

SİLİNDİRİK TORNALAMA SIRASINDA MEYDANA GELEN ÇAP HATALARININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Abdurrahman KARABULUT

Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyonkarahisar
kbulut@aku.edu.tr

(Geliş/Received: 25.02.2009 ; Kabul/Accepted: 16.06.2009)

ÖZET

Torna tezgâhında işlenen bir iş parçasının çap hatası üzerinde araştırma yapılmıştır. İki uçundan bağlı 450 mm boyunda iş parçasını 24 mm çaptan 16 mm çapa kadar ve bir uçundan bağlı 150 mm boyunda iş parçasını 24 mm çaptan 17 mm çapa tornalama işlemi yapılmıştır. Tornalama sırasında kesme kuvvetleri etkisinde iş parçasında sehim meydana gelmektedir Lazer Uzunluk Sensörü ile iş parçasına temas etmeden sehim miktarı ölçülmüştür. Aynı zamanda, her tornalama sonrası mikrometre ile iş parçasının değişik yerlerinden çap değeri ölçülmüştür. Çap hatasının sehim miktarı ile orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Sehimin en fazla olduğu noktada çap hatasının da en büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca, çap hatasına sebep olan talaş derinliği, ilerleme oranı ve kesme hızı gibi faktörler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çap hatası, tornalama, lazer uzunluk sensörü, sehim.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DIAMETRIC ERRORS DURING CYLINDRICAL TURNING

ABSTRACT

The experimental investigation was made on the diametric error of a workpiece machined on a lathe. The diameter cut from 24 mm to 16 mm of the 450 mm long workpiece in turning between centers and the diameter cut from 24 mm to 17 mm of the 150 mm long workpiece in cantilever bar turning has been realized. There was a deflection on the workpiece during the turning as a result of the pressure of the cutting forces. The deflection on the workpiece was measured with a laser distance sensor with no contact. At the same time, the diameter values from different parts of the workpiece were measured with a micrometer after each turning. It was observed that the diametric error and the deflection were changing proportionally. It was also observed that the larger the diametric error was it greater the deflection. In addition, the factors caused the diametric error as the depth of cut, feed rate and cutting speed were determined.

Keywords: Diametric error, turning, laser distance sensor, deflection.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tornalama, vida, dişli çark ve mil gibi makine elemanlarının imalatında kullanılan talaşlı üretim işlemidir. Tornalamada üretim hatalarının birçok kaynağı vardır: iş parçası elastik deformasyonu, kesici takım-tezgâh-iş parçası lineer olmayan yaylanması, işlenmemiş parçanın bilinmeyen geometrisi, ısıl deformasyonlar, takım ve tezgâhın titreşimleri bunlar arasında sayılabilir. Kesme kuvvetleri altında iş parçasının sehimi, normal iş parçasından farklı derinlikte işlenmesine sebep olacaktır [1]. Kesici

takım-tezgâh-iş parçası lineer olmayan yaylanması bağlama elemanlarının ve tezgâh yapısının elastik deformasyonunun ortaya çıkmasına sebep olur [1,2]. Talaş kaldırma sırasında sürtünme ve plastik deformasyon tarafından üretilen ısı, kesme geometrisini değiştirmektedir [3]. Üretimde hassas bir talaş kaldırma, iş parçasının sehimi sonucu, boyutların ve geometrik hataların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Hata tahmini üzerinde kesme kuvvetlerinin de etkisi vardır. İş parçası ekseni boyunca kesme kuvvetleri ve

çap hatasını tahmin etmek için yapılmış sayısal örneklerde, kesme şartları üretim sürecini etkilemektedir. Bunların en önemlisi takımın geometrisini değiştiren takım aşınmasıdır [4,5]. Bir diğeri ise, kesici takım-tezgâh-iş parçası arasında oluşan titreşim üretimidir [6]. Tornalama sırasında yüksek kesme kuvvetlerinden dolayı iş parçasının sehimi, parçanın üzerindeki küçük toleransların yeterli tamlıkta bir iş parçası elde etmek önemli bir konudur. Qiang, tornalama sırasında kademeli iş parçasının sehimini hesaplamak için sonlu elemanlar metodunu kullanarak bir model geliştirmiştir. Kops, tornalama sırasında her pasoda çapın küçülmesinden dolayı çaptaki hatanın artmakta olduğu belirtilmiş ve bu hatanın, sehime bağlı olarak ortaya çıktığını belirtmiştir [7].

Tornada işlenen bir parçanın çap hatasının oluşmasının önemli sebeplerden birisi de iş parçasının elastik deformasyonudur. Kesme kuvvetlerinden dolayı iş parçasının işlenme sırasında sehiminden silindirik tornalamada iş parçasının son şekli eşit çapta olmayacaktır [8]. Ölçüleri daha yüksek tamlıkta elde etmek için gelişmiş bir işleme metodu kullanılması gerekir. İş parçasının deformasyonunun ne kadar olacağı belirlenirse gerekli çapı elde etmek daha kolay ve hızlı olacaktır. Yüksek tamlıkta tornalama yapmak için, gelişmiş CNC tezgâhlarında bilgisayarla hata düzeltme sistemleri geliştirilmiştir [9,10]. Tornalama sonucunda yüksek tamlıkta iş parçası elde edilememiştir. Silindirik tornalama şartlarını ve iş parçası bağlantısının etkisini analiz etmek için, iki uçundan bağlı iş parçasının çap hatası tahmini için bir model oluşturulmuştur [11,12]. Konu üzerindeki çalışmalarda sonlu elemanlar metodu kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bunların en önemlilerinden birisi, Phan, bir uçundan bağlı iş parçasının çap hatasını tahmin etmek için, bir model üzerinde çalışmıştır. Bu modelle kesme kuvvetleri altında kesici takım-tezgâh-iş parçası üçlüsü arasında elastik deformasyonun geometrik analizini gerçekleştirmiştir [13]. Bu çalışmada, silindirik parçanın tornalanması sırasında meydana gelen çap hatası deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, tornalama sırasında lazer uzaktan ölçüm ünitesi kullanılmıştır. Bununla birlikte talaş kaldırma sırasında yapılan hassas ölçümlerle

çaptaki hata miktarı tespit edilmiştir. Çalışmada iki farklı kesme hızı kullanılmış ve talaş derinliği sabit tutulmuştur.

