

TORNA TEZGAHLARINDA OVAL KESME YAPACAK HİDROLİK DÜZENEK GELİŞTİRİLMESİ

Yusuf USTA, Ömer KELEŞ ve Yücel ERCAN

Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi,
Maltepe 06570, Ankara, uyusuf@gazi.edu.tr, omer@gazi.edu.tr,
vercan@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, içten yanmalı motorlarda kullanılan pistonların etek kısmındaki ovaliği konvansiyonel torna tezgahında işleyebilmek için hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu bir düzenek geliştirmektir. Bunun için tornanın iş miline bir enkoder yerleştirilmiş ve senkronizasyon sinyali alınmıştır. Bu sinyal aynı fazda periyodik bir referans sinyali bilgisayar tarafından üretilmiştir. Elde edilen sinyal; bilgisayar, veri toplama ve kontrol kartı, hidrolik silindir, servovalf, transduser ve servo-yükselticiden oluşan bilgisayar kontrollu pozisyon kontrol sistemine giriş olarak verilmiştir. Hidrolik silindir ve lineer rulmanlı kızaktan oluşan mekanizmaya tespit edilen kesici kalem, tornanın siperi sökülerek arabanın üzerine yerleştirilmiştir. Böylece kesici ucun iş mili hızıyla senkronize olarak hareketi sağlanmış ve iş milinin normal dönme hızlarında oval kesitli parçaların işlenebilmesi sağlanmıştır. Deneyler TEZSAN MAS165 tipi universal tornada yapılmıştır. Tezgahın en yüksek iş mili hızı olan 1620 d/dk'ya kadar değişik hızlarda testler yapılmıştır. Elde edilen ovalik değerlerinin pistonlar için yeterli seviyede olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Oval tornalama, sayısal kontrol, hidrolik pozisyon kontrolü

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

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a computer-controlled, hydraulically actuated system for oval turning of internal combustion engine pistons by using conventional lathes. An encoder is mounted on the spindle to generate a synchronization signal. A reference signal which is in phase with the synchronization signal is generated by a computer. The system which controls the cutting tool position consists of a

computer, a data acquisition and control board, a hydraulic cylinder, a servovalve, a servoamplifier and a position transducer. A base block which carries the hydraulic cylinder, transducer, servovalve and the cutting tool block mounted on a balled slide bearing is placed on top of carriage. The system actuates the cutting tool in synchronization with the spindle rotation and produces oval shaped parts at normal operating speeds. Experiments are carried out on a TEZSAN MAS165 model universal lathe at various speeds up to the maximum available speed of 1620 rpm. The amounts of ovality obtained from the experiments are found to be satisfactory for piston requirements.

Keywords: Oval turning, digital control, hydraulic position control

1. GİRİŞ

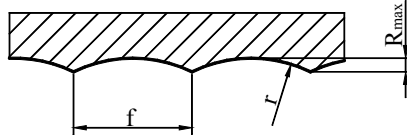
Motor pistonlarının yapısı gereği, segman kanallarının altında kalan kısımları oval olarak şekillendirilmektedir. Pistonun bu bölgesinde biyel koluna bağlantıyı sağlayan pernonun yerleştiği yatak kısmı yer almaktadır ve buradaki malzeme miktarı normal cidarlara göre daha fazladır.

Motorun çalışması sırasında açığa çıkacak ısının etkisiyle piston üzerinde oluşan düzensiz sıcaklık dağılımları sonucunda genleşmeler meydana gelmektedir. Kalın kesite sahip perno yatağı bölgesindeki genleşme diğer bölgelere göre daha fazla olmakta ve böylece pistonun yanal yüzeyinin geometrisi değişerek silindirde sıkışmalara ve beklenmeyen aşınmalara neden olmaktadır.

Motorların silindirleri tam dairesel kesitli olarak üretilmektedir. Motorun normal çalışması sırasında pistonun yanal yüzey geometrisinin tam bir silindir olması beklenmektedir. Bunu sağlamak için ise, soğuk pistonda yatak bölgesinin daha küçük çapta imal edilmesi gerekmektedir.

Motorlarda sürtünmeden kaynaklanan ısının olduğu en önemli bölge silindir yüzeyleridir. Çünkü bu bölgede hem yüzey hızı çok yüksek ve hem de sürtünme alanı fazladır. Bunun yanısıra piston, üzerindeki yanma nedeniyle oluşan ısıyı silindirin alt noktalarına taşımakta ve bu durum, oluşan sıcaklığın daha da yüksek olmasına neden olmaktadır. Bunun olumsuz etkilerini önlemek için silindir yüzeyinin yeterli seviyede yağlamaya sahip olması gerekmektedir. Etkin bir yağlama için piston ile silindir yüzeyi arasında daima bir yağ filminin kalması istenmektedir. Bu ise, piston yüzeyinde yağ kanallarının varlığı ile sağlanabilir.

