



**PhD Research Article / Doktora Çalışması Araştırma Makalesi**  
**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CUTTING FORCES IN**  
**ORTHOAGONAL CUTTING USING ROUNDED EDGE WORN TOOL**

**Alper UYSAL<sup>\*1,2</sup>, Erhan ALTAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldız-İSTANBUL*

<sup>2</sup>*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 18.09.2012 Accepted/Kabul: 13.05.2013**

---

**ABSTRACT**

Cutting tools used in machining operations have slight roundness on the cutting edge regardless of their manufacturing methods. In some cases, edge of the cutting tool is specially rounded. In this study, effects of flank wear rate, cutting edge radius, uncut chip thickness, cutting speed and rake angle on cutting force, thrust force and resultant force were experimentally investigated in orthogonal cutting operations. Cutting tools having 50 µm, 125 µm and 200 µm flank wear rates and 50 µm, 100 µm and 150 µm cutting edge radii were used in experiments carried out by using quick-stop orthogonal cutting device. Experiments were carried out at three different uncut chip thicknesses (100 µm, 150 µm and 200 µm) and cutting speeds (0,25 m/dak, 0,5 m/dak and 0,75 m/dak) and two different rake angles (2° and 6°) and effects of flank wear rate, cutting edge radius and cutting parameters on cutting forces were determined. Cutting forces increased when flank wear rate, cutting edge radius and uncut chip thickness increased and slightly decreased when cutting speed and rake angle increased. Besides, micro views of the samples obtained from quick-stop device were analyzed and the effects of flank wear rate on dead metal zone formed in front of the tool were investigated. It was seen that dead metal zone became smaller when flank wear rate increased.

**Keywords:** Rounded edge worn tool, cutting forces, dead metal zone.

**KESİCİ AĞZI YUVARLATILMIŞ AŞINMIŞ TAKIMLARLA ORTOAGONAL TALAŞ KALDIRMADA KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Talaşlı şekillendirme işlemlerinde kullanılan kesici takımlar, imalat yöntemleri ne olursa olsun kesici ağızlarında belirli bir miktar yuvarlaklığa sahiptirler. Bazı durumlarda, takımların kesici ağızları özellikle yuvarlatılmaktadır. Bu çalışmada, ortogonal talaş kaldırma işlemlerinde serbest yüzey aşınmasının, kesici ağız yuvarlatma yarıçapının, kesme derinliğinin, kesme hızının ve talaş açısının kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı kullanılarak yapılan deneylerde, 50 µm, 125 µm ve 200 µm serbest yüzey aşınmasına ve 50 µm, 100 µm ve 150 µm kesici ağız yuvarlatma yarıçapına sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyler, üç farklı kesme derinliği (100 µm, 150 µm ve 200 µm) ve kesme hızı (0,25 m/dak, 0,5 m/dak ve 0,75 m/dak) ile iki farklı talaş açısı (2° ve 6°) için gerçekleştirilmiş ve serbest yüzey aşınmasının ve kesici ağız yuvarlatma yarıçapının kesme parametreleri ile birlikte kesme kuvvetlerine olan etkileri belirlenmiştir. Serbest yüzey aşınması, kesici ağız yuvarlatma yarıçapı ve kesme derinliği arttıkça kesme kuvvetleri artmakta ve kesme hızı ve talaş açısı arttıkça kesme kuvvetleri bir miktar azalmaktadır. Ayrıca, ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı kullanılarak elde edilen numunelerde mikro görüntü incelemeleri yapılmış ve serbest yüzey aşınmasının, takımın kesen ağzının önünde oluşan ölü bölgeye etkileri incelenmiştir. Serbest yüzey aşınması arttıkça ölü bölgenin küçüldüğü görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Kesici ağız yuvarlatılmış aşınmış takım, kesme kuvvetleri, ölü bölge.

---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: auysal@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 28 07

## 1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan kesici takımların kesen ağızları doğal yuvarlaklığa sahip olmakla birlikte kullanım amacına yönelik olarak özellikle yuvarlatılmaktadırlar. Keskin kabul edilen kesici ağızların doğal yarıçaplarının ölçüldüğü bir çalışmada, bu yarıçapların 0,00254 mm ile 0,0254 mm arasında olduğu belirlenmiştir [1]. Bir başka çalışmada, yaklaşık 0,0076 mm olduğu savunulan doğal kesici ağız yarıçapının kesici ağzın geri kalan kısmı ile karşılaştırıldığında fark edilebilir bir ölçü olduğu belirlenmiştir [2]. Ayrıca kesici ağzın tam olarak keskin bir şekilde imal edilememesinden ötürü her kesici takımın kesici ağzının belirli bir yarıçapa sahip olduğu savunulmakta ve keskin bir uç imal edilse de kesme işlemi başladığında hızlı bir şekilde köreleceği ve kesici ağız yarıçapının kesme işlemi devam ederken artacağı kabul edilmektedir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, kesici takımda oluşan bileşke kuvvetin, talaş yüzeyinde oluşan kesme kuvveti ile kesici ağız yarıçapı etkisiyle oluşan kuvvetin bileşkesi olduğunu da belirtmektedir [3]. Kesici ağız yarıçapları 5 – 150 µm arasında olan kesici takımların kullanıldığı bir çalışmada, büyük kesici ağız yarıçaplı takımlar ile talaş kaldırma işlemlerinde negatif talaş açısı etkisinden dolayı talaş kıvrılmasının daha fazla olduğu ve pirinç iş parçası malzemesi için takım önünde ölü bölgenin oluştuğu gözlemlenmiştir [4].

