

Tornalamada Oluşan Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Pirometre ile Deneysel Olarak Ölçülmesi

Abdullah DURAN¹, Yakup TURGUT*¹, Mustafa GÜNAY²

¹Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
Balıklarkayası Mevkii 78050 KARABÜK

Geliş/Received : 02.01.2011, Kabul/Accepted : 09.04.2011

ÖZET

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinin kaplamasız sementit karbür kesici takım ile işlenmesi sırasında oluşan takım-talaş ara yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. İşleme deneyleri kuru kesme şartlarında bir CNC torna tezgahında yapılmıştır. Deneylerde beş farklı kesme hızı (75-125-175-225-275 m/dak), üç farklı ilerleme (0,1-0,2-0,3 mm/dev) ve iki farklı kesme derinliği (1-2 mm) kullanılmıştır. Kesme işlemi esnasında takım-talaş ara yüzeyine kızılötesi (infrared) pirometre ile ışık demeti düşürülerek bu yüzeye mümkün olan en yakın noktadaki sıcaklık değerleri fiber optik kablo ve diğer devre elemanları kullanılarak bilgisayara kaydedilmiştir. Deneysel sonuçlara göre, kesme derinliğinin ve ilerlemenin artması ile kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kesme hızının artmasıyla takım-talaş ara yüzey sıcaklığın arttığı ancak, kesme hızının 125 m/dak'dan sonraki değerleri için sıcaklıktaki artış eğiliminin azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesici takım, Sıcaklık ölçümü, AISI 1040, Pirometre

Experimental Measurement of Tool-Chip Interface Temperature With Pyrometer in Turning

ABSTRACT

In this study, tool-chip interface temperature occurred during machining of AISI 1040 steel with uncoated cemented carbide inserts were measured. Machining experiments were performed on a CNC lathe under dry conditions. In the experiments, five different cutting speeds (75-125-175-225-275 m/min), three different feed rate (0,1-0,2-0,3 mm/rev) and two different depth of cut (1-2 mm) were used. During cutting process, temperature values measured at the closest point to tool-chip interface were recorded to a personal computer using a pyrometer, fiber optic cables and other circuit elements. According to experimental results, it was determined that temperature generated on cutting zone increased with increases in depth of cut and feed rate. Additionally, tool-chip interface temperature increased with increasing cutting speed, but the tendency of increase in the temperature slightly decreased after cutting speed of 125 m/min.

Key Words: Cutting tool, Temperature measurement, AISI 1040, Pyrometer

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaş kaldırma işlemi termo-mekanik bir sürecin birleşimidir. Bu süreçte, takım-talaş ve takım-iş parçası ara yüzeyleri boyunca sürtünme ve plastik deformasyonun bir sonucu olarak ısı meydana gelmektedir [1]. Plastik deformasyon küçük bir bölgede oluşmakta olup, bu bölgede meydana gelen sıcaklıklar kesici takım ve iş parçasını etkilemektedir. Yüksek kesme sıcaklıkları takım aşınması, takım ömrü, iş parçası yüzey kalitesi, talaş oluşum mekanizmasını ve kesici takımın ısıl deformasyonunu etkilemektedir. Birinci deformasyon bölgesindeki sıcaklık artışı iş parçası malzemesini yumuşatır ve böylece kesme kuvvetleri azalarak kesme işlemi için gerekli olan enerjinin azalmasına yardımcı olur [2]. Talaş kaldırma için gerekli olan enerjinin büyük bir kısmı kesici takım kesme kenarında ısıya dönüşmektedir. Bu

