Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.
Cilt 21, No 3, 553-565, 2006

J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.
Vol 21, No 3, 553-565, 2006

KLASİK BİR TORNA TEZGAHI İÇİN BİLGİSAYAR KONTROLLU PROFİL TORNALAMA SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Ömer KELEŞ, Yusuf USTA, Y. Yücel YEŞİLBAĞ ve Yücel ERCAN*
Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,Gazi Üniversitesi, Maltepe 06570, Ankara,
omer@gazi.edu.tr, uyusuf@gazi.edu.tr, yyyesilbag@yahoo.com
* Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara,
vercan@etu.edu.tr

(Geliş/Received: 15.08.2005; Kabul/Accepted: 14.12.2005)

ÖZET

Bu çalışmada, klasik bir torna tezgahında istenilen karmaşık profili işleyebilmek için hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu bir düzenek ve bilgisayar programı geliştirilmiştir. Hidrolik silindir, servovalf, servo yükseltici, açısal enkoder, konum okuyucu, 2 adet lineer cetvel, bilgisayar, veri toplama ve kontrol kartından oluşan sistem TEZSAN MAS165 tipi üniversal tornaya monte edilmiştir. Hidrolik silindir ve lineer rulmanlı kızaktan oluşan mekanizmaya tespit edilen kesici kalem, tornanın siperi sökülerek arabasına yerleştirilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programı ile istenen profil kolaylıkla hazırlanarak, sisteme referans giriş olarak verilmektedir. Program aynı zamanda istenilen profilin kontrollu bir şekilde tornada işlenmesini de gerçekleştirmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar, klasik bir torna tezgahı için geliştirilen bu sistemin istenilen karmaşık profilleri başarılı bir şekilde işleyebildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Profil tornalama, sayısal kontrol, hidrolik pozisyon kontrolu.

DESIGN AND TESTING OF A HYDRAULIC POSITION CONTROL SYSTEM FOR PROFILE TURNING ON A CONVENTIONAL LATHE

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a computer-controlled, hydraulically actuated system and computer program for profile turning by using conventional lathes. The system which consists of a computer, a data acquisition and control board, a hydraulic cylinder, a servovalve, a servoamplifier, an encoder and two position transducers is mounted on a TEZSAN MAS165 model universal lathe. A base block which carries the hydraulic cylinder, transducer, servovalve and the cutting tool block mounted on a balled slide bearing is placed on the carriage. Desired profile is prepared with a computer program easily and is given to the system as a reference input. The program also operates the system. Experiments have shown that the system can process complex profiles on a universal lathe successfully.

Keywords: Profile turning, digital control, hydraulic position control.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Klasik torna tezgahlarında iki eksenin aynı anda otomatik olarak hareketi mümkün değildir. Bu sebeple silindirik olmayan geometrilerin elde edilmesi hemen hemen imkansızdır. Klasik tezgahlarda torna siperine açı vermek suretiyle sınırlı konik yüzeyler elde edilebilmektedir. Ancak, bu işlemede tezgah operatörünün kabiliyeti yüzey kalitesini belirlemektedir. Günümüzde karmaşık geometrili parçaları işleyebilmek için CNC tezgahları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Başta içten yanmalı motorların piston etekleri ve bazı takım tutucuların şaftları gibi oval kesitli parçaların üretimi için özel tezgahlar kullanılmaktadır [1-4]. Bunlar ise özel tezgahlar olduklarından fiyatları oldukça yüksektir. Bu çalışma ile konvansiyonel bir

torna tezgahına karmaşık ve oval profilleri işleyebilme kabiliyeti kazandırarak daha ekonomik çözümler üretilmesi hedeflenmiştir.

Daha önce yapılan bir çalışmada [5] sadece silindirik yüzeyde ovallik elde edebilen bir mekanizma geliştirilmiştir. Ancak bu sistem sadece piston eteğinin imalatında kullanılabilmektedir. Değişken çaplı oval geometrileri ve karmaşık profilleri işleyebilme özelliğine sahip değildir.

Bu çalışmanın amacı, bir konvansiyonel torna tezgahında istenilen karmaşık profili işleyebilmek için hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu bir düzenek ve bilgisayar programı geliştirmektir.

Kontrol işleminin bilgisayarda yapılması bir çok avantaj sağlamaktadır ve bugün bir çok alanda yerini almıştır. Uzay teknolojisinden robotlara kadar değişik tasarımlar incelendiğinde mutlaka sayısal bir kontrol sistemine rastlanmaktadır. Her uygulamada bilgisayar kullanmak mümkün olmadığı için, oldukça küçük ama fonksiyonel mikroişlemciler sıklıkla kullanılmaktadır.

2. TASARIM (DESIGN)

Profil tornalama sistemi hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu olarak tasarlanmıştır. Sistemin genel yapısı Şekil 1'de verildiği gibidir.

Sistemin çalışması kısaca şöyledir: Tornanın fener miline bağlanan enkoder yardımıyla aynanın açısal konumu ve arabasına takılan lineer cetvel ile arabanın z eksenindeki konumu okunmaktadır. Bu konumlara karşılık gelen profilin referans konumu (x eksenindeki) bilgisayar hafızasından çağrılmakta ve kesme takımı konumunu ölçen transduserden (lineer cetvel) gelen sinyalle karşılaştırılmaktadır. Görülen hata kontrol işlemine tabi tutularak bir düzeltme sinyali hazırlanmakta ve servo yükselticiye kontrol sinyali ulaştırılmaktadır. Bu sinyal ile servo-yükseltici çıkışında servovalfı tahrik edecek bir akım oluşturulmakta ve servovalfa bağlı hidrolik silindir ile kesme takımının konumunun değişmesi sağlanmaktadır. Ölçme ve kontrol işlemleri bilgisayar tarafından gerçekleştirildiğinden, sistem, sayısal kontrollu bir sistem olarak adlandırılmaktadır.

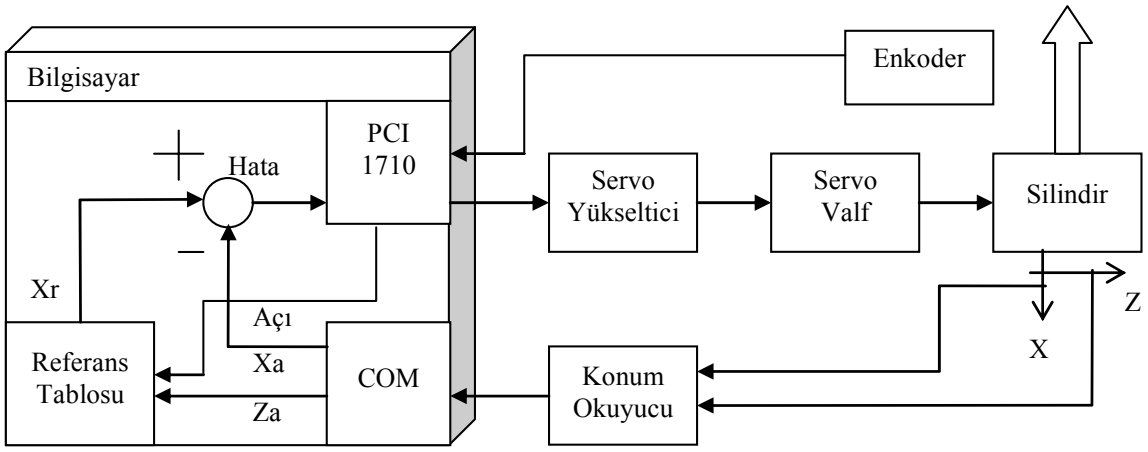
Bu çalışmada kurulan sistemle ilgili olarak herhangi bir teorik analiz yapılmamıştır. Ancak daha önce yürütülen tez çalışmalarında [6,7], bu çalışmada kullanılan elemanların bir kısmı kullanılarak teorik analizler yapıldığından, bu çalışmada gerekli olan hızların sağlanabileceği kanaatine varılmış ve bu doğrultuda, laboratuarda bulunan cihazlar kullanılmıştır. Sistemde kullanılan ekipmanlar ve özellikleri aşağıda incelenmiştir.