Uygulamada kullanılan takımların kısa bir süre sonra aşınmış olarak talaş kaldırma işlemine devam ettiği bilinmektedir. Kesici ağız yuvarlatılmış takımlarla ortogonal talaş kaldırma işlemlerinde takım aşınması incelendiğinde, kesici ağız yarıçapı arttıkça aşınma miktarının özellikle işlem başlangıcında olmak üzere arttığı görülmüş ve serbest yüzey aşınmasının kesme doğrultusuna paralel olacak şekilde geliştiği belirtilmiştir [5]. Serbest yüzey aşınmasının kesme ve radyal kuvvetlere etkilerinin incelendiği bir çalışmada, kesici ağız yuvarlatılmamış kabul edilen bir takımda aşınma miktarının artmasıyla kesme ve radyal kuvvetlerin arttığı görülmüştür [6]. Kesici ağız yuvarlatılmış aşınmış takımlarla talaş kaldırma işlemine yönelik yapılan modelleme ve deneysel çalışmada ise aşınmanın artmasıyla ölü bölgenin küçüldüğü belirtilmiştir [7].

Bu çalışmada, ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazında gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemlerinde serbest yüzey aşınmasının, kesici ağız yuvarlatma yarıçapının, kesme derinliğinin, kesme hızının ve talaş açısının kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet üzerine etkileri incelenmiştir. Deneyselerde, serbest yüzeyi 50 µm, 125 µm ve 200 µm aşınmış ve kesici ağızı 50 µm, 100 µm ve 150 µm yuvarlatılmış kesici takımlar ve 100 µm, 150 µm ve 200 kesme derinliği, 0,25 m/dak, 0,5 m/dak ve 0,75 m/dak kesme hızı ve 2° ve 6° talaş açısı değerleri kullanılmıştır. Ayrıca ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazından elde edilen numuneler üzerinde mikro görüntü incelemeleri yapılmış ve serbest yüzey aşınmasının, takım önünde oluşan ölü bölge gelişimine etkileri incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. İş Parçası Malzemesi

Talaş kaldırma işlemlerinde iş parçası malzemesi olarak, kolay sıcak ve soğuk şekillendirilebilen ve talaş kaldırma işlemi sırasında oluşan kayma bölgelerinin mikroskop altında incelenebilmesine olanak sağlamasından dolayı  $\alpha$  pirinci CuZn30 (Ms70) tercih edilmiştir. Ayrıca bu malzeme ile yapılan ön deneyselerde, yığılma ağız oluşumu ile karşılaşılması da tercih edilmesinde önemli bir faktör olmuştur.

Çizelge 1’de deneyselerde kullanılan CuZn30 iş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri verilmektedir. Kullanılan iş parçaları, lazer ile kesilerek 32x30x1,5 mm boyutlarında hazırlanmıştır.

**Çizelge 1.** Deneylerde kullanılan CuZn30 iş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

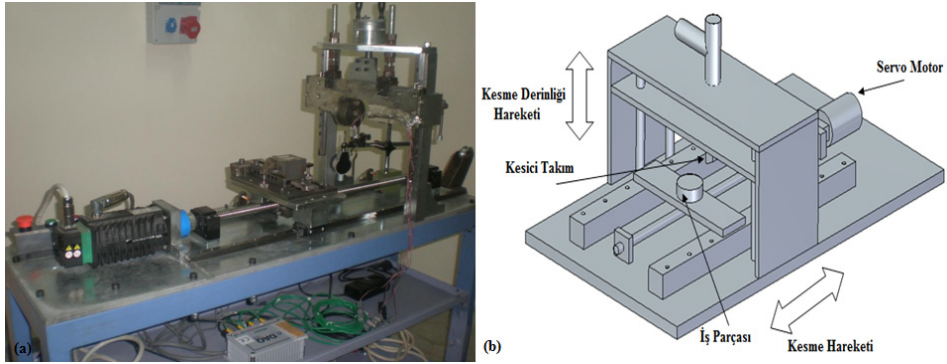
Kimyasal Bileşim					Mekanik Özellikler			
Cu [%]	Zn [%]	Pb [%]	Fe [%]	Ni [%]	Akma Dayanımı [MPa]	Çekme Dayanımı [MPa]	Uzama [%]	Elastisite Modülü [GPa]
69,73	30,216	0,006	0,008	0,04	320	440	11	114

## 2.2. Kesici Takımlar

Yapılan deneysel çalışmalarda, TPGN 160308 kesici takım ucu kullanılmıştır. Kullanılan takımların kesici ağız yuvarlıkları 50 µm, 100 µm ve 150 µm olup sırasıyla TPGN 160308-005, TPGN 160308-010 ve TPGN 160308-015 kodları ile temsil edilmektedir. Kesici takım boşluk açısı 11°'dir. Kesici ağız yuvarlatılmış takımlar Böhler Sert Maden firması tarafından imal edilmiş ve kesici ağız yuvarlaklık kontrolleri aynı firma tarafından yapılmıştır.

## 2.3. Deney Ekipmanları

Deneyler, Şekil 1'de görülen planyalama esaslı talaş kaldıran bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı (ADC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Genel anlamda ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazları, talaşın oluşmaya başladığı an ile iş parçasından koptuğu an arasındaki kısa zaman aralığında talaş kaldırma işlemini durdurarak talaş kaldırma bölgesinin incelenebileceği numunelerin elde edilmesini sağlayan mekanizmalardır. Kullanılan ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı ile kuvvet ölçümü yapabilmekte, farklı kesme hızlarında ve kesme derinliklerinde çalışılabilmektedir. Ani duruş işlemi için gerekli duruş mesafesi ve kesme hızı bilgisayar kontrollüyle gerçekleştirilmektedir.



**Şekil 1.** Planyalama esaslı talaş kaldıran a) ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı, b) şematik görünüm

Şekil 1'deki ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazında, kesme hareketi ve hassas kesme derinliği hareketi olarak iki ana hareket gerçekleştirmek 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. Test cihazında kesme derinliği kontrolünü ve iş parçasının paralellliğini sağlamak için Mitutoyo 543-450 B dijital komperatör kullanılmıştır.

Talaş kaldırma işlemlerinde kuvvet ölçümlerinin yapılabilmesi için çeyrek Wheatsone köprüsüne uygun katerin dört tarafına yapılandırılmış 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 CE 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. Kesici ağız yuvarlatılmış takımlarda oluşan dalma kuvveti de kesme kuvveti içindedir ve bileşke kuvvet, kesme ve radyal kuvvetlerden hesaplanmıştır.

