

SİLİNDİRİK PARÇALAR İÇİN CNC KODU TÜRETİLMESİ

Oktay Adıyaman¹, Mehmet Ali Dönertaş², İhsan Korkut³

¹ Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi-ANKARA
adiyamanoktay@hotmail.com

² Ankara Üniversitesi, Çankırı MYO-ANKARA
donertas@cmyo.ankara.edu.tr

³ Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi-ANKARA
ikorkut@gazi.edu.tr

Özet

Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) da karşılaşılan en büyük problemlerden birisi, ortak bir veri formatının oluşturulamaması ve bununla birlikte çizim unsurlarının tanınmasında karşılaşılan engellerdir. Kesme operasyonlarının çizim unsurları okunduğu sırada otomatik olarak tanınması, önümüzdeki süreçte BDİ içerisinde yoğun olarak ele alınacak konulardan birisidir.

Bu çalışmada, CNC (computer numerical control) torna tezgâhlarında işlenecek parçaların kesit görünüşlerinin herhangi bir tasarım programında oluşturulmuş DXF (drawing xchange format) formatının yorumlanarak takım yollarının oluşturulması ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada öncelikle, CNC torna tezgâhları, tornalama metotları ve takım yolu oluşturma teknikleri araştırılmıştır. Takım yolunun oluşturulmasında, geometrik tanımlama teknikleri kullanılmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı VISUAL BASIC 6.0 programlama dili ile yazılmıştır. Program ACCESS 7.0' de hazırlanan malzeme ve kesici takım veri tabanları ile desteklenmiştir.

Anahtar Terimler: CNC, Tornalama, İşlem Planlama

Abstract

In this work, a research work has been performed related to generate cutting tool paths, after evaluating of the file including section views of parts to be machined on CNC lathes, which is in DXF format and obtained from a CAD program. In this work, CNC lathes turning methods and techniques for generating cutting tool paths have been investigated. Geometric definition techniques have been used for cutting tool paths. The developed computer program has been written in Visual Basic 6.0 language. The program has been supported by cutting tool and material data bases prepared in Access 7.0.

Key Words: CNC, Lathe, Post Processor

1. GİRİŞ

Günümüzde, sanayide gittikçe artan sayıda kullanılan CNC tezgâhları, üretime esneklik, parça başına düşük maliyet, istenilen tolerans ve kalitede parça üretimi gibi konularda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İmalatın ana hedefi, en kısa zamanda, en az üretim maliyeti (hammadde, elektrik, işçilik giderleri, v.b.) ile tüketicinin beklediği kalitede üretimi gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda NC ve daha sonra, CNC tezgâhları imalat sektörüne girmiştir. Gelişen imalat yöntemleri doğrultusunda, 90'lı yılların başından itibaren, ülkemiz, orta ve büyük ölçekli üretim atölyelerinde CNC tezgâhları, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bilgisayarlı tezgâhların hızla artması, alternatif CNC programlama konularında çalışmalarını hızlandırmıştır. Bu gelişmeler neticesinde, tezgâh üreticileri de farklı işleme yöntemlerini kullanmaya başlamışlardır. Programcılık ve bilgisayar sektöründeki gelişmeler, daha kapsamlı CAD/CAM programlarının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca tezgâh üreticileri, işgücü kaybını en aza indirmek, programlama maliyetlerini düşürmek amacı ile birçok basit işleme tezgâh üzerinde, yardımcı programlara gerek kalmadan işleyebilecek özel programlar geliştirmeyi başarmışlardır. Karmaşık iş parçalarının üretilmesi amacı ile geliştirilen bilgisayar programları, karmaşık profil ve yüzeylerin tasarlanmasında oldukça etkin olmalarına karşın, yüksek tasarım ve imalat bilgisi gerektirmektedir. Özellikle seri üretim şartlarında ilk tasarım ve kullanım maliyetleri yüksek olan bu programlara alternatif olarak, basit yöntemler ile, iş parçası üretim metodlarını belirleyen ve CNC parça programı oluşturan programlar, zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadırlar. Bir dizi matematiksel ifade ve belirli özelliklerin kullanılması ile CNC tezgâhı için gerekli iş parçası üretim kodları oluşturulması mümkündür. Bu tür yöntemleri özellikle tezgâh üreticileri "DIALOG YÖNTEMİ" veya "İTERAKTİF PROGRAMLAMA" yöntemleri adı altında tezgâh işletim sistemlerinde kullanılmaktadırlar.

Bilgisayar sektöründeki gelişmeden yararlanan sayısal kontrol üniteleri, talaşlı üretimde, takım tezgâhlarının üretim kalitesini ve etkinliğini yeni bir teknolojik düzeye çıkartmıştır.

