



TORNALAMADA KESİCİ TAKIM AŞINMASINI İŞLEM ESNASINDA SICAKLIK ÖLÇÜMÜ İLE SAPTAMA

Murat KIYAK*, **Müzeyyen ERASLAN****, **Erhan ALTAN***

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş/İstanbul

**Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksek Okulu, Makine Bölümü, Kocaeli

ÖZET

Adaptif kontrol ve bilgisayar yardımıyla imalattaki gelişmeler, talaş kaldırma esnasında takım aşınmasının hassas bir şekilde saptanmasını gerektirmektedir. Bu konuda çalışan araştırmacılar doğrudan ve dolaylı yöntemler geliştirmişlerdir. Talaş kaldırma esnasında sıcaklık ölçümü ile takım aşınmasının saptanması dolaylı bir yöntemdir. Bu çalışmada iki ölçüm tekniği ; iş parçası-takım ısı çifti tekniği ve takıma gömme şeklinde bir ısı çifti monte edilerek gerçekleştirilen ölçüm tekniği yöntemleri kullanıldı. Her iki yöntem, sert metal takım malzemesi kullanılarak alaşımız çeliğin tormalanmasında, kesici takım aşınması belirlenerek denendi ve birbirleriyle çeşitli yönlerden karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler : Takım aşınması, Sıcaklık, Tormalama

IN TURNING ON-LINE DETERMINATION OF CUTTING TOOL WEAR RATE BY MEASURING CUTTING TEMPERATURE

ABSTRACT

The improvements of adaptive control and computer aided manufacturing need to be sensitively determined tool wear rate during machining. Reserarchers working on this topic have developed direct and indirect methods. To determine tool wear rate during machining by measuring of cutting temperature is an indirect method. In this study, two measuring techniques, work-tool thermocouple technique and a method that is realized by using a thermocouple assambed by embedding in the tool have been used. Both of them have been tested by obtaining tool wear using hard metal insert and turning mild steel and compared one with the other using different point of views.

Key Words : Tool wear, Temperature, Turning

1. GİRİŞ

Ekonomik ve kaliteli imalat istekleri, takım tezgahlarını nümerik kontrollu duruma getirmiştir. Günümüzde tezgahların adaptif kontrollu duruma getirilmesi ve yaygın kullanımlarının sağlanması amacıyla çalışmalar devam etmektedir. Adaptif kontrol, takım tezgahlarında optimize bir sonuç eldesi için kullanılmaktadır. Bu amaçla işlem esnasında kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği gibi çeşitli parametreler sensörler yardımıyla kontrol

altında tutulmaya çalışılır. Takım aşınması da bu parametrelerle etkilenmektedir.

Talaşlı işlemede ürün maliyeti, birim zamanda kaldırılan talaş miktarı ve takım aşınma miktarı ile ilişkilidir. Maliyeti etkileyen bu iki faktörü kontrol altında tutmak gerekir. İlk faktör talaş kaldırma şartları ile teorik olarak hesaplanabilir. İkinci önemli faktör olan takım aşınmasının ise sensörler yardımıyla işlem esnasında saptanması gerekmektedir. Takım aşınmasının talaş kaldırma

esnasında tespit edilmesi ise doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir (Jently,1984). Doğrudan ölçüm yöntemleri, takım aşınmasına doğrudan sebep olan etkilerin kullanılması ile dolaylı ölçüm yöntemleri ise takım aşınmasıyla değişen parametrelerin ölçülmesiyle gerçekleştirilir. Genellikle doğrudan ölçüm yöntemleri daha hassas sonuçlar vermekte fakat uygulanması daha zor olmaktadır. Diğer taraftan dolaylı ölçüm yöntemleri daha kolay uygulanır fakat hassasiyetleri daha azdır. Doğrudan ölçüm yöntemleri olarak; optik (Vehara,1973), radyoaktif (Cook and Subramanian, 1978), elektrik direnç (Wilkinson, 1971), akustik yöntemler (Weller et all., 1969), dolaylı ölçüm yöntemleri olarak; talaş kaldırma kuvvetleri (Micheletti et all., 1976), titreşim (Pandit et all., 1980), sıcaklık (Weller, 1969; Zaharia and Gomayel, 1975; Byrne, 1987; Coolwel, 1975; Barrow, 1973; Groover et all., 1977; Solaya et all., 1973), gürültü emisyonu (Lee, 1986) yöntemleri üzerinde çalışılmış ve halen çalışmalar devam etmektedir.

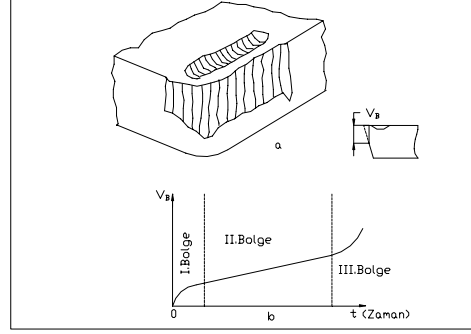
Günümüzde çok sensörlü, aynı anda en az iki ölçüm yöntemi bir arada kullanılmaya başlanılmıştır (Byrne et all., 1995). Örnek olarak kesme kuvvetleri ve optik izleme yöntemleri (Novak and Wiklund 1996). Ayrıca data toplama ve bilgi sistemleri oluşturulmasında kompleks prosesler ve sensör verileri arasındaki ilişkilerin saptanmasına yardımcı olmak için yapay nöral sinir ağları, uzman sistemler, kaos teorileri ve jenerik algoritmalar gibi yeni bilgi teknikleri kullanılmaya başlanmıştır (Byrne et all., 1995).