2.1. Enkoder (Encoder)

Kullanıcı oval kesitli bir profil işlemek istediğinde, kater referans konumunun belirlenmesi için araba konumuna ek olarak, aynanın açısal konumunun da ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla sistemde Heidenhein marka ROC412 model TTL tipi bir enkoder kullanılmıştır. Enkoderin çıkış sinyali "gray code" şeklinde ve 12 bit olup, bilgisayar yardımıyla bu kodlara karşılık gelen açısal değerler bulunmaktadır. Bilgisayara bağlı veri toplama ve kontrol kartı iki ayrı 8 bitlik sayısal giriş kanalına sahip olduğundan ve bu kanalları iki grup halinde peşpeşe okuyabildiğinden, enkoderin 8 bitlik kısmı kullanılmıştır. Böylece fener milinin bir turu 256 aralığa bölünerek konum kontrolu sağlanmıştır. Enkoderin TTL türündeki bilgi verme yapısı ve gray code üretme özelliğinden dolayı açısal konum okuma kabiliyeti yüksek hızlarda bile oldukça güvenli olmaktadır. Deneyler sırasında yanlış açısal konum bilgisine hiç rastlanmamıştır. Enkoderin torna tezgahı üzerindeki görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.

2.2. Bilgisayar ve Veri Toplama ve Kontrol Kartı (Computer and Data Acquisition Card)

Deneylerde kullanılan bilgisayar Pentium III 866 MHz işlemciye sahip bir bilgisayardır. Bilgisayara ADVANTECH marka, PCI-1710HG modelinde bir



Şekil 1. Kontrol sistemin genel şeması (General diagram of the control system)



Şekil 2. Enkoderin tornadaki konumu (Position of encoder on lathe)

veri toplama ve kontrol kartı takılmıştır. Kartta 12 bitlik 16 analog giriş ve 8 bitlik 2 adet sayısal giriş (toplam 16 adet bir bitlik sayısal giriş) kanalı bulunmaktadır. Kartta çıkışlar ise 12 bitlik 2 analog ve 8 bitlik 2 sayısal olmak üzere toplam 18 kanal şeklindedir. Kartın analog sinyal okuma hızı 100kHz'dir. Sayısal giriş okuma hızı ise bilgisayardaki programın çalışma hızına bağlıdır.

Bu çalışmada kartın 8 bitlik sayısal giriş kanalları enkoderden bilgi okumak için ve 1 analog çıkış da kontrol sinyali için kullanılmıştır. Kartta bulunan analog çıkışlar ± gerilim vermek yerine 0 ve + yönde (maksimum 10 V) gerilim üretmektedir. Servovalfin ise ± yönlü akımla tahrik edilmesi gerektiğinden, bu olumsuzluğu çözmek amacı ile kontrol sinyalinin çıkışı 2,5 V'luk gerilime sahip bir güç kaynağından geçirilmiş ve böylece 0-5 V analog çıkış voltajına bir gerilim kaydırma uygulanmıştır. Bununla, kontrol sinyalinin ±2,5 V aralığında tutulması sağlanmıştır.

Sistemdeki torna arabasının ve kesici takımın konumunu ölçen lineer cetvellerden alınan sinyaller bilgisayarın COM portu kullanılarak okunmaktadır.

2.3. Servo yükseltici (Servoamplifier)

Sistemde kontrol sinyalini akıma dönüştürerek servovalfi tahrik eden MOOG marka bir servo-yükseltici kullanılmıştır. Servo yükselticinin maksimum çıkış akımı 50 mA'dir. Tranduserin beslenmesi için kullanılan gerilim servo-yükselticide bulunan sabit gerilimli çıkış kanallarından sağlanmıştır.

2.4. Servovalf ve Silindir Grubu (Servovalve and cylinder)

Sistemde kullanılan servovalf MOOG marka 931 modeldir. Valfin maksimum basınç düşüsü $\Delta p = 200$ bar, %100 akış için verilmesi gerekli elektrik akımı 13,25 mA ve bu basınç düşüsü, maksimum giriş akımı ve sıfır yük basıncı altında akış debisi 126 cm^3/s'dir [6].

Sistemde kullanılan silindir çift kollu olup, piston alanı ile kol kesit alanı arasındaki fark olan etki alanı 6.4 cm^2'dir. Silindirin stroğu 100 mm'dir.

2.5. Kesme Takımı Hareket Düzeneği (cutting tool block)

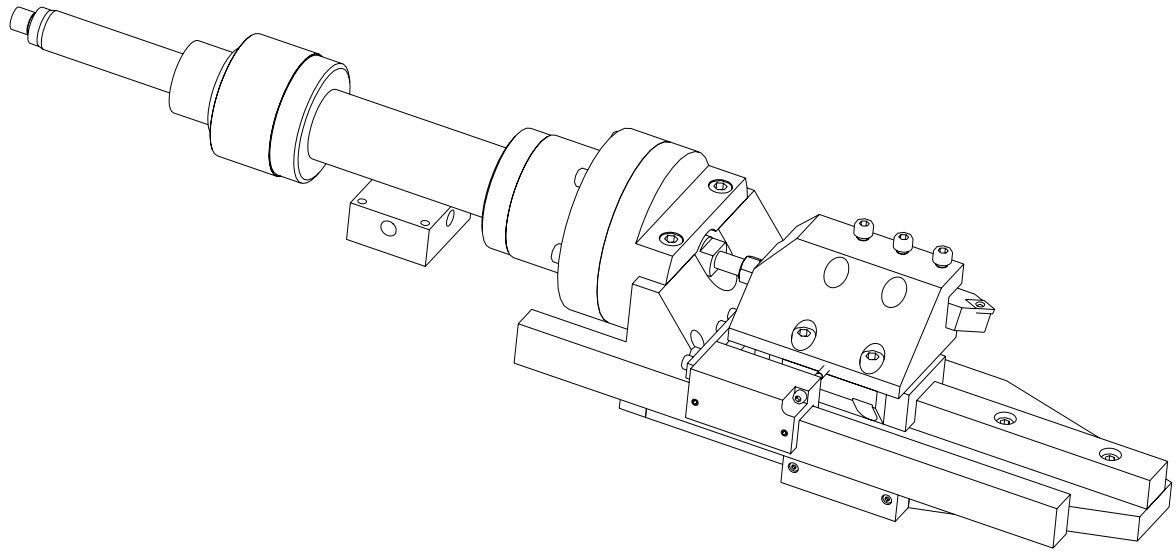
Profil tornalama sistemi, özellikle oval tornalama esnasında çok küçük kurslarda çalışacağından, kesme takımı konumunun tekrarlanabilme özelliği önem kazanmaktadır. Yani, sistem kızak ve ilerletme mekanizması boşluklarına son derece duyarlıdır. Bu ihtiyacı karşılamak için torna arabasının siperi sökülerek valf-silindir, lineer cetvel ve kesici takımın bir arada bulunduğu bir mekanizmanın tasarımı ve imalatı yapılmıştır (Şekil 3). Kesici takımın hareketi için, INA marka KUVE serisi 30'luk anma ölçüsüne sahip 4 sıra rulmanlı lineer kızak kullanılmıştır. Bu yataklar ön yükleme ile (yani sıfır boşluklu) montaj edildiklerinden ve sertlikleri de 63 HRC civarında olduğundan konum doğruluğu rahatlıkla sağlanabilmiştir. Hareket düzeneğinin tezgaha montaj edilmiş haldeki görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir.