Bilgisayar teknolojisi ve NC teknolojisindeki bu gelişmeler doğrultusunda önceleri her ülke kendi standardını ve teknolojik düzeyini oluşturmaya çalışmıştır. Bununla beraber NC teknolojisinde de tasarım ve imalat aşamasında insan faktörü en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Günümüz dünyasında hem tasarım hem de imalat sektöründe insan faktörü oldukça azaltılmıştır.

Bununla beraber teknolojiler arasında etkileşimin olması, dünyanın globalleşme süreci ayrıca bilimin, teknolojinin evrensel oluşu tüm bu çalışmaların ortak bir noktaya ve standarda gidişi yönündeki çalışmaları zorunlu kılmıştır. Geçtiğimiz yıllar içerisinde veri transferleri ve ortak veri kullanımı, insan faktörünün tasarım ve imalatın her safhasında en aza indirilmesi ve yapay zekânın geliştirilmesi konularında oldukça önemli gelişmeler yaşanmıştır. Ancak hala önümüzde uzunca bir yolun olduğu da aşikârdır [1].

Şüphesiz teknoloji açısından ortak dillerin kullanılması oldukça önemlidir ve yapılan her çalışma bu yöne hizmet edecek yönde olmalıdır. Geçen süre zarfında tasarım alanında ortak bazı çalışmalar yapılmış ve veri transferinde DXF, STEP, SAT ve IGES vb. formatlar kullanılmıştır. Bu veri transfer formatları yardımı ile bir CAD programında tasarlanan parça modeli diğer programlara aktarılabilir. Bu konudaki çalışmalar da devam etmektedir [2].

Diğer önemli bir hususta teknolojik alanda insan faktörünün en aza indirilerek hata yapma olasılığının minimize edilmesi gereğidir. Belirli işlem planlamaların ve yapay zekâ çalışmalarının bu amacı gerçekleştirme hususunda oldukça katkıları olmuştur. Bilgisayar teknolojisinde unsur tanımlanma gereksinimi ve mantıksal ilişkilerin sağlanması gerekliliği, yapay zekâ çalışmalarını ve bununla birlikte unsur, değişken vb. hususları ön plana çıkarmıştır [3-6].

CNC teknolojisinde insan faktörünün azaltılması ve üretimde kalitenin artırılması, işlem planlama, yapay zekâ ve unsur tanımlama, ortak veri transferi konularındaki çalışmalara büyük önem kazandırmaktadır [7].

Tüm bunların yapılabilmesi için öncelikle, ortak veri transfer biçimlerinin oluşturulması, işleme operasyonlarının otomatikleştirilmesi ve bunların optimizasyonu, kesme parametreleri arasında gerekli ilişkilendirmelerin ve imalat kriterlerinin kontrolünde, insan faktörünün en aza indirilmesi gerekir [8].

Tüm bu karmaşık işlemlerin belirli bir hiyerarşik düzen içinde düzenlenmesi ve gerekli planlamanın yapılması verimlilik açısından oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir. Bunun için işlem planlama endüstride oldukça önemli bir konuma gelmiştir. İşlem planlama, belirlenen bir ihtiyacın hammaddeden, tasarlanmış ürün haline dönüşümüne kadar birçok işlem basamaklarını bünyesinde bulundurur. Son yıllarda Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli İşlem Planlama (BDİP) entegrasyonu için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

