

# KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR KESİCİ TAKIMLARDA TAKIM-TALAŞ ARA YÜZEY SICAKLIĞININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

**Kasım HABALI\*, Hasan GÖKKAYA\*\***

\*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 06500-Ankara

\*\*Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tandoğan, 06570-Ankara

Geliş Tarihi : 06.01.2004

## ÖZET

Malzemelerde talaş kaldırma sırasında açığa çıkan ısının takım-talaş ara yüzeyinde oluşturduğu sıcaklığın takım ömrü ve iş parçasının yüzey kalitesi üzerinde bir etkisinin olduğu bilinmekte ve bu sıcaklığın ölçülebilmesi için kullanılacak yöntemler sürekli olarak araştırılmaktadır. Bu çalışmada, takım/iş parçası ısı çift yöntemi ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ölçülebilirliği araştırılmıştır. Özellikleri iyi bilinen AISI 1040 çeliği üzerinde yapılan talaş kaldırma deneylerinde, kesme hızı ve ilerleme parametrelerine bağlı olarak takım-talaş ara yüzey sıcaklığının değişimi incelenmiştir. Elde edilen grafiklerden, kesme hızının sıcaklık üzerinde daha etkili bir parametre olduğu görüldükçe, ilerlemenin etkisinin daha az olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Kesme sıcaklığı, Isıl çift metodu, Kaplamasız sementit karbür kesici takım

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE TOOL-CHIP INTERFACE TEMPERATURES ON UNCOATED CEMENTIDE CARBIDE CUTTING TOOLS

### ABSTRACT

It is known that the temperature as the result of the heat developed during machining at the tool-chip interface has an influence on the tool life and workpiece surface quality and the methods for measuring this temperature are constantly under investigation. In this study, the measurement of tool-chip interface temperature using tool-workpiece thermocouple method was investigated. The test were carried out on a AISI 1040 steel and the tool-chip interface temperature variation was examined depending on the cutting speed and feed rate. The obtained groups show that cutting speed has more influence on the temperature than feedrate has.

**Key Words :** Cutting temperature, Thermocouple method, Uncoated cementide carbide cutting tool

### 1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemlerinde, harcanan enerjinin hemen hemen tamamına yakın kısmı ısıya dönüşür. Bu sebeple kesme bölgesinde oluşan ısı, talaş kaldırma işleminde önemli bir faktör olup, takım performansı ve iş parçası kalitesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Kesme parametrelerine bağlı

oluşan ısıyı tahmin yöntemlerinin yanı sıra, doğrudan ısı/sıcaklık ölçmeye yönelik farklı deneysel çalışmalar mevcuttur (Gökkaya ve ark., 2001). Kesme kuvvetleri, güç sarfiyatı, tork ve talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık gibi bazı değişken faktörler, talaş kaldırma işlemini kontrol etmek için kullanılır. Bu farklı değişkenler arasında kesme sıcaklığı, takım aşınmasıyla

ilişkili olması sebebiyle talaş kaldırma kontrol prosesinin ideal bir değişkeni olarak kabul edilir (Tay, 1993; Chow and Wright, 1998).

İş parçasının işlenmesi sırasında oluşan ısı, kesici takım, iş parçası, çıkan talaş ve kullanılıyorsa kesme sıvısı olmak üzere dört farklı yolla kesme bölgesinden uzaklaştırılır (Bever et al., 1953; Shaw, 1984). Kesme kenarının yakınında oluşan bu ısı, kabul edilebilir bir aşınma için kesici takımın desteklenmesi anlamı taşır. İş parçasının işlenmesi sırasında oluşan ısı, kesici takımın performansını sınırlayan faktördür. Bu durum, yüksek seviyedeki ısıya dayanabilen kesici takım malzemelerinin gelişmesini zorlamaktadır (Trent, 1984).

