

Talaş Kaldırma Sırasında Açığa Çıkan Isının Kesme Bölgesinde Oluşturduğu Sıcaklıkların Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

Hasan GÖKKAYA*, Muammer NALBANT**, Ulvi ŞEKER**

*Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tandoğan, 06570, ANKARA

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

ÖZET

Talaş kaldırma işlemleri esnasında, takım-talaş ara yüzeyinde ve kayma bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların ölçümü oldukça zordur. Kesme işlemi esnasında oluşan sıcaklıkların ölçümü için araştırmacılar tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir. Takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklıklar genel olarak iletim ve ışınım yöntemiyle ölçülmektedir. Ancak bu yöntemlerle, takım-talaş ara yüzey sıcaklıkları istenilen tamlıkla ölçülememektedir. Sıcaklık ölçülecek noktanın doğru belirlenmesi, sıcaklıktan etkilenen alanın küçük olması ve kesici uç bölgesinde çok yüksek sıcaklıkların oluşması gibi faktörler sıcaklık ölçümünü zorlaştırmaktadır. Bu çalışma; kesme işlemi esnasında oluşan sıcaklıkları ölçmek için araştırmacılar tarafından geliştirilen yöntemlerin bir değerlendirmesini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: İşleme, takım-talaş ara yüzey sıcaklığı, sıcaklık ölçme

The Methods Used in the Measurement of Cutting Zone Temperatures as the Result of Heat Developed During Machining

ABSTRACT

During the metal cutting process, the measurement of the temperature in the tool-chip interface and the shear zone is a difficult task. For the measurement of the temperature developed during cutting, various methods have been developed by the researchers. Tool-chip interface temperature is generally measured by conduction and convection. However, these methods do not give the tool-chip interface temperature accurately. The determination of the measurement points in temperature correctly, to be small in quantity of the area affected by temperature and the existence of high temperatures in the cutting edge, are the factors that make the measurement of temperature difficult. In this study, the assessment of the methods developed by researchers are covered, in order to measure the temperature during the cutting process.

Key Words: Machining, tool-chip interface temperature, measurement of temperature

1. GİRİŞ

Talaşlı imalatın amacı, talaş kaldırmak suretiyle malzemeleri belirli bir biçim ve boyuta getirmektir. İş parçasını istenilen biçim ve boyuta getirirken fazla malzemeyi kaldırmak için, bir kuvvet uygulanmasına ihtiyaç vardır. İş parçası üzerinden talaş kaldırma esnasında bu kesme kuvvetlerini oluşturmak için kullanılan enerjinin tamamına yakını 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 (1,2).

Isı, sıcaklık farkından dolayı sistem çevresi, ya da maddeler arasında meydana gelen enerji akışını anlatan bir terimdir (3,4). Bir ortam içinde veya ortamlar arasında, bir sıcaklık farkının mevcut olduğu her durumda, mutlaka ısı geçişi gerçekleşir. Madde alış verişinin sızın sadece sıcaklık farkından dolayı

meydana gelen bu enerji geçişi, ısı geçişi olarak tanımlanır. Termodinamiğin ikinci kanunun sonucuna göre; ısı sıcak bir sistemden daha soğuk bir sisteme doğru kendiliğinden akar. Termodinamik, bu ısı geçişinin nasıl ve ne hızda olduğunu açıklamaz. Geçen ısı doğrudan doğruya ölçülemez ve gözlenemez, ama meydana getirdiği tesirler gözlenebilir ve ölçülebilir.

Isı geçişinin gerçekleşmesine yol açan farklı mekanizmalar, ısı geçişinin türleri olarak adlandırılır. Katı veya akışkan bir durgun ortam içinde, bir sıcaklık farkı olması durumunda, ortam içinde gerçekleşen ısı geçişi için, iletim (kondüksiyon) terimi kullanılır. Buna karşın, bir yüzey ile hareket halindeki bir akışkan farklı sıcaklıklarda ise, aralarında gerçekleşen ısı geçişi, taşınım (konveksiyon) olarak anılır. Isı geçişinin üçüncü bir türü ise, cismin yapısından bağımsız olarak, cisim oluşturan atomlar ve moleküllerin elektron düzenlerindeki değişimler elektromanyetik dalgalar

(veya fotonlar) halinde ise, ısı ışınım (Radyasyon) olarak adlandırılır (3,4).



Şekil 1. Kesme bölgesindeki sıcaklıkları ölçmek için geliştirilen yöntemler (5).

Araştırmacılar takım-talaş ve kayma bölgesinde oluşan ısıyı ölçme yerine sıcaklığı ölçme yöntemlerini geliştirmişlerdir. Kesme bölgesindeki sıcaklıkları ölçmek için geliştirilen yöntemler Şekil 1' de Tablo halinde verilmiştir. Bu yöntemler aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.

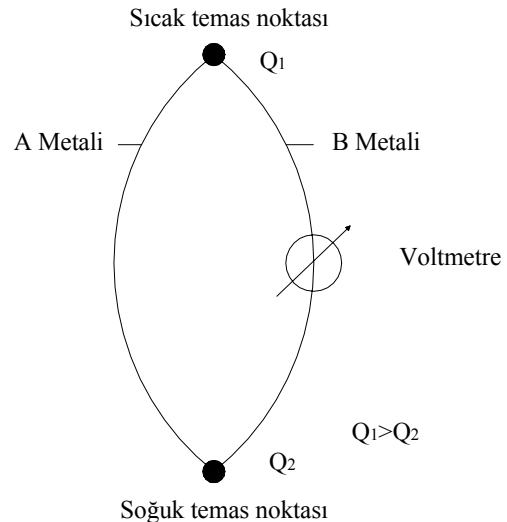
2. SICAKLIK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

2.1. Isıl Çift Yöntemleri

Bu yöntemin temelinde, iki farklı metalin ara yüzeyinde, ara yüzey sıcaklığı değiştiği zaman elektro motor kuvveti (emk) oluşması bulunmaktadır (6,7,8). Isıl çift, elektrik iletkenliği olan iki farklı malzemenin birleştirilerek elektrik iletir hale getirilmesinden ibarettir. Bir ısı çifti, farklı sıcaklıklarda kullanılmak üzere hazırlandığında, termo elektrik potansiyel, farklı her bir ısı çift elemanındaki farklı elektron yayılım oranları sayesinde kullanılabilir. Isıl çift yönteminin şematik gösterimi Şekil 2' de verilmiştir.

