

BİR TALAŞ KALDIRMA MODELİNİN ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ

Volkan APAYDIN*, Alper UYSAL, Erhan ALTAN*****

*volkanapaydin@hotmail.com Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349-İstanbul

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

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

ÖZET

Talaş kaldırma mekanizmasının daha iyi anlaşılması ve modellenmesi amaçlarıyla pek çok araştırma yapılmıştır. Talaş kaldırmaya ait bugüne kadar geliştirilen modellerin çoğunda, modellemeyi basitleştirmek ve hesaplamalarda kolaylık sağlamak için çeşitli parametreler ve kesici ağız yuvarlaklığı gibi etkiler gözönüne alınmamıştır. Kesici ağız yuvarlatmanın etkisinin önemi, özellikle mikro ve nano ölçekli talaş kaldırma gibi yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte artmıştır.

Bu çalışmada; Manjunathaiah'ın yuvarlatılmış kesici ağızlı takım ile yapılan talaş kaldırma için önermiş olduğu kuvvet modeli, Schimmel'in kesici ağız yuvarlatılmış takımlarla yaptığı talaş kaldırma işlemlerindeki çalışmalarında elde ettiği deneysel veriler kullanılarak incelenmiş, Manjunathaiah'ın modelinin geçerliliği analiz edilerek çinko iş parçası malzemesinin talaşlı işlenmesinde modelin kullanılabilirliği ve modelde gerilme faktörünün etkisi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kayma Hatları Modellemesi, Kesici Ağız Yuvarlatılmış Takımlar,

ABSTRACT

Many researches, which were purposed better understanding and modeling of metal cutting. So far on the many developing models related to metal cutting, various parameters and such as the effects of cutting edge roundness were not taken into account to simplify modeling and provide convenience at calculations. The importance of cutting edge rounding effects increased with the emergence of new technologies, especially as micro- and nano-scale metal cutting.

In this study; a force model of Manjunathaiah, which was offered to metal cutting with cutting edge roundness tool, was studied by using the experimental data of Schimmel obtained from the metal cutting studies carried out by using cutting edge roundness tools. Verify of Manjunathaiah's force model was analyzed and the usability of the model on machining of zinc workpiece material and the effect of stress factor on the model were examined.

Keywords: Slip Line Modeling, Rounded Edge Cutting Tool

1. GİRİŞ

Talaş kaldırma mekaniğinin anlaşılması ile ilgili ilk önemli adımlar, Merchant'ın 1944 yılında gerçekleştirdiği araştırma ile atılmıştır. Merchant'ın önermiş olduğu model talaş kaldırma işleminin modellenmesi ve özellikle de talaş kaldırma kuvvetlerinin tahmin edilmesi açısından oldukça önemli bir başlangıç çalışması olmasına karşın, uygulanabilirlik ve doğruluk bakımından bazı sınırlamalara sahiptir. Bu sınırlamaların en önemlisi, modelde yapılmış olunan mükemmel keskinliğe sahip kesici takım kabulüdür. Gerçekte, "keskin" olarak tanımlanan kesici ağızlar bile doğal bir yuvarlaklığa sahiptir. Genellikle ticari talaş kaldırma takımları 5 ile 250 µm arasında değişen takım ağız yarıçaplarına sahiptirler [1].

Bouzakis vd. (2002) ve Rech ve Schaff (2006) honlama ya da mikro-kumlama yöntemlerinden birini kullanarak, çeşitli ağız yarıçaplarına sahip sinterlenmiş karbür uçlar üretmişler ve bu takımların frezeleme işlemi esnasındaki aşınma davranışlarını incelemişlerdir [2,3]. Endres ve Kountanya, (2002) köşe yarıçapının ve ağız yarıçapının serbest yüzey aşınması üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve talaş kaldırma kuvvetlerini incelemişlerdir [4].

Ranganath vd. (2005) ve (2007) yapmış oldukları çalışmalarda, yuvarlatılmış ağızlı takımlarla talaş kaldırma esnasındaki kuvvetleri belirleyen yeni mekanistik modeller ve talaşlı imalattaki kuvvet katsayıları için yeni bir deneysel yöntem önermişlerdir [5,6].

Sonlu elemanlar metodunu kullanarak; yuvarlatılmış ağız yarıçapının kesme kuvvetleri, sıcaklık, gerilme, gerinme ve gerinme hızı gibi işlem değişkenleri üzerine etkilerini inceleyen Sartkulvanich vd. (2004) ve Yen vd. (2004), kesici ağız hazırlığının işlem parametrelerine ve kesici takım performansına olan etkilerini araştıran Özel (2003) ve talaş oluşumu için yeni geliştirdikleri analitik model ve ticari olarak bulunabilen bir sonlu elemanlar modeli için bir açıklama yapan Fang ve Fang (2007), bu konudaki önemli çalışmaları gerçekleştirmişlerdir [1,7,8,9].

Yapılan çalışmaların pek çoğunda ele alınan en önemli konu, ağız yarıçapının talaş kaldırma kuvvetleri üzerindeki etkisidir. Thiele ve Melkote (1999) AISI 52100 çeliğinin son paso sert tornalama işlemiyle ilgili olarak yapmış oldukları deneysel çalışmada, daha büyük ağız yarıçapına sahip yuvarlatılmış ağızların daha küçük olanlara göre eksenel, radyal ve teğetsel yönlerde daha büyük kuvvet değerlerine sebep olduğunu belirtmişlerdir [10]. Manjunathaiah (1998), Fang (2003a; 2003b) ve Ranganath vd. (2005, 2007) gibi araştırmacılar ise, yuvarlatılmış ağızlı takımlarla talaş kaldırma esnasındaki kuvvetleri belirleyen yeni mekanistik modeller önermişlerdir [5,6,11,12,13]. Schimmel (1999) kesici ağız geometrisinin talaş kaldırma işlemi üzerindeki etkisini, çeşitli ağız yarıçaplarına sahip takımlar kullanarak incelemiştir [14]. Özel vd. (2005) ise çalışmalarında, ölçmüş oldukları kesme kuvvetleri verilerindeki önemli istatistiksel eğilimleri tanımlamak için varyans analizi (ANOVA) kullanmışlar ve bu analizi kesme kuvvetinin eksenel, radyal ve teğetsel bileşenleri için gerçekleştirmişlerdir [15].

