

AŞINMIŞ KESİCİ TAKIMLAR İLE ORTOGONAL TALAŞ KALDIRMADA KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Alper UYSAL¹, Erhan ALTAN²

¹auysal@yildiz.edu.tr Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349 İstanbul

²ealtan@yildiz.edu.tr Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349 İstanbul

ÖZET

Talaşlı şekillendirme işlemlerinde kesici takım aşınması ve aşınmanın belirlenmesi önemli problemlerden biridir. Takım aşınması arttıkça, kesme kuvvetleri de artmaktadır. Bu çalışmada, aşınmış kesici takımlarla planyalama esaslı çalışan bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar, yeni ve üç farklı aşınma değerinde serbest yüzeyi aşınmış takım kullanılarak üç farklı kesme derinliği, kesme hızı ve iki farklı talaş açısında yapılmıştır. Deneyler sonucunda, talaş kaldırmada oluşan kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin, serbest yüzey aşınma miktarına, kesme derinliğine, kesme hızına ve talaş açısına göre değişimleri belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Aşınmış Kesici Takımlar, Serbest Yüzey Aşınması, Kesme Kuvveti, Radyal Kuvvet

ABSTRACT

In machining operations, cutting tool wear and its identification is one of the fundamental problems. When tool wear increase, cutting forces also increase. In this study, experiments were carried out with worn cutting tools by shaping based computer controlled quick-stop orthogonal cutting device. Experimental studies were conducted with three different depths of cut and cutting speeds and two different rake angles by using new and worn tools having three different flank wear rates. In consequence of the experiments, variations of the cutting force, thrust force and resultant force values were determined according to tool flank wear rate, depth of cut, cutting speed and rake angle.

Keywords: Worn Cutting Tools, Flank Wear Rate, Cutting Force, Thrust Force

1. GİRİŞ

Kesici takımlar, kullanıma başlandığı anda aşınmaya başlarlar ve ömürlerini tamamlayana ya da kritik aşınma değerine ulaşıncaya kadar aşınmış olarak talaş kaldırmaya devam ederler. Aşınmış kesici takımlarla talaş kaldırmada oluşan kesme kuvvetlerinin bilinmesi, talaş kaldırma işleminin daha iyi anlaşılması ve uygulanması açısından önemlidir. Aşınmış takımların kullanıldığı talaş kaldırma işlemlerinin incelenmesi amacıyla analitik ve deneysel çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Aşınmış kesici takımlarla ince tornalama işlemlerinde kesme kuvvetlerinin tahmin edilmesi için, talaş deformasyonunun ve serbest yüzey aşınması sonucunda oluşan sürtünme kuvvetlerinin hesaba katıldığı analitik bir model ile işlem parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkileri belirlenmiştir [1].

