

TORNALAMA İŞLEMLERİNDE HIZ ÇELİĞİ TAKIMLARIN ÖMÜRLERİNİ TAMAMLADIĞI ANIN TESPİTİ

*Yahya IŞIK**
*M. Cemal ÇAKIR***

Özet: Talaş kaldırma işlemlerinde takım durumunu izleyebilen bir sistemin endüstride kullanılabilir duruma getirilmesi; üretim maliyeti, ürün kalitesi, ürün miktarı, tezgah kararlılığı, takım seçimi, kesme parametrelerinin analizi konularına önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışmada talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımların ömürlerini tamamladığı anının önceden tahmini amacıyla bir erken uyarı modeli ve yazılımı geliştirilmiştir. Takımların ömürlerini tamamlama öncesi kesme kuvvetlerinde önemli artışlar görülmektedir. Erken uyarı için bu artış değerleri kullanılmıştır. Geliştirilen model ile kesme işleminde F_s kuvvetindeki artışlar on-line olarak izlenebilmektedir. HSS kesici takımlarla, sıcak iş çeliği ve imalat çeliği iş parçası malzemelerle yapılan deneylerle elde edilen sonuçlar sistemin, takım ömürlerini tamamlama anının tespitinde başarılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Takım ömrü, Takım durumu izleme, Kesme kuvveti.

A Real-Time End of Tool Life Detection System for HSS Tools in Turning Operations

Abstract: The tool life and condition monitoring systems can be used be effectively in cutting processes. It reduces the cost of production, increases quality and quantity of the production, stability of machine tool and helps to analyse the cutting conditions. The purpose of this research is to develop tool condition monitoring and a real-time tool life detection system in cutting processes. The developed software and hardware enables to determine the changes on the cutting forces of HSS tools during tool life of tools. The end of tool life detection is based on the characteristic variations of the cutting force. The change of cutting force can itself be a good indicator to detect the tool failure. The performance of the system has been tested experimentally for certain machining conditions for a particular workpiece and HSS cutting tool. The experimental results showed that the system was being succesful in the tool life.

Key Words: Breakage, Tool life, Tool monitoring, Cutting force.

1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç; kesici takımın yüksek performansla istenilen özelliklerde, maksimum takım ömründe talaş kaldırılabilesidir. Kesici takımdan beklenen bu davranışlar sonunda takımın kullanılamaz duruma gelmeden önce operatörün uyarılması son derece önemlidir (Zorev 1996, Boothroyd 1987, Merchant 1945).

Kesici takımların on-line izlenmesinde kullanılan sistem üç unsurdan oluşmaktadır. Bunlar; tanımlama, matematiksel işlemler ve karar verme-analizdir. Tanımlama işlemi, takım durumu ile ilgili parametrelere bağlı sinyallerden oluşmaktadır. Burada yüzey kalitesi dikkate alınmadan işlem performansının gerçek durumu ölçülmekte, kesme kuvvetleri ve serbest yüzey aşınma miktarı izlenmektedir. Matematiksel işlemlerde bu değerler giriş verilerine göre hesaplanmaktadır. Karar verme analizinde on-line izleme bilgileri ile istenilen bilgiler karşılaştırılmaktadır (Arsecularatne ve ark. 1991, Lister ve Barrow 1989, Teti 1995).

Takım aşınmasının ve kırılmanın on-line olarak izlenmesi için geliştirilen tekniklerin bir çoğu pratik kullanıma uygun değildir. Prensip olarak ölçüm sırasında talaş kaldırma işlemi durdurulmamalıdır. Kesme kuvvetleri değişimine bağlı takım durumu izleme yöntemi, çalışma ortamından etkilenmemesi ve kesme işlemi sırasında ölçüm yapılabilmesi sebebi ile adaptif kontrol için tercih edilen bir yöntemdir. Teorik modeller çok az sayıda ölçülebilen değişken ve algılayıcı verisine dayandığından kullanımları kısıtlı olup bunun yerine deney verilerine dayalı ampirik modeller kullanılmaktadır (Dan ve Mathew 1990, Choi ve ark. 1994, Ghasemipoor ve ark. 1999).

* Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, 16059, Görükle, Bursa

** Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 16059, Görükle, Bursa

HSS takımların tok bir yapıya sahip olmalarına karşın takımın ömrünü tamamlaması takımın kırılması yani uç kısımdan parça kopması ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle makale içerisinde takımın ömrünü tamamlama anı için kırılma anı denilecektir.

Kesme işlemleri sırasında önemli olan takımın ömrünü tamamladığı anın belirlenmesidir. Kesme kuvvetleri ile takım ömrü arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. F_s kesme kuvveti talaş kaldırma işlemleri sırasında takımın aşınma miktarı ile orantılı olacak şekilde, doğrusal olarak artmakta, takımın ömrünü tamamladığı anda kesme kuvvetinde büyük bir artış görülmektedir (Jemielniak ve Szarfarczyk 1992, Choi ve Jeong 1997).