Tornalanmış yüzeyde kesici kalemin uç geometrisi ve ilerleme miktarına bağlı olarak, ardışık iki iz arasında bir tepelik ve bir de çukurcuk oluşmaktadır (Şekil 1). Oluşan bu çukurcuklar piston üzerinde yağın taşınabileceği ideal yerlerdir. Bu çukurcuklar sayesinde silindir ve piston yüzeyleri arasında daha rahatlıkla yağ filmi



Şekil 1. Tornalama sonucunda kalemin bıraktığı yüzey geometrisi

oluşabilmektedir. Taşlama ile elde edilmiş yüzeyde ise bu özelliği elde etmek imkansızdır.

Taşlama operasyonunun tornalamadan daha uzun süreli olması nedeniyle maliyetin artması ve piston yan yüzeyinde yağı taşıyabilecek yerlerin oluşmaması nedeniyle tornalanmış yüzeye sahip pistonun kullanımı zorunlu olmaktadır. Nitekim, piston yüzeyleri 1980'li yılların başına kadar, oval taşlama yapabilen silindirik taşlama tezgahlarında yapılmıştır. O yıllarda, pistonlar için çift etkili kam mekanizmasına sahip özel torna tezgahları üretilmiş ve bu tezgahlar 100-1500 d/dk hızlarında söz konusu ovaliği tornalama yüzeyi kalitesi ile elde etmek için kullanılmaya başlamışlardır.

Bilgisayar denetimli (CNC) tezgahlar, kullanımlarının yaygınlaşması ile birlikte kamlı oval tornalama tezgahlarının yerini almaya başlamışlardır. Bu tezgahlarda kullanılan mekanizmaların çalışma prensipleri farklı olup patent altına alınmışlardır.

Bunlardan birincisi Okayama ve Kurashiki [1] tarafından geliştirilen, Takisawa Takım Tezgahları Şirketi (Japonya) tarafından kullanılan bir sistemdir. Sistemin çalışması için dört adet servomotor kullanılmaktadır. Bu motorlardan ilki iş parçasının ilerleme yönündeki hareketini, ikincisi parçanın dönmesini, bir diğeri kesici takımın çap yönündeki büyük hareketini ve sonuncusu da aynı kesme takımının yüksek frekanslardaki hareketini sağlamak için kullanılmaktadır. İş parçasının boyuna (z-ekseni) olan ölçüsü boyunca çap ve ovallik bilgileri hafızada tutulmakta ve kesici uç ilerledikçe, motorlar bu bilgilerdeki konumları sağlayacak şekilde hareket ettirilmektedirler.

İkinci patent ise Comton [2] tarafından geliştirilmiş olup Cross Şirketi'nce (ABD) kullanılmaktadır. Burada kesici takımın hareketi tek bir DC motorla sağlanarak tornalama yapılmakta; iş parçasının dönel konum bilgileri kontrol ünitesine aktarılarak motor kontrolü sağlanmaktadır. İş parçasına ait dönel konum bilgileri ile kesici takımın z-ekseni boyunca olan hareket bilgileri CNC kontrol ünitesi tarafından değerlendirilerek gerekli denetleme sağlanmaktadır. Kesici takımın x-ekseni yönündeki hareketinin kontrolü, bu hareketi sağlayan DC motorun pozisyonunun ve hızının kontroluyla yapılmaktadır.

Sonucu patent ise Cudini [3] tarafından geliştirilen ve yine Cross Şirketi'nce kullanılan diğer bir tezgaha aittir. Bu tezgahın bünyesinde, işlenmesi gereken pistonları yerleştirildiği iki ayrı tutucu ve her bir piston için, ayrı ayrı, DC motor

tarafından hareket ettirilen kesici takımlar yer almaktadır. Bu tezgahla pistonun üzerindeki segman kanalları da açılabilir.

Piston tornalama için yüksek kesme hızları ve buna bağlı olarak yüksek frekansta kesici takım hareketleri gerekmektedir. Bunu sağlayabilecek mekanizmalardan birisi de piezoelektrik genişletici sistemidir. Bu sistemler küçük genliklerde hareketi gerçekleştirebildiklerinden piston tornalamada da kullanımlarının mümkün olduğu görülmektedir [4].

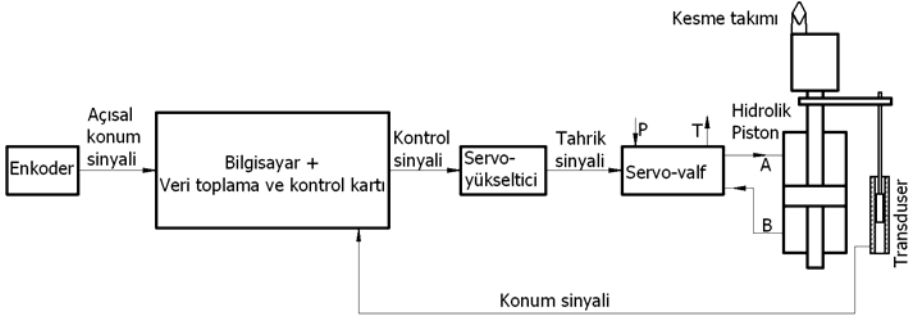
Piezoelektrik genişletici'nin diğer takım tezgahlarında da hassas konum kontrolünü sağlayabilmek amacıyla kullanılabilen yapıları yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır [5,6].