2. DENEY DÜZENEGİ (EXPERIMENTAL SETUP)

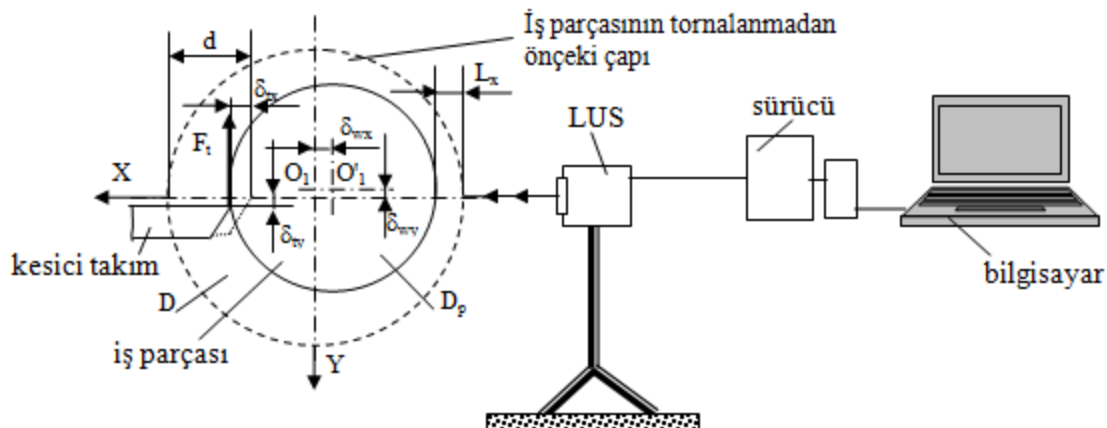
Kesme işleminde, malzeme St 37 çeliği, kesici takım sinterlenmiş kaplamalı karbür - CCMT 060208-SM kodlu TIAN PVD kaplı kesici takım ve SCLCR 1616H-09 takım tutucu kullanılmıştır. Kesmede seçilen kesme parametreleri tedarikçi firmanın kesici takım için tavsiye ettiği aralıklar alınmıştır. Tornalama sırasında, 0,480 m/s kesme hızı, 1 mm talaş derinliği ve ilerleme oranı 0,16 mm/dev seçilmiştir.

Torna tezgâhında, iki tip iş parçasının tornalanması üzerinde araştırma yapılmıştır. Birisi, iki ucu bağlı iş parçası (İUBİP); diğeri, bir ucu bağlı iş parçası (BUBİP). Şekil 1 de torna tezgâhı ve ölçme donanımı gösterilmiştir. İş parçası sehim miktarını ölçmek için Lazer Uzaklık Sensörü (LUS) [9] kullanılmıştır. LUS



Şekil 1. Torna tezgâhı ve ölçme donanımı (The lathe and measurement equipment)

ve diğer donanımların bağlantı şeması Şekil 2'de gösterilmiştir. LUS'un iş parçasına 8–10 cm uzaklıkta konumlandırılması gerekmektedir. Cihazın ölçme sırasında hareket etmemesi gerekmektedir. Bu yüzden, torna tezgâhından bağımsız bir aparat yardımıyla zemine sabitlenmiştir. Ölçme değerlerinin tamlığı LUS cihazının hareketsiz olmasına bağlıdır. Deneyselerde, x doğrultusundaki değişimler ölçülmüş-



Şekil 2. Deneysel ölçme sistemi (Experimental measurement system)

tür. İş parçasının ilk merkezi “ O_1 ” iş parçasının sehinden sonraki merkezi “ O_1' ” olmuştur. Şekil 2’de gösterilen iş parçasının δ_{wx} , x-ekseni yönünde; δ_{wy} , y-ekseni yönünde yer değiştirme değerleridir. D işlenmemiş normal çap, D_p tornalama işleminden sonra tahmini çaptır.

LUS cihazı bilgileri driver aracılığıyla bilgisayara aktarmakta, program yardımıyla alınan bilgiler grafiklere dönüştürülmektedir. İki farklı çap için grafikler Şekil 6-9’da gösterilmiştir

2.1. İUBİP Tornalama İşlemi (The Turning Process Of Workpiece Tied By Two Ends)

İş parçası uzun ve ince ise iki noktadan Şekil 3’te görüldüğü gibi bağlanmaktadır. İş parçası C noktasından aynaya bağlı, A noktasından punta ile desteklenmiştir. B noktası iş parçasının orta noktasıdır. LUS cihazıyla ölçme bu noktadan yapılmaktadır. İş parçasının A-C arasındaki tornalama sırasında oluşan sehimi miktarı B noktasından ölçülmektedir. Kesici takım B noktasında tam orta noktası iken iş parçasında sehimi maksimum olacaktır. Kesici takımın A’da ve C’de tornalama sırasında iş parçasında oluşturduğu sehimi miktarları farklıdır. Kesici takım A noktasında tornalama işlemi sırasında iş parçasında küçük bir kayma olmaktadır. Destek noktasındaki yeterli rijitliğin olmayışı sebep olmaktadır. Şekil 7’deki grafikte bu durum gösterilmiştir.