Kesme bölgesindeki artan ısıyı değerlendirmek için 70 yıldan bu yana birçok teknik geliştirilmiştir (Byrne, 1987). Bu tekniklerin çoğu, kesici takımın sıcaklığını ölçmede kullanılmaktadır (Herbert, 1926; Chow and Wright, 1998). Isı ölçümünde en çok kullanılan yöntem “ısı çifti (thermocouple)” yöntemidir. Bu yöntem, kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametrelerinin etkisini göstermek için en kullanışlı yöntemdir. Fakat bulunan değerler yine de tam sonucu vermemektedir. Bu yöntemde, kesme sırasında iş parçası ve kesici takım arasında elektro motor kuvveti (emk) oluşur. Takımın soğuk kısmında elektriksel bir temas noktası oluşurken, kesme bölgesinde ise sıcak birleşme oluşur. Bu metodun zorluğu kesici takımın tam bir kalibrasyon gerekliliği ve iş parçasının bir ısı çifti olarak işlev görmesinden kaynaklanmaktadır (Braiden, 1968; Alvelid, 1970).

Yapılan araştırmaların çoğunda, talaş kaldırma sıcaklıklarını ölçmek için takım-iş parçası ısı çifti yöntemi kullanılmıştır (Trigger, 1948; 1949; Stephenson, 1993; Özçatalbaş, 2001). Bunun sebebi, literatürde belirtilen laboratuvar ortamlarındaki sıcaklık ölçme yöntemlerinin hiçbirinin basit ve rutin deneyler için güvenilir olmamasıdır. İnfrared metodlarında, sinyalden parazite dönüşüm oranı düşüktür. Çünkü sıcak talaştan dolayı, en büyük

“emk” kazancın özellikleri karmaşıktır ve duman, titreşim vb. sebeple düşük hassasiyete sahiptir (Stephenson, 1991; Lin et al., 1993). Kesici uca gömülen veya talaş kırıcı arasına ısı çifti yerleştirme metodları da nispeten düşük tepki süresi ile sinyalden parazite dönüşüm (takım içindeki yüksek sıcaklık farkından dolayı) oranı düşüktür (Özçatalbaş, 2001).

Takımdaki sıcaklık artışını ölçmek için kullanılan diğer bir metod ise takıma gömülmüş ısı çiftiyle yapılan ölçümdür (Qureshi and Koenigsberger, 1966). Küçük çaplı ısı çiftlerinin kullanılması ile farklı pozisyonlarda pek çok küçük delik vasıtasıyla takımdaki sıcaklık artışına ilişkin doğru sonuçları elde etmek mümkündür (Kuster, 1654; Rall and Giedt, 1656). Buradaki dezavantaj; yüksek sıcaklık artışının gerçekleştiği kesme kenarına çok yakın yerlere ısı çiftlerinin yerleştirilmesinin zor olmasıdır. Yüksek kesme hızlarında kullanılan seramikler gibi, pek çok kesici takım malzemesinde kırılabilirlik ve elektriksel direnç önemli olduğundan, yukarıda tanımlanan metodu uygulamak zordur (Lin et al., 1993).

Bu çalışmada, takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığı ölçmek için, literatürde en yaygın kullanılan “ısı çifti” yöntemi baz alınarak bir deney düzeneği kurulmuş, mekanik ve fiziksel özellikleri bilinen AISI 1040 çelik malzeme üzerinden talaş kaldırmak suretiyle sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2. 1. Deney Numuneleri

Deneysel çalışmalar için, endüstride yaygın olarak kullanılan AISI 1040 çelik malzemedan hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin spektral analizle belirlenen kimyasal bileşimi, mekanik özellikleri Tablo 1’ ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Numunelerinin Kimyasal Bileşimi (% Ağırlık)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
0.365	0.247	0.799	0.0166	0.0422	0.0528	0.0267	0.106	0.0190	0.0223
Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	Sb	Fe	-
0.300	.00200	.00100	.00100	.0868	.00200	0.0188	.00669	97.83	-

Tablo 2. Mekanik özellikleri

Sertlik	Kopma Dayanımı	Akma Sınırı	Kopma Uzunluğu
BSD 30	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	% (5do)
196	620	280	22

Torna tezgahında, ayna/punta arasında işlenecek tarzda Ø65 x 650 mm boyutlarında hazırlanan deney numunelerinin tezgah gövdesinden izolasyonunu

sağlamak için punta tarafına poliamid bir malzeme yerleştirilirken, aynaya bağlanan faturalı kısma yine

aynı malzemeden bir pens bağlanarak tam bir izolasyon sağlanmıştır.