Kayma bölgesi ve ölü bölgenin incelenmesi amacıyla, ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı kullanılarak talaşın iş parçasından kopmadığı numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler zımparalama, parlatma ve dağlama işlemlerinden geçirilerek mikro görüntüleri elde edilmiştir. Zımparalama ve parlatma işlemleri, Metaserv 2000 Grinder/Polisher cihazında önce sırasıyla 800, 1000 ve 1200'lük zımparalar kullanılarak zımparalama ve sonra da 1 µm elmas pasta kullanılarak parlatma işlemleri ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin parlatılma işlemleri tamamlandıktan sonra 100 ml saf su, 96 ml etanol, 59 g demir (III) klorür bileşiminden oluşan dağlama reaktifi [8] kullanılarak yaklaşık 25 sn dağlanmışlardır. Dağlama yapılan pirinç numunelerin incelenmesinde SOIF XJP-2 optik mikroskop ve resimlerin çekilmesinde Ogatech OG 5110 dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır.

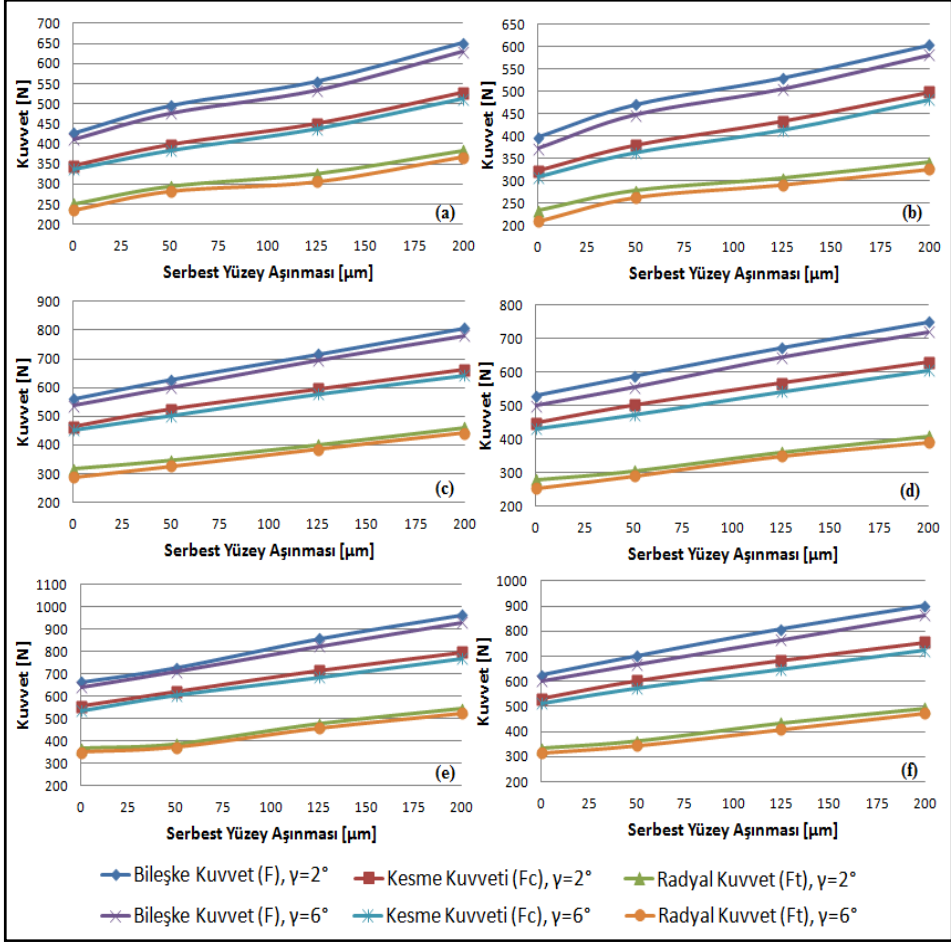
#### 2.4. Talaş Kaldırma Parametreleri ve Deneylerin Uygulanışı

Yapılan deneysel çalışmalarda, kesici ağız yuvarlatma yarıçapı ( $r$ ) 50 µm, 100 µm ve 150 µm olan takımlar kullanılmıştır. Serbest yüzey aşınma miktarları ( $l_w$ ), kritik aşınma miktarından daha az olacak şekilde 50 µm, 125 µm ve 200 µm olarak belirlenmiştir. 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 ( $\gamma$ ) 2° ve 6° olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin elde edilmesi için toplam 216 deney yapılmıştır.

