



KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMASINI GÖZLEMLEME ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Hüseyin Metin ERTUNÇ, İbrahim SEVİM

Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, İzmit/Kocaeli
Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Eğitimi Bölümü, İzmit/Kocaeli

Geliş Tarihi : 05.06.2000

ÖZET

Bu çalışmada, kesici takımlardaki ve özellikle matkap ucunda kesme işlemi sırasında meydana gelen aşınma mekanizmaları üzerinde durulmuştur. Endüstride tam otomasyonun öneminin artmasıyla birlikte kesme işlemi sırasında takım durumunu gözlemlemek bir çok araştırmacının üzerinde çalıştığı bir konu olmuştur. Aşınmanın gözlemlenmesi kesici takımın kırılmadan değiştirilmesi bağlamında çok önemlidir. Çünkü kesici takımın kırılması gerek çalıştığı tezgaha gerekse iş parçasına ekonomik açıdan büyük zarara yol açmaktadır. Bu makalede, literatürde matkap ucunun aşınmasının gözlenmesi üzerine yapılan çalışmalar tanıtılmış; kullanılan direkt ve indirekt ölçme teknikleri ile sensör füzyonu konusundaki çalışmalar özetlenmiştir. Toplanan sensör sinyallerinin işlenerek kesici takımın aşınma safhasını belirlemek için önerilen metotlar sıralanmış ve daha ayrıntılı bilgi için referansları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kesici takım, Matkap ucu, Aşınma, Takım aşınmasının gözlemlenmesi, Gözlemleme teknikleri

STUDIES ON TOOL WEAR CONDITION MONITORING

ABSTRACT

In this study, wear mechanisms on cutting tools, especially for the drill bits, during the cutting operation have been investigated. As the importance of full automation in industry has gained substantial importance, tool wear condition monitoring during the cutting operation has been the subject of many investigators. Tool condition monitoring is very crucial in order to change the tool before breakage. Because tool breakage can cause considerable economical damage to both the machine tool and workpiece. In this paper, the studies on the monitoring of drill bit wear in literature have been introduced; the direct/indirect techniques used and sensor fusion techniques have been summarized. The methods which were proposed to determine tool wear evolution as processing the sensor signals collected have been provided and their references have been given for detailed information.

Key Words : Cutting tools, Drill, Wear, Tool wear monitoring, Monitoring techniques

1. GİRİŞ

Son yıllarda imalat sektöründeki teknoloji, bilgisayar destekli cihazların kullanımı sayesinde tam otomasyon safhasına geçmiş olmasına rağmen metal kesme ve delme işlemlerinde hala çözülememiş iki problem vardır: Kesici takımın aşınması ve kırılması. Aşınma, temas halindeki takım ve iş parçası yüzeylerinin mekanik etkilerle

malzeme kaybetmesi olayıdır. Kesici takım aşınmasının dinamiği, karmaşıklığı yüzünden tam anlamıyla anlaşılamadığından dolayı bu problemler imalat teknolojisinde çözüm bekleyen temel problemler olarak durmaktadır. Belli bir limitten sonra kesici takım aşınması kırılmaya sebep olmakta ve bu durum gerek çalışılan iş parçası gerekse makinenin kendisine çok büyük zararlar vermektedir. Kesici takımın kırılmasıyla verdiği

zararın ekonomik boyutu kendi fiyatı ile kıyaslanamayacak ölçüde büyüktür. Ayrıca insan elinin değmediği fabrikalarda (unmanned factory) bozulan ya da kırılan aletin değişmesinden dolayı ortaya çıkan durma zamanı (downtime) kaybı da dikkat edilmesi gereken önemli bir durumdur. Sanayileşmiş ülkelerde aşınma ile ortaya çıkan kaybın ekonomik bedelinin o ülke GSMH'nin % 7'sine eşdeğer olduğu tahmin edilmektedir (Halamoğlu, 1998). Bu çalışmada aşınma mekanizmaları hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra en yaygın metal kesme işlemlerinden biri olan delme işleminde kullanılan kesici takımların aşınması incelenecek ve bu tür işlemlerde aşınmanın gözlemlenmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar ve önerilen metotlar özetlenecektir.

2. AŞINMA MEKANİZMALARI

Aşınma, temas eden yüzeylerde mekanik etkilerle malzeme kaybı olarak tanımlanır. Aşınma olayı, son derece karmaşık ve doğrusal olmayan (nonlinear) bir proses olduğu için tam olarak gerçek sebebini belirlemek çok zordur. Fiziksel olarak aşınmanın nedenleri DIN 50320'ye göre dört ana başlık altında incelenir: Abrasyon, Adhezyon, Difüzyon, Metal yorulması. Abrasyon ve adhezyon tipi aşınmalar en çok karşılaşılan aşınma mekanizmaları olmasına rağmen, bu olayı tek başına bir sebebe bağlamak yerine isimleri anılan dört mekanizmanın kombinasyonu şeklinde tanımlamak daha doğrudur.