Isıl çift yönteminde uygulanan termoelektrik devre kanunları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Termoelektrik devrede oluşacak emk, sadece sıcak ve soğuk temas noktaları arasındaki sıcaklık farkına bağlı olup, sistemin tasarımından bağımsızdır.
- Sistemdeki emk, temastaki her bir kısmın direncinden ve boyutundan bağımsızdır.
- Eğer iki metalin bağlantısı üniform sıcaklıkta ise, emk oluşumu, ilk ikisi arasında bağlantı sağlamak için kullanılan ve aynı sıcaklıkta olan üçüncü metal emk oluşumunu etkilemez (6,7,8).

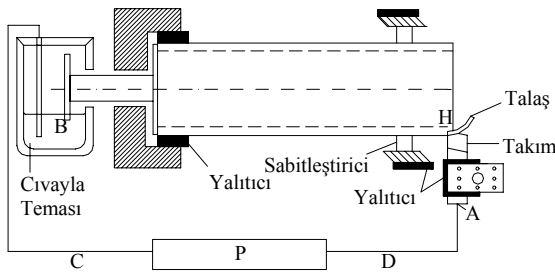


Şekil 2. Isıl çift yöntemi (6,7,8).

2.1.1. Takım iş parçası ısı çift yöntemi

Sıcaklık ölçümünde ısı çift yöntemi devre kanunlarına bağlı kalınarak, takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ölçülmesi için, termoelektrik tekniğinin torna tezgahına adapte edilmiş hali Şekil 3' de gösterilmiştir. A

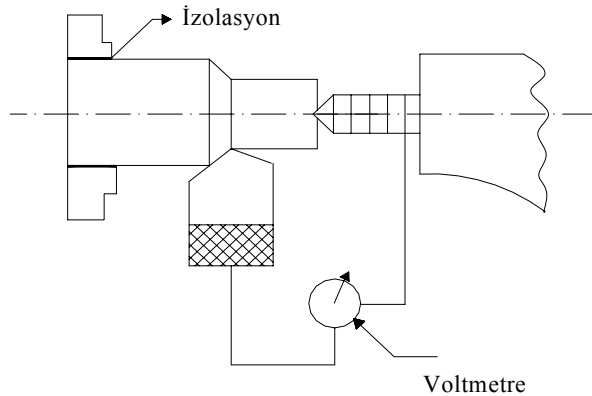
ve B noktaları oda sıcaklığında soğuk temas durumunda iken, takım ve talaş H noktasında sıcak temas durumundadır. Bu birleşme noktaları arasında bir elektriksel devre oluşturularak "emk" elde edilir. Cıva ortamındaki temas, temas bileziklerinin kullanımıyla sık sık, aynı anda oluşan istenmeyen voltajları tanıtmaksızın, dönen parçayla elektriksel temas yapmak için kullanılır. C ve D her iki ucu aynı sıcaklıkta olan bakır telleri, P ise ölçme cihazı potansiyometreyi ifade etmektedir. Tüm bu noktalar deney esnasında oda sıcaklığının üstüne çıkabilmektedir. Bu yöntemde sağlıklı bir ölçüm yapılabilmesi için A ve B soğuk noktaları sıcaklıklarının oda sıcaklıklarında tutulması, takım ve iş parçasının tezgahtan elektriksel olarak izole edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Termoelektrik tekniği ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ölçümü için geliştirilen ısıl çift yöntemi (6,7,9-11).

1924' de Amerika' da Shore, yine aynı yıllarda Almanya' da Gottwein ve 1926' da İngiltere' de Herbert tarafından, kesici takımlarda talaş yüzeyi boyunca sıcaklığı belirlemek için takım-iş parçası ısıl çifti tekniğini geliştirmiştir.

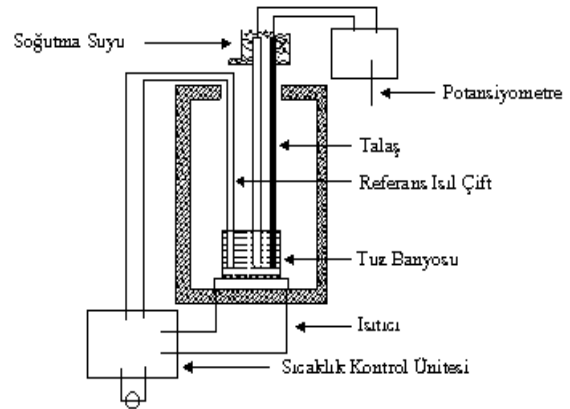
Bu yöntemde, ısıl çift olarak bağlanan takım-iş parçası, kesme işlemi anında sürtünme ve baskı kuvvetine bağlı olarak, takım-talaş ara yüzeyinde sıcak temas söz konusu olmaktadır. Takım-talaş arayüzey sıcak temas bölgesinde oluşan sıcaklığın ölçümü için, Herbert-Gottwein tarafından geliştirilen takım-iş parçası ısıl çifti tekniğinin esası şematik olarak Şekil 4' de görülmektedir.



Şekil 4. Takım iş parçası ile oluşturulan ısıl çift (7).

Takım iş parçası ısıl çift uygulamaları oldukça basit olup, sınırlamalar söz konusu değildir. Ölçümde elde edilen değerler, talaşla takım arasında oluşan tüm temas alanındaki sıcaklıktır. Burada ayrıca yığıntı kenar Built Up Edge (BUE) oluşumuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü yığıntı kenar söz konusu ise elde edilen sıcaklık değerleri gerçek değerden farklı olacaktır.

