

**KGDD MALZEMELER İÇİN SÜREKLİ OLMAYAN
KESME ŞARTLARINDA TAKIM ÖMRÜ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ercan SAYIT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALI

TEMMUZ 2007

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KGDD MALZEMELER İÇİN SÜREKLİ OLMAYAN KESME
ŞARTLARINDA TAKIM ÖMRÜ ANALİZİ**

Ercan SAYIT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**AFYONKARAHİSAR
2007**

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ danışmanlığında,

Ercan SAYIT tarafından hazırlanan

**“KGDD MALZEMELER İÇİN SÜREKLİ OLMAYAN
KESME ŞARTLARINDA TAKIM ÖMRÜ ANALİZİ”**

başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

...../...../2007

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Unvanı, Adı, Soyadı

İmzası

Başkan: Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN

Üye : Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz YALÇIN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu’nun

...../...../2007 tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Emine SOYTÜRK

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı ve Çalışmanın Amacı	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Talaş Oluşum Mekanığı	11
2.1.1 Talaş Oluşumuna Etki Eden Faktörler.....	11
2.1.2 Talaş Kaldırmada Meydana Gelen Kesme Kuvvetleri	12
2.1.3 Takım Ömrü	15
2.1.4 Takım Aşınması	18
2.1.4.1 Takım Aşınması Yük Faktörleri	19
2.1.4.2 Takım Aşınma Türleri.....	21
2.1.4.2.1 Yan Yüzey (Yanak) Aşınması	21
2.1.4.2.2 Krater Aşınması.....	23
2.1.4.2.3 Kesici Kenarda Yığılma (BUE)	24
2.2 KGDD Malzemelerin Genel Özellikleri	25
2.2.1 Küresel Grafitli Dökme Demirin Mikro Yapısı	25
2.2.1.1 Ferritik KGDD	26
2.2.1.2 Perlitik KGDD	27
2.2.2 Mekanik Özellikler	28
2.2.3 KGDD'lerin İşlenebilirliği	29

3. MATERYAL VE METOT	32
3.1 Giriş	32
3.2 İş Parçası Numunelerinin Genel Özellikleri	32
3.3 Deney Numunelerinin Mekanik Özellikleri	33
3.4 Kesici Takım ve Kesme Parametreleri	34
3.5 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	36
3.6 Sürekli Olmayan Kesme İşlemi Parametreleri	38
4. DENEYSEL BULGULAR	40
4.1 Talaş Oluşum Şekilleri	40
4.2 Kanal Sayısı ve Kesme Hızının Etkisi	43
4.3 İlerleme Hızının Etkisi	48
4.4 Yüzey Pürüzlülüğünün Değişimi	52
4.5 Aşınmış Takımların SEM Analizi	58
4.6 EDX Analizi ve Hasar Mekanizmaları	61
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	64
6. KAYNAKLAR	68
6.1 İnternet Kaynakları	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ÖZET

KGDD MALZEMELER İÇİN SÜREKLİ OLMAYAN KESME ŞARTLARINDA TAKIM ÖMRÜ ANALİZİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bu çalışmada Ferritik yapıya sahip KGDD malzemenin sürekli olmayan kesme şartlarında işlenebilirlik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla çevresinde 1,2 ve 4 adet kanal bulunan silindirik numuneler hazırlanmıştır. Çalışmada sinterlenmiş karbür kesici takım kullanılmıştır. Kesme parametresi olarak iki farklı kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği seçilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; kanal sayısı takım aşınmasını önemli oranda etkilemektedir. Artan kanal sayısı talaş boyutunun küçülmesine neden olmaktadır. Bu azalma özellikle yüksek kesme hızlarında ve yüksek ilerleme değerlerinde gözlemlenmiştir. Takım aşınma deneylerinde elde edilen diğer bir sonuç ise; düşük kesme hızında ve ilerlemede artan kanal sayısı yanak aşınmasının artmasına neden olmaktadır. Fakat artan ilerleme ve talaş derinliğinde tek veya iki kanallı numuneler kullanıldığında kesici takım daha hızlı aşınmaktadır. Artan ilerleme değeri hem sürekli kesme de hem de sürekli olmayan kesme de yüzey kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Taramalı elektron mikroskobu ve EDX analizleri KGDD malzemesinin sürekli ve sürekli olmayan kesme şartlarında abrasyon, adhezyon ve oksidasyon aşınma mekanizmalarının baskın olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca adhezyon aşınma mekanizması nedeniyle sürekli kesme şartlarında talaş yığılması (BUE) gözlemlenmiştir.

2007, 72 sayfa

Anahtar kelimeler: Sürekli olmayan kesme; Küresel grafitli dökme demir; Takım aşınması; İşlenebilirlik.

ABSTRACT

TOOL LIFE ANALYSIS IN INTERRUPTED CUTTING CONDITIONS FOR DUCTILE IRON MATERIALS

Afyon Kocatepe University,
Institute for the Natural and Applied Sciences

In this study machinability of a ductile iron which has a ferritic structure was investigated in interrupted cutting conditions. For this purpose, cylindrical samples with 1, 2 and 4 axial slots were prepared. In the study, cemented carbide cutting tool was used. Two different cutting speed, feed rate and depth of cut were chosen as cutting parameters.