Bu konuda çok yöntem olmakla birlikte, çoğu yöntem sadece laboratuarlarda gerçekleştirilebilmektedir. Yöntemlerin büyük bir kısmının uygulanmasında zorluk vardır. Bu konuda çalışmalar halen devam etmektedir.

2. TAKIM AŞINMASININ SICAKLIK ÖLÇÜMÜ İLE BELİRLENMESİ

Talaş kaldırma esnasında kesici takımda oluşan ısı, kesici takım performansında önemli rol oynar. Aşınmadan dolayı takım ömrü, kesme bölgesindeki ısı ile etkilenmektedir. Gerçekte takımın kullanılmayacak hale gelmesinde artan sıcaklığın önemi oldukça büyüktür (Dan and Mathew, 1990). Sıcaklık, talaş kaldırma şartlarına bağlıdır.

Kesme hızı, sıcaklığı en fazla etkileyen parametredir. Talaş kaldırma esnasında takımın serbest yüzeyinde oluşan aşınma zamanla artar (Şekil 1). Bu da; artan



Şekil 1. Takımda serbest yüzey aşınması

- Kesici takımda aşınma,
- Çeliğin talaşlı işlenmesinde oluşan serbest, yüzey aşınmasının karakteristiği ve bölgeleri

sürtünme, sıcaklık etkisi ile değişen ısı iletim katsayıları ve temas boyunun değişimi ile kesme sıcaklığının değişmesine neden olur. Takımın serbest yüzeyindeki aşınma zamana göre çizildiğinde aşınma karakteristik eğrisi, özellikle sünek malzemelerin işlenmesinde, belirgin şekilde üç bölge gösterir.

- Bölge talaş kaldırmanın ilk başlangıcında ani bir aşınmanın olduğu bölgedir.
- Bölge aşınmanın daha lineer bir yapı gösterdiği, yavaş bir aşınmanın olduğu bölge.
- Bölge ise takımın aşınmasının yeniden artış gösterdiği, takımın ömrünün bittiği kabul edilen bölgedir.

Talaş kaldırmada sıcaklığın sensörlerle algılanması ve adaptif kontrolde kullanılması, kesme performansının belirlenmesi yönünden oldukça uygundur. Sabit çalışma koşullarında sıcaklığın değişmesi takım aşınmasının arttığını gösterir, fakat talaş kaldırmanın herhangi bir anında takım aşınması ile takımdaki sıcaklık arasındaki ilişkinin belirlenmesi zordur (Zaharia et al., 1975).

Talaş kaldırma işleminde sıcaklıkların saptanması için çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Altan ve Kıyak, 1995). Bunlar; Isıl çift (thermocouple) yöntemi, radyasyon esaslı ölçüm yöntemleri, granüle malzeme kullanım yöntemi, dağlama yöntemidir. Ayrıca bu yöntemlerin türetilmiş uygulamaları da vardır. Talaş kaldırma esnasında takım aşınmasının saptanması amacıyla bu yöntemlerin bir kısmı kullanılabilir. Son olarak (Young, 1996) takımın ani kırılmaları ve aşınmasının talaş kaldırma esnasında saptanması için temassız infrared termografi tekniği kullanılmış ve bu yöntemin bu amaçla çok iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Takım aşınmasının işlem esnasında saptanması amacıyla yapılan uygulamalarda ısıl çift yöntemi önem kazanmıştır. Bu amaçla çeşitli ısıl çiftler ve özel olarak iş parçası-takım ısıl çifti yaygın olarak kullanılır (Micheletti et all., 1976). İş parçası-takım ısıl çifti tekniği kesme

bölgesindeki ortalama sıcaklığı belirler. Bu yöntem talaş kaldırma esnasında takımın kullanılmaz hale gelmesinin saptanmasında ve kesme prosesinin kontrolü amacıyla kullanılmaktadır (Dan and Mathew, 1990). Zaharia ve Gomayel (1975), bu yöntemin takım aşınması belirlenmesinde güvenilir olmadığını öne sürmektedirler.

Takım aşınmasının belirlenmesinde sıcaklık ölçümü için iş parçası-takım ısı çiftinden başka, iki farklı metalden yapılmış çeşitli ısı çiftlerinde kullanılmıştır (Groover et al., 1977; Solaya and Wukelya, 1973). Bu amaçla yapılan çalışmalarda ısı çiftleri genellikle takıma gömülerek, takımda tek bir noktanın sıcaklığının ölçülmesi amacıyla uygulanmışlardır. Bazı deneysel sonuçlar ısı çifti çıkışı ve takım aşınması arasında lineer bir ilişki olduğunu göstermektedir (Groover, 1977). Bu yöntemin kullanılabilirliğinin, ısı çiftinin takımda yerleştirildiği nokta ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Fakat en uygun nokta henüz yeterince araştırılmamış ve belirlenmemiştir. Aşınmanın saptanması maksadı ile talaş kaldırma bölgesinin sıcaklığının ölçülmesi tornalama işlemleri için uygun olup, frezeleme ve delik delmede takım dönel hareket yaptığı için uygun görülmemektedir (Byrne, 1995).