ısının küçük bir kısmı kesici takımdan kesilmemiş iş parçasına iletilmekte ve bu süreç işlenmiş yüzeyin yüzey bütünlüğünü etkilemektedir. İş parçasına iletilen ısının büyük bir bölümü talaşta kalmakta ve bu süreç kesici takım ucuna yakın bölgelerde sıcaklık artışına neden olmaktadır [3]. Talaş kaldırma sırasında oluşan ısının bu şekilde dağılımı sonucunda maksimum sıcaklık takım-talaş ara yüzeyinde oluşmakta olup, sıcaklığın miktarı kesme parametrelerine göre değişmektedir [4]. Bu bağlamda, talaşlı üretimde takım ömrünün belirlenmesi için kesici takımda oluşan maksimum sıcaklığın ölçülmesi gerekir. Kesici takım malzemelerindeki yeni gelişmeler ve işleme teknolojilerindeki yenilikler, kesici takım üzerinde oluşan kesme sıcaklıklarının sınırları ile bu sınır bilgilerinin doğruluğuna bağlı olacaktır. Bu bilgilerin doğruluğu kesici takımın ömrünü ve performansını etkileyecektir [5].

Talaşlı imalat alanında, kesme esnasında oluşan sıcaklığın ölçülmesi için birçok deneysel çalışma ya-

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: yturgut@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2011.14.4, 297-301

pılmaktadır. Bu çalışmalarda yaygın olarak kullanılan deneysel yöntemler; doğrudan iletim, dolaylı radyasyon ve metalografik incelemeler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemler, takım-iş parçası ısı çift, gömülü ısı çift, radyasyon pirometre ve metalografik teknikleri içermektedir. Isıl çift elemanın (termokupul) kesici takıma yerleştirilmesindeki zorluklar, yöntemin cevap verme süresi gibi sınırlılıklar ısı çift yöntemine dayalı sıcaklık ölçümünün kullanımını kısıtlamaktadır. Radyasyon yöntemleri, sıcak bir alandan yayılan ısı enerjisiyi ölçmek için tasarlanan temassız termo-grafik tekniklerdir. Bu yöntemin, termo-elektrik tekniklerine oranla hızlı cevap verme, iş parçası malzemesi ve sıcaklığı etkilememesi, fiziksel temas olmaması, ulaşılması zor olan parçalar için ölçmeye elverişli olması gibi üstünlükleri vardır [6,7]. Bu avantajlarına dayalı olarak yüksek hızda işleme (HSM-High Speed Machining) uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilir. Son yıllarda, takım-talaş arayüzündeki sıcaklıkları ölçmek ve ısı akışını ölçerek ısı transferi modeli oluşturmak için kızıl ötesi (infrared) pirometreler kullanılmaktadır [8,9]. Metalografik yöntem, kesici takım içerisinde ısı etkisiyle maruz kalmış bölgenin mikrosertliği veya mikroyapısının analizini içermektedir. Ancak, bu yöntem 600-1000 °C'de mikroyapı değişimine uğrayabilen HSS takımları için sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemle zamana bağlı olarak kesici takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımları kaydedilememektedir. Kesici takım talaş yüzeyindeki sıcaklık haritalarının çıkarılması için çok ince taneli tozlar kullanılmaktadır. Takım yüzeyine dağıtılan tozların eriyen ve erimeyen kısımları ile oluşturulan sınır çizgileri gözlemlenerek sıcaklık dağılımı tahmin edilmektedir. Talaş kaldırma işleminin karmaşıklığı bu yöntemin uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır [10, 11]. Yapılan deneysel çalışmalarda, pirometre ile kesme bölgesinden 50 mm uzaklığı kadar kabul edilebilir sonuçlar elde edilirken, termal kamera için bu mesafenin 5 mm olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaların bir kısmında, talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın ölçülmesi için fiber optik veya infrared pirometrelerin kullanıldığı görülmektedir. Pirometre sistemiyle gerçekleştirilen ölçümlerin, geleneksel metotlarla (örneğin ısı çift yöntemine) yapılan sıcaklık ölçümlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. [8-13]. Ayrıca, ortalama takım-talaş ara yüzey sıcaklığı