Yurdumuzda oval tornalama yapabilmek için bir çalışma da ODTÜ'de yapılmıştır [7]. Bu çalışmada da piezoelektrik genişletici kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde 5 Hz'e kadar (150 d/dk iş parçası dönme hızı) kalem hareketlerinin mükemmel, yani konum hatasının ± 5 μm civarında olduğu, bundan sonra ise genlik azalmasıyla birlikte yüzey profilinde de bozulmaların arttığı ve deneylerin yapıldığı maksimum iş parçası hızı olan 850 d/dk'da konum hatasının %40'ı aştığı görülmektedir. Piezoelektrik ünitesi CNC torna tezgahının taretine montaj edilebilecek şekilde tasarlanmış ve hataların giderilebilmesi için daha güçlü bir piezoelektrik ünitesinin gerekliliği belirtilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen hidrolik tahrikli oval tornalama düzeneği konvansiyonel torna tezgahlarında kullanılabilen şekilde tasarlanmıştır. Tasarımı, imalatı ve testleri yapılan sistemin klasik tornada kullanımıyla, tezgah-ekipman maliyetinin düşmesinden dolayı daha ucuz piston üretiminin yapılabilenliği düşünülmüştür. Ancak oval tornalama işlemi ayrı bir operasyon olarak gerçekleştirileceğinden, operasyon geçişi sırasındaki bağlama sökme zamanı ve diğer beklemler maliyeti etkileyeceğinden, birden çok operasyonun yapılabilenliği CNC tezgahı taretine de yeterli boyutlarda bir oval tornalama mekanizması yerleştirilebilir.

2. TASARIM

Oval tornalama sistemi hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu olarak tasarlanmıştır. Sistemin genel yapısı Şekil 2'de verildiği gibidir. Sistemin çalışması kısaca şöyledir: Tornaın iş miline bağlanan enkoder yardımıyla aynanın açısal konumu okunmaktadır. Bu konuma karşılık gelen piston yüzeyi konumu bilgisayar hafızasından çağrılmakta ve kesme takımı konumunu ölçen transduserden gelen sinyalle karşılaştırılmaktadır. Görülen hata oransal kontrol işlemine tabi tutularak bir düzeltme sinyali hazırlanmakta ve servo-yükselticiye kontrol sinyali ulaştırılmaktadır. Bu sinyal ile servo-yükseltici çıkışında servo-valfi tahrik edecek bir akım oluşturulmakta ve servo-valfa bağlı hidrolik silindir ile kesme takımının konumunun değişmesi sağlanmaktadır. Ölçme ve kontrol işlemleri bilgisayar



Şekil 2. Kontrol sistemin genel şeması

tarafından gerçekleştirildiğinden, sistem, sayısal kontrollu bir sistem olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada kurulan sistemle ilgili olarak herhangi teorik analiz yapılmamıştır. Ancak daha önce yürütülen tez çalışmalarında [8,9], bu çalışmada kullanılan elemanların bir kısmı kullanılarak teorik analizler yapıldığından, bu çalışmada gerekli olan hızların sağlanabileceği kanaatine varılmış ve bu doğrultuda, laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılmıştır.

Sistemde kullanılan ekipmanlar ve özellikleri aşağıda incelenmiştir.

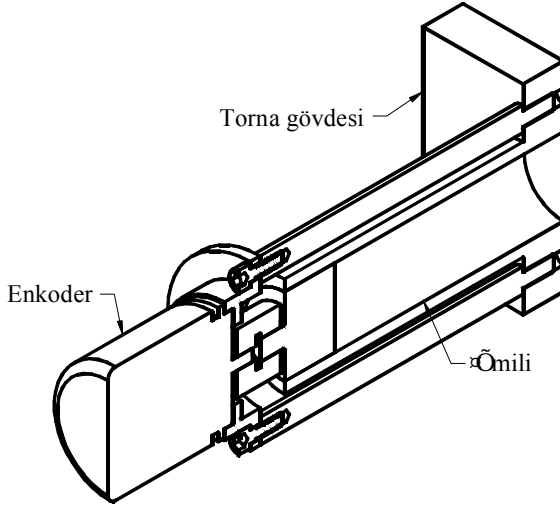
2.1. Enkoder

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 iş milinin bir turu 256 aralığa bölünerek konum kontrolü sağlanmıştır. Enkoderin TTL türündeki bilgi verme yapısı ve gray code üretme özelliğinden dolayı açısal konum okuma kabiliyeti yüksek hızlarda bile oldukça güvenli olmaktadır. Enkoderin iş miline bağlantısı Şekil 3'te görülmektedir.