According to results, the number of slot seriously affects the tool wear. The increasing of the number of slot results in the decreasing of chip dimension. Especially, this decreasing was observed in the higher cutting speed and feed rate. Another result observed during the tool wear experiments is that the increasing of the number of slot results in the increasing of flank wear at the lower feed rate and depth of cut. However, the cutting tool wears out rapidly at higher feed rate or depth of cut when one or two slotted workpiece are used. Increasing feed rate results in deterioration of surface roughness for both continuous cutting and interrupted cutting. Scanning electron microscope and EDX analysis of the worn tools showed that abrasive, adhesion and oxidation wear mechanisms are predominant in the machining of continuous and interrupted cutting of ductile iron. Besides, BUE was observed at continuous cutting conditions due to adhesion wear mechanism.

2007, 72 page

Keywords: Interrupted cutting; Ductile iron; Tool wear; Machinability.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım esnasında görüşleriyle problem çözmede ve tezin her aşamasında yardımcı olan ve bilgi desteği gördüğüm sayın Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ'a, tez çalışmalarımın şekillenmesinde yardımını gördüğüm sayın Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN'e, çalışmalarımın şekillenmesinde yardımcı olan Yrd .Doç. Dr. Yılmaz YALÇIN'a, literatür çalışmalarında yardımını gördüğüm ayrıca açılımlarıyla problem çözmede yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Adem ÇİÇEK'e, çekme deneyi numunelerinin hazırlanmasında yardımcı olan askeri fabrika müdürü sayın Yüksek Makine Mühendisi Albay Servet TULUM ve personeline, atölye çalışmalarım esnasında ve birçok konuda desteğini gördüğüm sayın Araştırma Görevlisi İrfan UCUN'a, mikroyapı ve sertlik ölçümleri esnasında desteğini gördüğüm sayın Araştırma Görevlisi İbrahim GÜNEŞ'e, deney numunelerimin hazırlanması esnasında imkan sağlayan Emirdağ Anadolu Teknik Lise ve Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi Tesviye Bölümü Şefi sayın Kamil DALÇINAR'a, deney numunelerimin hazırlanması esnasında yardımcı olan Afyon Merkez Endüstri Meslek Lisesi Tesviye bölümü Şefi Hasan KARAAĞAÇ ve Atölye Şefi Mehmet YILMAZ'a, teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım uzun sürdü. Ailem için ayırmam gereken zamanın büyük kısmını tez çalışmalarına vermek durumunda kaldım. Çalışmalarım esnasında anlayışla karşılayan, manevi desteklerini esirgemeyen aileme ayrıca eşim ve kızım Betül'e teşekkür ederim.

Ercan SAYIT

AFYONKARAHİSAR, Temmuz-2007

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Fc	Kesme kuvveti
Ft	İlerleme kuvveti
Fs	Kayma düzlemi üzerinde kayma kuvveti,
Fn	Kayma düzlemi üzerinde normal kuvvet,
R	Bileşke kuvvet,
F	Takım yüzeyi üzerinde sürtünme kuvveti,
N	Takım yüzeyi üzerinde normal kuvvet,
t1	Deforme olmamış talaş derinliği,
t2	Deforme olmuş talaş genişliği,
α	Talaş açısı,
$\emptyset$	Kayma açısı,
μ	Sürtünme katsayısı,
τ	Sürtünme açısı.
T	Takım ömrü (dak.),
V,	Kesme hızı (m/dak),
a	Talaş derinliği (mm),
f	İlerleme (mm/dev),
r	Takım burun (uç) yarıçapı (mm),
i	Paso sayısı,
L	İşleme boyu mm(kesme uzunluğu),
Vb	Yan yüzey(yanak) aşınması,
Mg	Magnezyum,
Ce	Seryum,
Na	Sodyum,
Ca	Kalsiyum,
Ra	Pürüzlülük değeri (μm),

KISALTMALAR

KGDD	Küresel Grafitli Dökme Demir,
ÖKGDD	Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demir,
PCBN	Polycrystalline Cubic Boron Nitride,
PCD	Polycrystalline Diamond,
CBN	Kübik Boron Nitrit,
HB	Birinel Sertlik Değeri,
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu,
EDX	Enerji Yayıcı X Işınları Spektrometresi,
TS	Türk Standartları,
sn	Saniye,
dak	Dakika,
m	Metre,
dev	Devir,