ve takıma transfer edilen ısı miktarının, kesici takım kaplaması ve iş parçası malzemesinin termal özellikleri, takım-talaş temas uzunluğunun önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, talaşlı imalatta kuru işleme doğru genel bir eğilim olduğunu, bundan dolayı takım aşınması ve takım ömrünün belirlenmesi için kesme hızı, ilerleme, takım geometrisi gibi işleme parametrelerinin kesme sıcaklığı üzerindeki etkisinin bilinmesinin önemini belirtmişlerdir [14,15]. Diğer yandan, talaş kaldırma esnasında takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ortalama sıcaklığı tahmin edebilmek için farklı matematiksel modeller geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda, sıcaklığın modellenmesi için sonlu elemanlar tekniğine dayalı çözümleme yapan çeşitli yazılımlar veya yapay sinir ağları (YSA) ve regresyon analizi yöntemlerinin kullanıldığı göze çarpmaktadır [16,17].

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinin kaplamasız karbür kesici uç ile tormalanmasında oluşan sıcaklıklar deneysel olarak belirlenmiştir. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme miktarının farklı seviyeleri kullanılarak yapılan deneylerde, takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklıklar ölçülmüştür. Kullanılan yöntem ile ısı çift yöntemlerine göre hem daha hızlı veri alınmış hem de fiziksel temas olmadan sıcaklık verileri alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL and METHOD)

2.1. Deneysel Numunesi, Kesici Takım ve Kesme Parametreleri (Experimental Part, Cutting Tool and Cutting Parameters)

Tornalama deneylerinde, makina imalatı alanında yaygın bir şekilde kullanılan AISI 1040 çeliği iş parçası malzemesi olarak seçilmiştir. Deneysel numunelerin ölçü ve boyutları Şekil 1'de verilmiştir

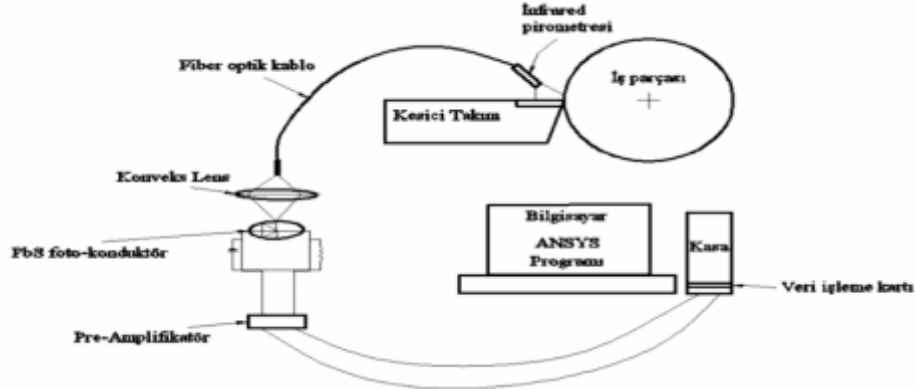


Şekil 1. Deneysel numune boyutları.

Deneysel malzemesi olarak seçilen AISI 1040 imalat çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi

Element	%	Element	%	Element	%
Alüminyum (Al)	0.000	Mangan(Mn)	0.757	Molibden (Mo)	0.042
Silisyum (Si)	0.113	Kobalt (Co)	0.020	Kalay (Sn)	0.032
Fosfor (P)	0.033	Nikel (Ni)	0.011	Kurşun (Pb)	0.064
Titanyum (Ti)	0.000	Bakır (Cu)	0.227	Wolfram (W)	0.003
Vanadyum (V)	0.020	Arsenik (As)	0.021	Karbon (C)	0.510
Krom (Cr)	0.271	Niobyum (Nb)	0.000	Kükürt (S)	0.044



Şekil 3. Sıcaklık ölçmede kullanılan deney düzeneği

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı Sanayi CNC laboratuvarında bulunan, en yüksek dönme hızı 3500 dev/dak ve fener mili motor gücü 15 kW olan, Fanuc kontrol ünitesine sahip Johnford TC35 CNC torna tezgahında yapılmıştır. Kesici uç olarak Şekil 2'de şekli ve boyutları verilen