Abrasyon, talaş (chip) oluşumu ile kesici takımın yüzeyinde meydana gelen materyal kaybı şeklinde oluşan aşınmadır. Adhezyon, kesici takımla iş parçası arasında yüksek ısıyla ortaya çıkan kaynaklanma sonucu metallerin birbirinden partikül kopmasıyla ortaya çıkan metal kaybıdır. Metallere benzer kimyasal özellikleri yüzünden adhezyon işlemi sırasındaki metal transferine difüzyon denir. Metal yorulması, belirli veya tekrarlanan hareketlerin neticesinde mekanik özelliklerin kaybedilmesi ile ortaya çıkan bir aşınmadır (Armarego ve Brown, 1969).

3. DELME İŞLEMLERİ

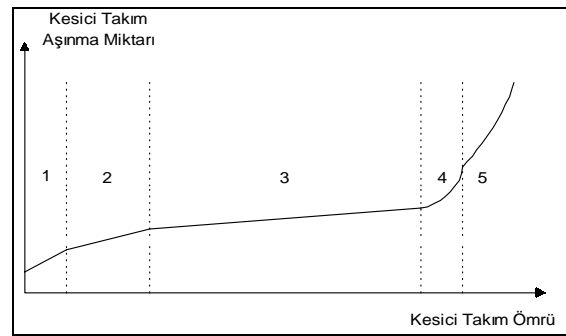
Tornalama, delme, taşlama gibi metal kesme, delme ve şekillendirme işlemlerinin içinde, işleme operasyonlarının tekrar sayısı göz önüne alınırsa matkapla delme operasyonu en önemlilerindedir. Delme operasyonu, çoğu zaman başka tür kesme operasyonlarının da ilk adımını oluşturduğundan aynı zamanda en sık olarak kullanılan bir işlemdir. A. B. D.'de yılda yaklaşık 250 milyon sadece twist türünde matkap ucunun üretiminin yapıldığı tahmin

edilmiştir (Pletting, 1998). Bir başka çalışmada, tek başına delme işlemlerinin havacılık sanayinde gerçekleştirilen tüm metal kesme işlemlerinin % 40 kadar bir kısmını oluşturduğu bildirilmiştir (Subramanian ve Cook, 1977). Küçük bir jet uçağı için bile 245 binden fazla delik delinmesi zorunluluğu, söz konusu tahminleri desteklemektedir (Hong, 1993).

Çok fazla aşınmış bir matkap ucu ile gerçekleştirilen delikler imal edilen parçanın kalitesini düşürmekte, bu da üretilen parçanın tüketici tarafından reddedilmesine yol açmaktadır. Diğer kesme işlemlerinde olduğu gibi delme işlemlerinde de kesici takım aşınmasının on-line gözlemlenmesi ve kırılmadan önce prosesi durduracak bir sistemin geliştirilmesi, çözülmesi gereken problem olarak literatürde yerini almıştır. Özellikle tam otomasyonla çalışan büyük imalat merkezlerinde kesici takımın aşınmasının gelişimini işlem sırasında gözlemlemek, aşınmış aletin (matkap ucunun) kırılmadan önce değiştirilmesi bağlamında çok gereklidir.

4. KESİCİ TAKIMDAKİ AŞINMA

Kesici takımda, özellikle matkap ucunda aşınma, başlangıçta yavaş zamanla ivme kazanarak artan bir prosesdir. Aslında, kesici takım operasyona konduğu andan itibaren aşınma sürecine girmiş olur. Aşınma ilerledikçe kesici kuvvetler artar; daha fazla ısı ortaya çıkar, sonuç olarak aşınma hızlanır. Aşınma, takımın kesici uçlarının kaybolmasına yol açar. Toplanan sensör sinyallerine bağlı olarak, delme kesici takımdaki aşınma safhaları Şekil 1'de gösterilmiştir.