Bu çalışmada, sert metal plaketi kullanarak alaşimsız çeliğin dış silindirik tornalanmasında takım aşınmasının işlem esnasında saptanması için, iki farklı yöntemden, iş parçası-takım ısı çifti ve Ni-NiCr ısı çifti yönteminden faydalanılmış, elde edilen deneysel sonuçların kullanılabilirliği tartışılmış ve yöntemler birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

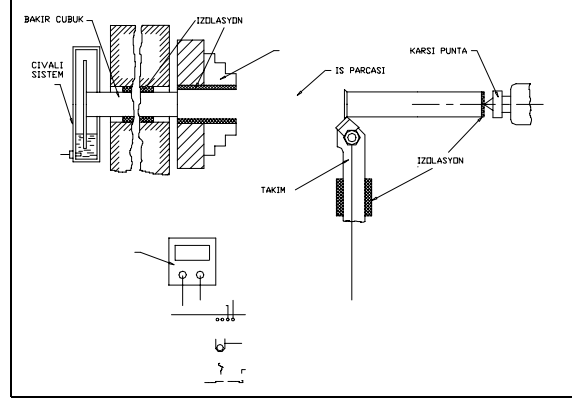
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

33 mm çapında Fe37 malzemenin dış silindirik tornalanması esnasında takım aşınmasının belirlenmesi için, işlem esnasında takım sıcaklığının ölçülmesi amacıyla iş parçası-takım ısı çifti ve Ni-NiCr ısı çifti yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca benzer şartlarda talaş kaldırma uygulanarak takım aşınması zaman zaman talaşlı işleme durdurularak mikroskop ile ölçülerek kontrol edilmiştir. Her iki sıcaklık ölçüm yöntemiyle elde edilen sonuçlar takım aşınması ile karşılaştırılmıştır.

3. 1. Deney Düzenegi

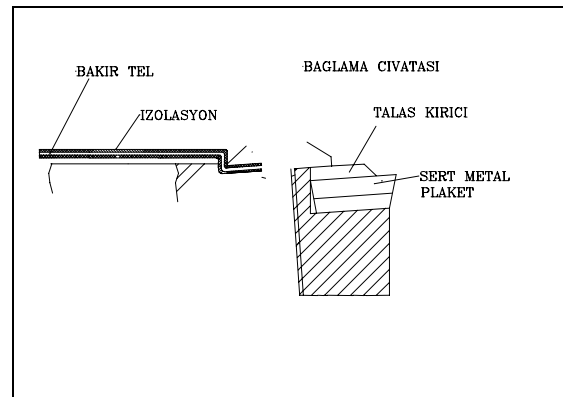
İş parçası-takım ısı çifti yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmada kullanılan deney düzenegi Şekil 2'de şematik olarak verilmektedir. İş parçası ve takım, takım tezgahından elektriksel olarak yalıtılmıştır.

İşlem esnasında oluşan sıcaklık, iş parçası ve sert metal plaketten meydana getirilen ısı çiftindeki elektromotor kuvvetinin (e. m. k.) ölçülmesi ile belirlenir. Oluşturulan düzenekte iş parçasının bağlantısı, fener milinin içine yerleştirilmiş ve yalıtılmış bir bakır çubuk vasıtasıyla fener milinin gerisindeki civalı sisteme bağlanarak sağlanmıştır.



Şekil 2. İş parçası-takım ısı çifti yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmada kullanılan deney düzenegi

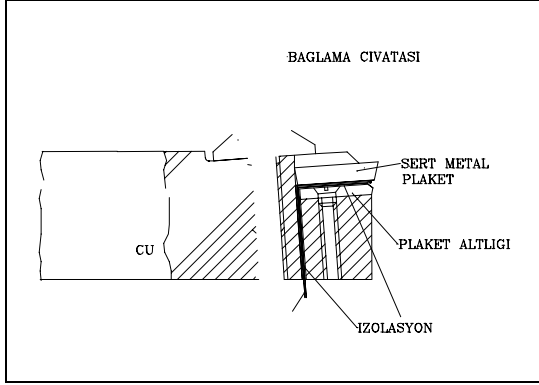
Burada kullanılan civalı sistem, takımla olan elektriksel bağlantıyı sağlamaktadır. Bu set, bu tür çalışmalarda yaygın kullanılan bir düzenektir (Show, 1991). Takımla elektriksel bağlantı, talaş kırıcıyı ve plaketi takım taşıyıcıya tutturarak bağlama civatası ile oluşturulmuştur. Şekil 3'de bu bağlantı şekli şematik olarak verilmektedir. Oluşan e. m. k., ± 0.1 mV hassasiyetinde okuma yapabilen bir digital voltmetre ile tespit edilmekte ve eş zamanlı olarak ayrıca iki kanallı kayıt edici ile zamana bağlı bir grafik çıktı alınabilmektedir.