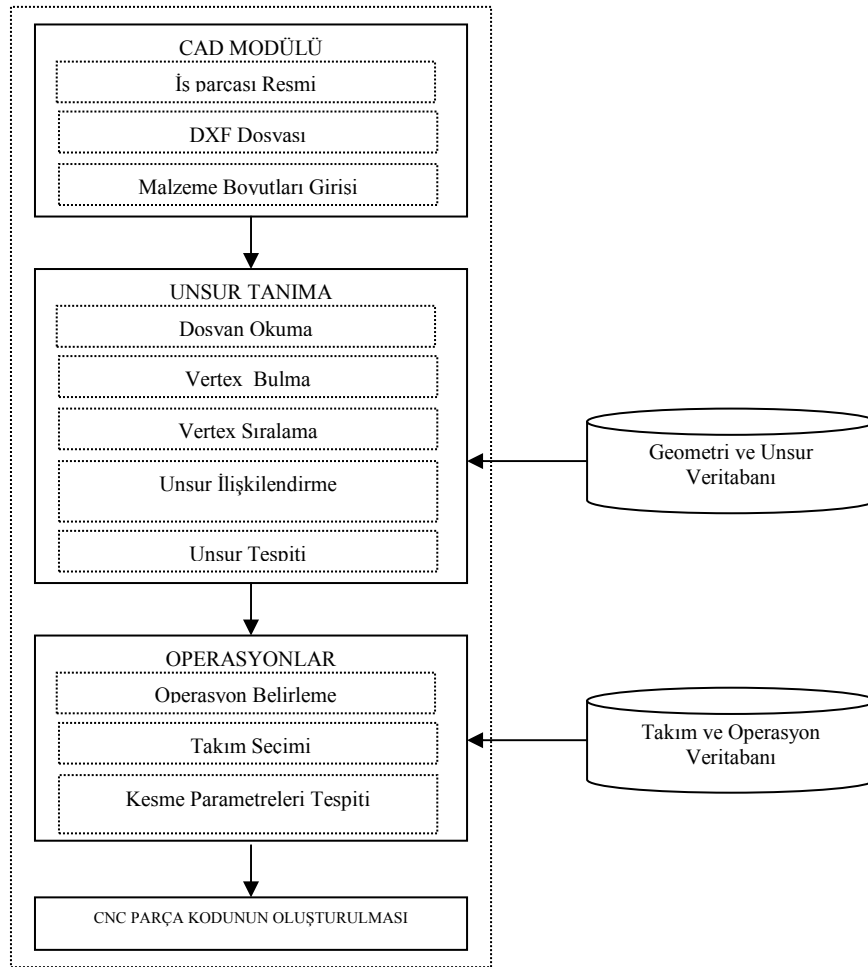
Çalışmalar genel olarak parça tasarım modelinden geometrik veya geometrik olmayan bilgilerin otomatik olarak elde edilmesi ve işlem planlaması adımlarının belirlenmesi ve BDT ve BDİP bütünleşmesini sağlamaya yöneliktir.

İşlem planının üretim modelinin yorumlanması, takım tezgâhlarının seçimi, takım setlerinin seçimi, tezgah operasyonunun seçimi, kesici takımlarının seçimi, bağlama ve delme kalıplarının seçimi, kesme şartlarının hesaplanması ve belirlenmesi, takım yolunun hesaplanması, Bilgisayarlı Sayısal Denetimli (BSD) tezgahlar için parça programının oluşturulmasını içermektedir [9].

2. PROGRAM AKIŞ DİYAGRAMI

Programın genel yapısı şekil 1'deki algorithmada özetlenmiş olup, sistem dört ayrı modülden oluşmaktadır.

İlk modülde sisteme herhangi bir CAD ortamında çizilmiş 2 boyutlu dönel iş parçasının DXF veri formatı girdi olarak verilmektedir. Ayrıca bu modül içerisinde parçanın imalatı için gerekli ham malzeme boyutları da girilir. Sistem istenirse parçanın dökümden çıkmış veya daha önceden belli bir talaş payıyla işlenmiş ham malzeme boyutlarını da tanımaya elverişli seçenekler vermektedir. Unsur tanıma modülünde DXF veri dosyası okunarak bu dosyadaki veriler yorumlanır ve unsur verileri köşe noktalarından sıralanarak unsurlar arasındaki ilişkiler mantıksal döngüler yardımıyla incelenerek her unsurun ait olduğu operasyon türü belirlenir. Bu operasyonlar içerisinde kesme operasyonu kullanıcı tarafından seçilmiş olup diğer tüm operasyonlar ise mantıksal döngülerle belirlenmiştir. Operasyonlar modülünde, tanınan unsurların ait olduğu operasyonlara ait kesme parametreleri ve kesici tipleri girilmektedir. Bu modül içerisinde sistem, delik unsuru bulunduğunda kılavuz çekme operasyonu tercihini kullanıcıdan onaylamasını uyarı yoluyla istemekte ve onay verildiğinde bu operasyonu yapmaktadır. Bu modül içerisinde ayrıca kesme takımının uzunluğunun kesme unsuru boyundan kısa olması, vida boyunun kılavuz boyundan uzun olması, matkap helis uzunluğunun delik delme olarak tanınmış unsur boyundan kısa olması, kanal kalemi genişliğinin kanal işleme unsurunun genişliğinden daha büyük olması gibi yanlış mantıksal girişleri de uyarı yoluyla kullanıcı tarafından düzeltilmesini istemektedir. Tüm bu parametreler işlenerek iş parçasının işlenmesi için gerekli CNC kodu türetilmektedir.

