

## AIŞI 1006 ÇELİĞİNİN TORNALAMA SÜRECİNDE KESİCİ TAKIM UÇ YARIÇAPININ KESME SICAKLIĞI VE KESME KUVVETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN NUMERİK OLARAK İNCELENMESİ

Kadir GÖK<sup>1\*</sup>, Mehmet ERDEM<sup>2</sup>, Arif GÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kütahya

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kütahya

<sup>3</sup>Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu Meslek Yüksekokulu, Makine Bölümü, Kastamonu

### Özet

Talaşlı imalatta iyi bir kesme işlemini gerçekleştirmek için bir takım kesme şartlarını yerine getirmek gerekmektedir. İş parçası malzemesinin cinsi, kesici uç kalitesi, uygun bir takım tezgâhı, uygun bir çalışma ortamı, uygun bir uç geometrisi ve takım- talaş arası çalışma sıcaklığı bu şartların başında gelmektedir. Bir malzememin kolay işlenebilmesi için öncelikle kendinden daha sert bir uç kalitesi ve uygun bir geometri seçilmelidir. Bu çalışmada, 4 farklı uç yarıçapına sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme esnasında, kesici takım ve talaş arasındaki sıcaklık değerleri sonlu elemanlar metodu ile araştırılmıştır. Uç yarıçapının sıcaklık üzerine etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Çalışma DEFORM 8.1 paket programı ile 2 boyutlu olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre burun yarıçapının artırılması ile takım ve talaş arasındaki sıcaklığın arttığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kesici takım, sonlu elemanlar yöntemi, kesme kuvveti

## INVESTIGATION OF EFFECT ON CUTTING TEMPERATURE AND CUTTING FORCE OF CUTTING TOOL TIP RADIUS IN TURNING PROCESS OF AISI 1006

### Abstract

The it is necessary that cutting conditions of some carry out for realizing to a good cutting process in chip with manufacturing. Workpiece material type, cutting tip quality, a suitable tool machine, a suitable work environment, a suitable tip geometry and tool-chip interface working temperature exists ahead of these conditions. It is selected that a suitable geometry and a tip quality harder than itself for easily machinability of a material. In this study, cutting tools have four differents tip radius. During cutting, temperature values between cutting tool and chip was researched with finite element method. Effect on temperature of tip radius was examined with finite element method. Finite element method was analysed with DEFORM 8.1 package programme as two dimesional. It is seen that the increase of the temperature between tool and chip by increasing the tip radius in the analysis of the finite elements.

**Keywords:** Cutting tool, Finite element method, Cutting force

---

\* E-posta: kadirgok67@hotmail.com.tr

## 1. Giriş

Kesme işlemi sırasındaki takım-talaş arayüzeyinde meydana gelen yüksek sıcaklık talaş kaldırma işlemi olumsuz olarak etkilemektedir. Takım-talaş arayüzünde meydana gelen yüksek sıcaklığın nedenleri arasında uygun seçilmemiş takım geometrileri yer almaktadır. Bu yanlışlıklardan dolayı takımın hasar görmesi, aşınması ve kırılması gibi sonuçlarla karşı karşıya kalınır. Böylece, iş parçası yüzey kalitesinin istenildiği değerde elde edilememesi, iş parçasının yanması ve şekil değiştirmesi gibi durumlar ortaya çıkar. Bu yüzden takım geometrisinin talaş kaldırma işlemlerinde büyük bir önemi vardır.

Kesme işlemi; kesici takımın geometri parametreleri (talaş açısı, boşluk açısı), kesme şartları (kesme hızı, ilerleme ve paso derinliği) ve iş parçası-kesici takım malzeme çifti için kesme kuvvetlerinin bilinmesi ve kesici takımdaki gerilme ve sıcaklık dağılımlarının belirlenmesi amacıyla analiz edilmektedir. Bu amaçla deneysel, sonlu elemanlar metodu ve analitik yöntemler gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Deneysel çalışmalar güvenilirliği çok yüksek olmasına karşın çok pahalı ve zaman alan bir yöntemdir. Kesme kuvvetleri, talaş kalınlığı ve takım-talaş temas uzunluğunu ölçmek için deneysel teknikleri kullanmak kolay olmakla birlikte; kesici takım aşınmasıyla ilgili olarak bazen kesici takım gerilmeleri, sıcaklık ve bağıl hızları ölçmek mümkün olmayabilir [1].

