

# İmalat Süreçlerinde Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi Amaçlı Dinometre Tasarımı ve İmalatı

Hüseyin Gökçe<sup>a\*</sup>, Mehtap Yavuz<sup>a</sup>, Mehmet Karayel<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, ÇANKIRI, 18000, TÜRKİYE

## MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 15.05.2017  
Kabul: 15.08.2017

### **Anahtar Kelimeler:**

Delik Delme, kesme kuvvetleri, dinamometre, yük hücresi

### **\*Sorumlu Yazar**

e-mail:  
huseyingokce@karatekin.edu.tr

## ÖZET

Bu çalışmada; delik delme sürecinde meydana gelen kesme kuvvetlerini duyarlı bir şekilde ölçebilen ve ölçülen değerleri eş zamanlı olarak bilgisayar ortamına kaydedebilen, yük hücresi (loadcell) esaslı bir dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen dinamometre ve literatürde yaygın olarak kullanılan dinamometreden elde edilen kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmıştır. Doğrulama deneyleri, Ç1040 malzemesinin 10mm çapında HSS matkaplarla delinmesiyle gerçekleştirilmiştir. Kuru kesim şartlarında yapılan deneylerde, ilerleme miktarı 0.075, 0.1 mm/dev. ve kesme hızı değeri 15, 25 m/dak. olarak seçilmiştir. Doğrulama deneylerinin sonuçları karşılaştırıldığında, imalatı gerçekleştirilen dinamometreden elde edilen verilerin ve yaygın olarak kullanılan dinamometreden elde edilen verilerle benzer sonuçlar sergilediği görülmüştür. Üretimi gerçekleştirilen bu sistemle, sektörde var olan dinamometre maliyetinin yaklaşık %5'ine tekabül eden bir maliyetle bu ölçümlerin gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

DOI:

# Dynamometer Design and Manufacturing for Cutting Force Definition on Machining Process

## ARTICLE INFO

Received: 15.05.2017  
Accepted: 15.08.2017

### **Keywords:**

Drilling, cutting force, dynamometer, load cell

### **\*Corresponding**

**Authors**  
e-mail:  
huseyingokce@karatekin.edu.tr

## ABSTRACT

In this study; A load cell based dynamometer design and manufacture has been realized in which the shear forces that can be measured in a precise manner and the measured values can be simultaneously recorded in the computer environment. The developed dynamometer and shear force values obtained from the dynamometer commonly used in the literature are compared. Verification experiments were carried out by drilling 1040 material with 10 mm diameter HSS drills. In dry cutting conditions, the feed rate is 0.075, 0.1 mm/g. and the cutting speed is 15, 25 m/min. When the results of the verification experiments are compared, it is seen that the data obtained from the manufactured dynamometer and the results obtained from the commonly used dynamometer show similar results. It has been demonstrated that with this production system, these measurements can be made at a cost corresponding to about 5% of the dynamometer cost existing in the sector.

## 1. Giriş (Introduction)

Delik delme işlemlerinde kesici takım üzerinde etkili olan kuvvet ve momentlerin büyüklüğü birçok faktöre bağlı olarak değişir. Kesme hızı, ilerleme

miktarı, takım talaş temas boyu, delik derinliği ve çapı, işlenen malzemenin özelliği, takım tezgahının özellikleri, talaş şekli, matkap geometrisi bunlardan

bazılarıdır [1-4]. Bütün bu etkenlerden dolayı, kesme kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanması zordur ve deneysel olarak ölçülmesi gerekmektedir.

Dik işleme merkezinde, matkap ile delik delme sürecinde kesme işleminin gerçekleşebilmesi için parçanın dönme hareketi ile birlikte kesicinin parçaya doğru dik yönde ilerlemesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak, etki tepki prensibi ile kesici takım iş parçasını keserken engellemeye karşılık. İşleme sürecinde kesici takım, ilerleme yönüne ters etkili bir kuvvet ( $F_z$ ) ve takımın dönme hareketine zıt yönde bir momentle ( $M_z$ ) karşı koymaktadır. Matkap ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde bu iki kuvvet etkili esas kuvvetler olarak ele alınmaktadır [5].