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler	13
Şekil 2.2 Takım üzerine etki eden kuvvetlerin iki boyutu olarak görünümü (İnt. Kyn.1).....	14
Şekil 2.3 Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) Lineer ilişki, (b) Logaritmik ilişki.	16
Şekil 2.4 Takım ömrü - Kesme parametreleri ilişkisi.	17
Şekil 2.5 Takım üzerine etkiyen yük bölgeleri A) Mekanik, B) Termal, C) Kimyasal, D) Aşındırıcı yük bölgeleri	20
Şekil 2.6 Yanak aşınma miktarının zamanla değişimi.	22
Şekil 2.7 Kesici kenarda talaş yığılması (BUE)	24
Şekil 2.8 KGDD'in diğer dökme demirler ile karşılaştırılması (Hasırcı 2000).	28
Şekil 2.9 KGDD'lerin işlenebilirliğinin diğer malzemelerle karşılaştırılması.	30
Şekil 2.10 KGDD'lerin işlenebilirliğinin diğer dökme demirlerle karşılaştırılması.	31
Şekil 4.1 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	43
Şekil 4.2 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	44
Şekil 4.3 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	45
Şekil 4.4 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	46
Şekil 4.5 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	47
Şekil 4.6 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	48
Şekil 4.7 Kanalsız numune için ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	49
Şekil 4.8 Bir kanallı numune için ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	50
Şekil 4.9 İki kanallı numune için ilerleme hızı ve talaş derinliğinin kesici takım aşınmasına etkisi.	51
Şekil 4.10 Dört kanallı numunede ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.	51
Şekil 4.11 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	52
Şekil 4.12 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	53
Şekil 4.13 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	54
Şekil 4.14 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	54
Şekil 4.15 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	55
Şekil 4.16 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.	56
Şekil 4.17 Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi.	57

Şekil 4.18 Takım aşınma bölgesinde çizgisel EDX analizi (2 Kanallı numune 240–1–0,32).....	61
Şekil 4.19 Takım aşınma bölgesinde çizgisel EDX analizi (Kanalsız numune 340–1–0,32).	62
Şekil 4.20 Takım aşınma bölgesinde noktasal EDX analizi (1 Kanallı numune 240–1–0,11).....	63

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa No

Resim 2.1 Kesici takım yanak aşınması (Zhou and Andersson 2007).	22
Resim 2.2 Kesici takımda meydana gelen krater aşınması (İnt. Kyn. 6).....	23
Resim 2.3 Ferritik KGDD'nin mikro yapısı.....	26
Resim 2.4 Perlitik KGDD'nin mikro yapısı.....	27
Resim 3.1 Kanal açılmamış numuneye ait geometrik boyutlar.....	32
Resim 3.2 Deney numunelerine ait mikro yapı fotoğrafı.....	33
Resim 3.3 Çekme deneylerinin yapıldığı Shimadzu çekme cihazı.....	34
Resim 3.4 Deneylerde kullanılan kesici takım.	35
Resim 3.5 Deneylerde kullanılan takım tutucu.	35
Resim 3.6 Mahr yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı.	37
Resim 3.7 Tek kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.	38
Resim 3.8 Çift kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.	38
Resim 3.9 Dört kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.	39
Resim 4.1 Kanalsız numune işlenirken elde edilen talaş biçimleri (Her iki çizgi arası 1mm dir).	41
Resim 4.2 İki kanallı numune işlenirken elde edilen talaş biçimleri (Her iki çizgi arası 1mm dir).	42
Resim 4.3 Bir kanallı numuneden alınan talaş (1 Kanallı 240–2–0,32) (Her iki çizgi arası 1mm dir).	42
Resim 4.4 Takım üzerinde meydana gelen a) Yanak aşınması ve BUE oluşumu, b) Yanak aşınması.	58
Resim 4.5 Takım üzerinde meydana gelen a) Yanak aşınması, b) Krater başlangıcı....	59
Resim 4.6 Takım üzerinde meydana gelen BUE oluşumu.	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 KGDD'in teknik özellikleri (TSE 526).	29
Çizelge 3.1 Deney numunelerine ait mekanik özellikler.	33
Çizelge 3.2 Deneylerde kullanılan numunelerin kimyasal kompozisyonu.....	34
Çizelge 3.3 Kullanılan kesici takıma ait geometrik boyutlar.	35
Çizelge 3.4 Kesici takım tutucu geometrik boyutları.	35
Çizelge 3.5 Talaş kaldırma operasyonları için kesme parametreleri.	36
Çizelge 3.6 Yüzey pürüzlülük cihazı teknik özellikleri.....	37

1. GİRİŞ

Talaşlı imalatda daha uzun takım ömrü ile daha fazla üretim sağlama isteği kesici takımlar üzerine yapılan çalışmaların önemini arttırmıştır. Yeni takım malzemeleri araştırılırken, sadece takımların iyileştirilmesi değil; hassas yüzey kalitesi, daha az güç sarfıyatı ve ekonomiklik göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bunlar geliştirirken, kesici takımda oluşan aşınma tipleri ve mekanizmaların, kesme sırasında oluşan problemlerin bilinmesi, anlaşılması ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması gerekir. Bu vesileyle kaplamasız karbür, kaplamalı karbür, sermet, seramik ve CBN gibi birçok kesici takım çokça kullanılmaktadır.

İşleme esnasında tüm takımlar aşınır ve bu aşınma takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Takım ömrü; takım kesici kenarının iş parçasını, iş parçasına ait boyutların tolerans sınırları içerisinde kalmak suretiyle, talaş kaldırdığı zamandır. Talaş kaldırma esnasında doğru kesici takımın seçilmesi, maksimum verimliliğin sağlanması açısından önemlidir. Özellikle takım malzemesi ve kesme geometrisi seçimi çok önemlidir. Ancak takım doğru seçilmiş olsa bile işleme koşulları standart dışı ise optimum takım ömrü elde etmek mümkün değildir. Aynı zamanda modern kesici takım malzemelerinin doğru kullanılmaları halinde talaş kaldırma işlemi çok daha verimli ve ekonomik olmakla kalmayacak, daha güvenilir ve sürekli bir işlem halini alacaktır (Çakır 1999).