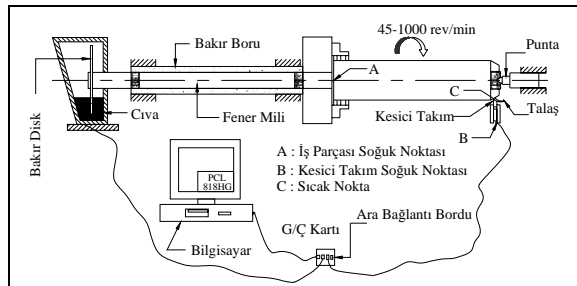
## 2. 2. Kesici Takımlar

Kaplama-sız sementit karbür kesici takımlarda takım/talaş ara yüzey sıcaklığını değerlendirmeyi hedefleyen bu çalışmada, adi karbonlu çelik malzeme için ISO P15-P20 kalitesine (grade) karşılık gelecek şekilde, Stellram firmasına ait S2F kalitesinde kaplama-sız sementit karbür, kesici takım kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan değiştirilebilir uçlar "SNMM 120412" formunda olup, bu uçlara uygun PSSNR 2525 M12 takım tutucu kullanılmıştır.

ISO 3685'te önerildiği gibi imalatçı firmaların kesici takım kaliteleri için önerdiği kesme hızı aralıkları dikkate alınarak beş farklı kesme hızı belirlenmiştir. İlerleme değerleri ve talaş derinliği, uç radyüsüne bağlı olarak ISO 3685'te tavsiye edilen aralıkta seçilmiştir.

## 2. 3. Deney Düzenegi

Kurulan sistemin esası, takım-talaş ara yüzey sıcaklığını ölçmeyi hedeflemektedir. Bu yöntemde ölçülen değer, takım-talaş ara yüzeyindeki ısı sebebiyle oluşan bir elektro motor kuvvettir (emk). Bu yöntemin temeli, iki farklı metalin ara yüzeyinde ara yüzey sıcaklığı değiştiği zaman emk oluşması esasına dayanır. Oluşturulan deney düzenegi Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.



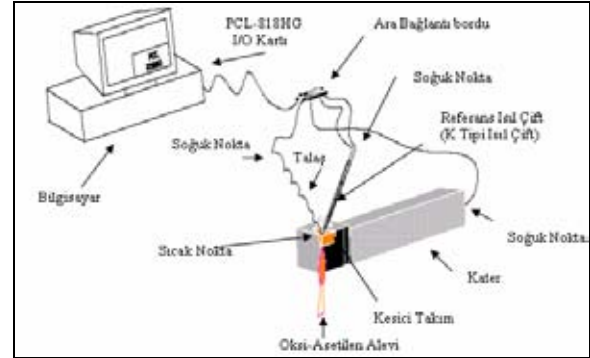
Şekil 1. Deney düzenegi

Deney düzenegi klasik bir torna tezgahı üzerine monte edilmiş olup iş parçası kesici takım tezgah gövdesinden izole edilmiştir. Emk'nın doğru ölçülebilmesi için tezgah fener mili içerisinden bakır bir boru geçirilerek bu borunun ucuna eklenen bakır bir diskin kapalı bir kap içerisinde cıva ile teması sağlanmıştır. Böylece emk'nın ölçülebilmesi için takım ve iş parçası ikilisi arasında iletken bir devre oluşturulmuştur. Şekil 1'de A ve B noktaları oda sıcaklığında soğuk temas durumunda iken, takım ve talaş C noktasında sıcak temas durumundadır. Bu

noktada oluşturulan emk, PCL-818 HG I/O kartı ile ölçülmüştür.