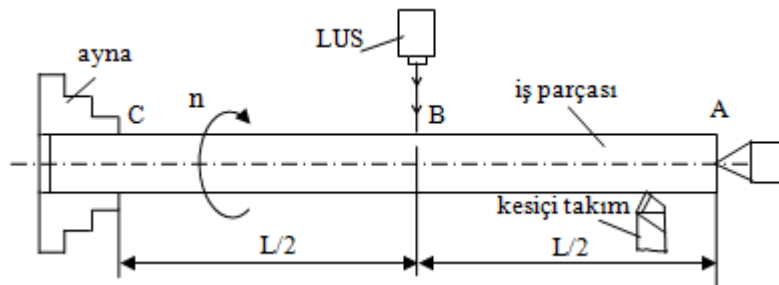
2.2. BUBİŞ Tornalama İşlemi (The Turning Process Of The Workpiece Tied By One End)

Malzemeye bağlı olarak boyun çapa oranı 8’den küçük ise, tormalanacak iş parçası Şekil 4’de görül-

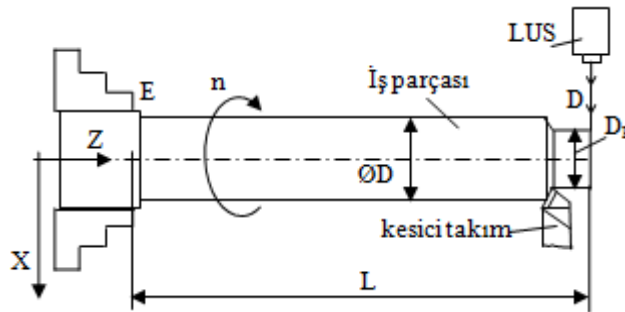
düğü gibi bağlanır. D noktasındaki sehimler LUS cihazıyla ölçülmektedir. Kesici takım D noktasında iken sehimi maksimum olmaktadır. E noktasına kesici takım ulaştığı zaman, sehimi miktarı sıfıra yaklaşmaktadır.

3. TORNALAMADA ÇAP HATASI (DIAMETRAL ERROR IN THE TURNING)

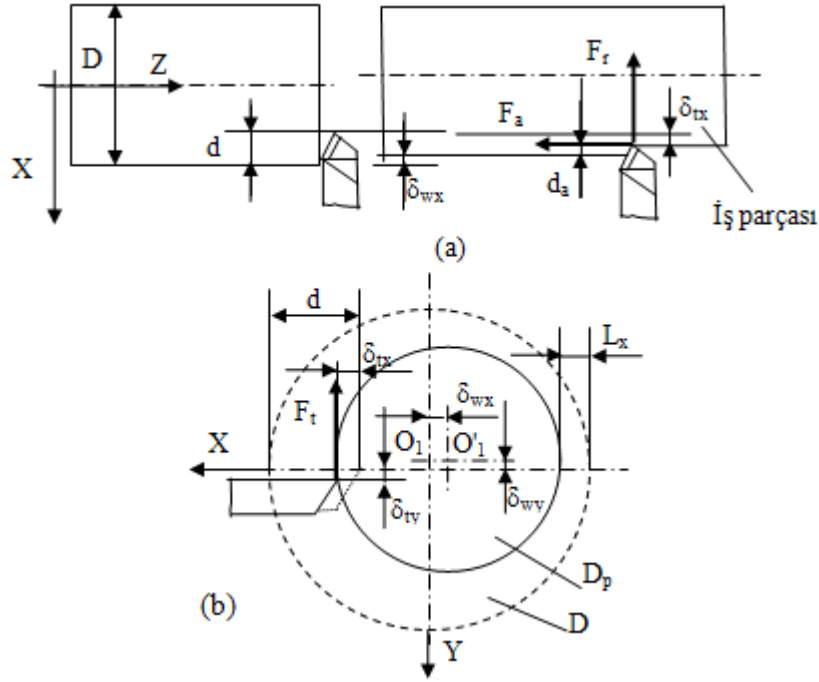
Tornalamada çap hatasını tahmin etmek için bir geometrik analiz yapılmıştır [2]. Takım merkezlemedeki kaymalarda iş parçasının sehimi bileşenleri (δ_{wx} ve δ_{wy}) oluşmasına sebep olur. İş parçaları ve sabit bağlama aynası ve destekleme puntası her ikisinin yaylanması da iş parçasının sehimine sebep olacaktır. Talaş derinliği d , ilk çapı D olan bir iş parçasını tornalama işlemi göz önüne alındığında; Şekil 5a’da iş parçası üzerindeki çap hatası genelde bağlama elemanları-iş parçası-kesici takım sisteminin oluşturacağı sehimden bulunur. Şekil 5b’de x doğrultusunda iş parçasındaki sehimi δ_{wx} olarak gösterilir. Bu sehime, radyal kuvvet F_r ve eksenel kuvvet F_a sebep olacaktır. Benzer olarak δ_{wy} ise y yönündeki sehimdir. Bu sehime de F_t teğetsel kuvveti sebep olacaktır. Ayrıca azda olsa F_r ve F_t kuvvetleri x ve y yönündeki δ_{tx} , δ_{ty} kadar kesici takım ve bağlı olduğu ekipmanla birlikte sehime sebep olur. Tahmin edilen çap hatasına F_a dan dolayı meydana gelen eksenel sehimi çok küçük olmasından dikkate alınmamıştır. Açıklanan elastik sehimlerin sonucu olarak kesmenin gerçek derinliği nominal değerden farklı olup D_p ile gösterilir. Şekil 5’de gösterilen geometrik analiz işlemi tormalamadan sonra z-ekseni boyunca tahmini çap hatası, $D_p(z)$ aşağıdaki ifadelerle açıklanır.