Gök ve arkadaşları, tormalama işlemlerinde optimum talaş ve boşluk açısını belirlemek için kesme analizlerini nümerik olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında talaş ve boşluk açıları  $0^\circ$ ,  $5^\circ$  ve  $10^\circ$  olarak değişmektedir. İş parçası malzemesi olarak AISI 1020 çelik, kesici takım olarak ise karbür uç kullanmışlardır. Kesme analizleri sonucu en uygun talaş ve boşluk açısının  $10^\circ$  olduğunu tespit etmişlerdir [2].

Taşgetiren ve ark., yaptıkları bir çalışmada kesme kalemi geometrisi göz önüne alarak kesme kuvvetleri ve çeşitli sürtünme durumlarının neden olduğu gerilmeleri sonlu elemanlar metodu ile araştırıp, takımın hasara uğramasındaki etkileri üzerinde durmuşlardır. Tresca kriterine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda alın aşınmasının öncelikli hasar türü olduğunu gözlemlemişlerdir [3].

Aslantaş, TiN kaplanmış HSS (Yüksek Hız Çeliği) kesici takımlar için iki boyutlu gerilme analizini incelemiştir. Takım ve talaş arasındaki sürtünme katsayısının, kesici yüzeyinde ve ara yüzeyde meydana gelen gerilmeler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Kesici takımlarda muhtemel hasar oluşum bölgelerini tespit etmeye çalışmıştır [4].

Kurt ve ark., Al 2007 alüminyum alaşımı malzemenin ortogonal kesme işleminde beş farklı kesme derinliğinin kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkileri, sonlu elemanlar yöntemine dayalı ANSYS paket programı kullanılarak analiz etmişlerdir. Esas kesme kuvveti ve pasif kuvvetin kesici takım üzerindeki etkisi, takım-talaş temas uzunluğu dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modellerinde talaş yüzeyinde ve yardımcı yüzeyde normal ve teğetsel kuvvet bileşeni biçiminde uygulanmıştır. Sonlu elemanlar analizlerinden talaş derinliğindeki artışa paralel olarak en büyük asal gerilme ve von Mises gerilme dağılımlarında da yükselmelerin gerçekleştiği gözlenmiştir [5].

Kurt ve ark., AISI 52100 rulman çeliğinin bitirme torna işleminde kullanılan PCBN ucun pah açısının kesme kuvvetleri ve kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Pah açısının özellikle pasif kuvvet ve von Mises gerilme dağılımı üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Sonlu elemanlar analiz sonuçlarından AISI 52100 rulman çeliğinin bitirme torna işleminde kritik pah açısının  $20^\circ$  olduğunu göstermişlerdir [6].

Zhou ve arkadaşları, 100Cr6 rulman çeliğinin çok ince talaş kaldırmasında kesici uç pah açısının PCBN kesici takımın aşınması üzerindeki etkilerini incelemiş; kesme kuvvetleri, takım aşınması ve takım ömrü arasındaki ilişkileri araştırmışlardır [7].

Semente karbür takım için kenar yarıçapının kesme kuvvetleri ve sıcaklık üzerindeki etkisini hem deneysel hemde sayısal olarak araştırmışlardır. Deneylerde 0.2% karbon çeliği kullanılmıştır. Deney ve simülasyon sonuçlarına göre takım burun yarıçapının artmasıyla kesme kuvvetlerinde bir artış gözlenmiştir. Deneysel ve simülasyon sonuçlarında bir uyum söz konusudur. Aynı zamanda takım yarıçapındaki artış takımdaki sıcaklık dağılımında bir değişime sebep olmaktadır [8].