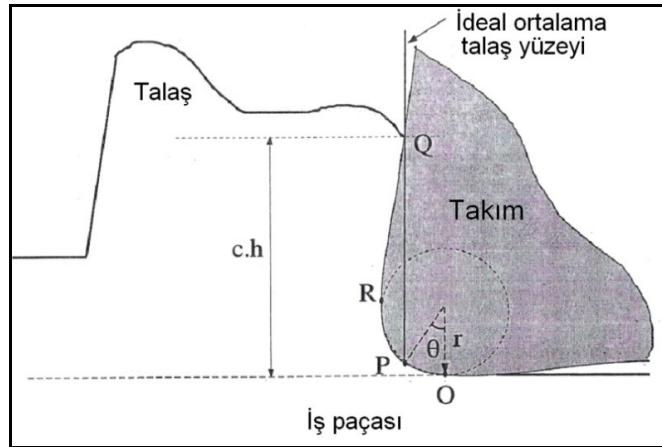
Yuvarlatılmış kesici ağızı da göz önünde bulunduran modeller, daha gerçekçi sonuç vermektedir. Yapılan bu çalışmada; Manjunathaiah (1998)'a ait kesici ağız yuvarlatılmış takım kullanılarak gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemine ait talaş kaldırma modeli, Schimmel (1999)'in yuvarlatılmış takımlarla talaş kaldırmaya ait deneysel verilerle analiz

edilmiş, modelde yer alan normal gerilme faktörünün (k) modelin verdiği sonuçlara etkisi incelenmiştir.

2. KESİCİ AĞZI YUVARLATILMIŞ TAKIMLA TALAŞ KALDIRMAYA AİT MODEL

Kesici ağız yuvarlatılmış takımla talaş kaldırmaya ait model olarak, Manjunathaiah'ın talaş kaldırma modeli esas alınmış, bu modelin analizi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu modelde, yuvarlatılmış kesici ağızlı takımlarla gerçekleştiren talaş kaldırmada keskin takımla yapılan talaş kaldırmaya göre farklılık gösteren talaş açısı, ortalama talaş açısı olarak ele alınmaktadır.

γ ortogonal talaş açısına sahip kesici ağız yuvarlatılmış bir takımla gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemini, γ_{ort} gibi daha küçük bir talaş açısına sahip keskin bir takımla yapılan talaş kaldırma işlemine benzetmek mümkündür. İdeal ortalama talaş yüzeyi PQ 'nin Şekil 1'de de görüldüğü gibi, ağız yarıçapı üzerindeki P ayrılma noktasını takım talaş yüzeyinin son noktası olan Q 'ya bağlayan bir yüzey olduğu önerilmiştir. Takım ağız yarıçapı üzerindeki ayrılma noktası P 'nin konumu, ayrılma noktası açısı θ ile tanımlıdır. Ancak takım talaş temas yüzeyinin son noktası olan Q 'nun tanımlanması zor bir konudur ve Manjunathaiah (1998), Q noktasının işlenmiş yüzeyden itibaren olan mesafesini $c.h$ olarak tanımlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Ağız yarıçapının etkisini içeren ortalama talaş yüzeyi [11]

Manjunathaiah'ın modelinde, ortalama talaş açısı için önerdiği bağıntı Denklem (1)'de verilmektedir;

$$\gamma_{ort} = \tan^{-1} \left(-\frac{\sqrt{(2 - ch/r)ch/r - \sin\theta}}{ch/r - 1 + \cos\theta} \right) \quad (1)$$

Burada;

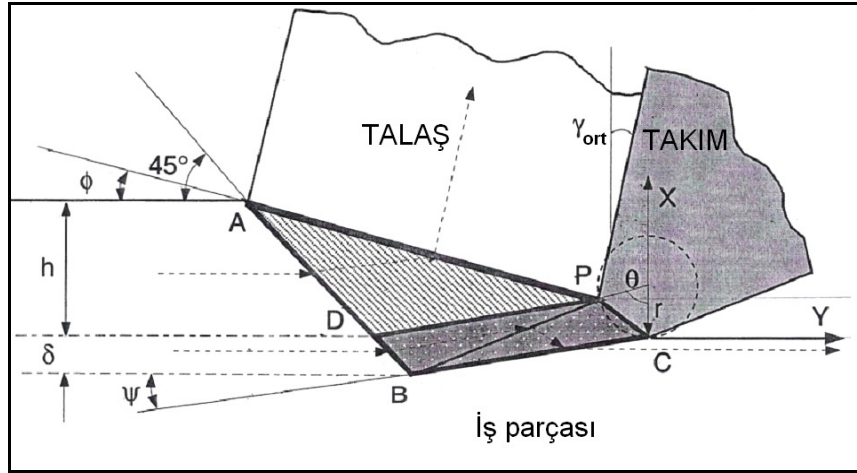
γ_{ort} : ortalama talaş açısı

c : 1'e eşit veya büyük bir sabit (takım-talaş temas uzunluğu ile deforme olmamış talaş kalınlığına bağlı)

h : deforme olmamış talaş kalınlığı

r : kesici ağız yuvarlatma yarıçapı
 θ : ayrılma noktası açısını ifade etmektedir.

Manjunathaiah'ın önermiş olduğu talaş kaldırma modeli Şekil 2'de gösterilmiştir. Modelde takım ağız yuvarlatma yarıçapı r 'nin takım tabanı C'den itibaren ölçülen deforme olmamış talaş kalınlığı h değerinde malzeme kaldırması görülmektedir. Manjunathaiah malzeme akışının, yığma ağız oluşumu ve kararlı bir durgunluk noktası meydana gelmeden oluştuğunu kabul etmektedir. Yarıçap üzerinde, akışı iki parçaya bölen bir ayrılma noktası P'nin varlığı söz konusudur ve bu nokta, ayrılma açısı θ ile tanımlanmıştır. Bu durum, Şekil 2'de abartılı olarak gösterilmiştir. P noktasının dikey yüksekliği p olarak alınmıştır ve batma derinliği olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 2. Ağız yarıçapına sahip bir takımla yapılan talaş kaldırma işlemine ait geometrik model [11]

Manjunathaiah'ın ortogonal talaş kaldırma modelinde ABC plastik deformasyon bölgesinin alt sınırı üzerinde, kuvvet dengesi ele alınmaktadır. Plastik deformasyon bölgesinin alt sınırına ait geometrinin ve yüzeydeki gerilme dağılımının bilinmesiyle, iş parçası üzerine etkiyen kuvvet bileşenleri hesaplanabilir ve takıma etkiyen kuvvetlere eşitlenebilir.