Talaşlı imalat sürecinde oluşan kesme kuvvetlerinin ölçülmesi amacıyla birçok kuvvet ölçer (dinamometre) geliştirilmiştir. Literatürde, kesme kuvvetlerinin ölçülebilmesi için geliştirilen bu dinamometreler genellikle gerinim ölçer ve/veya yük hücresi esaslı dinamometrelerdir. Onwualu, 4 kN'a kadar dikey kuvvetlere ve 2.2 kN.m kadar oluşan momentlere dayanımı olan maksimum 4.4 kN kuvvetleri ölçebilen bir dinamometre tasarlamıştır. Tasarladığı dinamometre ile talaş derinliği, talaş açısı ve kesme hızının kesme kuvveti üzerindeki etkilerini incelemiştir [6].

Korkut, torna tezgahında olarak kullanılabilcek gerinim ölçer esaslı ve verileri bilgisayar ortamında kaydedebilen bir dinamometrenin tasarımını ve imalatını gerçekleştirmiştir. İmal ettiği dinamometre ile kesme parametrelerini ve kesme kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir [7].

Korkut, diğer bir çalışmada, kesme sırasında oluşan üç kuvvet bileşenini ölçebilen gerinim ölçer esaslı dinamometre tasarlamıştır. Farklı kesme parametrelerinde işleme testleri yapmış ve hazırlanan dinamometrenin kesme kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir [8].

Şeker ve arkadaşları, planya ve vargel gibi kesme işlemini doğrusal hareketle yapan takım tezgahlarında kullanılması amacı ile yük hücresi esaslı bir dinamometre tasarlamış ve imal etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar teorik olarak hesaplananlarla karşılaştırılmış ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür [9].

Bu çalışmada, delik delme sürecinde kesici takıma etkiyen kesme kuvvetlerini duyarlı bir şekilde ölçen ve bilgisayar ortamına kayıt yapabilen yük hücresi esaslı bir dinamometre tasarımı yapılmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Matkapla delik delme esnasında oluşan kuvvetlerin ölçülmesi z ekseninde 10 kN, X

ve Y eksenlerinde ise 5 kN'a kadar olan kuvvetleri ölçebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Geliştirilen dinamometre tasarımıyla delik delme işlemi sonucunda elde edilen kesme kuvveti değerleri, literatürde yaygın olarak kullanılan dinamometre ile yapılan delik delme deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvveti değerleriyle karşılaştırılmış ve değerlerin benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Burada yapılan talaş kaldırma işlemi delik delme operasyonu olduğunda X ve Y ekseninde oluşan kuvvetler önemsenmeyecek derecede küçük olduğundan sadece Z yönünde elde edilen kuvvetler değerlendirilmiştir.

## 2. Malzeme ve Yöntem (Materials and Methods)

### 2.1. Deney Tasarımı, Kullanılan Kesici Takımlar ve İş Parçası Malzemesi

Deneylerde, 50x100x10 mm boyutlarında Tablo 1'de kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri verilen Ç1040 iş parçası malzemesi kullanılmıştır. İş parçası yüzeyinin yalnızca biri kullanılmış ve her bir numune üzerinde eşit aralıklarda 4 farklı kesme deneyi yapılmıştır. Tablo 2 içerisinde deneylerde kullanılan kesme parametreleri verilmiştir.

Tablo 1. Ç1040 iş parçasının kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

Ç 1040 İmalat çeliği	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Akma Gerilmesi (MPa)	Çekme Gerilmesi (MPa)	Elastik Modülü (MPa)	Sertlik Değeri (HB)
AISI/SAE 1040	0,40	0,25	0,60	361	600	190-210	190

Tablo 2. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

Deney Numarası	İlerleme Miktarı (mm/dev.)	Kesme Hızı (m/dak.)
1	0,075	15
2	0,075	25
3	0,1	15
4	0,1	25





Deneyel çalışmalarda, Ø10x140 mm boyutunda, 118° uç açısı ve 6° boşluk açısına sahip iki ağızlı yüksek hız çeliği (HSS) matkaplar kullanılmıştır. Her deneyde matkaplar değiştirilmiştir. Matkaplar takım tutucuya 100 mm boyda ve pens yardımıyla bağlanmıştır.