#### 2.5. Deneysel Sonuçlar

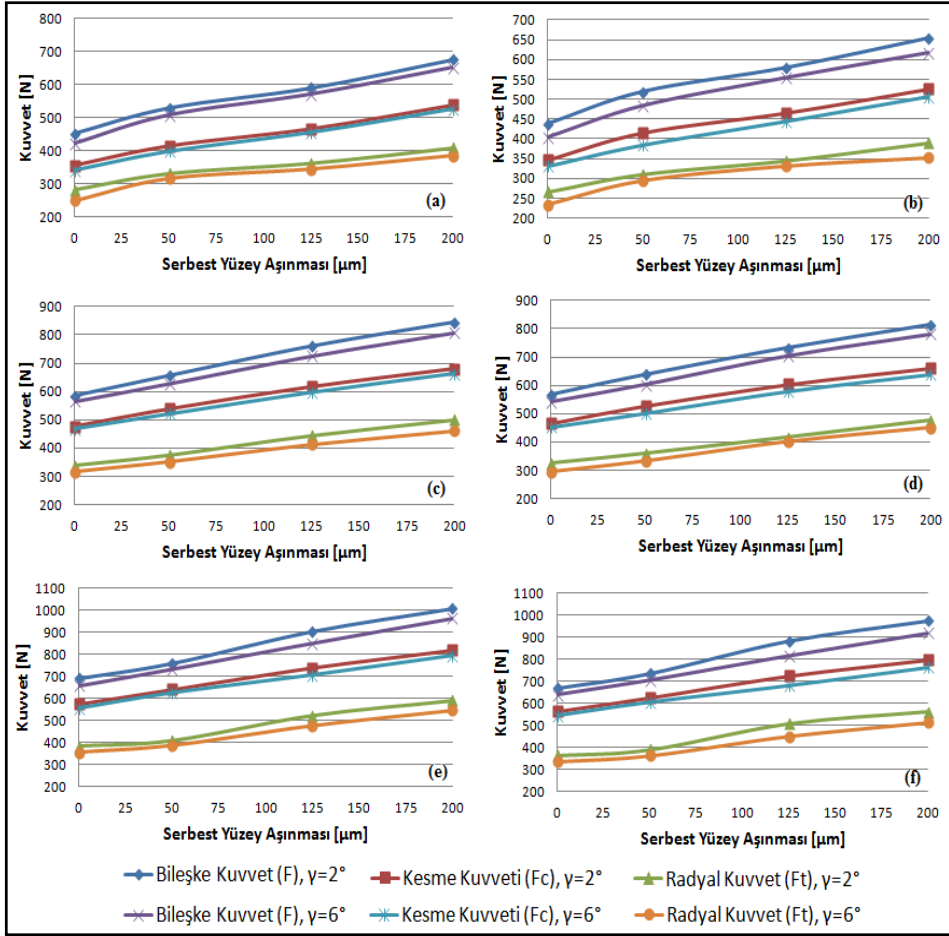
Deneylerden elde edilen kuvvet değerlerinin serbest yüzey aşınması ile değişimine ait grafikler Şekil 2 – Şekil 4 arasında verilmektedir. Serbest yüzeyi aşınmış takımlarda, kesici ağız yuvarlatma yarıçapının etkisi incelendiğinde, her iki parametrenin kuvvetleri artırma etkisi birleşmekte ve bu parametreler arttırıldığında kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet artmaktadır. Ayrıca kuvvetlerin eğri karakteristikleri birbirlerine benzemektedir. Tüm aşınma değerlerinde, en büyük kesici ağız yuvarlatma yarıçapında en büyük kesme kuvvetleri ve yuvarlatmanın olmadığı takımlarda da en küçük kesme kuvvetleri oluşmaktadır.

Serbest yüzeyi aşınmış takımlarda, kesme derinliğinin etkisi incelendiğinde, bu parametrelerin birlikte kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerini daha da arttırdığı görülmektedir.



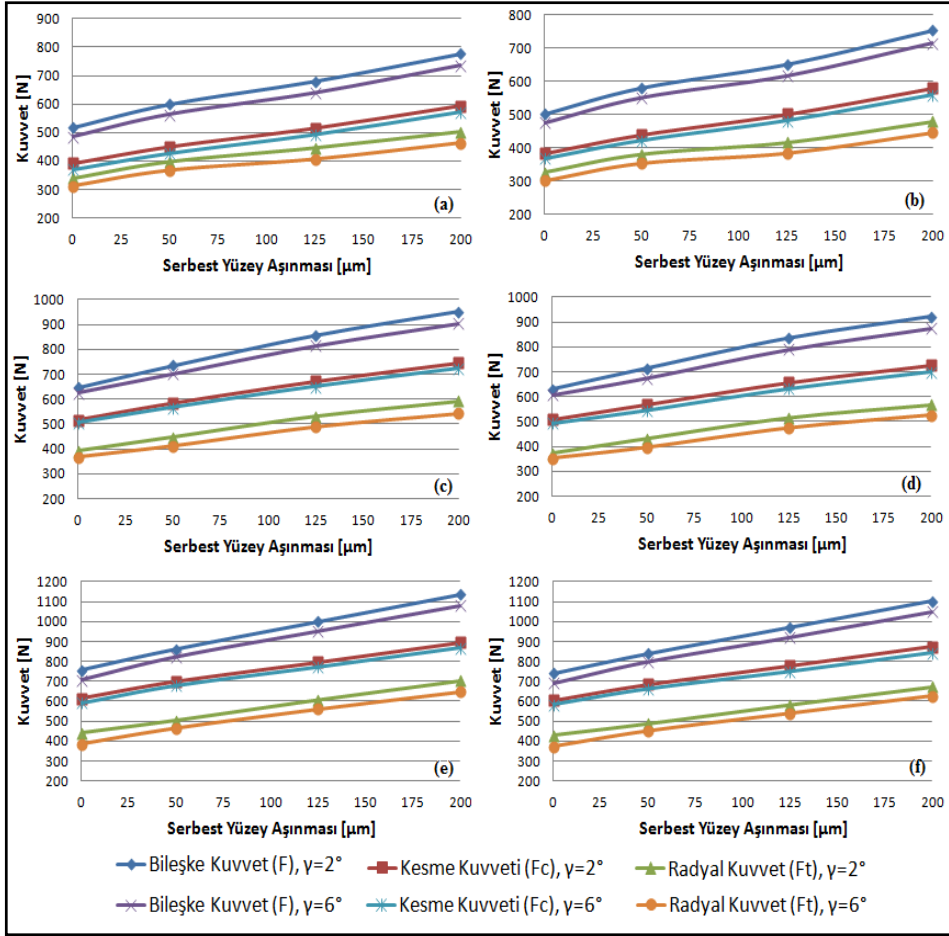
**Şekil 2.** Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin serbest yüzey aşınması ile değişimi,  $r=50 \mu\text{m}$   
a)  $t_1=100 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ , b)  $t_1=100 \mu\text{m}$ ,  $V=0,75 \text{ m/dak}$ , c)  $t_1=150 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ ,  
d)  $t_1=150 \mu\text{m}$ ,  $V=0,75 \text{ m/dak}$ , e)  $t_1=200 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ , f)  $t_1=200 \mu\text{m}$ ,  $V=0,75 \text{ m/dak}$

Serbest yüzeyi aşınmış takımlarda, kesme hızının etkisi incelendiğinde, serbest yüzey aşınmasının kuvvetleri artırma etkisine karşın kesme hızı kuvvetleri bir miktar azaltma etkisi göstermekte fakat yine de serbest yüzey aşınmasının kuvvetleri artırma etkisi üstün gelmektedir. Kesme hızının etkisi daha zayıf kalmaktadır.