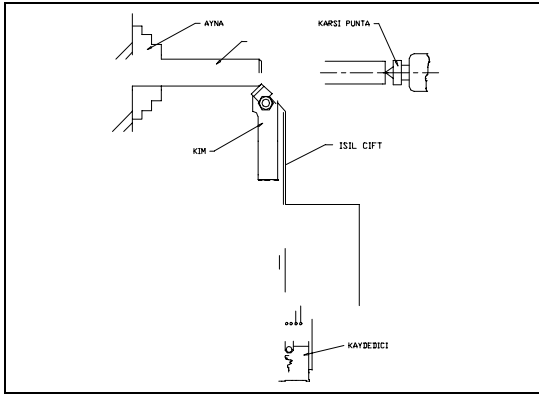
Şekil 3. İş parçası-takım ısı çifti takım tutucu

Ni-NiCr ısı çifti ise, Ni ve NiCr tellerin ucu birleştirildikten sonra ısı çifti Şekil 4'de görüldüğü gibi sert metal kesici plaketen altlığı ile sert metal plaketi arasındaki açılmış yuvasına yerleştirilerek uygulanmıştır. Ölçümlerin daha hassas olabilmesi ve deneylerde ısı çiftinin aynı noktaya temas sağlaması

İçin plaketi altına taşlama ile özel bir yuva açılmıştır. Bu düzenekte de oluşan e. m. k., dijital bir voltmetre ile ölçülmekte ve iki kanallı bir kayıtlı ile zamana bağlı bir grafik çıktı alınabilmektedir. Şekil 5’de bu durum şematik olarak verilmektedir.



Şekil 4. Ni-NiCr ısı çifti yönteminde takım tutucu ve ısı çift bağlantısı



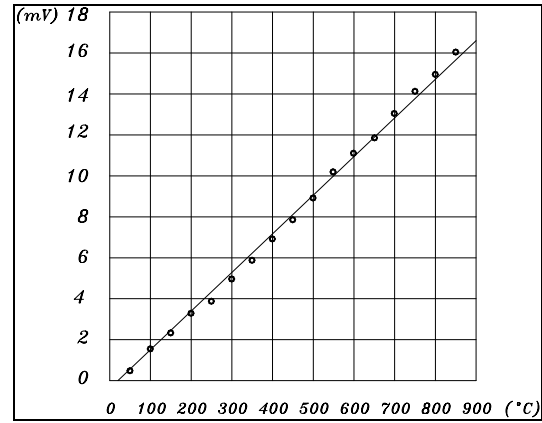
Şekil 5. Ni-NiCr ısı çifti yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmada kullanılan deney düzeneği

Tornalama işlemi, Stankoimport 1A616 model üniversal torna tezgahında dış silindirik tornalama ile gerçekleştirilmiştir. takım aşınmalarının belirlenmesi amacıyla Olympus BHM tipi mikroskop, Olympus OSM 223594 tipi oküler mikrometresi ile birlikte kullanılmıştır. yapılan ölçümlerde kalibrasyon için ayrıca, Techoterm 9400 tip, maksimum 1300 °C kapasiteli 200 °C’ın altında 0.1 °C, 200 °C’ın üzerinde 1 °C hassasiyetle ölçüm yapabilen, thermocouple esaslı çalışan dijital bir termometreden de yararlanılmıştır.

3. 2. İş Parçası-Takım ve Ni-NiCr Isıl Çiftlerinin Kalibrasyonu

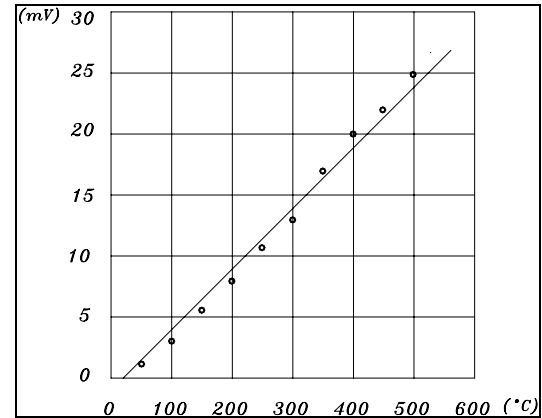
Her iki yöntemde de ısı çiftlerinin kalibrasyonlarını yapmak gerekmektedir. Kalibrasyon, maksimum çalışma sıcaklığı 1600 °C olan Kless marka tüp

şeklinde bir fırında gerçekleştirilmiş, Techoterm 9400 tip dijital termometre kullanılmıştır. İş parçası-takım ısı çifti kalibrasyonu için, literatürde gösterildiği şekilde (Show, 1991), iş parçasından elde edilen talaş kesiti 0.20 mm² olan uzun bir talaş, iş parçası yerine kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrisi, kalibrasyon esnasında sıcaklıkların karşılığı olarak voltmetreden okunan Gerilim (mV) değerleri ile elde edilen noktalardan, lineer regresyonla, yüksek korelasyon katsayısı (0.97) veren bir doğru olarak elde edilmiştir. Şekil 6’da bu kalibrasyon eğrisi verilmektedir.



Şekil 6. İş parçası-takım ısı çifti kalibrasyon doğrusu

0.3 mm çapında Ni-NiCr tellerden oluşan ısı çifti için kalibrasyon eğrisi aynı şekilde lineer regresyonla, korelasyon katsayısı 0.97 olan bir doğru olarak elde edilmiştir. Bu kalibrasyon eğrisi de Şekil 7’de verilmektedir.



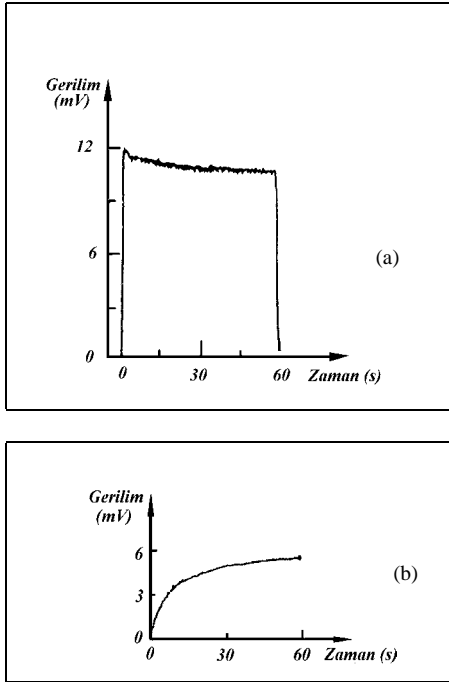
Şekil 7. Ni-NiCr ısı çifti kalibrasyon doğrusu.