## 2.2. Geliştirilen Dinamometre ile Yapılan Deney Düzenegi ve Kullanılan Takım Tezgahı

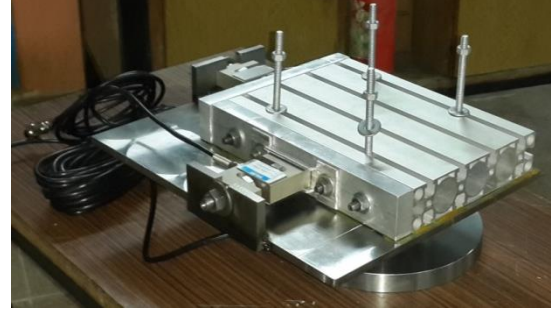
Kesme deneyleri, Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü laboratuvarında bulunan üç eksenle doğrusal ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde SIEMENS kontrol ünitesi TAKSAN TMC-500V CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır.

Matkap ile delik delmede esas kesme kuvveti değeri olan ilerleme kuvvetini Z eksenı boyunca ortaya çıkmaktadır. Z yönündeki kuvveti ölçmek için basma yönünde kullanım imkânına sahip, eksen dışı yüklere karşı yüksek mukavemetli, çelik gövdeli, 1000 kg yük kapasiteli dairesel yük hücresi kullanılmıştır. X ve Y yönündeki kuvvetleri ölçmek için ise basma ve çekme yönlerinde kullanım imkânına sahip, çelik gövdeli 500 kg yük kapasiteli S tipi iki adet yük hücresi kullanılmıştır.

Şekil 1’de dinamometre tasarımında kullanılan yük hücreleri ve diğer ekipmanlar gösterilmiştir. Bu yük hücreleri Şekil 2’de gösterildiği gibi bir tablaya çeşitli bağlama aparatlarıyla sabitlenmiştir. Yük hücrelerinden alınan veriler veri aktarma kablolarıyla indikatörlere bağlanmıştır. Her bir indikatörden elde edilen veriler ayrı ayrı RS232 seri portu üzerinden Şekil 3’de ara yüzü verilen Visual Studio programı ve C# programlama dili kullanılarak hazırlanan dinamometre yazılımına aktarılmıştır.

No	Açıklama	Resim
1	500 kg kapasiteli S tipi yük hücresi Basma-Çekme (2 adet)	
2	1000 kg kapasiteli dairesel tip yük hücresi Basma (1 adet)	
3	Veri aktarma kabloları RS232 seri port (3 adet)	
4	İndikatör (3 adet)	

Şekil 1. Dinamometre tasarımında kullanılan yük hücreleri ve diğer ekipmanlar



Şekil 2. Yük hücrelerinin çeşitli bağlama aparatlarıyla bir tablaya bağlanmasıyla oluşan dinamometre tasarımı

Bilgisayara gelen veriler dinamometre yazılımı ile 100 ms’lik zaman aralıkları ile .txt dosyası olarak kayıt altına alınmıştır. Bu sistemin oluşturulmasında, RS232 seri port çoğaltıcı ve RS232 seri portunu USB portuna çevirebilen dönüştürücü kullanılmıştır. Bilgisayara gelen veriler dinamometre yazılımı ile kayıt altına alınmıştır. Geliştirilen dinamometre tasarımı ile oluşturulan deney düzenegi Şekil 4’da verilmiştir.