Manjunathaiah'ın talaş kaldırma kuvvet modelinden kesme kuvvetleri Denklem (2) ve (3) ile ifade edilir;

$$F_C = \{(h - p) \cot \phi + h + r \sin \theta - (k - 1)\delta\}S \quad (2)$$

$$F_T = \{(h - p) \cot \phi - h + r \sin \theta + (k - 1)\delta \cot \psi\}S \quad (3)$$

Burada;

F_C : kesme kuvveti
 F_T : dik kuvvet
 h : deforme olmamış talaş kalınlığı
 p : yarıçap üzerinde, akışı iki parçaya bölen ayrılma noktasının dikey yüksekliği
 ϕ : kayma açısı
 r : kesici ağız yarıçapı
 θ : ayrılma noktası açısı

- k : normal gerilme faktörü
 S : kayma gerilmesi
 ψ : BC sınırının yatay ile yaptığı açı
 δ : işlenmiş yüzeyin plastik deformasyon derinliğidir.

3. TALAŞ KALDIRMA MODELİNİN DENEYSEL VERİLER KULLANILARAK İNCELENMESİ

Schimmel'in kesici ağız geometrisinin talaş kaldırma işlemi üzerindeki etkisini, çeşitli ağız yarıçaplarına sahip takımlar kullanarak incelediği çalışmada sunmuş olduğu deneysel verilerin, Manjunathaiah'a ait modelde kullanılması düşünülmüştür. Schimmel, yapmış olduğu çalışmada, 98.43 mm dış çapa ve 5.08 mm et kalınlığına sahip 99.99% saflıktaki çinko bir boru kullanmıştır. Daha sonra ise boruyu istenilen ölçülere getirmek için, keskin takımlarla küçük kesme derinliklerinde talaş kaldırma uygulamıştır.

Tablo 1, Schimmel'in testlerde kullandığı işlem değişkenlerini göstermektedir. Araştırmacı çeşitli talaş açısı değerleri ile sıfır yerleştirme açısına sahip çeşitli ağız yarıçapları ve boşluk açılarında kaplamasız karbür takımlar kullanmıştır.

Tablo 1. Schimmel'e ait Test Koşulları [14]

Hız (V)	0.647, 1.246 m/s
Ortogonal Talaş Açısı (γ)	5°
Ağız yarıçapı (r)	0, 28, 33, 80, 140 μm
Deforme olmamış talaş kalınlığı (h)	2.9, 5.9, 11.8, 23.6, 47, 94, 186, 377 μm

Schimmel, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve eksenel kuvvet ölçümlerini piezoelektrik bir dinamometre ile gerçekleştirmiş ve PC tabanlı bir veri toplama sistemi kullanarak dijital olarak kaydetmiştir.

Bu çalışmada öncelikle, Manjunathaiah'ın ortalama talaş açısı modelinden yararlanılarak Schimmel'in talaş kaldırma koşulları ve 5°'lik ortogonal talaş açısı değeri için ortalama talaş açısı değerleri hesaplanmıştır.

θ , ayrılma noktasının yerini belirleyen açıdır ve 30-55° arası değerler alabilen bu açı Manjunathaiah'ın çalışmasına dayanarak burada 30° olarak kabul edilmiştir. Kayma açıları denklem (4) kullanılarak, 5°'lik ortogonal talaş açısı değerlerinde 28, 33, 80 ve 140 μm gibi çeşitli ağız yarıçapı değerleri için hesaplanmıştır.

$$\phi = \tan^{-1} \left[\frac{r_h \cos \gamma}{1 - r_h \sin \gamma} \right] \quad (4)$$

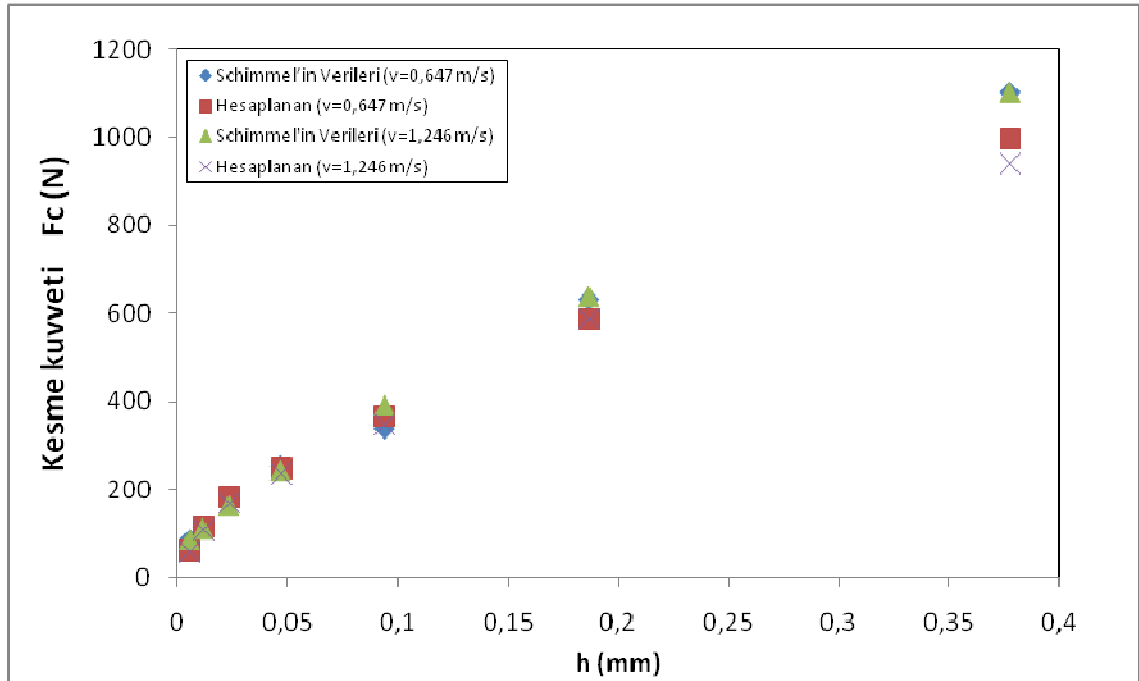
Burada;