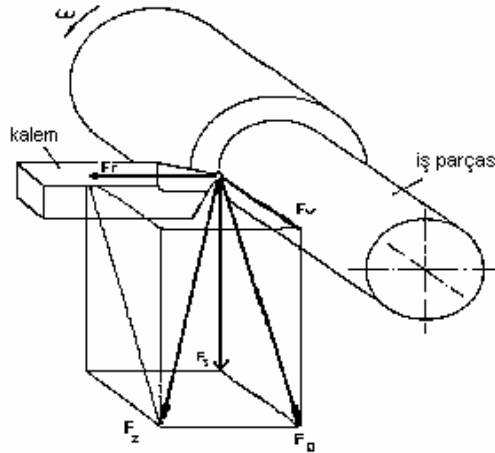
Gerçek ve uygulanabilir bir matematiksel modelin olmaması nedeniyle talaş kaldırma işlemleri için takım ömrünün belirlenmesinde takım aşınması, takım kırılması, yüzey kalitesi, kesme yapılan bölgedeki ısı ve kesme kuvvetlerindeki değişimler kullanılmaktadır (Işık 2001, Çakır ve Işık 2000, Kurt ve ark. 2001). Son yıllarda kesme işlemlerinin daha optimum olabilmesi için bu parametrelerin daha iyi gözlemlenmesine ve doğru olarak belirlenmesine duyulan ihtiyaç artmıştır. Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin belirlenmesi (Akkurt 1991):

- Takım tezgahının talaş kaldırma sırasında harcadığı enerjinin tespit edilmesinde,
- Takım tezgahının, takımların ve tutturma tertibatlarının tasarımında ve bunların boyutlandırılmasında,
- Tezgah rijitliği ve boyutlarının hesaplanmasında,
- Kesme kuvvetlerine veya harcanan enerjiye bağlı olarak talaş kaldırma sırasında optimizasyona dayalı bir kontrol sistemi oluşturulmasında büyük önem taşımaktadır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Tornalama İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma için gereken güç ile kesme kuvvetleri arasında belirli bağıntılar vardır. Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabilir veya bir dinamometre ile ölçülebilir. Talaş kaldırma işlemi sırasında sürtünme ve basınçların etkisi ile belirli yönlerde kuvvetler meydana gelmektedir (Şekil 1). Tornada talaş kaldırma işlemlerinde kesme kuvvetleri talaş oluşumuna, talaşın şekil değiştirmesine ve takım ile talaş arasında oluşan sürtünmelere bağlıdır.



Şekil 1:

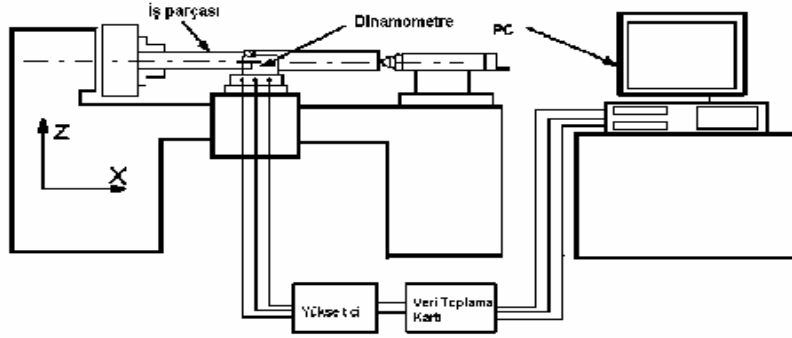
Ortogonal talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetleri (Kuljanic 1992)

Kesme kuvveti " F_s " en önemli bileşendir. Ortogonal talaş kaldırma işlemlerinde takımın aşınması, sürtünmenin artmasına ve basınç oluşumuna neden olur. Bu durum kesme kuvvetlerinde artışlara neden olmaktadır (Çakır 2000).

2.2. Sistem Donanımı

Takım durumu izleme için oluşturulan sistem donanımında bir dinamometre, bir analog/ sayısal dönüştürücü ve bir PC kullanılmıştır. Donanım üniversal ve sayısal denetimli takım tezgahlarına kolaylıkla adapte edilebilecek bir sistemdir. Şekil 2'de sistem donanımı görülmektedir. Sistemin kullanılması sırasında dinamometreden elde edilen analog sinyaller algılama limitlerinin altında kalabilmektedir. Bunun engel-

lenmesi ve ölçü köprülerinde oluşan en küçük gerilim değişikliklerinin kolaylıkla okunabilir sınırlar içerisine yükseltilmesi amacıyla işlem amplifikatörü kullanılmıştır. Üç farklı kanaldan gelen analog sinyallerin yükseltilmesi için üç adet kuvvetlendirici (ADAM3016) ile besleme gerilimi, giriş /çıkış sinyalleri, sapma değerleri istenilen ölçme aralığı için ayarlanmıştır. Veri toplama kartı (PCL818HG) ve veri iletim kartı (PCLD-8115) ile aynı anda 16 farklı ölçüm sonuçlarını almak ve bilgisayara aktarmak mümkün olmaktadır.