2.6. Lineer Cetveller ve Konum Okuyucu (Linear encoders and position reader)

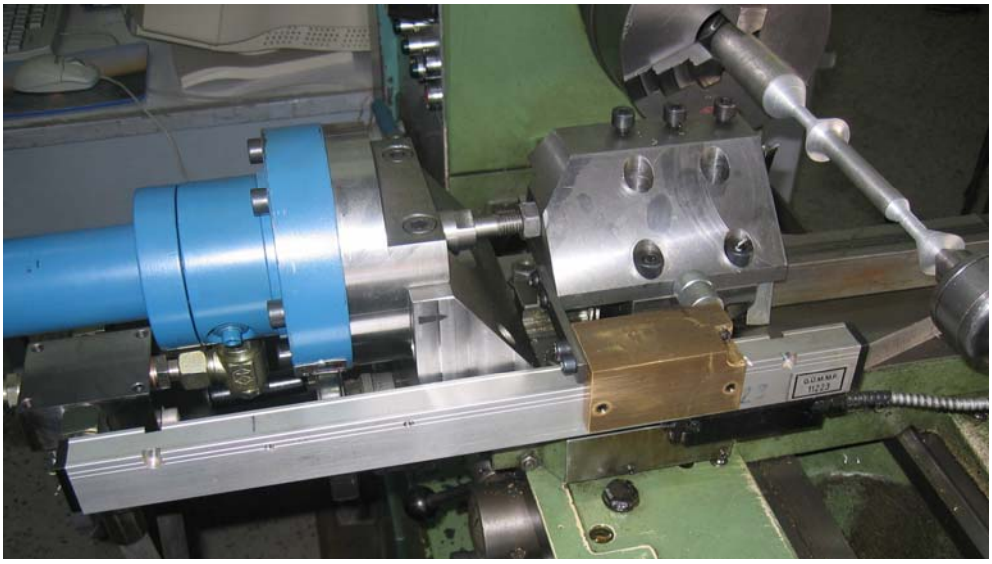
Sistemde torna arabasının ve kesme takımının konumunu ölçmek için transduser olarak EAE marka Mikronel serisi konum okuyucu ve 2 adet lineer cetvel kullanılmıştır. Lineer cetvellerin hassasiyetleri 0.005 mm'dir. Konum bilgisi okuyucu ekranından okunabilmektedir ve COM portu aracılığıyla bilgisayara aktarılmaktadır. Yapılan deneylerde iki eksenin aynı anda, saniyede yaklaşık 40 kez okunabildiği gözlenmiştir.

2.7. Torna Tezgahı (Lathe)

Profil işleme düzeneği TEZSAN marka MAS165 model torna tezgahına montaj edilmiştir. Tezgah 80 cm boyunda iş kapasitesine sahiptir. İş mili hızları dişli kutusu ile sağlanmakta ve 45, 78, 132, 225, 335,



Şekil 3. Servovalf, silindir, lineer cetvel ve kesme takımının torna tezgahına montajı (Servovalve, cylinder, linear encoder and cutting tool block)



Şekil 4. Hareket düzeneğinin tornaya yerleştirilmiş hali (Cutting tool block on lathe)

570, 960 ve 1620 d/dk olmak üzere 8 değişik hız bulunmaktadır. İşlenecek parçanın çap ayarı tezgahın arabasından yapılmaktadır. Hidrolik sistemi kapatıldığı zaman kalem mevcut pozisyonunda kalmakta, böylece aynı kesme takımıyla klasik tornalama yapmak mümkün olmaktadır. Torna ve sistemin genel görünüşü Şekil 5'de verilmiştir.

3. YAZILIM (SOFTWARE)

3.1. Bilgisayar Programının Genel Yapısı (General structure of software)

Program birkaç modülden oluşmaktadır. Bu modüller türlerine göre pencerenin menüsünde sıralanmışlardır. Aynı türdeki modüller arasında pencerenin alt kısmındaki ileri ve geri tuşlarıyla geçiş yapılabilir. Program ilk çalıştırıldığında, genel bilgilerin yazılı olduğu bir pencere açılır.

Parça işlemek için kullanılan dört modül, "Parça İşleme" menüsünün altındadır. Bu modüller, programda parça işlemek için gerekli olan dört adımın pencereleridir. Birinci adım, elde olan kullanılabilir kalemlerin seçimidir. Kullanıcı, programda kayıtlı kalemlerden hangilerinin kullanılmaya müsait olduğunu burada belirler. Kayıtlı kalemleri düzenlemek için kalem editörü kullanılır. İkinci adım profil seçimidir. Dosyadan profil yüklenebileceği gibi, profil editörüyle yeni bir profil de oluşturulabilir. Üçüncü adım, parçayı işlemede kullanılacak kalemin, işleme aşamasının seçildiği ve ham parça çapının belirlendiği adımdır. Dördüncü adım, parçanın işlendiği adımdır. İşleme parametreleri gerekiyorsa ayarlandıktan sonra, gerekli sayıda paso ile parça işlenir. Pencerenin bilgi bölümündeki değerler istenilirse bir yazı dosyasına kaydettirilebilir.

Sistemin testi için kullanılan üç adet pencere, testler menüsü altındadır. COM portu testi, konum



Şekil 5. Deney düzeneğinin genel görüntüsü (a view of experimental setup)

okuyucudan eksen değerlerinin okunmasını ve eksenlere değer yazılmasını kontrol etmek içindir. PCI kartı testinde, voltaj gönderilmesi ve 8-bit veya 12-bit analog/dijital veri okunması test edilebilir. Silindir kontrolü testinde, yapılan ayarlara göre, değişik kontrol tipleri ve katsayıları ile silindirin, penceredeki kaydırma çubuğu aracılığıyla konumunun kontrol edilmesi test edilir.

Yardım menüsünden programın başlangıç ekranına dönülebilir veya program bilgisi görüntülenebilir. Herhangi bir pencerenin herhangi bir bileşeninde yardım istendiğinde, pencerenin sağ üst köşesindeki soru işaretine, sonra da ilgili pencere bileşenine tıklandığında ya da o bileşen aktifken F1 tuşuna basıldığında, bilgi ve yardım metni içeren bir pencere çıkar.