Çalışmada, radyal kuvvetin işlem parametrelerinden özellikle de serbest yüzey aşınma miktarı ve uç radyüsünden en fazla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca kesme kuvvetleri üzerine en etkin parametrenin serbest yüzey aşınma miktarı olduğu belirlenmiş ve aşınma miktarının diğer parametrelerin etkinliğini de arttırdığı belirtilmiştir. Aşınmış kesici takımlarla talaş kaldırma işlemlerinde oluşan kesme kuvvetlerinin sayısal olarak tahmin edilmesine yönelik yapılan bir başka çalışmada, aşınmış pah kırılmış uç radyüslü takımlarla oblig kesme için model sunulmuştur [2]. Çalışmada, küçük ilerleme ve küçük kesme derinliklerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiş ve deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri ile modelden elde edilen kesme kuvveti değerlerinin uyum gösterdiği ancak kesme ve ilerleme kuvvetlerinin radyal kuvvete göre daha doğru tahmin edildiği belirlenmiştir. Kesici ağız aşınmış pah kırılmış uç radyüslü takımlarla talaş kaldırmada oluşan kesme kuvvetlerinin tahmin edilmesi için geliştirilen analitik ve deneysel bir çalışmada, iki farklı kesme hızı ve kesme derinliği ve sabit ilerleme değerinde kuru talaş kaldırma deneyleri yapılmıştır. Deneysel kesme kuvveti değerleri ile analitik olarak elde edilen kesme kuvveti değerlerinin birbirleri ile uyum gösterdiği belirlenmiştir [3]. Aynı araştırmacının aşınmış pahlı takımlarla paslanmaz çelik malzemelerin talaşlı işlenmesi sonucunda elde ettiği kesme kuvvetleri de teorik sonuçlarla uyum göstermiştir [4]. Kesici ağız aşınmış takımlarla talaş kaldırmada oluşan kesme kuvvetlerinin tahmin edilmesine yönelik geliştirilen başka bir modelin incelenmesi amacıyla hem çelik hem de küresel grafitli dökme demir iş parçaları işlenmiştir. Deneysel ve modelden elde edilen kesme kuvveti değerlerinin birbirleriyle oldukça örtüştüğü görülmüştür [5]. Kesici ağız aşınmış takımların serbest yüzeyleri ile temas halinde bulunan iş parçasında plastik deformasyonun görüldüğü bölgenin, serbest yüzey aşınması arttıkça arttığı deneysel olarak belirlenmiştir. Bu plastik deformasyon bölgesinin modellenmesi için bir model de geliştirilmiştir. Aşınmış kesici takımlar için kuvvet tahminlerinin yapıldığı bu model, dökme demir, çelik ve alüminyum iş parçaları için doğrulanmıştır. Modelden elde edilen kesme kuvvetleri ile deneylerden elde edilen kesme kuvvetlerinin $\pm\%10$ yaklaşım gösterdiği belirlenmiştir [6]. Tornalama işleminde tırlama kararsızlığı ve takım aşınması arasındaki etkileşimin anlaşılması için farklı talaş kaldırma koşullarında ve aşınmış kesici takımlarla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Kesici takım aşınması arttıkça, tırlama için kararlılık bölgesinin küçüldüğü ve kesme kuvvetlerinin arttığı belirlenmiştir [7]. Yeni kesici takımlar ile talaş kaldırmada oluşan kesme kuvvetleri ile aşınmış kesici takımlarda oluşan kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında, takım aşınması ile birlikte kesme kuvvetlerinde de artış görülmüş ve işlemin kararlılığının, parça hassasiyetinin ve yüzey pürüzlülüğünün de aşınma miktarı arttıkça olumsuz etkilendiği belirtilmiştir [8].

Bu çalışmada, serbest yüzeyi aşınmış sert metal takımlarla planyalama esaslı çalışan bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz kullanılarak pirinç malzemeler işlenmiş ve kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerleri deneysel olarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalar yeni ve üç farklı değerde kritik aşınma miktarından daha az aşınmış takımlar kullanılarak, üç farklı kesme derinliği, kesme hızı ve iki farklı talaş açısı uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 İş Parçası Malzemesi ve Kesici Takım

Talaş kaldırma işlemlerinde iş parçası malzemesi olarak, sıcak ve soğuk şekillendirilebilen Tablo 1'de kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri verilen CuZn30 (Ms70) pirinç malzeme kullanılmıştır.

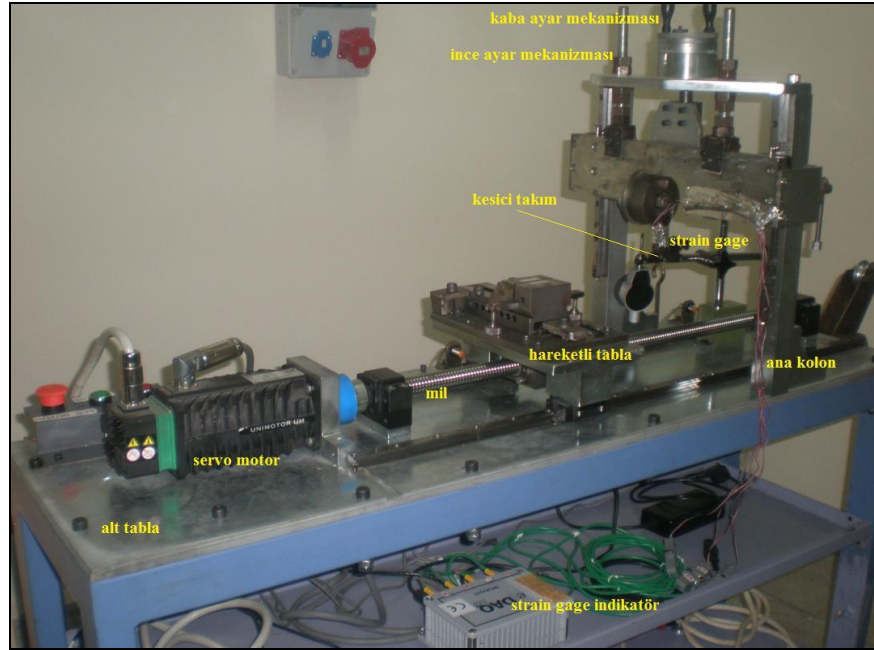
Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan CuZn30 iş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