Şekil 3. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin serbest yüzey aşınması ile değişimi,  $r = 100 \mu\text{m}$   
 a)  $t_1 = 100 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,5 \text{ m/dak}$ , b)  $t_1 = 100 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,75 \text{ m/dak}$ , c)  $t_1 = 150 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,5 \text{ m/dak}$ ,  
 d)  $t_1 = 150 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,75 \text{ m/dak}$ , e)  $t_1 = 200 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,5 \text{ m/dak}$ , f)  $t_1 = 200 \mu\text{m}$ ,  $V = 0,75 \text{ m/dak}$

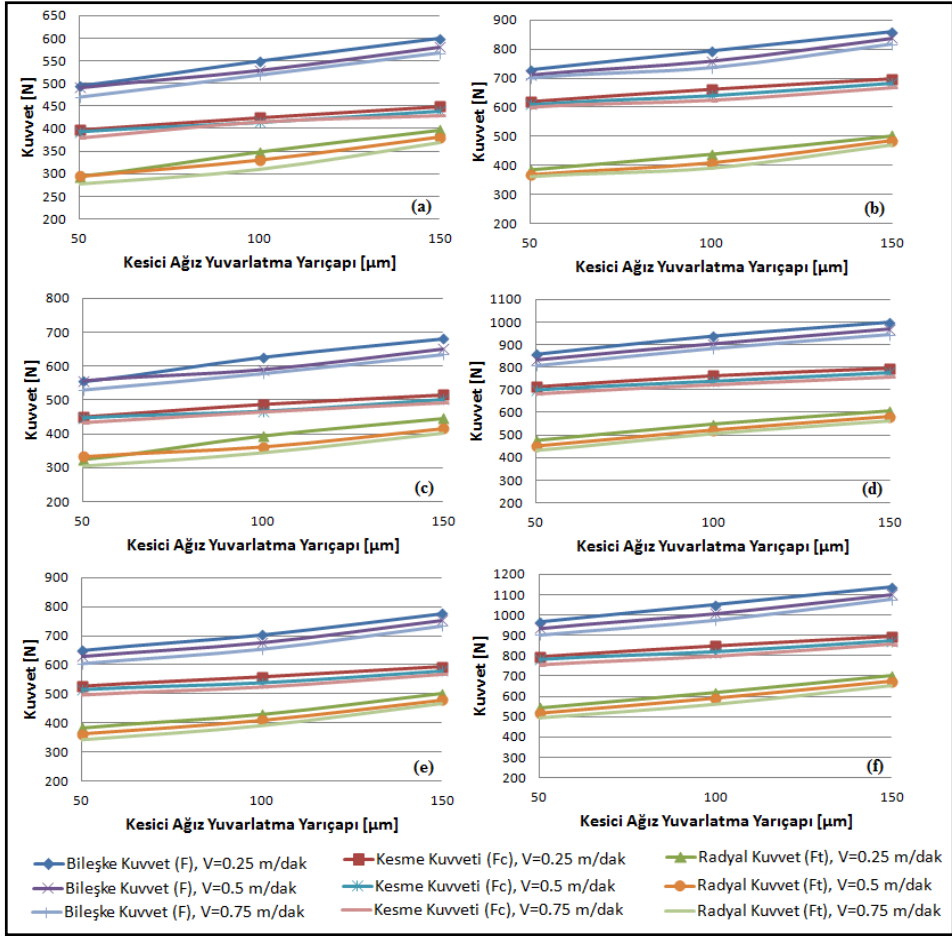
Serbest yüzeyi aşınmış takımlarda, talaş açısının etkisi incelendiğinde, talaş açısının artırılması kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvveti bir miktar azaltılmaktadır ancak serbest yüzey aşınmasının yanında kuvvetlere etki etme yönünden küçük kalmıştır.



Şekil 4. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin serbest yüzey aşınması ile değişimi,  $r=150 \mu\text{m}$   
 a)  $t_1=100 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ , b)  $t_1=100 \mu\text{m}$ ,  $V=0,5 \text{ m/dak}$ , c)  $t_1=150 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ ,  
 d)  $t_1=150 \mu\text{m}$ ,  $V=0,5 \text{ m/dak}$ , e)  $t_1=200 \mu\text{m}$ ,  $V=0,25 \text{ m/dak}$ , f)  $t_1=200 \mu\text{m}$ ,  $V=0,5 \text{ m/dak}$

Kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin kesici ağız yuvarlatma yarıçapı ile değişimine ait grafikler Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmektedir. Kesici ağız yuvarlatılmış takımlarda, kesme derinliğinin etkisi incelendiğinde, her iki parametrenin de kuvvetleri artırma etkisinden dolayı bu parametreler arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet artmaktadır.

Kesici ağız yuvarlatılmış takımlarda, kesme hızının etkisi incelendiğinde, kesme hızının artırılmasının kuvvetleri azaltma eğilimi, kesici ağız yuvarlatma yarıçapının kuvvetleri artırma eğilimine göre daha düşük kalmaktadır. Bu durumda kesme hızı arttıkça kuvvetler azalmakta ancak hem kesme hızı hem de kesici ağız yuvarlatma yarıçapı arttırıldığında kuvvetler artmaktadır.

