

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ
VASITASIYLA SERTLESTİRİLMİŞ AISI 4140 ÇELİĞİNİN
FARKLI KESME PARAMETRELERİ KULLANILARAK
İŞLENMESİNDE CBN KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAMDİ EMRE FİDAN

BOLU, EYLÜL - 2015

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ
VASITASIYLA SERTLESTİRİLMİŞ AISI 4140 ÇELİĞİNİN
FARKLI KESME PARAMETRELERİ KULLANILARAK
İŞLENMESİNDE CBN KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAMDİ EMRE FİDAN

BOLU, EYLÜL - 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Hamdi Emre FİDAN tarafından hazırlanan “**GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ VASITASIYLA SERTLESTİRİLMİŞ AISI 4140 ÇELİĞİNİN FARKLI KESME PARAMETRELERİ KULLANILARAK İŞLENMESİNDE CBN KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması 04.09.2015 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Ahmet ÇAKAN

Üye
Prof. Dr. Ali Naci ÇELİK

Üye
Pof. Dr. Fatih EVRENDİLEK

İmza

.....

.....

.....

.....

Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Saygı Değer Hocam,

Kıymetli Ailem

Ve

Biricik Eşime

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hamdi Emre FİDAN

ÖZET

**GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ VASITASIYLA
SERTLEŞTİRİLMİŞ AISI 4140 ÇELİĞİNİN FARKLI
KESME PARAMETRELERİ KULLANILARAK
İŞLENMESİNDE CBN KESİCİ TAKIMLARIN
AŞINMA DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HAMDİ EMRE FİDAN
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. AHMET ÇAKAN)
BOLU, AĞUSTOS - 2015**

Bu çalışmada, farklı kesme hızları ve ilerleme hızları kullanılarak, endüstride mil, aks, perno gibi makine elemanlarının yapımında yaygın olarak kullanılan sertleştirilmiş AISI 4140 (52 – 54 HRC) çelik malzemelerin, CBN (Kübik Bor Nitrür) kaplı kesici takımlarla tornalanmasında kesici takım uç aşınmasının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kesici takım uç aşınması, hem kesici takım ömrünü, hem de üretimi gerçekleştirilen makine parçasının ölçü tamlığını etkilemektedir. Kesme işlemi süresince kesici takımda öngörülmeleyen oranlardaki aşınmalar, üretimi gerçekleştirilen parçanın yüzey özelliklerini ve boyutsal ölçülerini olumsuz etkilemektedir. Kesme işlemi süresince kesici takımda oluşan aşınmanın belirlenmesi ve takım üzerinde oluşan aşınmanın kabul edilebilir sınırlara ulaştığında kesici takımın değiştirilmesi, üretimi gerçekleştirilen makine elemanının, yüzey kalitesi, boyut tamlığının sağlanmasının yanında, kesici takım ömrünün belirlenmesi bakımından da büyük önem taşımaktadır. Kesme işlemi süresince kesici takımda oluşan aşınmalar, kesme işlemi belirli aralıklarla durdurulup bu evrede kesici takım üzerinde oluşmuş aşınmış bölgenin boyutları mikroskop yardımıyla doğrudan belirlenmektedir. Kesme işlemi süresince kesici takımda oluşan aşınmaya bağlı değişiklikler (işlenen parça boyutundaki değişim, tezgahın çektiği akımdaki değişim, kesici takım üzerine etki eden kuvvetlerdeki değişim, vb.) kesme işlemi duraklatılmaksızın işlem süresince izlenerek kesici takım aşınması dolaylı yoldan belirlenmektedir. Dolaylı ölçmede, kesme işlemi süresince tezgah durdurulmadan takım aşınmasının belirlenebilmesi üretim hızı, ve yüzey özelliğinin kalitesi bakımından doğrudan ölçmeye göre üstünlük sağlamaktadır. Sertleştirilmiş AISI 4140 malzemelerinin tornalanması süresince, işlenen parça boyutunda ve kesici uçtaki aşınmaya bağlı olarak gerçekleşen değişimler On-line izleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu deneylerde, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.04, 0.08, 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliğinden oluşan kesme parametreleri kullanılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER : CBN, Tornalama, AISI 4140 çelik, On-line İzleme,

ABSTRACT

INVESTIGATION OF FLANK WEAR BEHAVIOURS OF CBN CUTTING TOOL IN HARD TURNING HARDENED AISI 4140 STEEL BY USING DIFFERENT CUTTING PARAMETERS THROUGH REAL-TIME

MONITORING SYSTEM

MSC THESIS

HAMDİ EMRE FİDAN

**ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. AHMET ÇAKAN)

BOLU, AUGUST 2015

In this study it was aimed to determine the cutting tool edge abrasion of the hardened AISI 4140 (52 – 54 HRC) steel materials commonly used in the production of machine elements such as shaft, axle and pin in the industry in turning with cutting tools coated with CBN (Cubic Boron Nitride) using different cutting speeds and feed rates. Cutting tool edge abrasion affects both the life of the cutting tool and size precision of the machine part, the production of which is realized. Unpredictable rate of abrasions in the cutting tool during the cutting process negatively affects the surface characteristics and dimensional measurements of the part produced. Determination of the abrasion occurring in the cutting tool during the cutting process and replacement of the cutting tool when the abrasion occurring on the tool reaches acceptable limits are quite important in terms of providing the surface quality and size precision of the machine element produced and also in terms of determining the life of the cutting tool. Abrasions occurring in the cutting tool during the cutting process, dimensions of the abraded areas occurring on the cutting tool at the phase when the cutting process is stopped at certain intervals are determined with the aid of a microscope. Changes (change in the processed part size, change in the current drawn by the bench, change in the forces acting on the cutting tool, etc.) related to the abrasion occurring in the cutting tool during the cutting process are monitored during the process without interrupting the cutting process and cutting tool abrasion is indirectly determined. In indirect measurement, determining the tool abrasion without stopping the bench during the cutting process has advantages over direct measurement with respect to the production speed and the quality of the surface characteristics. During the turning of the hardened AISI 4140 materials, changes occurring in the processed part size based on the abrasion in the cutting edge were determined using On-line monitoring method. In these tests, cutting parameters consisting of 200 and 280 m/min cutting speed, 0.04, 0.08, 0.12 mm/rev feed rate and 0.2 mm cutting depth were utilized.

KEY WORDS : CBN, Cutting Tool, Turning, AISI 4140 steel, On-line Monitoring.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR	xii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. TALAŞ KALDIRMA ESASLARI.....	7
3.1. Talaş Kaldırma Mekanizması	7
3.2. Talaş Kaldırmaya Etki Eden Faktörler	8
3.2.1 Kesici Takım Geometrisi	8
3.2.2 Talaş Geometrisi	9
3.2.3 Kesme Hızı	10
3.2.4 Kesme Kuvveti	11
3.2.5 Kesme İşleminde Oluşan Isı	12
3.3. Kesici Takım Aşınması	13
3.4. Kesici Takım Ömrü	14
4. AŞINMA	15
4.1. Aşınma Mekanizmaları	16
4.1.1. Abrasiv Aşınma	16
4.1.2. Adhesiv Aşınma.....	16
4.1.3. Yorulma Aşınması	16
4.1.4. Korozif Aşınma	16
4.1.5. Termik Aşınma	17
4.1.6. Kavitasyon Aşınma.....	17
4.2. Aşınma Test ve Ölçme Yöntemleri	17
4.2.1. Ağırlık Farkı Yöntemi	17
4.2.2. Kalınlık Farkı Yöntemi.....	17
4.2.3. Bilgisayar Destekli Aşınma Test Yöntemi	18
4.2.4. Radyonüklid Tekniği ile Aşınmanın Ölçülmesi	18

4.2.5. Akustik Emisyon Tekniği İle Aşınmanın Ölçülmesi.....	18
4.2.6. On-line İzleme Yöntemi	18
5. SERTLEŞTİRİLEBİLİR ALAŞIMLI ÇELİKLER	19
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	21
6.1. Kesme Koşulları	21
6.2. Numuneler	21
6.3. Kesici Takım	22
6.4. Deneyle İlgili Teknik Bilgiler	22
6.5. On-line İzleme Sistemi	22
6.6. Tornalama Testleri	24
7.DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	26
7.1. Kaplamalı CBN kesici uçların 200 m/dak kesme hızı 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev ilerleme hızı, 0.2 mm sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilen tornalama testlerinde aşınma sonuçları	26
7.2. Kaplamalı CBN Kesici Takımın 280 m/dak kesme hızı, 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dak ilerleme hızları ve 0.2 mm kesme derinliğinde yapılan aşınma deney sonuçları	29
7.3. 200 ve 280 m/dak Farklı Kesme Hızı 0.04 mm/dev Sabit İlerleme Hızın Kullanıldığı Tornalama Testlerinde Kaplamalı CBN Kesici Uçlarda Oluşan Aşınmaların Karşılaştırılması	32
7.4. 0.08 mm/dev İlerleme Hızında Oluşan Aşınmaların Karşılaştırma Sonuçları	33
7.5. 0.12 mm/dev İlerleme Hızında Oluşan Aşınmaların Karşılaştırma Sonuçları	34
7.6. Varyans Analizi	35
8. KAYNAKLAR	37
9. ÖZGEÇMİŞ.....	40

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Takım modeli ve ortagonal kesme.....	8
Şekil 3.2. Kesici takım geometrisi	9
Şekil 3.3. Talaş geometrisi.....	10
Şekil 3.4. Talaş kaldırma kuvvetleri	11
Şekil 3.5. Talaş kaldırmada etkili kuvvetlerin bir düzlem üzerinde gösterilmesi.....	12
Şekil 3.6. Talaş kaldırma işleminde ısı dağılımı.....	13
Şekil 6.1. On-line izleme sistemi	23
Şekil 6.2. Optik algılama sisteminin şematik görünüşü.....	24
Şekil 6.3. CNC tezgahta kesici takım aşınmasının belirlenmesinde aşınma test sisteminin kullanılması.....	25
Şekil 7.1. Kaplı kesici takımlarda farklı ilerleme hızlarında 200 m/dak. Sabit kesme hızında oluşan voltaj değişimlerinin karşılaştırılması	28
Şekil 7.2. Kaplı kesici takımda kesme işlemi süresince uçta oluşan aşınmanın SEM resmi	29
Şekil 7.3. Kaplı CBN kesici takımlarda farklı ilerleme hızlarında 280 m/dak. sabit kesme hızında oluşan voltaj değişimlerinin karşılaştırılması.....	30
Şekil 7.4. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 280 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dak ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde CBN kesici uçta oluşan aşınmanın SEM resmi.....	31
Şekil 7.5. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.04 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması.	32
Şekil 7.6. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.08 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması	33
Şekil 7.7. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması	34
Şekil 7.8. kesici uç aşınmasının üç boyutlu grafiksel gösterimi tornalama testlerinde aşınma sonuçları	35

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Kesici Takım Bilgileri.....	9
Tablo 6.1. AISI 4140 Çeliği Kimyasal İçerik	22
Tablo 7.1. Varyans Analizi.....	36



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

F_s	: Kesme Kuvveti
F_k	: Makaslama Kuvveti
F_n	: Normal Kuvvet
F_f	: Sürtünme Kuvveti
AE	: Akustik Emisyon
PVD	: Fiziksel Buhar Biriktirme
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme
AY	: Akustik Yayınım

TEŞEKKÜR

Bölüme ilk kabulümden, tez çalışmamın tamamlanmasına kadar her aşamada yardımlarını esirgemeyen Makine Mühendisliği Bölümündeki hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum. Bilgi ve tecrübesiyle hep yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı, birlikte çalışmaktan onur duyduğum saygı değer hocam Doç. Dr. Ahmet ÇAKAN'a en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte destekleriyle her an yanımda olan başta eşim Semanur YAVUZ FİDAN'a benim bugünlere gelmemde en büyük desteği olan FİDAN ailesine ve bu süreçte desteğini asla unutmayacağım kurum müdürüm olan Sayın Osman Kutlu BALAK'a ve birlikte çalıştığım değerli arkadaşlarım olan Mehmet Fatih KAHRAMAN ve Alper ÖZCAKCIOĞLU'na en içten dileklerimle teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

İmalat teknolojisinde; geleneksel üretim yöntemlerine oranla daha kullanışlı, özellikleri geliştirilebilen yeni üretim tekniklerinin bulunması her zaman araştırmacıların temel hedefleri arasında yer almıştır.

Konvansiyonel üretim tekniklerinin çoğundan istenen performans özellikleri, günümüzde artık mümkün olan en üst özellik sınırları zorlanacak ölçülerde belirlenebilmekte ve bilimsel tekniklerle elde edilen bu optimum büyüklüklerden hareket edilerek, değişik amaçlar için en üst verimle kullanılabilirliği mümkün olabilmektedir (Sobiecki vd., 2004). Ancak, gelişen makine ve malzeme teknolojisi, her gün yenilenen ve ileri düzeyde araştırılıp geliştirilen imalat tekniklerinin bulunmasını ve kullanılmasını zorunlu duruma getirmekte ve yine sanayinin bu yöndeki talebi, her geçen gün daha da artan bir eğilimle, kesintisiz olarak sürmektedir (Çakan, 2006).