Bu bilgisayar programının yapılmasında *Microsoft Visual Studio 6.0 Enterprise Edition* paket programındaki *Microsoft Visual C++ 6.0* derleyicisi kullanılmıştır. Program kodlaması MFC (Microsoft Foundation Class) tekniğiyle yapılmıştır. Bu yüzden, kullanılan bütün veri ve fonksiyonlar türemiş veya özgün sınıf yapıları şeklindedir. Sade veri yapıları yerine veri yapılarıyla fonksiyonların aynı kümede bulunduğu sınıf tekniğinin kullanılmasındaki amaç, karmaşık veri yapılarının işlenmesindeki zorlukları kaldırarak, sadece o veri sınıfının fonksiyonlarını kullanmak suretiyle, verilerin daha az karmaşık görünen kodlarla işlenmesini sağlamaktır.

3.2. Programın Kullanımı (Using the software)

Kalem seçimi (Chose of the cutting tool)

Kalem seçimi penceresi, parça işlemenin ilk basamağıdır. Penceredeki kayıtlı kalemler listesinde gösterilenlerden, parçayı işlemek için kullanılmaya uygun olan takımlar işaretlenir (Şekil 6). Program, profili işlemek için gerekli kesici takımı bu işaretli kalemlerin arasından belirler. Tümünü seç ve tümünü bırak tuşları listenin tamamını seçer veya bırakır. Program kayıtlarına kalem eklemek, düzeltmek veya silmek için kalem editörünü kullanılır.

Profil Seçimi (Profile forming)

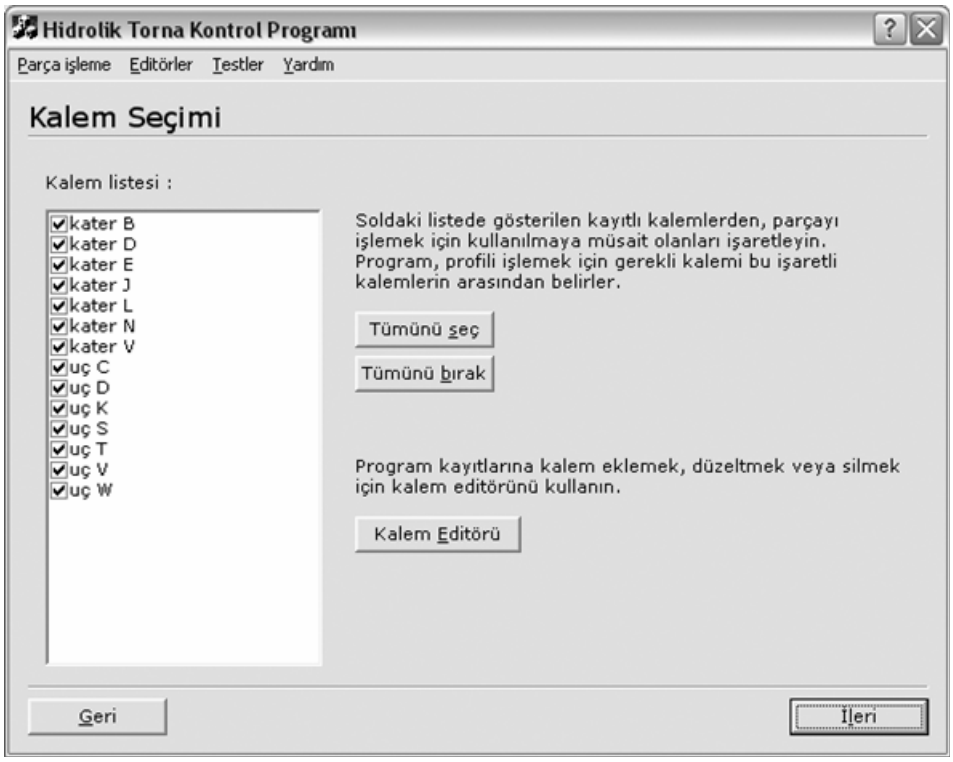
Bu pencerede kayıtlı bir profil yüklenebilir ve profilin ön izlemesi de görülür (Şekil 7). Ön izleme penceresinde en üstte mavi merkez çizgisi ve kenarlarda profil sınırlarını gösteren kırmızı çizgiler vardır. Düz beyaz çizgi profili gösterirken, nokta nokta olan sarı çizgi, varsa, ovalliğin dip çapının yerini gösterir. Yeni bir profil tanımlamak için profil editörü kullanılır.

Kalem Belirleme (Determine of the cutting tool)

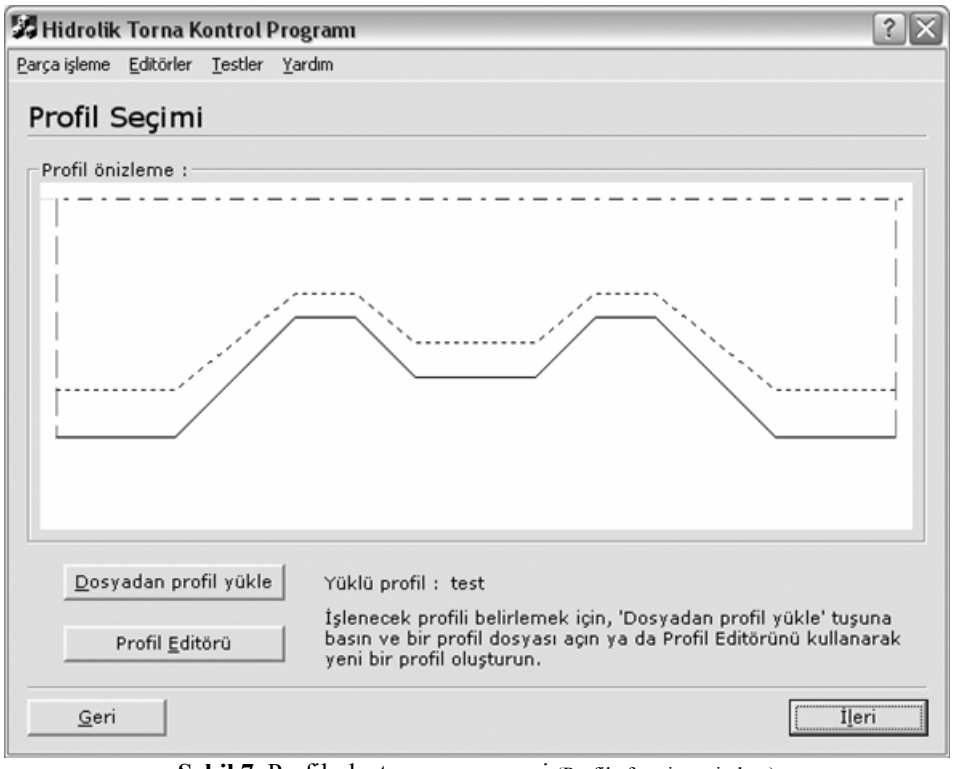
Parça işlemede kullanılacak kalem bu adımda belirlenir (Şekil 8). Uygun kalemler listesinden bir kalem seçildiğinde, o kalemle işleme yapılması durumunda gerekli aşamalar da alttaki listede sıralanır. Kullanıcı kalemi ve aşamayı seçer. Ayrıca bu pencerede ham parçanın çapı da belirtilir. Profilin geometrik analizinin sonuçları, profil parametreleri bölümünde görülebilir. Bu analiz ve parametreler raporun ileriki kısımlarında açıklanmıştır.