## 2. 4. Kalibrasyon

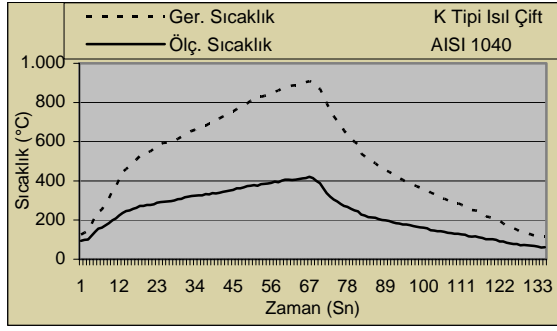
Kalibrasyon uygulaması için kurulan sistem Şekil 2'de gösterilmiştir.



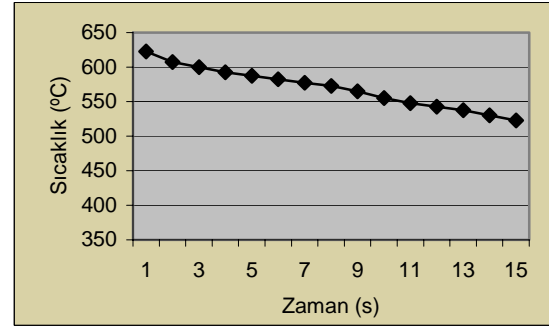
Şekil 2. Kalibrasyon Sistemi

Kalibrasyon düzeneginde iş parçası yerine iş parçası talaşı kullanılarak, takım-talaş ısı çift devresi tamamlanmış ve emk giriş bağlantı uçları I/O kartı bağlantı bordu ile irtibatlandırılmıştır. Takım-talaş ısı çifti, programa kullanılan K tipi (Ni-Cr/Ni-Al) tanıtılmıştır. Her iki ısı çiftinin, kesici takım üzerinde ısı yoğunluğunun yüksek olduğu noktalara, nokta direnç kaynağı ile montajı sağlanmıştır. Montaj esnasında kaplama malzemelerinin nokta direnç kaynağından etkilenip etkilenmediği elektro mikroskopla kontrol edilerek, kaplamada herhangi bir tahribatın bulunmadığı görülmüştür. Daha sonra iki ısı çiftinin bilgisayar ortamında ve oda sıcaklığındaki kalibrasyonu oda sıcaklığında oksijen-gaz alevi ile ısı artışı sağlanarak yapılmıştır.

Şekil 3'de referans ısı çifti ve takım iş parçası ısı çiftinin, bilgisayardan alınan zamana bağlı sıcaklık değişim eğrileri verilmiştir. Isınma eğrisinde belirli bir dereceye kadar her iki ısı çiftinin sıcaklık/zaman eğrilerinde bir paralellik görülmekle birlikte takım-ış parçası ısı çiftinin sıcaklık artış hızında, referans ısı çifti göre yavaşlama görülmektedir. Bu durum, sıcak noktanın ısıtılması sırasında en yüksek sıcaklığa ulaşıldığında, başlangıç sıcaklığına göre, takımın soğuk nokta sıcaklığındaki artış ile açıklanabilir. Soğuma safhasında, takım-ış parçası ısı çiftinin soğuma eğrisi ile referans ısı çiftinin soğuma eğrisi arasındaki farkın, azalan sıcaklıkla birlikte azaldığı görülmüştür. Takım-ış parçası ısı çifti yöntemiyle elde edilen bu eğrilerden gerçek sıcaklık ile talaştan alınan sıcaklık arasında bir kalibrasyon katsayısı (2.44) belirlenmiştir.



Şekil 3. Referans ve takım-iş parçası ısı çiftlerinin zaman sıcaklık eğrileri



Şekil 4. V= 58 m/dk. ve f = 0.24 mm/dev için zamana bağlı sıcaklık değişimleri.

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

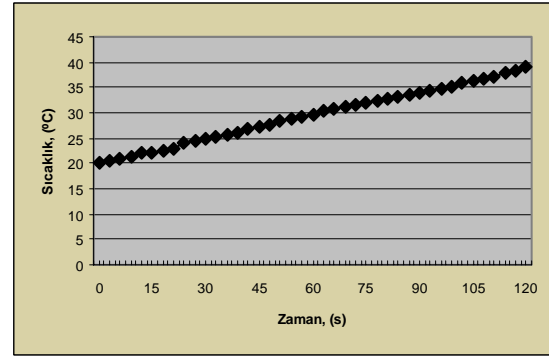
#### 3. 1. Genel Esaslar

Beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme ile AISI 1040 çeliği kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, takım-talaş ara yüzeyinde ölçülen sıcaklıklar, her ilerleme ve her kesme hızı için, zamana bağlı olarak grafiklere aktarılmıştır. Talaş derinliği sabit bir parametre olarak ( $a = 2.5$  mm) alınmıştır.