İmalat sanayinde, talaşlı imalat % 70'lere varan oranıyla en büyük paya sahiptir. Son yıllarda özellikle sertleştirilmiş parçaların yüksek kesme hızlarında tornalanarak işlenmesine odaklı yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde, konvansiyonel imalat yöntemlerinden taşlama işleminde elde edilen yüzey özellikleriyle karşılaştırılabilen değerlere ulaşılmıştır (Poulachon ve Huddle, 2001).

Sertleştirilmiş malzemelerin, istenilen boyutsal değerlerde ve yüzey kalitelerinde yüksek kesme hızlarında tornalanarak üretilmesi maliyette düşüş, üretim hızında ise büyük artışlar sağlamıştır. Kompleks şekilli malzemelerin işlenebilirliğinin sağlanmasına ilaveten soğutma sıvısı kullanılmaksızın yada çok az soğutma sıvısı kullanılmasına gereksinim olması sert malzemelerin tornalanarak işlenmesi yöntemini taşlama yöntemine üstün kılmaktadır (Derakhshan ve Poulachon, 2001). Kesme bölgesinde yüksek ısı oluşumu ve buna bağlı olarak kesici takımında hızlı aşınma oluşması ise yöntemin dezavantajını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar neticesinde karbür, seramik, kübik bor nitrür gibi yüksek çalışma sıcaklıklarında mekanik özelliklerini büyük ölçüde koruyabilen yeni nesil kesici

takımların üretilmiş olması ve uygun kesme parametrelerinin kullanılması bu dezavantajı büyük ölçüde gidermektedir (Yang, 1998).

Herhangi bir kesici takım malzemesinden beklenen ana özellikler, yüksek sıcaklık dayanımı ve kimyasal kararlılıktır. Hız çelikleri ve sementit karbürler bu özellikleri kabul edilebilir düzeyde sağlamalarına rağmen, yüksek sıcaklıklarda özelliklerinde hızlıca oluşan kötüleşme nedeniyle sertleştirilmiş malzemelerin yüksek hızlarda işlenmelerinde uygun değildir.

Seramik ve bor nitrür malzemelerin üretilmesi ve geliştirilmesi, sertleştirilmiş çeliklerin talaş kaldırılarak işlenmesini mümkün kılmıştır. 45 HRC nin üzerinde sertlik değerine sahip çelik malzemelerin yüksek kesme hızlarında talaş kaldırılarak işlenmesinde, aşınma direnci ve kimyasal kararlılık, takım malzemesi bakımından en önemli özellikleri oluşturmaktadır. Sertleştirilen iş parçasının yüzeyi, kesici takım üzerinde abrasiv etki yapmakta ve kesici kenar ile talaş arasında difüzyona neden olan yüksek sıcaklık üretmektedir.

Sertleştirilmiş çeliklerin tornalanması sürecinde, kesme bölgesinde yüksek sıcaklık ve spesifik kuvvetler oluşmaktadır. Bu yüzden, bu tür işlemler için, sahip oldukları yüksek sıcaklık dayanımı ve yüksek aşınma direnci gibi üstün özellikleri nedeniyle seramik ve kübik bor nitrür bilinen en iyi takım malzemelerini oluşturmaktadır (Diniz, 2005).

Bu çalışmada kullanılan kesme parametreleri, kesici takımların temin edildiği Sandvik-Coromat firmasının kullanılan kesici takımlar için önerdiği kesme parametreleri ve literatür araştırması neticesinde elde edilen kesme parametrelerinden yararlanılarak araştırmacılar tarafından belirlenmiş olup, 53HRC sertlik değerine sertleştirilmiş AISI 4140 çelik malzemelerin tornalanmasında kesici takımların aşınmalarının tespitinde kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ülkemizde bol miktarda üretilen biçimlenebilir çelik; dayanıklı tüketim malları ve otomotiv endüstrisinin önemli bir hammaddesini oluşturmaktadır. Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi; zaten sınırlı olan malzeme kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik çalışmaların artmasına yol açmıştır. Yüksek performanslı yapı çeliklerinden beklenen özellik; optimum mukavemet ve süneklik birleşimini (tokluk) verecek şekilde gelişmeleri olmuştur(Sönmez ve Bakkaloğlu, 1989; Aksoy, 1989; Askeland, 1996).

Günümüzde çeliklerin işlenmesine bakıldığında daha çok taşlama prosesinin kullanıldığını görmekteyiz. Ancak bu prosesin işleme zamanının uzunluğu ve sınırlı geometriye sahip oluşu işlemin dezavantajıdır. Bunun yerine sertleştirilebilir çeliklerin tornalama ile üretilmesi zaman tasarruf, üretim maliyetinin azalması taşlamaya göre yüzey bütünlüğünün sağlanması açısından birçok avantaja sahiptir. Bununla beraber tornalama, sertleştirilmiş malzemeler işlenmesinde oldukça yüksek hassasiyet sunabilir, fakat yüzey pürüzlülüğün ve kesici takımın aşınması yöntemin dezavantajını oluşturmaktadır.

Kaplamalar, yaygın olarak kesici takım yüzeylerine uygulanmaktadır. Esas amaç aşınma direnci, sertlik gibi mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ve dolayısıyla takım ömrünün artırılmasıdır.

Endüstrinin talep ettiği özelliklerin sağlanabilmesi için fiziksel buhar biriktirme yöntemi (PVD) ve kimyasal buhar biriktirme yöntemi (CVD) gibi teknolojide yaygın olarak kullanılan yöntemler kullanılarak, nitrür içerikli TiN, TiCN, TiAlN, CrN vb. sert yüzey kaplamaların kullanımı kesici takım endüstrisi başta olmak üzere, imalat sanayinde hızla artmakta ve yayılmaktadır. PVD yöntemi kullanılarak yapılan sert kaplamalar yüksek aşınma direnci ve düşük sürtünme katsayıları ile kaplandıkları malzemenin yüzeylerinin tribolojik özelliklerini geliştirmektedirler (Batista vd., 2002). Son yıllarda bu özellikleri sağlamak amacı ile yüzey kaplamanın yapılıp üretildiği ve kullanıldığı birçok sektör kurularak gelişmiştir. Kaplamalar arasında, titanyum nitrür kaplamalar; yüksek sertlik, düşük

sürtünme ve 500 °C nin altındaki sıcaklıklarda iyi oksidasyon dirençleri nedeniyle özellikle kesici takım endüstrisinde geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Bull, 1999). Daha zor koşullardaki uygulamalarda kullanılmak üzere, TiN'in TiCN veya TiAlN gibi, farklı türleri geliştirilmiştir (Cairney vd.,2003).

Kübik Bor Nitrür (CBN) ilk olarak 1956 yılında üretilmiş olup, sahip olduğu üstün özellikleri sayesinde kısa zamanda popüler hale gelmiştir. Sertlik özelliği açısından elmastan sonra gelmektedir. Ayrıca, yüksek ısı iletkenliğe, aşınma ve paslanmaya karşı yüksek direnç, düşük sürtünme katsayısına sahip olup kararlı bir malzemedir. Ancak, CBN sanayide sinterlenmiş tozdan imal edilmiş takma kesici uçlar olarak kullanılmaktadır. CBN kaplamalar, imalat sektöründe kullanılan kesici takımların yanı sıra kalıpların kaplanması da giderek büyük bir önem kazanmaktadır. Yeni bir teknoloji olan CBN'nin ve PVD yöntemleri ile metalin kaplanması, imalat sektörüne maliyet ve zaman açısından verimlilik kazanımı sağlayacaktır (Cesur vd., 2010).

Aşınma, kesici takım ile iş parçası arasında temas eden yüzeylerde gerçekleşen malzeme kaybı olarak tanımlanır. Metal kesme işlemlerinde takım aşınması, işlenen ürünün ya da kullanılan takımın mümkün kayıplarıyla tanımlanır. Bu yüzden, takım aşınması metal kesme işlemlerinin kaçınılmaz bir sonucudur. Bu amaçla takım aşınmasında iş parçasının boyutsal ve olası diğer kayıpları yüzünden kesici takım aşınmasının belirlenmesi üzerine analitik ve deneysel araştırmalar halen devam etmektedir (Ertunç ve Loparo, 2001).

Kesici takım aşınması, kesici takımlar üzerinden ya da iş parçası üzerinden doğrudan veya dolaylı yoldan ölçülebilir. İmalat sektöründe üretim kayıplarını azaltmak, prosesi durdurmaktan kaçınmak için aşınmayı belirlemede dolaylı ölçüm yöntemleri tercih edilir (Sönmez, 2002).

Takım aşınması ve kırılmasının 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 modellerin çok az sayıda ölçülebilen değişken ve algılayıcı

verisine dayanması nedeniyle kullanımları kısıtlıdır. Bu modeller yerine deney verilerine dayalı ampirik modeller daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Dan ve Mathew, 1990).

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 hesaplanabilmektedir. Karar verme analizi bölümünde ise on-line izleme bilgileri ile istenilen bilgiler karşılaştırılmaktadır (Işık, 2004).

Choi (1994), tornada talaş kaldırma ve matkap ile delik delme işlemlerinde akustik yayım ve füzyon modeli ile aşınma miktarına bağlı olarak takım kırılma anının on-line izlendiği bir model oluşturmuşlardır. Talaş kaldırma işleminde akustik yayım (AY) takım aşınmasını veya kırılmasını algılamakta kullanılmaktadır. Özellikle takım kırılması anında iş parçası ile takım temas alanında, kesme kuvvetlerinde ve buna bağlı olarak akustik yayım sinyallerinde kademeli bir artış görülmektedir. Sistemin yüksek genliği, hızlı sinyal cevaplama özelliği ve yüksek duyarlılığı sayesinde takım kırılması zamanında algılanmaktadır. Akustik yayım sinyallerindeki ani artışlarla birlikte kesme kuvvetlerinde görülen ani artışlar ve azalmalar kesici takımın kırıldığının göstergesidir. Deneyler sayısal denetimli torna tezgahında yapılmıştır. AY sinyalleri gürültüden etkilenmemeleri için filtre edilmişlerdir. Yapılan deneylerde torna ve matkap tezgahlarında kesici takımların kırılma anının tespit edilmesi mümkün olmuştur.

Emel (1989), tarafından yapılan çalışmada kesme parametrelerinin malzeme sertliğinin, aşınmanın, ilerlemenin, talaş derinliğinin ve kesme hızının, kesme kuvveti, radyal kuvvet ve ilerleme kuvvetine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Ölçülen sinyaller okunabilecek seviyeye yükseltilmiş ve filtre edilmiştir. Algılayıcı sinyallerinin işlenmesi ve matematiksel nonlineer ilişkilerin çözümlenmesi ile farklı kesme parametrelerinde takım kırılması belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler analiz edildiğinde akustik yayım sinyalleri ve

kuvvet sensörleri ile aşınma miktarı % 94 oranında, yalnızca akustik yayım sinyalinin kullanılması ile takım kırılması % 96 oranında tahmin edilebilmektedir.

Jemielniak ve Szafarczyk (1992), tornalama işlemlerinde kesici takımların kırılma anının tespiti amacıyla yaptıkları çalışmada sayısal bir algılayıcı ile kırılma anında kesme kuvvetlerinde oluşan değişkenlikleri ölçmüşlerdir. Laboratuvar ortamında yapılan deneylerde kesme kuvvetlerini ölçmek için dinamometre ve sensörler kullanılmıştır. Kurulan sistemde kesme kuvvetlerinde görülen ani artışlar takımın kırıldığının göstergesi olarak nitelendirilmektedir. Ancak kuvvetlerdeki ani artışların doğru analiz edilebilmesi için artışların iş parçasının en az bir devrinde devam etmesi gerekmektedir. Takım kırıldıktan 2-3 milisaniye sonra kuvvetler; takım ile iş parçası arasındaki temasın sona ermesi nedeniyle tamamen yok olmaktadır. Bununla birlikte kesme kuvvetlerindeki artışların iş parçası malzemesinin iç yapısı, talaş derinliğindeki değişimler, talaş oluşumundaki farklılıklar ve takım açılarının değişimi gibi farklı nedenlerden dolayı meydana geldiği gözlenmiştir; bazı kesme koşullarında kuvvetlerde herhangi bir artış olmadan takımın aşınmasının ve kırılmasının sistemin çalışmasını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

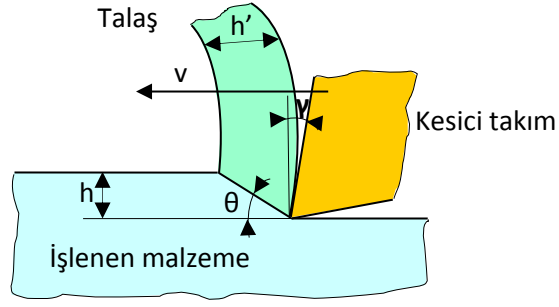
Ghasempoor vd., (1999), talaş kaldırma işlemlerinde on-line olarak takım durumunun izlenmesi amacıyla bir model oluşturmuşlardır. Aşınma mekanizması ile kesme kuvvetleri ve kesme parametreleri arasındaki ilişkilerin matematiksel olarak ifade edilmesine ihtiyaç duymayan bu model atölye ortamlarına uygulanabilir niteliktedir. Modelde farklı kesme parametrelerinde kesme kuvvetleri F_s , F_r , F_v ölçülmekte ve krater, serbest yüzey ve kesici uçta meydana gelen aşınma miktarları belirlenebilmekte; aşınmaların gelişimini direkt ve dolaylı olarak etkileyen parametreler grafik olarak izlenmekte ve takımın durumu konusunda bilgi edinilmektedir. Yapılan deneylerde tahmin edilen ve ölçülen aşınma miktarları arasında büyük bir paralellik görülmektedir.