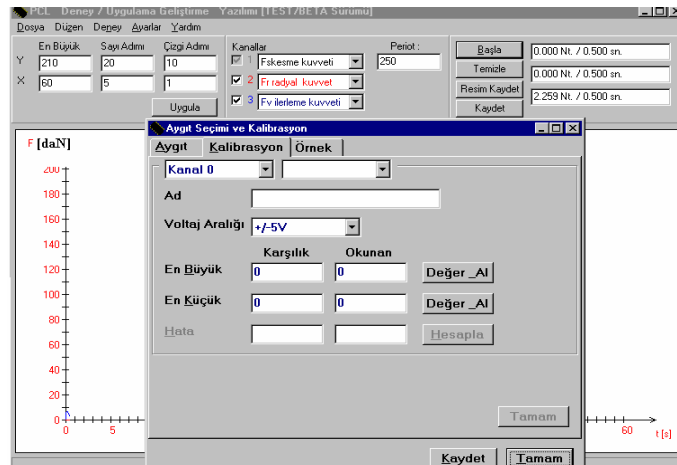


Şekil 2:
Sistem donanımı

Bu çalışmada yapılan deneylerde kesme kuvvetlerini ölçmek için TD-500 tipi dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre bilgisayar bağlantılı olarak ölçme yapmakta, aynı anda üç eksendeki kesme kuvvetleri ölçülebilmektedir. Maksimum ölçme değerleri F_s ; 500 kN, F_r ; 300 kN, F_v ; 200 kN'dır. Kuvvetlerin birbirlerine olan etkileri minimum düzeydedir. Hata oranı % 1,5 civarındadır.

2.3. Yazılım

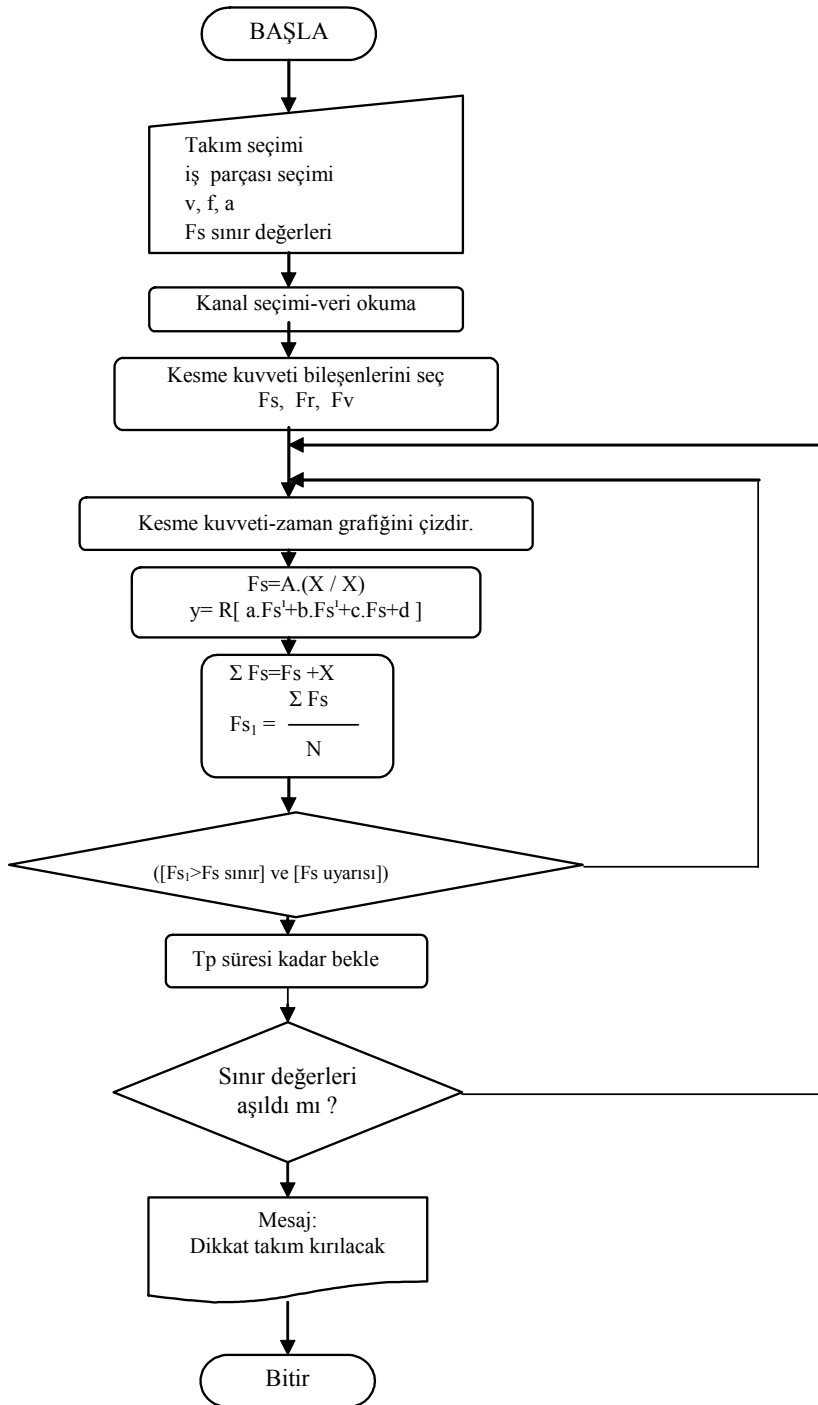
Kesme parametreleri ile ilgili yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerin doğru olarak hassas bir şekilde elde edilmesi, kayıt edilebilmesi, sonuçların yorumlanması ve analizlerin yapılabilmesi son derece önemlidir. Elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılması, veri tabanı oluşturulması, verilerin analog/sayısal dönüşümlerinin yapılması ve grafiklerin farklı bir yazılımla hazırlanması sırasında, dönüşümlerden kaynaklanan hatalar oluşmakta, ayrıca analiz ve yorumlamalar zaman almaktadır. Hazırlanan yazılım ile tüm bu olumsuzluklar giderilmiştir. Fiziksel sistemlerin bilgisayar ile denetlenmesinde veri kartları ile elde edilen tüm analog sinyallerin bilgisayar ortamında doğrudan grafik veya veri olarak alınması sağlanmaktadır. Sonuçların analog veya sayısal değerler olarak alınması mümkündür. Ölçme hızı aralığı 1-1000 Hz ve ölçme gerilimi ise 0-10 V arasında 12 farklı konumdadır. Aynı anda maksimum 16 kanaldan alınan veriler işlenebilmektedir. Şekil 3'de sistem veri iletimi ve grafik ekranı görülmektedir. Hazırlanan yazılım C++ Builder görsel programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır ve Windows altında çalışabilmektedir.