Kimyasal Bileşim					Mekanik Özellikler			
Cu [%]	Zn [%]	Pb [%]	Fe [%]	Ni [%]	Akma Dayanımı [MPa]	Çekme Dayanımı [MPa]	Uzama [%]	Elastisite Modülü [GPa]
69,73	30,216	0,006	0,008	0,04	320	440	11	114

Yapılan deneysel çalışmalarda, Böhler Sert Maden firması tarafından üretilen sert metal TPGN 160308 kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takım boşluk açısı 11°'dir.

2.2 Deney Ekipmanları

Deneysel çalışmalar, Şekil 1'de görülen planyalama esaslı çalışan bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cihaz ile kuvvet ölçümü yapabilmekte, farklı kesme hızlarında ve kesme derinliklerinde çalışılabilir.



Şekil 1. Planyalama esaslı çalışan ani duruşlu ortogonal talaş kaldırma cihazı

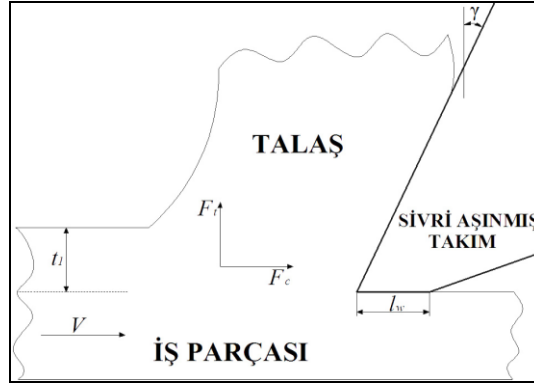
Şekil 1'deki ani duruşlu ortogonal talaş kaldırma cihazında, kesme hareketi ve hassas kesme derinliği hareketi olarak iki ana hareket gerçekleştirilmek mümkündür. Maksimum kesme hızı (hareketli tablanın ilerleme hızı) 17,5 m/dak ve duruş süresi 0,01 sn olan cihaz ile pirinç malzeme için işlenebilecek maksimum talaş kalınlığı 2 mm ve maksimum talaş genişliği 1,5 mm'dir. Cihazda kesme derinliği kontrolünü ve iş parçasının paralellliğini sağlamak için okuma hassasiyeti 0.001 mm ve ölçüm aralığı 25 mm olan Mitutoyo 543-450 B dijital komparatör kullanılmıştır. Kesici takımların aşındırılmasında Myford silindirik taşlama tezgahı kullanılmıştır. Aşındırma işlemleri, 120 mm çapında SiC taşlama taşları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Talaş kaldırma işlemlerinde kuvvet ölçümlerinin yapılabilmesi için çeyrek Wheatsone köprüsüne uygun katerin dört tarafına yapıştırılmış tek eksenli 4 adet gerinim ölçer (strain gage) ve indikatör olarak 4 kanal girişli eDAQ-lite kullanılmıştır. Ölçüm değerlerinin doğruluğu için kablo bağlantıları

soketli olmakta ve bu sayede gerinim değerlerindeki dalgalanmalar ve hatalı ölçüm olasılığı azaltılmıştır. İndikatörden verileri almak, kanal ayarlarını yapmak ve gerinim ölçerleri tanımlamak için eDAQ V3.86a programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak gerinim ölçerler tanımlanabilmekte ve kaydedilmiş test ayarlarına göre veri alımı sağlanabilmektedir. Elde edilen gerinim grafiklerindeki değerlerin okunması ve değerlendirilmesi için InField 1.6.2 programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda kesme ve radyal kuvvetler, gerinim ölçerlerden elde edilen mikro gerinim değerlerinin kalibrasyon denklemleri kullanılarak dönüştürülmesiyle elde edilmiştir.