- ϕ : kayma açısı,
 γ : ortogonal talaş açısı
 r_h : deforme olmamış talaş kalınlığının deforme olmuş talaş kalınlığına oranı (h/h_c)

Geometrik modelde yer alan bir açı olan ψ ise 20° olarak kabul edilmiştir. Son olarak kayma gerilmesi ile normal gerilme arasındaki ilişkiyi tanımlayan normal gerilme faktörü k 'nın belirlenmesi gerekmektedir. Bu değer, Manjunathaih'in çalışmasında yaklaşık bir sabit olarak kabul edilmiş ve 1.1 olarak varsayılmıştır. Buradan hareketle bu çalışmada da yapılan hesaplamalar sırasında k normal gerilme faktörü için 1.1 değeri kullanılmıştır.

Kayma açılarının ortalama talaş açıları için hesaplanmasından sonra (2) ve (3) numaralı denklemler kullanılarak kesme kuvvetleri ve dik kuvvetler hesaplanmıştır.

Hesaplanan talaş kaldırma kuvvetleri ile Schimmel'in verilerinde yer alan deneysel olarak belirlenmiş talaş kaldırma kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Pek çok araştırmacı tarafından -60 ile -80 derecelik negatif talaş açılarında talaş oluşumunun gerçekleşmediği belirtilmektedir. Bu sebeple, söz konusu model -60 dereceden daha küçük negatif talaş açıları için kullanılmaz denilebilir.

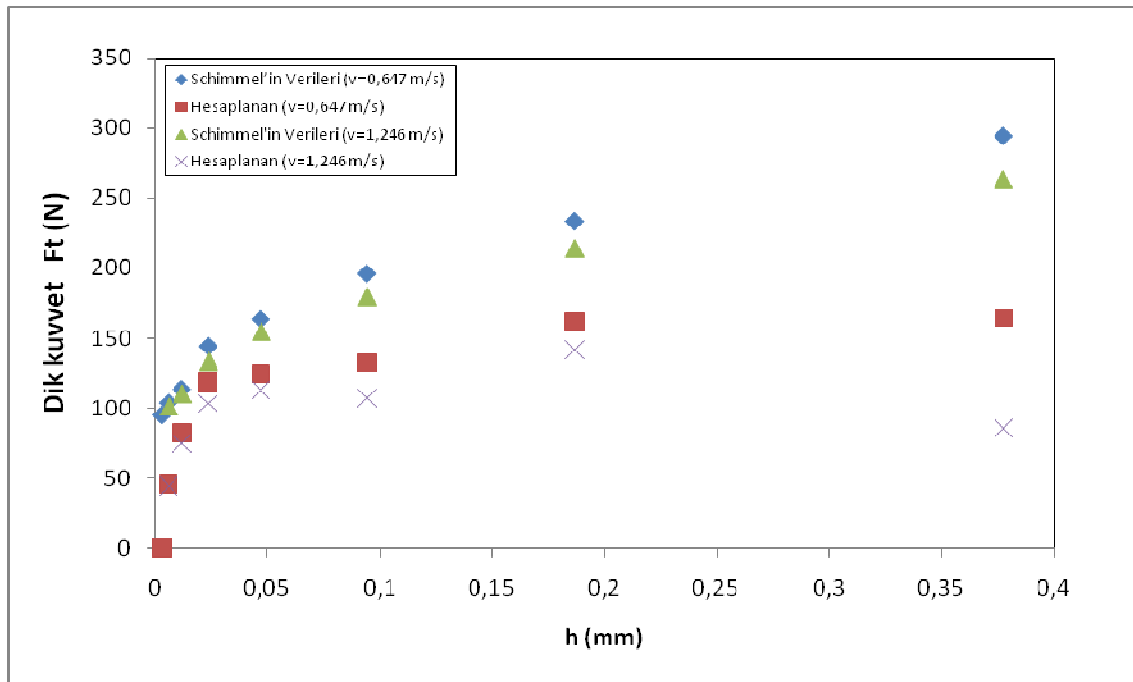


Şekil 3. Farklı kesme hızları için, hesaplanan ve deneysel bulunan kesme kuvvetlerinin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimi ($r = 28 \mu\text{m}$, $\gamma = 5^\circ$)