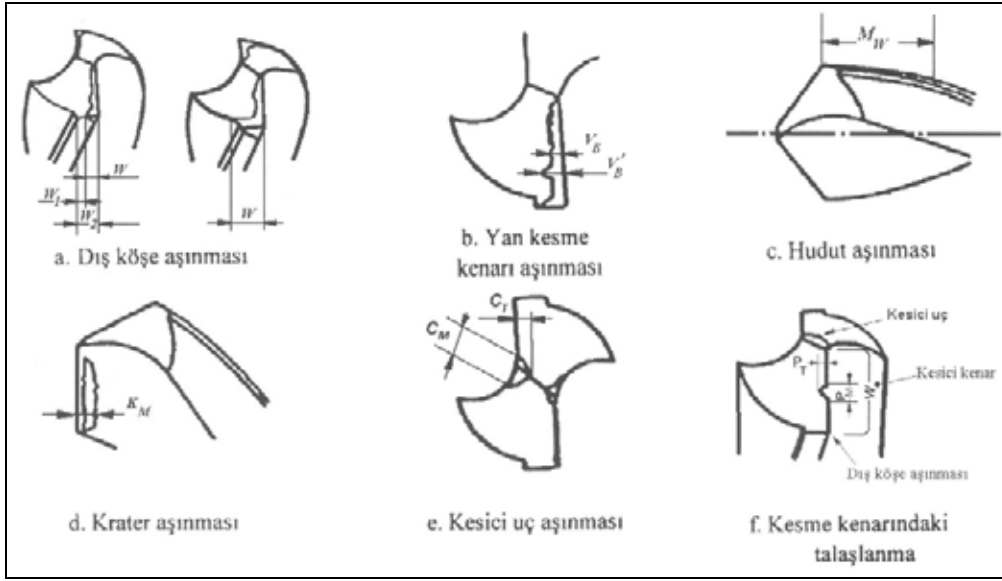
1. Başlangıçtaki aşınma, 2. Zayıf aşınma, 3. Mutedil aşınma, 4. Aşırı aşınma, 5. Kesici takımın kırılması (Liu ve Anantharaman, 1994)

Şekil 1. Aşınma safhaları

Malzeme tipi, ilerleme hızı (feedrate), dönme hızı (spindle speed) gibi parametrelere bağlı olarak delme kesici takımı üstünde farklı aşınma türleri oluşabilir. Literatürde (Kanai ve Kanda, 1988) bu

aşınmalar şu şekilde sınıflandırılmıştır: Dış köşe aşınması (W), flank (yan kesici kenar) aşınması (V_B ve V_B'), hudut aşınması (M_w), kavitasyon (K_M) ve kesici uç (chisel edge) aşınması (C_T ve C_M). Bu aşınma türleri kesici kenarlardaki talaşlanma (P_T ve P_M) ile birlikte Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu aşınma tiplerinin her birisinin sensör çıkışları (ilerleme kuvveti, dönme momenti ve titreşim sinyalleri gibi) üzerinde farklı etkileri vardır. Böylelikle ölçülen sensör sinyallerine bağlı olarak aşınma tipini belirlemek mümkündür.

Bundan dolayı çok sayıda araştırmacı, delme operasyonlarında kesici takım aşınmasını on-line olarak gözlemlemeyi başarmak için en uygun aşınma tipini belirlemeye çalışmışlardır. Bunlardan çoğu dış köşe aşınmasını en etkin aşınma tipi olarak saptamışlardır. Çünkü en yüksek kesme hızı kesme kenarlarının en dış köşelerinde görüldüğünden dolayı en fazla aşınma da bu bölgede oluşur. Aşınmanın artmasıyla bu bölgedeki sürtünme artar, daha fazla ısı enerjisi ortaya çıkar ve bütün bunlar sonuçta takımın aniden kırılmasına kadar götüren çığ etkisi yapar.



Şekil 2. Aşınma türleri (Kanai ve Kanda, 1988)

5. KESİCİ TAKIMLARDA AŞINMANIN GÖZLENMESİ

- Metal kesme işlemlerinde tam otomasyonun öneminin artmasıyla birlikte Kesici Takım Aşınmasını Gözlemleme (Tool Condition Monitoring, TCM) sistemleri birçok araştırmacının çalışma konusu olmuştur. Konuyla ilgili literatür gözden geçirildiğinde bu sistemlerin üç ana başlık altında incelenebileceği görülmüştür:
- Ölçme teknikleri (Doğrudan/direkt ölçüm ve dolaylı/indirekt ölçüm)
- Sensör birleştirme (sensör füzyonu) ve/veya çoklu sensör teknikleri
- Değişik modeller ve teknikler.

5. 1. Ölçme Teknikleri

Kesici takım aşınması, kesici uçlardan veya işlenen iş parçasından çeşitli sensörler kullanılarak doğrudan

ya da dolaylı yoldan ölçülebilir. Başarılı bir kesici takım aşınmasını gözlemleme sistemi geliştirebilmek için, sensörlerin prosese teması ya da müdahalesinin olmaması ve endüstri şartlarında duyarlı bir şekilde çalışabiliyor olması gerekir. Bu tür gözlemleme sistemleri sensör ölçümleri bazında direkt (doğrudan) metotlar ve indirekt (dolaylı) metotlar olarak sınıflandırılabilirler gibi kullanılan teknik açısından off-line (çevrim dışı) ve on-line (çevrim içi) gözlemleme olarak da ayrılabilirler.

Direkt metotlarda aşınma kesici takımdan sürekli olarak ölçülebilirken; indirekt metotlarda kesici takımın kalan kullanma ömrünü belirlemek için aşınmayla orantılı olarak değişen bir parametrenin ölçülmesine ihtiyaç vardır. Diğer taraftan on-line gözlemleme teknikleri kesici takım metal kesme işini yaparken de kullanılabilir halde, off-line gözlemleme teknikleri çalışılan prosesin durdurulmasını gerektirmektedir. Çünkü proses çalışıyor durumda iken kesici takım ile iş parçası sürekli temas halinde oldukları için direkt ölçüm

yapmak oldukça zordur. Oysa ki uygun sensörler kullanılarak prosesin çalışmasını durdurmadan aşınmayla ilgili bilgileri içeren sinyaller toplamak mümkündür. Sonuç olarak, direkt ölçümler off-line teknikler için, indirekt ölçümler de on-line teknikler için uygundur denilebilir.