3. 3. Deneylerin Yapılışı

Deneysel çalışmanın düzenlenişinde takım aşınma karakteristiğinin iki bölgesi esas alınmıştır. Şekil 1’de bu bölgeler I. ve III. bölgeler olarak

gösterilmiştir. I. bölge işlem başlangıcı ve aşınmanın hızlı bir şekilde olduğu kısımdır. İkinci çalışma alanı ise, takım aşınmasının artış gösterdiği, takımın fiziksel olarak kullanılmaz hale geldiği kabul edilen III. bölgedir. II. bölgenin üzerinde fazla durulmamasının nedeni takımın kullanılmaz hale gelmesinin I. bölgede oluşan ani kırılmalardan ve III. bölgede oluşan aşınma miktarının fazla olmasındandır. Dolayısıyla sıcaklık artışının da bu iki bölgede incelenmesi yeterlidir. Ayrıca II. bölgede çalışma esnasında aşırı bir sıcaklık değişimi görülmez. Bu çalışmada I. bölge, III. bölge ve dolaylı olarak II. bölge ele alınmıştır.

I. ve II. aşınma bölgeleri için, iş parçası-takım ısı çifti yöntemi ve Ni-NiCr ısı çifti yöntemi ile yeni, aşınmamış P10 kalite sert metal plakette (ISO'ya göre SPGN 120304) kullanılarak, \varnothing 33 mm olan Fe37 kalitesinde çelik malzeme, 116 m/dak. kesme hızı, 0.22 mm/dev. ilerleme, 1.5 mm kesme derinliğinde, ISO standartlarına göre CSRPR 2525 tipi takım tutucu kullanılarak dış silindirik tornalamayla 1 dakika (I. bölge) talaş kaldırılmış, Gerilim (mV)-Zaman(s) grafikleri elde edilmiştir. Şekil 8'de bu grafikler verilmektedir.

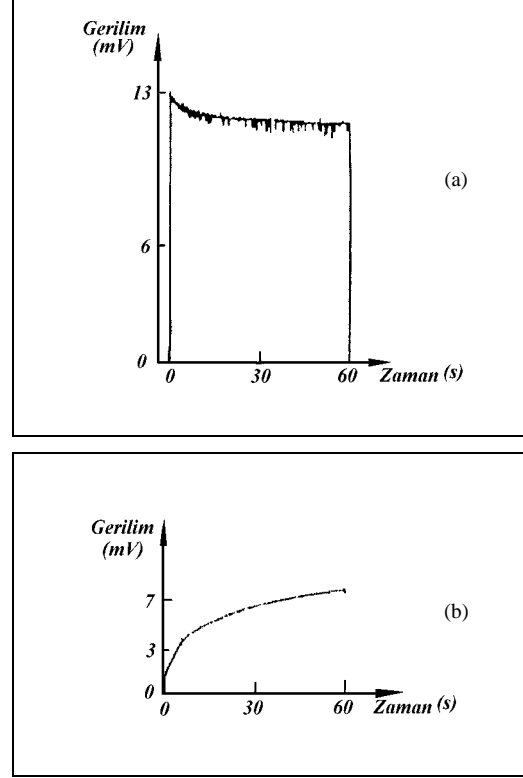


Şekil 8. Gerilim (mV) -Zaman (s) grafikleri (Aşınmamış takım)

- a) İş parçası-takım ısı çiftinden elde edilen
b) Ni-NiCr ısı çiftinden elde edilen.

II. ve III. bölgeler için serbest yüzey aşınması 0.23 mm olan, P10 kalitesinde sert metal plakette kullanılarak \varnothing 33 mm olan Fe37 kalitesinde çelik

malzeme, 93 m/dak. kesme hızı, 0.22 mm/dev. ilerleme, 1.5 mm kesme derinliğinde dış silindirik tornalama ile 1 dakika süreyle talaş kaldırılmış, Gerilim-Zaman grafikleri elde edilmiştir. Şekil 9'da aşınmış bir takım için Gerilim-Zaman grafikleri verilmektedir. Deneyin bu aşamasında kullanılan sert metal plakette ve takım tutucu bir önceki deneyde kullanılanlarla aynı standartlara sahiptir.