Endüstriyel uygulamalarda geniş kullanım alanına sahip malzeme türlerinden biride Küresel grafitli dökme demirlerdir. Küresel grafitli dökme demirler (KGDD) diğer dökme demir türlerinden farklı olarak daha yüksek dayanım, süneklik ve tokluk özelliklerine sahiptirler. KGDD'ler bu özelliklerinden dolayı makine ve imalat sanayiinde dişli çarklar, krank milleri, kam milleri, vb gibi daha birçok makine parçası imalatında kullanılmaktadırlar.

Üstün özelliklerinin yanı sıra, bu malzemelerin talaşlı imalat yöntemine uygunluğu, kısa süreli ısıt işlemleri, çeliklere göre %10 daha hafif olmaları, döküm yoluyla son

şekil verilebilmesi, montaj kolaylıkları bu malzemeleri tercih sebebi kılmıştır. Bu üstün özelliklerin bir sonucu olarak birçok alanda kullanılmaya başlayan KGDD'ler birçok araştırmaya konu olmuştur (Aşkun 2001).

İşlenebilirlik standardize edilmiş bazı özelliklere göre genel anlamda tanımlanamaz. Genellikle, iş parçası malzemesinin ne kadar kolay işlenebileceği veya bir kesici takım ile iş parçasının istenilen biçime getirilmesindeki ihtiyaçlar anlamında, işlenebilirlik yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Orta karbonlu çelik ısı direnci yüksek (HSTR) bir alaşımla karşılaştırıldığında daha kolay işlenir. Yine aynı şekilde gri dökme demir, çil (hızlı soğutulmuş) dökme demirden daha kolay işlenir.

Esmer dökme demirin, kır dökme demir ve KGDD olarak iki türü vardır. KGDD'ler mikro yapıda bulunan grafit, küçük zerrecikler halinde olan demir karbon alaşımı olup, bu kürecikler ergimiş durumda demire, magnezyum ve seryum ilave edilerek grafit küreler halinde çöker. Bu tür dökme demirler oldukça iyi mekanik özelliklere sahip ısı işleme tabi tutularak ferritli bir yapı elde edilirse işlenebilirlik özelliği daha da artırılabilir (Şahin 2001). Fakat yapının daha çok perlitik olması kesme kuvvetlerinin artmasına ve takımın daha çabuk aşınmasına neden olacaktır.

İşlenebilirlik dökme demirin türü ve bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Temel olarak yapısında grafit ve ferrit bulunan düşük dayanımlı dökme demirler yüksek oranda talaş kaldırmaya müsaade ederek daha iyi işlenebilir. Perlitik dökme demirler için müsaade edilen kesme hızı ve ilerlemeler biraz daha düşük, sertlik ve dayanım arttıkça daha da düşer (Şahin 2001).

1.1 Problemin Tanımı ve Çalışmanın Amacı

İşlenebilirlik üzerinde seçilen kesici takımın cinsi önemli bir unsurdur. Basit özellik ve hassasiyet gerektirmeyen talaş kaldırma operasyonları için çok pahalı bir takımın seçilmesi ekonomik olmayacak maliyetin artmasına neden teşkil edecektir. Ekonomik üretim için iş parçası-kesici takım ikilisi birbirine uyumlu seçilmelidir.

Bu seçim takım ömrü açısından önemli bir kriterdir. Kesme deneylerinde takım ömrü tespit edilirken, takım hangi yüklere maruz kalmakta, hangi aşındırma mekanizması etkili olmakta belirlenmesi gerekir.

Optimum kesme parametrelerini belirlemek için kesme esnasında meydana gelen kuvvetleri, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesinin göz önüne alınması gerekmektedir. Bu parametrelerden bir veya birkaçının istenilen düzeyde olmaması ya işleme maliyetini arttıracak ya da beklenen kalite gerçekleşmeyecektir.

Bu çalışmada KGDD'in, sementit karbür takımlarla sürekli olmayan kesme şartlarında işlenebilirliği araştırılmıştır. Sürekli olmayan kesme şartlarının takım ömrü ve pürüzlülüğe etkisi, farklı kesme parametreleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan numuneler kanalsız, tek kanallı, çift kanallı ve dört kanallı olmak üzere her birinden ikişer adet numune hazırlanmıştır. Kesme parametreleri olarak iki farklı kesme hızı ($V = 240$ ve 340m/dak), iki farklı ilerleme hızı ($f = 0,11$ ve $0,32\text{mm/dev}$), iki farklı talaş derinliği ($a = 1$ ve 2mm) alınmıştır. KGDD'ler üzerinde daha önceki bazı çalışmalarda sementit karbür takımlar kullanılmıştır. Fakat tornada sürekli olmayan kesme şartlarının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması bakımından bu çalışma literatüre farklı bir bakış açısı kazandıracağı düşünülmektedir. Bununla birlikte, literatürde sürekli olmayan kesme şartları dikkate alınarak, sertleştirilmiş çeliklerin işlenebilirliğine dair birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmayla ilk defa dökme demir sınıfından olan KGDD malzemesinin sürekli olmayan kesme şartlarında işlenebilirliği araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Talaşlı imalatda daha fazla üretim artışı sağlama isteği, yüksek kesme hızlarında daha uzun takım ömrü elde etmek gerektirmiş, bunun sonucu olarak kesici takımlar üzerine yapılan çalışmaların önemini artmıştır. Yeni takım malzemeleri geliştirme çalışmalarında, sadece takımların iyileştirilmesi değil; hassas yüzey kalitesi, az güç sarfıyatı ve ekonomiklik göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak takım geliştirirken, kesici takımda oluşan aşınma tipleri ve mekanizmaların, kesme sırasında oluşan problemlerin bilinmesi, anlaşılması ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması gerekir. İmalat endüstrisinde kaplamasız karbür, kaplamalı karbür kesici takımlar hem sağladıkları avantajlar hem de ekonomik olmaları nedeniyle geniş kullanım alanı bulmuştur.