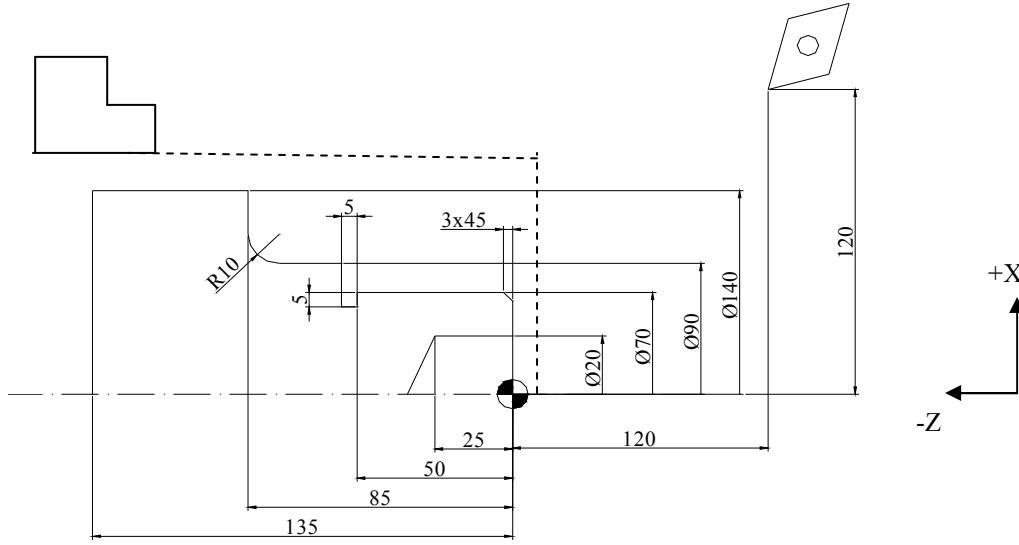


Şekil 1. Programın genel yapısı

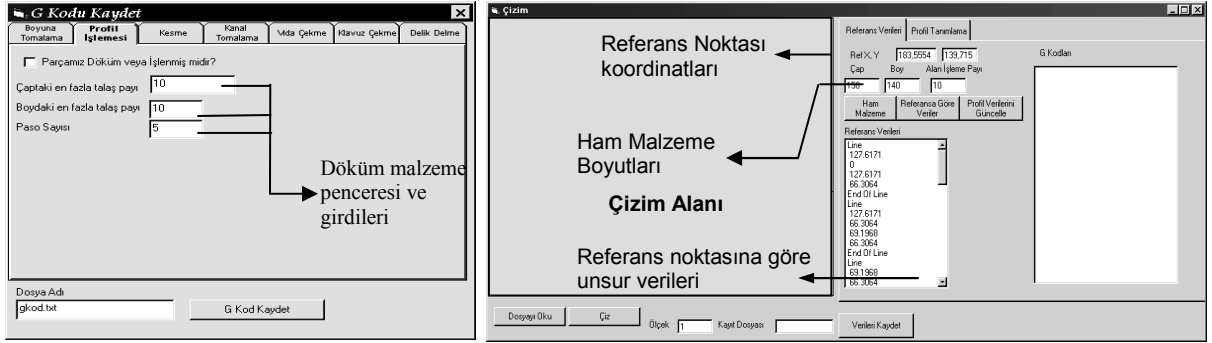
3. OPERASYON TANIMLANMASI VE KESME PARAMETRELERİ GİRİŞİ

Geliştirilen program yedi ayrı operasyon tipinde işleme yapmaktadır. Bunlar; boyuna tornalama, profil tornalama, kanal tornalama, kesme, kılavuz çekme, vida çekme ve delik delme operasyonlarıdır. Unsur tanımlamaları yapıldıktan sonra operasyon tiplerine geçilir. Tüm operasyon başlangıç koordinatları otomatik olarak tespit edilmektedir. Her operasyon sonunda kesici park pozisyonuna alınmaktadır. Park pozisyonu olarak X=120 Z=120 noktası alınmıştır (Şekil 2). Program başlangıcında soğutma sıvısı açılmakta, kesici park pozisyonuna konumlandırılmaktadır. Program sonunda ise soğutma sıvısı kapatılmakta, tezgâh fener mili durdurulmakta ve program verilen komutla (M30 ve M02) sonlandırılmaktadır.

Profil tornalama operasyonu dökümden çıkmış parçalar, dövme işlemi uygulanmış parçalar ve başka tezgâhlarda işlenmiş parçaların işlenmesi için kullanılır. Programın bu işlemi gerçekleştirebilmesi için profil tornalama penceresinde (Şekil 3) gösterilen "Parça döküm veya işlenmiş midir" kutucuğunun seçilmiş olması gerekmektedir. Bu seçenek işaretlendikten sonra pencerede bulunan diğer parametreler girilir. Parça dosyası okunduktan sonra ham malzeme boyutları ve referans noktası giriş kısımları bulunan program arayüzü ekrana gelir (Şekil 3).