Parça işleme (Processing)

Bu pencere parçanın işlendiği penceredir (Şekil 9). Konum okuma, referansa göre hata bulma ve düzeltme sinyali gönderme işlemleri bir döngü içinde sürekli yapılır. Paso derinliği gerekiyorsa değiştirilebilir. Paso derinliği, profil işlenirken her bir pasoda milimetre cinsinden ne kadar derinlikte talaş kaldırılacağıdır. 1. pasodan işlemeye başlanır, pasolar



Şekil 6. Kesici takım (kalem) seçimi penceresi (Chose of the cutting tool)

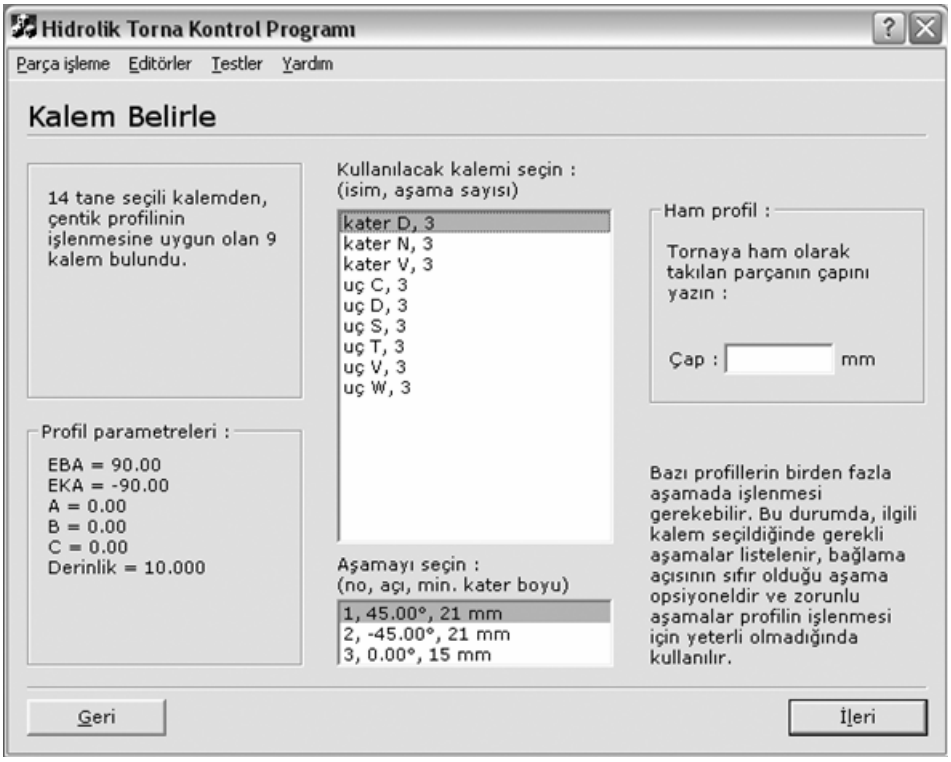


Şekil 7. Profil oluşturma penceresi (Profile forming window)

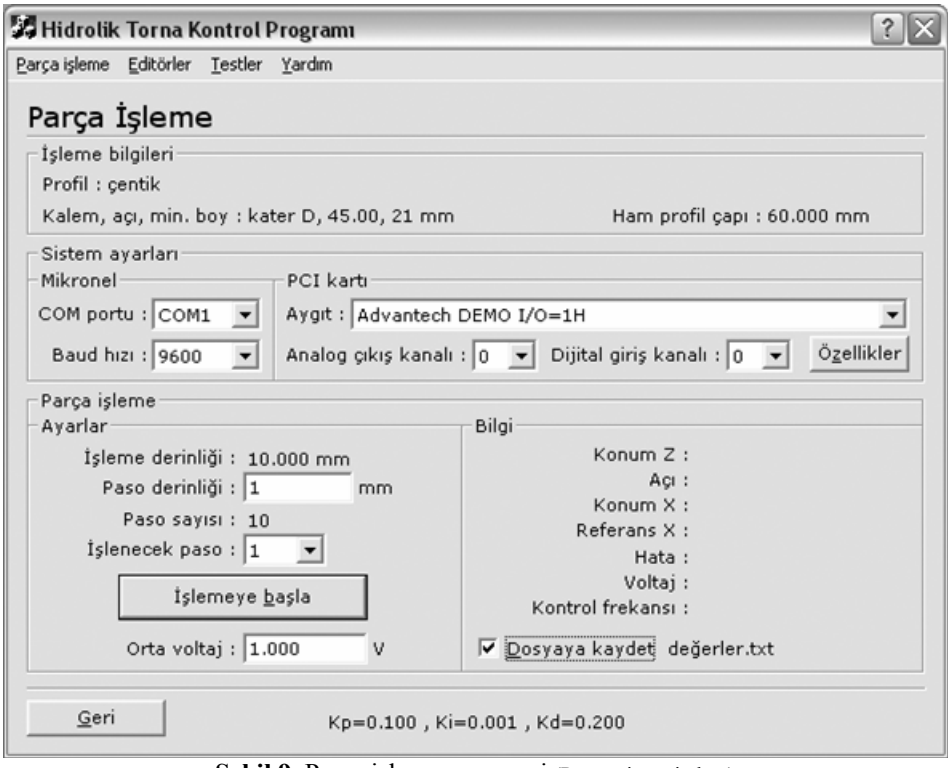
bittikçe program bir sonrakine geçer ve en son paso tamamlandığında parça işlemesinin tamamlandığını bildirir. Orta voltaj değeri, sistemdeki güç kaynağının ayarlı olduğu değerde olmalıdır. Program, sıfırla orta voltaj değerinin iki katı arasında gerilim üretecektir. İşleme sırasındaki bilgiler istenirse bir yazı dosyasına kaydedilebilir.

Kalem Editörü (Editor of the cutting tool)

Kayıtlı kalemlere kalem eklemek, düzeltmek veya silmek için kullanılan penceredir. Ekle butonu ile açılan pencerede isim kısmına eklenecek kalemin en fazla 15 karakterden oluşan ismi yazılır. Kalemin uç noktasından dikey indirilen doğruya göre sol kenarın



Şekil 8. Kalem belirleme penceresi (Determine of the cutting tool)



Şekil 9. Parça işleme penceresi (Processing window)

yaptığı açı Sol açı, sağ kenarın yaptığı açı Sağ açı, bu iki açının toplamı ise toplam açıdır. Matematiksel ilişki nedeniyle kolaylık olması açısından program herhangi iki açının girilmesi durumunda üçüncüsünü hesaplayıp yazar.

Profil Editörü (Editor of profile)

Bu pencere yardımıyla yeni profiller oluşturulabilir, düzeltilebilir. Karmaşık bir profil istenirse, Microsoft Excel programında oluşturulan bir z ~ x tablosu "*.txt" türünde kaydedilir ve bu penceredeki "dosyadan noktaları oku" fonksiyonuyla açılır ve o

noktaların oluşturduğu profil yüklenmiş olur. İsteniyorsa ovallik de bu pencerede belirtilir. Küçük çap, büyük çapa göre sabit bir eksi değerle ya da bir çarpanla ifade edilebilir.