Şekil 3. İUBİŞ tornalama işlemi (The turning process of the workpiece tied by two ends)



Şekil 4. Bir ucu serbest iş parçası (The one ends free workpiece)



Şekil 5. Tornalama sonrası elde edilen tahmini çap (Prediction diameter obtained after turning)

$$D_p = 2\sqrt{\left(\frac{D}{2} - d + \delta_{tx} + \delta_{wx}\right)^2 + (\delta_{ty} + \delta_{wy})^2} \quad (1)$$

Kesici takımın yer değiştirmesi küçük olduğundan dolayı eşitlik;

$$D_p = 2\sqrt{\left(\frac{D}{2} - d + \delta_{wx}\right)^2 + \delta_{wy}^2} \quad (2)$$

şeklinde gösterilir. D_p , D ve d pozitif değerlerdir. Sehim değerleri δ cebirsel büyüklükleri xyz koordinat sistemine göre işaret alırlar. Tahmini kesme derinliği d_a ve çap hatası ΔD ise;

$$d_a = \frac{D - D_p}{2} \quad (3)$$

$$\Delta D = D_p - D + 2d = D_p - D_n \quad (4)$$

eşitlikleriyle ifade edilir. $D_n = D - 2d$ olup tornalamadan sonra normal çaptır.

Tornalama sırasında iş parçasının O_1 'den O_1' merkezine kayması sonucu her iki merkeze göre tornalanmış iş parçalarının çapları farklı olacaktır. O_1' merkezli elde edilen çap O_1 merkezli elde edilen çaptan daha büyük olacaktır. Çap hatası, iş parçasında sehimin maksimum olduğu noktalarda daha büyük olacaktır. İş parçasının boyuna da bağlı olarak çap hatası değişmektedir. Aynı çapta iş parçasının boyundaki artış oranında çap hatası artacaktır. Tornalama sırasında kesici takım ayna bağlantısına yaklaşırken sehim miktarı kademe kademe azalacaktır.

4. DENEYSEL BULGULAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

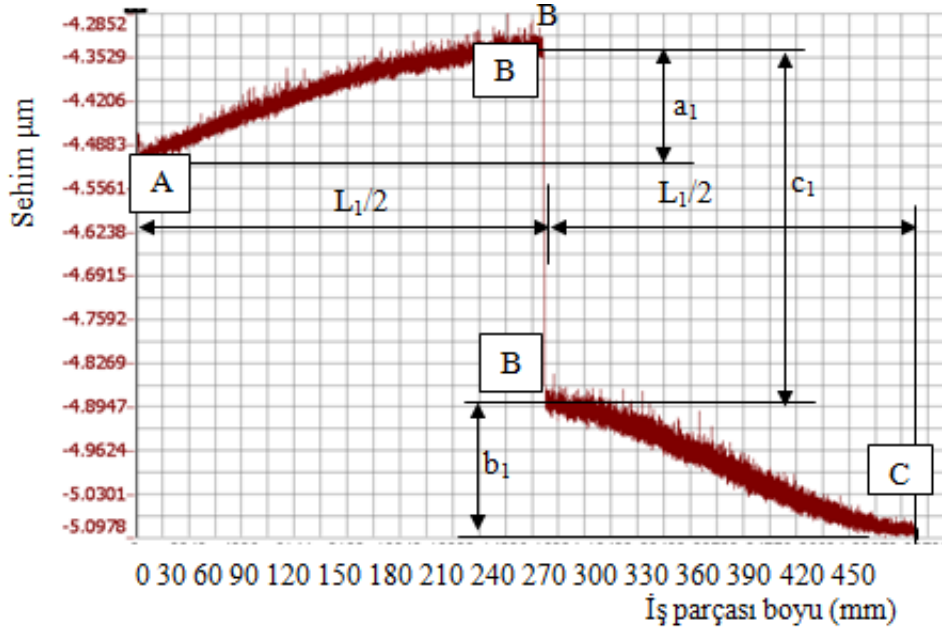
4.1. İÜBİP Grafiği (The Graph Of The Workpiece Tied By Two Ends)

450 mm boyunda bir iş parçasını iki ucundan bağlayarak tornalama yapılmıştır. 24mm çaptan

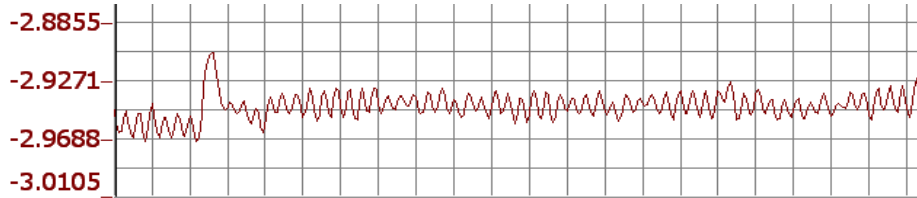
başlanarak 0,5 mm talaş derinliği ile 17 mm çapa kadar 0,420 ve 0,840 m/s kesme hızlarında iş parçası tornalanmış on adet grafik elde edilmiştir. LUS cihazı yardımıyla iş parçasının x-yönündeki işleme sırasında meydana gelen sehim miktarları Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir.

Tornalama sırasında AB arasında sehim artmaktadır. Şekil 6'da görülen B noktasındaki ani kayma (c_1) miktarı, kesilen talaştan dolayı LUS cihazının konumu ile iş parçası arasındaki uzaklığın artmasına bağlı oluşmaktadır. BC arasında ise, iş parçasında sehim miktarı tornanın aynasına doğru azalarak sifira yaklaşmaktadır. İş parçasının ilk yarısındaki sehim (a_1) ile ikinci yarısındaki sehim (b_1) birbirine eşit değildir. Şekil 7'de görüldüğü gibi iş parçası ve punta arasındaki küçük bir kayma buna sebep olmaktadır. İş parçası üzerindeki en büyük sehim kesici takımın iş parçasının tam ortasında B noktasında oluşmaktadır.

İş parçasını tornalama işlemi A noktasından başlar. Bu noktada iş parçası punta ile desteklenmektedir. Punta donanımının hareketli yerlerindeki boşluğa bağlı çok küçük hatalardan dolayı, kesme kuvvetleri iş parçasını öteleme zorlayacaktır. Şekil 7'de iş parçasının A noktasının kaydığı görülmektedir. Buna bağlı AB arasındaki sehim ile BC arasındaki sehim



Şekil 6. Çap 15 mm İUBİP LUS grafiği (The graph of the workpiece tied by one end of laser distance sensor for 15 mm)



Şekil 7. İUBİP tornalama başladığı an uç noktasının kayması (Slippage of the end point at start of turning of the workpiece tied by two ends)

miktarı farklı olacaktır. Buna bağlı olarak, A ve C deki çaplarda oluşan hatalarda farklı olacaktır. İş parçasını tornalama sonucu, 10 farklı çapta ölçme yapılmıştır. Çap küçüldükçe, sehim miktarı artmaktadır.