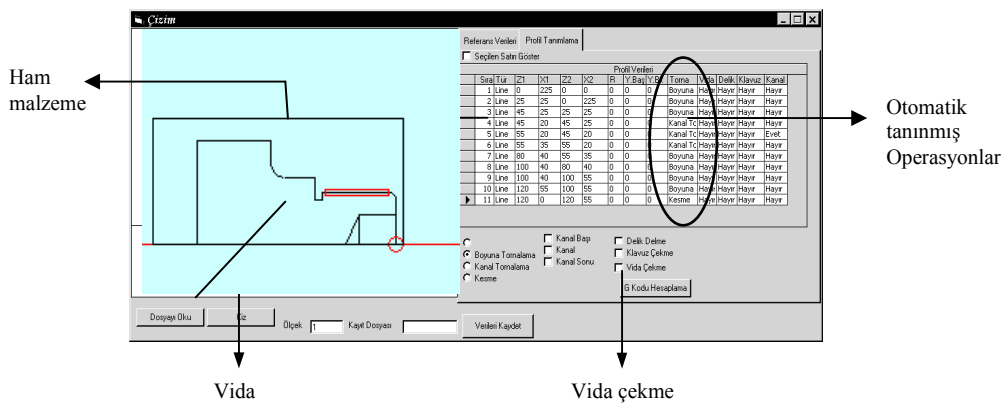


Şekil 2. Örnek parça, işleme unsurları ve kesici pozisyonu



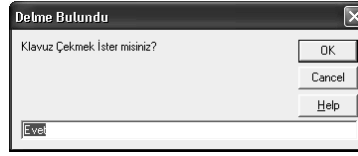
Şekil 3. Döküm malzeme girişi ve program arayüzü

CAD programlarında belirtilen şartlara uyularak çizilen parça resmi okunduktan sonra ekranda ham malzeme boyutları girilerek parça bilgisinin okunması ve yorumlanması safhasında parça unsurlarına ait tüm operasyonlar Şekil 4'te görüldüğü gibi otomatik olarak türetilir (kesme ve vida operasyonu hariç).



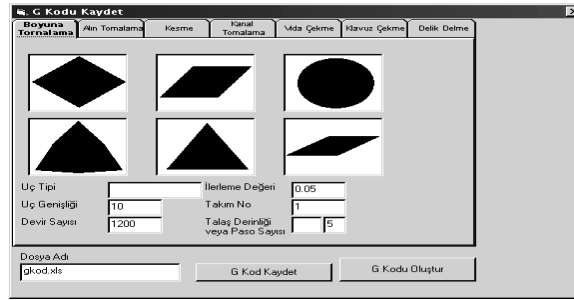
Şekil 4. Parça resmi unsurlara ait tüm operasyonlar

Tüm unsurlar otomatik olarak program tarafından algılandıktan sonra parça resminde delik unsuru bulunduğu takdirde, bulunan bu delik unsuruna klavuz çekme işlemi uygulanıp uygulanmayacağı sorulur (Şekil 5).



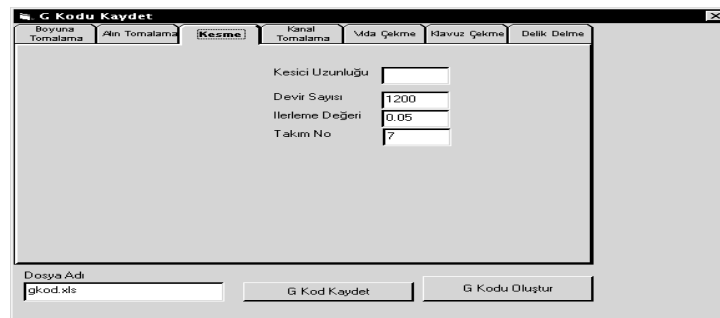
Şekil 5. Klavuz çekme operasyonu tanımlaması

Unsur tanımlama algılamaları bittikten sonra kesme parametrelerinin girilmesi işlemine başlanır. Her operasyon için ayrı bir pencere açılarak veri girişine imkân sağlanır. Program arayüzünde "G kodu hesapla" butonu ile unsur tanımlamalarından kesme parametreleri giriş işlemi başlatılmış olur. Ekranı ilk olarak boyuna tornalama kesme parametreleri penceresi gelir (Şekil 6). Her operasyona ait kesme parametrelerine giriş için pencere üzerinde bulunan operasyon komutları seçilmelidir. Program seçilen resme göre takım numarası atar. İlerleme, değeri girişi, devir sayısı ve paso sayısı manüel olarak girilebilir.



Şekil 6. Boyuna tornalama operasyon penceresi

Boyuna tornalama kesme parametreleri girildikten sonra kesme operasyonu parametreleri penceresine geçilir (Şekil 7).



Şekil 7. Kesme parametreleri penceresi

Kesme parametreleri penceresinde kesme operasyonuna ait kesici uzunluğu, devir sayısı, ilerleme değeri ve kesme operasyonda kullanılacak takım numarası girilir. Burada kesici uzunluğu olarak girilen değer unsur tablosunda kesme olarak tanımlanan unsur uzunluğundan

kısa olması durumunda program kullanıcıyı uyaracaktır. Tüm bu işlemlerden sonra kanal tornalama operasyon penceresine geçilir (Şekil 8).