2.2. Bilgisayar ve Veri Toplama ve Kontrol Kartı

Deneylerde kullanılan bilgisayar Pentium 200MMX işlemciye sahip bir bilgisayardır.

Bilgisayara ADVANTECH marka, PCL-818HG modelinde bir veri toplama ve kontrol kartı takılmıştır. Kartta 16 analog giriş ve 8 bitlik 2 adet sayısal giriş (toplam 16 adet bir bitlik sayısal giriş) kanalı bulunmaktadır. Kartta çıkışlar ise 2 analog ve 8 bitlik 2 sayısal olmak üzere toplam 18 kanal şeklindedir. Kartın analog sinyal okuma



Şekil 3. Enkoderin iş miline bağlantısı

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, 1 analog giriş kanalı transducerden konum okumak için ve 1 analog çıkış da kontrol sinyali için kullanılmıştır. Kartta bulunan analog çıkışlar \pm gerilim vermek yerine 0 ve + yönde (maksimum 10 V) gerilim üretmektedir. Servovalfin ise \pm 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 gerilim kaydırma uygulanmıştır. Bununla, kontrol sinyalinin $\pm 2,5$ V aralığında tutulması sağlanmıştır.

2.3. Servo-yükseltici

Sistemde kontrol sinyalini akıma dönüştürerek servovalfi tahrik eden MOOG marka bir servo-yükseltici kullanılmıştır. Servo-yükselticinin maksimum çıkış akımı 50 mA'dir.

Transducerin beslenmesi için kullanılan gerilim servo-yükselticide bulunan sabit gerilimli çıkış kanallarından sağlanmıştır.

2.4. Servovalf ve Silindir Grubu

Piston yüzeyine gerekli formu verebilmek için yüksek dönme hızlarına ve yüksek frekansta hareketlere ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir durumda valf ve silindir

arasındaki bağlantıların rijitliği önem kazanmaktadır. Valf ile silindir arasındaki yolu en kısa tutabilmek için, servovalfi hidrolik silindirin üzerinde bulunan bir grup seçilmiş ve sisteme adapte edilmiştir.

Servovalf MOOG marka 931 modeldir. Valfin maksimum basınç düşüşü $\Delta p = 200$ bar, %100 akış için elektrik akımı 13,25 mA ve bu basınç düşüşü, maksimum giriş akımı ve sıfır yük basıncı koşullarında akış debisi $126 \text{ cm}^3/\text{s}$ 'dir [8].

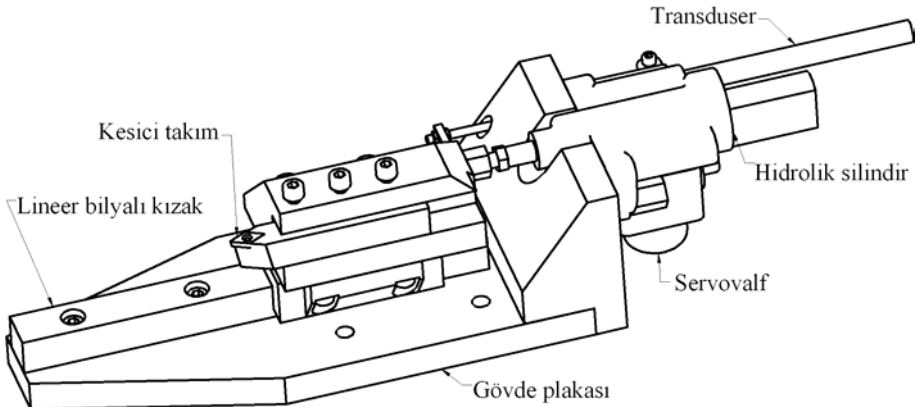
Sistemde kullanılan hidrolik silindir çift kollu olup, kursu 10mm, piston çapı 25,4 mm ve kol çapı 12,7 mm'dir. Silindir, hidrolik basıncı kaldırıldığında pistonun orta konumda kalmasını sağlayan yaylı bir mekanizmaya sahiptir.