3. TALAŞ KALDIRMA ESASLARI

Talaşlı imalat; kesici takım yardımıyla parça üzerinden malzeme (talaş) kaldırılarak şekil verme işlemdir (Çakan, 2006). Talaş oluşumunda, kesici takım ile parça arasındaki hareketler, takım ucunun geometrisi ve kesici uç sayısı etkilidir. Takım ile iş parçası arasındaki hareketlerin sonucunda talaş kaldırma gerçekleşir. Bu işlem kesme, ilerleme ve ayar olmak üzere üç hareketten oluşur. Kesme hareketi genellikle dönme veya doğrusal, ilerleme ve ayar hareketleri ise doğrusal hareketlerdir. Bu hareketlerin parça veya takım tarafından yapılması çeşitli talaş kaldırma yöntemlerini meydana getirmektedir. Bu bakımdan tornalama, frezeleme, delme, planyalama, vargelleme ve taşlama olmak üzere beş farklı talaş kaldırma yöntemi uygulanmaktadır. Talaş kaldırma işlemleri ile ilgili olarak bir çok araştırmacı değerli çalışma ve araştırmalar yapmıştır (Çakan, 2006).

3.1 Talaş Kaldırma Mekanizması

Talaş kaldırma; konstrüksiyon aşamasında boyut, şekil ve yüzey kalitesi belirlenmiş olan parçayı üretmek için, malzemenin, biçimlendirilmiş bir kesici takım ile güç kullanarak işlenmesidir. İşlem sırasında malzeme yüzeyinden ayrılan tabakaya talaş denir. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması durumlarını kapsayan karmaşık fiziksel bir durumdur. Talaş kaldırma işleminin gerçekleşebilmesi için, yeterli bir kuvvet ve sert bir malzemeden yapılmış takım gereklidir. Takımın uç şeklinin kama biçiminde yapılması ise, kesmeyi kolaylaştıran bir faktördür. Uç kısmı biçimlendirilmiş bir takım ile yapılan kesme işlemi Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Takım modeli ve ortogonal kesme (Çakan, 2006)

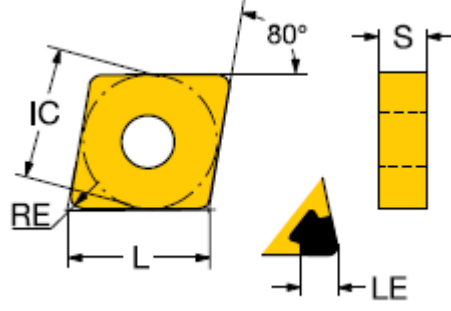
Takımın kesici kenarının, kesme hız vektörüne dik olduğu kesme, talaş kaldırma tekniğinde ortogonal kesme olarak ifade edilmektedir. Kesme işleminde, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik ve ardından oluşan plastik şekil değişimleriyle, parçadan metal tabaka akmaları başlar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda kesilen tabaka, talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca parçadan ayrılır. Bu işlemler sonucu oluşan talaşın biçimi, parça malzeme özellikleri ve işleme koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çakan, 2006).

3.2 Talaş Kaldırmaya Etki Eden Faktörler

3.2.1 Kesici Takım Geometrisi

Talaş kaldırma işleminin en önemli elemanı kesici takımdır. Kesici takımlar görünüşte birbirlerinden çok farklı olmalarına karşın, tüm takımlar kesici uç ve onu üzerinde taşıyan takım tutuculardan oluşmaktadır. Kesici uç, ağız denilen kısım; tüm takımlar için aynı özellikleri taşır. Kama şeklinde olan kesici kısım, talaşın temas ettiği talaş yüzeyi, parçanın işlenmiş yüzeyine dönük serbest yüzey ile sınırlıdır. Kesici ucun talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve serbest açısı da (α)'dır. Bu açılar arasında

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \text{ bağıntısı vardır} \quad (3.1)$$



Şekil 3.2. Kesici takım geometrisi

Tablo 3.1. Kesici Takım Bilgileri

L	Kesme Kenarı Uzunluğu	9,6719 mm
IC	İç Teğet Daire Çapı	9,5250 mm
RE	Köşe Radyüsü	1,1906 mm
LE	Etkin Kesme Kenar Uzunluğu	2,3000 mm
S	Kesici Uç Kalınlığı	3,9687 mm

3.2.2 Talaş Geometrisi

Metal tabakasının talaşa dönüşmesi sırasında meydana gelen plastik şekil değiştirmeler nedeniyle, talaş genişliği aynı kalmasına karşın talaş kalınlığında bir artış görülürken, talaşın uzunluğunda ise bir büzülme oluşmaktadır.

$$V = b.l.h = b.l'.h' \quad (3.2)$$

$$\lambda = \frac{h}{h'} = \frac{l}{l'} \quad (3.3)$$

$$h = A.B.\sin(\phi) \quad (3.4)$$

$$h' = A.B.\cos(\phi - \gamma) \quad (3.5)$$

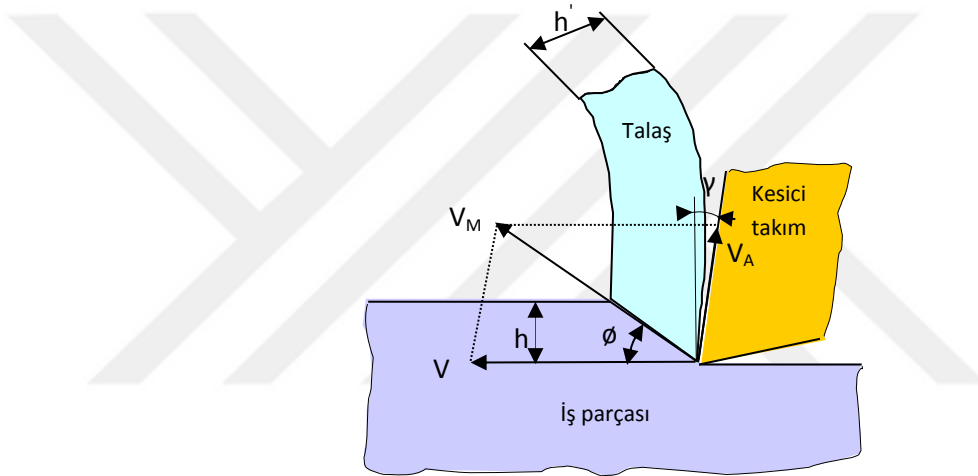
$$\lambda = \frac{h}{h'} = \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi - \gamma)} \quad (3.6)$$

$$\tan(\phi) = \frac{\lambda.\cos(\gamma)}{1 - \lambda.\sin(\gamma)} \quad (3.7)$$

$$\tan(\phi) = \frac{\cos(\gamma)}{\lambda - \sin(\gamma)} \quad (3.8)$$

$$A_s = b.h \quad (3.9)$$

V = talaş hacmi l = boy A_s = talaş kesiti
 b = genişlik h = kalınlık λ = büzölme faktörü
 ϕ = kesme açısı A_s = talaş kesit alanı



Şekil 3.3. Talaş geometrisi (Çakan, 2006)

3.2.3 Kesme Hızı

Talaş kaldırma işleminde takım, kesme yönünde kesme hızı (V) denilen bir hızla ilerler ve parçadan ayrılan talaş (V_A) hızı ile uzaklaşır. Bu iki hız, parça yüzeyinde talaş kaldırma hızını (V_M) oluştururlar. Bekleneceği gibi, talaşın büzülmesinden dolayı $V_A < V$ olacaktır.

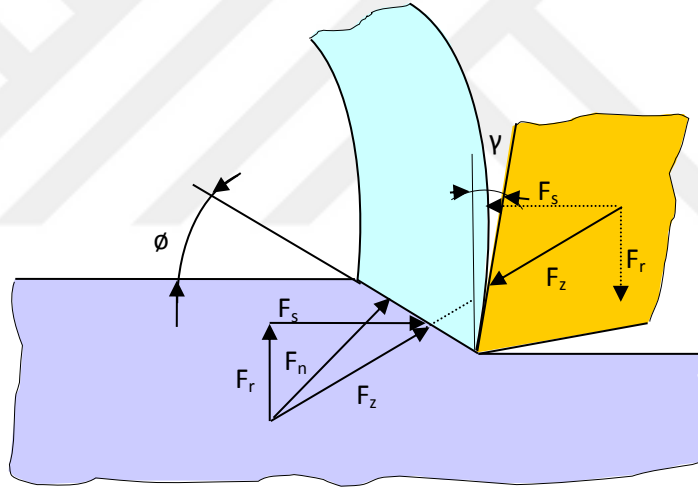
$$\frac{V_A}{V} = \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi - \gamma)} \quad (3.10)$$

$$V_A = V.\lambda \quad (3.11)$$

Kesici takım malzemelerde; işlenecek malzeme, kullanılacak kesici takım biçimi ve uç sayısı gibi parametreler kesme hızının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Talaş kaldırma işleminde oldukça büyük bir öneme sahip olan kesme hızı faktörü, işlem süresini ve işlemin maliyetini de belirler (Çakan, 2006).

3.2.4 Kesme Kuvveti

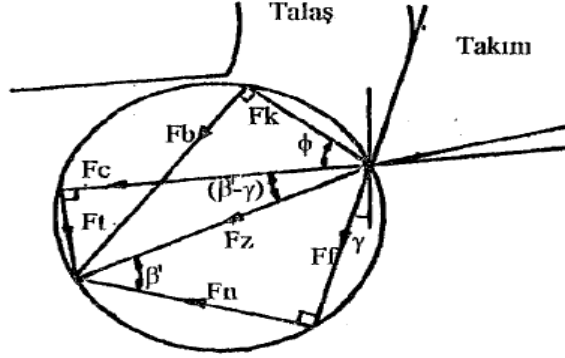
Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için kesme düzleminde meydana gelen dirençleri karşılayacak bir kuvvetin kesici takım vasıtasıyla uygulanması talaş kaldırma kuvveti olarak belirtilmektedir. Kesme işlemi süresince kesici takım üzerine etki eden kuvvetler Şekil 3.4’ te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Talaş kaldırma kuvvetleri (Çakan, 2006)

Kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile iş parçası arasındaki sürtünme kuvvetleri kesme düzlemindeki kuvvetleri oluşturmaktadır. Düzlem boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler Şekil 3.5’te görüldüğü gibi, kesme düzleminin ortasında veya takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet olarak gösterilebilir. Bu durumda talaş kaldırma kuvveti; kesme kuvveti (F_s), bu kuvvete dik yönde radyal kuvvet (F_r), kesme düzleminde makaslama kuvveti (F_k) ve bu yöne dik basma

kuvveti (F_b), sürtünme kuvveti (F_f) ve bunu oluşturan normal kuvvet (F_n) parametreleri etkili olmaktadır(Çakan, 2006).



Şekil 3.5. Talaş kaldırmada etkili kuvvetlerin bir düzlem üzerinde gösterilmesi

$$\mu = \frac{F_f}{F_n} = \tan(\rho) \quad (3.12)$$

$$F_k = A_k \cdot \tau_k \quad (3.13)$$

$$A_k = h \cdot b / \sin(\phi) \quad (3.14)$$

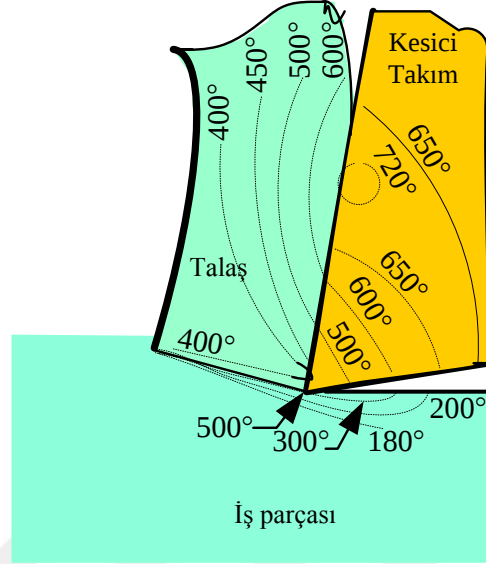
$$F_s = h \cdot b \cdot \tau_k \frac{\cos(\rho - \gamma)}{\sin(\phi) \cos(\phi + \rho - \gamma)} \quad (3.15)$$

$$F_r = h \cdot b \cdot \tau_k \frac{\sin(\rho - \gamma)}{\sin(\phi) \cos(\phi + \rho - \gamma)} \quad (3.16)$$

3.2.5 Kesme işleminde Oluşan Isı

Talaş kaldırma işleminde, takım ile talaş ve işlenen yüzey arasında meydana gelen sürtünmeler ısı oluşumuna ve kesici takımın aşınmasına neden olmaktadır. Oluşan ısıнын önemli bir kısmı (% 50-80) talaş ile birlikte dışarı atılır. Diğer bir kısmı (% 3-10) parçaya ve geri kalanı (% 10-40) ise kesici takıma geçer ve kesici takımın ısınmasına neden olur. Bu iki durum, talaş kaldırma işleminde kesici takımın ömrünü tayin eder. Bununla birlikte, kesici takımın malzemesi, işlenen parçanın malzemesi

ve işlemdede kesme sıvısı kullanılıp kullanılmaması gibi faktörler takım ömrü üzerinde etkili olmaktadır.