Küresel grafitli dökme demirler (KGDD) otomotiv ve makine imalatını da içine alan oldukça geniş kullanım alanına sahiptirler. Lamel grafitli dökme demirlerle aynı bileşime sahip olmalarına rağmen, grafitin küre şeklinde olması malzeme mukavemetinin önemli derecede arttırmaktadır. KGDD malzemeler sünek olmasının yanı sıra, yüksek çekme ve akma mukavemet değerlerine sahip olabilmektedir. Buna rağmen lamel grafitli dökme demirler ile kıyaslandığında, işlenebilirlik özelliklerinin çokta iyi olmadığı söylenebilir. Literatürde KGDD ve östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir (ÖKGDD) malzemelerinin işlenebilirlik özelliklerini araştırmak amacıyla çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Şeker ve diğerleri, Ni ve Cu ile alaşımlandırılmış KGDD'in işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla biri alaşımsız diğerleri Ni ve Cu'nun değişen oranlarında yedi farklı alaşımlı KGDD malzeme Sinterlenmiş karbür kesici takımlarla test edilmiştir. Bu malzemelerin işlenebilirlikleri kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri kriterlerine göre incelenmiştir. Bütün kriterlere dayanarak; %0,7 Ni ve %0,7 Cu ilave edilmiş numunede en düşük kesme kuvveti ve en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Mekanik özelliklere göre en iyi özellikler ise %1 Ni ve %0,65 Cu ilave edilmiş numunede elde edilmiştir (Şeker vd. 2002).

Şeker ve Hasırcı tarafından yapılan bir çalışmada, ÖKGDD'in işlenebilirliği, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiş. Bu amaçla; Ni ve Cu ilave edilmiş KGDD numuneler farklı östemperleme zamanı ve sıcaklığına tabi tutularak hazırlanmıştır. Östemperleme sonucu yüzey kalitesinde dikkate değer gelişmelerin olduğu, kesme kuvvetlerinde ise farklı numuneler arasında %20'ye varan artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. %0,7 Ni ve %,07 Cu ilave edilmiş ve 60 dakika süreyle östemperlenmiş numunenin, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü kriterlerine göre değerlendirildiğinde en iyi sonuçları veren numune olduğu gözlemlenmiştir (Şeker ve Hasırcı 2005).

Östemperleme ile artan mekanik özelliklerin takım ömrü için olumsuz bir etki oluşturacağı beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle optimum kesme parametrelerini tespit etmek için farklı kesme hızları kullanarak takım ömrünün de dikkate alınması şarttır. ÖKGDD malzemelerde takım aşınma testleri Sinterlenmiş karbür kesici takımlar kullanarak Çakır vd. tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sinterlenmiş karbür kesici takım kullanarak, üç farklı östemperleme sıcaklığı için aşınma testleri yapılmıştır. Östemperlenen numune ile KGDD malzeme arasında ciddi farklılıkların olmadığı görülmüştür. Fakat düşük östemperleme sıcaklıklarının daha çabuk aşınmaya neden olduğu ortaya konulan temel bir sonuçtur (Çakır vd. 2006).

Kaplanmış karbür kesici takım kullanılarak, Uzun ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada (Uzun vd. 2005) KGDD malzemesi yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. Yüzey frezeleme işleminde başlığa tek kesici takım bağlanmış, kuru kesme işlemi yapılmıştır. Kesme parametrelerinde değişken olarak kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği gibi kesme parametreler alınmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak kaplanmış karbür takımlar üzerindeki aşınmalar incelenmiş ve takım ömrü değerleri elde edilmiştir. Kesme zamanı ve uzunluğa bağlı olarak elde edilen aşınma değerlerinde en hızlı aşınma değeri talaş derinliğinin ve kesme hızının maksimum olduğu durumda elde edilmiştir.

Östemperlemenin işlenebilirlik üzerindeki etkisini ortaya koymak açısından, Uzun vd. (Uzun vd. 2007) tarafından yapılan diğer bir çalışmada da; sinterlenmiş karbür kesici

takımlar kullanılarak takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri deneysel olarak incelenmiştir. Dökme demir numunelerinin östemperleme işlemi farklı sıcaklık ve sürelerde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, düşük östemperleme sıcaklıklarının kesme kuvvetlerinin artmasına neden olurken, daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini göstermiştir. Takımda genellikle yan yüzey yanak aşınması meydana gelmiştir. Azalan östemperleme sıcaklığı ile takım ömrü azaldığı vurgulanmaktadır.