2.5. Kesme Takımı Hareket Düzenegi

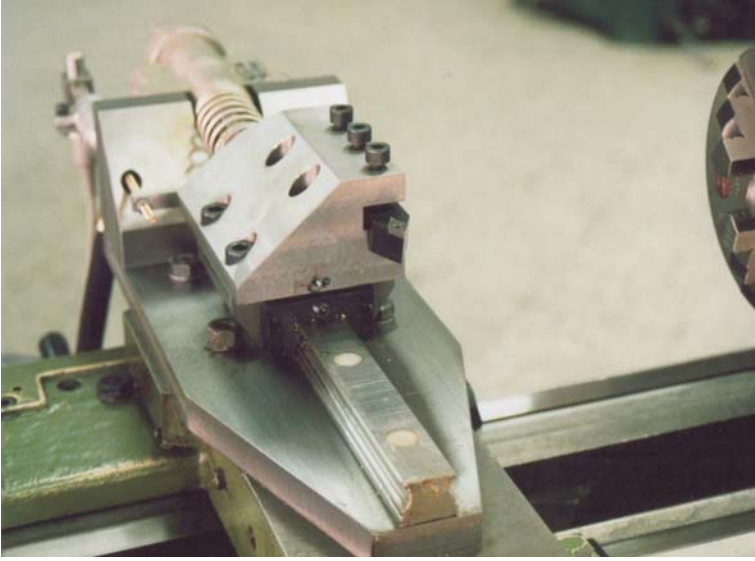
Oval tornalama sistemi çok küçük kurslarda çalışacağından, kesme takımı konumunun tekrarlanabilme özelliği önem kazanmaktadır. Yani, sistem kızak ve ilerletme mekanizması boşluklarına son derece duyarlıdır. Bu ihtiyacı karşılamak için torna arabasının siperi sökülerek valf-silindir, transduser ve kesici takımın bir arada bulunduğu bir mekanizmanın tasarımı ve imalatı yapılmıştır (Şekil 4). 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 sağlanabilmektedir. Hareket düzeneginin tezgaha montaj edilmiş haldeki görüntüsü Şekil 5'te verilmiştir.

2.6. Transduser

Kesme takımının konumunu ölçmek üzere LVDT tipi bir transduser kullanılmıştır. Transduser ± 25 mm ölçme aralığına sahip olup dönüşüm katsayısı $0,25 \text{ V/mm}$ 'dir.



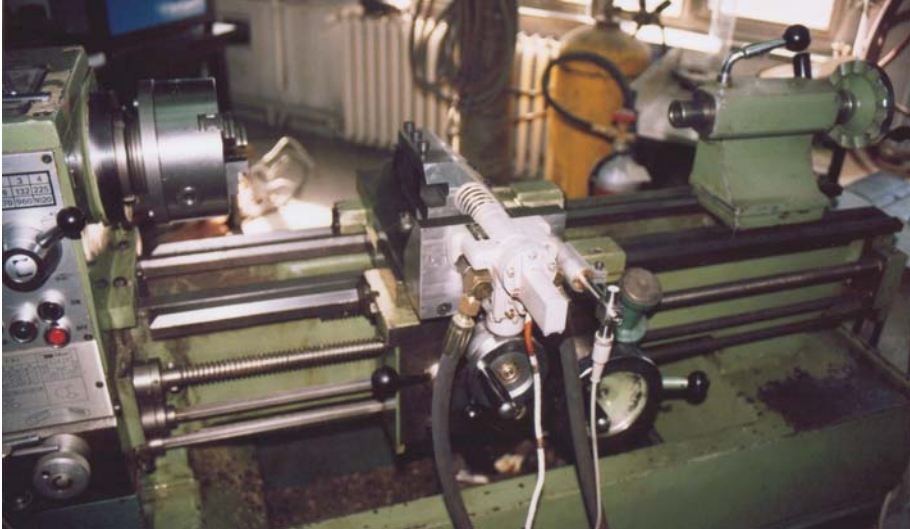
Şekil 4. Servovalf, silindir, transduser ve kesme takımının torna tezgahına montajı



Şekil 5. Hareket düzeneğinin tornaya yerleştirilmiş hali

2.7. Torna Tezgahı

Oval kesme düzeneği TEZSAN marka MAS165 model torna tezgahına montaj edilmiştir (Şekil 6). Tezgah 80 cm iş boyu kapasitesine sahiptir. İş mili hızları dişli kutusu ile sağlanmakta ve 45, 78, 132, 225, 335, 570, 960 ve 1620 d/dk olmak üzere



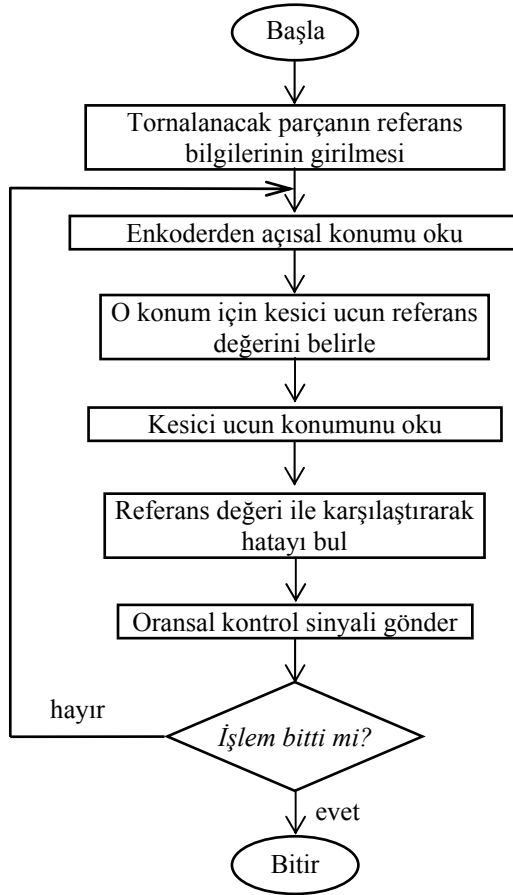
Şekil 6. Deney düzeneğinin genel görüntüsü

8 değişik hız bulunmaktadır. İşlenecek pistonun çap ayarı tezgahın arabasından yapılmaktadır. Kurulan sistemin ise sadece ovalliği sağlaması düşünülmüştür. Hidrolik sistem kapatıldığı zaman kalem mevcut pozisyonda kalmakta, böylece aynı kesme takımıyla silindirik tornalama yapmak mümkün olmaktadır.