Şekil 3.6. Talaş kaldırma işleminde ısı dağılımı (Akkurt, 1998)

Kesme hızının büyümesiyle talaş ile ortamdan uzaklaştırılan ısı hızlı bir şekilde büyümekte ve aynı zamanda parçaya geçen ısı azalmaktadır. Şekil 3.6'da belirtildiği gibi, takım üzerinde sıcaklık dağılımında en yüksek sıcaklık, takımın uç kısmına yakın talaş üzerinde meydana gelmektedir.

3.3 Kesici Takımın Aşınması

Talaş kaldırma sırasında oluşan sürtünmeler ve sıcaklık, takım aşınmasına neden olur. Takımın aşınmasında asıl neden sürtünmedir. Sıcaklık, takımın aşınmaya karşı direncini azaltması nedeniyle, aşınmayı hızlandıran bir etkidir. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzey ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiği için aşınma da bu yüzeylerde oluşmaktadır. Burada bahsedilen sürtünme, makine elemanları arasında oluşan sürtünmeden farklı özellikler taşımaktadır. Farklılık; kesme sürtünmesinin sürekli olarak farklı yüzeylerde, yüksek sıcaklık, yüksek basınç koşulları ve nispeten küçük temas alanlarında oluşmasındandır. Bu nedenle kesici takımların aşınması; abraziv, adheziv, yenme,

difüzyon (atom hareketleri) ve korozyon gibi çeşitli aşınma türlerini içermektedir. Talaş yüzeyi ve serbest yüzeylerdeki sürtünmelerin farklı olması deneniyle, yüzeylerin aşınmaları da birbirinden farklılık gösterir. Normal yüzeyde aşınma bir talaş kaldırılması şeklinde olurken, talaş yüzeyinde yüksek sıcaklıktaki talaş akmasının neden olduğu bir krater şekilli bir oyuk oluşmaktadır.

Kesici takımın aşınarak körleşmesini belirleyen durumlar; serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması, talaş yüzeyinde krater oluşumu, kesici kenardan küçük parçacıkların kopması, işlenen yüzey kalitesinin bozulması, kesme kuvvetinin ve gücünün ani artışı olarak sıralanmaktadır. Bunlardan birinin veya birkaçının olduğu durumlarda takım ya bilenir ya da değiştirilir.

3.4. Kesici Takım Ömrü

Takım ömrü, takımın belirlenen aşınma değerine kadar geçen talaş kaldırma zamanı olarak belirtilmektedir. İşlem biçimine göre takım ömrü delme, vargel, planya vb. işleme uzunluğu ile (L), Frezeleme de ise talaş hacmi ile ifade edilmektedir. Takım ömrünü etkileyen en önemli faktör kesme hızıdır. Kesme hızının takım ömrüne etkisini Taylor bağıntısı;

$$V = \frac{C_t}{T^n} \quad (3.17)$$

V = Kesme hızı

n = Parça ve takım malzeme sabiti

T = Takım ömrü

C_t = Taylor sabiti, ile belirlenmektedir.

4. AŞINMA

Makine parçalarının görevini yerine getirememesi ve hasar görmesinin en önemli nedenlerinden biri olan aşınma, sürtünme ile birlikte oluşmaktadır. Sürtünme ise, katı cisimlerin bir biri üzerinde hareketleri esnasında hareketi engelleyen kuvvet olarak bilinir.

Aşınma, çeşitli mekanik etkiler sonucu küçük parçacıkların kopması neticesinde oluşan istenmeyen değişimlerdir. Başka bir ifadeyle aşınma malzeme yüzeylerine gaz, sıvı ve katıların etkisi neticesinde malzemenin yüzeyinde mikro taneciklerin kopması sonucu meydana gelen yüzey bozulmasıdır (Sellers vd., 1974).

Aşınma, parçacıkların kopmasının yanında yüzeyde kaynak olma, yapışma, bağlanma, şekil değiştirme, dayanım artışı, ergime, absorpsiyon, difüzyonla yayınma, yapı dönüşümü, oksitlenme vb. dönüşümlerle olabilir. Aşınmanın gerçekleşmesi için tribolojik olarak ,esas malzeme (aşınan), karşı malzeme (aşındıran), ara malzeme, yük, izafi hareket ve ortamın var olması gerekir. Tribolojik olaylar, iştirak eden malzeme ve onların özelliklerine değil, aşınmaya katılan tüm maddelerin birbirine karşılıklı etkileri ve dıştan zorlama etkilerine bağlı olur (Höck vd., 1996; Qiang vd., 1998; Kuzucu vd., 1999; Kaul vd., 2005).

Yükün sürekli artırılması durumunda başlangıçta orantılı ve az olan aşınmanın artan yük değeriyle birlikte hızlandığı görülmektedir (Çakan, 2000).

Aşınma, tribo sisteme katılan elemanlarda değişken etki yaparak deformasyon, adhezyon, mikroskobik sınır tabaka sahasında çatlak oluşumu ve gelişimi gibi malzemede değişime neden olur (Çakan, 2006).

4.1 Aşınma Mekanizmaları

4.1.1 Abrasiv Aşınma

Sert olan aşınma çiftinin çıkıntıları yumuşak olan yüzeye batar, ya da sert parçacıklar, bir anlamda çizme ve mikro talaş kaldırma etkileri yaparlar. Bu suretle oluşan aşınma abrasiv aşınma olarak ifade edilir.

4.1.2 Adhesiv Aşınma

Zorlanan yüzeylerde, enerji birikimi sonucu plastik deformasyon oluşur. Bu sırada temas eden yüzey tabakasında kopma, mikro ergime ve mikro düzeyde kaynak olayı meydana gelir. Bunlar, sürtünmenin devamı ile birlikte tekrar yok olur. Bu süreçle, aşındırıcı parçacıkları oluşturur. Adheziv aşınma eş çalışan parçalarda metalin sürtünmesinden ileri gelmektedir.

4.1.3 Yorulma Aşınması

Yüzeyin mikro alanında tekrar eden elastik ve plastik deformasyon durumları kritik gerilme ve dislokasyon yığılmalarına neden olur. Bunun sonucunda mikro çatlak oluşabilir. Deformasyona neden olan etkinin devam etmesi durumunda çatlakta büyüme olur ve aşınma parçacıkları kopar.

4.1.4 Korozyon Aşınma

Tribolojik zorlamada oluşan enerji aşınma çiftinde kimyasal veya fiziksel-kimyasal reaksiyonlar meydana getirebilir. Burada ortamda bulunan yağ ve ara madde gibi değerler reaksiyona katalizör etki yapabilir. Bu sırada yüzeyin özelliklerinde değişimler olabilir. Yüzeye sıkı tutunan filmleri meydana getiren kimyasal oluşumlar aşınmayı önleyebilir, aksi durumda aşınma hızlanabilir (Çakan, 2006).

4.1.5 Termik Aşınma

Yüksek sıcaklığın etkili olduğu bir aşınma türüdür. Bu aşınmada ortamdaki gazların etkisi söz konusudur.

4.1.6 Kaviteasyon Aşınması

Belirtilen önemli aşınma mekanizmalarının yanında aşırı zorlamalardan oluşan temas yüzeylerinde yumuşama ve ergime gibi ilave aşınma durumlarında görülebilir (Çakan, 2006).

4.2 Aşınma Test ve Ölçme Yöntemleri

Makine imalatında aşınmaya maruz kalacak parçaların imalinde kullanılacak malzemelerin aşınma direncinin yüksek olması gerekir. Uygun malzemenin tespiti için çok sayıda laboratuvar deneyinin yapılması gerekir. Laboratuvar deneylerinde ana malzemenin bir modeli ile çalışılır. Genellikle bu model basit bir geometrik şekle sahiptir. Numune bir deney cihazına monte edilerek her türlü aşınma ölçüm işlemleri bunun üzerinde yapılabilir.

Aşınma deneylerinde aşınmanın ölçüm yöntemleri aşağıdaki gibidir.

4.2.1 Ağırlık Farkı Yöntemi

Ekonomik olması ve ölçülen büyüklüğün alet duyarlılık kapasitesi dahilinde bulunması nedeniyle, yaygın olarak kullanılan yöntem ağırlık farkı yöntemidir. Her ölçüm sonucunda deney numunesinin yerinden çıkarılıp işlem yapılması ise bu yöntemin dezavantajıdır.

4.2.2 Kalınlık Farkı Yöntemi

Aşınma süresince oluşacak boyut değişikliğinin ölçülmesi başlangıç değeriyle karşılaştırılması neticesinde elde edilir. Kalınlık farkı olarak tespit edilen bu

değerden hareket edilerek hacimsel kayıp ve birim hacimdeki aşınma miktarı tespit edilir (Korkut, 1997).

4.2.3 Bilgisayar Destekli Aşınma Test Yöntemi (BDAT)

Bu yöntemlerde aşınma ve aşınma değişkenlerine ait veriler, esas itibari ile pim disk aşınma test mekanizmasına ilave edilen veriler, kontrol kartı üzerinden bilgisayara aktarılır ve hazırlanan paket programlarda değerlendirilir.

Yöntemin en önemli üstünlüğü, aşınma testlerinin daha hızlı ve daha az numune ile yapılabilmesine olanak sağlamasıdır.

4.2.4 Radyonüklid Tekniği İle Aşınmanın Ölçülmesi (RNT)

İlk defa Almanya'da Daimler-Benz AG tarafından geliştirilen bu metotla tribolojik sistem hakkında diğer ölçme yöntemlerinde elde edilemeyen daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Radyoaktif nükleidler yardımı ile aşınmanın belirlenmesi, aşınma esnasında aşınan tanecikler tarafından emilen gama ışınının ölçülmesi esasına dayanır.

4.2.5 Akustik Emisyon Tekniği İle Aşınmanın Ölçülmesi (AET)

Akustik emisyon (AE), bir malzemenin şekil değiştirme enerjisinin hızla serbest kalması ile meydana gelen transient elastik gerilmesi olarak tarif edilir. Radyasyon gerilim dalgaları, uygun bir sensörle yüzeyde tespit edilmektedir.

4.2.6 On-line İzleme Yöntemi

Yöntem; lazer diyot tarafından üretilen ışığın fiber optik kablo vasıtasıyla iş parçası üzerine gönderilmesi ve iş parçası üzerinden yansıyan ışığın başka bir fiber optik kablo vasıtasıyla alınarak foto diyot üzerine düşürülmesi sonucunda foto diyot çıkışından alınan voltaj değerlerinin A/D dönüştürücü vasıtasıyla bilgisayarda depolanması esasına bağlı dolaylı bir ölçme yöntemidir (Çakan, 2006).

5. SERTLEŞTİRİLEBİLİR ALAŞIMLI ÇELİKLER

Alaşımlı çeliklerin sertlik ve tokluğunu arttırmak için su verme ve temperleme işlemleri uygulanmaktadır. Çeliklerin özelliklerini geliőtirmek için içerisine magnezyum, silisyum, nikel, krom, molibden, vanadium ve alüminyum gibi alaőım elementleri karıştırlabilir. Bu yolla su verme ve temperleme işlemleri ile çeliklerin mekanik özelliklerinde önemli ölçüde gelişme sağlanmaktadır.

Su verme ve ardından temperleme işlemleri uygulanarak içyapısında martenzit ve beynit oluşturulan çelikler, yük altında daha fazla dayanım, tokluk kapasitesine sahip olmasıyla nitelendirilir. Benzer bir şekilde, temperlenmiş martenzitik yapı kırılma geriliminin altında bir gerilim test sıcaklığının çok altında yani, aynı dayanımda perlitik çeliğin gevrek kırılma gösterdiği durumda, akma gösterebilir. Isıl işlemler ile gelişen bu olumlu mikro yapının, sade karbonlu çeliklerde ise küçük bir bölümde ortaya çıkmasıdır. Dolayısıyla alaşımlı çeliklerde alaőım elementlerinin en büyük etkisi, istenen mikro yapıya ulaşımlası ve beraberinde üstün dayanıklılığa sahip olmasıdır.

Alaőım elementleri östenit içerisinde çözünür. Östenit içerisinde çözünen elementlerin genel etkisi, kritik altı sıcaklıkta östenit dönüşüm hızını azaltmaktır. Alaşımlı çelikler içerisinde dönüşüm geçirmesi istenen ürünler, düşük sıcaklıklarda oluşan, martenzit ve alt beynittir, bu düşürülen dönüşüm hızı önemlidir. Bunun anlamı, mikro yapılar daha yavaş soğutulabilir veya büyük parçalara su verme işlemleri uygulanabilir. Dönüşüm sıcaklığının yavaşlatılması, martenzit ve alt beynit oluşumuna yardımcı olmaktadır. Alaőım elementleri sertleştirilmiş ve temperlenmiş çeliklerin özelliklerini büyük oranda arttırarak geniş bir uygulama alanı sağlamaktadır.

Alaşımlı çeliklerde su ile soğutma yapıldığında küçük bölgelerde termal ve değişimsel gerilimlerin daha çok olması yönünde eğilim vardır. Genel olarak, büyük değişim çatlama riski anlamına da gelmektedir.