4.2. BUBİP Grafiği (The Graph Of Workpiece Tied By One End)

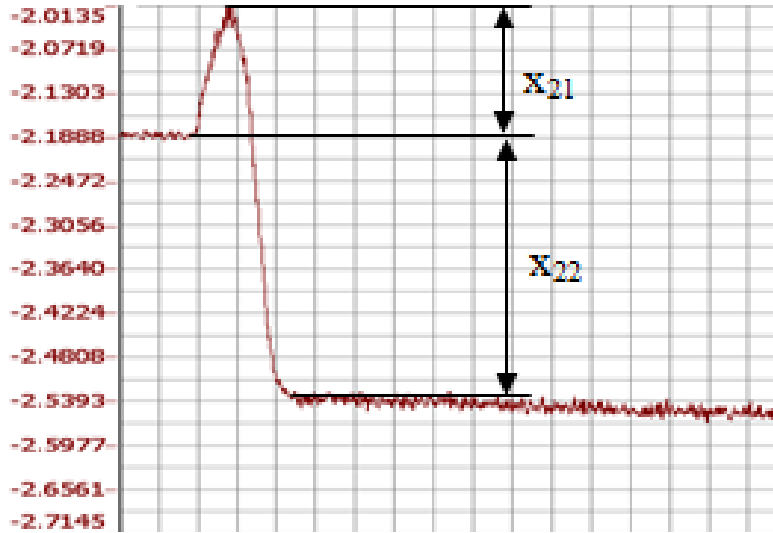
Bir ucu serbest iş parçasının tornalama sırasında sehim grafiği Şekil 8'de gösterilmiştir. Diğerinde olduğu gibi, 150 mm boyundaki iş parçası 24 mm çaptan 16 mm çapa kadar 0,625 mm talaş derinliği ve 0,420 ve 0,840 m/s kesme hızlarında tornalanmış 10 adet grafik elde edilmiştir. Uç noktada kesici takım iş parçasına temas edince talaş derinliği kadar iş parçasında ani bir sehim meydana gelmektedir.

Bu sehim miktarı ayrıntılı olarak Şekil 10'da gösterilmiştir. D noktasından başlayarak E'ye kadar orantılı azalan ve E noktasında sifira yaklaşan değerlerde sehim miktarı görülmektedir. Böylece D noktasında maksimum sehim olduğu görülmektedir. b_2 yüksekliği D ve E noktaları arasındaki sehim miktarını göstermektedir. İş parçasını tornalama sonucu, 10 farklı çapta ölçme yapılmıştır. Bu iş parçasında da diğerinde olduğu gibi, çap küçüldükçe, sehim miktarı artmaktadır.

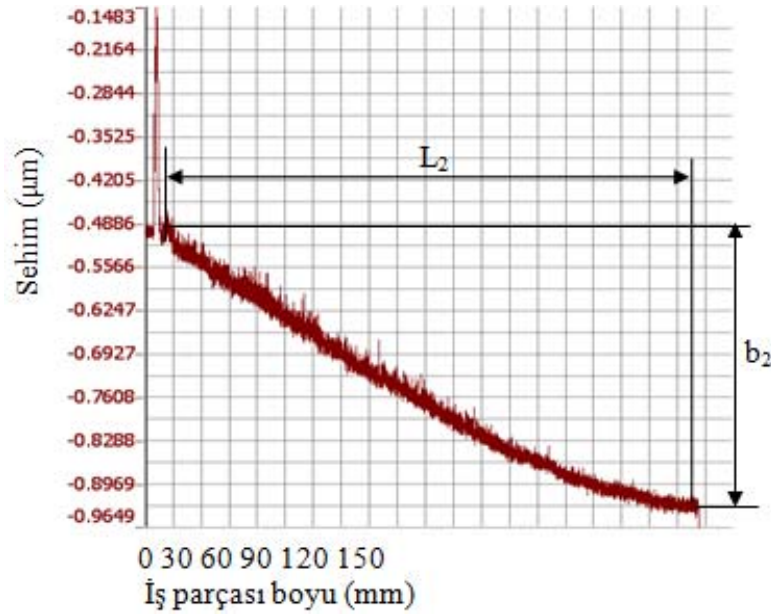
4.2.1 BUBİP Kesme Kuvvetlerine Karşı Davranışı (Behaviour Against To Cutting Forces Of The Workpiece Tied By One End)

Kesici takım iş parçasına temas ettiği an F_r kuvvetinin etkisiyle kesme işleminden önce Şekil 9'da görüldüğü gibi x_{21} kadar iş parçası eğilir. Kesme işlemi başladıktan sonra kesici takım iş parçası üzerinden bir tur talaş kaldırmasının sonucunda x_{22} kadar iş parçasının uç noktasının yüzeyi LUS cihazından uzaklaşır. x_{22} sapma miktarı, iş parçası üzerinden kaldırılan talaş kalınlığıyla aynı değildir. Normal talaş derinliği d ; eğilmeden meydana gelen b_2 ve x_{22} 'nin toplamına eşittir. Tahmini iş parçası çapı da sehimden dolayı $D_p > D_n$ olacaktır. d normal talaş derinliği x_{22} den büyüktür. İş parçasının E ve D noktalarındaki çaplar da bundan dolayı farklı olacaktır. BUBİP uç noktasında ve aynaya bağlı noktasında çapları $d_E > d_D$ olacaktır. Sehime bağlı olarak çap hatası artacaktır. İş parçasının kesme kuvvetleri etkisinde uç noktasındaki geometri Şekil 9'da gösterilmiştir. Kesici takım D noktasına doğru ilerledikçe sehim miktarının azaldığı Şekil 8'den görülmektedir.