2.2. Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Ölçülmesi (Measurement of Tool-Chip Interface Temperature)

Kesme işlemi sırasında, takım-talaş ara yüzey sıcaklıkları kızılötesi (infrared) pirometre kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan kızılötesi pirometre; -32 ila 760 °C arası sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. Kesme işlemi

Size	Dimensions for SCMT, SCMW and SCMX						
	d	l	s	r	m	m ₁	h
32.51	0.375	0.375	0.156	0.016	0.071	-	0.173
32.52	0.375	0.375	0.156	0.031	0.065	-	0.173
12M504	0.500	0.500	0.197	0.016	0.097	-	0.217
12M508	0.500	0.500	0.197	0.031	0.091	-	0.217
12M512	0.500	0.500	0.197	0.047	0.084	-	0.217
432	0.500	0.500	0.187	0.031	0.091	-	0.217
433	0.500	0.500	0.187	0.047	0.084	-	0.217

Şekil 2. Deneylerde kullanılan kesici takım ve boyutları

Stellram marka SCMW12M508 kodlu kaplamasız karbür uç kullanılmıştır.

Deneylerde, kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği kesme parametreleri olarak seçilmiştir. Kesici takım firmasının tavsiye ettiği 175 m/dak kesme hızı, orta kesme hızı olarak alınmış ve bu hızın alt ve üst değerleri de eklenerek beş farklı kesme hızı belirlenmiştir. Ayrıca kesme derinliği için iki, ilerleme miktarı için üç farklı değer kullanılmıştır. Kesme parametreleri ve kesici takımın bazı geometrik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Her birinde yeni kesici uç kullanılarak toplam 30 adet deney yapılmıştır.

Çizelge 2. Kesme parametreleri ve kesici uç özellikleri

Kesme şartları	Değerler
Kesici takım	Sementit karbür uç
Kesme hızı (m/dak)	75-125-175-225-275
İlerleme miktarı (mm/dev)	0,1-0,2-0,3
Kesme derinliği (mm)	1-2
Yanaşma açısı	90°
Kesici uç yarıçapı (mm)	0,8
Kesici uç boşluk açısı	7°

enasında takım-talaş ve iş parçası ara yüzeyine ışık demeti düşürülerek kesme bölgesine en yakın noktadaki sıcaklık değerleri fiber optik kabloyla ve diğer devre elemanları lens, foto-kondüktör, pre-amplifikatör (yükseltici) kullanılarak bilgisayara aktarılmış ve kaydedilmiştir. Şekil 3'te, sıcaklık ölçmede kullanılan deney düzeneği şematik olarak verilmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS and DISCUSSION)

AISI 1040 çeliğinin kaplamasız karbür kesici takım ile tornalanması sırasında takım-talaş ara yüzeyinden pirometre sistemiyle ölçülen sıcaklıklar Çizelge 3'te verilmiştir.

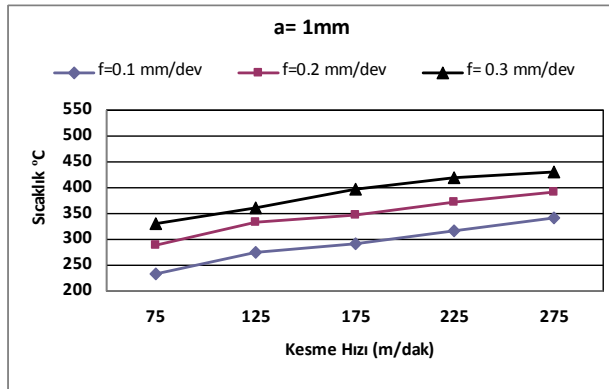
Çizelge 3. Takım-talaş ara yüzeyi sıcaklıkları