Alaşım elementleri bu dezavantajı dengelemek için iki fonksiyona sahiptirler. Bu fonksiyonlardan en önemlisi, belli uygulamalarda düşük karbon içeriği kullanılmasına izin vermesidir. Karbon içeriğinin azalmasıyla birlikte sertleşebilirliğin azalması, eklenen alaşım elementlerinin sertleştirilebilirlik etkisi (Karbon eşdeğerliği) ile kolayca dengelenebilir. Tavlama atlağı, karbon içeriği % 0.25 veya daha düşük çeliklerde nadiren karşılaşılan bir durumdur. Düşük karbonlu çelikler tavlama işleminde çok daha düşük duyarlılıkta çatlama riski gösterecektir. Fakat karbon içeriğinin artmasıyla beraber artan bir şekilde çatlamaya karşı olan eğilim artmaktadır.

Alaşım elementlerinin genel etkisi yumuşama hızını yavaşlatmaktadır, böylece alaşımlı çelikleri, aynı karbon miktarına sahip karbon çeliklerinden belirli sertlik derecesine ulaşılması için daha yüksek temperleme sıcaklığına gerek duymaktadırlar. Karbür oluşturan krom, molibden ve vanadyum, özellikle yüksek temperleme sıcaklıklarında, yumuşama (sertlik giderme) gecikmesine neden olmaktadır. Bu elementler, sadece temperleme sıcaklığını ykseltmezler; bu alaşım elementlerinin elik içerisinde yüzde oranları arttığı zaman, yumuşama hızı temperleme sıcaklığının devamlı fonksiyonu olmaktan çıkar. Bu fonksiyon grafik üzerinde, alaşım çelikleri için yumuşama eğrisi temperleme sıcaklığı aralığında yumuşamanın yavaşlaması veya göreceli olarak yüksek alaşım içeriği faktörlerine bakılarak artan temperleme sıcaklığı ile sertliğin artabileceğini göstermektedir. Karbür oluşturucu elementleri kapsayan alaşımlı çeliklerin bu karakteristik davranışı ‘ikincil sertleşme’ olarak bilinmektedir ve ince alaşım karbürlerin çökelmesinin gecikmesi sonucu ortaya çıkar (Kahraman, 2014).

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

AISI 4140 çeliği sahip olduğu üstün mekanik özelliklerinden dolayı, otomotiv endüstrisi, tarım makine sanayi, takım tezgahı üretim endüstrisinde yorulmaya maruz kalan akslar, miller, krank milleri, dişli çarklar, somun ve civata olmak üzere, çok sayıda makine ve ekipmanın üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çalışmada, AISI 4140 çeliğinden 60 mm çapında 300 mm boyunda hazırlanan deney numuneleri, (52-54 HRC) sertlik değeri için ısıtılma işlemi tabii tutulmuşlardır. Sertleştirilen numuneler, Sandvik-Coromat firmasından temin edilen kaplamalı CBN kesici uçların CNC tezgahında 200 ve 280 m/dk farklı iki kesme hızı, 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev üç farklı ilerleme hızından oluşan farklı kesme parametrelerinde aşınma testlerine tabii tutulmuşlardır. Testlerde kullanılan parametrelere bağlı olarak tornalama işlemi süresince kesici takımda gerçekleşen aşınma, araştırmacılar tarafından kurulumu gerçekleştirilen, On-line izleme sistemi kullanılarak dolaylı yoldan belirlenmeye çalışılmıştır.

6.1 Kesme Koşulları

Kesme testleri, Ler. Tc. 150B CNC torna tezgahı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kesici takım aşınmasının belirlenmesinde, 200 m/dak. (1062 dev/dak.) ve 280 m/dak. (1486 dev/dak.) iki farklı kesme hızı 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev üç farklı ilerleme hızı, 0.2 mm lik sabit kesme derinliğinden oluşan kesme parametreleri kullanılmıştır.

6.2 Numuneler

Bu çalışmada, kimyasal kompozisyonu tablo 6.1’de verilen AISI 4140 (42CrMo4) ıslah çeliği olarak da bilinen malzemeler iş parçası olarak belirlenmiştir. İçerdikleri karbon miktarı bakımından sertleştirilmeye elverişli olan bu çelikler, uygulanan ıslah işleminin ardından belirli yükler altında yüksek tokluk özelliği gösteren alaşımlı çeliklerdir.

Tablo 6.1. AISI 4140 Çeliğın Kimyasal İçeriğı

%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Mo
0.38- 0.43	0.75- 1.00	0.035 (max)	0.04 (max)	0.15- 0.30	0.80- 1.10	0.15- 0.25

6.3 Kesici Takım

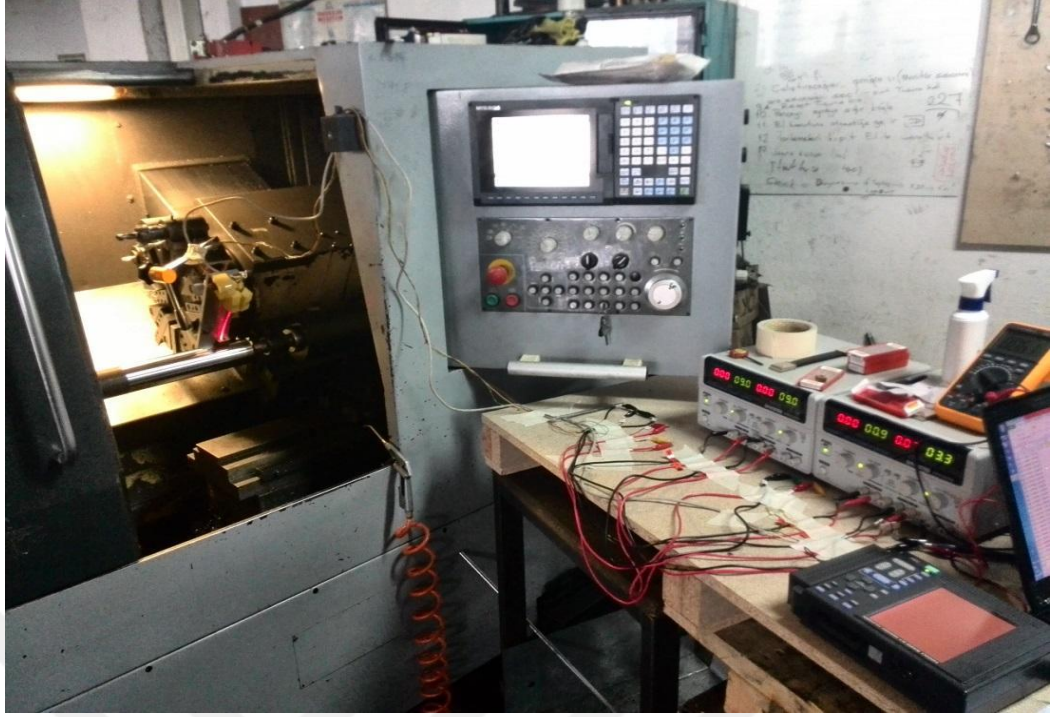
Çalışmada, Sandvik-Coromat firmasından temin edilen, % 50’lik bir CBN içeriğı ile seramik bileşimlerinden oluşan CBN CB7015 kesiciler kullanılmıştır. Yüksek aşınma direncine sahip CBN CB7015 kesiciler sert parçaların tornalanmasında değışik seviyelerde kesme işlemini gerçekleştirmektedir.

6.4 Deneyle İlgili Teknik Bilgiler

Bu çalışmada, kesici uçlara 200 m/dak. (1062 dev/dak.) ve 280 m/dak. (1486 dev/dak.) farklı kesme hızı ve 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev farklı ilerleme hızlarında olmak üzere toplam altı farklı deneyde aşınma testlerine tabi tutulmuşlardır. CBN kaplı kesici takım uçların yapılan tornalama deneylerinde kesme hızı-aşınma, ilerleme hızı-aşınma ilişkisi bakımından gösterdikleri performanslar, on-line izleme yöntemi kullanılarak belirlenmiş, ayrıca aşınmış kesici uçlar metolografik analizlere tabi tutulmuşlardır.

6.5 On-line İzleme Sistemi

CBN kesici takım uçların, kesme performanslarını incelemek ve kesme esnasında ortaya çıkacak aşınma etkilerine karşı gösterecekleri direncin belirlenmesi işlemi; tüm deneylerde Şekil 6.1’de verilen, tarafımızdan kurulan bir on-line izleme sistemiyle gerçekleştirildi.

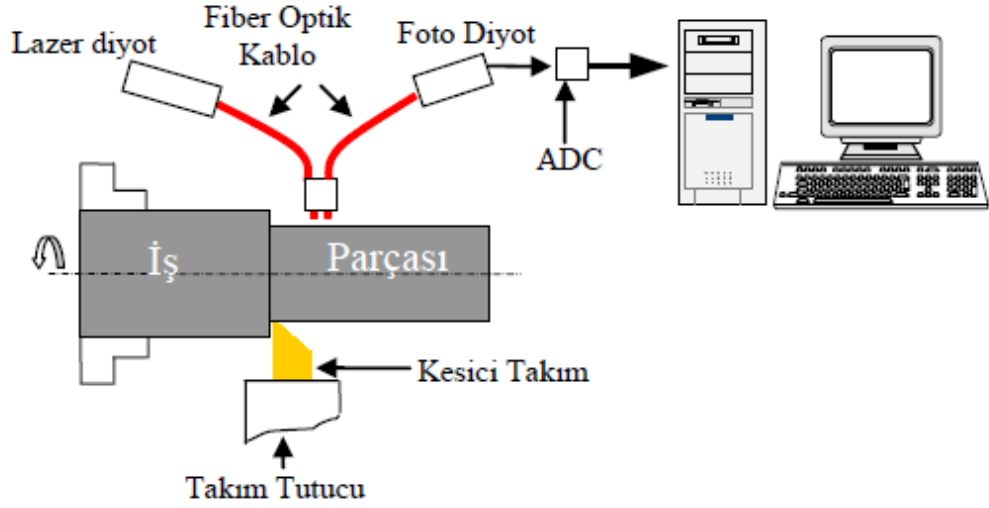


Şekil 6.1. On-line izleme sistemi

Bu yöntemde; bir lazer diyot tarafından üretilen ışık, fiber optik vasıtasıyla iş parçası üzerine gönderilmekte ve iş parçası üzerinden yansıyan ışık başka bir fiber optik vasıtasıyla alınarak foto diyot üzerine düşürülmektedir. Bu iki fiber optik, iş parçası eksenine sabit bir uzaklıkta eksene paralel olarak hareket ettirilmektedir. Kesici takımdaki aşınmaya bağlı olarak iş parçasının işlenen yüzeyinde oluşan boyutsal değişimle pürüzlülük, parlaklık vb. değişimler, bu yüzeylere çarparak yansıyan lazer ışınlarının algılayıcı fiber optiğe yansımada en önemli etkenlerdir. Kesici takımdaki aşınma, yansıyan ışık şiddeti ile orantılıdır (Chodhury vd.,1999).

Fiber optik, algılayıcı-yükseltici (foto diyot) ve analog dijital dönüştürücü; optik algılama sisteminin temel elemanlarını oluşturmaktadır. Bu iki fiberin görüş alanı, sistemin çalışma prensibini oluşturmaktadır. Fiber optiğin iş parçasına temas etmesi durumunda, fiber boyunca gelen ışığın (lazer) tamamı iş parçası yüzeyine çarpar ve aynı fibere geri yansır. Algılayıcı fibere hiç ışık yansımaz. Bu yüzden foto diyot çıkışında herhangi bir voltaj değişimi elde edilmez. İş parçası ile fiber optik uçları arasındaki boşluk artırıldıkça, algılayıcı fiber optik üzerine düşen ışık miktarı da artmaktadır. Foto diyot çıkışında elde edilen işaretler analog-dijital dönüştürücü

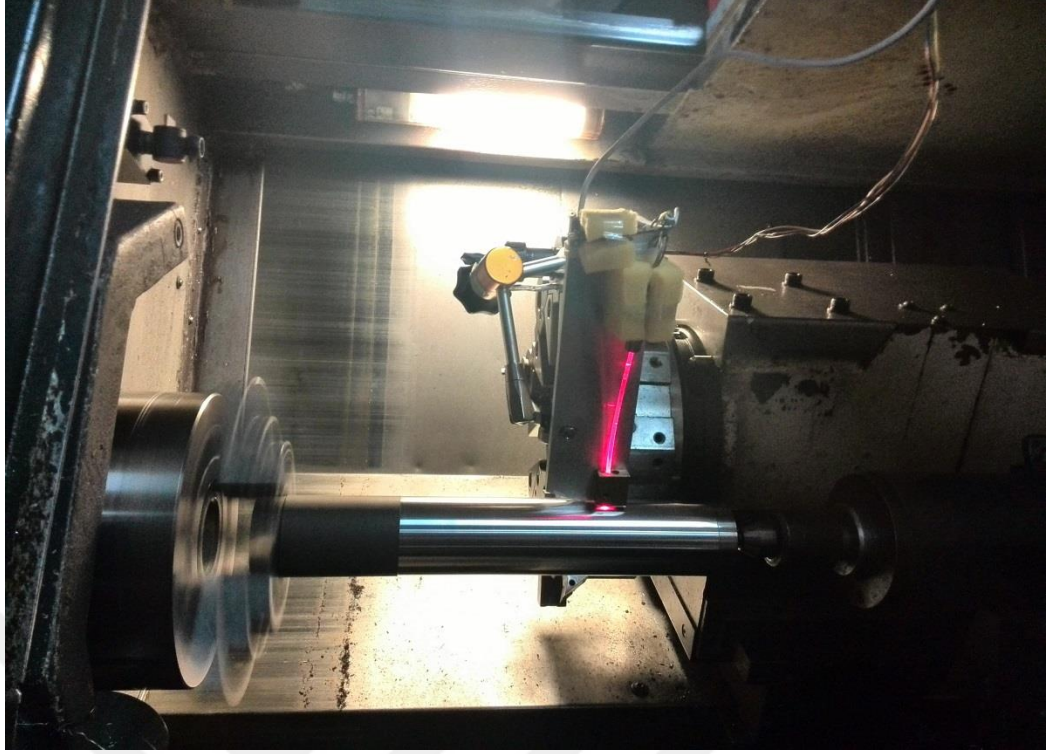
(ADC) vasıtasıyla bilgisayarda (PC’de) depolanmaktadır. Optik algılama sisteminin şematik gösterimi Şekil 6.2’de verilmiştir (Çakan, 2006).