3. YAZILIM GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada geliştirilen sistemin çalışmasını sağlamak için Quickbasic dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Akış şeması Şekil 7’de verilen bu kontrol programı torna tezgahına yerleştirilmiş hidrolik sisteminin oransal kontrolünü gerçekleştirmektedir.

Başlangıçta, oval tornalama işlemi yapılacak parçanın referans bilgileri bilgisayara

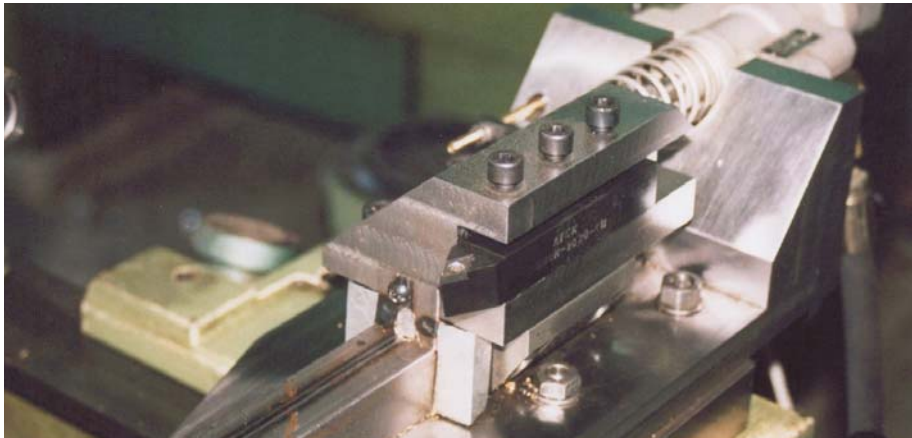


Şekil 7. Kontrol programının akış şeması

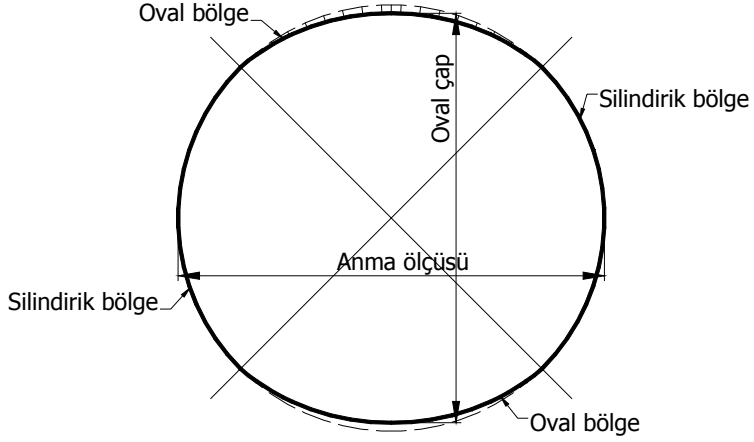
girilir. Daha sonra bilgisayar bu referans bilgileri doğrultusunda torna kaleminin bağlı olduğu hidrolik pistonu hareket ettirerek oval tornalama işlemini gerçekleştirir. Bilgisayar, çalışma esnasında ilk olarak enkoderden parçanın açısal konumunu okuyarak, o konum için kesici ucun referans konum değerini belirler. Bu referans değeri ile kesici ucun o andaki konumunu karşılaştırarak hatayı bulur ve sisteme gerekli oransal kontrol sinyalini gönderir. Parçanın tornalama işlemi bitinceye kadar bu işlem devam eder.

4. DENEYLER

Deneyler torna tezgahının bütün çalışma hızlarında yapılmıştır. Kesme numunesi olarak 50 mm çaplı 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 ($27,5^\circ$) seçilmiştir (Şekil 8). Pistonun ovallik formu bilgisayar hafızasında oluşturulmuştur. Deneylerde toplam 0,3 mm (tek tarafta 0,15 mm) ovallik öngörülmüş ve 0,15 mm'lik genlik olacak şekilde referans konum bilgisi hazırlanmıştır. Klasik oval tornalamada kullanılan geometriler elips şeklindedir. Ancak daha düzgün bir çalışma için pistonun bir kısmının silindirik, perno bölgesinin ise oval yüzeye sahip olması gereklidir. Deneylerde, burada ifade edildiği gibi bir form referansı kullanılmıştır. Formun şekli Şekil 9'da görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi, piston çevresi 90° 'lik 4 parçaya ayrılmıştır. Birinci 90° 'lik kısım daireseldir. İkinci 90° 'lik kısım ise oval formun yer aldığı bölgedir. Burada 45° 'lik açıda maksimum genliğe ulaşılmakta ve diğer 45° 'lik kısımda yeniden anma çapına ulaşılmaktadır. Ovallik formunu bu şekilde elde edebilmek için sinüs eğrisi kullanılmıştır. Pistonun üçüncü ve dördüncü 90° 'lik kısımları ise karşı taraflarının simetrisi şeklindedir.