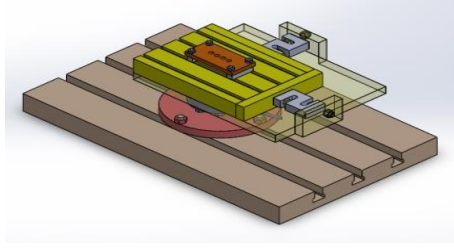
Kritik	Tarih	Saat	X_Eksen_Load	Y_Eksen_Load	Z_Eksen_Load
7	30.03.2016	30.12.1899.09.06	-0.005	0	0
80	30.03.2016	30.12.1899.09.06	0.003	0	0
81	30.03.2016	30.12.1899.09.06	0.208	0	0
82	30.03.2016	30.12.1899.09.06	-0.003	0	0
83	30.03.2016	30.12.1899.09.06	-0.611	0	0
84	30.03.2016	30.12.1899.09.06	0.66	0	0
85	30.03.2016	30.12.1899.09.06	-0.226	0	0
86	30.03.2016	30.12.1899.09.06	-0.021	0	0

(a)

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım	
05.30.2017	01:29:00.259		11,83 N	35,55 N	1485,02 N
05.30.2017	01:29:00.368		13,58 N	35,55 N	1499,3 N
05.30.2017	01:29:00.493		15,2 N	35,51 N	1515,21 N
05.30.2017	01:29:00.602		17,04 N	35,46 N	1477,58 N
05.30.2017	01:29:00.711		19,06 N	35,42 N	1428,43 N
05.30.2017	01:29:00.820		20,94 N	35,46 N	1308,26 N
05.30.2017	01:29:00.929		22,61 N	33,72 N	1177,46 N
05.30.2017	01:29:01.054		24,36 N	35,94 N	1086,36 N
05.30.2017	01:29:01.163		26,11 N	36,07 N	1049,7 N
05.30.2017	01:29:01.273		27,78 N	36,16 N	1074,09 N
05.30.2017	01:29:01.382		29,27 N	36,25 N	1086,66 N
05.30.2017	01:29:01.491		30,89 N	36,46 N	1104,36 N
05.30.2017	01:29:01.600		32,68 N	36,68 N	1113,58 N
05.30.2017	01:29:01.725		34,61 N	36,98 N	1122,43 N
05.30.2017	01:29:01.834		36,27 N	37,33 N	1143,55 N
05.30.2017	01:29:01.943		37,28 N	37,98 N	1176,41 N
05.30.2017	01:29:02.053		37,28 N	40,89 N	1209,8 N
05.30.2017	01:29:02.162		37,28 N	44,41 N	1239,03 N
05.30.2017	01:29:02.287		37,28 N	45,92 N	1261,41 N
05.30.2017	01:29:02.396		37,28 N	47,1 N	1287,07 N
05.30.2017	01:29:02.489		37,28 N	48,05 N	1325,59 N
05.30.2017	01:29:02.599		37,81 N	48,92 N	1377,49 N
05.30.2017	01:29:02.708		39,56 N	49,7 N	1424,93 N
05.30.2017	01:29:02.817		40,52 N	50,7 N	1457,73 N
05.30.2017	01:29:02.942		41,49 N	51,7 N	1501,01 N
05.30.2017	01:29:03.051		43,24 N	52,44 N	1562,21 N
05.30.2017	01:29:03.160		45,85 N	53,13 N	1612,1 N
05.30.2017	01:29:03.269		44,51 N	53,74 N	1634,04 N
05.30.2017	01:29:03.379		44,99 N	54,35 N	1650,25 N
05.30.2017	01:29:03.488		45,34 N	55,04 N	1648,39 N
05.30.2017	01:29:03.613		45,65 N	55,69 N	1653,08 N
05.30.2017	01:29:03.722		45,91 N	56,34 N	1675,39 N

(b)

Şekil 3. Geliştirilen dinamometre tasarımı için özel olarak hazırlanmış yazılımın



(a)



(b)