Deney No	Kesme Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Ortalama Sıcaklık (C°)
1	1	75	0,1	234
2			0,2	289
3			0,3	331
4	125	125	0,1	276
5			0,2	332

Çizelge 3. Takım-talaş ara yüzeyi sıcaklıkları (Devamı)

6	2	175	0,3	361
7			0,1	291
8			0,2	346
9		0,3	396	
10		225	0,1	318
11			0,2	371
12			0,3	420
13		275	0,1	341
14			0,2	392
15			0,3	431
16		75	0,1	311
17			0,2	369
18			0,3	402
19		125	0,1	365
20			0,2	411
21			0,3	461
22		175	0,1	385
23			0,2	439
24			0,3	486
25		225	0,1	412
26			0,2	451
27			0,3	498
28		275	0,1	426
29			0,2	465
30			0,3	511

Pirometre yardımıyla ölçülen takım-talaş ara yüzey sıcaklığının kesme şartlarına bağlı olarak değişimini yorumlamak için grafikler oluşturulmuştur. Şekil 4, 1 mm kesme derinliğinde kesme hızına bağlı olarak sıcaklığın değişimini göstermektedir.



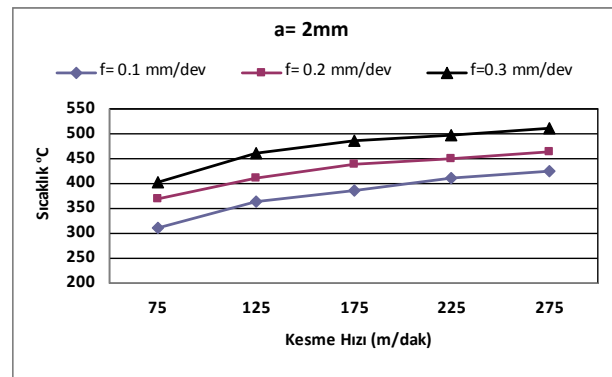
Şekil 4. Kesme parametrelerine bağlı olarak sıcaklığın değişimi (a= 1 mm)

Şekil 4 incelendiğinde, her üç ilerleme değeri için kesme hızlarındaki artışa paralel olarak sıcaklıklarda da artış olmuştur. Literatürde, kesme hızı ile sıcaklık değişiminin doğru orantılı olduğu ve kesme hızının artmasıyla sıcaklığın arttığı bildirilmektedir [18]. Şekil 4'ten, kesme hızının artması ile kesme esnasında oluşan sıcaklıkta lineer bir artış olduğu görülmektedir. Artan kesme hızı kayma düzlemindeki şekil değiştirme hızını doğrudan etkilemekte ve dolaylı olarak kesme esnasında açığa çıkan ısının artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, takım-talaş temas boyunca (ikinci deformasyon bölgesi) oluşan sıcaklık artmaktadır. Çünkü artan kesme hızına bağlı olarak

birinci deformasyon bölgesindeki şekil değiştirme hızı da artmakta ve yüksek şekil değiştirme hızı, talaş kaldırma esnasında yüksek ısı oluşumuna neden olmakta ve bu nedenle sıcaklık artmaktadır [3].

Kesme hızının artması ile birlikte sıcaklıklardaki artış oranlarının azalma eğilimine girdiği görülmektedir. Bu durum literatür taramasında elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir [19,20]. 1 mm kesme derinliğinde, kesme hızı 75 m/dak'dan 125 m/dak'ya çıktığında sıcaklık %18 artarken, aynı kesme derinliğinde kesme hızı 225 m/dak'dan 275 m/dak'ya arttırıldığında ise sıcaklıktaki artış %7.2 olmuştur. Bu durum, kesme bölgesinde plastik deformasyonun oluşabilmesi için gerekli enerjinin oluşumu ile açıklanabilir. Kesme sırasında oluşan mekanik-ısı etkileşim sonucunda, kesilen malzemenin akma direncinin üzerinde bir enerji meydana geldiğinde kalıcı deformasyon oluşur. Kesme hızının artması birinci deformasyon bölgesindeki sıcaklığın artmasına ve plastik deformasyonun kolaylaşmasına yardımcı olmaktadır. Ancak, kesme hızı arttırılmaya devam edildiğinde, talaş oluşumu için gerekli enerjinin önceden sağlanmış olması ve takım-talaş ara yüzeyi boyunca (ikinci deformasyon bölgesi) sürtünmenin azalmasına bağlı olarak sıcaklığın azalma eğilimine girdiğini söylemek mümkündür.