Şekil 3:
Sistem veri iletimi ve grafik ekranı

Kesme kuvvetleri; zaman, farklı kesme parametreleri, ölçme aralıkları, sınırlamalar, analog veya sayısal giriş değerlerine göre grafiklere aktarılabilmektedir. Şekil 4’de takım durumu izleme yazılımının akış diyagramı görülmektedir. Yazılım, tüm PCL kartlarını destekleyecek niteliktedir. Geliştirilen model ve hazırlanan yazılımda veri girişi olarak, aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır.

- ◆ Kesici takım-iş parçası malzemesi
- ◆ Kesme parametreleri (v,f,a)
- ◆ F_{s1} sınır değeri
- ◆ Ortalama F_s değeri tanımlama süresi
- ◆ F_{s1} 'deki artışı ölçme süresi



Şekil 4:
Takım durumu izleme yazılımı akış diyagramı

Giriş verilerine bağlı olarak sistem tarafından ölçülen ve hesaplanan çıkış değerleri;

- ◆ Kesme kuvvetleri (F_s, F_r, F_v)
- ◆ Aşınma miktarına bağlı kesme kuvvetleri (F_{s1}, F_{r1}, F_{v1})
- ◆ Kesici takım kırılma öncesi operatör uyarı sistemi
- ◆ Takım ömrü

Erken uyarı sistemi talaş kaldırma işlemi ile birlikte doğrudan çalışmaya başlamakta ve yeni kesici takım ile yapılan talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetleri belirli bir zaman dilimi süresince ölçülmektedir. Şekil 5'de erken uyarı sisteminde kullanılan parametreler görülmektedir. Kararlı durumlarda bile kuvvetlerde değişkenlikler meydana geldiğinden F_s kesme kuvveti olarak ortalama değerler kaydedilmektedir. Ölçme süresi kesme parametrelerine ve takım ömrüne göre değişkenlikler göstermektedir.

Şekil 5:
Erken uyarı sisteminde kullanılan parametreler

Hızlı talaş kaldırma işlemlerinde çok kısa bir takım ömrü seçilmesi durumunda daha kısa zaman periyotları tanımlanabilecektir. Takım ömrü uyarı parametreleri olarak kesme kuvveti, aşınma, yüzey pürüzlülüğü değerleri kullanılmaktadır. Bu parametrelerden hangisinin veya hangilerinin kullanılacağı operatör tarafından talaş kaldırma işleminin niteliğine göre belirlenebilmektedir. Ayrıca işleme özelliklerine göre istenilen değerleri tanımlamak da mümkündür. Bu çalışmada farklı sınır değerleri için F_s parametrelerinin tanımlanmasında aşağıdaki kriterler esas alınmıştır.