COM Portu Testi (Test of COM port)

COM portuna bağlı olan konum okuma cihazının testi bu pencereden yapılır. Cihazdan eksen değerlerini okuma ve eksenlere değer yazma işlemleri yapılabilir. Bu pencerede aygıtın bağlı olduğu COM portu, aygıtın ayarlı olduğu baud hızı ve arka planda çalışan koordinat okuma program kısmının önceliği belirlenir. Portu aç'a basıldığında iletişim kurulmaya çalışılır. Bir hata yoksa, işaretli eksenlerin değerleri sürekli okunup yazılır. Değer kutusuna yazılan rakam, istenen eksenin adındaki tuşa basılarak yüklenebilir. Okuma frekansı da bu pencerede belirtilmektedir.

PCI Kartı Testi (Test of the data acquisition card)

Sistemdeki PCI kartının analog voltaj çıkışı ile dijital veri girişi fonksiyonlarının testi için bu pencere kullanılır. Voltaj kutusuna girilen tam veya noktalı değer, Gönder tuşuna basılarak kanal kutusunda seçili kanala yollanır. Eğer Voltaj kutusuna girilen değer silinmişse yollama başarılıdır. Eğer hala duruyorsa yollama başarısızdır. Bunun sebebi kanalın ayarlı olduğu aralığın dışında değer girilmesi olabilir. Seçili kanalın çıkışında, yeni bir değer yollanana kadar aynı voltaj olacaktır. Herhangi bir zaman "Özellikler" tuşuna basılarak o anda seçili olan aygıtın, sürücüsünden okunan özellikleri bir pencerede gösterilir.

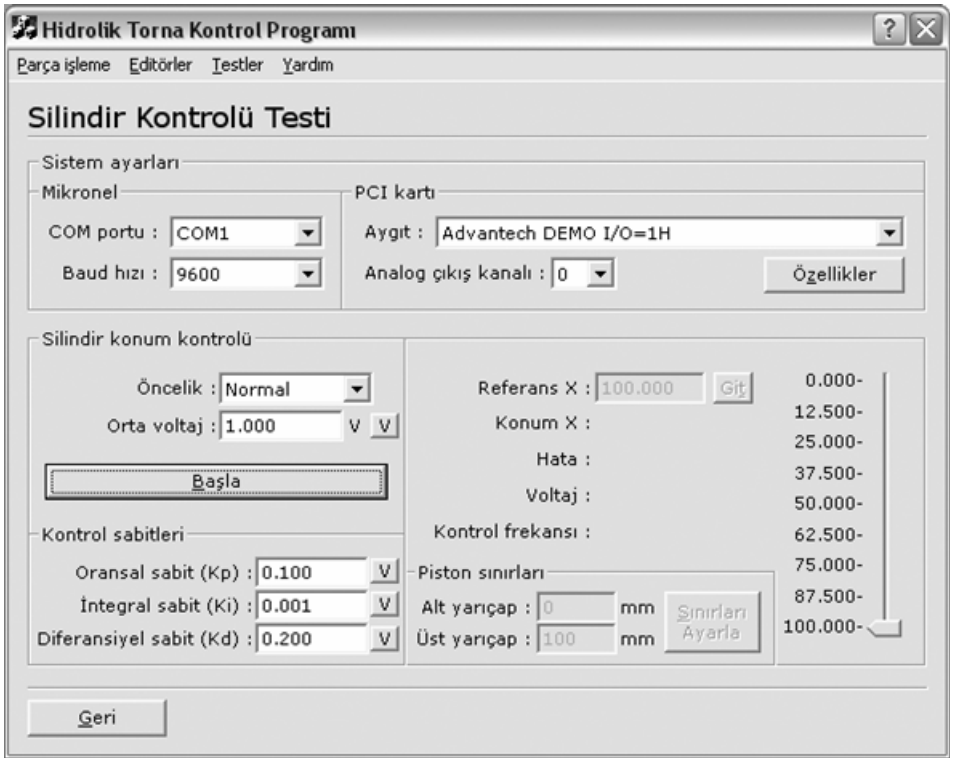
Silindir Kontrolü Testi (Control of the cylinder position)

Bu pencere, sistemin silindir konumu kontrolünün testi için yapılmış penceredir (Şekil 10). Kullanıcı, kontrol sabitleri bölümüne girdiği değerlerle, istediği tipte otomatik kontrol yöntemini deneyebilir. İşlem başlatıldığında, pencerenin sağ tarafındaki kaydırma çubuğuyla pistonun konumu kontrol edilebilir. Kaydırma çubuğunun aralığı, piston sınırları bölümüne girilen değerlerle ayarlanabilir. Orta voltaj ve kontrol sabitleri değerlerinin sağ tarafındaki V butonları, o değerin varsayılan değerine geri alınmasını sağlar.

3.3. Program Algoritmaları (Algorithms of the software)

Kalemin Belirlenmesi (Determine of the cutting tool)

Parça işlemeye başlamadan önce işlenecek profil, bağlı kalem geometrisi ile açısı bilinmeli ve bu değerlere göre referans kalem değerleri hesaplanmalıdır. Referans değerlerinin hesaplanmasındaki parametreler profil ve kalem geometrisi olduğundan ilk önce profil girilmeli; sonra işlemede kullanılacak kalem seçilmelidir. Bu noktada bir profil için herhangi bir kalemin herhangi bir bağlama açısıyla kullanılamayacağı sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden programın buradaki görevi, verilen profile göre kayıtlı kalemlerden hangilerinin, hangi bağlama açısı ile kullanılabileceğini bulmaktır. Program tarafından bağlama açılarıyla beraber ortaya çıkarılan uygun kalem listesinden kullanıcı istediği kalemi seçecektir.



Şekil 10. Silindir kontrolu test penceresi (Control of the cylinder position)

Kalem belirleme işlemi, profil analizinin ardından her bir kalem için işleme aşamalarının, bağlama açılarının ve kater uzunluklarının bulunması aşamalarıyla olur.

Profil Analizi (Analyze of the profile)

Uygun kalem geometrisinin bulunması için önce sadece profil üzerinde çalışılarak bazı profil parametreleri hesaplanır. Bu profil parametreleri Şekil 11'de gösterilmiştir. Kalem seçimi için profilin yaptığı en büyük açı (EBA) ve en küçük açı (EKA) hesaplanır. Çünkü profil açısının kalemin kenar açısına en çok yaklaştığı yerler bu açıların görüldüğü yerlerdir. Eğer kalem bu açıları işleyebiliyorsa profildeki diğer açıları da işleyebilir. ebx (en büyük x) ve ekx (en küçük x) değerlerinden H (profil derinliği) bulunur.

Profil analizinin algoritmasına ait akış şeması Şekil 12'de görülmektedir.

Kontrol İşlemi (Control process)

Parça işleme penceresinde "Başla" tuşuna basılarak kesme işlemi başlatıldığında, konum okuma, referansa göre hata bulma, istenen tipte kontrol hesabı ve düzeltme sinyali oluşturma işlemleri bir döngü içinde kesintisiz yapılmaktadır. Kontrol işlemi döngüsünün akış şeması Şekil 13'de verilmiştir.