Köse ve arkadaşları, Inconel 718 malzemenin işlenmesinde ilerlemenin kesici takım gerilmeleri üzerinde etkisini incelemişlerdir. İlerlemenin artmasıyla kesici takım üzerindeki gerilmeler artmıştır [9].

Duran ve arkadaşı, Castiglano teoremi ile elde edilen eğilme değerleri ile sonlu elemanlar metodundan elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında Ç 1060 malzeme ve sabit kesme şartları altında, 60°, 75° ve 90° kesici kenar açısına sahip HSS kesici takımlar kullanmışlardır [10]. Jaharah ve arkadaşları, sonlu elemanlar metoduyla AISI 1045 çeliğin tornalanmasında çeşitli talaş ve boşluk açılara sahip kesici takımların efektif gerilme ve sıcaklık artışına etkisini incelemişlerdir [11]. Özel, sonlu eleman simülasyonları yardımıyla; sert parçaların tornalanmasında gerilme ve sıcaklığa göre CBN ta-kımların kenar geometrisinin etkilerini incelemiştir [12]. Thile ve arkadaşları, AISI 52100 rulman çeliğinin son talaş kaldırma işleminde artık gerilmeler üzerindeki kesici uç geometrisi ve iş parçası malzemesinin etkilerini deneysel olarak incelemiştir; özellikle büyük yuvarlatma yarıçapına sahip kesici takımların daha çok basma gerilmeleri oluşturduğunu göstermişlerdir [13,14]. Gök ve arkadaşı, takım burun yarıçapının kesici takım ve gerilmelerine etkisinin sonlu elemanlar yöntemine dayalı Ansys paket programı ile incelemişlerdir [15].

Bu çalışmada, 4 farklı burun yarıçapına sahip kesici takımlarla kesme esnasında, kesici takım ve talaş arasındaki sıcaklık değerleri ile kesici takım üzerinde meydana gelen kesme kuvveti değerleri araştırılmıştır. Çalışma DEFORM 8.1 paket programı ile 2 boyutlu olarak analiz edilmiştir. Kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme miktarı sabit olarak seçilmiştir. İş parçası malzemesi olarak AISI 1006 malzeme kullanılmıştır.

## 2. Deneysel ve Tartışma

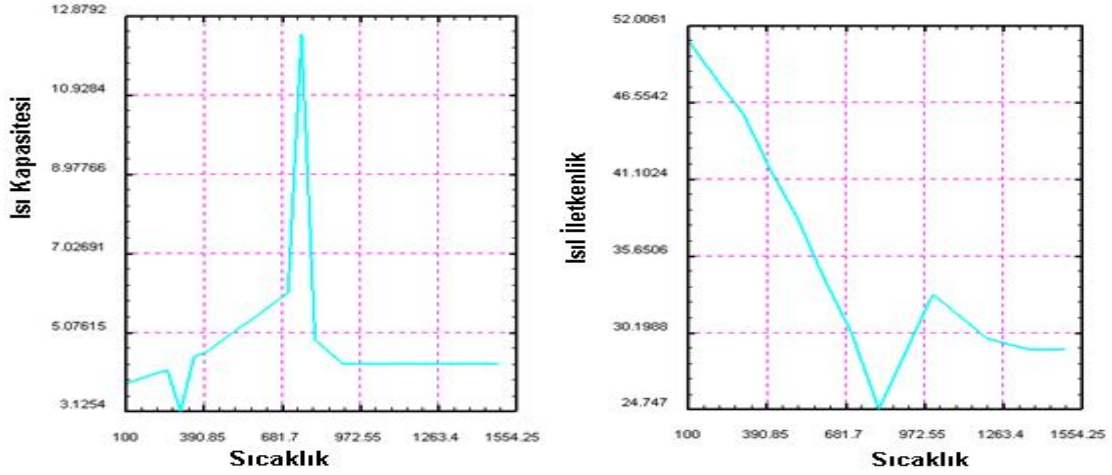
### 2.1. Malzemeler

Deform yazılımı ile kesme analizleri gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan iş parçası ve kesici takıma ait malzeme ve kesme özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