Şekil 8. Deney düzeneğine kesme takımının yerleştirilmesi



Şekil 9. Piston eteğindeki ovallık formu

Deneyler torna tezgahının bütün iş mili devirlerinde tekrarlanmıştır. Piston malzemesi olarak alüminyum kullanıldığından yüksek kesme hızlarına ulaşmak mümkündür. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen genliklerde, yüksek hızlarda ulaşılan değerler daha önemli olmaktadır.

Deneylerde öncelikle büyük ovallık değerine sahip referans bilgisi kullanılmıştır (toplam 3 mm). Bundan amaç, ölçmenin daha kolay olmasını sağlamak ve formu gözle izlenebilir yapmaktır. Buna göre elde edilen bir numunenin fotoğrafı Şekil 10'da görülmektedir. Bu referans girişinde 78 d/dk'ya kadar genlik azalması

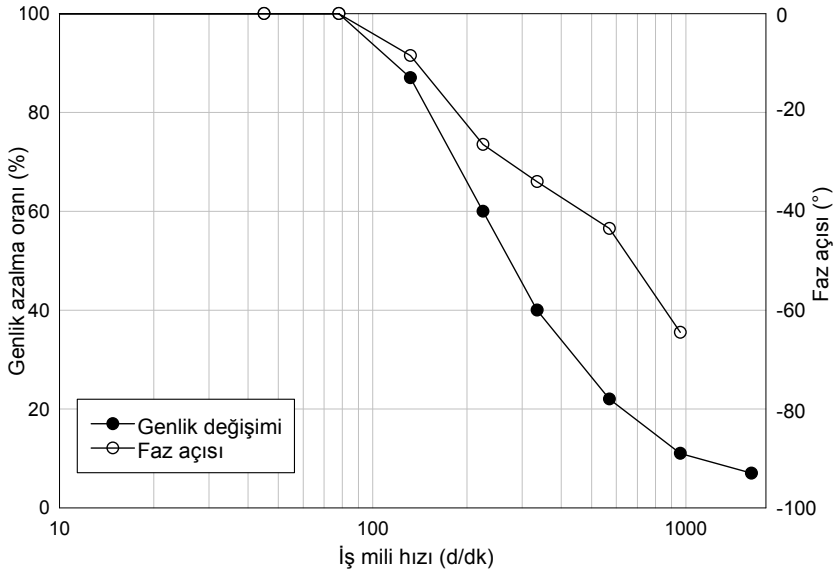


Şekil 10. Ovallık formunun deney parçasında elde edilmiş görüntüsü

olmadan talaş kaldırılmıştır. 132 d/dk'da ise %13'lük bir azalma ile 2,61 mm'lik ovallık elde edilmiştir. Genlik azalması 225, 335, 570, 960 ve 1620 d/dk'da sırayla %40, 60, 78, 89 ve 93 olmaktadır. Bu durum grafik halinde Şekil 11'de verilmiştir. Genliğin azalmaya başlaması ile birlikte, iş milinden okunan konum sinyali ile ovallık profili arasında devir sayısına bağlı ve belli bir devirde sabit olan bir faz farkı olduğu görülmektedir (Şekil 11). Bu kayma, örneğin 960 d/dk'da 64° olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla kullanılacak olan çalışma hızına göre, pistondaki en dar çapın perno deliği merkezine gelebilmesi, ovallık profilini tanımlayan referansın bu hıza karşılık gelen faz farkını telafi edecek biçimde kaydırılması ile sağlanabilecektir. Referansın kaydırılma miktarı verilen bir çalışma hızı için sabit olduğundan, uygulamada büyük bir problemle karşılaşılması beklenmemektedir.

Yine genliğin azalmaya başlaması ile ovallık formu da bozulmaya başlamaktadır. Buna bağlı olarak özellikle yüksek devirlerdeki kesmelerde, özel piston formu yerine bilinen elips geometrisi elde edilmektedir. Piston tornalamasında kullanılan tezgahların çoğunun (özellikle kam mekanizmalı) zaten elips geometrisi sağladığı bilindiğine göre, bu çalışmada elde edilen geometrinin de rahatlıkla kabul edilebileceği söylenebilir.

Genliğin azalmasının etkisinin kaldırılabilmesi için, iş mili hızlarına göre referans genlik değerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Düşük iş mili hızlarında referans genliği değerini artırmaya ihtiyaç olmazken, yüksek hızlara ulaştıkça her çalışma devri için referans genlik değerinin artırılması zorunlu olmuştur. Çünkü hedeflenen ovallık miktarı 0,3 mm'dir.