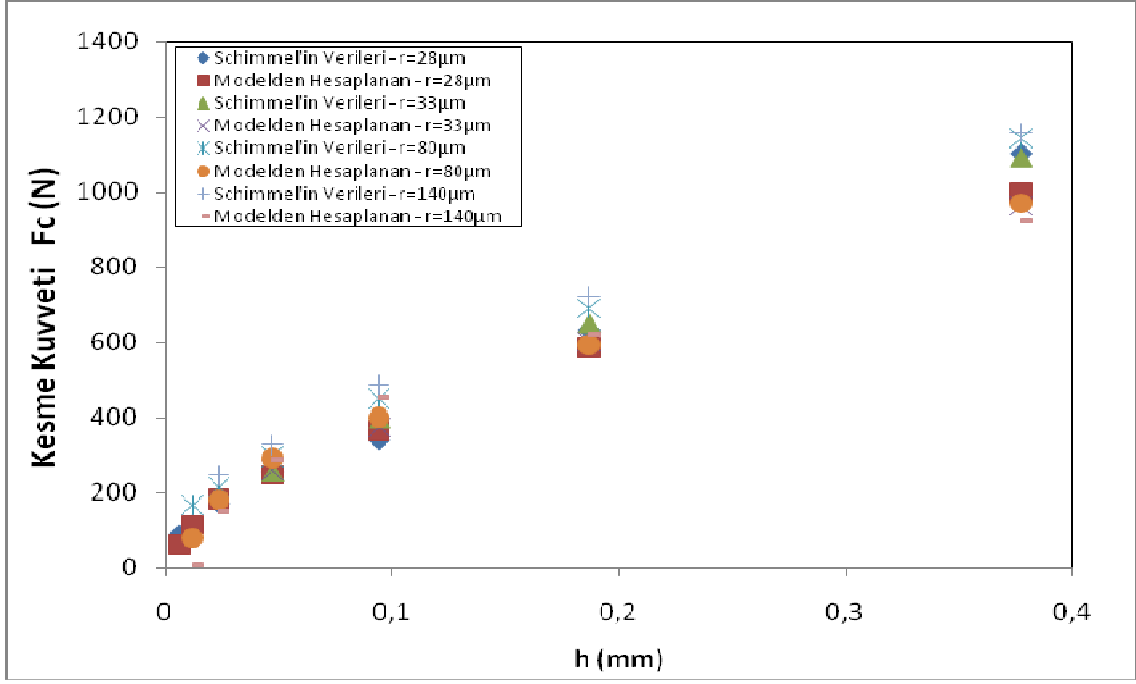
$\gamma = 5^\circ$ 'lik ortogonal talaş açısına ve sırayla 28, 33, 80 ve $140 \mu\text{m}$ 'lik kesici ağız yarıçaplarına sahip takımlar için tüm grafikler elde edilmiş, Şekil 3 ve 4'de sadece $28 \mu\text{m}$ için kuvvetler verilmiştir. Kuvvet hesaplamaları, Schimmel'in verilerinde yer alan 0,647 m/s ve 1,247 m/s gibi iki farklı kesme hızı için gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvvetleri söz konusu olduğunda, modelden hesaplanan değerlerin deneysel veriler ile büyük bir uyum içinde olduğu görülmektedir. Özellikle deforme olmamış talaş kalınlığının küçük değerlerinde daha iyi sonuçlar veren model, deforme olmamış talaş kalınlığı arttıkça hatalı sonuçlar vermeye başlamaktadır. Dik kuvveti gösteren grafikler incelendiğinde ise, hesaplanan değerler ve deneysel veriler arasında kesme kuvvetlerinde görülen uyuma kıyasla daha az bir uyum olduğu görülmektedir. Yine burada da kesme kuvveti için çizilmiş olan grafiklerdekine benzer şekilde, deforme olmamış talaş kalınlığının artması ile hata miktarı da artış göstermektedir. Talaş kaldırma kuvvetleri için elde edilen bu

sonuçların ışığında modelin, deforme olmamış talaş kalınlığının oldukça küçük olduğu ve mikro talaş kaldırma gibi işlemlere daha uygun olduğu söylenebilir.

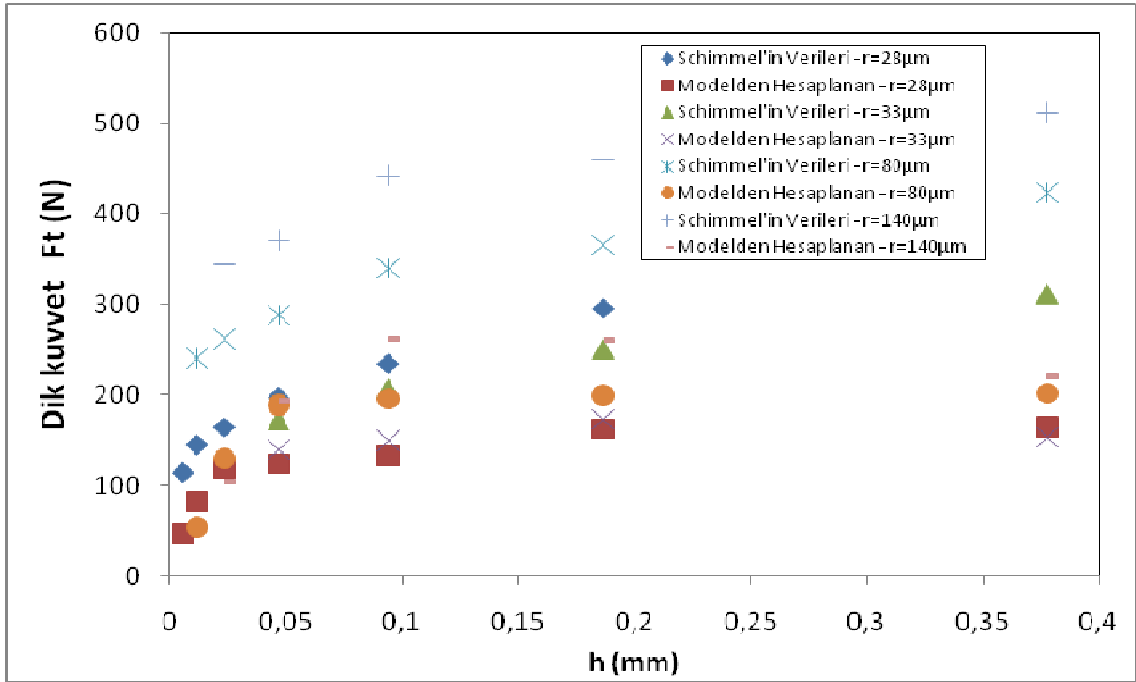
Şekil 5 ve 6'da ise kesme kuvveti ve dik kuvvetin 28, 33, 80 ve 140 μm 'lik kesici ağız yarıçaplarına sahip takımlar için deforme olmamış talaş kalınlığı ile olan ilişkisi sadece 0,647 m/s kesme hızı için gösterilmektedir. Daha önceden de söz edilen, modelin kesme kuvvetleri için daha tutarlı sonuçlar vermesi bu şekillerde de görülebilir. Kesme kuvvetlerini gösteren Şekil 5'de modelden hesaplanan değerler ve Schimmel'in çalışmasından alınan değerlerin uyumlu olduğu görülürken, dik kuvveti gösteren Şekil 6'da aynı uyumdan söz etmek mümkün değildir. Bunun dışında, her iki grafikten de artan kesici ağız yarıçapı ile talaş kaldırma kuvvetlerinin de arttığı görülebilir.