<b>Çizelge 1. Simülasyon Modeli İçin Kesme Şartları ve Malzeme Özellikleri.</b>	
<b>Kesme Parametreleri</b>	
Kesme Hızı (m/dk)	50
Talaş Derinliği (mm)	0.5
İlerleme (mm/devir)	0.1
Kesme Uzunluğu (mm)	2.5
<b>Kesme Süreci Şartları</b>	
Ortam Sıcaklığı (° C)	20
Isı İletim Katsayısı (W/m. K)	45
Takım-İşparçası Arayüzeyi Sürtünme Katsayısı	0.6
Isı Transfer Katsayısı (W/m. K)	45
<b>Kesici Takım Özellikleri (TiC Kaplanmış Kesici Takım)</b>	
Elastikiyet Modülü (MPa)	496000
Poison Oranı	0.24
Termal Genleşme Katsayısı (10 <sup>-6</sup> °C-1)	7.7e-06
Isıl İletkenlik	38
Isı Kapasitesi (N/mm <sup>2</sup> ° C)	16
Talaş açısı (°)	5°
Boşluk açısı (°)	5°
Kesici Takım Burun Yarıçapı (mm)	0.05-0.075-0.1-0.125
<b>İş Parçası Malzeme Özellikleri (AISI-1006 COLD)</b>	
Elastikiyet Modülü (MPa)	206754

Poison Oranı	0.3
Termal Genleşme Katsayısı ( $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1.2e-05
Salım Gücü	0.7

AISI-1006 malzemesinin ısı kapasitesi ve ısı iletkenliği sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. AISI-1006 malzemesinin ısı kapasitesi ve ısı iletkenliği

AISI 1006 çeliğine ait flow stress modeli yazılımın kütüphanesinde otomatik olarak seçilmiştir. Model denklemini aşağıdaki gibi verilmiştir;

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(\bar{\epsilon}, \dot{\bar{\epsilon}}, T)$$

burada

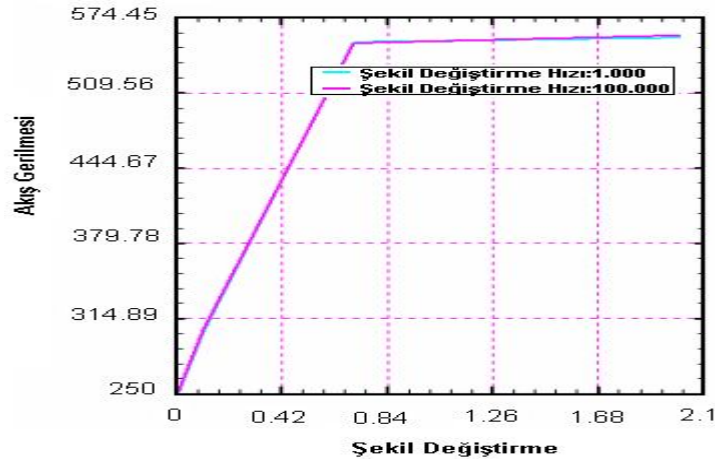
$\bar{\sigma}$  : Flow stress (akış gerilmesi),

$\bar{\epsilon}$  : Etkin şekil değiştirme

$\dot{\bar{\epsilon}}$  : Etkin şekil değiştirme hızı

$T$  : Sıcaklıktır.

Malzemenin Akış gerilmesi (Flow stress) grafiği Şekil 2. de görülebilir.

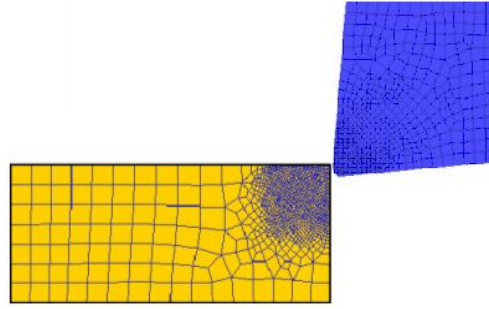


Şekil 2. AISI 1006 malzemesi için Flow Stress grafiği.