Şekil 9. Gerilim (mV)-zaman (sn) grafikleri (aşınmış takım)

- a) İş parçası-takım ısı çiftinden elde edilen
b) Ni-NiCr ısı çiftinden elde edilen

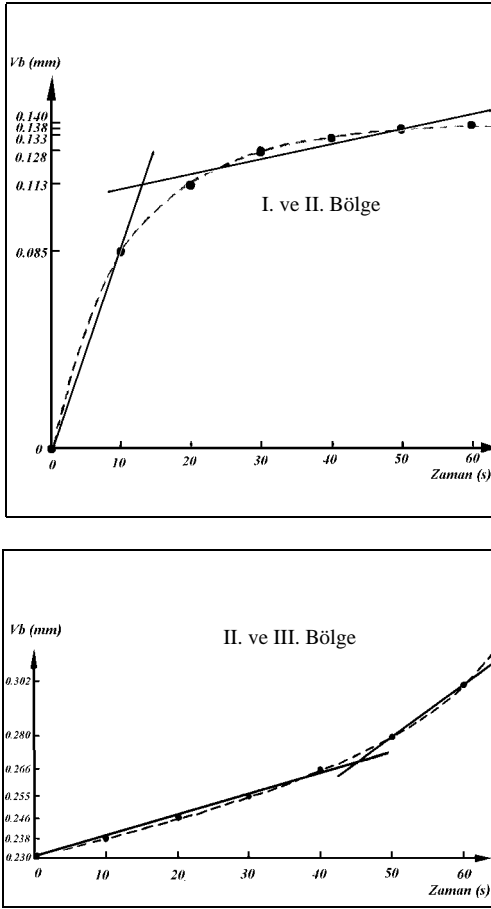
Bu çalışmada I. ve III. bölgelerde farklı kesme hızlarında çalışılmasının nedeni, genel olarak tornalama işlemlerinde kesici takım aşınmasının sıcaklık ölçümü ile saptanabileceğinin, farklı talaş kaldırma şartları altında gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin belirlenmesidir.

Uygulamada bir kesici takım ile birden fazla iş parçası farklı talaşlı işleme şartlarında işlenebilir. Bu işlem gerçekleştirilirken iki talaş kaldırma işlemi arasında takım soğumaktadır. Bu sebepten bu çalışmadaki talaş kaldırma deneyleri sürekli değil; önce I. ve II. bölgeler için, daha sonra II. ve III. bölgeler için uygulanmıştır.

Bu çalışmada amaçlanan, takım aşınması ile kesme sıcaklığı arasında bir ilişkinin olup olmadığını ve

eğer bir ilişki varsa bunun seçilen malzeme, takım ve diğer işleme şartlarında nasıl olduğunu anlamak, kullanılan yöntemleri birbirleriyle karşılaştırarak kullanılabilirliğini deneysel olarak ortaya koymaktır.

Sert metal plaketin, aşınma karakteristiğinin çıkartılması için, aynı talaş kaldırma şartlarında işlem uygulanarak, her 10 saniye talaş kaldırma uygulanıp işlem durdurularak takımın serbest yüzey aşınması mikroskopla ölçülerek nokta nokta bulunmuştur. Şekil 10'da bu aşınma karakteristikleri verilmektedir.



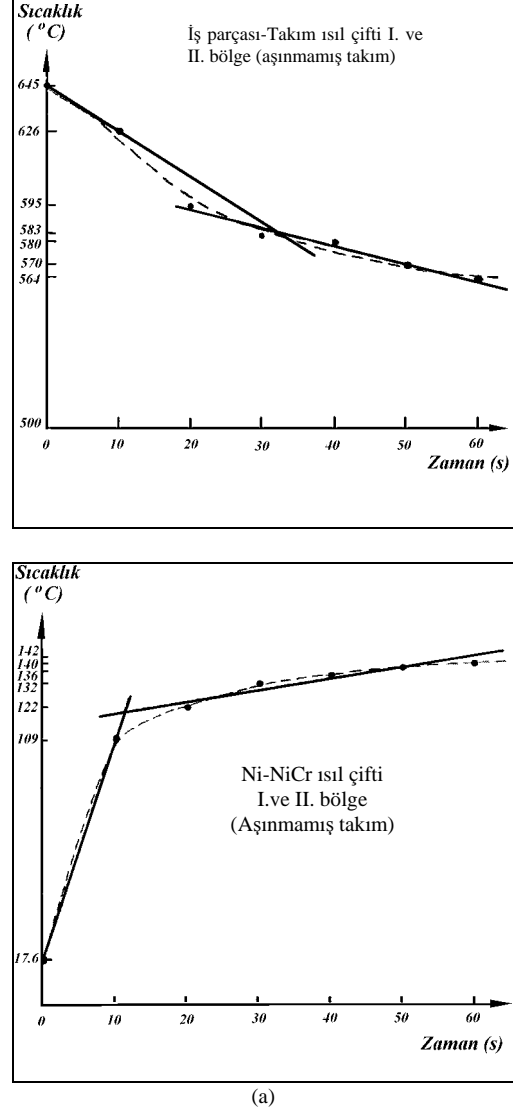
Şekil 10. Sert metal plakette elde edilen aşınma karakteristiği