Şekil 11. İş mili hızların göre hareket genliği değişimi

Torna tezgahının maksimum iş mili hızı olan 1620 d/dk'da ulaşılabilen en yüksek ovallık değeri 0,21 mm'dir. Referans genliğinin belirli bir büyüklüğünden sonra valf maksimum açıklığa ulaştığından ölçülen genlikte değişiklik izlenmemektedir. Bununla beraber, yüksek iş mili hızları küçük çaplı pistonlarda gerekli olduğundan ve bu pistonlarda da kütle azlığı nedeniyle ısıl genleşmeler daha az olacağından, elde edilen bu ovallık miktarının yeterli olacağı tahmin edilmektedir.

1620 d/dk olan en yüksek iş mili hızında ovallık için kalemin iki kez gidip gelmesi gerektiğinden, bu hızda hareket frekansı 54 Hz olmaktadır. Bundan dolayı daha büyük debili bir valf kullanıldığı takdirde genlik azalması olmadan yüksek hızlara rahatlıkla çıkılabileceği söylenebilir.

Kontrol işlemleri bilgisayar tarafından gerçekleştirildiğinden, sistemin sayısal kontrollu bir sistem olarak analizinin yapılması gerekmektedir. Sayısal kontrollu sistemlerde, diğer parametrelerin yanısıra örnekleme hızı da sistemin kararlılığını belirlemektedir. Daha önceki çalışmalardan [8,9], örnekleme hızının kararsızlığa yol açacak değerlerden çok çok yüksek olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, hareket formunun düzgünlüğünü izleyebilmek amacıyla örnekleme hızı önem kazanmaktadır. Deneyler sırasında ölçülen örnekleme zamanı 2,91 ms olup buna bağlı örnekleme hızı 343 Hz olarak ölçülmüştür. Bu durumda 1620 d/dk olan en yüksek iş mili hızında bir turluk dönüş için, kontrol döngüsü yaklaşık 13 defa tekrarlanmakta olup bunun açılma hassasiyeti $27,7^\circ$ olmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, içten yanmalı motorlarda kullanılan pistonların etek kısmındaki ovallığı konvansiyonel torna tezgahında işleyebilmek için hidrolik tahrikli ve bilgisayar kontrollu bir düzenek geliştirilmiştir.

Deneyler TEZSAN MAS165 tipi universal 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 alüminyum işleme ucu seçilmiştir. Deneyler torna tezgahının bütün iş mili hızlarında (45-1620 d/dk) gerçekleştirilmiştir.

Deneyler sırasında 132 d/dk'dan itibaren genliğin azalmaya başladığı ve 1620 d/dk'da %93'lük bir genlik azalmasının olduğu görülmüştür. Ancak bu hızda referans genliği değerini artırmak yoluyla valfin maksimum açıklığa gelmesi sağlanmış, böylece numune üzerinde ölçülen genlik 0,21 mm olmuştur. Dolayısıyla yüksek hızlarda referans genlik değerini artırarak istenen ovallık değerlerine ulaşılabileceği anlaşılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, daha büyük akış debisine sahip servovalf kullanımıyla genlik azalması daha düşük değerlerde kalacaktır.

Bundan sonraki çalışmalar için, daha büyük debili bir valf, daha küçük kesit alanı ve daha küçük stroka sahip bir hidrolik silindirin kullanımıyla genlikler ve yüzey kalitesi daha da artacaktır. Endüstriyel olarak satılan pistonlar bu çalışmada istenen hızları sağlamaktan uzak olduklarından, tasarım ve imalatın özel olarak yapıldığı ve yine bu çalışmadaki gibi servovalfin üzerine montaj edildiği bir silindirin kullanılmasıyla daha iyi sonuçlara ulaşılabilecektir.

6. TEŞEKKÜR

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

7. KAYNAKLAR

1. Okayama, M.H. & Kurashiki, 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. Cudini, 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. Kim, K.H., & Eman, K.F., “Development of a Forecasting Compensatory Control System for Cylindrical Grinding”, **Transactions of the ASME: Journal of Engineering for Industry**, Vol.109, 385-391, November 1987.
6. Wu, S.M., “New Approaches to Achieve Better Machine Performance”, **Proc. USA Japan Symposium on Flexible Automation**, Published by ASME, Minneapolis, USA, 1063-1068, 1988.
7. Anlağan, Ö., vd., “Bilgisayar Kontrollü Kam (SOFTCAM)”, **Tubitak-SAGE**, Proje No: MODİSA-3, Haziran 1995.
8. Usta, Y., **Sayısal Bir Hidrolik Pozisyon Kontrol Sistemi Geliştirilmesi ve Denenmesi**, Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992.
9. Keleş, Ö., **Puls Genişliği Modülasyonu ile Hidrolik Konum Kontrolünün Teorik ve Deneysel İncelenmesi**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.