2.3 Talaş Kaldırma Parametreleri

Yapılan deneysel çalışmalarda, yeni takım ve serbest yüzey aşınma miktarları (l_w), kritik aşınma miktarından daha az olacak şekilde, 50 μm , 125 μm ve 200 μm olan kesici takımlar kullanılmıştır. Şekil 2'de kesici ağzı aşınmış takımla talaş kaldırmaya ait şematik resim görülmektedir. Talaş kaldırma işlemleri, 0,25 m/dak, 0,5 m/dak ve 0,75 m/dak kesme hızlarında (V), 100 μm , 150 μm ve 200 μm kesme derinliklerinde (t_1) ve talaş açısı (γ) 2° ve 6° olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvveti (F_c), radyal kuvvet (F_r) ve bileşke kuvvetin (F) elde edilmesi için, belirlenen talaş kaldırma parametreleriyle toplam 54 deney yapılmıştır.

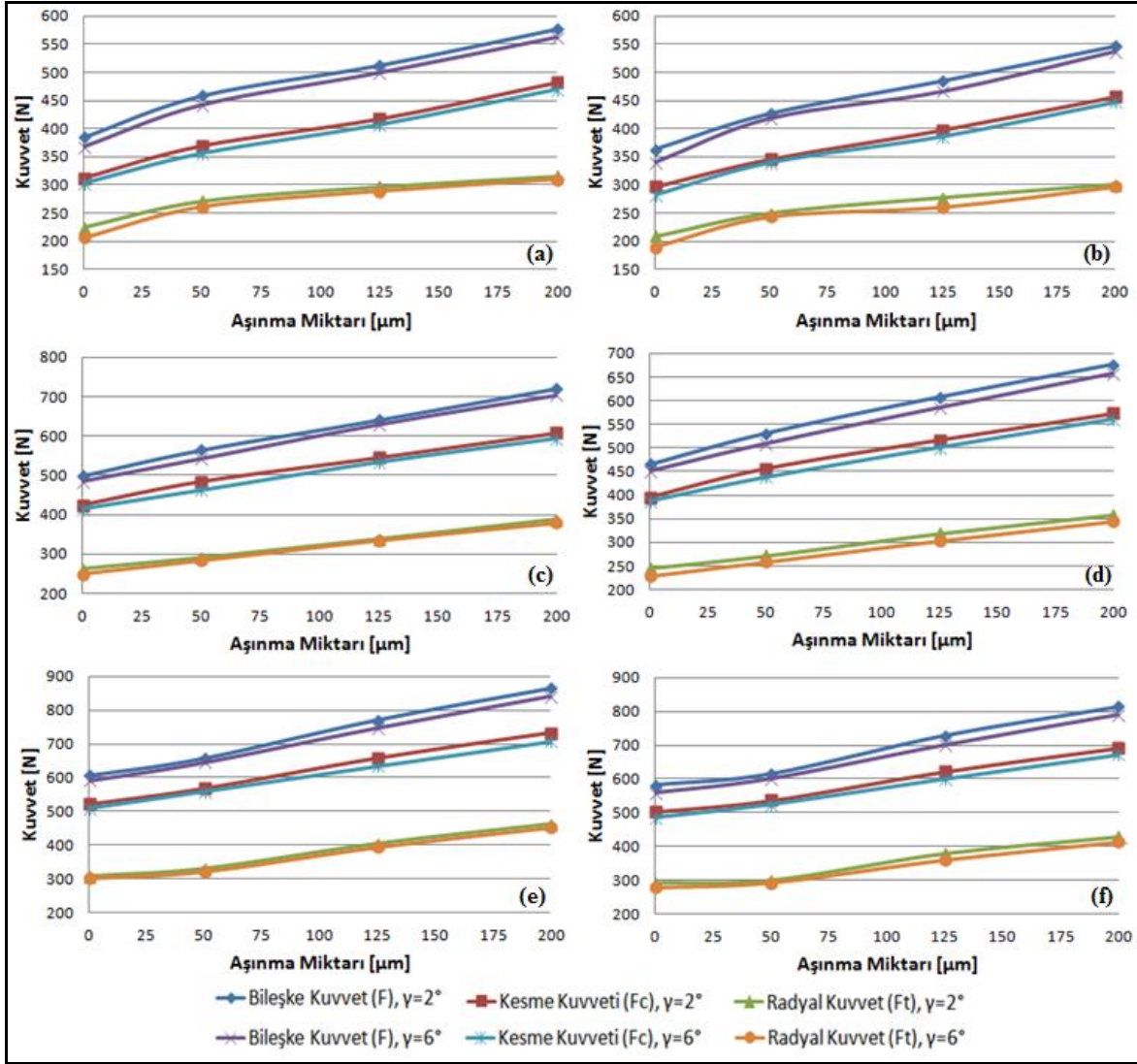


Şekil 2. Kesici ağzı aşınmış takımla talaş kaldırma

3. DENEYSEL SONUÇLAR

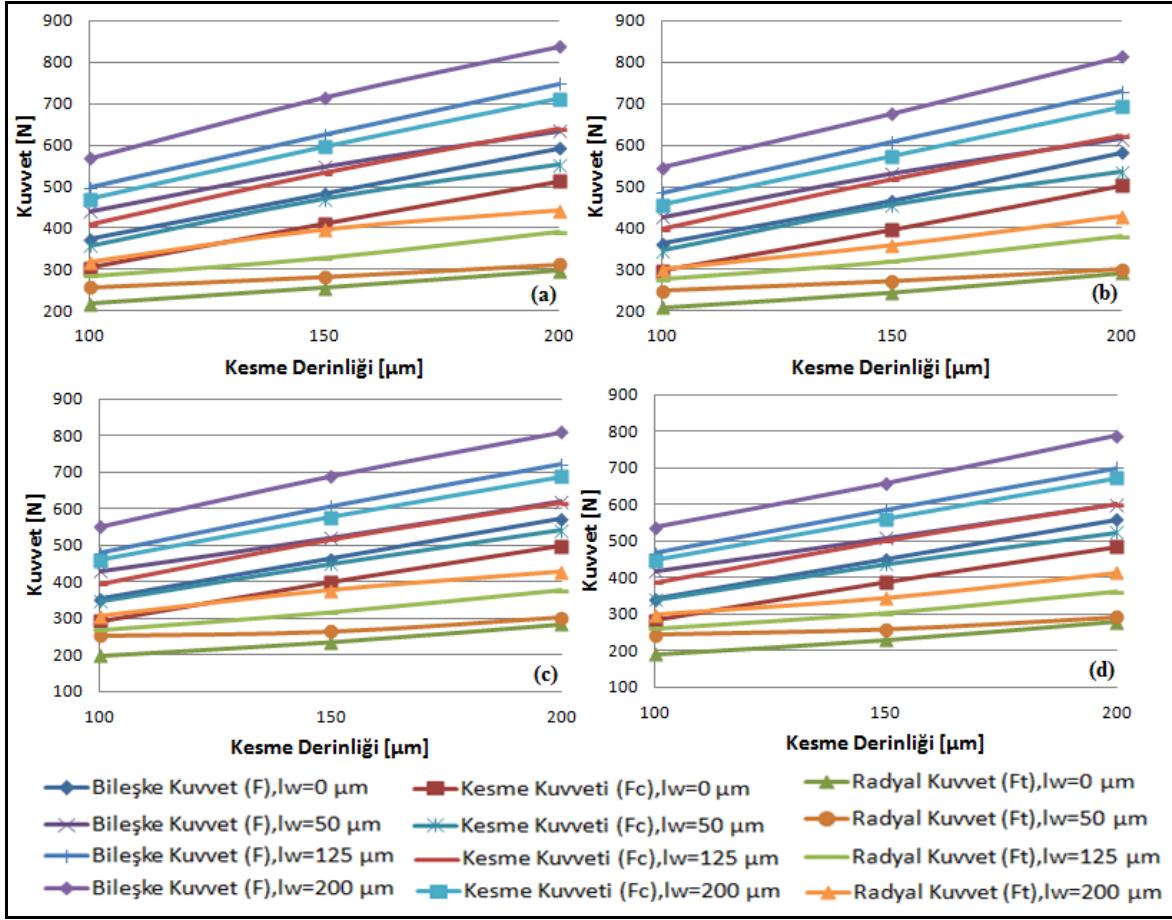
Deneylerden elde edilen kuvvet değerlerinin serbest yüzey aşınması ile değişimine ait grafikler Şekil 3'de verilmektedir. Serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin arttığı görülmektedir.

