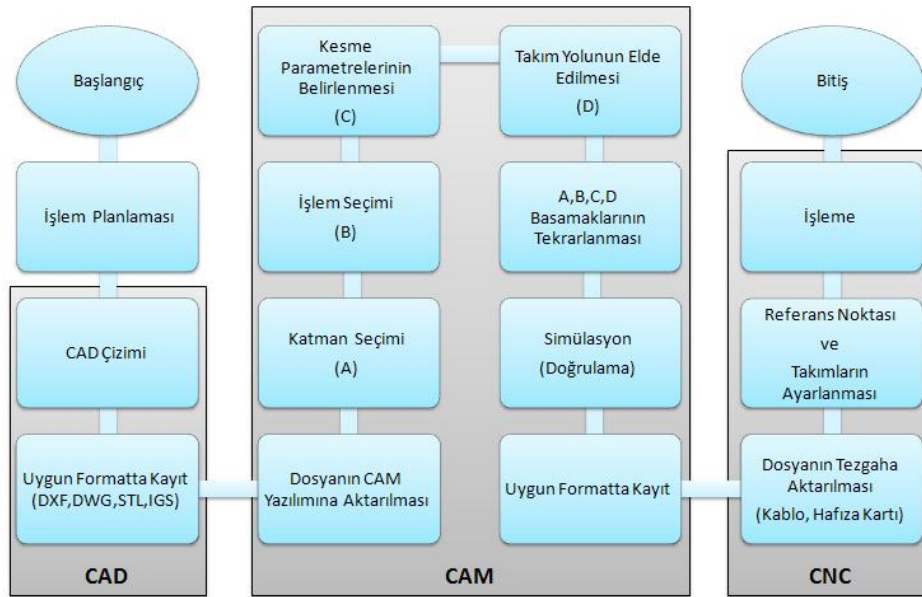
kaydedilir ve CAM yazılımında açılarak işleme devam edilir.

CAM’de öncelikle, CAD’den alınan tasarım modeli için ölçüler verilerek veya otomatik olarak bir stok model oluşturulur. Stok model, parçanın işlenmeden önceki yarı mamul halidir. Başka bir deyişle hedef modele ulaşmak için simülasyonda kullanılan CNC tezgahına bağlanacak parçadır. Hedef model ise parçanın CNC tezgahından çıkan işlenmiş halidir. Hedef modele ulaşmak için stok model üzerinde yapılacak işlemler, uygun takımlar ve uygun takım yolları belirlenir. CAM’de, yapılan işlemlerin simülasyonu izlenir ve dalmalar varsa düzeltilerek takım yolları doğrulanır.

#### 4.3. CNC

CAM’de yapılan doğrulamanın ardından CNC takım tezgahlarına bu bilgilerin aktarılması için gerekli olan NC kodları yazdırılır. Bu dönüşüm sırasında dikkat edilmesi gereken parametrelerden bir tanesi de kullanılacak olan CNC tezgahının post processor türüdür.

NC kodları CNC tezgahına kablo bağlantısı ya da hafıza kartı kullanılarak aktarılır. CAM’de belirlendiği şekilde belirlenen boyutlardaki stok model tezgaha bağlanır. CAM’de belirlenmiş referans noktası ve takımlar ayarlandıktan sonra program çalıştırılır. Yapılan işlem CAM’de yapılan simülasyonun gerçekleştirilmesidir. İşlem bittiğinde stok modelden hedef model elde edilmiş olur. Yukarıda anlatılan sürecin akış şeması Şekil 1’de gösterilmektedir.