Talaş kaldırma işlemi süresince kesme kuvvetleri, F_{s1} ve F_s 'de görülen artışlar karşılaştırılmaktadır. Farklı kesici takım-ış parçası için F_{s1} - F_s oranı belirli bir değere ulaştığında kesici takımın kırılması söz konusu olduğundan operatör grafik ekranında uyarılmaktadır (Liu 1999, Altıntaş 1999). Aşınmış kesici takımlarda kesme kuvvetleri F_{s1} ve F_{r1} ;

$$F_{s1} = F_s + \Delta F_s \quad (1)$$

$$F_{r1} = F_r + \Delta F_r \quad (2)$$

ΔF_s ve ΔF_r aşınmanın neden olduğu kesme ve radyal kuvvet miktarıdır.

$$N_1 = \frac{F_{s1} - F_s}{F_{s1}}, \quad N_F \geq N_1 \quad (3)$$

N_F : Kesme kuvveti uyarı sınır değeri

F_{s1} : Son ölçülen kesme kuvveti,

F_s : Talaş kaldırma işlemini başlangıcında (T_a) süresindeki ortalama kesme kuvveti

Geliştirilen modelin dinamik yapısı nedeniyle operatörün kesici takımların ömürlerini tamamladığı andan önce kesme kuvvetlerine bağlı olarak uyarılma zamanı değiştirilebilmektedir. Sistemin kesme kuvveti artışlarını doğru analiz etmesi son derece önemlidir. Talaş kaldırma işlemi sırasında takım-ış parçası malzeme çifti ve kesme parametrelerine bağlı olarak ani değişkenlikler her zaman söz konusudur. Bu nedenle sistemin operatörü uyarması için kesme kuvvetlerindeki artışın iş parçasının en az iki devri kadar bir süre devam etmesi gerekmektedir. Kurulan modelde bu süre kesme parametrelerine göre farklı zaman sü-

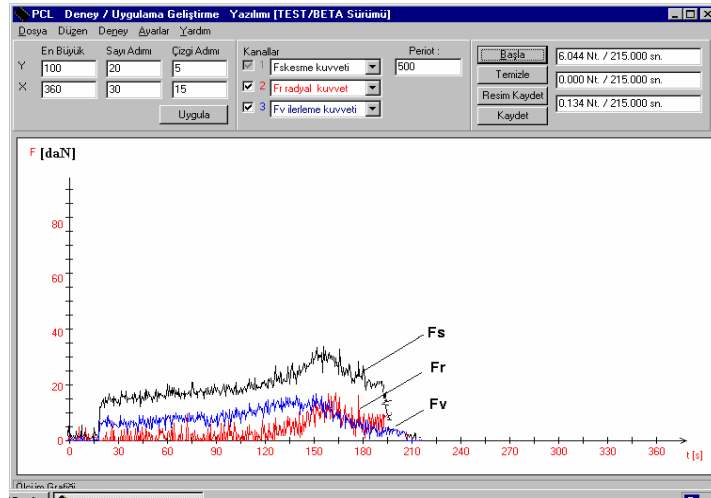
resi olarak tanımlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Takımın ömrünü tamamladığı uyarısı için işlem parametrelerinin operatör tarafından önceden tanımlanması gerekmektedir. Fs kuvvetinin başlangıç değerine göre %25 artışı HSS takımların kırılma anı öncesi uyarı sınır değeridir. Geliştirilen modelin dinamik yapısı nedeniyle yalnızca Fs artışı değerini işlemin özelliğine göre erken uyarı için kullanmak mümkündür.

(Tp) değeri, kesme kuvvetinin sınır değerine ulaşması durumunda beklenmesi gereken süredir. Operatörün uyarılması için Fs artışının iş parçasının iki devri süresince (en az 0,1 saniye) devam etmesine dikkat edilmiştir. Talaş kaldırma işleminin karmaşık yapısı nedeniyle Fs kuvvetinde ani artışlar her zaman görülebilmektedir. Önceden, kesici takım-iş parçası çiftlerine ait bir veri tabanı oluşturmak mümkündür. Böylece operatörün yalnızca kesici takım-iş parçası seçimini yapması, takım durumunun izlenmesi için yeterlidir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylerde kullanılan torna tezgahında güç: 5,5 KW, devir sayısı aralığı: 90-2500 d/dk., ilerleme: 0,03-0,25 mm/dev.dir. Soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Kullanılan İş parçaları uzunluğu 340 mm olup ayna-punta arasına bağlanmıştır.