İş parçasını tornalama öncesi ve tornalama sırasında kesici takım ve iş parçası arasındaki oluşan geometri Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10a'da tornalamadan önce genel konum; Şekil 10b'de kesici takım iş parçasını F_r radyal kuvvetiyle iter ve eğilmeye sebep



Şekil 8. Çap 16 mm BUBİP LUS grafiği (The graph of workpiece tied by one end of laser distance sensor for 16 mm)

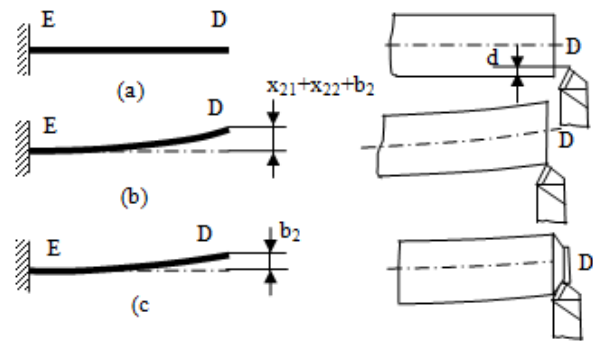


Şekil 9. BUBİP tormalama başladığı an uç noktasının kayması (slippage of the end point at start turning of the workpiece tied by one end)

olur. (Şekil 8-9'daki grafiklerde iş parçasının eğilmesi gösterilmiştir.) Şekil 10c'de ise, kesici takım iş parçasından tahmini d_a derinliğinde talaş kaldırmaya başlamıştır.

5. İŞ PARÇASININ ÇAP HATASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ (EXAMINE THE FACTORS TO EFFECT THE DIAMETRAL ERROR OF THE WORKPIECE)

İş parçalarını tormalama sırasında, iki farklı kesme hızı kullanıldı. Uzun iş parçasının tam orta kesitinde talaş derinliğinin artmasıyla çap hatasının arttığı görülmüştür. Talaş derinliği azaldıkça, kesilmeyen enine kesit alanı büyür. Talaş oluşumu için, metalin direnci arttıkça, kesme sırasında F_r ve F_t kuvvetleri de artacaktır. Kesme kuvvetlerinin artmasıyla iş parçasında daha fazla sehim oluşacaktır. Buna bağlı olarak



Şekil 10. Bir ucundan bağlı iş parçası uç noktası davranışı (behaviour of the end point of the workpiece tied by one end)

çap hatası da artacaktır. Teorik ve deneysel araştırmalar, her iki parçanın çap hatasını etkileyen faktörler; talaş derinliği, ilerleme hızı, tezgâhın rijitliği, takımın geometrisi, kullanılan kesme sıvısı ve takımın aşınma derecesi olduğunu ortaya koymaktadır. Parçaların çap hatası üzerinde önemli faktörlerin

etkisini araştırmak için sayısal öneriler yapılmıştır. 0,4-1,0 mm arasındaki talaş derinliklerinde çap hatasına etkisi sayısal değerleri eşitlik (3-4) kullanılarak hesaplanmıştır. İki ucundan bağlı iş parçasının tornalama işlemi sonrası elde edilen yeni tahmini çaplar hem LUS cihazı, hem de mikrometre yardımıyla B ve C noktalarında elde edilen sayısal değerler Tablo 1’de gösterilmiştir. Aynı metotla, Tablo 2’de bir ucundan bağlı iş parçasının aynı şekilde E ve D noktalarına göre sayısal değerleri gösterilmiştir.

Tablo 1. İUBİP sehimi ve çap hatası değerleri (Values of the deflection and diametral error the workpiece tied by two ends)

B noktasındaki çap	C noktasındaki çap	B-C farkı	LUS B-C farkı
242,800	24,17	0,110	0,0601
230,400	22,92	0,120	0,0850
219,250	21,80	0,125	0,0816
209,900	20,86	0,130	0,0800
199,350	19,80	0,135	0,0630
192,488	19,10	0,148	0,0978
183,500	18,19	0,160	0,1130
171,900	17,02	0,170	0,1220

Tablo 1’de üçüncü kolonda mikrometre kullanılarak elde edilen çap hataları dördüncü kolonda LUS cihazı ile elde edilen sehimi değerleri gösterilmiştir. Bu değerler incelenirse, sehimi ile çap hatası arasında uyum vardır. B noktasındaki değerlere göre Şekil 11a’daki grafik çizilmiştir. Düşey ekseninde maksimum ve minimum arasındaki farklar, yatay ekseninde farklı mil çapları gösterilmiştir.

Şekil 11a’da görüldüğü gibi, iş parçasının çapları büyüdükçe, sehimi ve çap hatası azalmaktadır. Bir ucundan bağlı iş parçasının sayısal değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. İUBİP sehimi ve çap hatası değerleri (Values of deflection and diametral error the workpiece tied by one end)

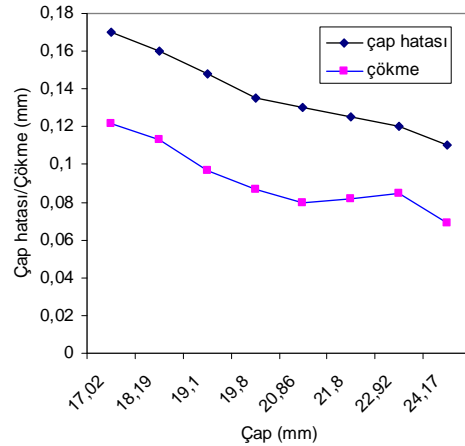
E noktasındaki çap	D noktasındaki çap	E-D farkı	LUS E-D farkı
23,88	23,77	0,055	0,0711
22,82	22,62	0,100	0,1072
21,51	21,32	0,095	0,1204
20,50	20,33	0,085	0,1241
19,48	19,22	0,130	0,1553
18,10	17,77	0,165	0,1674
17,05	16,76	0,145	0,2030
16,07	15,63	0,220	0,2834
15,04	14,47	0,285	0,3488
14,16	13,45	0,355	0,4290

Üçüncü ve dördüncü kolonlar kullanılarak Şekil 11b grafiği elde edilmiştir. Grafikte sehimi ve çap hatası orantılı değişmektedir. Çap büyüdükçe, çap hatası azalmaktadır. Yine çap artışında sehimi ve çap hatası birbirine yaklaşmaktadır. Tahmini çap D_p iş parçasının çapının artmasıyla normal çap D_n değerine yaklaştığı görülmektedir.