Şekil 4. Geliştirilen dinamometre tasarımı ile oluşturulan deney düzeneği

### 2.3. Dinamometre Sisteminin Kalibrasyonu

Dinamometrelerin tasarlanan sistem üzerine montaj işlemleri yapılmadan önce kalibrasyon ve indikatör ayarlarının yapılması gerekmektedir. Kalibrasyonların yapılabilmesi için önceden değerleri bilinen kuvvetlere/yüklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereksinimden dolayı dairesel tip ve S tipi yük hücreleri için hidrolik sistemler temel alınarak ayrı ayrı kalibrasyon düzenekleri kurulmuştur. Sabit hidrolik basınç altında hidrolik pistonda meydana gelen kuvvetler kolaylıkla hesaplanabilir. Şekil 5 ve Şekil 6'da yük hücrelerinin kalibrasyonları, Tablo 3'te ise aşağıdaki eşitliğe göre kuvvet hesaplamaları yapılmıştır. Hata değerleri hidrolik sistemdeki kayıplardan kaynaklanmaktadır ve önemsenmeyecek oranlardadır.

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

Tablo 3. Yük hücresi kalibrasyon sonuçlarının karşılaştırılması

S tipi yük hücresi					Dairesel tip yük hücresi				
Pompa basıncı (bar)	Piston çapı (mm)	Hesaplanan Kuvvet (N)	Ölçülen Kuvvet (N)	Hata (%)	Pompa basıncı (bar)	Piston çapı (mm)	Hesaplanan Kuvvet (N)	Ölçülen Kuvvet (N)	Hata (%)
38,5	25	186,6	188,5	>%1	60	40	7539,8	7542,3	>%0,4

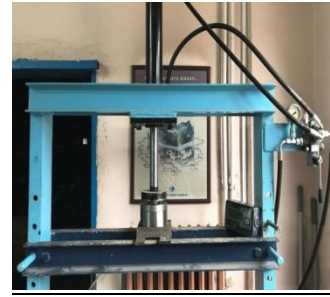


(a)

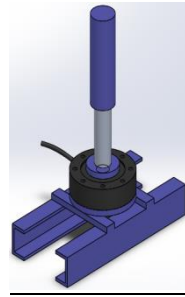


(b)

Şekil 5. Hidrolik silindir ile S tipi yük hücrelerinin kalibrasyonu



(a)

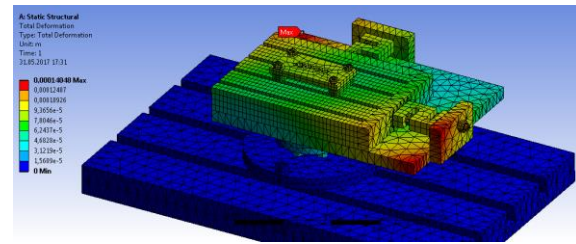


(b)

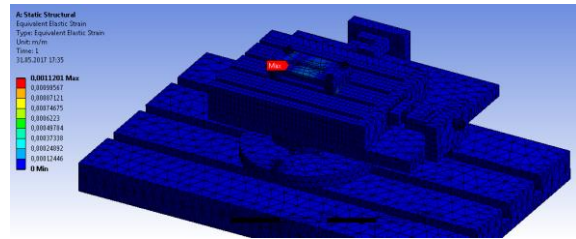
Şekil 6. Dairesel tip yük hücrelerinin kalibrasyonu

### 2.4. Dinamometre tasarım Sisteminin SAE Analizi

Dinamometre tasarım sistemi ANSYS R15 programında analiz edilerek toplam deformasyon (birim şekil değişimi) Şekil 7'de ve elastik gerilme (birim yerdeğiştirme) Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Toplam deformasyon (birim şekil değişimi)



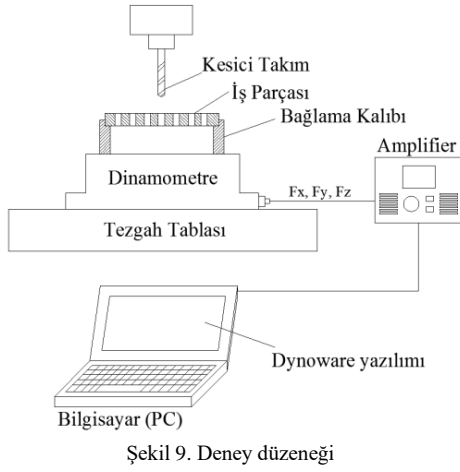
Şekil 8. Elastik gerilme (birim yerdeğiştirme)

Analiz gerçekleştirilirken X ve Y yönünde 3500N'luk kuvvetler uygulanırken Z yönünde 5000

N'luk kuvvet uygulanmıştır. Analiz sonucunda toplam deformasyon 0,1 mm civarında olurken, birim yer değiştirme 0,9 mm civarındadır.