Talaş kaldırma işlemi sırasında kesme kuvvetleri aşınma miktarına bağlı olarak artmakta ve takım ömrünü tamamladığı anda başlangıç değerine göre önemli artışlar göstermektedir. Aşınma miktarına bağlı olarak Fs kuvveti artmakta, aşınma sonucu kesici takımdan kopan parçacıklar sonucu kaldırılan talaş miktarında azalmalar olmakta ve Fs kuvveti kademeli olarak azalmaktadır. Şekil 6'da takım ömrü süresince kesme kuvvetlerinde meydana gelen artışlar görülmektedir. Tornada talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın kırılma öncesi davranışlarının incelenmesi amacıyla yapılan deneylerde kesici takım olarak HSS ve iş parçası malzemesi olarak sıcak iş çeliği ve imalat çeliği (Ç1050) kullanılmıştır.



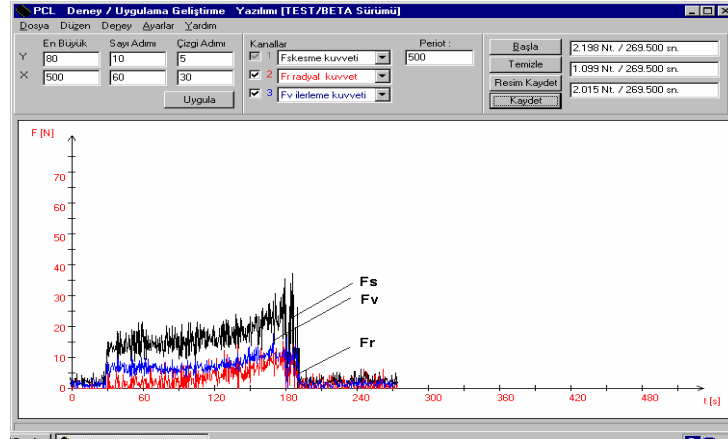
Şekil 6:
Takım ömrü süresince kesme kuvvetlerinin değişimi
($v=45$ m/dak., $f=0,16$ mm/d, $a=0,40$ mm, takım:HSS, malzeme: sıcak iş çeliği)

Belirli parametrelerde meydana gelen kesme kuvvetleri (Fs, Fr, Fv) ve analog sinyallerdeki değişimler ölçülmüştür. Takımın kırılmasından sonra takım ile iş parçası arasındaki temas ortadan kalktığı için kuvvetler ani olarak önemli oranda azalmaktadır. Kesme kuvvetlerindeki bu ani azalmalar takımın ömrünü tamamladığının en önemli göstergesidir. Ancak kuvvetlerdeki değişimlerin kesme parametrelerine bağlı olarak değişip değişmediğinin doğru olarak analiz edilmesi gereklidir. Kesici takımda meydana gelen aşınmalar sonucu takım ömrünü tamamladığı anda kesme kuvvetlerinde önemli artışlar görülmektedir. Şekil 7'de kesme işlemi süresince kesme kuvvetlerinde meydana gelen artışlar görülmektedir.

Deneylerde HSS kesici takımlarda $VB=0,6$ mm'lik serbest yüzey aşınması takım ömrü kriteri olarak alınmıştır. Mikroskop ile yapılan ölçümlerde kesici uçta aşınma belirgin olarak görülmüştür. Takım ömrünün sona erdiğine ilişkin aşağıda belirtilen parametreler takım ömrü kriteri olarak kullanılmıştır. Çizelge I'de, Fs kuvvetlerinin yeni ve aşınmış kesicilerde değişimi görülmektedir.

Çizelge I. Yeni ve aşınmış kesicilerde Fs kuvvetlerinin değişimi (malzeme: Ç1050)

Kesici takım	V (m/dak.)	F (mm /dev.)	A (mm)	VB (mm)	Kesme kuvveti (Fs, daN)		Fs artış oranı %
					Yeni takım	Aşınmış takım	
HSS	42	0,10	0,5	0,60	18	24	0,25



Şekil 7:

Kesme işlemi süresince kesme kuvvetlerinde meydana gelen artışlar (v=90,375 m/dak, f=0,05 mm/dev, a=0,65 mm, takım:HSS, malzeme: Ç1050)

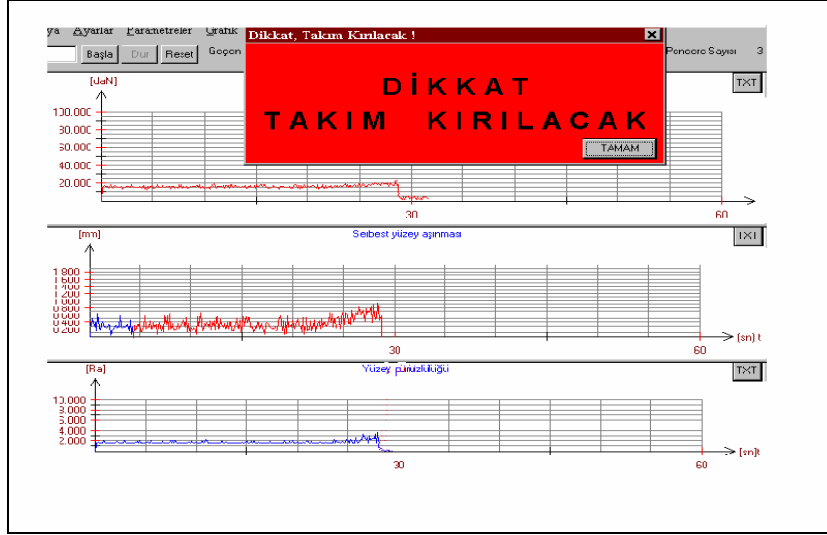
Kurulan deney düzeneği ile takımın ömrünü tamamladığı an erken uyarı sistemi ile önceden belirlenebilmektedir. Kesici takımların kaba ve ince talaş kaldırma işlemlerine göre ömürlerini tamamlama kriterleri farklıdır. İstenilen işleme özelliklerine göre takımın ömrünü tamamladığında kırılması veya tam tersi olarak takımın ömrünü tamamlamadan, beklenmedik bir şekilde, aniden kırılması söz konusu olabilir.