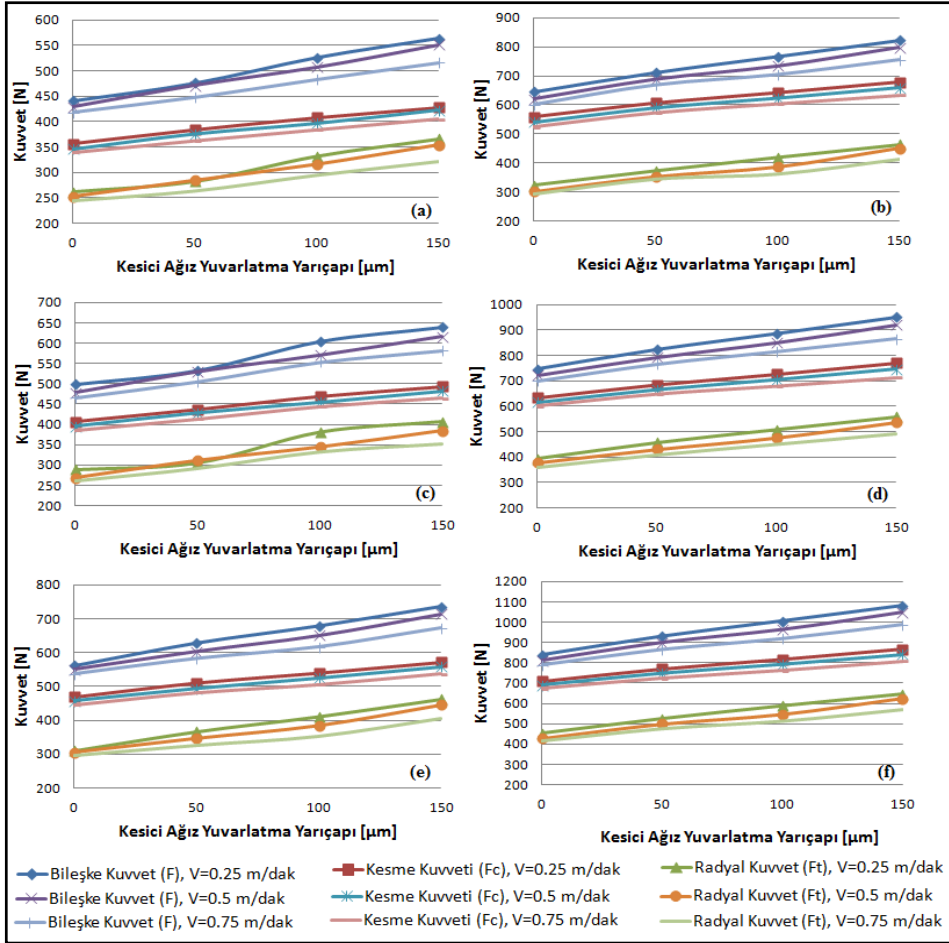


Şekil 5. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin kesici ağız yuvarlatma yarıçapı ile değişimi,  $\gamma = 2^\circ$

- a)  $l_w = 50 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 100 \mu\text{m}$ , b)  $l_w = 125 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 100 \mu\text{m}$ , c)  $l_w = 200 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 100 \mu\text{m}$ ,  
d)  $l_w = 50 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 200 \mu\text{m}$ , e)  $l_w = 125 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 200 \mu\text{m}$ , f)  $l_w = 200 \mu\text{m}$ ,  $t_1 = 200 \mu\text{m}$

Kesici ağız yuvarlatılmış takımlarda, talaş açısının etkisi incelendiğinde, talaş açısının artırılmasının kuvvetleri azaltma eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak hem talaş açısı hem de kesici ağız yuvarlatma yarıçapının artırılması sonucunda kesici ağız yuvarlatma yarıçapının daha etkin parametre olmasından dolayı kuvvetler artmaktadır.



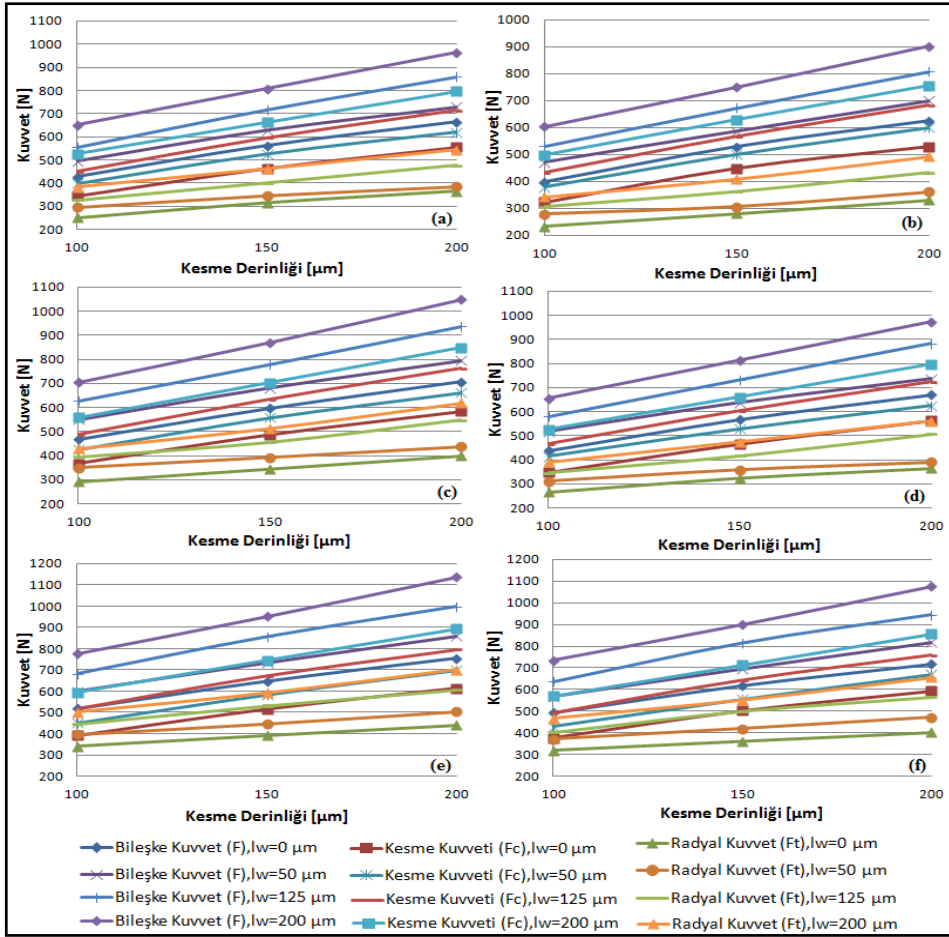


Şekil 6. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin kesici ağız yuvarlatma yarıçapı ile değişimi,  $\gamma = 6^\circ$