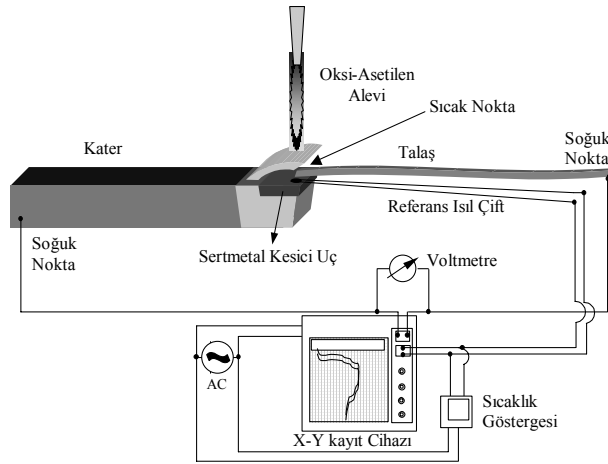
Takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ölçümü için kullanılan, takım-iş parçası ısıl çift yöntemi, kurulumu ve ölçüm sınırlamaları olmayışı yönüyle oldukça basit bir yöntemdir. Ancak basit bir yöntem olmasına rağmen yeterli doğrulukta sonuç elde edilebilmesi için takım-iş parçası ısıl çift uygulamasının kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Kalibrasyonun, statik şartlar altında tatmin edici olmasına rağmen, dinamik bir olgu olan talaş kaldırmada durumunda da geçerli olduğu kabul edilir. Takım-iş parçası ısıl çift uygulamasının kalibrasyonu için araştırmacılar farklı yöntemler kullanmışlardır. Kullanılan bu yöntemlere bazı örnekler Şekil 5, Şekil 6, ve Şekil 7' de verilmiştir. Şekil 5a' da kalibrasyon uygulaması için, iş parçası malzemesinden elde edilmiş olan talaş kullanılmaktadır. Ayrıca takım-iş parçası ısıl çiftinin kalibrasyonu için fırın içinde tuz banyoları kullanılmıştır. Şekil 5b' de ise kurşun banyosu kullanılmıştır.



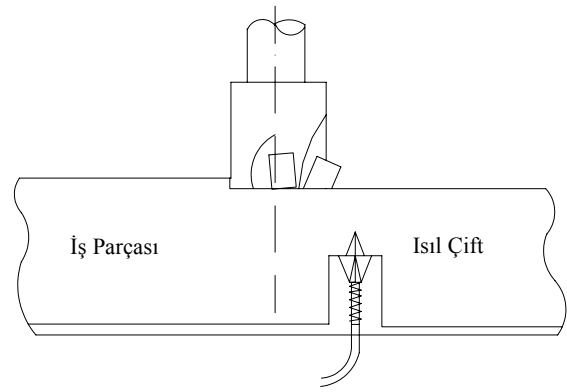
(a) Tuz banyolu

(b) Kurşun banyolu

Şekil 5. Takım iş parçası ısıl çifti kalibrasyonları için uygulanan tuz ve kurşun banyolu set (7,9).

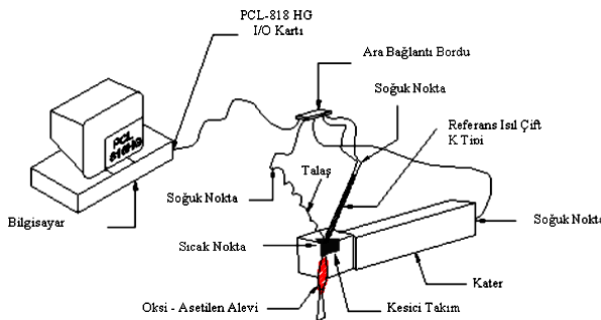


Şekil 6. Kesici takım üzerinde oksii-asetilen alevi ile ısıtılarak yapılan takım-iş parçası ısı çift kalibrasyon seti (12).



Şekil 8. İş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemi (7).

İş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemine benzeyen bir başka uygulama ise, ısı çift kesici takım içine gömülür. Şekil 9’ da kesici takım içine gömülmüş bir ısı çift uygulaması görülmektedir.

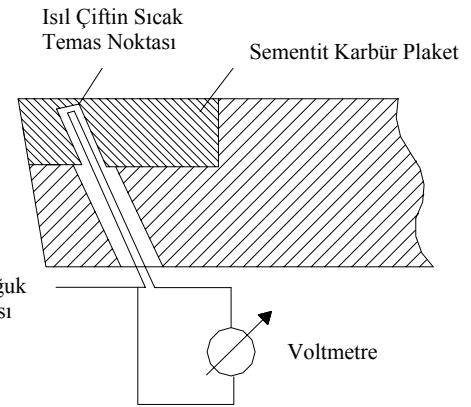


Şekil 7. Bilgisayarla doğrudan bütünleşik takım-iş parçası ısı çifti kalibrasyon seti (13).

2.1.2. Gömülmüş ısı çift yöntemi

İş parçası veya kesici takım içerisine yerleştirilen gömme standart ısı çiftleri, noktasal olarak sıcaklık ölçülmesinde veya farklı noktalara yerleştirilerek, kesici takımdaki sıcaklık dağılımlarını ölçmek için kullanılırlar. Gömülmüş ısı çiftlerinin temas noktalarındaki değişimlerden dolayı, özellikle sürtünmeyle ortaya çıkan ısıdaki geçici değişimleri iyi bir şekilde gösterdiği görülmüştür. Isıl çiftler iş parçasına, kesici takıma ve mekanik bir talaş kırıcı altına yerleştirilmek suretiyle ölçme işlemi yapılmaktadır.