## 2.2. Sonlu elemanlar yöntemi

Çok karmaşık olan problemlerin, çok küçük problemlere ayrılarak ve bu küçük problemler çözülerek bir araya getirilip tam bir çözüm elde etme yöntemidir.

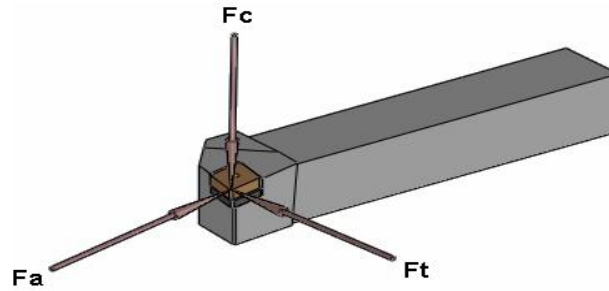
Sonlu eleman tanımından yola çıkarak Deform yazılımında kesici uç ve iş parçası ağ yapılarak elemanlara bölünmüştür. Kesici uç için mesh büyüklüğü olarak 700, iş parçası için ise 1500 seçilmiştir. Elemanların ağ yapıları ve sınır şartları Şekil 3'de gösterilmiştir.



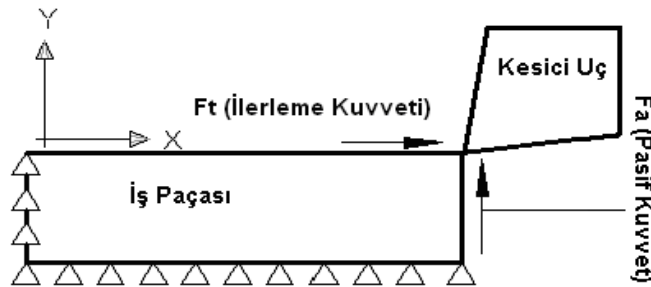
Şekil 3. Kesici takım ve iş parçasının ağ (mesh) yapısı.

İyi bir kesme işlemi için kesici takımın geometrik özellikleri önemli rol oynamaktadırlar. Geometrik özelliklerin uygun bir değer üzerinde ya da altında olması takım talaş ara yüzünde istenmeyen durumların oluşmasına sebep olabilir. Bu değerler gerek tecrübe gerekse uluslararası kabul görmüş standartlarda seçilmelidir. Doğru olmayan bir takım geometrisi uygun olmayan bir kesme kuvveti doğuracaktır. Uygun olmayan kesme kuvvetleri ise takımın çok çabuk hasar görüp körlenmesini tetikleyecektir. Yaptığımız çalışmada kesici uç olarak kullanılan kesici takımın talaş açısı ve boşluk açısı  $5^\circ$  seçilmiştir. Şekil 4'de kesme esnasında kesici takım üzerinde meydana gelen kesme kuvvetleri 2 ve 3 boyutlu olarak gösterilmiştir.

a)



b)



Şekil 4. Takım üzerine etki eden kuvvetlerin, a) 3 boyutlu olarak görünümü, b) 2 boyutlu olarak görünümü.

**Esas Kesme Kuvveti (Fc):** Dönmekte olan iş parçasına teğet bir yönde iş parçasının dönmesine karşı direnç gösterirler.