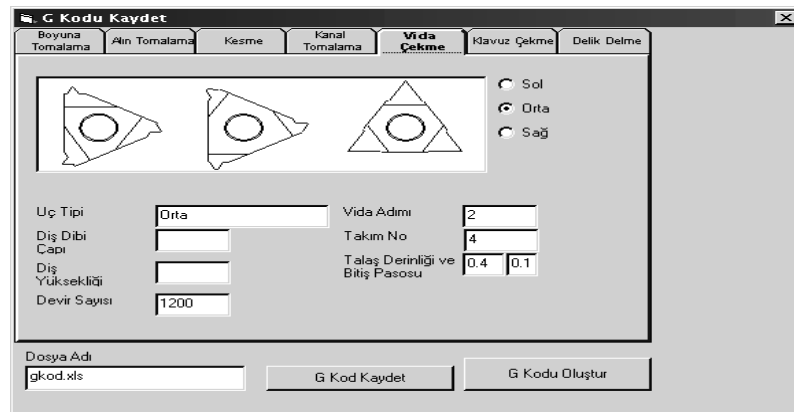


Şekil 8. Kanal tornalama kesme operasyon penceresi

Kanal tornalama menüsünde (Şekil 8), kanal kalemı uç genişliği, kanal işlemedeki devir sayısı, ilerleme değeri, kesici takım numarası ve paso sayısı gibi kesme parametreleri belirlenir. Kesici uç genişliğinin parça resmindeki kanal unsuru olarak tanımlanan unsur genişliğinden büyük seçilmesi durumunda program kullanıcıyı "bu kesici ile bu kanal işlenemez" şeklinde uyararak bu değeri değiştirmesini isteyecektir.

Kesme parametreleri girişlerinde parçada bulunan unsurlara göre girişler yapılmalıdır. Program sadece tanıdığı unsurlara ait kesme parametreleri pencerelerindeki girilen değerleri tanıyacak, diğer pencerelerde değer girilmişse dahi bunlar dikkate alınmayacaktır.

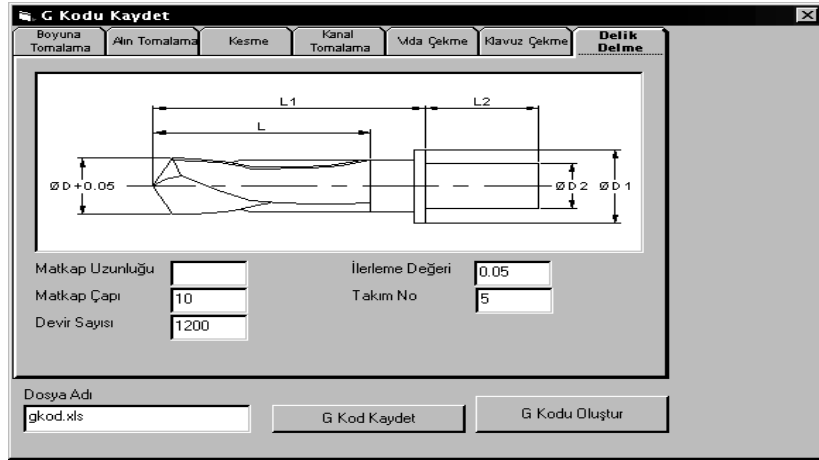
Parçada vida çekme işlemleri gerçekteştirilmesi durumunda "vida çekme" komutu seçilerek vida çekme penceresine geçilir. Unsur koordinat değerleri, program tarafından okutulurken vida çekme işlemleri gerçekteştirilir. Bu operasyonla ilgili değerler vida çekme operasyonu penceresinde girilmektedir (Şekil 9). Bu pencerede "vida adımı" yazılan kutucuğa girilen değerle "vida diş dibi çapı" ve " vida diş yüksekliği otomatik olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 9. Vida çekme operasyonu penceresi