Şekil 6.2. Optik algılama sisteminin şematik görünüşü (Çakan ve Yıldırım, 2006)

6.6 Tornalama Testleri

Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinden üretilen test numunelerinin tornalanması süresince CBN kaplı kesici uçların aşınma performansları belirlenmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışmada her deney üç kez tekrarlanarak 18 adet tornalama testi gerçekleştirilmiştir. AISI 4140 (42CrMo4) çeliğinden 60 mm çapında ve 300 mm boyunda numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler işlemin gerçekleşeceği Ler. Tc. 150B CNC torna tezgâhına bağlanmışlardır. Ardından, işlem süresince kesici uçtaki aşınmayı izlemek için Şekil 6.3 de gösterilen on-line izleme sistemi, CNC tornaya uygun bir şekilde bağlanarak işlenecek malzeme üzerinden veriler toplanmıştır.



Şekil 6.3. CNC tezgahda kesici takım aşınmasının belirlenmesinde aşınma test sisteminin kullanılması

Deneysel çalışma süresince, tornalama testlerinde kesme sıvısı kullanılmamıştır. Kesme işlemi süresince takım aşınması izleme sistemi yardımıyla real-time takip edilmiş elde edilen veriler bilgisayar yardımıyla depolanmıştır. Ayrıca, tornalama işlemi neticesinde kesici takımlarda oluşan aşınmaların analizleri için TÜBİTAK MAM araştırma merkezinde metalografik incelemeye tabi tutulmuşlardır.

7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

7.1 Kaplamalı CBN Kesici Uçların 200 m/dak Kesme Hızı 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev İlerleme Hızı, 0.2 mm Sabit Kesme Derinliğinde Gerçekleştirilen Tornalama Testlerinde Aşınma Sonuçları

Kaplamalı olarak üretilmiş olan CBN kesici takım numunelerinde 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev ilerleme hızı, 0.2 mm sabit kesme derinliğinde 200 m/dak kesme hızı koşullarında AISI 4140 çeliği üzerinde uygulanan tornalama testlerinde, kesici takımlarda elde edilen aşınma deney sonuçları Şekil 7.1’de verilmiştir.

İş parçası torna tezgahında ayna-punta arasına bağlanarak, parça üzerinde 15 mm’lik bir uzunluk yeni bir kesici takım ile 0.2 mm kesme derinliğinde işlendikten sonra, kesme işlemi durdurulmuştur. Elde edilen bu yüzey ile fiber optik arasındaki boşluk ~ 2.5 mm’ye ayarlanmış, ardından kaplı CBN kesici takım numunesi, takım tutucuya (katere) ve uç kısmı işlenen yüzeye temas edecek şekilde bağlandıktan sonra, iş parçasının üzerinde ~150 mm’lik bir uzunluğun Ø 60 mm çapa kadar tornalanması için tezgah çalıştırılarak işleme başlanmıştır. İşlem süresince foto diyot çıkışı sürekli olarak kaydedilerek işlem tamamlanmıştır. Başlangıçta mevcut referans yüzeyinden itibaren, kesme işlemi süresince çıkış voltajının gösterdiği değişim, Şekil 7.1’de görülmektedir.

Deneylerde; kesme işlemi başlangıcında sinyallerde beklenen azalmanın aksine, voltaj değerinde bir artma gözlenmiştir. İş parçası yüzeyinden yansıyan ışığın miktarı, fiber optik ile iş parçası yüzeyi arasındaki mesafe ve yüzey pürüzlülüğü ya da iş parçasının yansıtma özelliğine bağlı olarak değişmektedir (Choudhury vd., 1999, Çakan, 2011). Yeni bir kesici takım ile başlanan kesme işleminin ilerleyen safhasında kesme işleminden kaynaklanan takımın kesici kenarı ile kesilen malzeme arasında sıcaklık artışı ortaya çıkmaktadır. Grzesik (1999), kesme işlemlerinin termal karakteristikleri üzerinde, çeşitli kaplama yapılarının etkileriyle ilgili yaptığı çalışmada; talaş ile takım arasındaki temasa bağlı olarak oluşan kesme sıcaklığının termal bir yük oluşturduğunu ileri sürmüş, minimum sıcaklık değeri olan (450-500 °C) sıcaklıklara, ancak farklı malzemelerle kaplanarak üretilen kesici takımlarla

yapılan kesme işleminde ulaşıldığını belirtmiştir. Tarafımızdan yapılan kesme işlemlerinde, takım üzerindeki keskin kenarda aşınma ve takım ucunda küçük bir radyusun oluştuğu görülmüştür. Bu da, iş parçasında daha iyi ve düzgün bir yüzeyin oluşumu ile daha etkin bir yansıtma özelliği sağlamıştır. Kesme işleminin ilerleyen evresinde görülen voltaj sinyallerindeki düzenli artış; kesici takım üzerinde gittikçe artan kesici kenar aşınmasının neden olduğu, fiber optikle iş parçası arasındaki azalan boşluktan ileri gelmiştir. Kaplı CBN kesici takım numuneleriyle yapılan tornalama deneylerinden elde edilen sonuçlarda, artan ilerleme hızı ile aşınma miktarında beklendiği gibi, artma gözlenmiştir. Şekil 7.1’den de görüleceği gibi; aynı kesme koşullarında yapılan deneylerde en düşük aşınma 0.04, mm/dev’de gerçekleşirken, en büyük aşınma 0.12 mm/dev’de yapılan aşınma deneyinde kullanılan kesici takım numunesinde gerçekleşmiştir. Aşınma testine tabi tutulan kesici takım numunelerinin hepsinde aşınma, kesme işlemi başlangıcından itibaren kesme işlemi süresince artarak gelişmiştir. Bu durum (Çakan, 2006) tarafından oluşturulan voltaj değişimi aşınma bağıntısı 7.1 kullanılarak aşınma miktarı mm olarak ortaya konulmuştur.

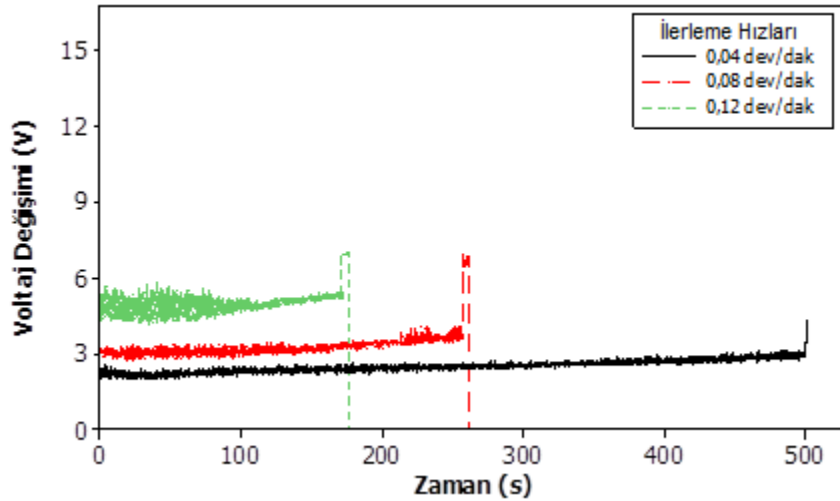
$$\text{Kesici kenar aşınma miktarı (mm)} = -0.0061 + 0.0472 \text{ aşınma oranı (V)}$$

$$(R^2 = 86.3 \%; \text{RMSE} = 0.003; P < 0.001) \quad (7.1)$$

Eşitlik 7.1’e göre; 0.2 mm sabit kesme derinliğinde 200 m/dak kesme hızında, 0.04, 0.08, 0.12 mm/dev ilerleme hızlarında yapılan deneylerde başlangıç ve bitiş voltaj değerleri esas alınarak, deney sonunda kesici takımlarda oluşan aşınma miktarları;

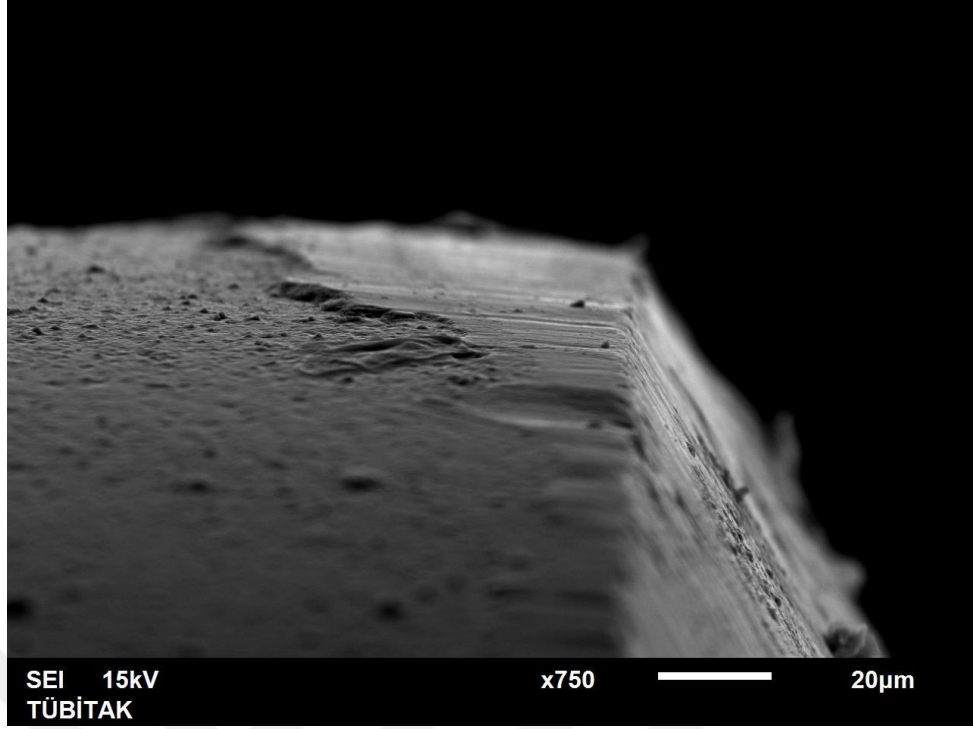
$$\text{Kesici uç aşınma miktarı (mm)} = -0.0061 + 0.472 * 1.14(\text{Voltaj değişim farkı})$$

- 200 m/dak kesme hızında 0.04 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + (0.472 * (4.3185 - 2.33)) = 0.0877 \text{ mm}$
- 200 m/dak kesme hızında 0.08 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + (0.472 * (6.9900 - 3.6180)) = 0.1530 \text{ mm}$
- 200 m/dak kesme hızında 0.12 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + (0.472 * (6.9815 - 3.0905)) = 0.1775 \text{ mm}$



Şekil 7.1.Kaplı kesici takımlarda farklı ilerleme hızlarında 200 m/dak. sabit kesme hızında oluşan voltaj değişimlerinin karşılaştırılması.

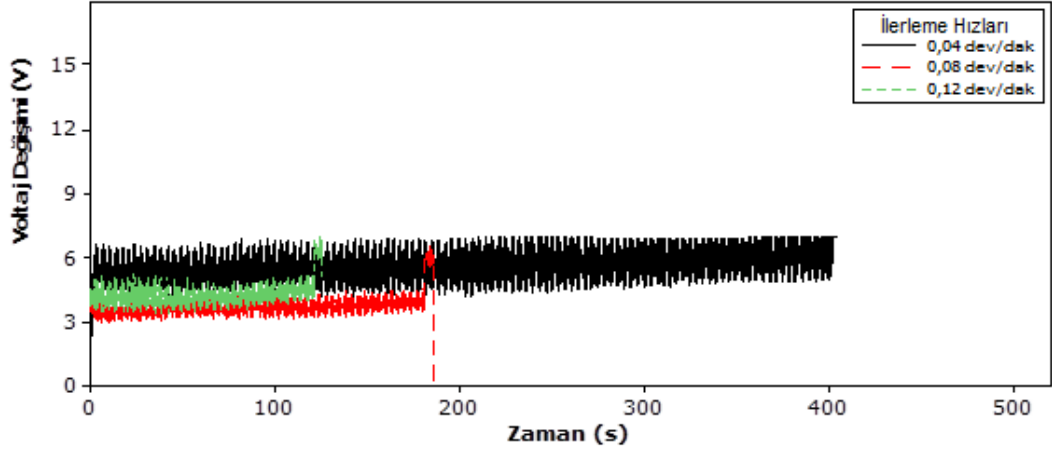
Şekil 7.2’de ise, kesme işlemi süresince kesici takım üzerinde oluşan aşınma görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi; en büyük aşınma, kesici takımın burun kısmını da kapsayan kesici kenarında gerçekleşmiştir. Kesme işlemi süresince kesme bölgesinde ortaya çıkan ısının büyük bir kısmı talaşla bu bölgeden uzaklaşırken; kesici takımın parça ve talaş ile temas ettiği kesme bölgesinde, aşınma meydana gelmiş, kesici uç üzerinde kesilen malzeme kalıntısı olarak az da olsa sıvanmalar gözlenmiştir.