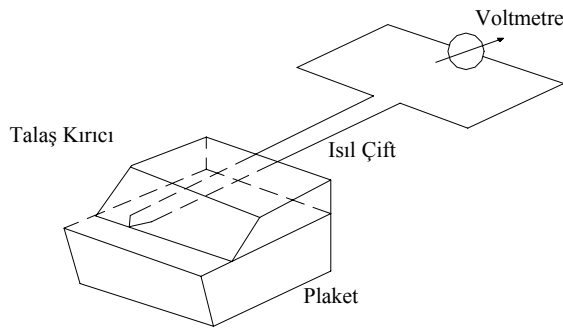
İş parçası üzerine hassas olarak delinen bir delik içerisine yerleştirilen ısı çifti ile, takım-iş parçası arayüzeyin de oluşan sıcaklığın ölçümü sağlanmaktadır. Yine iş parçası üzerine farklı aralıklarla delinen delikler içerisine yerleştirilen ısı çiftleri vasıtasıyla, sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir (7). Şekil 8’ de iş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 9. Takıma gömülmüş ısı çift yöntemi (7).

İş parçası üzerinde talaş kaldırma anında oluşan talaşın, kesici takım üst yüzeyinde sürtünmesi ve talaşın kesici takım üzerine uygulamakta olduğu baskı kuvveti sonucunda, takımın üst yüzeyinde oluşan maksimum sıcaklığın tam olarak yerinin belirlenmesi zordur. Bunun için delinen deliğin merkez noktası bir varsayım ile belirlenir veya farklı noktalara ısı çifti yerleştirilerek maksimum sıcaklığın tam olarak nerede oluştuğu bulunur. Delikler kesici kenardan belirli aralıklarla delinerek, kesici takım-talaş ara yüzeyinde oluşan eş sıcaklık gradyanlarını elde etmek mümkündür. Aynı zamanda farklı derinliklerde delinen deliklerle de kesici takımın serbest yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımı bulunabilir. Bu ısı çiftleri oluşturmak basit ve ucuz olmakla beraber, takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımlarının belirlenmesinde, doğruluğu yüksek olan bir yöntemdir. Bu yöntemin, ısı çiftlerinin yerleştirildiği deliklerin delinmesinin zor ve hassas olması, ısı çiftlerinin yerleştiği yerde ısı akışının engellenmesi, sıcaklık gradyanlarının kesin olarak hesaplanmasının çok sıkıcı ve zaman alıcı olması gibi olumsuz yönleri de vardır (5,9,14-20).

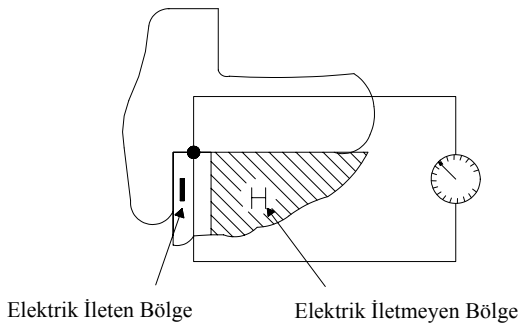
Gömülmüş ısı çift tekniğinin farklı bir uygulaması da, mekanik olarak talaş kırıcı görevi yapan bir plakanın altına yerleştirilen ısı çift ile sıcaklık değerlerinin okunması esasına dayanmaktadır. Burada talaş kırıcının altına, plaketa üzerinde belirli mesafeye yerleştirilmiş ısı çift kullanılmaktadır. Bu tip uygulamalarda tellerin birleştirilmiş ucu, takımın kesici kenarından belli bir mesafeye yerleştirilmektedir. Burada talaşın hemen alt noktasındaki bir yerden noktasal sıcaklık alınmaktadır. Şekil 10’ da talaş kırıcı altına yerleştirilmiş ısı çift yönteminin şematik görünüşü verilmiştir.



Şekil 10. Talaş kırıcı altına yerleştirilmiş ısı çift yöntemi (7).

2.1.3. Bileşik takım yöntemi

Bileşik takım yöntemi, esas itibariyle bir ısı çift yöntemidir. Bu yöntemle de sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Burada takım-talaş temas bölgesi alanı, elektrik ileten ve elektrik iletmeyen (genellikle seramikten yapılan) olarak, iki kısma bölünmektedir. Bu iki bölgenin genişlikleri birbirine göre değiştirilmekte ve sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir. Bileşik bir takımın şematik gösterimi Şekil 11’de görülmektedir.

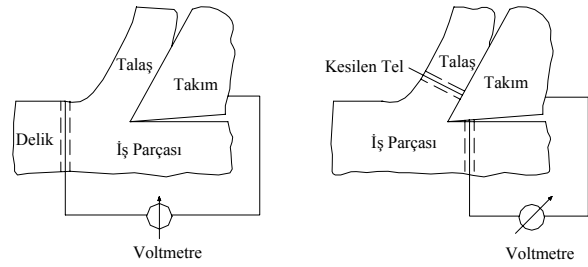


Şekil 11. Bileşik takım yöntemi (7).

2.1.4. Kesilen tek tel-takım ısı çift (hareketli ısı çift) yöntemi

Kesilen tek tel-takım ısı çift yönteminin esası, sıcaklığı tespit etmede kullanılacak olan ısı çift tellerinden birinin, işlenecek iş parçasının talaş kaldırılacak yüzeyinden bir delik açılarak yerleştirilmesidir. Sıcaklığın ölçülebilmesi için bu telin talaş kaldırma esnasında, takım tarafından kesilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, talaş kaldırma öncesi delik içerisine ısı çift telinin uygun boyda yerleştirilmesi gerekmektedir. İş parçası üze-

rinde talaş kaldırma işlemi başladıktan sonra ve yeni iş yüzeyleri elde edilmeye devam edildikçe ısı çift teli de kesilmektedir. Kesilen telin ucu, takımın serbest yüzeyi ile temas eder ve devre tamamlanarak bir “emk” oluşur. Bu emk’nın tespit edilmesiyle takımın serbest yüzeyindeki sıcaklık elde edilebilmektedir. Kesilen tek tel-takım ısı çift yöntemi şematik olarak Şekil 12’de görülmektedir. Bu yöntem “Hareketli ısı çift yöntemi” de denilmektedir.