Şekil 4. Farklı kesme hızları için, hesaplanan ve deneysel bulunan dik kuvvetin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimi ($r= 28 \mu\text{m}$, $\gamma= 5^\circ$)



Şekil 5. Farklı kesici ağız yarıçaplarına sahip takımlar için hesaplanan ve deneysel bulunan kesme kuvvetlerinin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimi ($\gamma= 5^\circ$, $v= 0,647 m/s$)



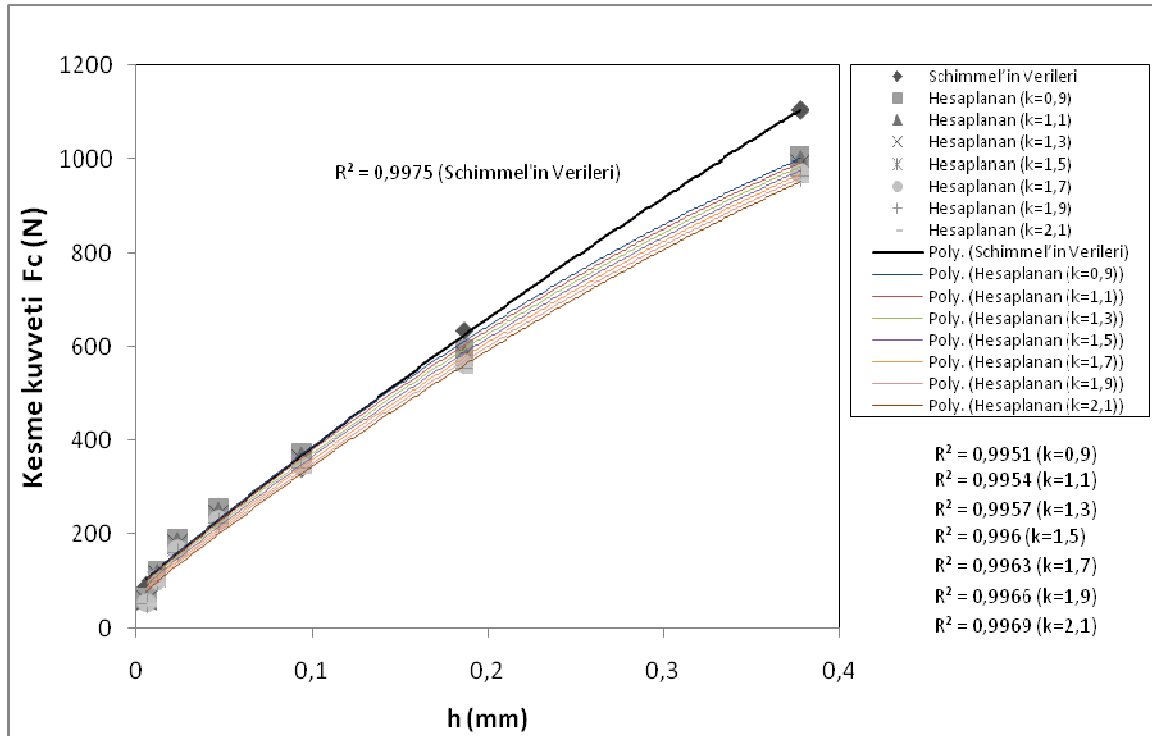
Şekil 6. Farklı kesici ağız yarıçaplarına sahip takımlar için hesaplanan ve deneysel bulunan dik kuvvetin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimi ($\gamma= 5^\circ$, $v= 0,647 m/s$)

4. TALAŞ KALDIRMA MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Manjunathaiah'ın modelinde, Schimmel'in deneysel verileri kullanılarak modelin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Manjunathaiah yapmış olduğu çalışmada, kullanmış olduğu deneysel şartlar altında pirinç malzemenin talaşlı işlenmesinde normal gerilme faktörünün yaklaşık olarak 1,1 gibi bir değerde sabit olduğunu varsaymıştır. Normal

gerilme faktörü olarak adlandırılan k , normal gerilme ile kayma gerilmesi arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. İş parçası malzemesi ve talaş kaldırma koşullarıyla değişmektedir. Buradan hareketle, normal gerilme faktörü k 'ya çeşitli değerler verilerek, talaş kaldırma kuvvetleri hesaplanmıştır. Bu yolla, deneysel kuvvet verileri ile hesaplanan kuvvet değerlerinin hangi k değeri için daha uyumlu olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