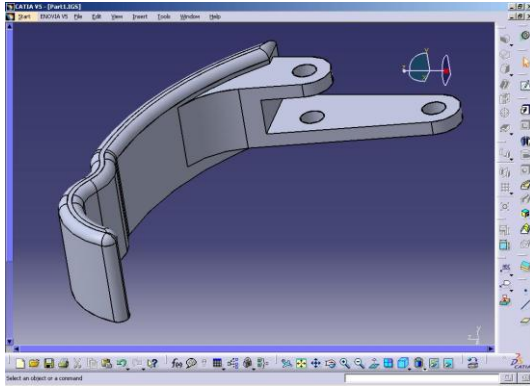
Şekil 1: CAD/CAPP/CAM Entegrasyonu

## 5. Uygulama

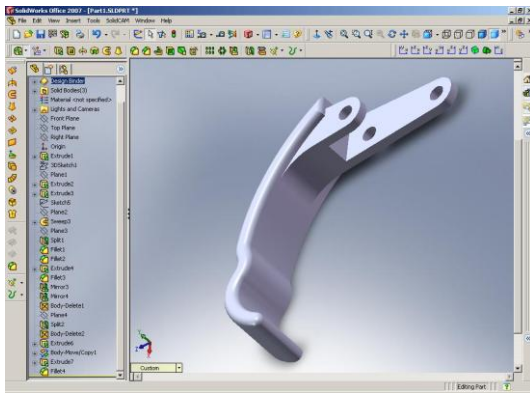
Bu çalışmada amaç, tasarım-üretim sürecini işletip CAD/CAM/CNC entegrasyonunu gerçekleştirerek araçlar için ergonomik bir iç kapı kolu prototipi oluşturmaktır. Bu parçanın seçilmesinin nedeni; yapılan küçük çaplı bir araştırmada kapı kollarının parmak ergonomisine uygun olmadığı görüşünün yaygın olmasıdır.

Tasarım-üretim sürecinin CAD aşamasında SolidWorks ve CATIA yazılımları tercih edildi. CAM aşamasında da iki ayrı yazılım (EdgeCAM ve SolidCAM) kullanılarak tasarım-üretim sürecine devam edildi.

SolidWorks ve CATIA ile modellemelerde öteleme ve süpürme operasyonları, model düzenlemede de kenar radüsleri için fillet operasyonu ile yardımcı referans düzlemler kullanıldı. Şekil 2 ve Şekil 3'te geliştirilen ergonomik iç kapı kolunun tasarımı gösterilmektedir.



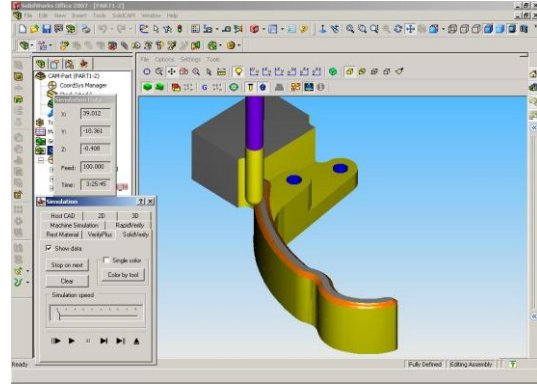
Şekil 2: Tasarlanan kapı kolunun CATIA'daki görüntüsü



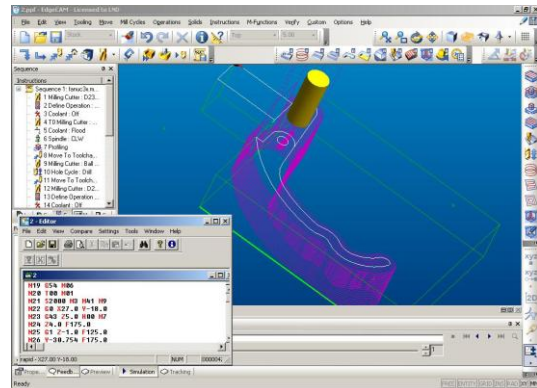
Şekil 3: Tasarlanan kapı kolunun SolidWorks'teki görüntüsü

SolidWorks ile SolidCAM entegre yazılımlar oldukları için SolidWorks modelleme ekranından SolidCAM ekranına direkt geçiş imkanı vardır. EdgeCAM'de ise DXF (ya da DWG) formatında model iki boyutlu olarak ve IGS (ya da STL) formatında üç boyutlu olarak CAM ortamına aktarılmıştır.