## 2.5.Sektörde Kullanılan Dinamometre ile Yapılan Deneysel Düzenek ve Kullanılan Takım Tezgâhı

Deneysel, üç eksenli lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi JOHNFOR D VMC-550 CNC Dik İşleme Merkezinde yapılmıştır. İlerleme kuvveti ölçümleri için KISTLER 9272-A tipi dinamometre ve Kistler Type 5070 amplifier kullanılmıştır.



Şekil 9. Deneysel düzenek

İlerleme kuvvetlerini ölçmek için kullanılan deneysel düzenek bileşenleri Şekil 9'da görülmektedir. Dinamometreden elde edilen verilerin kuvvet ölçümleri Dynoware yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Dynoware programında elde edilen grafiklerde ortalama kuvvet değerleri alınmıştır.

## 3. Deneysel Sonuçları ve Tartışma (Experimental Results and Discussion)

Tablo 4'de, yaygın olarak kullanılan Kistler 9272A dinamometre ile yapılan deneyler sonunda elde edilen ortalama ilerleme kuvveti ( $F_t$ ) ve geliştirilen dinamometre tasarımı ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen ortalama ilerleme kuvveti değerleri verilmiştir.

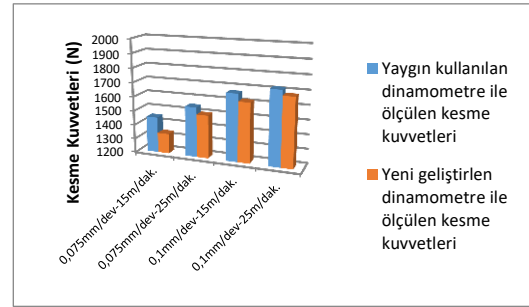
Tablo 4. Ç1040 malzemesinin delinmesinde elde edilen Ortalama İlerleme kuvveti değerleri

Kesme Parametreleri	Kistler 9272A dinamometre ile yapılan deneyler sonunda elde edilen ortalama ilerleme kuvveti değerleri (N)	Geliştirilen dinamometre ile yapılan deneyler sonunda elde edilen ortalama ilerleme kuvveti değerleri (N)
0,075mm/dev-15m/dak.	1450	1340
0,075mm/dev-25m/dak.	1550	1501
0,1mm/dev-15m/dak.	1670	1618
0,1mm/dev-25m/dak.	1720	1683

Tablo 4'deki sonuçlar ışığında çıktılar aşağıda ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

## İlerleme Kuvvetinin Değerlendirilmesi

İlerleme kuvveti ölçüm sonucu kullanılarak elde edilen kuvvet değişimleri iki farklı dinamometre ile yapılan deneyler için Şekil 10'daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 10. Dinamometre seçimine bağlı olarak ilerleme kuvveti değerlerindeki değişim

Elde edilen veriler ışığında ilerlemenin ve kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin de arttığı sonucuna varılabilir.

Geliştirilen dinamometre tasarımı ile elde edilen kesme kuvveti sonuçları ile yaygın olarak kullanılan dinamometre ile elde edilen kesme kuvvetleri sonuçları yukarıdaki grafikte karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak yeni geliştirilen dinamometre tasarımı ile yaygın kullanılan dinamometre arasında ciddi bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar arasındaki küçük farkların farklı tezgah kullanımından dolayı oluşan tezgah titreşimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuç, geliştirilen bu dinamometre tasarımının kesme kuvveti değerlerinin doğruluğunu kanıtlamıştır. Böylece yeni geliştirilen bu tasarımla piyasada var olan dinamometrelerden çok daha düşük maliyetlerle



kesme kuvveti ölçümlerinin yapılabileceği ortaya konulmuştur.