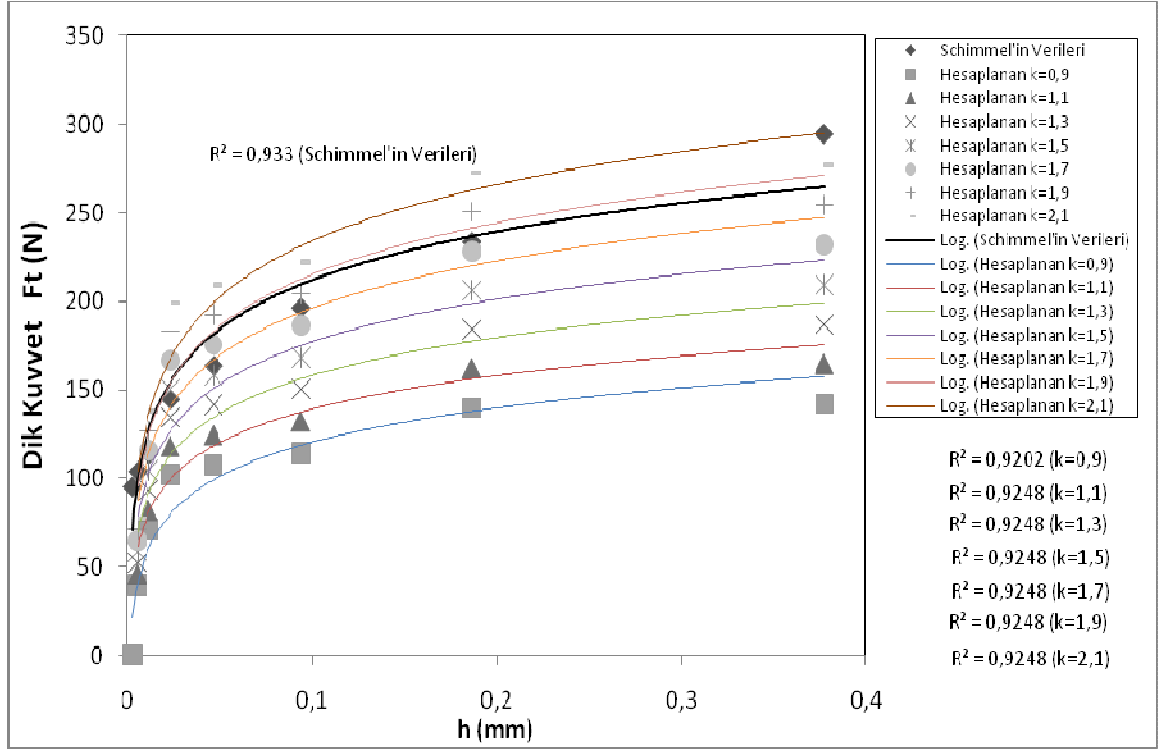
Normal gerilme faktörü k değeri, kesme koşullarına ve iş parçası malzemesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Burada, k analizi yapmak için gerçekleştirilen tüm hesaplamalarda kullanılmak üzere $r = 28 \mu\text{m}$ 'lik kesici ağız yarıçapı ve $\gamma = 5^\circ$ 'lik ortogonal talaş açısına ait veriler kullanılmıştır. k değeri, ilk olarak 0,9 seçilmiş daha sonra ise 0,2'lik artışlar yapılarak k değeri adım adım artırılmıştır. Hesaplama yapılan en son k değeri ise 2,1'dir. Elde edilen sonuçlar Şekil 7-9'da detaylı olarak sunulmuştur. Daha iyi bir değerlendirme yapabilmek için, her veri grubuna ait eğilim çizgileri grafikler üzerinde gösterilmiştir. Grafiklerde yer alan veriler için en uygun eğilim çizgilerini belirlemek adına, logaritmik, üstel ve polinom tipi eğilim çizgilerinin R^2 değerleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda her grafik için en uygun eğilim çizgisi seçilmiştir. Şekil 7 farklı k değerleri için kesme kuvvetinin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimini göstermektedir. Kalın eğilim çizgisi, Schimmel'in deneysel verilerine ait değerleri temsil etmektedir. Şekilden görüldüğü gibi k 'nın değişimi, kesme kuvvetleri üzerinde çok büyük bir etkiye sahip değildir. Bununla beraber artan k ile birlikte, hesaplanan değerler deneysel verilerden az da olsa uzaklaşmaktadır. Ayrıca, küçük deforme olmamış talaş kalınlıklarında tüm k değerleri için hesaplanan kuvvet değerleri deneysel veriler ile daha uyumludur.



Şekil 7. Farklı k değerleri için deforme olmamış talaş kalınlığı ile kesme kuvvetinin değişimi ($r = 28 \mu\text{m}$, $\gamma = 5^\circ$)

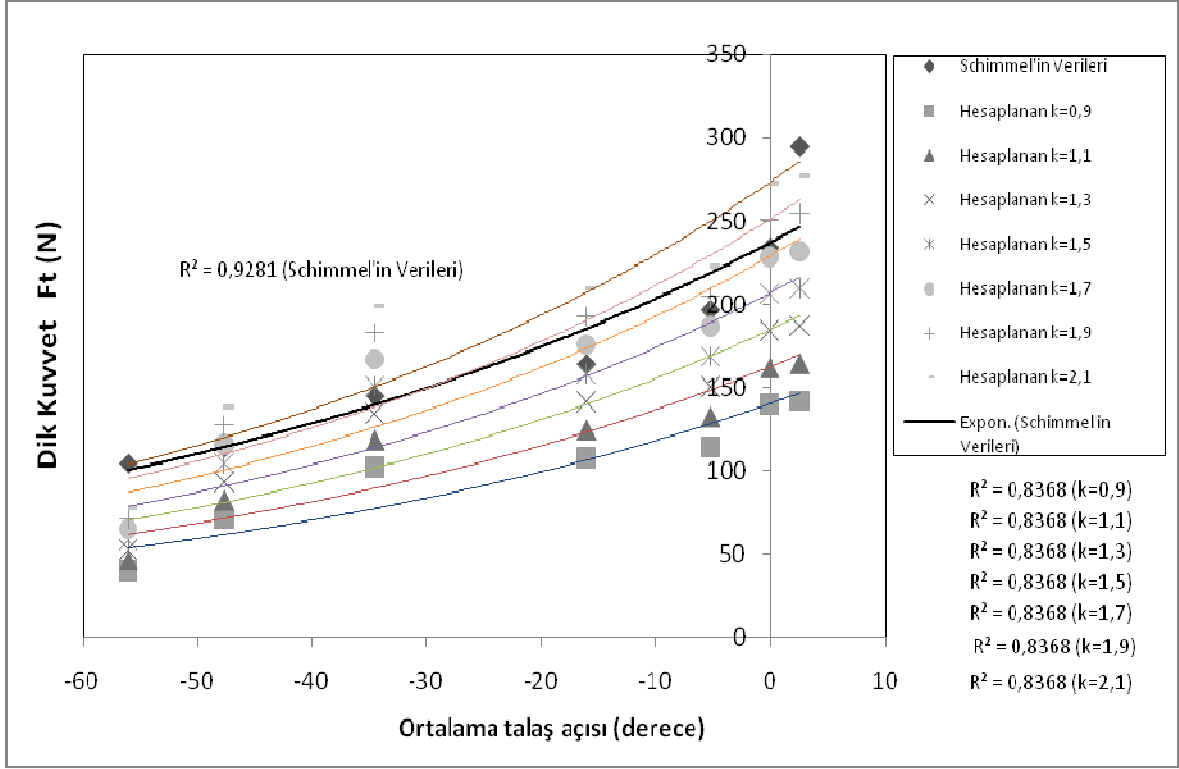
Şekil 8, farklı k değerleri için dik kuvvetin deforme olmamış talaş kalınlığı ile değişimini göstermektedir. Kesme kuvvetinden farklı olarak k değeri, dik kuvvet üzerinde daha büyük bir etkiye sahiptir ve bu eğilim çizgilerinin değişen k ile göstermiş olduğu değişimden açıkça görülebilir.