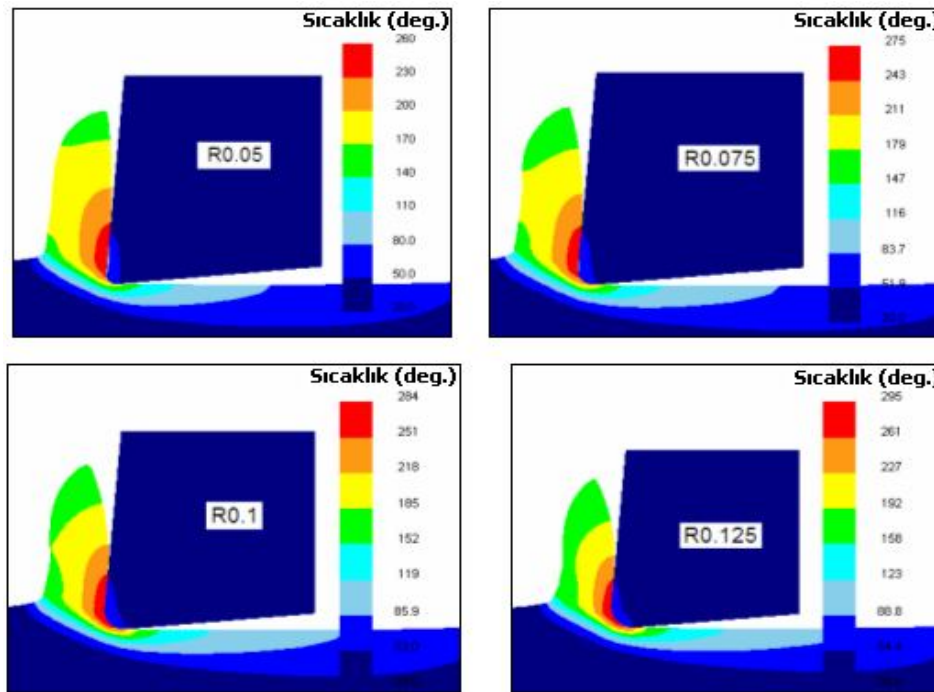
**İlerleme Kuvveti (Ft):** Boylamasına kuvvet hareketleri, işin eksenine paralel bir yönde ve takımın ilerlemesine direnç gösterirler.

**Pasif Kuvvet (Fa):** Radyal kuvvet hareketleri, iş parçasının merkez çizgisinden radyal bir yöndedir

### 3. Bulgular ve Tartışma

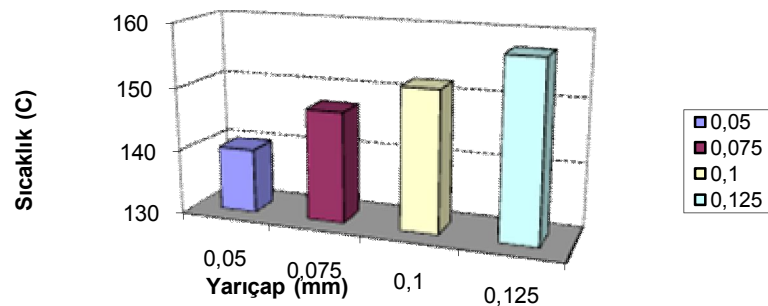
#### 3.1. Kesici takımda meydana gelen sıcaklık

Talaş kaldırma esnasında takım-talaş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklık ve kesme kuvvetleri değişimi Deform paket programında 2 boyutlu olarak Machining 2D Cutting modülünde tasarlanıp analizi yapılmıştır. Yukarıda gösterildiği gibi kesici takım olarak TiC kaplanmış bir kesici uç malzemesi seçilmiştir. Kesici takımlar 5 farklı burun yarıçapına sahiptir. Bu kesici uçlar 2,5 mm kesme uzunluğunda tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 5’de her bir yarıçap için oluşan sıcaklıklar görülebilir.



Şekil 5. 4 farklı yarıçap değeri için sıcaklık dağılımları.