Kaplamasız takımlarla yapılan deneylerde, önce 0.24 mm/dev ilerleme kullanılmıştır. İkinci bir ilerleme ile deney yapmak için ilerleme değeri, ilk 0.24 mm/dev'lik ilerlemenin altına çekilerek, deneyler 0.16 mm/dev ilerleme ile gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde, kaplamasız takımlarda ilerlemenin, sıcaklık üzerindeki etkisi gözlenmeye çalışılmıştır.

Şekil 4'de görülebileceği gibi, kesme hızı, ilerleme ve takım parametreleri değiştirilerek yapılan bütün deneylerde, zamana bağlı olarak, ilk talaş kaldırmaya başlandığı andaki sıcaklığın düştüğü gözlenmiştir. Bu duruma kalibrasyon denklemleri oluşturulurken, talaş kaldırma sırasında, soğuk noktadaki sıcaklık değişimine bağlı olarak açıklamak mümkündür.

Zamana bağlı olarak, soğuk noktadaki sıcaklık artışı neticesinde emk düşmektedir. Bunun anlamı, talaş kaldırma sırasında, takım ve takım tutucuya aktarılan ısı neticesinde, soğuk noktayı oluşturan takım tutucunun arka tarafında, sıcaklık yükselmekte, buna bağlı olarak da emk değişmektedir. Bu da takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığın zamana bağlı olarak düşmesinin (Şekil 5'de açıklandığı gibi) nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 5. Kesici takımında zamana bağlı olarak soğuk noktadaki sıcaklık değişimi.

Buradan elde edilebilecek en önemli sonuçlardan bir tanesi, bu yöntemle talaş kaldırma sırasında kararlı bir sıcaklık ölçümü gerçekleştirmek için, soğuk noktadaki (katerin en arka ucu) sıcaklık artışının engellenmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4' e benzer olarak elde edilen tüm grafikler baz alınarak her deney için, ilk talaş kaldırma anındaki en yüksek sıcaklıklar dikkate alınmıştır. Bu en yüksek sıcaklıklar esas alınarak, değişen kesme parametreleri ve takımlar için elde edilen değerler, Tablo 3'de özetlenmiştir.

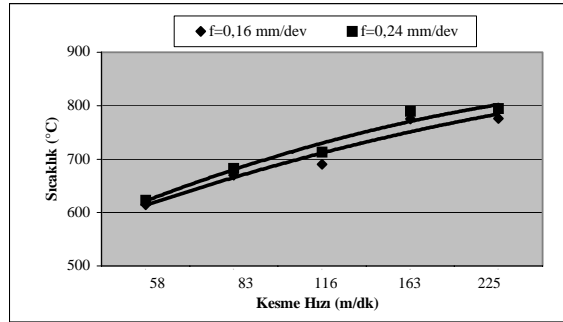
Tablo 3. Kesici Takım Kaplama Malzemesi, İlerleme Ve Kesme Hızına Bağlı Olarak Elde Edilen Sıcaklık Değerleri

Kesici Takım	İlerleme (mm/dev)	Kesme Hızı (m/dk)	Ölçülen Gerçek Sıcaklık (°C)
Kaplamasız (Stellram S2F)	0.16	58	615
		83	670
		116	690
		163	750
		225	790
	0.24	58	623
		83	683
		116	713
		163	780
		225	795

### 3. 2. Kaplamsız Kesici Takımda Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı Olarak Sıcaklıktaki Değişim

Kaplamsız kesici takımla, beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme kullanılarak yapılan deneylerde takım-talaş ara yüzeyinde ölçülen sıcaklıklar Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir. Şekil 6'daki grafiklerde, kesme hızındaki ve ilerlemedeki artışlarla birlikte sıcaklığın da arttığı görülmektedir.