Artan k ile, hesaplanan dik kuvvet değerleri deneysel verilere giderek yaklaşmakta kesme kuvveti değerleri ise deneysel kesme kuvvetlerinden uzaklaşmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, kesme kuvvetinde görülen bu azalma, dik kuvvetteki artışa göre azdır. $k=1,7$ için deneysel verilere oldukça yaklaşan hesaplanan dik kuvvet değerleri, $k=1,9$ için deneysel verileri çok az aşmakla birlikte bu noktada, veriler ile büyük ölçüde örtüşmektedir.



Şekil 8. Farklı k değerleri için deforme olmamış talaş kalınlığı ile dik kuvvetin değişimi ($r=28\ \mu\text{m}$, $\gamma=5^\circ$)

Şekil 9, farklı k değerleri için dik kuvvetin ortalama talaş açısı ile değişimini göstermektedir. Diğer grafiklerde gözlemlenen durum burada da görülmektedir.



Şekil 9. Farklı k değerleri için ortalama talaş açısı ile dik kuvvetin değişimi
($r = 28 \mu\text{m}$, $\gamma = 5^\circ$)

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Manjunathaiah'a ait talaş kaldırma modeli Schimmel'in deneysel verileri ile incelenmiş, hesaplanan talaş kaldırma kuvvetleri Schimmel'in verilerindeki deneysel kuvvet değerleri ile karşılaştırılmış, Manjunathaiah'ın kullandığı pirinç malzeme yerine, çinko iş parçası malzemesi için modelde kullanılması gereken gerilme faktörünün belirlenmesine çalışılmıştır.

Hesaplanan talaş kaldırma kuvveti değerleri ile deneysel talaş kaldırma kuvveti değerleri, özellikle küçük deforme olmamış talaş kalınlıkları için, birbirlerine yakinken, deforme olmamış talaş kalınlığı arttıkça değerler birbirlerinden uzaklaşmaktadır.

Manjunathaiah'a ait talaş kaldırma modelinde alınan normal gerilme faktörü k , Schimmel'in deneysel verileri kullanılarak incelenmiştir ve k 'nın dik kuvvet üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Artan k değeri ile kesme kuvveti azalırken dik kuvvet artmaktadır. İnceleme yapılan koşullarda, çinko malzeme için dik kuvvette daha doğru sonuçlar k 'nın 1,7 ve 1,9 değerleri aralığında elde edilmektedir.

Modelin küçük deforme olmamış talaş kalınlıklarının görüldüğü talaş kaldırma operasyonları için daha uygun bir model olduğu, kaba kesme koşullarının hakim olduğu operasyonlar için ise uygun olmadığı görülmüş, farklı malzemelerin işlenmesinde gerilme faktörünün etkin rol oynadığı belirlenmiştir.

6. KAYNAKÇA

- [1] FANG, N., FANG, G., Theoretical and experimental investigations of finish machining with a rounded edge tool, **Journal of Materials Processing Technology**, 191, 331-334, (2007).
- [2] BOUZAKIS, K. D., MICHAİLİDİS, N., SKORDARIS, G., KOMBOGIANNIS, S., HADJIYIANNIS, S., EFSTATHIOU, K., ERKENS, G., RAMBADT, S., WIRTH, I., Effect of the cutting edge radius and its manufacturing procedure, on the milling performance of PVD coated cemented carbide inserts, **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 51, 61-64, (2002).
- [3] RECH, J., SCHAFF, M. J., Influence of cutting edge radius on the wear resistance of powder metallurgy high-speed steel milling inserts, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, **Part B:Journal of Engineering Manufacture**, 220, 383-387, (2006).
- [4] ENDRES, W. J., KOUNTANYA, R. K., Effects of corner radius and edge radius on tool flank wear, **Journal of Manufacturing Processes**, 4, 89, ProQuest Science Journals, (2002).
- [5] RANGANATH, S., CAMPBELL, A. B., HWANG, J., Experimental investigation and mechanistic modeling of the effects of tool edge hone effects in turning operations, American Society of Mechanical Engineers, **Manufacturing Engineering Division, MED**, 16, 833-842, (2005).
- [6] RANGANATH, S., CAMPBELL, A. B., GORKIEWICZ, D. W., A model to calibrate and predict forces in machining with honed cutting tools or inserts, **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 47, 820-840, (2007).
- [7] SARTKULVANICH, P., AL-ZKERI, I., YEN, Y. C., ALTAN, T., Investigation of the effect of tool edge geometry upon cutting variables, tool wear and burr formation using finite element simulation – a progress report, Materials Processing and Design: Modeling, Simulation and Applications - Numiform 2004, **Proceedings of the 8th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes AIP Conference Proceedings**, 712, 1347-1352, (2004).
- [8] YEN, Y. C., JAIN, A., ALTAN, T., A finite element analysis of orthogonal machining using different tool edge geometries, **Journal of Materials Processing Technology**, 146, 72-81, (2004).
- [9] OZEL, T., Modeling of hard part machining: effect of insert edge preparation in CBN cutting tools, **Journal of Materials Processing Technology**, 141, 284-293, (2003).
- [10] THIELE, J. D., MELKOTE, S. N., Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface generation in the finish hard turning of AISI 52100 steel, **Journal of Materials Processing Technology**, 94, 216-226, (1999).

- [11] MANJUNATHAIAH, J., Analysis and a new model for the orthogonal machining process in the presence of edge-radiused (non-sharp) tools, Doktora Tezi, University of Michigan, (1998).
- [12] FANG, N., Slip-line modeling of machining with a rounded-edge tool - Part I: New model and theory, **Journal of the Mechanics and Physics of Solids**, 51, 715-742, (2003).
- [13] FANG, N., Slip-line modeling of machining with a rounded-edge tool - Part II: Analysis of the size effect and the shear strain-rate, **Journal of the Mechanics and Physics of Solids**, 51, 743-762, (2003).
- [14] SCHIMMEL, R. J., Analyzing and modeling the effects of tool edge geometry in Machining, Doktora Tezi, University of Michigan, (1999).
- [15] OZEL, T., HSU, T. K., ZEREN, E., Effects of cutting edge geometry, workpiece hardness, feed rate and cutting speed on surface roughness and forces in finish turning of hardened AISI H13 steel, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 25, 262-269, (2005).