5. 2. Direkt Metotlar

5. 2. 1. Makine Görüntüleme Sistemleri (Machine Vision Systems)

Aşınma, kesici takımın kesme yüzeyinin deformasyonudur; bu nedenle takımın aşınmış bölgesi, aşınmayan bölgeye kıyasla ışığa karşı daha yüksek bir yansıtma özelliğine sahiptir. Dolayısıyla, takımın yüzey görüntüsünün analizi yapılarak, aşınma miktarının kestirilmesi mümkündür. Örneğin, matkap ucunun aşınmış yüzeyinden yansıyan ışığın şiddeti aşınma miktarı ile değişir. Bu durumda CCD kameraları aşınmış bölgeleri görüntülemek için kullanılabilir.

Makine görüntüleme sistemlerinin günümüzdeki durumu, uygulanan temel prensipleri ve kullanılan değişik görüntüleme sensörlerini de içermek üzere ayrıntılı olarak Kurada ve Bradley (1997) tarafından incelenmiştir. Matkap uçlarının aşınması üzerine yapılan bir çalışmada (Motavalli ve Bahr, 1993) matkap görüntüsü üzerindeki keskin geçişli noktalar (edge points) sayılmıştır. Keskin geçişli nokta, herhangi bir cismin görüntüsündeki keskin şiddette renk değişimlerinin olduğu nokta olarak tanımlanabilir. Kesme uçlarında bulunmayan keskin kenarlı noktaların kesme kenarlarındaki keskin noktalara oranı aşınma miktarını kestirmek için kullanılmıştır.

Görüntüleme sistemleri metal kesme işleminin yapıldığı ortamın çetin koşulları (soğutma suyuyla çalışılması, talaşların kesici takıma yapışması vb.) yüzünden on-line gözlemleme için uygun değildir. Bu tekniği uygulayabilmek için görüntü almadan önce kesici takımın üzerine yapışan talaşlardan temizlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu metot, takımın kesme işine ara verdiği periyotlarda aşınmayı belirlemek için kullanılabilir.

5. 2. 2. Radyoaktif Emisyon Ölçüm Metotları (Radioactive Emission Measurement Methods)

Bir matkap ucu delme işlemi esnasında sahip olduğu malzemeyi talaşlara aktardığı için aşınır. Eğer kesici takımın yüzeyi radyoaktif bir malzemeyle kaplanırsa (implanting), radyoaktif sensörler, talaşlara aktarılan radyoaktif malzemelerin miktarını ölçerek aşınmanın hacimsel boyutu hakkında bir fikir verebilirler

(Smith, 1989). Bu metot radyoaktif ölçümler için belli bir miktar talaşın periyodik olarak toplanmasını gerektirdiği için on-line gözlemleme için uygun değildir. Bununla birlikte radyoaktif malzemelerin insan sağlığı için oluşturduğu riskten dolayı bu tekniği kullanan gözlemleme metodunun endüstriyel sahada uygulanması oldukça zordur.

5. 2. 3. Kesici Takım – İş Parçası Arasındaki Uzaklığın Ölçümü (Tool-Workpiece Distance Measurement)

Kesici takımın kenarı ile iş parçası arasındaki mesafe aşınmanın artmasıyla azalır. Bu mesafe elektrik duyarlı mikrometreler (electric feeler micrometers) ve touch-trigger problar gibi yakınlık ölçen sensörlerle (proximity sensors) ölçülebilir (Dornfeld ve DeVeries, 1992). Fakat bu mesafenin ölçümü kesici takımın ısıl genleşmesinden, yüzey kalitesinden (yani işlenen yüzeyin girintili çıkıntılı olmasından), soğutma sıvılarından, iş parçasının titreşiminden olumsuz olarak etkilenir.

5. 2. 4. İş Parçasının Boyutlarının Ölçülmesi (Workpiece Size Measurement)

Matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerin kalitesi, delik hacmindeki hata, konum, ovallik, şekil ve oyukların varlığı ile değerlendirilebilir (Furness et al., 1992). Kesici takım aşındıkça delinen deliklerin boyutları küçülür, böylelikle delik boyutlarındaki değişim, aşınmanın ölçülmesi için kullanılabilir. Delik boyutlarının periyodik olarak ölçülmesi gerektiği için bu metot on-line uygulanamaz. Ayrıca delik boyutlarındaki ölçümlerden ne tür bir aşınma olduğunu kestirmek mümkün değildir.