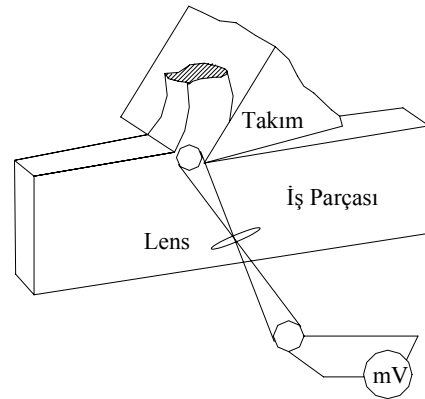
Şekil 12. Kesilen tek tel-takım ısı çift yöntemi (7).

3. İŞINIM ESASLI SICAKLIK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Isıl çift yönteminden farklı bir sıcaklık ölçme yöntemidir. Bu yöntemler radyasyon pirometresi yöntemi, fotosel yöntemi ve radyasyon esaslı fotoğrafik yöntemler olmak üzere üç farklı yöntemden oluşmaktadır.

3.1. Radyasyon Pirometresi ile Sıcaklık Ölçümü

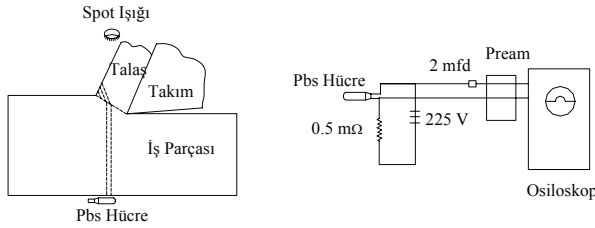
Bu yöntemin temeli, ortogonal (dik) kesme şartlarında kesici takım, iş parçası ve talaşta oluşan yüzey sıcaklıklarının, radyasyon pirometresi ile tespit edilmesine dayanmaktadır. Bu yöntemle kesici takım, iş parçası ve talaş üzerinde oluşan yüzey sıcaklıklarının tespit edilmesinin yanı sıra kayma düzlemindeki, sıcaklık dağılımı da saptanabilmektedir. Kayma düzlemindeki sıcaklığın tespiti şematik olarak Şekil 13’ de verilmiştir.



Şekil 13. Radyasyon pirometresi ile sıcaklık ölçme yöntemi (7).

3.2. Fotosel Kullanılarak Sıcaklık Ölçümü

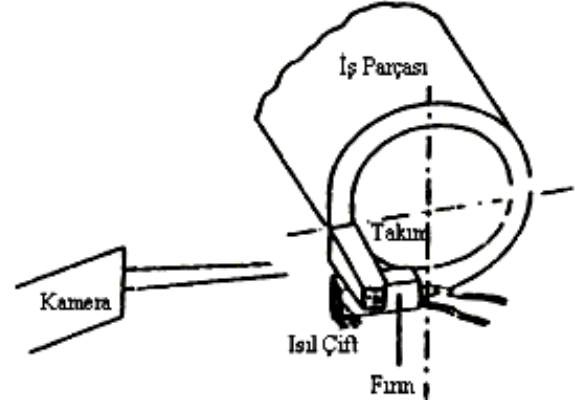
Bu yöntemle kesici takımın serbest yüzeyindeki sıcaklık dağılımı elde edilir. Dağılımı elde etmek için kurşun sülfat (PbS) radyasyon algılayıcısı kullanılır. Kurşun sülfat hücre, radyasyon ışımına maruz kaldığında direncinde çok az değişiklik olmaktadır. Böyle bir hücre saniyede 10.000 çevrimlik frekansa cevap verebilmektedir. Radyasyon hücrenin direnç değişikliği, voltaj şeklinde osiloskopta izlenmektedir. Radyasyon hücresi nokta ışık kaynağı ile ışıklardan etkilenebilecek bir mesafeye yerleştirilip, iş parçasına açılan delikten ışık gönderilmektedir. Takımın ilerlemesiyle kayma düzlemine varıldığında, deliğin üzeri kapanmakta ve ışığın kesilmesi ile radyasyon hücresinde voltaj değişikliği görülmektedir. Kesme devam ettiğinde, radyasyon hücresi kayma düzleminin değişik noktalarını ve daha sonra takımın serbest yüzeyini görmektedir. Böylece, takımın serbest yüzeyi üzerindeki sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Serbest yüzeydeki sıcaklık, serbest yüzey aşınmasına bağlıdır. Ortalama serbest yüzey sıcaklığı, serbest yüzeydeki aşınmanın artması ile sürekli artmaktadır. Trigger 1963’de kesici takımın serbest yüzeyindeki sıcaklık dağılımını, kurşun sülfat radyasyon algılayıcısı kullanarak tespit etmiştir (21). PbS hücre kullanımıyla sıcaklık ölçüm yöntemi, Şekil 14’de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 14. Radyasyon algılayıcı Kurşun Sülfat (PbS) hücre kullanılarak sıcaklık ölçme (7).

3.3. Işınım Esaslı Fotoğrafik Yöntemle Sıcaklık Ölçümü

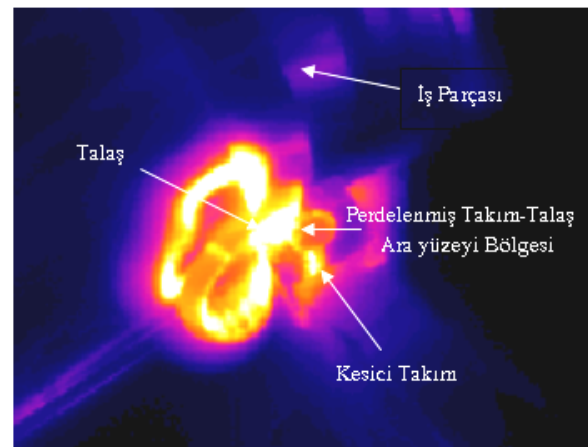
Bu tekniğin prensibi, infrared fotoğraf tekniğinin kullanılması esasına dayanır. İş parçasının, talaş ve kesici takımın yan yüzeylerinin, dik kesme işlemi boyunca fotoğrafı çekilmektedir. Fotoğraf, sıcaklık dağılımı için sonradan kalibre edilmektedir. Sistemin kalibrasyonu için, takımın altında küçük bir kalibrasyon fırını yerleştirilerek takım-talaş, iş parçası ve fırının aynı zamanda fotoğrafı alınmaktadır. Sistemin şematik görünüşü Şekil 15’de verilmiştir. Boothroyd, 1963 yılında radyasyon ölçümü tekniğini kullanarak, 600 °C’ye kadar ısıtılan iş parçasının dik kesmede takım, talaş ve iş parçasından yayınan radyasyonu fotoğraflamıştır (9).