Kesme hızı 0,25 m/dak ve talaş açısı 2° olduğunda serbest yüzeyi 200 μm aşınmış takımında ölçülen kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerleri yeni takımında ölçülen kuvvet değerlerine göre sırasıyla 100 μm kesme derinliğinde %54, %41 ve %50; 150 μm kesme derinliğinde %43, %48 ve %44; 200 μm kesme derinliğinde %40, %50 ve %43 artış göstermiştir. Kesme hızı 0,75 m/dak ve talaş açısı 2° olduğunda bu değerler yeni takımında ölçülen kuvvet değerlerine göre sırasıyla 100 μm kesme derinliğinde %53, %44 ve %50; 150 μm kesme derinliğinde %45, %46 ve %45; 200 μm kesme derinliğinde %38, %47 ve %40 artış göstermiştir. Serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça, düşük kesme derinliklerinde kesme kuvvetindeki artış oranının, kesme derinliği büyüdükçe radyal kuvvetteki artış oranının daha fazla olduğu görülmektedir.



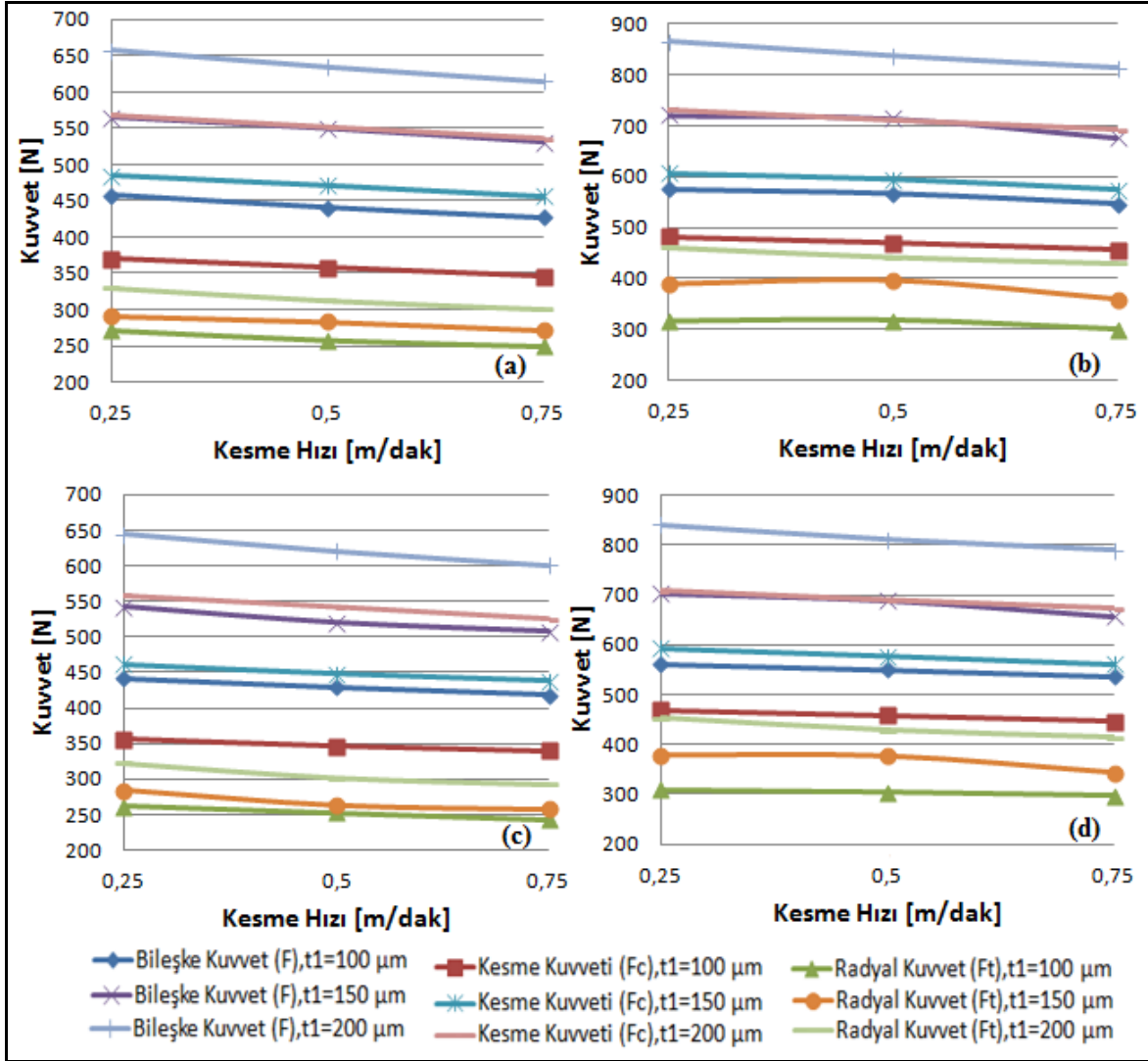
Şekil 3. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin serbest yüzey aşınma miktarı ile değişimi, a) $t_1=100 \mu\text{m}$, $V=0,25 \text{ m/dak}$, b) $t_1=100 \mu\text{m}$, $V=0,75 \text{ m/dak}$, c) $t_1=150 \mu\text{m}$, $V=0,25 \text{ m/dak}$, d) $t_1=150 \mu\text{m}$, $V=0,75 \text{ m/dak}$, e) $t_1=200 \mu\text{m}$, $V=0,25 \text{ m/dak}$, f) $t_1=200 \mu\text{m}$, $V=0,75 \text{ m/dak}$