Yine aynı grafik, sıcaklık değişiminde kesme hızı parametresinin ilerlemeye göre daha etkili bir parametre olduğunu göstermektedir. Bu eğilim, literatür ile paralellik arz etmektedir (Boothroyd, 1981; Shaw, 1984; Trent, 1988; Anon., 1994; Şeker, 1997).



Şekil 6. Kaplamsız kesici takımda kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklık değişimi

Kesme hızında % 27.5 ~ % 30 civarındaki artışlara karşılık, sıcaklıktaki yükselme % 5.3 ~ % 8.2 arasında seyretmektedir. Buna mukabil ilerlemedeki % 33'lük bir değişimle sıcaklıktaki % 0.6 ~ % 3.2 arasında bir artışa sebep olmaktadır. Bu durum, talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık üzerinde, kesme hızının daha büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Takım-talaş ara yüzey sıcaklığının kesme hızına bağlı olarak artması literatür ile paralellik arz etmektedir (Anon., 1994; Şeker, 1997).

Daha düşük kesme hızlarında, hızdaki % 30'luk artışla beraber sıcaklıklardaki artış % 8.2 olmaktadır. Daha yüksek hızlara ulaşıldığında, özellikle de 163 m/min'den 225 m/min'e yükseltildiğinde % 27.5, sıcaklığındaki değişim daha düşük (% 5.3) olmuştur. Bu durum, daha yüksek kesme hızlarında, malzemenin plastik deformasyonu için ihtiyaç duyulan enerjinin yeterli bir düzeye ulaştığını ve kesme hızındaki artışla beraber, plastik deformasyon ve dolayısıyla deformasyon bölgesinde oluşan ısı enerjisi ihtiyacının azaldığına atfedilebilir.

Kaplamsız kesici takımlarda, takım/talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar sürtünme katsayısına

bağlı olarak, ikinci deformasyon bölgesinde meydana gelen yüksek ısıya atfedilebilir. Kaplamsız kesici takımlarda elde edilen yüksek sıcaklıklar, WC+Co esaslı bu takımlarda, çelik malzeme ile yüksek kimyasal çekicilik sebebi ile oluşan yüksek difüzyon eğilimi için olumsuz bir özellik sergilemektedir. Bu durum, bu tür takımlarda oluşan krater (çukur) aşınmasının en temel sebebidir (Shaw, 1984, Handbook, 1994; Şeker, 1997). Kaplamsız kesici takımlardaki bu olumsuz etkinin ortadan kaldırılması için, bu tür takımlara kaplama yapılması yaygın bir uygulamadır.

### 3. 3. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı Olarak Sıcaklık Değişimlerinin İstatistiksel Olarak Modellenmesi

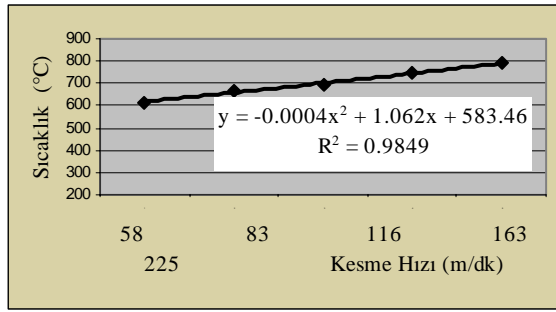
Beş farklı kesme hızında ve iki farklı ilerlemede yapılan deneyler sonucu, sıcaklık değişimlerinin modellenmesi amacı ile, elde edilen verilere Microsoft Excel programındaki eğri benzeştirme modelleri uygulanmıştır. Bu amaçla uygulanan beş ayrı model için belirtme katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4. Farklı İlerlemeler ve Kesme Hızına Bağlı Sıcaklık Değişimi İçin Benzeşim Eğrileri Belirtme Katsayıları ( $R^2$ )