Şekil 5'te ise 2 mm kesme derinliğinde kesme hızına bağlı takım-talaş ara yüzeyinden ölçülen sıcaklık grafikleri verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde, 1 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara benzer bir eğilim görülmektedir. Kesme hızı arttıkça sıcaklıkta artış gözlenmekte ve kesme hızlarındaki artışa karşılık sıcaklıktaki artış oranı yüksek kesme hızlarına çıktıkça azalmaktadır.



Şekil 5. Kesme parametrelerine bağlı olarak sıcaklığın değişimi (a= 2 mm).

Şekil 4 ve Şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde, 1 mm kesme derinliğinde oluşan sıcaklıkların 2 mm kesme derinliğinde oluşan sıcaklıklardan daha düşük olduğu görülebilir. Bu sonuç, kesme işleminde kaldırılan talaş hacminin daha az olduğu durumlarda az enerji, talaş hacminin daha çok olduğu durumlarda ise daha çok enerji açığa çıkması ile açıklanabilir.

Ayrıca oluşan sıcaklıklar kesme hızına göre değerlendirildiğinde, bütün ilerleme değerleri için en düşük sıcaklık 75 m/dak'da, en yüksek sıcaklık ise 275

m/dak kesme hızında ortaya çıkmıştır. Grafiklerden, 75 m/dak kesme hızı ile 125 m/dak kesme hızı arasındaki sıcaklık farkının diğer kesme hızlarının birbirleri arasındaki sıcaklık farkından daha fazla olduğu görülmektedir. Literatürle paralellik gösteren bu sonuca bağlı olarak, kesme hızının belli bir değere kadar talaş oluşumunu kolaylaştırdığını ve daha yüksek kesme hızlarının gereksiz yere enerji sarfiyatını artıracığını söylemek mümkündür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (RESULTS and RECOMMENDATIONS)

AISI 1040 çeliğinin kaplamasız sementit karbür kesici takım ile tornalanması sırasında oluşan sıcaklığın pirometre düzeneğiyle ölçülmesinde elde edilen sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalar için bazı öneriler aşağıda verilmiştir:

- Kesme hızının yanı sıra ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin artırılması ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığının arttığı belirlenmiştir. Diğer yandan, kesme hızının belli bir değerden sonra sıcaklık üzerindeki etkisinin azaldığı tespit edilmiştir.
- En düşük sıcaklık; 1mm kesme derinliği, 0,1 mm/dev ilerleme ve 75 m/dak kesme hızında 234 °C olarak ölçülürken, en yüksek sıcaklık; 2 mm kesme derinliği, 0,3 mm/dev ilerleme ve 275 m/dak kesme hızında 511 °C olarak ölçülmüştür.
- Aynı malzemenin kaplamalı kesici takım ile işlenmesinde oluşan sıcaklıklar tespit edilerek kaplamasız kesici takım için elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilir.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesindeki maddi desteklerinden dolayı, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (07/2008-24) teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Tay, A.A.O., "A Review of Methods of Calculating Machining Temperature", *J. Mater.Process. Technol.* 36 (3), 225-257 (1993).
2. Abukhshim N, Mativenga P, Sheikh M., "Heat Generation and Temperature Prediction in Metal Cutting: A Review and Implications for High Speed Machining", *Int J Machine Tools Manuf.* 46, 782-800 (2006).
3. Davim, J.P., Maranhão, C., "A Study of Plastic Strain and Plastic Strain Rate in Machining of Steel AISI 1045 using FEM Analysis", *Materials and Design*, 30, 160-165 (2009).
4. Kadirgama, K., Noor, M.M., Rahman, M.M., Harun, W.S.W., Haron, C.H.C., "Finite Element Analysis and Statistical Method to Determine Temperature Distribution on Cutting Tool in End-Milling", *European Journal of Scientific Research*, 30 (3), 451-463 (2009).
5. Komanduri, R., Hou, Z.B., "A Review of The Experimental Techniques for The Measurement of Heat and Temperatures Generated in Some Manufacturing