- a) I. ve II. bölge için aşınma
b) II. ve III. bölge için aşınma

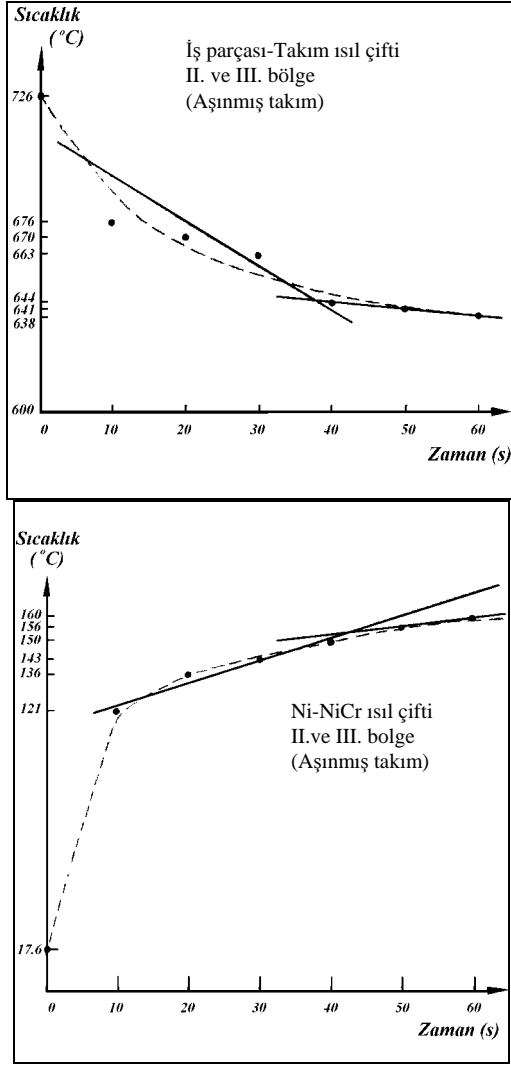
4. SONUÇ

Serbest yüzey takım aşınması miktarı ile sıcaklık arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla elde edilen Gerilim(mV) -Zaman (s) grafikleri (Şekil 8 ve Şekil 9), kalibrasyon eğrilerinden faydalanılarak, Sıcaklık-Zaman grafikleri şekline getirilmiştir. Şekil 11'de kesikli çizgiler halinde verilmektedir.

Serbest yüzey takım aşınma karakteristiğini gösteren eğriler, Şekil 10'daki I. ve II. bölgelere ait eğriler iki doğru ile, II. ve III. bölgelere ait eğriler regresyonla ikiye doğruya uydurulmuşlardır.



(a)



(b)

Şekil 11. İş parçası-takım ve Ni-NiCr ısı çiftleriyle elde edilen zamana bağlı gerilim (mV) grafiklerinden elde edilen zamana bağlı sıcaklık diyagramları

- a) I. ve II. aşınma bölgesi deneyinden elde edilen grafikler
b) II. ve III. aşınma bölgesi deneyinden elde edilen grafikler

Şekil 10-a ve b'de I. ve II., II. ve III. bölgelerin sınırlarının belirlenmesinde, regresyon analizi kullanılmış, korelasyon katsayıları en yüksek olacak şekilde iki doğruyu veren noktalar belirlenmiştir. Buna göre takım ilk 13 saniyede fazla miktarda aşınmış (I. bölge), daha sonra zamana göre aşınma miktarı yavaşlamıştır (II. bölge). Şekil 10-b'de ise takım yaklaşık 45 saniye sonra aşınma karakteristiğini değiştirmiştir. (II. ve III. bölgeler).

Kabul edilen çalışma şartlarında, iş parçası -takım ve Ni-NiCr ısı çiftleriyle elde edilen zamana bağlı sıcaklık diyagramlarında eğriler, analog alınan değerler takım aşınma karakteristiğine benzemesi

için onunla aynı birim zamandaki sıcaklıklar belirlenerek regresyonla doğrulara uydurulmuştur. Ni-NiCr ısı çiftinde aşınmamış takımında belirlenen tüm noktalar ele alınarak ; aşınmış takımında ise ilk başlangıç noktası (oda sıcaklığı) göz önüne alınmadan diğer tüm noktalar ele alınarak iş parçası-takım ısı çiftinde tüm noktalar ele alınarak , takım aşınma karakteristiğinde belirlenen bölgelerdeki noktalara ait zaman değerlerine göre, I. II. ve III. bölgelere ait doğrular çizilmiştir. Şekil 11'de bu durum görülmektedir.

Alaşımız çelik malzeme dış silindirik tornalanırken, takım aşınmasının talaş kaldırma esnasında, iş parçası-takım ve Ni-NiCr ısı çiftleri yöntemleri kullanılarak, takım sıcaklığının ölçülmesiyle belirlenebilmesi konusunda, seçilen talaş kaldırma şartlarıyla gerçekleştirilen deneylerden elde edilen genel sonuçlar şunlardır:

1. İş parçası-takım ısı çiftiyle elde edilen sonuçlarda, sıcaklık, ölçüm başlangıcında maksimum değerdedir. Talaş kaldırmaya devam edildikçe sıcaklık azalmakta ve bir rejim sıcaklığına ulaşmaktadır.
2. Ni-NiCr ısı çiftiyle elde edilen sonuçlarda, sıcaklık, işlem süresince artmakta ve bir rejim sıcaklığına doğru gitmektedir.
3. İş parçası-takım ısı çiftinin kullanıldığı deneylerde serbest yüzey aşınma miktarı arttıkça, elde edilen mV-zaman grafiğinde mV değerlerinin genliği artmaktadır. Şekil 8 ve Şekil 9'da, aşınmış ve aşınmamış takımlardan elde edilen mV değerleri arasındaki genlik farkı görülmektedir. mV değerlerinin sıcaklık karşılığı bulunduğu, kabul edilen çalışma şartlarında, yeni (keskin) bir takımında ortalama olarak 47°C , 0.23-0.30 mm serbest yüzey aşınmasına sahip bir takımında ise 66°C genlik olduğu ön görülen çalışma şartlarına göre tespit edilmiştir. Bu fark takım aşınması miktarının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Elde edilen bu sonuç, literatürle uyum içerisindedir (Byrne, 1987).
4. İş parçası-takım ısı çifti yöntemi ortalama sıcaklıklar vermektedir ve cevap süresi uzundur. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar, tezgah, iş parçası, takım ilişkisiyle kontrol altında tutulamayan yan parametrelerle parazit şeklinde etkilenir. Ni-NiCr ısı çifti ise tek noktaya ait sıcaklıkları verir, cevap süresi kısadır ve hata ihtimali azdır.