Kesme derinliği arttıkça, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin arttığı Şekil 4'de görülmektedir. Kesme hızı 0,75 m/dak ve talaş açısı 2° olduğunda, kesme derinliğinin 100 µm'den 150 µm'e artırılması kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerini sırasıyla yeni takımda %33, %18 ve %28; 50 µm aşınmış takımında %32, %9 ve %24; 125 µm aşınmış takımında %30, %15 ve %25; 200 µm aşınmış takımında %26, %19 ve %24 arttırmaktadır. Kesme hızı 0,25 m/dak ve talaş açısı 6° olduğunda, kesme derinliğinin 150 µm'den 200 µm'e artırılması kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerini sırasıyla yeni takımında %22, %21 ve %22; 50 µm aşınmış takımında %21, %14 ve %19; 125 µm aşınmış takımında %19, %18 ve %19; 200 µm aşınmış takımında %19, %19 ve %19 arttırmaktadır. Kesme derinliği ve aşınma miktarı arttıkça kesme kuvvetindeki artış oranı azalmakta ve bileşke kuvvetteki artış oranı önce bir miktar azalmakta sonra çok fazla değişmemektedir. Ancak radyal kuvvetteki artış oranı aşınma ile birlikte önce azalmakta sonra artarak devam etmektedir.



Şekil 5'de kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin kesme hızı ile değişimine ait grafikler görülmektedir. 0,25 m/dak, 0,5 m/dak ve 0,75 m/dak kesme hızlarında yapılan deneysel çalışmalarda, kesme hızı arttıkça kesme kuvvetlerinin bir miktar azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca talaş açısının artırılması da kuvvet değerlerinin bir miktar azalmasına neden olmuştur.