3.1. Takım Durumu İzleme ve Kırılma Deneyleri

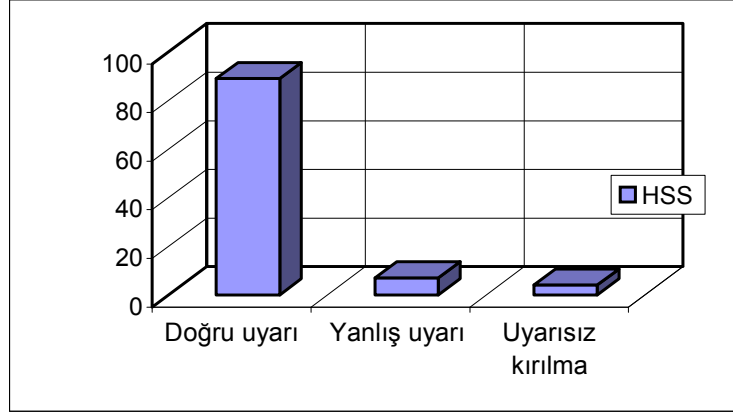
HSS kesici takımların ömürlerini tamamladığı anının önceden tespiti amacıyla yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Çizelge II'de görülmektedir. Deneylerde HSS-imalat çeliği için kesme kuvvetlerinde %25 artış takımın ömrünü tamamladığı uyarısı için sınır değeri olarak kabul edilmiştir. Erken uyarı modelinin doğruluğunu kontrol için farklı kesme parametrelerinde yapılan 12 deney sonucu elde edilen verilerin analizinde sistemin operatörü % 84 oranında doğru olarak uyardığı görülmüştür. Yanlış uyarı oranı % 8 ve kesici takımın uyarılmadan kırılması oranı ise % 8'dir. Kesme işlemi sırasında Fs kuvvetindeki artışlar %25 sınırına ulaşmasına rağmen iş parçasının en az 2 devri süresince artış devam etmediği için sistem uyarısı görülmemiştir. Fs kuvvetinin artış süresi iş parçasının 2-4 devri olarak tanımlanmalıdır. Bu sürenin belirtilen süreden fazla seçilmesi durumunda takım kırılmasına rağmen sistemin operatörü uyarmadığı görülmüştür. Şekil 8'de HSS kesici takımlarda Fs'nin izlenmesi gösterilmiştir. Geliştirilen modelin dinamik yapısı nedeni ile takım kırılmadan ne kadar süre önce operatörün uyarılacağını (F_{s1} artış oranının değişimi ile) kesme işleminin özelliğine göre belirlemek mümkündür. Şekil 8'de Fs kuvvetlerinin değişimi ve Şekil 9'da HSS kesici takımlarda erken uyarı oranları görülmektedir.

Çizelge II. HSS-imalat çeliği malzeme için kırılma erken uyarı sonuçları

Kesme parametreleri			Takım kırılma erken uyarı modeli			
V (m/dak.)	F (mm/dev.)	a (mm)	Takım kullanım süresi (sn)	Doğru uyarı	Yanlış uyarı	Uyarısız kırılma
105	0,16	0,5	168	X		
101	0,20	0,5	130	X		
75	0,25	0,5	311	X		
96	0,25	0,5	89			X
95	0,12	0,5	178	X		
77	0,16	0,5	426	X		
84	0,25	0,5	82	X		
100	0,12	0,5	238	X		
97	0,16	0,6	112		X	
82	0,16	0,5	180	X		
100	0,16	0,5	60	X		
62	0,20	0,5	184	X		



Şekil 8:
HSS kesici takımlarda F_s , VB ve R_a 'nın değişimi
($v=62$ m/dk., $f=0,20$ mm/dev., $a=0,5$ mm, malzeme: Ç1050)