5. İş parçası-takım ısı çifti yöntemi fasıllı talaş kaldırma işlemlerine uygun olup, Ni-NiCr ısı çifti yöntemi ise fasıllı talaş kaldırma işlemlerine uygun değildir. Fakat amaca yönelik sonuçların eldesi için aşınmamış takımda tüm sıcaklık değerleri, fasıllı çalışmada ise ilk sıcaklık ölçüm değeri hariç diğer tüm değerler alındığında, takım aşınma karakteristiğine benzer sonuçlar elde edilebilmektedir. Şekil 10 ve Şekil 11'de Ni-NiCr ısı çifti için karşılaştırılırsa, I. ve II. bölgeler ile II.ve III. bölgeleri belirleyen doğruların kesim noktaları birbirine yakın değerler vermiştir. Bu da takım aşınmasının işlem esnasında saptanması amacıyla, Ni-NiCr ısı çiftinin ve deneylerde takıma yerleştirilen noktada tespit edilerek kullanılabileceğini göstermiştir.
6. Ni-NiCr ısı çifti ile, talaş kaldırma işlemi esnasında ani sıcaklık değişimleri; I., özellikle II. ve III. bölgelerde regresyon doğrularının aşırı eğim değişimleri takımdaki ani aşınma veya kırılmaları göstermektedir.

Bu çalışma alaşımsız çelik (Fe37) malzemeyle gerçekleştirilmiştir. Yumuşak malzemelerin talaşlı işlenmesindeki takım aşınma karakteristiği ile sert malzemelerdeki farklı özellikler gösterdiğinden bu çalışma farklı malzemeler için de uygulanmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Altan, E., Kıyak, M. 1995. Talaş Kaldırma İşleminde Oluşan Sıcaklığın Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler, Metal-Makina, (63), 12-18.
- Barrow, F. 1973. A Review of Experimental and Theoretical Techniques for Assessing Cutting Temperatures, Annals of the CIRP, 22, 203-211.
- Byrne, G. 1987. Thermoelectric Signal Characteristics and Interfacial Temperatures in Machining of Metals Under Geometrically Defined Conditions, Int. J. Mech. Tools Manufact., 27 (2), 215-224
- Byrne, G., Domfeld, D., Inasaki, I., Ketteler G., König, W, Teti, R. 1995. Tool Condition Monitoring (TCM)-The Status of Research and Industrial Applications, Annals of the CIRP, 44 (2), 541-567.
- Cook, N. H., Subramanian, K., 1978. Micro-Isotope Tool Wear Sensor, Annals of CIRP 21 (1), 67-72.

Coolwel, L. V. 1975. Cutting Temperature Versus Tool Wear, Annals of the CIRP, 24, 73-76

Dan, L., Mathew, J. 1990. Tool Wear and Failure Monitoring Techniques for Turning-A Review, Int. J. Mach. Tools Manufact., 30 (4), 579-598.

Groover, M. P., Karpovich R. J., Levy, E. K. 1977. A Study of the Relationship Between Remote Thermocouple Temperatures and Tool Wear in Machining, Int. J. Prod. Res., 25, 129-141.

Jently, S. 1984. Measuring Cutting Tool Wears On Line: Some Practical Considerations, Manufacturing Engineering, 55-60.

Lee, L. C. 1986. A Study of Noise Emission for Tool Failure Prediction, Int. J. Mech. Tool Des. Res., 26 (2), 205-215.

Micheletti, G. F., Koenig W., Victor H. R. 1976. In-Process Tool Wear Sensors for Cutting Operations, Annals of the CIRP, 25 (2), 483-496.

Novak, A., Wikliund, H. 1996. On-Line Prediction of the Tool Life, Annals of the CIRP, 45 (1), 93-96.

Pandit, S. M., Suruhi, H., Kahng, C. H. 1980. Application of Data Depended Systems to Diagnostic Vibration Analysis, ASME Journal of Mech.des., 102 (2), 233-241.

Solaya, V., Vukelya, D. 1973. Identification of Tool Wear Rate by Temperature Variation of Carbide Tip, Annals of the CIRP, Vol. 22, 5-6.

Show, C. M. 1991. Metal Cutting Principles, Clarendon Press, Oxford,.

Vehara, K. 1973. New Attempts for Short Time Tool-Life Testing, Annals of CIRP, 22 (1), 23-24.

Weller, E. J., Schier, H. M., Wlichbradt, B. 1969. What Sound can be Expected from a Worn Tool, ASME Journal of Eng. for Ind., 1, 525.

Wilkinson, A. J. 1971. Constrictipon-Resistance Concept Applied to Wear Measurement of Metal Cutting Tools, Proc. IEEE, 118 (2).

Young, H. T. 1996. Cutting Temperature Responses to Flank Wear, Wear. 201 (1-2), 117-120.

Zaharia A. A., Gomayel J. I. E. 1975. On the Reability of Cutting Temperatures for Monitoring Tool Wear, Int. J. Mech. Tool. Des. Res., 15, 195-208.