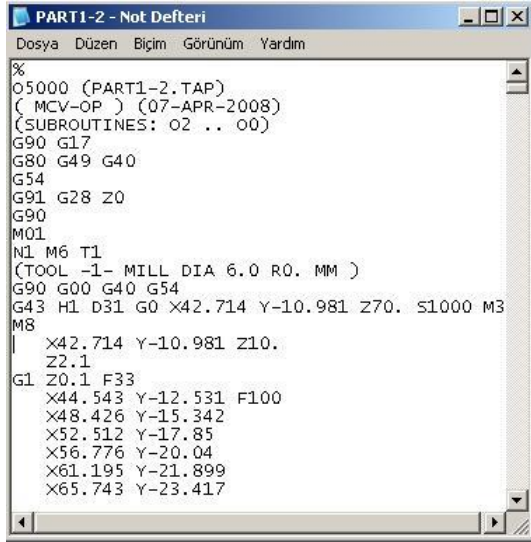
Model, yapısından dolayı olarak üç eksenli CNC freze tezgahında üç aşamada işlenebilmektedir. Hedef modele erişebilmek için parçayı tezgaha üç kez farklı pozisyonlarda bağlamak ve referans belirlemek gerekmektedir. İşlemede kullanılan takımlar ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Takım yolları da belirledikten sonra Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterildiği gibi her iki yazılımla da yapılacak işlemler simüle edilerek doğrulanmıştır. Doğrulamanın ardından NC kodları çıkartılarak üç eksenli bir CNC freze tezgahında parçanın işlenebilmesi için gerekli tüm aşamaları bitirilmiştir. Şekil 6'da CAM'de oluşturulan NC kodu çıktısı görülmektedir.



Şekil 4: Tasarlanan kapı kolunun SolidCAM'deki simülasyonunun görüntüsü



Şekil 5: Tasarlanan kapı kolunun EdgeCAM'deki simülasyonunun görüntüsü



Şekil 6: NC kodu çıktısı

Tablo 1: İşlemede kullanılan takımalar ve özellikleri

Kesici Takım Çapı	Kesici Boyu	Takım Adı
6 mm	25	Parmak freze
6 mm	20	Küresel uçlu parmak freze
5 mm	30	Matkap

Şekil 6'da gösterilen NC kodları hafıza kartıyla, uygulamada kullanılan TAKSAN TMC 500/700 CNC freze tezgahına (Dik işleme merkezi) aktarılarak modelin üretimi yapılmıştır.

Modelin üretiminde önce kolay işlenebilirlik özelliği ile tahta malzeme kullanılmıştır. Tahtanın mendenede ezilmesinden dolayı ikinci aşamada sıfırlama sorunu yaşanmıştır. İlk aşamanın işlenmiş hali Şekil 7'de görülmektedir.

Daha sonra malzeme olarak polyamid kullanılmış, bu sefer de malzemenin esnemesinden dolayı sıfırlama sorunu yaşanmıştır.

Çalışma devam etmekte ve bir sonraki aşamada metal malzeme ile üretimin yapılması planlanmaktadır.



Şekil 7: Üretilen ergonomik iç kapı kolu

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada soyut olarak beyinde canlandırılan bir parçayı somut olarak ele alabilmek için aşağıda listelenen tasarım-üretim süreci gerçekleştirilmiş ve basamaklarda ilerlerken CAD/CAM/CNC ilişkisi kurulmuştur.

- Tasarım
- Analiz
- Çizim
- Süreç planlama
- Parça programlama
- Program doğrulama
- Parça işleme
- Kontrol

Sürecin CAD aşamasında SolidWorks ve CATIA olmak üzere 2 ayrı yazılım kullanılmıştır. Bunun amacı farklı CAD yazılımları kullanıldığında çizim ve modelleme esnasında karşılaşılabilecek farklılıkları belirleyerek, bu programlar arasında karşılaştırma yapabilmektir.

İki CAD yazılımıyla tasarımın modellenmesinde SolidWorks'ün esnekliği ve kullanım kolaylığı dikkate değer bulunmuştur. CATIA'nın ayrıntılı ve karışık modülleri karmaşık modellerde yaratıcı çözümler sunsa da daha basit modeller için SolidWorks kullanılması uygundur.