5. 2. 5. Elektriksel Direnç Ölçümleri (Electrical Resistance Measurement)

Kesici takım aşındıkça, takım ile iş parçası arasındaki etkileşim alanı artar ve sonuç olarak temas halindeki bu alanın elektriksel akımlara karşı direnci azalır. Takım ile iş parçası arasındaki bu bölgeye akım uygulandığında direncinde meydana gelen değişimler, aşınmanın gözlemlenmesi için kullanılabilir. Elektriksel direnç ölçüm metodu her ne kadar ümit verici gözüküyorsa da dirençlerdeki değişim her zaman aşınmayı yansıtmayabilir. Çünkü temas halindeki bölgenin direnci sadece aşınma ile değil sıcaklıkla, kesme kuvvetleriyle ve işlem sırasında oluşan elektromagnetik akı ile de değişebilir (Smith, 1989).

5. 3. İndirekt Metotlar

Kesme kuvvetlerinin ölçümü (Cutting forces measurement)

Kesme kuvvetlerinin ölçümü, kesici takımların aşınmasını gözlemleme için en çok kullanılan tekniklerden biridir (Lee et al., 1994). Çünkü kesme kuvvetlerinin ölçümü, diğer parametrelere kıyasla dinamometre kullanarak daha kolay olmaktadır. Aynı zamanda bu kuvvetler yine diğer aşınma için ölçülen parametrelerle karşılaştırıldığında aşınmaya karşı daha hassastır. Delme işlemi için başlıca iki kesme kuvveti vardır:

- İlerleme kuvveti veya aksenal kuvvet (thrust), kesme yönündeki kuvvet bileşeni,
- Burulma momenti (tork), matkabın dönme eksenindeki moment.

Kesme kuvvetleri matkap ucu aşındıkça artar ve takımın kırılması anında sıçrama yapar. Yapılan çalışmalarda yan kesici kenar aşınması (flank wear), dış köşe aşınması (outer corner wear) gibi farklı aşınma tiplerinde, ilerleme kuvveti ve burulma moment işaretlerinin dinamik karakteristiklerinin değiştiği gözlenmiştir (Hong, 1993). Böylelikle kesme kuvvetlerini inceleyerek hangi tipte bir aşınmanın oluştuğunu belirlemek mümkündür.

İlerleme kuvveti ve burulma momenti aşınmayı gözlemlemek için birbirlerinden ayrı olarak seçilebilirler. Özellikle ilerleme kuvvetlerinin delme işlemlerinde aşınmayı gözlemlemek için en kullanışlı dinamik parametrelerden biri olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Li et al., 1992).

Kesme kuvvetlerinin en büyük eksikliği kesme koşullarına bağlı olmasıdır. Ayrıca iş parçasının sertliği, yoğunluğu ve kesici takımın geometrisi gibi problemler kesme kuvvetlerine dayalı gözlemleme tekniklerini zorlaştırmaktadırlar. Söz gelimi, iş parçasında kullanılan malzemenin sertliği sabit değilse ilerleme kuvveti aşınmayla doğrusal olarak artacağı yerde salınmalar (fluctuation) yapar.

5. 3. 1. Akustik Emisyon (AE) Ölçümü (Acoustic Emission Measurement)

Akustik emisyon (AE) işaretlerinin ölçümü de en sık kullanılan indirekt ölçüm tekniklerinden biridir. AE, malzemelerin deformasyonu yada kırılması, çatlaması anında salıverdikleri kısa süreli elastik enerji olarak tanımlanabilir (Dornfeld ve DeVeries, 1992). İş parçası ile kesici takım arasındaki sürtünme, akustik emisyonun esas kaynağıdır. Bu sinyaller aynı zamanda tezgah gürültüsü veya kesme gürültüsü olarak da adlandırılır. AE sinyalleri kesici takıma ya da iş parçasına tutturulmuş piezo-elektrik ultrasound transdüserlerle (algılayıcılarla) ölçülür. AE kesici takımın aşınmasını ya da kırılmasının algılanmasını sağlar. Çünkü keskin durumdaki bir kesici takımın ürettiği akustik emisyon sinyallerinin

genliği ile kırılma noktasına gelmiş bir takımın ürettiği AE sinyal genlikleri arasında çok fark vardır. Söz gelimi, AE işaretlerinin genliğinde ani bir sıçrama matkap ucunun kırılmakta olduğunu gösterir. AE sinyallerinin spektrum analizi de bu sinyallerin frekansının ve genliğinin kesici takımın aşınması ile değiştiğini göstermiştir (Iwata ve Moriwaki, 1977).

AE sinyalleri analiz edilmeden önce, delme işlemi sırasında üretilen gürültülerden kesme sinyallerini ayırabilmek amacıyla filtrelenmelidir. Bununla birlikte, AE ölçümü yapan transdüserlerin konumu ve farklı takım tezgahları değişik AE örgülerine (pattern) ve seviyelerine neden olurlar.