KGDD malzemelerinin işlenmesinde sinterlenmiş karbürler yoğun olarak kullanılmakla birlikte, bazı çalışmalarda farklı kesici takımların performansı da araştırılmıştır. Bunlar içerisinde seramik takımlar geniş yer tutmaktadır. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada (Camuşcu 2006), alümina (Al_2O_3) esaslı seramik takımlar ile KGDD malzemesi farklı kesme hızlarında tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmada üç farklı alümina esaslı seramik kesici takım kullanılmış, kesme derinliği ve ilerleme değerleri sırasıyla 1 mm ve 0.1 mm/devir'de sabit olarak alınmıştır. Kaplanmamış Al_2O_3 + TiCN alaşımlı seramik takımlar yüzey kalitesi yönünden iyi sonuç verirken, takım aşınması yönünden iyi bir performans göstermemiştir. Çalışılan üç takım arasından TiN kaplanmış Al_2O_3 + TiCN alaşımlı seramik takımlar, KGDD malzemesinin, özellikle yüksek kesme hızlarında ($V_c > 600$ m/dak), tornalanması için en uygun kesici olarak belirlenmiştir.

Seramik takımlarla östemperlenmiş dökme demirler üzerinde Pashby ve diğerleri (Pashby et al. 2003) tarafından yapılan çalışmada takım aşınması ve takım ömrü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada dört farklı tipteki üç farklı seramik takım ile bir Sialon kesici takım, ısıtılmış KGDD'yi 150–450 m/dak kesme hızı aralığında tornalanmak için kullanılmıştır. İş parçaları östemperleme işlemiyle 350 Hv ye sertleştirilmiş ya da 180Hv sertliğe tavlanmak suretiyle yumuşatılmıştır. Takımlar üzerinde ki yanak aşınması takım ömrünün bitmesinde en etkin sebep olmuştur. Yüksek kesme hızlarında kesici takımda kırılmalar gözlemlenmiştir. Sialon takımlar hızlı aşınmaya maruz kalmış, $Al_2O_3:SiC$ diğer alümina esaslı takımlara nazaran düşük performans göstermiştir. Takım ömrü kontrolünde kesici kenardaki kırılma ve takım ile iş parçası malzemesi arasındaki kimyasal yatkınlık iki önemli aşınma mekanizması olarak belirlenmiştir.

Soğutmanın seramik takımların performansına etkisini ortaya koyma açısından, Sarma ve diğerleri (Sarma et al. 2007) tarafından yapılan çalışmada; önce soğutmasız olarak tatmin edici performansın sağlandığı işleme parametrelerinde tornalama yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün sınırları eğitilmiş yapay sinir ağlarının yardımıyla oluşturulmuştur. Bu çalışmada yapay sinir ağlarını eğitmek için yeni bir prosedür kullanılmıştır. Çalışma soğutmasız tornalamanın takım ömrü açısından zayıf olduğu alana uzatılmıştır. Çalışmada takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kesme sırasında ortaya çıkan kuvvetler ve titreşim elde edilen sonuçlardır. Hava soğutmalı tornalamanın yüksek kesme hızında takım aşınmasını önemli derecede azalttığı gözlenmiştir. Soğutmasız tornalamanın başarısız olduğu daha yüksek kesme hızlarında, hava soğutmalı tornalama takım aşınmasını azaltmasının yanı sıra iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesini sağlamıştır. Tüm durumlarda, hava soğutmalı tornalamada kesme ve ilerleme kuvvetleri azalmaktadır. Bunun için, gri dökme demirin seramik takımlarla hava soğutmalı tornalanması ümit verici çevre dostu bir seçenek olarak sunulmuştur.

Seramik kesici takım ve KGDD'ler üzerinde Ghani ve diğerleri (Ghani et al. 2002) tarafından yapılan çalışmada; küresel grafitli dökme demiri seramik takım kullanarak işlerken, titreşimin takım ömrü ve yüzey kalitesi etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Artan takım aşınmasından dolayı, iş parçasının yüzey kalitesindeki değişimi doğrulamak için bir takım kesme deneyleri yapılmıştır. Deneyler hız, ilerleme ve kesme derinliğinin çeşitli kombinasyonları altında yapılmıştır. Titreşim takım tutucusuna monte edilmiş iki hızölçer kullanılarak ölçülmüş ve yüzey pürüzlülüğü ile titreşim arasında bir bağıntı oluşturulmaya çalışılmıştır. Alümina seramik uçlarla KGDD işlendiğinde, takım ömrünün tatmin edici olmadığı sonucuna varılmıştır. Yüzey kalitesi, tüm kesme şartlarında yanak aşınması gelişimi ile hemen hemen sabit olduğu tespit edilmiştir. Kesme hızı arttırıldığında, yanak aşınmasında değişme gözlenmezken, titreşimin azaldığı gözlenmiştir. Düşük kesme derinliğinde, yanak aşınması artarken titreşim hemen hemen sabit olduğu görülmüştür.