Şekil 7.2. Kaplı kesici takımında kesme işlemi süresince uçta oluşan aşınmanın SEM resmi

7.2 Kaplamalı CBN Kesici Takımın 280 m/dak Kesme Hızı, 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dak İlerleme Hızları ve 0.2 mm Kesme Derinliğinde Yapılan Aşınma Deney Sonuçları

Kaplamalı CBN kesici uçların, 280 m/dak kesme hızı, 0.04, 0.08 ve 0.12 mm/dev arasında değişen ilerleme hızlarında ve 0,2 mm kesme derinliğinde 60 mm çapında sertleştirilmiş AISI 4140 düşük alaşımlı çeliklerin tornalama testlerinde, aşınma davranışlarını gösteren zaman-voltaj değişim grafiği Şekil 7.3’de verilmiştir.



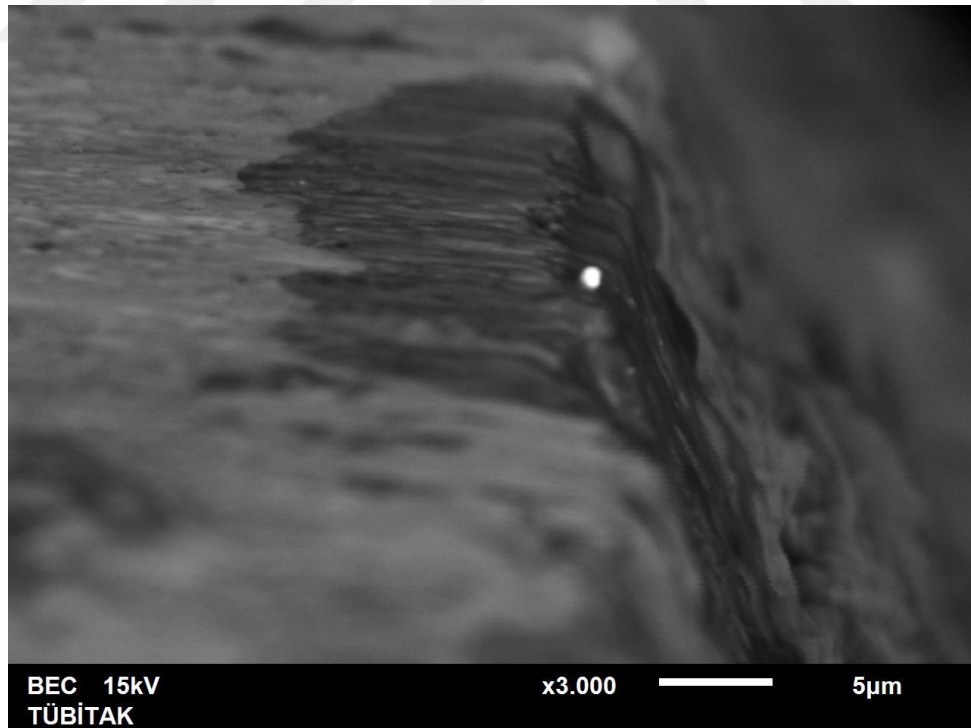
Şekil 7.3. Kaplı CBN kesici takımlarda farklı ilerleme hızlarında 280 m/dak. sabit kesme hızında oluşan voltaj değişimlerinin karşılaştırılması

Şekil 7.3 den görüleceği gibi, seçilen tüm ilerleme hızlarında yapılan kesme işleminde, aşınma başlangıçtan itibaren düzenli bir artış göstermiş ve bu durum işlem süresince devam etmiştir. Kesme işleminin ilerleyen evresinde, voltaj sinyallerindeki azalan değişim; kesici takım üzerinde gittikçe azalan kesici kenar aşınmasının neden olduğu, fiber optikle iş parçası arasındaki mesafenin azalan değişiminden ileri gelmiştir. Artan kesme hızı ve ilerleme hızları ile aşınma miktarında da beklendiği gibi, artma gözlenmiştir. Aynı kesme koşullarında yapılan deneylerde en düşük aşınma 280 m/dak kesme hızı 0.04 mm/dev ilerleme hızında gerçekleşirken, en büyük aşınma 280 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev ilerleme hızında gerçekleşmiştir. Bu durum, voltaj değişimi aşınma bağıntısı 7.1 kullanılarak kesici takımlarda oluşan aşınmaların ölçüsü belirlenmiştir.

Eşitlik 7.1'e göre; 0.2 mm sabit kesme derinliğinde 280 m/dak kesme hızı, 0.04, 0.08, 0.12 mm/dev ilerleme hızlarından oluşan kesme parametreleri kullanılarak yapılan deneylerde başlangıç ve bitiş voltaj değerleri esas alınarak, deney sonunda kesici takımlarda oluşan aşınma miktarları;

- 280 m/dak devirde 0.04 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + 0.0472 \cdot (6.9835 - 5.1475) = 0.0805 \text{ mm}$
- 280 m/dak kesme hızı 0.08 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + 0.0472 \cdot (6.167 - 4.3235) = 0.1021 \text{ mm}$
- 280 m/dak kesme hızı 0.12 dev/dak ilerleme hızında aşınma =
 $-0.0061 + 0.0472 \cdot (6.988 - 2.1395) = 0.2227 \text{ mm}$

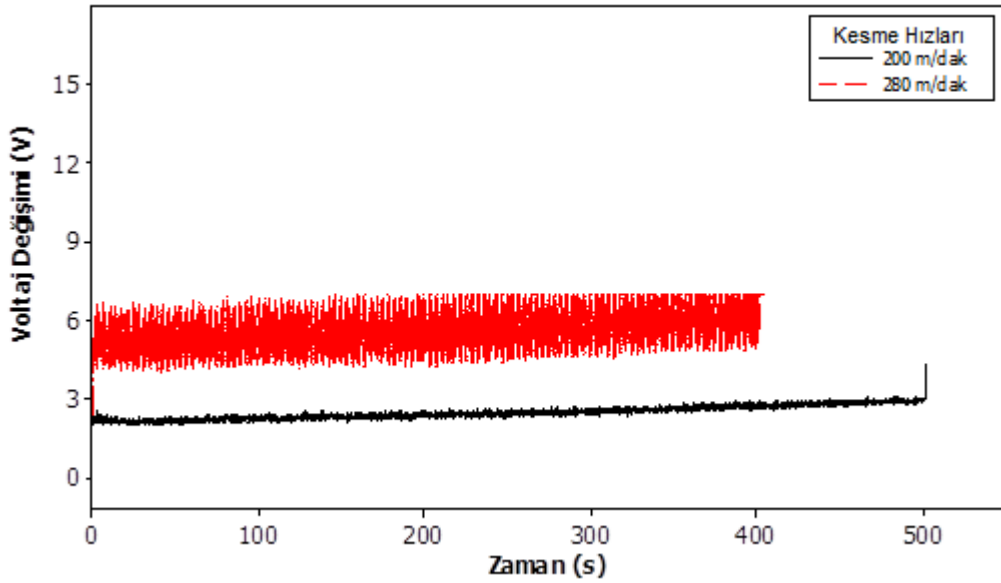
Şekil 7.4'te görüldüğü gibi; CBN kaplı kesici ucun kesme bölgesinde belirgin derecede kırılma ve kopmalar meydana gelmiş, kesici uç üzerinde kesilen malzeme kalıntısı olarak az oranda da sıvanmalar gözlenmiştir. Kesme işlemi esnasında kesici uç üzerine sıvanan malzemeler bir abrasif gibi davranarak kesici üzerinden ayrılana kadar işlenen parça yüzeyinde arzu edilmeyen yüzey özelliklerinin de oluşmasına neden olmaktadır. Parça yüzeyindeki bu kısımlar grafikte voltaj düşmesi olarak görülmektedir.



Şekil 7.4. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 280 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dak ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde CBN kesici uçta oluşan aşınmanın SEM resmi

7.3 200 ve 280 m/dak Farklı Kesme Hızı 0.04 mm/dev Sabit İlerleme Hızın Kullanıldığı Tornalama Testlerinde Kaplamalı CBN Kesici Uçlarda Oluşan Aşınmaların Karşılaştırılması

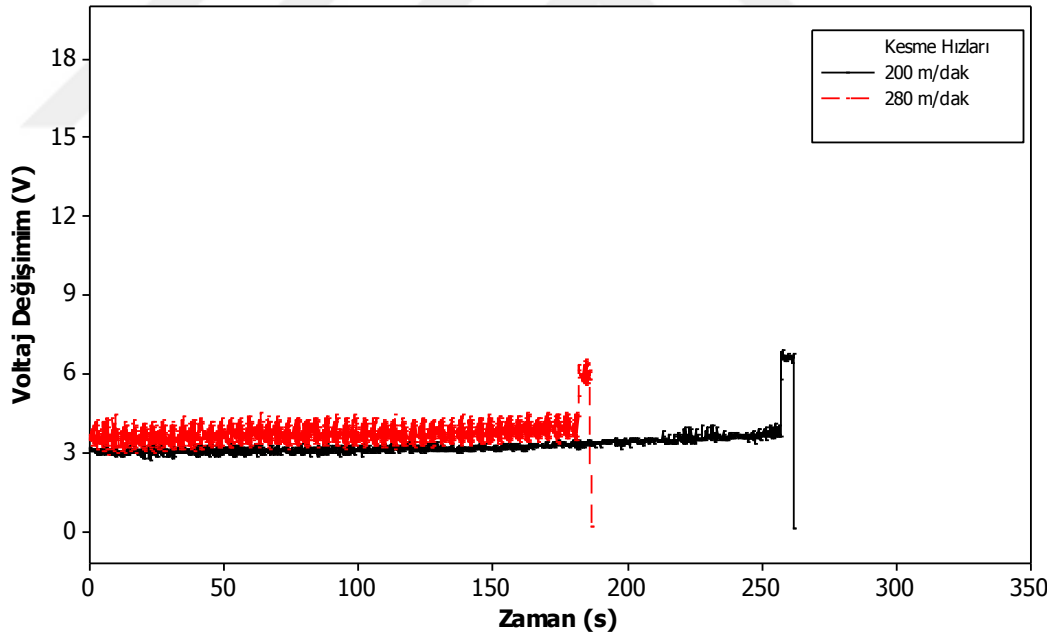
Şekil 7.5’de 200 ve 280 m/dak’lık sabit kesme hızları ve 0.04 mm/dev ilerleme hız parametreleri kullanılarak kaplamalı CBN kesici uçlarla sertleştirilmiş AISI 4140 çelik numunelerin tornalama testlerinde, kesici uçlarda oluşan aşınmaların karşılaştırılmasında en iyi sonuç, 200 m/dak’lık kesme hız parametresinin kullanıldığı kesici uçta elde edilmiştir. Her iki deneyde başlangıçtan kesme işleminin sonuna kadar voltaj değerinde değişen oranlarda artış görülmüştür. Bu karşılaştırmada en büyük voltaj değişimi, 280 m/dak’lık sabit kesme hızı ve 0.04 mm/dev ilerleme hızında kullanılan CBN kesici uçla yapılan kesme deneylerinde elde edilmiştir. Bu durum Şekil 7.5’ te verilen grafikte de görülmektedir.