Şekil 15. Fotoğrafik yöntemle sıcaklık ölçümünün esası ve kalibrasyonu (9).

3.4. Termal Kamera Yöntemi İle Sıcaklık Ölçümü

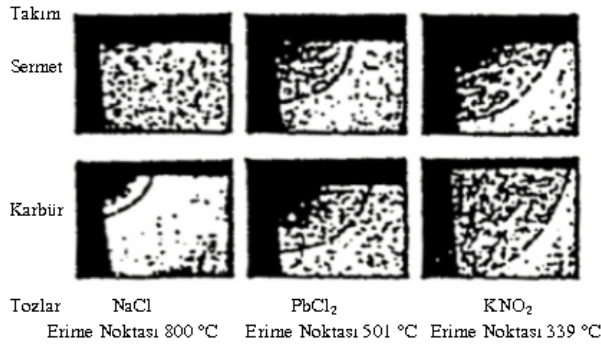
Bu tekniğin prensibi, termal kamera fotoğraf tekniğinin kullanılması esasına dayanır. İş parçası, talaş ve kesici takımın yan yüzeylerinin, dik kesme işlemi boyunca fotoğrafı çekilmektedir. Fotoğraf, sıcaklık dağılımı için sonradan kalibre edilmektedir. Bu teknikle takım-talaş ara yüzey sıcaklığı ölçülememektedir. Ara yüzey sıcaklığının ölçülememesinin sebebi kesme işlemi esnasında iş parçası üzerinden kaldırılan talaşın, kesici takımın kesme yapan esas kesici kenarı üzerinde perdeleme görevi yapması sonucu, kameranın takım ile talaşın temas ettiği takım-talaş ara yüzeyini görememesinden kaynaklanmaktadır. Bu yöntem, talaş, takım ve iş parçası üzerindeki sıcaklıkları ölçmek için çok kullanışlı bir yöntemdir. İş parçası üzerinde talaş kaldırma esnasında takım talaş ara yüzey sıcaklığının ölçümü için yapılan deneysel bir çalışmanın fotoğrafı Şekil 16’da verilmiştir. Bu yöntemle 2000 °C’ye kadar sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.



Şekil 16. Talaş kaldırma esnasında talaşın esas kesici kenarı perdeleme anı

4. ERİME SICAKLIĞI BİLİNER TOZ HALİNDEKİ MALZEMELERİN KULLANILMASIYLA SICAKLIK DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Bu tekniğin esası, renk değiştiren ve erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin, kesici takımındaki ısı bölgelerine sürülmesiyle, kesici takım üzerindeki sıcaklık dağılımının belirlenmesine dayanır. İlk olarak 1943’ de Schallbork ve Lang, aynı tarihlerde Pahlitzsch ve Helmerdig, 1954’ de Bickel ve Winmer tarafından kullanılmıştır. Bu yöntem sabit durum şartlarıyla ve kesme yüzeyiyle sınırlanmaktadır. Şekil 17’ de farklı talaş kaldırma şartları altında ve değişik tozların kullanılmasıyla elde edilen sıcaklık dağılımları görülmektedir. Toz halindeki malzemelerin kesici takım üzerine iyi yapışması için, tozun serpilmesinden önce yüzeye sodyum silikat çözeltisi sürülür. Sodyum silikat sürüldükten sonra metal tozlar yüzeye serpilirse takım üzerine çok iyi yapışma sağlanır.



Şekil 17. Erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin kullanılmasıyla elde edilen sıcaklık dağılımları (7).

Fotoğraflarda, belirgin olarak görülen farklı iki bölgenin sınır hatları, yüzey üzerinde belirgin olarak erimiş ve erimemiş tozların oluşturduğu iki bölgeyi ayırmaktadır. Farklı tozların kullanım durumunda, her birinin erimesiyle oluşan eş sıcaklık hatları, noktalardan oluşan hatlar şeklinde görülmektedir. Farklı toz çeşitlerinin kullanımıyla, farklı sınır hatları elde edilmektedir. Bu yöntemde kalibrasyona ihtiyaç yoktur, çünkü malzemeye özgü erime sıcaklığıyla sıcaklık dağılımı belirlenmesi daha kolay olmaktadır. Bu yöntemde yaygın olarak kullanılan ve toz haline getirilen malzemeler ile bunlara ait erime sıcaklıkları Çizelge 1’ de verilmiştir. Yöntemde kullanılan tozların ortalama çapları 0.01–0.02 mm arasındadır. Yine bu yöntemde, yardımcı maddeler kullanılarak bazı renkli gösterimler de elde edilebilmektedir.

Çizelge 1. Sıcaklık dağılımının tespitinde kullanılan farklı tozların kimyasal bileşimleri ve erime sıcaklıkları (7,11).