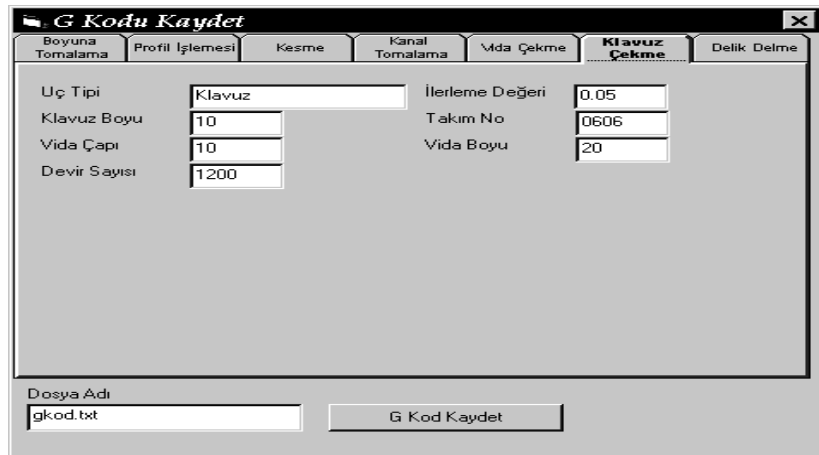
Delme operasyonunda; delik delme operasyonunun yapılması için kesici, otomatik olarak $X=0$ ve Z değeri olarak delme unsurunun 6 mm, dişında kalacak şekilde konumlandırılır. Daha sonra delme döngüsü ile delme işlemleri gerçekteştirilir. Delme operasyonu penceresinde belirtilen matkap uzunluğu ve diğer parametreler bu pencerede bulunan ilgili yerlere girilir (Şekil 10).

Delme operasyonunda matkap uzunluğunun delme unsurunun boyundan kısa olması durumunda kullanıcı mesajı ile uyarılmaktadır.



Şekil 10. Delik delme operasyonu penceresi

Delik delme operasyonu yapıldıktan sonra program başlangıcında klavuz çekme operasyonu onaylanmışsa, otomatik olarak klavuz çekilir. Delme operasyonu başlangıç noktasına, klavuz konumlandırılır ve klavuz çekme penceresinde (Şekil 11), girilen vida boyu kadar ilerleyerek klavuz çekme operasyonu tamamlanır. Bu pencerede girilen klavuz boyunun delme unsuru boyundan kısa olması durumunda kullanıcı uyarılmaktadır. Klavuz çekme ile ilgili parametreler bu penceredeki ilgili yerlere girilir.



Şekil 11. Klavuz çekme operasyon penceresi

Aşağıda örnek olarak yapılmış bir parçaya ait programın türettiği NC kodları Çizelge 1. de verilmiştir. NC kodları Fanuc programlama diline göre türetilmiştir.

Çizelge 1. Türetilen örnek parça için NC kodları

N10 G54 N20 T0101 N30 G00 X80 Z50 N40 M08 N50 M03 S800 N60 G00 X 180 Z 10 N70 G71 U 2.5 R3 N80 G71 P90 Q 180 U1 W1 F0.2 N90 G01 X0 Z 10 F0.2 N100 G01 X0 Z0 F0.2 N110 G01 X 64 Z 0 F0.2 N120 G01 X 70 Z-3 F0.2 N130 G01 X 70 Z-55 F0.2 N140 G01 X 90 Z-55 F0.2 N150 G01 X 90 Z-75 F0.2 N160 G02 X 110 Z-85 R 10 F0.2 N170 G01 X 140 Z-85 F0.2	N180 G01 X 140 Z-135 F0.2 N190 M03 S 1200 N200 G70 P90 Q 180 N210 G00 X80 Z50 N220 T0303 N230 G00 X 74 Z-50 N240 G75 R1 N250 G75 X 60 Z-55 P2 Q 2 R1 F0.1 N260 G00 X80 Z50 N270 T0404 N280 M03 S600 N290 G00 X 70 Z 2 N300 G76 P051060 Q0.4 R0.2 N310 G76 X 67.4 Z-50 P 1.3 Q0.4 F2 N320 G00 X80 Z50 N330 T0505 N340 M03 S300 N350 G00 X0 Z10	N360 G83 X0 Z-30 R5 Q6 P3000 F0.2 N370 G00 X80 Z50 N380 M03 S400 N390 T0606 N400 G00 X0 Z5 N410 G01 X0 Z-20 F0.1 N420 G00 X80 Z50 N430 M03 S800 N440 T0707 N450 G00 X 172 Z-135 N460 G01 X0 Z-135 F0.05 N470 G00 X80 Z50 N480 M05 N490 M09 N500 M30 N510 M02
---	--	---