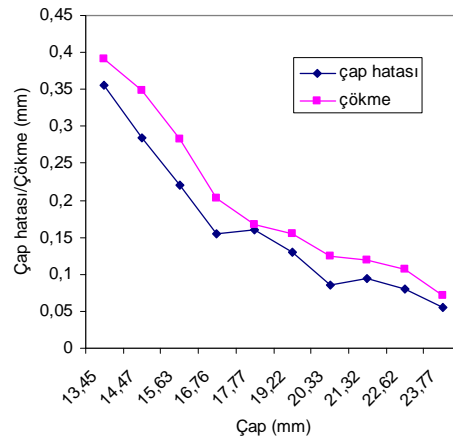
5.1. Sehimin Etkisi (Effect Of The Deflection)

İUBİP farklı çaplarda iş parçasının tam boyu ile farklı çaplarda oluşan hataların değişimi Şekil 12’de gösterilmiştir. Çap küçüldükçe çap hatası arttığı görülmektedir. İş parçasının tam orta noktasında maksimum hata meydana geldiği görülmektedir. İUBİP farklı çaplarda iş parçasının tam boyu ile farklı çaplarda oluşan hataların değişimi Şekil 13’de gösterilmiştir. Bunda da, çap küçüldükçe çap hatası artmaktadır. D ucunda çap hatası en fazla olmaktadır. İş parçasının bağlı olduğu E noktasına yaklaştıkça çap hatasının azalmasıyla sifira yaklaştığı görülmektedir.

Her iki iş parçasında da kesme hızının çap hatasına etkisi küçüktür. Şekil 14’de görüldüğü gibi kesme hızının artması ile çap hatası bir miktar azalmaktadır.

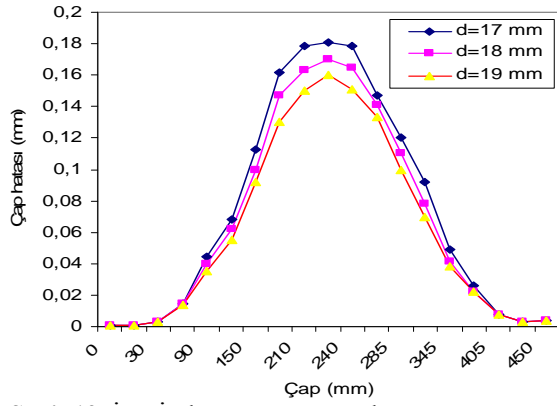


(a)

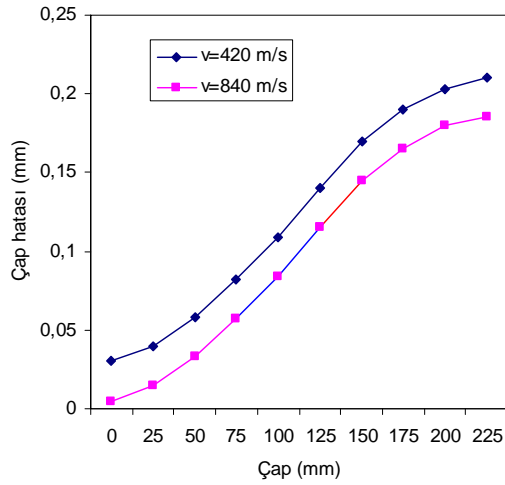


(b)

Şekil 11. İş parçalarının farklı çaplarda sehimi ve çap hatasının karşılaştırılması (a) İUBİP ve (b) İUBİP (Comparison of the deflection and the diametral errors at different diameters of the workpiece)

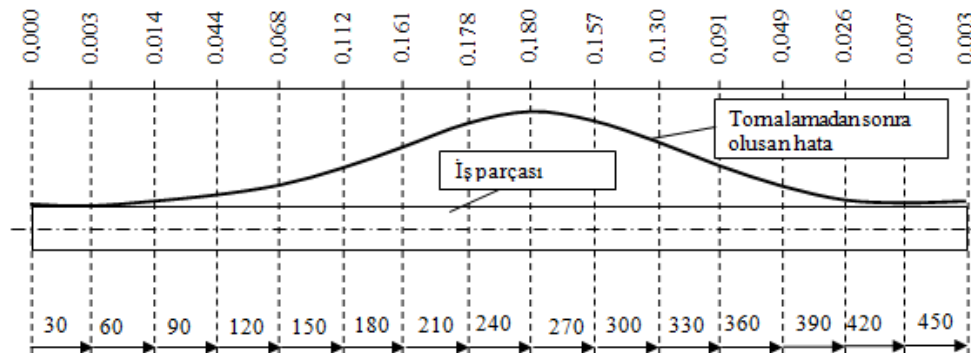


Şekil 12. İUBİP boyuna göre çap hatası (The diametral error according to the length of the workpiece tied by two ends)