Kimyasal Adları	Kimyasal Sembol	Erime Sıcaklığı (°C)	Kaynama Sıcaklığı (°C)
Sodyum Klorür	NaCl	800	1413
Potasyum Klorür	KCl	776	1500
Kadmium Klorür	CdCl	568	960
Kurşun Klorür	PbCl ₂	501	954
Gümüş Klorür	AgCl	544	1550
Çinko	Zn	419	907
Potasyum Nitrit	KNO ₂	339	-
Kurşun	Pb	327.4	1750
Kalay Klorür	SnCl ₂	546.8	623
Kalay	Sn	231.9	2270

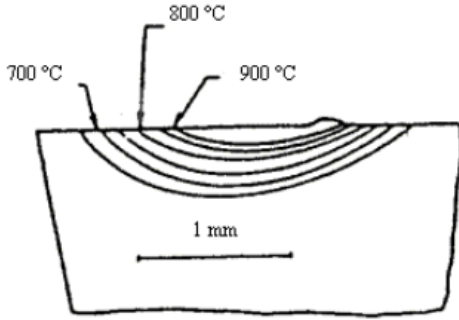
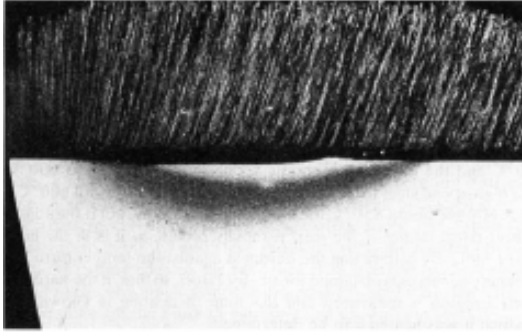
5. DAĞLAMA YÖNTEMİ

Kesici takım üzerindeki sıcaklık dağılımının belirlenmesi için geliştirilen bu yöntem, ilk defa Wright ve Trent tarafından, HSS kesici takımla, yüksek hızda çalışarak dağılama diyagramları elde edilmiştir.

HSS bir takımla uzun süre yüksek kesme hızlarında talaş kaldırılırsa, yapısında ve sertliğinde değişiklikler görülmektedir. Yapı değişikliği, sıcaklığa ve sürelerle bağlı olarak basit bir kalibrasyonla açıklanabilir. Bu karşılaştırma için takımdan alınan kalibrasyon numuneleri, tuz banyolarında belli bir sıcaklıkta ve belli bir süre bekletilmekte ve su daha sonra temizlenerek incelenmeye hazır hale getirilmektedir. HSS takımlarda bu yöntemin uygulanması için, aşağıda belirtilen bazı şartlar dikkate alınmaktadır.

- Yöntemin, sıcaklığı gösteren bir denge haline gelebilmesi için, belli bir süreç içinde olması gerekmektedir.
- Kesici takımında oluşan sıcaklık dağılımının saptanmasında, aşırı sıcaklık gradyanlarının bulunması halinde kalibrasyonda, bu aşırı sıcaklık gradyanları için numune alınması önemli değildir.
- HSS takımla çok kısa zamanda, yüksek kesme hızlarında demir esaslı malzemelerin işlenmesi, diğer tüm HSS takım-malzeme kombinasyonlarında ve kesme hızlarında benzer şekilde eş sıcaklık dağılımlarını vermektedir.

HSS kesici takımında dağılama yöntemi ile elde edilen eş sıcaklık dağılım eğrileri Şekil 18’ de gösterilmiştir.



Şekil 18. HSS kesici takımında dağlama yöntemi ile elde edilen eş sıcaklık dağılım eğrileri (7)

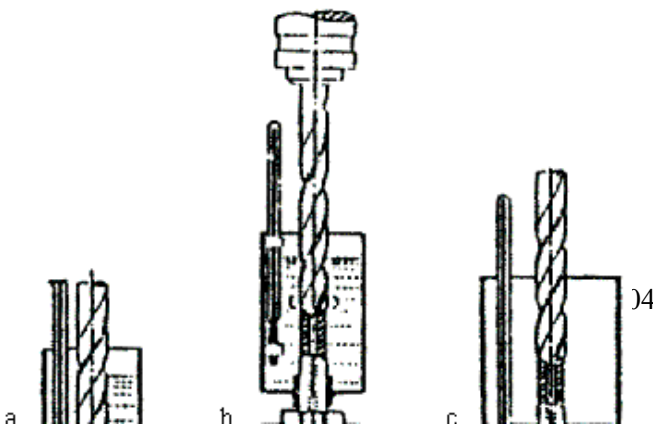
6. DİĞER UYGULANAN YÖNTEMLER

Kesici takımlarda, mikro yapı, sertlik ve sıcaklık arasında bir bağlantı kurarak, metalografik bir yöntem kullanılmaktadır (22). Yine kesici takım üzerine termal algılayıcı olarak çöktürülmüş ince bir PVD filmi kullanılarak kesici takım üzerinde eş izoterm eğrileri elde edilmektedir (5). Dik kesmede farklı kuvvetlerin uygulanması sonucu oluşan sıcaklığın, farklı aşınma tiplerine bakılarak sıcaklıklar tespit edilmektedir (23).

7. ISI ÖLÇME YÖNTEMLERİ

7.1. Kalorimetre Yöntemi

Bu yöntemde, hem talaş kaldırmada oluşan ortalama ısı, hem de takım-talaş arasında ve iş parçasında oluşan sıcaklık kalorimetre ile belirlenebilmektedir. Isı miktarının kümülatif toplamının ölçülmesinde ve belirlenmesinde, bilinen standart kalorimetre kaplarından yararlanılmaktadır. Isısı tespit edilmek istenen kısım, kalorimetre kabı içerisine alınır ve ısı miktarı belirlenir. Klasik kalorimetre kabı ile ısı miktarı tespit yönteminde kesici takım ve talaş ısıları tek tek veya her ikisinin birden toplam ısı ölçülür. Şekil 19'da çelik bir malzemenin matkapla delinmesi esnasında, ısı ölçümü için geliştirilmiş olan kalorimetrik deney seti görülmektedir.



Şekil 19. Matkapla delmede ısı ölçümleri için oluşturulan kalorimetrik deney seti [7,15].