5. 3. 2. Titreşim Ölçümü (Vibration Measurement)

Bir matkap ucu aşındıkça kesme kuvvetleri, dahili kırılmalar (internal fractures) ve kesici takım ile iş parçası arasındaki yerel kaynaklanmalar (local weldings) yüzünden dalgalanmaya (iniş-çıkışlar yapmaya) başlar. Bu durum takımın bağlı olduğu tezgahın titreşimine neden olur. Titreşim akselometre (accelerometer) kullanılarak ölçülebilir. Titreşim, yüksek frekanslı bir gürültüye neden olur; delik yüzeylerinde kusurlara yol açar; aşınmayı ivmelendirir; ve böylelikle kesici takımın ömrünü azaltır. Titreşim aşırı derecede arttığı zaman, kullanılan takımın performansını azaltan en önemli etkenlerden biri olan “chatter (sürekli titreşim)” olayı meydana gelir. Titreşim sinyallerinin seviyeleri gözlemlendiğinde kesici takımın aşınma durumu hakkında bir fikir edinmek mümkündür. Delme işleminde toplanan titreşim sinyallerinin spektrumu, matkap ucunda ne tür aşınma oluştuğunu belirlemek için kullanılabilir (El-Wardany et al., 1996).

Titreşim sinyallerini ölçecek sensörlerin makine takımına montajı, bu sinyaller üzerine kurulu gözlemleme tekniklerindeki en pratik problemdir. Eğer titreşim ölçen sensörler kesme kenarına çok yakın bir yere monte edilirse ölçülen sinyallerdeki değişim, delme işlemi süresince çok fazla olur. Aynı zamanda bu sinyallerin genliği de sensörler ile kesici kenarlar (cutting edge) arasındaki mesafeye bağlıdır.

5. 3. 3. Kesme Bölgesindeki Sıcaklığın Ölçümü (Temperature Measurement)

İş parçası-kesici takım arasında kesme işlemi sırasında temas eden kesme yüzeyinde ortaya çıkan sıcaklık ile kesici takımın aşınması arasında çok yakın bir ilişki vardır (Hummel ve Lang, 1997). Söz gelimi, belli başlı aşınma mekanizmalarından biri olan difüzyon, sıcaklığa bağlı bir prosestir. Temel olarak, kesici takım aşındıkça, kesme yüzeyindeki

kaynaklanmalardan dolayı artan kuvvetler yüzünden sıcaklık yükselir. Kesici takımın kırılması bu aşırı sıcaklık yükselmesinin doğal bir sonucudur. Her ne kadar delme işlemlerinde kesme yüzeyinde sıcaklık gözlenmesi iyi bir metot gibi gözükse de sıcaklık ölçümü, kesme bölgesine direkt erişimi gerektirdiği için oldukça zordur. Ayrıca delme işlemi esnasında ortaya çıkan ısı enerjisi dış bölgelere kolaylıkla yayılmaz. Sonuç olarak, kesici takım ya da iş parçası üzerinden ısı iletiminin (heat conduction) yavaşlığı ve soğutma sıvılarının kullanımı sıcaklık ölçmeye dayalı tekniklerin uygulanabilirliğini azaltmaktadır.

5. 3. 4. Güç Ölçümü (Power Measurement)

Deneyel çalışmalar göstermiştir ki, genel olarak kesme işlemleri sırasında takım tezgahının güç tüketimi aşınma ile orantılı bir şekilde artmaktadır (Cuppini et al., 1990). Güç değişimi on-line kesici takım aşınması gözlemlemek için kullanılabilir. Güç ölçümleri, motor mili (spindle motor) armatüründeki akım ve gerilimin ölçülmesini gerektirir. Güç ölçümü kolay gibi olmasına rağmen bu ölçümler üzerine kurulu gözlem teknikleri, kesici takımında ne tür bir aşınma olduğunu belirlemede diğer tekniklere kıyasla daha az hassastır.

5. 4. Sensör Füzyonu veya Çoklu Sensör Teknikleri (Sensor Fusion Techniques)

Yalnızca bir sensör üzerine kurulu gözlemleme teknikleri kesici takım aşınmasının konumunu ve tipini tanımlamak açısından yeterli olmayabilir. Çünkü aşınma olayı gerçekten çok karmaşık bir süreçtir; kesme hızı, ilerleme hızı gibi birçok faktöre bağlıdır. Sözelimi, ilerleme kuvveti ve burulma momentleri (thrust ve tork) gibi kesme kuvvetleri aşınmanın artmasıyla artar. Fakat bu kuvvetler aynı zamanda kesme hızının da bir fonksiyonudur. Kesme hızının ani değişikliği bu kuvvetlerde artma yada azalmaya sebep olur; bu da kesme kuvvetlerine dayalı bir gözlemleme tekniğinin kesici takımın durumu hakkında yanlış bir değerlendirme yapmasına yol açabilir. İşte bu durumda kuvvet sensörlerinin bu eksikliğini tamamlayacak akustik emisyon sensörleri gibi başka tipte sensörler kullanılır (Wright, 1983). Diğer bir ifadeyle bazı sensörler belli bir takım hatalara (aşınmalara) daha duyarlıdır.