4. DENEYLER (EXPERIMENTS)

Deneyler torna tezgahının bütün çalışma hızlarında yapılmıştır. Kesme numunesi olarak farklı çaplarda alüminyum ve pirinç kullanılmıştır. Kesici takım olarak ise DCMT-11T304-AL kodlu sert metal alüminyum işleme ucu seçilmiştir. Kesici uç, buna uygun kateri ile sisteme bağlanmış ve her iki ilerleme yönünde de talaş alacak şekilde ayar açısı (27,5°) seçilmiştir. İstenilen profiller bilgisayar hafızasında oluşturulmuştur. Oval tornalama deneylerinde toplam 5 mm (tek tarafta 2,5 mm) ovallik seçilmiştir.

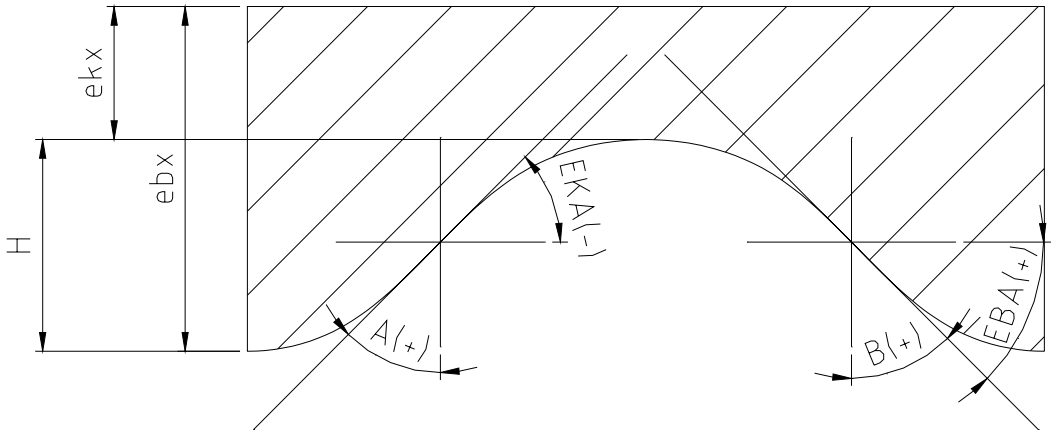
Profil tornalama için tipik 2 geometri seçilmiştir. Bunlardan birincisi silindirik ve konik yüzeylerden oluşmaktadır. Şekil 14'de görüldüğü gibi bu profil alüminyum malzeme üzerinde işlenmiştir.

İkincisi ise silindirik ve eğrisel (sinüzoidal) yüzeylerden oluşmaktadır. Pirinç malzeme üzerine işlenen bu profil Şekil 15'de verilmiştir. Bu profil işlemelerinde tezgah iş mili hızı 1620 dev/dak olarak ayarlanmış ve ilerleme hızı 0,085 mm/dev seçilmiştir.

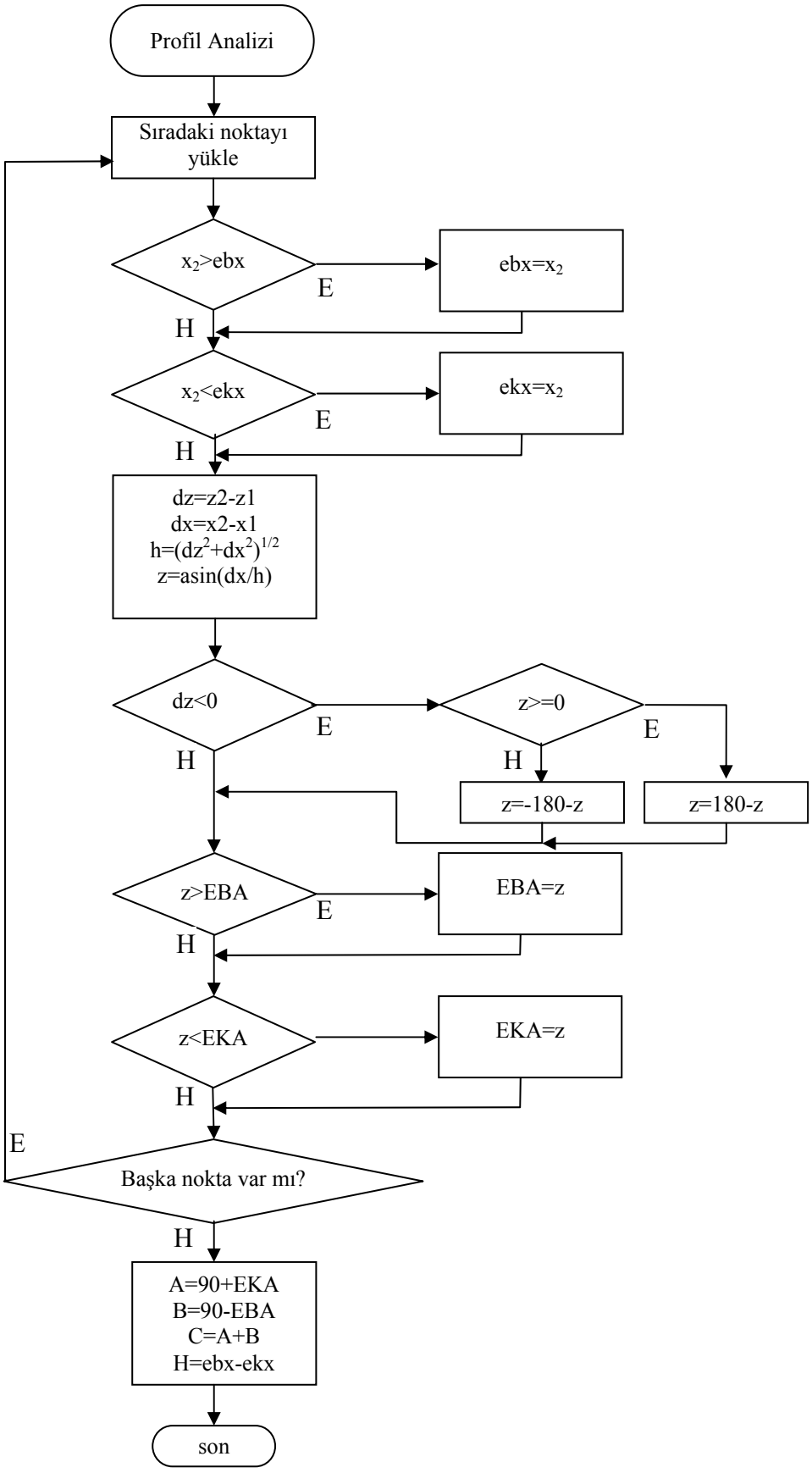
Ayrıca silindirik ve konik yüzeylerden oluşan bir profile ovallik de eklenerek bir deney yapılmıştır. Bu deneyde elde edilen parça Şekil 16'da gösterilmiştir. Deney sırasında tezgah iş mili hızı 78 dev/dak olarak ayarlanmış ve ilerleme hızı 0,15 mm/dev seçilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmaya [6,7] dayanarak genlik daralması olmaması için iş mili hızı düşük seçilmiştir. Kontrol işlemleri bilgisayar tarafından gerçekleştirildiğinden, sistemin sayısal kontrollu bir sistem olarak analizinin yapılması gerekmektedir. Sayısal kontrollu sistemlerde, diğer parametrelerin yanı sıra örnekleme hızı da sistemin kararlılığını belirlemektedir. Bu çalışmada teorik bir analiz yapılmamıştır. Ancak daha önceki çalışmalardan [6,7], örnekleme hızının kararsızlığa yol açacak değerlerden çok çok yüksek olduğu bilinmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSIONS)