CAM aşamasında da iki ayrı yazılımla (EdgeCAM ve SolidCAM) sürece devam edilmiştir. SolidCAM'de (entegre bir program olmasının avantajıyla) takım yolları modelin üzerinde daha rahat oluşturulabilmektedir. Aslında istisnaların dışında SolidCAM takım yolu belirlemeyi de gereksiz bir hale getirmiş durumdadır. Oluşturulan stok model ve hedef model sayesinde 3 boyutlu frezelemede birçok işlemi otomatik olarak tanımaktadır.

Ayrıca CNC freze tezgahında parça işlenirken, seçilen malzemelerin (tahta ve polyamid)

mengenede ezilmesinden ve esnemesinden kaynaklı takım sıfırlama sorunları yaşanmıştır.

Bu şekilde CAD/CAM/CNC entegrasyonu sağlanarak tasarım-üretim sürecinin her aşamasında bilgisayar desteğiyle çalışma tamamlanmıştır.

Çalışma göstermiştir ki; CAD/CAM sistemleri ve CNC takım tezgahları her ne kadar tasarımı ve üretimi kolaylaştırırsa da, insan faktörü yine en önemli etken olmaya devam etmektedir. Öyle ki; henüz tasarım aşamasındayken parçanın CNC'deki üretimini göremeyen bir kullanıcı için sistemin getirdiği hiçbir fayda bulunmamaktadır.

## 7. Teşekkür

Bu çalışmaya bilgi ve deneyimleriyle katkıda bulunan danışmanım Dr. Şeref AYKUT'a, ayrıca desteklerinden dolayı Yrd. Doç. Dr. Süleyman SEMİZ'e teşekkür ederim.

## 8. Kaynaklar

- [1] M. P. Groover ve E. W. Zimmers, (M. Carnis) *CAD/CAM Computer-Aided Design And Manufacturing*, Antony Rowe Ltd, Eastbourne, 2002 .
- [2] L. Yağmur, "Tasarım ve imalatla CNC ve CAD/CAM sistemlerinin fonksiyonları", *TÜBİTAK – ÜME*, Ağustos 2004. <http://www.turkcadcam.net/rapor/imalatta-cadcam/index.html> (08.04.2008).
- [3] Z. Kırıl, "Bilgisayar Destekli Tasarım Ders Notları", *T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü*, 2007. [http://www.deu.edu.tr/userweb/zeki.kiral/dosyalar/hafta\\_6.pdf](http://www.deu.edu.tr/userweb/zeki.kiral/dosyalar/hafta_6.pdf) (10.04.2008).
- [4] M. Akkurt, *Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri*, Birsan Yayınevi, İstanbul, 1996.
- [5] M. A. Kibaroglu, "*Tasarım Sürecinde Üç Boyutlu Modellemenin Rolü ve CAD/CAM Programlarının Sınıflandırılması*", T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
- [6] Ş. Aykut, "*CNC Tezgahlarında Kullanılan Kesici Takımların Tasarım Esasları*", T.C. Marmara Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1999.
- [7] <http://www.cadcamsektoru.com/cnc-takim-tezgahlari-9170.htm> (15.04.2008).
- [8] E. S. Gözlüklüoğlu Erdinler, "*CAD Sistemleri ve Türkiye Mobilya Endüstrisinde Uygulanma Etkinliğinin Analizi*", T.C. İstanbul Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D., Doktora Tezi, İstanbul, 2005.
- [9] S. Alan, "*CNC Eğitim Seti Tasarımı*", T.C. Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Sistemleri A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2006.
- [10] U. BüyükAlan, "*3 Eksenli CNC Tezgâh Tasarımı ve Uygulaması*", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- [11] A. Kurtoğlu, K. H. Koç, Ü. Öner, "CAD/CAM Sistemler ve Türkiye Mobilya Endüstrisi", *Makine-Metal Teknoloji Dergisi*, Sayı 66, s 114-120, 1997.