#### 4. Sonuç (Conclusion)

Bu çalışmada yük hücresi esaslı bir dinamometre tasarımı gerçekleştirilmiş ve bu dinamometre ile yapılan ölçümler piyasada yaygın olarak kullanılan bir dinamometre ile yapılam ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Her iki dinamometre ile yapılan deneylerde de iş parçası malzemesi olarak Ç1040 kullanılırken kesici takım olarak da 10 mm çaplı HSS takımlar kullanılmıştır. Yeni geliştirilen dinamometre tasarımı ile yaygın kullanılan dinamometre ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Geliştirilen bu sistemle piyasada varolan dinamometre maliyetinin yaklaşık %5'ine tekabül eden bir maliyetle bu ölçümlerin gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Diğer taraftan ilerlemenin ve kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin de arttığı söylenebilir.

#### Kaynaklar (References)

- [1] M. Akkurt, Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları. Ankara: Birsen Yayınevi, 1998.
- [2] U. Şeker, Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı. Ankara, 2000.
- [3] A. Çakır, "Al 7075 ve Al 6013 Alüminyum Malzemelerin Delme Operasyonları Esnasındaki Kesme Parametrelerinin İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2009.
- [4] A. Çakır, "AA 7075 ve AA 2024 Alüminyum Malzemelerine Delik Delinmesinde Soğutma Yöntemlerinin İşleme Performansına Etkilerinin İncelenmesi," Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2015.
- [5] M. Usta, "Tornalama Takım Tezgahlarında Delik Delme Operasyonları Sırasında Ortaya Çıkan Kesme Kuvvetleri ve Isı Etkisinin Araştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [6] A. P. Onwualu, "An Extended Octagonal Ring Dynamometer For Measurement of Forces on A Simple Tillage Tool," Nigerian Journal of Technology, vol. Vol. 21, p. 1 2002.

[7] Korkut. İ., "Torna tezgahında strain gage ile ölçüm yapan bilgisayar bağlantılı dinamometre tasarımı ve imalatı," Doktora tezi, Bilim ve Teknoloji Enstitüsü Gazi Üniversitesi Ankara, 1996.

[8] İ. Korkut, "A dynamometer design and its construction for milling operation," Materials and Design vol. 24 pp. 631–637, 2003.

[9] U. Şeker, Kurt, A., Çiftçi, İ., "Design and construction of dynamometer for measurement of cutting forces during machining with linear motion," Materials and Design, vol. 23, pp. 355–360, 2002.

#### Hüseyin GÖKÇE

1982 yılında Çankırı'da doğdu. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nden 2005 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans çalışmasını Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. Halen Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü'nde Doktora çalışmalarına devam etmektedir. Çalışma alanları; talaşlı imalat teknolojileri, deneysel mekanik veri analizleri, sonlu elemanlar analizleri ve bilgisayar destekli tasarım yaklaşımları şeklindedir.

#### Mehtap YAVUZ

1981 yılında Kayseri'de doğdu. Marmara Üniversitesi Tasarım ve Konstrüksiyon Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. Yüksek Lisans çalışmalarını aynı üniversitede bitirdi. Bu süreçte Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Gazi Üniversitesi'nde imalat teknolojileri üzerine doktora çalışmalarını tamamladı. 2010 yılında Uzman olarak atandığı Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda halen görevine devam etmektedir.

#### Mehmet KARAYEL

1984 yılında Adana'da doğdu. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nden 2010 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans çalışmasını 2013 yılında aynı üniversitede PLC tabanlı SKADA sistemleri üzerine çalışma yaparak tamamladı. Farklı devlet destekleri kapsamında projelerde görev aldı. Uzmanlık alanları PLC ve otomasyon sistemleri üzerinedir.