Kesme derinliği 150 μm , talaş açısı 2° olduğunda serbest yüzey aşınma miktarının 50 μm 'den 200 μm 'e artırılması, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinde sırasıyla 0,25 m/dak kesme hızında %26, %34 ve %28; 0,5 m/dak kesme hızında %26, %40 ve %30; 0,75 m/dak kesme hızında %26, %32 ve %27 artışa neden olmaktadır. Aynı parametrelerde talaş açısı 6° olduğunda, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerindeki artışlar sırasıyla 0,25 m/dak kesme hızında %28, %34 ve %30; 0,5 m/dak kesme hızında %29, %43 ve %33; 0,75 m/dak kesme hızında %28, %33 ve %29 olmaktadır. Serbest yüzey aşınma miktarı ve kesme hızı arttıkça, kesme kuvvetinin artış oranı fazla değişmemekte, radyal ve bileşke kuvvetlerin artış oranları önce artıp sonra azalmaktadır. Ayrıca hem serbest yüzey aşınma miktarı hem de talaş açısı arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 5. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi
a) $l_w = 50 \mu\text{m}$, $\gamma = 2^\circ$, b) $l_w = 200 \mu\text{m}$, $\gamma = 2^\circ$, c) $l_w = 50 \mu\text{m}$, $\gamma = 6^\circ$, d) $l_w = 200 \mu\text{m}$, $\gamma = 6^\circ$

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, serbest yüzey aşınmış kesici takımlarla ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, talaş kaldırmada oluşan kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin, serbest yüzey aşınma miktarına, kesme derinliğine, kesme hızına ve talaş açısına göre değişimleri belirlenmiştir. Seçilen deney şartlarında uygulanan deneylerden elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Kesici takım serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça artan sürtünme kuvvetlerinden dolayı kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerleri artış göstermektedir.
- Kesme derinliği arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerleri artmaktadır.
- Kesme hızı arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet bir miktar azalmaktadır.
- Talaş açısı arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet bir miktar azalmaktadır.
- Serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça kuvvet değerlerindeki maksimum artış, düşük kesme derinliklerinde kesme kuvvetinde, büyük kesme derinliklerinde radyal kuvvette görülmektedir.
- Kesme derinliği ve serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça kesme kuvvetindeki artış oranı bir miktar azalmakta ve bileşke kuvveteeki artış oranı önce bir miktar azalmakta sonra çok fazla

değişmemektedir. Radyal kuvvetteki artış oranı ise serbest yüzey aşınması ile birlikte önce azalmakta sonra artarak devam etmektedir.

- Serbest yüzey aşınma miktarı ve kesme hızı arttıkça, kesme kuvvetinin artış oranı fazla değişmemekte, radyal ve bileşke kuvvetlerdeki artış oranları önce artıp sonra azalmaktadır.
- Serbest yüzey aşınma miktarı ve talaş açısı arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerleri artmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen projenin (Proje No: 29-06-01-DOP01) bir kısmını içermektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] HU, J., SONG, H. ve CHOU, Y.K., 3D cutting force analysis in worn-tool finish hard turning, **International Journal of Machining and Machinability of Materials**, 4, 1, 3-13, (2008).
- [2] LONG, Y. ve HUANG, Y., Worn tool force modeling in 3D oblique cutting under hard turning conditions, **Proceedings of the International Conference on Manufacturing Science and Engineering**, USA, (2006).
- [3] CHANG, C.S., A force model for nose radius worn tools with chamfered main cutting edge, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 38, 12, 1467-1498, (1998).
- [4] CHANG, C.S., Turning of stainless steel with worn tools having chamfered main cutting edges, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 38, 4, 291-313, (1998).
- [5] SMITHEY, D.W., KAPOOR, S.G. ve DEVOR, R.E., A new mechanistic model for predicting worn tool cutting forces, **Machining Science and Technology**, 5, 1, 23-42, (2001).
- [6] SMITHEY, D.W., KAPOOR, S.G. ve DEVOR, R.E., A worn tool force model for three-dimensional cutting operations, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 40, 13, 1929-1950, (2000).
- [7] FOFANA, M.S., EE, K.C. ve JAWAHIR, I.S., Machining stability in turning operation when cutting with a progressively worn tool insert, **Wear**, 255, 7-12, 1395-1403, (2003).
- [8] YONGHOON, C. ve RANGA, N., Experimental observations of cutting force and tool wear effects in ramp cuts in end milling, **Technical Paper – Society of Manufacturing Engineers**, MR02-167, 1-8, (2002).