4. SONUÇ

Oluşturulan çizim modülü sayesinde CAD sistemlerinde oluşturulmuş DXF uzantılı bir çizim otomatik olarak okunmakta ve ekrana getirilmektedir. Çizim modülü ham malzeme boyutları girilebilmekte ve bu boyutlar ekrandan görülebilmektedir. CAD sistemlerinde oluşturulan şekil hangi ebatlarda çizilirse çizilsin çizimi ekrana yansıtılabilmektedir. Bunu çizim modülüne konulan "ölçek" sayesinde yapmaktadır. Çizim ekrana ölçek katsayısıyla gelmekte ve hesaplamalar gerçek ölçülerinden yapılabilmektedir. Referans değer otomatik olarak belirlenmektedir. Oluşturulan referans noktaya göre de tüm çizim öğelerinin çizim değerleri (başlangıç ve bitiş noktaları, yarıçap merkez noktaları vb.) oluşturulabilmekte ve tüm işlemler bu yeni değerler üzerinden oluşturulmaktadır. Oluşturulan tüm veriler alt dosyalar olarak saklandığından kullanıcı daha sonra bu verileri kullanabilmektedir. Program, kullanıcı etkileşimli olup herhangi bir kişi tarafından özelleştirilebilme yeteneğine sahiptir. G kodlarının çıkarıldığı dosya, işlem kartı olarak işlem planlama için kullanılabilir. Tüm değerler sütunlar halinde bölümlendirildiğinden istenildiğinde dosyalar içindeki herhangi bir veriye ulaşılabilme ve verinin alınabilme imkanı sunulmaktadır. Program otomatik unsur tanıma özelliğine sahiptir. Kesme, delik, kanal işleme ve delme parametreleri girilirken değerlerin otomatik olarak tanınmış unsur değerlerine uygun olmadığında kullanıcı uyarılmaktadır.

Bu çalışma tasarım özelliğinin yanısıra uygulamaya yönelik olduğundan kullanıcılara büyük avantajlar sağlamaktadır. Çalışma tasarım programlarına yönelik iki boyutlu çizim hususunda bağımlılığı kaldırmış ve kullanıcıya serbestlik tanımıştır.

5. ÖNERİLER

Dosya formatlarının tümünü okuyabilen herhangi bir çizim modülü oluşturulabilir. Programda başka programlama dilleri kullanılarak esneklik sağlanabilir. Bunun için ekranda seçme yapabilmeye imkân veren programların kullanılması daha faydalı olabilir. Programdaki takım listeleri daha da genişletilerek kodlama veya kataloglaştırma yönüne gidilebilir. Malzeme seçimi yapılarak değerler formülasyon yoluyla elde edilecek hale getirilebilir. Program sadece tornalama kısmını içermektedir. Benzer şekilde oluşturulan ve frezeleme modülü [10], hidrolik modülü [11], pnömatik devre tasarım modülü [12] ayrı ayrı oluşturulmuştur. Bu modüllerin birleştirilmesi çalışması ise devam etmektedir.

6. KAYNAKÇA

- [1] TEKİNER, Z., KORKUT, İ., "IGES Veri Yapısı Kullanılarak Dönel Parçalarda İşlem Planlama", *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, Vol. 3 (5), 232-241, 2000
- [2] CHEN, Y.D., Nİ, J., WU, S.M., "Real-Time CNC Tool Path Generation for Machining IGES Surfaces", *Transactions of ASME*, Vol. 115, 480-486, 1993
- [3] SATYANARAYANA, B. And et al., "Interactive Programming System for Milling Contours and Pockets", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 5 (3), 188-213, 1990
- [4] MEİ, J., ZHANG, H., OLDHAM, W., "Neural Network Approach for Datum Selection in Computer-Aided Process Planning", *Computers in Industry*, Vol. 27 (1), 53-64, 1995
- [5] ASLAN, E., "İki Eksenli CNC Torna Tezgahları İçin İşlem Planlaması", Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1992
- [6] SUBRAHMANYAM, W., SOMASHAKER, M., "Overview of Automatic Recognition Techniques for Computer Aided Process Planning", *Computers in Industry*, Vol. 26 (1), 1-21, 1995
- [7] TEKİNER, Z., "Bağlama Kalıplarında Bilgisayar Destekli Kuvvet Analizi Ve Kalıplama Elemanlarının Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1995
- [8] SHEU, J.J., "Computer Integrated Manufacturing System for Rotational Parts", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 11 (6), 534-547, 1998
- [9] ELDEM, C., "Dönel Geometrik Unsurlarla Parça Modelleme ve CNC Kodu Türetme", Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2001
- [10] DONERTAŞ M. ALİ, KÜÇÜK Y., YILDIZ Y., KORKUT İ., "Dik İşleme Merkezi İçin Bilgisayar Destekli Kullanıcı Etkileşimli CNC Parça Programı Tasarımı", *Pamukkale Ü. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol. 11 (3), 232-241, 2005
- [11] TURGUT Y., KORKUT İ., "Sabit Yük ve Sürekli Rejimde Çalışan Pnömatik Sistemler İçin Etkileşimli Devre Tasarımı", *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, Vol. 1 (5), 35-41, 2003
- [12] TURGUT Y., KORKUT İ., "Çift Etkili Silindirli Bilgisayar Destekli Pnömatik Devre Tasarımı", *II.Makine Malzemesi ve İmalat Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Sayfa:732-741, 2001, Celal Bayer Ü.