- a)  $l_w = 50$  µm,  $t_1 = 100$  µm, b)  $l_w = 125$  µm,  $t_1 = 100$  µm, c)  $l_w = 200$  µm,  $t_1 = 100$  µm,  
d)  $l_w = 50$  µm,  $t_1 = 200$  µm, e)  $l_w = 125$  µm,  $t_1 = 200$  µm, f)  $l_w = 200$  µm,  $t_1 = 200$  µm

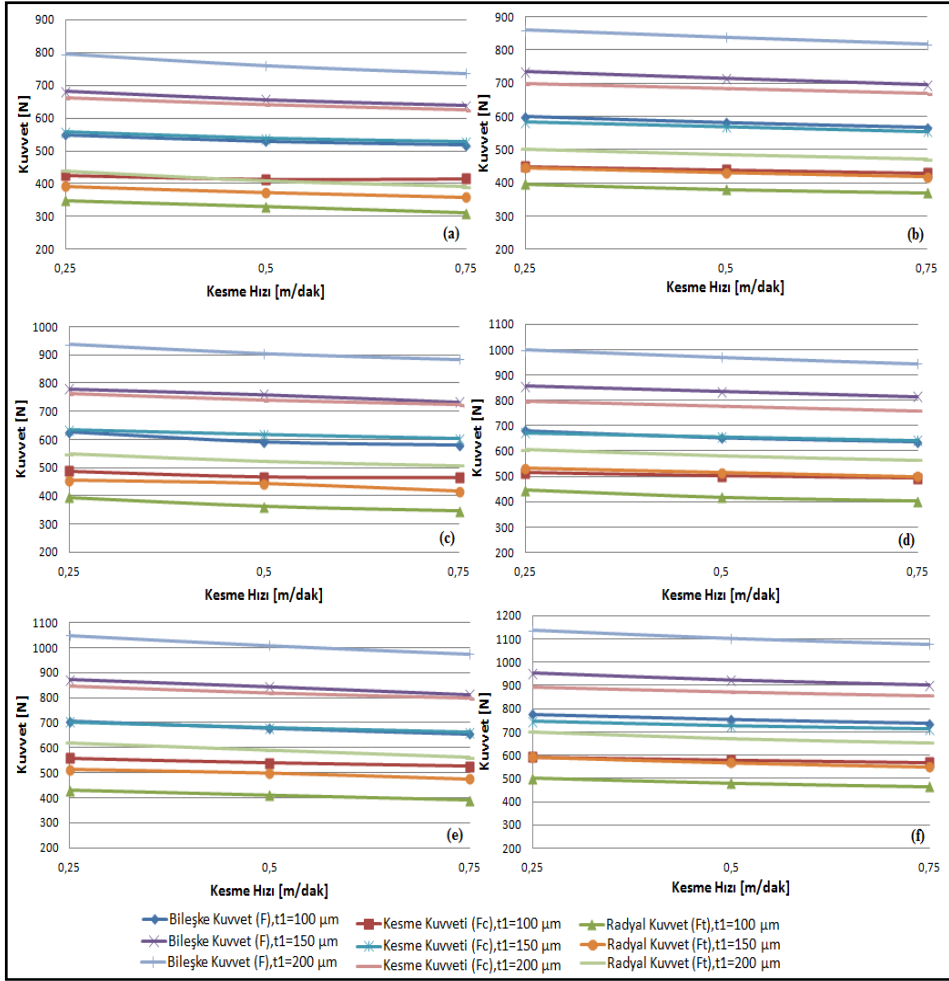
Kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin kesme derinliği ile değişimine ait grafikler Şekil 7'de verilmektedir. 100 µm, 150 µm ve 200 µm kesme derinliği değerlerinde yapılan deneysel çalışmalarda kesme hızının artırılması kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinde bir miktar azalmaya neden olmaktadır. Kesme hızının artırılmasının kuvvetleri azaltma eğilimine rağmen kesme derinliğinin artırma eğilimi daha etkin olduğundan her iki parametrenin de arttığı durumlarda kuvvetler de artış göstermektedir.

100 µm, 150 µm ve 200 µm kesme derinliği değerlerinde yapılan deneysel çalışmalarda talaş açısının etkisi incelendiğinde, talaş açısının artırılmasının kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvveti azalttığı görülmektedir. Ancak hem kesme derinliği hem de talaş açısı artırıldığında, kuvvetlerin kesme derinliğinin etkisinden dolayı arttığı belirlenmiştir.



Şekil 8'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 talaş açısının etkisi incelendiğinde, hem kesme hızının hem de talaş açısının kuvvetleri azaltma etkisinden dolayı kuvvetlerin azaldığı görülmüştür.

Kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet, serbest yüzey aşınması 200  $\mu\text{m}$ , kesici ağız yuvarlatma yarıçapı 150  $\mu\text{m}$ , kesme derinliği 200  $\mu\text{m}$ , kesme hızı 0,25 m/dak ve talaş açısı  $2^\circ$  olduğunda en büyük ve kesici ağız yuvarlatılmamış ve aşınmamış takımın kullanıldığı, kesme derinliği 100  $\mu\text{m}$ , kesme hızı 0,75 m/dak ve talaş açısı  $6^\circ$  olduğunda en küçük değeri almaktadır.