Şekil 9:
HSS kesici takımlarda kırılma erken uyarı oranları

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Erken uyarı modeli ve yazılım ile kesici takımların kırılma anını önceden belirlemek mümkün olmaktadır. Erken uyarı sisteminin takım kırılmadan ne kadar süre önce aktif duruma geçmesinin gerektiği, kaba ve ince talaş kaldırma durumuna göre belirlenebilmekte ve istenilen düzenlemeler yapılabilmektedir. Böylece takımın kırılması ile ortaya çıkabilecek olumsuzluklar önlenmektedir. Geliştirilen erken uyarı modelinin amaçlarından birisi de operatörün uyarılması yanında, SD tezgahlarda kesici takımın adaptif bir kontrol sistemi ile kırılma öncesi talaş kaldırma işlemi yapılan bölgeden uzaklaştırılması ve otomatik olarak kesici takımın değiştirilmesidir. Geliştirilen modeli ile yapılan deneyler sonunda aşağıdaki analizler yapılmıştır.

- 1- Takım ömrü süresince VB 'ye bağlı olarak F_s 'deki artışlar incelenmiştir.
- 2- Talaş kaldırma sırasında sürtünme ve ısı artmakta, bu durum F_s 'de artışlara neden olmaktadır.
- 3- Kesme kuvvetleri serbest yüzey aşınmasına bağlı olarak takım ömrü süresince artış göstermektedir. HSS kesici takımlarda artış oranının %25 olduğu yapılan deneylerle tespit edilmiştir.
- 4- Geliştirilen erken uyarı modeli ile HSS kesicilerde kesme kuvveti artış oranına bağlı olarak takım ömrünü tamamlama anını önceden belirlemek mümkün olmaktadır.

Günümüzde talaş kaldırma işlemleri endüstride önemli bir yer tutmaktadır. Geliştirilen bu model ve yazılım ile talaş kaldırma işlemlerinin izlenmesi ve sisteminin endüstride kullanılabilir duruma getirilmesi üretim maliyeti, ürün kalitesi, ürün miktarı, tezgah rijitliği, takım seçimi ve güvenliği, kesme parametrelerinin analizi konularında önemli katkılar sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Akkurt, M. (1991) *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
2. Arsecularatne, J., A., Hinduja, S., Barrow, G. (1991) Force Data Aquisition Using Computer Process Monitoring, *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 204, 275-285.
3. Boothroyd, G. (1987) *Fundamentals of Metal Matching and Machine Tools*, McGraw Hill Book Company.
4. Choi, D. K., Chu, C. N., Lee, J. M. (1994) Real Time Breakage Monitoring for Monitoring and Drilling, *Annals of the CIRP*, 43, 81-84.
5. Choi, I. H., Jeong, D. K. (1997) Development of Monitoring System on the Diamond Tool Wear, *Int. Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39, 505-515, 655-663.
6. Çakır, M. C., Işık, Y. (2000) Takım Çeliklerinin Talaşlı İmalatında Kesme Kuvvetleri ile Takım Ömrü Arasındaki İlişkinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *9. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*, ODTÜ, Ankara, 397-403.
7. Çakır, M. C. (2000) *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*, Vipaş, Bursa.
8. Dan, L., Mathew, J. (1990) Tool Wear and Failure Monitoring Techniques for Turning, *Int. J. Machine Tool Manufacturing*, 30(4), 579-598.
9. Ghasempour, A., Jeswiet, J., Moore, T. N. (1999) Real Time İmplementation of On-line Tool Condition Monitoring in Turning, *Int. Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39, 1883-1902.
10. Jemielniak, K., Szarfarczyk, M. (1992) Detection of Cutting Edge Breakage in Turning, *Annals of the CIRP*, 41, 97-100.
11. Işık, Y. (2001), *Takım Ömrü Süresince Kesici Takım Davranışlarının İncelenmesi ve Kırılma Anının Önceden Tahmini İçin Bir Erken Uyarı Modelinin Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
12. Kurt, A., Şeker, U., Aslan, E. (2001) Doğrusal Hareketle Talaş Kaldırmada İlerleme Değerinin Kesme Kuvvetlerine Etkisi, *Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi*, Konya, 107-117.
13. Kuljanic, E. (1992) Macro Plastik Deformation of Cutting-Edge: A Method for Maximum Utilization of Cutting Tool, *Annals of the CIRP*, 41, 151-154.
14. Lister, P. M., Barrow, G. (1989) Tool Condition Monitoring Systems, *Annals of the CIRP*, 37, 271-287.
15. Liu, Q., Altıntaş, Y. (1999) On-line Monitoring of Flank Wear in Turning with Multilayered Feed-Forward Neural Network, *Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39, 1945-1959.
16. Merchant, M. E. (1945) Mechanics of the Metal Cutting Process, *Journal of Apply. Phys.*, 16, 267-274.
17. Teti, R. (1995) A Review of Tool Condition Monitoring Literature Database, *Annals of the CIRP*, 44, 659-666.
18. Zorev, N. (1996) *Metal Cutting Mechanics*, Pergamon Press.