Östemperlenmiş KGDD'ler ve seramik kesicilerle Masuda ve diğerleri (Masuda et al. 1994) tarafından yapılan takım aşınması ve aşınma mekanizmasının belirlenmesine yönelik çalışmada; kesme hızı yükseldiğinde, kesme mesafesi başına yanak aşınma oranı,

titanyum karpit içeren alümina uç için çok az artış göstermiştir. Buna karşın, kesme hızı zirkona alümina uçlar için azalmıştır. Bu farkı açıklamak için, öncelikle aşınma üzerine oksitlenmenin etkilerini bir argon veya oksijen atmosferinde ÖKGDD tornalanarak araştırılmıştır. Aşınma oranı argon ve oksijende havaya göre daha hızlı olarak geliştiği gözlenmiştir.

KGDD'lerin işlenebilirlik özelliğini artırmaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar içerisinde biri de Cohen ve Voigt tarafından yapılmıştır. Çalışmada, KGDD'in üstün mekanik özellikleri ve işlenebilirliğinden dolayı geniş kullanım alanına sahip olduğu, bunun yanı sıra KGDD'lerin işlenebilirliği her zaman aynı olmadığı değişken olduğu bildirilmiştir. KGDD'lerin partiden partiye dökümden döküme işlenebilirliğin sık sık değişmesi açıklanamamıştır. KGDD'ler benzer şekilde üretilmelerine rağmen benzer işlenebilirlik özellikleri sergilemediği ortaya konulmuştur. Kimyasal bileşimdeki küçük farklılıklar, sertlik ve mukavemet özelliklerini değiştireceğinden işlenebilirliği de etkileyeceği vurgulanmıştır (Cohen 2003).

Bu kapsamda Liu ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada; perlitik dökme demirin hassas yüzey bitirme verimliliğini artırmak için, Kübik Boron Nitrit (CBN) kesici takımlar ile yüzey frezeleme işlemi yapılmıştır. Çalışmanın asıl amacı, CBN kesici takım tipi, takım aşınması, iş parçası yüzey kalitesi, kesme kuvvetleri ve kesme sıcaklığının yanı sıra, ilerleme ve kesme hızı gibi işleme şartları arasındaki ilişkileri inceleyerek CBN kesici takımlar ile perlitik dökme demirin işlenebilirliği araştırılmıştır. Ayrıca, perlitik dökme demirin işlenebilirliği ve takım aşınma karakteristiklerine kendi içerisindeki Al katkısının etkisini vurgulamaktır. CBN kesici takımlarla yüksek hızda frezeleme deneyleri farklı işleme şartları altında bir dik işleme merkezinde yapılmıştır (Liu et al. 2002).

Dökme demirlerin CBN kesici takımlarla işlenebilirliği üzerine Zhou ve Andersson tarafından yapılan çalışmada; kullanılan malzemenin karakteristik özellikleri dökülebilme ve üstün aşınma direncini içermesidir. Bununla birlikte, malzeme, kesici takımı aşındırmasından ve düşük termal iletkenliğinden dolayı zor işlenen malzemeler grubundandır. Bu çalışmada CBN kesici takımın kullanımı ile yüksek aşınma dirençli

dökme demirin (N-AR) işlenebilirliği için başlıca işleme şartları, muhtemel takım ömrü ve takım aşınmasının tespiti odaklı deney sonuçları incelenmiştir. Aynı zamanda, N-AR dökme demirin kesme kuvvetleri ve talaş morfolojisi, işlemedeki yüksek takım aşınma oranının nedenini açıklamak için incelenmiştir (Zhou and Andersson, 2007).

Sürekli olmayan kesme şartlarının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerinin belirlenmesine yönelik literatürde çokta fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda Chou ve Evans tarafından yapılan çalışmada; sertleştirilmiş M50 çeliği, sürekli olmayan kesme şartlarında CBN takımlarla işlenerek, takım aşınması incelenmiştir. Çalışmanın amacı; sürekli olmayan kesme esnasında, meydana gelen aşındırma mekanizması ve özellikle CBN kaplama üzerindeki etkisini belirlemektir. Elde edilen sonuçlar, CBN kaplaması yüksek(CBN-H) ile CBN kaplaması düşük(CBN-L) takımlar arasında önemli aşınma farklılıkları gözlemlenmiştir. CBN-H takımlarda kesme hızı yükseltildiğinde, takım ömründe sabit ivmeli bir düşüş meydana gelmiştir. Ayrıca CBN-H takımlar sürekli olmayan kesme şartlarında CBN-L takımlara göre daha az hassas olduğu sonucuna varılmıştır (Chou and Evans, 2000).

Sürekli olmayan kesme şartlarının kesici takımlarda iki yönde (radyal ve ilerleme) meydana gelen titreşimleri izole etmek amaçlı Al-Zaharnah tarafından yapılan çalışmada; optimum kontrol stratejisi uygulanmıştır. Kesici takım ve iş parçası arasındaki sabit bir nispi pozisyonu koruyarak; yani titreşimleri izole etme sonucunda, işlenen yüzeyin hem yüzey kalitesi hem de geometrik hassasiyetini iyileştirmede yardımcı olduğu varsayılmıştır. Kontrol stratejisinin performansı kesikli kesme şartlarında kesme işlemi kuvvet karakteristikleri altında test edilmiştir. İşleme prosesi için dinamik model, kesici takım üzerine kuvvetleri uygulamak için ortogonal (ilerleme ve radyal) yönlerde yerleştirilmiş iki özdeş Tefenol-D adı verilen mıknatıssal büzülümlü dönüştürücü erişim düzeneği kullanılmıştır (Al-Zaharnah 2006).