- Processes and Tribology", *Tribology International*, 34, 653-683 (2001).
6. O'Sullivan D., Cotterell M., "Temperature Measurement in Single Point Turning", *Journal of Materials Processing Technology*, 118, 301-308 (2001).
7. Sutter G., Faure L., Molinari A., Ranc N., Pina V., "An Experimental Technique for The Measurement of Temperature Fields for The Orthogonal Cutting in High Speed Machining", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43, 671-678 (2003).
8. Müller B., Renz U., "Time Resolved Temperature Measurements in Manufacturing", *Measurement*, 34, 363-370 (2003).
9. Dinc C., Lazoglu I., Serpenguzel A., "Analysis of Thermal Fields in Orthogonal Machining with Infrared Imaging", *Journal of Materials Processing Technology*, 198, 147-154 (2008).
10. Potdar, Y.K., Zehnder, A.T., "Measurements and Simulations of Temperature and Deformation Fields in Transient Metal Cutting", *J. Manuf. Sci. Eng.* 125, 645-655 (2003).
11. Gökkaya H., Nalbant M., Özçatalbaş, Y., "Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Takım-İş Parçası Isıl Çift Yöntemiyle Ölçümü İçin Geliştirilen Sistemin Uygulanabilirliği", *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 21(3), 409-413 (2006).
12. Ueda, T., Sato, M., Hosokawa, A., Ozawa, M., "Development of Infrared Radiation Pyrometer with Optical Fibers-Two-Color Pyrometer with Non-Contact Fiber Coupler", *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 57, 69-72 (2008).
13. Jeming, L., Chang, Y.L., "Measurement of Cutting Tool Temperature by A Infrared Pyrometer", *Meas.Sci.Technol.*, 12, 1243-1249 (2001).
14. Şeker, U., Korkut, İ., Turgut, Y., Boy, M., "The measurement of temperature during machining", *International Conference Power Transmissions-03, Varna, Bulgaria*, (2003).
15. Federico, M.A., Reginaldo, T.C., Lincoln, C.B., "Turning Hardened Steel using Coated Carbide at High Cutting Speed", *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.*, 30(2), 104-109 (2008).
16. Brito, R.F., Carvalho, S.R., Lima e Silva, S.M.M., Ferreira, J. R., "Thermal Analysis in Coated Cutting Tools", *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36, 314-321 (2009).
17. Korkut, I., Acir, A., Boy, M., "Application of Regression and Artificial Neural Network Analysis in Modelling of Tool-Chip Interface Temperature in Machining", *Expert Systems with Applications*, 38, 11651-11656 (2011).
18. Ng E.G., Aspinwall, D.K., Brazil, D., Monaghan, J., "Modelling of Temperature and Forces When Orthogonally Machining Hardened Steel", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 39, 885-903 (1999).
19. Korkut, İ., Boy, M., Karacan, İ., Şeker, U., "Investigation of Chip-Back Temperature During Machining Depending on Cutting Parameters", *Materials Design*, 28 (8), 2329-2335 (2007).
20. Boothroyd, G., Knight, W.A., "Fundamentals of Machining and Machine Tools", Third Edition, CRC Press, (2006).