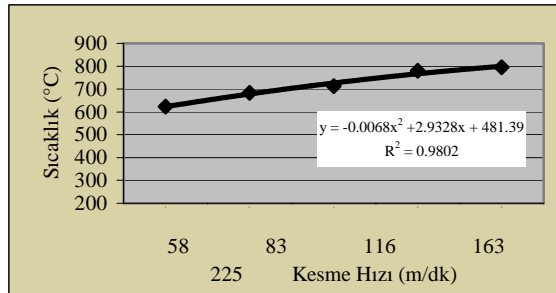
Benzeşim Eğrisi ( $R^2$ )	İlerleme	
	f = 0.16 mm/rev	f = 0.24 mm/rev
Doğrusal	0.9355	0.9528
Logaritmik	0.9135	0.9455
Polinom	0.9849	0.9802
Üs	0.9284	0.9577
Üstel	0.9367	0.9499

Yapılan deneyler sonucunda, kesme hızına bağlı sıcaklık dağılımlarını temsil eden benzeşim eğrilerinden, tüm parametreler, için en yüksek belirtme katsayısının ikinci dereceden "polinom" eğrilerine ait olduğu görülmektedir (Tablo 3). Bu durum, sıcaklığın kesme hızına bağlı değişiminin, ikinci dereceden bir polinomla temsil edilen parabolik bir eğri ile tanımlanabileceğini göstermektedir. Bu eğriler ve bu eğrileri tanımlayan ikinci dereceden eşitlikler kullanılarak, kesme hızının değişen ara değerleri için elde edilebilecek sıcaklık değerlerinin tahmini mümkün olabilecektir.

İmalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 1040 çeliği için, deneysel verilere dayandırılarak oluşturulan bu benzeşim eğrileri ve tanımlama eşitlikleri Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiş olup, yapılacak araştırma çalışmalarında ve uygulamada etkili bir şekilde kullanılacak özelliktedir.



Şekil 7. Kaplamsız kesici takımında  $f = 0.16$  mm/rev için kesme hızı-sıcaklık ilişkisi



Şekil 8. Kaplamsız kesici takımında  $f=0.24$  mm/rev için kesme hızı-sıcaklık ilişkisi

#### 4. SONUÇ

Kaplamsız sementit karbür kesici takımlarda-talaş ara yüzeyindeki sıcaklık değişimi değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada elde edilen en önemli bulgular aşağıda özetlenmiştir:

1. AISI 1040 çeliği farklı parametrelerle işlenmesi sonucunda, elde edilen en yüksek sıcaklıklar baz alınarak yapılan sıcaklık değerlendirmede, kesme hızı ve ilerlemedeki artışa bağlı olarak sıcaklığın da arttığı görülmüştür.
2. Kesme hızı ve ilerlemedeki artışla sıcaklıkta bir yükselme görülmekle beraber, sıcaklık artışı kesme hızındaki artışa daha duyarlı olmakta, ilerleme ikinci derecede bir etki göstermektedir. Bu durum kesme hızının takım-talaş ara yüzeyinde daha etkili bir parametre olduğunu göstermektedir. Gözlenen bu eğilim, literatürdeki sonuçlarla da örtüşmektedir.
3. Kesme hızındaki yaklaşık % 30'luk artışlara karşılık görülen sıcaklık artışları, % 4 ~ % 6.2 civarında olmuştur.
4. İlerleme-sıcaklık arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; daha düşük kesme hızlarında, ilerlemede % 33'lük bir artışa

karşılık, sıcaklıktaki artış % 10'lara kadar çıkarken, daha yüksek kesme hızlarında, ilerlemedeki % 33'lük artışa karşılık sıcaklık artışının % 3.5 civarında kaldığı gözlenmiştir. Bu durum, düşük kesme hızlarında ilerlemenin, sıcaklık üzerinde daha etkili bir parametre olduğunu göstermektedir.

5. Kesme hızı-sıcaklık ilişkisini gösteren grafiklere eğri benzeştirme işlemi uygulandığında, bu ilişkinin ikinci dereceden bir polinomla modellenebileceği görülmüştür. Elde edilen ikinci dereceden parabolik eğriler, uygulamada takım-talaş ara yüzey sıcaklığını tahmin etmede kullanılabilir özelliktedir.