Aşınmayı doğru olarak belirleyebilme güvenilirliğini artırmak için aynı olayı gözlemleyen farklı tiplerde sensörler kullanılır. Bu olay sensör füzyonu olarak adlandırılır. Böylece değişik sensörlerden gelen verilerin işlenmesi kesici takımın aşınmasını gözlemleyen sistemin başarısını önemli derecede artırır. Liu ve Wu (1990), sensör füzyon stratejisini

kullanarak kuvvet ve titreşim sensörlerinden gelen sinyalleri delme kesici takımlarının aşınmasını gözlemleme amacıyla analiz etmişlerdir. Kesme kuvveti ve titreşim sinyallerinin beraber işlenmesi sonucu %90'ın üzerinde bir başarı oranı ile matkap ucu aşınmasını on-line olarak gözlemlediklerini rapor etmişlerdir.

Lee ve ark. (1994) akustik emisyon ve mini boyuttaki kuvvet sensörlerini entegre ederek yaptıkları çalışmada matkap ucunun kırılmasını önceden tahmin edebilen bir sistem geliştirmişlerdir. Kesme kuvvetlerindeki değişiklikler kesici takımın durumu hakkında iyi bir gösterge olmasına rağmen bu kuvvetler işlem sırasında kesme şartlarında oluşabilecek değişikliklerle de azalabilir yada artabilirler. Akustik emisyon (AE) sinyallerini de gözlemleyerek Lee ve takımı şöyle bir algoritma geliştirmişlerdir: Eğer kesme kuvvetlerinden ilerleme kuvveti (thrust), ani olarak AE sinyalinin aşırı artmasıyla, ani bir düşüş gösteriyorsa kesici takım o anda kırılma noktasındadır. Değilse normal çalışma durumundadır. Böylece AE sensöründen gelen sinyal kesme kuvvetlerindeki değişiklikleri incelemek için tetikleme sinyali olarak kullanılmaktadır.

5. 5. Değişik Modeller ve Teknikler

Direkt ölçme metodları, on-line (çevrim içi) kesici takımın durumunu gözlemleme için uygun olmadığından araştırmacılar sensörlerden elde ettikleri sinyaller ile kesici takım aşınması arasında korelasyon kurmayı düşünmüşler ve bu amaçla değişik modeller ve yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmış ve referansları verilmiştir:

- Teorik veya analitik modelleme (Mauch ve Lauderbaugh, 1990).
- Deneyel modelleme (Lin ve Ting, 1995).
- Yapay sinir ağları (Neural networks) (Dimla et al., 1997).
- Model tabanlı teknikler (Isermann et al., 1993).
- Dinamik kuvvet modellemesi (Danai ve Ulsoy, 1988).
- İstatistiksel yaklaşımlar (Pan et al., 1996).
- Kontrol sistemleri (Kawaji ve Sasaoka, 1995).
- Gizli Markov Modelleri (Ertunç, 1999).

6. SONUÇ

Bu çalışmada, kesici takımlardaki ve özellikle matkap ucunda kesme işlemi sırasında meydana gelen aşınma mekanizmaları üzerinde durulmuştur. Endüstride tam otomasyonun öneminin artmasıyla birlikte kesme işlemi sırasında takım durumunu

gözlemlemek bir çok araştırmacının üzerinde çalıştığı bir konu olmuştur. Aşınmanın gözlemlenmesi kesici takımın kırılmadan değiştirilmesi bağlamında çok önemlidir. Çünkü kesici takımın kırılması gerek çalıştığı tezgaha gerekse iş parçasına ekonomik açıdan büyük zarara yol açmaktadır.

Bu makalede, literatürde matkap ucunun aşınmasının gözlenmesi üzerine yapılan çalışmalar tanıtılmış; kullanılan direkt ve indirekt ölçme teknikleri ile sensör füzyonu konusundaki çalışmalar özetlenmiştir. Toplanan sensör sinyallerinin işlenerek kesici takımın aşınma safhasını belirlemek için önerilen metotlar sıralanmış ve daha ayrıntılı bilgi için referansları verilmiştir.