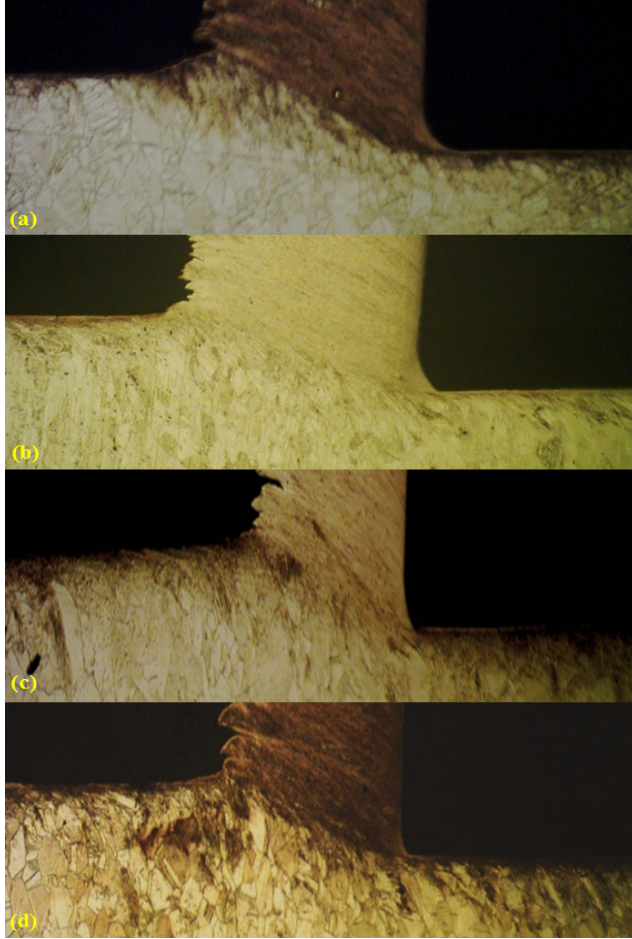


Şekil 8. Kesme, radyal ve bileşke kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi,  $\gamma = 2^\circ$

a)  $l_w = 50 \mu\text{m}$ ,  $r = 100 \mu\text{m}$ , b)  $l_w = 125 \mu\text{m}$ ,  $r = 100 \mu\text{m}$ , c)  $l_w = 200 \mu\text{m}$ ,  $r = 100 \mu\text{m}$ ,

d)  $l_w = 50 \mu\text{m}$ ,  $r = 150 \mu\text{m}$ , e)  $l_w = 125 \mu\text{m}$ ,  $r = 150 \mu\text{m}$ , f)  $l_w = 200 \mu\text{m}$ ,  $r = 150 \mu\text{m}$

Ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen numunelerin mikroskopla incelenmesi sonucunda kesici ağız yuvarlatılmış serbest yüzeyi aşınmamış ve aşınmış takımlarda ölü bölgeye rastlanmaktadır. Serbest yüzey aşınması arttıkça ölü bölge oluşumuna neden olan kesici ağız yuvarlaklığı azalmakta ve ölü bölge küçülmektedir. Bu durum, Şekil 9'da verilen ölü bölgeye ait mikro görüntülerinde açıkça görülmektedir. Aşınmanın olmadığı takıma ait Şekil 9a'daki mikro görüntü ile 200  $\mu\text{m}$  aşınmış takıma ait Şekil 9d'de verilen mikro görüntü karşılaştırıldığında, aynı kesici ağız yuvarlatma yarıçapı için ölü bölgenin serbest yüzey aşınması arttıkça küçüldüğü anlaşılmaktadır.



**Şekil 9.** Kesici ağzı 100 µm yuvarlatılmış takımlarda ölü bölge,  $V=0,5$  m/dak,  $t_1=150$  µm,  $\gamma=2^\circ$   
a) aşınma yok, b) 50 µm, c) 125 µm, d) 200 µm aşınmış takımlar (100x)

### 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kesici ağzı yuvarlatılmış serbest yüzeyi aşınmış takımlarla talaş kaldırmada oluşan kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet değerlerinin, serbest yüzey aşınmasına, kesici ağız yuvarlatma yarıçapına, kesme derinliğine, kesme hızına ve talaş açısına göre değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen numunelerin mikro görüntüleri incelenmiş ve serbest yüzey aşınmasının ölü bölge üzerine etkisine bakılmıştır. Seçilen deney şartlarında uygulanan deneylerden elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Kesici ağzı yuvarlatılmış aşınmış takımlarda, kesici ağız yuvarlaklığının negatif talaş açısı etkisinden dolayı ölü bölgenin oluştuğu ve serbest yüzey aşınması arttıkça ölü bölge oluşumuna neden olan kesici ağız yuvarlaklığının azaldığı ve ölü bölgenin küçüldüğü görülmüştür. Ölü bölgenin küçülmesiyle dalma kuvveti azalmakta ancak aşınma miktarındaki

artıştan dolayı sürtünme kuvveti artmaktadır. Bu durum kesme kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır.

- Kesici takım serbest yüzey aşınması arttıkça artan sürtünme kuvvetlerinden dolayı kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet artmaktadır.
- Kesici ağız yuvarlatma yarıçapı arttıkça ölü bölge büyümekte, dalma kuvveti artmaktadır. Bundan dolayı kesici ağız yuvarlatma yarıçapının artırılması kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvetin artmasına neden olmaktadır.
- Kesme derinliği arttıkça kesme kuvveti, radyal kuvvet ve bileşke kuvvet 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.

#### **Acknowledgments / Teşekkür**

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 29-06-01-DOP01).

#### **REFERENCES / KAYNAKLAR**

- [1] Albrecht P., “New Developments in the Theory of Metal Cutting Process”, Journal of Engineering for Industry, 82,348 – 358, 1960.
- [2] Palmer WB.,Yeo RC., “Metal Flow Near the Tool Point During Orthogonal Cutting with a Blunt Tool”, 4th International MTDR Conference, Oxford, 1963, 61-71.
- [3] Okushima K.,Kakino Y., “Study on the Generating of Machined Surface”, Bulletin of Japan Society of Mechanical Engineers, 12, 49, 141–148, 1969.
- [4] Kountanya RK.,Endres WJ., “A High-Magnification Experimental Study of Orthogonal Cutting with Edge-Honed Tools”, Proceedings of 2001 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, New York, 11-16 Kasım 2001, 1-8.
- [5] Kountanya RK.,Endres WJ., “Flank Wear of Edge-Radiused Cutting Tools under Ideal Straight-Edged Orthogonal Conditions”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 126, 496–505, 2004.
- [6] Long Y.,Huang Y, Sun X., “Combined Effects of Flank and Crater Wear on Cutting Force Modeling in Orthogonal Machining–Part II: Bayesian Approach–Based Model Validation”, Machining Science and Technology, 14, 24–42, 2010.
- [7] Zhang Z., “Slip Line Modeling of Machining with Worn blunt Cutting Tools”, Doktora Tezi, Michigan Technological University, 2008.
- [8] “Metallography and Microstructures”, ASM Handbook Vol. 9, 2004.