#### 5. KAYNAKLAR

Anonymous, 1994. *Modern Metal Cutting*, Practical Handbook, Sandvik.

Alvelid, B. 1970. Cutting Temperature Thermo-Electrical Measurements, Ann. CIRP 18, pp. 547-554.

Bever, M. B., Marshall, E. R., Ticknor, L. B. 1953. The Energy Stored In Metal Chips During Orthogonal Cutting, Journal Appl. Phys. 24 pp. 1176-1179.

Boothroyd, G. 1981. Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, International Student ed. 5th Printing, McGraw-Hill, ISBN 0-07-085057-7, New York.

Braiden, P. M. 1968. The Calibration of Tool/Work Thermocouple, Proc. 8th Int. MTDR Conf., Manchester, Sept. 1967, Pergamon, Oxford, pp. 653-666.

Byrne, G. 1987. Thermoelectric Signal Characteristics ana Average Interfacial Temperatures in The Machining of Metals Under Geometrically Defined Conditions, Int. J. Mach. Manuf. 27 (2), pp.215-224.

Chow, J. G., Wright, P. K. 1998. On-line Estimation of Tool Chip Interface Temperature For a Turning Operation, Trans. ASME. J. Eng. Ind. 110, pp. 56-64.

Rall, D. L. and Giedt, W.H. 1956. Heat Transfer to, and Temperature Distributions in, a Metal Cutting Tool, Trans ASME 78, pp-1507-1515.

- Gökkaya, H., Şeker, U., İzciler, M. 2001. Takım Talaş Arayüzey Sıcaklığının Ölçülmesi İçin Yapılmış Deneysel Çalışmalar Üzerine Bir Değerlendirme, Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Matit 2001, S. 91-94, Konya.
- Herbert, E. G. 1926. The Calibration of Tool/Work Thermocouple, Proc. Inst-Measch. Eng. 1, pp. 289-329.
- Trigger, K. J. 1948. Progress Report No.1 on Chip - Tool Interface Temperatures, Trans ASME 70, pp. 91-98.
- Trigger, K. J. 1949. Progress Report no.2 on Chip - Tool Interface Temperatures, Trans ASME 70, pp. 163-174.
- Kuster, K. J. 1954. Das Temperaturfeld in Drehmeissel (The Temperature Field in the Cutting Edge of a Cutting Tool) Verlag W. Girardet, Essen, Germany, pp. 67-71.
- Lin, j., Lee, S. L., Weng, C. I. 1993. Estimation of Cutting Temperature in High Speed Machining , Trans. ASME-JEMT 114, pp. 289-296.
- Özçatalbaş, Y. 2001. Takım-iş parçası Isıl Çift Yöntemiyle Takım/Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Ölçülebilirliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 14, no 3, s 957-967 Temmuz, Ankara.
- Paul Degarmo, E., Black, J. T., Ronaldo A. Kohser, 1997. Material and Process in Manufacturing, Prentice Hall International Inc.
- Qureshi, A. H., Koenigsberger, F. 1966. An Investigation Into The Rake Face of a Cutting Tool, Ann. of CIRP 14, pp. 189-199, 1966.
- Shaw, M. C. 1984. Metal Cutting Principles, Oxford University Press, London, ISBN 0-19-859002-4. pp. 594.
- Stephenson, D. A. 1991. An Inverse Method for Investigating Deformation Zone Temperatures in Metal Cutting , Journal of Engineering for Industry , vol. 113, pp. 259.
- Stephenson, D. A. 1993. Tool-Work Thermocouple Temperature Measurements Theory and Implementation Issues, Trans. ASME J. Eng. Ind., Vol. 115, pp. 432-437.
- Şeker, U. 1997. Takım Tasarımı Ders Notları, s. 32.
- Tay, A. A. O. 1993. A Review of Methods of Calculating Machining Temperature, Journal of Material Processing Technology, Vol.36, pp. 225-257.
- Trent, E. M. 1984. Metal Cutting, 2nd ed., Butterwoths , London ISBN 0-408-10856.
- Trent, E. M. 1988. Metal Cutting and the Tribology of Seizure: I.Seizure in Metal Cutting , Wear 128, pp. 29-45.