7. KAYNAKLAR

- Armarego, E. J. A., and Brown, R. H. 1969. The Machining of Metals, Prentice Hall Inc.
- Cuppini, D., D'errico, G. and Rutelli, G. 1990. "Tool Wear Monitoring Based on Cutting Power Measurement", *Wear*, Vol. 139, pp. 303-311.
- Danai, K. and Ulsoy, A. G. 1988. "Dynamic Modeling of Cutting Forces in Turning, Milling and Drilling, From Experimental Data", *Control Methods for Manufacturing Processes*, Vol. 9, pp. 27-34.
- Dimla, D. E., Lister, P. M. and Leighton, N. J. 1997. "Neural Network Solutions to the Tool Condition Monitoring Problem in Metal Cutting – a critical Review of Methods", *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*, Vol. 37, pp. 1219-1241.
- Dornfeld, A. D., and DeVeries, M. F. 1992. "Drill Wear and Fracture Monitoring in Drilling Using Acoustic Emission", *CIRP STC, 'C' Meeting*, Paris.
- El-Wardany, T. I., Gao, D. and Elbestawi, M. A. 1996. "Tool Condition Monitoring in Drilling Using Vibration Signature Analysis", *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*, Vol. 36, pp. 687-711.
- Ertunç, H. M. 1999. "Techniques for Tool Wear Condition Monitoring in Drilling Operations", PhD Thesis, Case Western Reserve University, USA.
- Furness, R. J., Wu, C. L., and Ulsoy, A. G. 1992. "Statistical Analysis of the Effects of feed, Speed, and Wear on Hole Quality in Drilling", *Sensors and Signal Processing for Manufacturing*, Vol. 55, pp. 97-112.
- Halamoğlu, T. 1998. "Metal Püskürtme Yöntemiyle Aşınmaya Dayanıklı Kaplamalar", *Yüzey İşlemleri Dergisi*, Eylül-Ekim, ss. 154.
- Hong, S. Y. 1993. "Knowledge-Based Diagnosis of Drill Conditions", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 4, pp. 233-241.
- Hummel P. M. and Lang, G. L. 1997. "Measurement of Temperature on Diamond-Coated Tools During Machining Process", *Diamond Films and Technology*, Vol. 7, pp. 219-232.
- Isermann, R., Ayoubi, M., Konrad, H., Reib, T. 1993. "Model Based Detection of Tool Wear and Breakage for Machine Tools", *Proc IEEE, Int. Conf. Syst. Man Cybern*, Vol. 3, pp. 72-77.
- Iwata, K., and Moriwaki, T. 1977. "An Application of Acoustic Emission to in-Process Sensing of Tool Wear", *Ann. CIRP*, Vol. 26, pp. 21-26.
- Kanai, M. and Kanda, Y. 1988. "Statistical Characteristics of Drill wear and Drill life for the Standardized Performance Tests", *CIRP Annual*, pp. 61-66.
- Kawaji, S. and Sasaoka, T. 1995. "Control of Cutting Torque in the Drilling Process Using Disturbance Observer", *American Control Conference*, Seattle, Washington, pp.723-728.
- Kurada, S. and Bradley, C. 1997. "A Review of Machine Vision Sensors for Tool Condition Monitoring", *Computers in Industry*, Vol. 34, pp. 55-72.
- Lee, D. K., Choi, C. N. and Chu, J. M. 1994. "Real-Time tool Breakage Monitoring for NC Turning and Drilling", *Annals of the CIRP*, Vol. 43, pp. 81-84.
- Li, G. S., Lau, W. S. and Zhang, Y. Z. 1992. "In-Process Drill Wear and Breakage Monitoring for a Machining Centre Based on Cutting Force Parameters", *Int. J. Machine Tools and Manufacturing*, Vol.31(6), pp. 855-867.
- Lin, S. C. and Ting, C. J. 1995. "Tool Wear Monitoring in Drilling Using Force Signals", *Wear*, Vol. 180, pp. 53-60.
- Liu, T. I. and Anantharaman, K. S. 1994. "Intelligent Classification and Measurement of Drill Wear", *Journal of Engineering for Industry*, pp. 392-397.
- Liu, T. I. and Wu, S. M. 1990. "On-line Detection of Tool Wear", *Journal of Engineering in Industry*, Vol. 112, pp. 299-302.
- Mauch, C. A. and Lauderbaugh, L. K. 1990. "Modeling the Drilling Process – an Analytical

Model to Predict Thrust Force and Torque”, Computer Modeling and Simulation of Manufacturing Process, ASME Production Division, Vol. 48, pp. 59-65.

Motovalli, S. and Bahr, B. 1993. “Automated Tool Monitoring System using Vision System for a Robotic cell”, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, V. 10, pp. 311-319.

Pan, H., Chen, Y. and Orady, E. 1996. “Monitoring Methods of Tool Wear in a Drilling Process”, 2nd Industrial Engineering Research Conference Proceedings, pp. 380-383.

Pletting, J. 1998. “Superior Tooling Builds Outstanding Workmanship”., www.pletting.com

Smith, G. T. 1989. Advanced Machining. The Handbook of Cutting Technology, Springer, Berlin.

Subramanian, K. and Cook, N. H. 1977. “Sensing of Drill Wear and Prediction of Drill life” ASME, Journal of Engineering for Industry, Vol. 99, pp. 295-301.

Wright, P. K. 1983. “Physical Models of Tool Wear for Adaptive Control in Flexible Machining Cells”, Computer Integrated Manufacturing, Vol. 8, pp. 19-31.