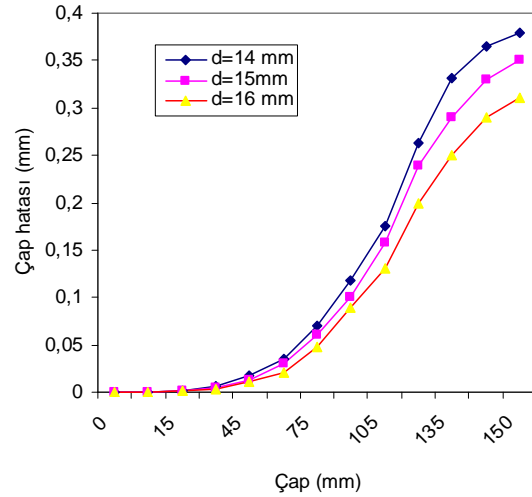


Şekil 13. BUBİP boyuna göre çap hataları (The diameter error according to the length)

Çünkü kesme kuvvetleri doğrudan özel kesme enerjisiyle orantılıdır [14]. Çap 17 mm için, İUBİP sayısal değerlere göre oluşan tahmini çap hatası Şekil 15'de gösterilmiştir. A ucunda puntanın tam rijit olmayışından bir miktar kayma vardır. Ayna bağlantısında çap hatası sıfır değere yaklaşmaktadır iş parçasının ortasında çap hatası en büyük değere ulaşmıştır. Diyagramın üstteki değerleri 17 mm çapındaki iş parçasının mm olarak çap hatası, alttaki değerler iş parçasının mm olarak boyudur.



Şekil 15. İUBİP çap 17 mm için çap hatası geometrisi (Geometry of the diametral error for diameter 17 mm of the workpiece tied by two ends)



Şekil 14. Kesme hızının çap hatasına etkisi (Effect on the diametral error of the cutting speed) of the workpiece tied by one end)

6. SONUÇ (CONCLUSION)

İki ucundan ve bir ucundan bağlı iş parçasının çap hatasının bulunması için deney yapılmıştır. Tornalama sırasında LUS cihazı yardımıyla iş parçalarının sehim değerleri kayıt edildi. LK Navigator program yardımıyla bilgiler değerlendirildi. Değişik çaplar için her iki parçadan toplam yirmi grafik elde edildi. İş parçalarında oluşan sehimler kesme hızına, ilerleme oranına, iş parçasının boyuna ve çapına bağlı olduğu görülmüştür. Tornalama sonrası iş parçasının çap hatası mikrometreyle ölçülerek deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çap hatalarını belirtmesinde oluşturulan eşitlikler de kullanılarak sayısal değerler bulunmuştur. Deneysel ve sayısal bilgilerden aşağıdaki sonuçlar çıkartılmıştır.

1. İUBİP kesici takım tam ortada iken çap hatası en büyük değere ulaşmaktadır. BUBİP kesici takım serbest uç noktasında çap hatası en büyük değerine ulaşmaktadır.
2. Aynı boydaki her iki iş parçasında çap küçüldükçe, çap hatası artmaktadır.
3. LUS cihazından elde edilen değerler, mikrometre kullanılarak elde edilen değerler ve teorik olarak elde edilen değerler arasında uyum vardır.

4. Kesme kuvveti doğrudan talaş derinliğiyle ve ilerleme oranı ile orantılı olduğu için, iş parçasının sehimi talaş derinliği veya ilerleme oranının artışıyla artmaktadır.
5. Torna üzerindeki iş parçası bağlama ünitesinin rijitliği, çap hatasının azalması yönünde etkisi olmaktadır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmada kesici takımların aşınmasının çap hatası üzerindeki etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR (REFERANCES)

1. L.Z. Qiang, "Finite element calculation of the deformation of multi-diameter workpiece during turning", **Journal of Material Processing Technology**, Vol. 98, 310-316, 2000.
2. J.R. Mayer, A.V. Phan, G. Cloutier, "Prediction of diameter errors in BAR turning: a computational effective model", **Applied Mathematical Modelling**, Vol. 24 (2000) 943-956, 2000.
3. D.A. Stephenson, M.R.Barone, G.F. Dargush, "Thermal expansion of the workpiece in turning", **Transactions of ASME**, Vol. 117, 542-550, 1995.
4. S. Yang, J. Yuan, J. Ni, "Real time cutting force induced error compensation on a turning center", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, Vol. 37, 1597-1610, 1997.
5. D.N. Reshetov, V.T. Portman, Accuracy of Machine Tools, ASME Pres, New York 1998.
6. E.Marui, M. Hashimoto, S. Karto, "Damping capacity of turning tools, part I: effect of clamping conditions and optimum clamping load", **Journal of Engineering for Industry**, Vol. 115, 362-366, 1993.
7. L. Kops, M. Gould, M. Mizrach, "Improved analysis of the accuracy in turning, based on emerging diameter error", **Journal of Engineering for Industry**, Vol. 115, 253-257, 1993.
8. R.P.H. Faassen, N. Van de Wouw, J.A.J. Dosterling and H. Nijmeter, "Prediction of regenerative chatter by modelling and analysis of high speed milling", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, Vol. 43, 1437-1446, 2003.
9. Y. El. Karamany, "Turning long workpiece by changing the machine parameters", **int. J. Mach. Tools Des. Res.**, Vol. 24, 1-10, 1984.
10. S. Yang, J. Yuan, J. Ni, "Accuracy enhancement of a horizontal machining center by real-time error compensation.", **J. Manuf Systems**, Vol. 15, No 2, 113-124, 1996.
11. J.C. Liang, H.F. Li, J.X. Yuan, J. Ni, "A comprehensive error compensation system for correction geometric, thermal, and cutting force-induced errors", **int. J. Adv. Manuf. Tech.**, Vol. 13, 708-712, 1997.
12. G. Jianliang, H. Rongdi, "A united model of diametral error in slender bar turning with a follower rest", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, Vol. 46, 1002-1012, 2006.
13. A.V. Phan, L. Baron, J.R.R. Mayer, G. Cloutier, "Finite element and experimental studies of diametral error in cantilever bar turning", **Applied Mathematical Modelling**, Vol. 27, 221-232, 2003.