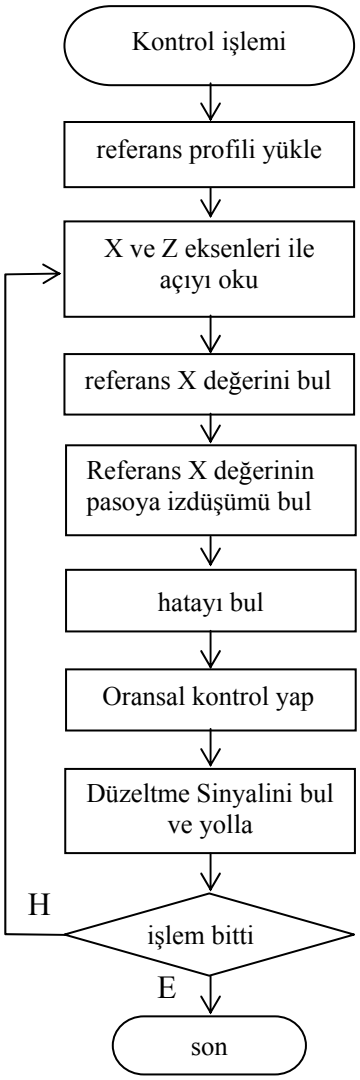
Bu çalışmada, istenilen karmaşık profili konvansiyonel bir torna tezgahında işleyebilmek için hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu bir düzenek geliştirilmiştir. Sistem, donanım ve yazılım şeklinde iki ana kısımdan oluşmaktadır. Donanım kısmında bilgisayar, veri toplama ve kontrol kartı, servo yükseltici, servo valf, piston-silindir, enkoder, konum okuyucu ve lineer cetveller bulunmaktadır. Yazılım ise, Windows altında çalışan, C++ dilinde hazırlanmış bir paket program şeklindedir.



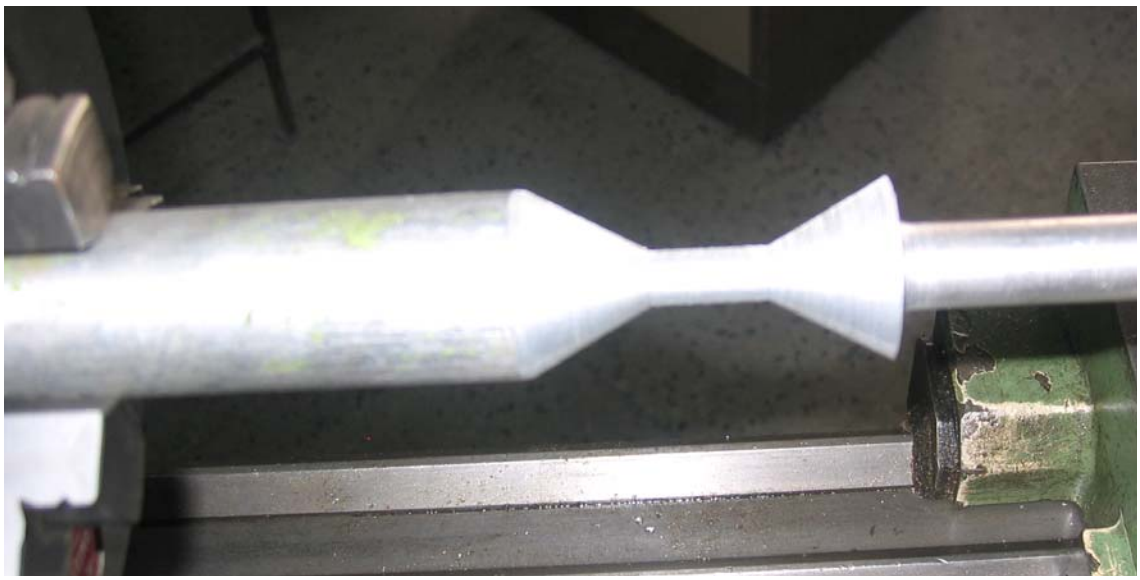
Şekil 11. Profil parametreleri (Parameters of the profile)



Şekil 12. Profil analizi algoritması (Algorithm of profile analyzing)



Şekil 13. Kontrol işlemi algoritması (Algorithm of the control process)



Şekil 14. Silindirik ve konik yüzeylere sahip numune (Cylindrical and conic sample)



Şekil 15. Silindirik ve eğrisel (sinüzoidal) yüzeylere sahip numune (Cylindrical and sinusoidal sample)



Şekil 16. Silindirik, konik ve oval yüzeylere sahip numune (Cylindrical, conic and oval sample)

Deneyler TEZSAN MAS165 tipi üniversal tornada yapılmış, hidrolik silindir ve lineer rulmanlı kızaktan oluşan mekanizmaya tespit edilen kesici kalem, tornanın siperi sökülerek arabasına yerleştirilmiştir. Kesici takım olarak ise DCMT-11T304-AL kodlu set metal aluminyum işleme ucu seçilmiştir. Deneyler torna tezgahının bütün iş mili hızlarında (45-1620 d/dk) gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada geliştirilen program, istenen karmaşık profili oluşturabilmekte ve bu profil için kayıtlı kalemlerden uygun olanları, aşamaları ve bağlama açılarını bulmaktadır. İstenen profil ham parçadan pasolar halinde son şekline getirilmektedir. Program parça işleme sırasında, her paso için gerekli referans değerlerini, hata ve düzeltme sinyallerini hesaplayıp bütün pasoların sonunda parça işlemesinin bittiğini bildiren bir kontrol döngüsüne sahiptir.

Uygulama olarak, 3 tipik geometrili profil oluşturulmuş ve talaşlı işlem ile parçalar imal edilmiştir. Sonuç olarak; konvansiyonel bir torna tezgahı, geliştirilen düzenek ile karmaşık profilli parçaları imal edebilir hale dönüştürülmüştür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Okayama, M. H. & Kurashıkı, K. K., "Machine Tool for Processing Workpiece into Non-Circular Cross-Sectional Configuration", **United States Patent**, No.5, 085, 109, February 4, 1992.
2. Comton, R.E., "CNC Turning Machine", **United States Patent**, No.4, 653, 360, March 31, 1987.
3. Cudını, M. A., "Dual Spindle Vertical Axis CNC Piston Turning and Grooving Machine", **European Patent Application**, No.0 519 466 A1, December 23, 1992, Bulletin 92/52, Avrupa Patent Ofisi.
4. Rasmussen, J. D., "Dynamic Variable Depth of Cut Machining Using Piezoelectric Actuators", **International Journal Machine Tools Manufact.**, Vol.34, No.3, 379-392, 1994.
5. Usta Y., Keleş Ö., Ercan Y., "Torna Tezgahlarında Oval Kesme Yapacak Hidrolik Düzenek Geliştirilmesi", **G. Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi**, Cilt 18, No 3, 1-14, 2003.

6. Usta, Y., **Sayısal Bir Hidrolik Pozisyon Kontrol Sistemi Geliştirilmesi ve Denenmesi**, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992.

7. Keleş, Ö., **Puls Genişliği Modülasyonu ile Hidrolik Konum Kontrolunun Teorik ve Deneysel İncelenmesi**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.