8. SONUÇ

Bu araştırmada ele alınan yöntemler, takım-talaş ve kayma bölgesi sıcaklığının ölçülmesinde kullanılan temel yöntemlerdir. Kullanılan bu yöntemler sonucunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

- Geliştirilen yöntemlerin çoğunda talaş kaldırma esnasında, takım-talaş ve kayma bölgesi sıcaklıklarının tam ve gerçek değerde ölçtüğünü söylemek mümkün değildir.
- Geliştirilen yöntemlerin çoğunda sıcaklık yaklaşık değerde ölçülebilmektedir.
- Yaklaşık değerlerin ölçümünün yanında noktasal sıcaklık da ölçülebilmektedir. Noktasal sıcaklık ölçümünde en iyi değer ısı çift yönteminde elde edilmektedir.
- Takım-iş parçası ısı çift yöntemi ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığı ölçümüne her iki elemanında tezgahtan izalasyonunun gerekli olmadığı, ısı çiftlerinin kalibrasyonlarının önemli olduğu ve soğuk noktadaki sıcaklık değişimlerinin önlenmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.
- Işınım esaslı sıcaklık yöntemlerinin takım-talaş ara yüzey sıcaklıklarının ölçümünde kullanışlı bir yöntemdir. Yalnız ışınım yöntemleri çok karmaşıktır. Sadece laboratuvar çalışmalarında kullanılabilir özellikle olduğu görülmüştür.
- Sıcaklık belirlenmesinde çok karmaşık da olsa analitik yaklaşım metodu da kullanılmaktadır.
- Termal kamera yöntemi kullanılarak yapılan çalışmaların sonucunda kesme esnasında oluşan talaşların kesme kenarını perdelemesi sonucunda da bulgular göstermektedir ki takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ölçümü için en sağlıklı yöntemin ısı çift yöntemi olduğudur.
- Son yıllarda ise fiziki temas olmaksızın sıcaklık tespit eden yöntemlere doğru bir eğilim olduğu görülmektedir.

9. KAYNAKLAR

1. 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.
2. Tay, A.A.O., 1993, A Review of Methods of Calculating Machining Temperature, *Journal of Material Processing Technology*, Vol.36, pp. 225-257.
3. Halıcı, F., Gündüz, M., 2001, Isı Geçişi, Burak Ofset, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
4. Derbentli, T., Genceli, O., Güngör, A., Hepbaşı, A., İlken, Z., Özbalt, N., Özgüç, F., Parmaksızoğlu, C., Urakan, Y., (Incropera, F.P., Dewitt, D.P.), 2001, Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, Literatür Yayıncılık, Dördüncü Basımdan Çeviri, İstanbul.
5. Kato, T., Fujii, H., Feb 1996, PVD Film Method for Measuring the Temperature Distribution in Cutting Tools, *Journal of Engineering for Industry*, Vol 118, pp. 117-122.
6. Stronkowski, J.S., Moon, K.J., 1990, Finite Element Prediction of Chip Geometry and Tool/Workpiece Temperature Distributions in Dik Metal Cutting”, *Journal of Eng. for Industry*, Vol 112, pp. 313-318.
7. Altan, E., Kıyak, M., Şubat 1995, Talaş Kaldırma İşleminde Oluşan Sıcaklığın Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler, *Metal-Makine Dergisi*.
8. Pastacı, H., 2000, Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
9. Shaw, M.C., 1984, *Metal Cutting Principles*, Oxford University Press, London, ISBN 0-19-859002-4. pp. 594.
10. Gökkaya, H., 2004, Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Isıl Çift Yöntemiyle Ölçülmesi Ve Kesici Takım İle Takım Tutucu Üzerindeki Etkilerinin Sonlu Elemanlarla İncelenmesi, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
11. Boy, M., 2004, Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Talaş Arka Yüzey Sıcaklığının Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
12. Özçatalbaş, Y., 1996, “1050, 4140 ve 8620 Çeliklerinin Isıl İşleme Değişen Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Bağlı İşlenebilirlikleri, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Habalı, K., 2003, Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Arayüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
14. Silva, M. Bacci da., Wallbank, j., 1999, Cutting Temperature: Prediction and Measurement Methods a Review, *Journal of Materials Processing Technology* 88, pp. 195-202.
15. Komanduri R., Hou, Z.B., 2001, A Review of the Experimental Techniques for the Measurement of Heat and Temperatures Generated in Some Manufacturing Processes and Tribology, *Tribology International*, Vol. 34, pp. 653-683.
16. Pispinem, V., 1984, Theory of Formation of Metal Chips, *J. Appl. Phys.* 19 , pp. 876-881.
17. Trent, E.M., 1988, Metal Cutting and the Tribology of Seizure: II. Movement of Work Material Over the Tool in Metal Cutting, *Wear* 128 , pp. 46-64.
18. Merchant, M.E., Field , M., 1949, Nics of Formation of the Discontinuous Chip in Metal Cutting , *Trans ASME* 71, pp. 4-21.
19. Jawahir, I.S. and C.A. Van Luttervelt., 1993, Recent Developments in Chip Control Research and Applications, *Annals of the CIRP* 42/2, pp. 659-693.
20. Zorev, N.N., 1993, Interrelationship Between Shear Processes Occurring Along Tool Face and on Shear plane in Metal Cutting, *Int Prod.Eng. Res. Conf ASME*, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, pp. 42-49, Sept 9-12.
21. Gökkaya, H., Şeker, U., İzçiler, M., Takım Talaş Arayüzey Sıcaklığının Ölçülmesi İçin Yapılmış Deneysel Çalışmalar Üzerine Bir Değerlendirme, *Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Matit 2001*, s 91-94, Konya.
22. Wright, P.K. and Trent, E.M, 1973 *Metallographic Methods of Determining Temperature Gradients in Cutting Tools*, *Journal of the Iron and Steel Institute*, 211, May 1973, pp. 364-368.
23. P. Pellini, E.L Stern, 1993, A Study on the Effects on the Tool Wear on Machining Forces, *ASME Production Eng. Division*, Vol 64, pp. 445-451.