Şekil 7.5. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.04 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması

7.4 0.08 mm/dev İlerleme Hızında Oluşan Aşınmaların Karşılaştırma Sonuçları

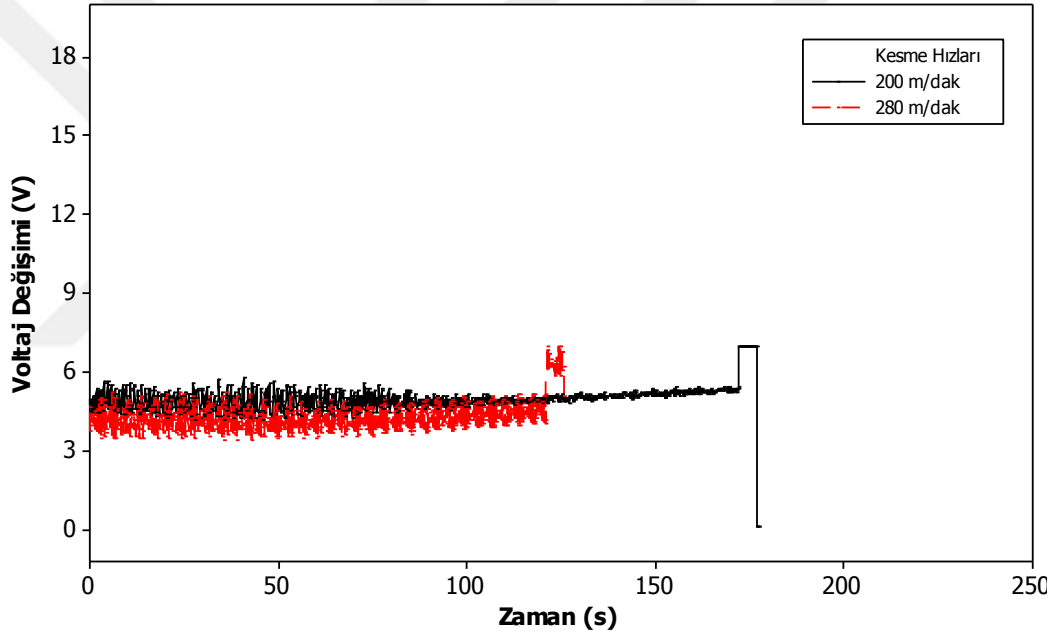
Şekil 7.6 'da görüldüğü gibi; CBN kesici uçlarda ilerleme hızının 0.08 mm/dev'e yükselmesi ile, başlangıçta görülen ve düşük aşınma oranına işaret eden voltaj pikini takip eden kesici takımında oluşan mikro kırık ve kopmaların oluşması nedeniyle ortaya çıkan voltajda artma görülmüş ve aşınma zamanla azalarak kararlı hale geçme eğilimi göstermiştir. 0.08 mm/dev'de yapılan deneylerde kullanılan kesici uçlarda 0.04mm/dev kullanılan uça olduğu gibi aşınma, mikro kırık ve kopmaların süreklilik arz etmesi nedeniyle, zamanla azalarak kararlı aşınma sürecine geçme eğilimi göstermiştir. Şekil 7.6'da 200 ve 280 m/dak'lık sabit kesme hızları ve 0.08 mm/dev ilerleme hızında CBN kesici uçlarla yapılan kesme deneyleriyle elde edilen kesici uç aşınmalarında en iyi sonuç, 200m/dak'lık sabit kesme hız parametresinin kullanıldığı kesici uça elde edilmiştir.



Şekil 7.6. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.08 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması

7.5 0.12 mm/dev İlerleme Hızında Oluşan Aşınmaların Karşılaştırma Sonuçları

CBN kesici uçlarla en yüksek ilerleme hızı olarak seçilen 0.12 mm/dev ilerleme hızında yapılan kesme ve aşındırma işlemlerinde; CBN kesici uçta, başlangıç evresindeki hızlı voltaj artışının hemen ardından bu evrede takım ucunda oluşan mikro düzeydeki kırılmalar nedeniyle voltajdaki artma yavaşlamakta ve dolayısıyla takımdaki aşınma düzeyide azalmaktadır. Bunu takip eden süre içerisinde kesici uçta radyus oluşması ve kesici uçtaki pürüzlülüğün azalması ile aşınma azalmakta ve kesme işleminin sonlarına doğru zamanla kararlı hale gelmektedir.

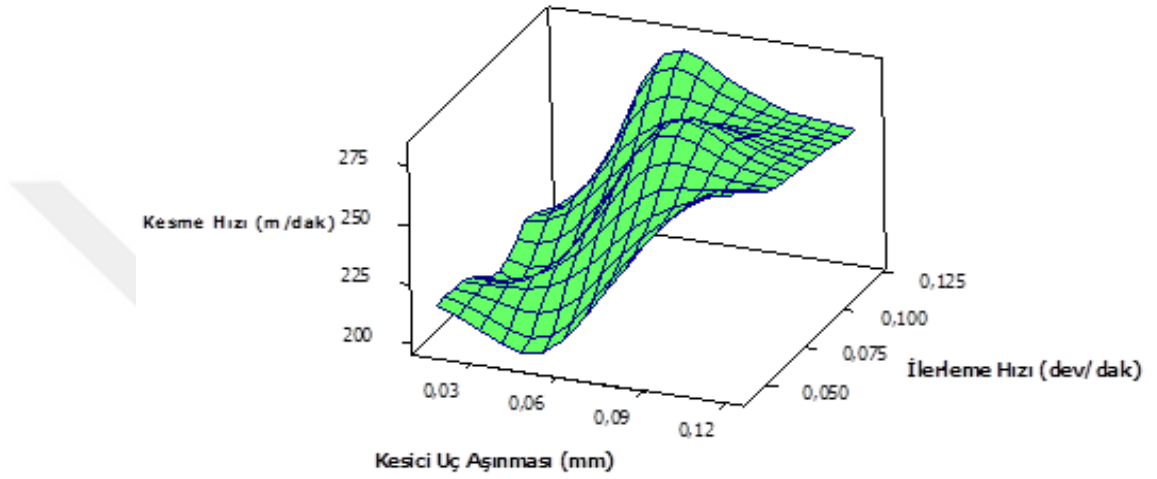


Şekil 7.7. Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin, 200 ve 280 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 0.2 mm kesme derinliği kullanılarak yapılan tornalama işleminde kesici takımların aşınmalarının karşılaştırılması

Şekil 7.7’de 200 ve 280 m/dak’lık sabit kesme hızları ve 0.12 mm/dev ilerleme hızında CBN kesici uçlarla yapılan kesme deneyleriyle elde edilen kesici uç aşınmalarında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiş olup, 280m/dak’lık sabit kesme hızında elde edilen aşınma değerine göre 200 m/dak’lık sabit kesme hız

parametresinde kullanılan kesici uçta oluşan aşınma değerin daha az olduğu görülmüştür.

Deneylerde kullanılan kesme parametrelerinin aşınma ilişkisi, kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici uç aşınmasının bir arada verildiği üç boyutlu grafiksel gösterim Şekil 7.8’de verilmiştir.



Şekil 7.8. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici uç aşınması ilişkisinin üç boyutlu grafiksel gösterimi

7.6. Varyans Analizi

Deney faktörlerinin, deneydeki katkı değişkenliğini analiz etmede yarar sağlayan varyans analizi çalışmada kullanılmıştır.

Tablo 7.1. Varyans Analizi

Kaynak	Kareler toplamı	Df	Kareler Ortalaması	Var. Comp.	Yüzde
Kesme Hızı m/dak	0.0050	1	0.0050	0.001	70.58
İlerleme Hızı mm/dev	0.0024	4	0.0006	0.001	29.42
TOPLAM (DÜZELTİLMİŞ)	0.0074	5			

Yapılan çalışmada, kesici uç aşınmasında değişimi etkileyen en büyük faktör **kesme hızı** olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1). Kesme hızının, kesici uç aşınması değişim varyansı % 70,58 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, sert malzemelerin kaplamalı CBN kesici takımlarla işlenmesinde, aşınma üzerine yapılacak çalışmalarda optimum kesme koşullarının belirlenmesinde kullanılacak en etkin parametre **kesme hızı** olacaktır.

8. KAYNAKLAR

Akkurt M, (1998) “Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 18-42.

Aksoy M (1989) “Duel-Faz Çeliklerinin Mekanik Özelliklerine Mikroyapının Etkisi” 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, Denizli, s. 33-44.

Askeland DR, (1996): “The Science and Engin. of Materials”, Chapmanall, China, p. 518.

Batista JCA, Joseph M C, Godoy C, Matthews A, (2002) “Micro-abrasion wear testing of PVD TiN coatings on untreated and plasma nitrided AISI H13 steel”, Wear 249, 971-979.

Cairney JM, Haris S G, Munroe P R, Doyle E D, (2003) “Transmission electron microscopy of TiN and TiAlN thin films using specimens prepared by focused ion beam milling”, Surface and Coatings Technology, 183, 239-246.

Cesur H, Kaftanoglu B, Kalkanli A, Oral B. (2010) “Bor nitrid kaplamaların çelik alttaşlar üzerinde RF magnetron saçırma yöntemiyle büyütülmesi”, Makine Tasarım İmalat Dergisi, Kasım.

Çakan A, (2000) “AISI 304 paslanmaz çeliğin mikro yapı ve aşınma davranışlarının incelenmesi”, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54-55, Antakya.

Çakan A, (2006) “AISI 1070 Çeliğinden Üretilen İşlemsiz, Yüzey İşlemli Ve Sert Yüzey Kaplamalı Kesici Takımların Mekanik Özelliklerinin, Mikroyapı ve Kesme Performanslarının İncelenmesi”, Fırat Üniversitesi, Doktora Tezi, Elazığ,

Çakan A, (2011) “Real-time monitoring of flank wear behavior of ceramic cutting tool in turning hardened steel”, International Advanced Manufacturing Technology, 52; 897-903.

Choi DK, Chu C N, Lee J M, (1994) “Real Time Breakage Monitoring for Monitoring and Drilling”, Ann, Crrp, 43, 81-84.

Choudhury SK, Jain V K, Rama Rao, Ch V, (1999) “On-Line Monitoring of Tool Wear in Turning using aneural network”, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39, 489-504.

Dan L, Mathew J, (1990) "Tool Wear and Failure Monitoring Techniques For Turning, *Int. J. Machine Tools Manufacturing*", 30 (4), 579-598.

Derakhshan, E D, Akbari, A A, (2009) "Experimental Investigation on the Effect of Workpiece Hardness and Cutting Speed on Surface Roughness in Hard Turning With CBN Tools", *World Congress On Engineering*.

Diniz A E, (2005) "*Journal of Materials Processing Technology*" 159, 240-248.

Emel E, Kannatey E, Asıbu J, (1989) "Acoustic Emission And Force Sensor Fusion For Monitoring the Cutting Process", *Int. J. Mec. Sci.*, 31(11/12), 795-809.

Ertunç H M, Loparo K A, (2001) "A Decision Fusion Algorithm For Tool Wear Condition Monitoring In Drilling", *International Journal Of Machine Tools & Manufacture* 41, 1347-1362.

Ghasempoor A, Jeswiet J, Moore T N, (1999) "Real Time Implementation of On-line Tool Condition Monitoring in Turning", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39, 1883-1902.

Grzesik W, (1999) "Experimental investigation of the cutting temperature when turning with coated indexable inserts", *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 39, 355-369.

Hainsworth, S V, Soh, W C, (2003) "The effect of the substrate on the mechanical properties of TiN coatings", *Surface and Coatings Technology*, 163-164, 515-520.

Höck K, Spies, H J, Larisch B, Leonhardt G, Buecken B, (1996) "Wear resistance of prenitrided hardcoated steels for tools and machine components", *Surface and Coatings Technology* (88), 44-49.

Huddle D, (2001) "New Hard Turning Tools and Techniques Offer a cost-effective Alternative to Grinding", *Tooling and Production Magazine*.

Işık Y, (2004) "Talaşlı İmalatta On-Line Takım Durumu İzleme Yöntemleri", *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, syf.81-84.

Jemielniak K, Szafarczyk M, (1992) "Detection Of Cutting Edge Breakage In Turning", *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 97-100.

Kaul R, Ganesh P, Tivari P, Nandedkar R V, Nath A K, (2005) "Characterization of dry sliding wear resistance of laser surface hardened EN 8 steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 167, 83-90.

Kahraman MF, (2014) “Gerçek Zamanlı Görüntüleme Sistemi Vasıtasıyla Sertleştirilmiş AISI 4340 Çeliğinin Farklı Kesme Parametreleri Kullanılarak İşlenmesinde CBN Kesici Takımların Aşınma Davranışlarının İncelenmesi”, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 36-37.

Korkut MH, (1997) “Paslanmaz çeliklerin mikroyapısı ve aşınma üzerine karbür yapıcı elementlerin etkileri”, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 127, Elazığ.

Kuzucu V, Aksoy M, Korkut M H, Yıldırım M M, (1999) “The effect of niobium and homogenization on the wear resistance and some mechanical properties of ferritic stainless steel containing 17-18 wt. % chromium”, Journal of Materials Processing Technology, 1-3, 6, 91, 172-177.

Poulachon, Poulachon G, Moisan A, Jawahir I.S. (2001) “Tool Wear Mechanisms In Hard Turning With PCBN Tools Wear”, 250 pp. 576–586.

Sellers CM, Whiteman M, (1974) “The Metallurgist and Materials Technologist”, 6 (10) 441.

Sobiecki JR, Mankowski P, Patejuk A, (2004) “Improving The Performance Properties Of Valve Martensitic Steel By Glow Discharge-Assisted Nitriding”, Vacuum 76, 57-61.

Sönmez N, Bakkaloğlu A (1989) “Çift Fazlı Çeliklerin Makina Konstruksiyonlarında Kullanılabilirlik Sınırları”, 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, Denizli, 23-32.

Sönmez M, (2002) “Kesici Takım Aşınma Durumun Gözlemlenmesi”, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.

Yang WH, Tarng Y S, (1998) “Desing optimization of cutting parameters for turning operations based on Taguchi method”, Journal of Metarials Processing Technology.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hamdi Emre FİDAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Edirne, 13.09.1986

Lisans Üniversite : Sakarya Üniversitesi

Elektronik Posta : hamdiemre@hotmail.com

İletişim Adresi : Yenidoğan Mahallesi, Kılıçarslan Sokak
Yağmurevler sitesi A Blok 11/22 Talas/KAYSERİ

Yayın Listesi : -

Ödüller : -