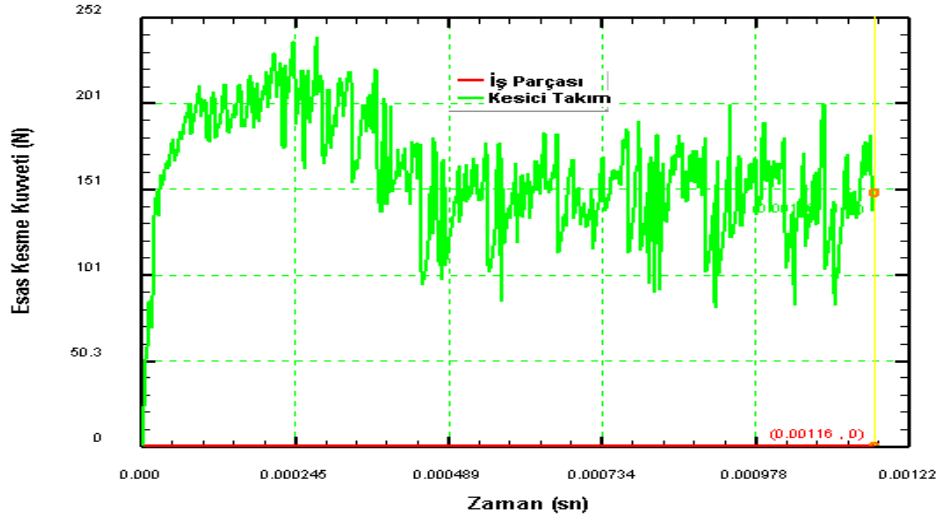
Şekillerden görüldüğü gibi burun yarıçapı arttıkça takım-talaş ara yüzünde meydana gelen sıcaklığın arttığı gözlemlenmiştir. Takım burun yarıçapı arttıkça, takım iş parçası üzerinde daha fazla temas alanı oluşacaktır. Daha fazla temas alanı takım-talaş arasındaki sürtünmeyi artıracaktır. Doğal olarak artan sürtünme yüksek sıcaklık oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum Şekil 6’de daha net görülmektedir.



Şekil 6. Yarıçap değerleri için sıcaklık dağılımları.

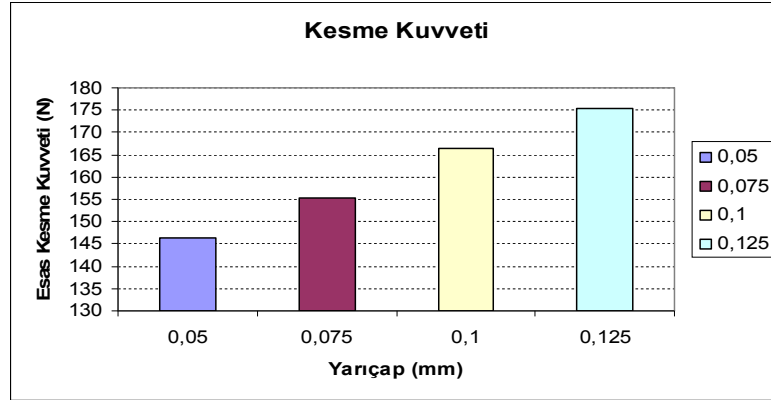
### 3.2. Kesici Takımda Meydana Gelen Kuvvet

Kesme esnasında kesici takım üzerinde meydana gelen kuvvetler Deform yazılımı ile tespit edilmiştir. Kesme işleminin temelinde kesme kuvvetleri üç bileşene ayrılmaktadır. Genellikle esas kesme kuvveti bu üç bileşenin en büyük olanıdır. Şekil 7’de Deform yazılımda zamana göre kuvvet diyagramı görülmektedir.



Şekil 7. Kuvvet-Zaman grafiği.

Yukarıda sözü geçen şartlar altında meydana gelen esas kesme kuvvetleri kaydedilmiştir. Daha sonra her yarıçap için elde edilen kesme kuvveti değişimi grafik ile gösterilmiştir. Bu grafik Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. Farklı burun yarıçaplarında kesme kuvveti değişimi.

Şekilde görüldüğü gibi takım burun yarıçap değeri arttıkça kesici uç üzerinde meydana gelen esas kesme kuvveti de artış sergilemektedir. En düşük kesme kuvveti 0.05 yarıçapında kesici uç ile, en büyük kesme kuvveti ise 0.125 yarıçapına sahip kesici uç ile elde edilmiştir.

### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada 4 farklı burun yarıçapına sahip kesici takım ile önceden belirlenen kesme şartları altında Deform yazılımı ile kesme analizi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen verilere göre takım uç yarıçapı arttıkça kesici takım ve talaş ara yüzünde meydana gelen sıcaklıkta da bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra kesici takım üzerinde meydana gelen kesme kuvvetlerinde de bir artış olduğu görülmüştür. Takım uç yarıçapının artması takım ve talaş arasındaki temas yüzeyini artıracaktır. Bundan dolayı takım ve talaş ara yüzündeki sürtünme artacak, sürtünmenin artması ile sıcaklık ve takım üzerinde oluşacak kuvvetler daha büyük çıkacaktır.

Bu çerçevede büyük uçlu kesici takımların kaba tornalama işlemlerinde kullanılmaları tavsiye edilir.



**Kaynaklar**

- [1] Shatla, M., Kerk, C., Altan, T., “Process Modelling In Machining. Part II: Validation and Applications of the Determined Flow Stress Data”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 41, 1659-1680, 2001.
- [2] GÖK, A., GÖK, K., “ Tornalama İşleminde Optimum Talaş ve Boşluk Açısının Belirlenmesi”, *Metal Makina Dergisi*, 182. Sayı, 276-280, 2010.
- [3] Taşgetiren, S., Aslantaş, K., Kurt, A. 2000. “Torna Kesme Kalemünde Gerilmeler: Sürtünme Katsayısının Etkisi”, *Teknoloji*, Cilt 3, (2000), Sayı 2-3 1-10
- [4] Aslantaş, K. 2003. “Tin Kaplanmış Kesici Takımlarda Gerilme Analizi ve Takım-Talaş Ara Yüzeyindeki Sürtünme Katsayısının Etkisi”, *Mühendislik Bilimler Dergisi*, 9 (2) 185-190.
- [5] Kurt, A., Şeker, U. 2004. “Talaş Derinliğinin Kesici Takım Gerilmelerine Etkisi”, *Makine Teknolojisi Elektronik Dergisi*, (1) 23-29.
- [6] Kurt, A., Şeker, U. 2004. “Kesici Uç Pah Açısının Kesme Kuvvetleri ve Kesici Takım Gerilmelerine Etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 7 (4) 291-296.
- [7] Zhou, J.M., Walter, H., Andersson, M., Stahl, J.E., Effect of Chamfer Angle on Wear of PCBN Cutting Tool, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43 (2003), 301–305.
- [8] K.W. Kim, W.Y. Lee and H.C. Sin, “A Finite-Element Analysis Of Machining With The Tool Edge Considered.”, *J. Mater. Process. Technol.* 86 (1999) 45-55
- [9] Köse, E., Kurt, A., Şeker, U. 2008. “The effects of the feed rate on the cutting tool stresses in machining of Inconel 718 ”, *J. Mater. Process. Technol.* 196 (2008) 165-173
- [10] Duran, A., Nalbant, M., “Finite Element Analysis of Bending Occurring While Cutting With High Speed Steel Lathe Cutting Tools”, *Materials and Design*, 26 (2005) 549-554.
- [11] Jaharah A.G., Wahid S.W., Che Hassan C.H., Nuawi M.Z., Mohd Nizam Ab Rahman., “The Effect of Uncoated Carbide Tool Geometries in Turning AISI 1045 Using Finite Element Analysis”, *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X Vol.2 (2009), pp.271-277.
- [12] Özel, T., Modelling of Hard Part Machining: Effect of Insert Edge Preparation in CBN Cutting Tools, *Journal of Materials Processing Technology*, 141 (2003), 284–293.
- [13] Thiele, J. D., Melkote, S. N., Peascoe, R. A., and Watkins, T. R., Effect of Cutting Edge Geometry and Work piece Hardness on Surface Residual Stresses in Finish Hard Turning of AISI 52100 Steel, *Transactions of the ASME*, Vol. 122, 642-649, 2000.
- [14] 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 (1999), 216-226.
- [15] Gök, K., Erdem, M., “Takım Uç Yarıçapının Kesici Takım ve Gerilmelerine Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi”, 3. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Meslek Yüksekokulu , (2005)