Sertleştirilmiş çelikler üzerinde kesikli ve sürekli tornalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkilerini ortaya koymak amaçlı Pavel ve diğerleri (Pavel et al. 2005) tarafından yapılan çalışmada; takım aşınmasının artmasıyla yüzey topografyasının oluşumunun yanında genel yüzey pürüzlülüğünün oluşumunu ilgilendiren yeni bulgular sunulmuştur. Çalışmada sert malzeme tornalama için az düşünülen iki iş parçası malzemesi

kullanılmıştır. Yanak aşınması ve işlenen yüzey arasında iyi bir bağlantı gözlenmiştir. Sürekli ve kesikli kesme durumları için farklı yüzey kalitesi oluşumuna dikkat çekilmiştir. PCBN (Polycrystalline Cubic Boron Nitride) kesici takım kullanılarak farklı frekanslardaki aralıklı kesme işlemi yapılmıştır. Dört farklı frekansa sahip iş parçası kullanılmış ve üç farklı tane büyüklüğüne sahip kesici takım kullanılmıştır. Her bir iş parçası için kesici takımlarda meydana gelen aşınma tipleri ortaya konulmuş. Ayrıca kesme mesafesine bağlı olarak takımda meydana gelen yanak aşınma değerleri de ölçülmüştür.

Choudhury ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada ise; farklı pah açısına sahip Sinterlenmiş karbür kesici takımlarla sürekli olmayan tornalama işlemi yapılmıştır. 800 mm çapında ve etrafında 4 kanal bulunan iş parçaları kullanılmıştır. Farklı kesme hızlarında ve pah değerleri için kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Çalışmanın temel odak noktası pah açısı ve uzunluğu olduğu için kanal sayısı ve genişliği değiştirilmemiştir (Choudhury et al. 2005).

Diniz ve diğerlerinin yapmış oldukları çalışmada; aralıklı ve yarı aralıklı olarak isimlendirdikleri alın tornalama işlemleri yapmışlardır. Çalışmada CBN kesici takım kullanılmış ve iş parçası olarak SEA 01 (58 HRc) seçilmiştir. Yarı aralıklı kesmede iş parçası alın yüzeyine delik açılmış iken, aralıklı kesmede ise alın yüzeye kanal açılmıştır. Üç farklı kesme hızı kullanılırken ilerleme ve talaş derinliği sabit tutulmuştur. Her bir iş parçası için paso sayısına bağlı olarak yan yüzey yanak aşınması değişimleri verilmiştir (Diniz et al. 2005).

Literatürde sürekli olmayan kesme şartları dikkate alınarak, sertleştirilmiş çeliklerin işlenebilirliğine dair birçok çalışma bulunmaktadır. Buna karşın literatürde sinterlenmiş karbür kesici takımlarla KGDD'lerin, sürekli olmayan kesme şartlarında işlenmesinin takım ömrüne olan etkilerini ortaya koyma amaçlı çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada, KGDD malzemesinin sürekli ve sürekli olmayan kesme şartlarında, iki farklı kesme hızı, iki farklı ilerleme ve iki farklı talaş derinliği parametreleri kullanılarak, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün değişimi ortaya konulacaktır.

2.1 Talaş Oluşum Mekanîği

Talaş kaldırma sırasında, takım tezgâhı-takım-iş parçası arasındaki ilişkinin kurulması kesme olayının iyi kavranmasını gerektirir. Bu bölümde kesme mekanîğinin kısaca açıklanmasına yer verilmiştir.

Talaş kaldırma, istenilen boyut ve biçimdeki parçaların üretilmesi amacıyla iş parçasından küçük parçalar kopartmak olarak tanımlanabilir. İş parçası üzerinden takım kesici kenarı aracılığıyla, bir kısım malzeme kaldırılacaktır. Talaş oluşumu için gerekli olan mekanizma; kesici kenarın hemen önündeki iş parçası üzerinde bölgesel kayma deformasyonunun gerçekleşmesidir (Şahin 2003).

Kesici kenar talaş kaldırma işlemi esnasında, iş parçası malzemesinin bir bölümünü deforme eder ve talaşı ayırır. Talaş olarak ayrılacak malzeme tabakası üzerindeki gerilmeler bu tabaka kesici kenara yaklaştıkça artar. Artan gerilmeler malzemenin akma sınırını geçtiği anda plastik deformasyon meydana gelir. Oluşan talaş biçimi iş parçası malzemesine kesme parametresine ve kesici geometrisine bağlı olarak farklılık gösterir (Çakır 1999).

2.1.1 Talaş Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Malzemelerden talaş kaldırmak için kesici takımın iş parçası malzemesinden daha sert olması, belirli bir kesme geometrisine sahip olması, uygun kesme parametreleri ve iş parçasının üzerine belirli bir yük uygulaması gerekir. İş parçası üzerinde uygulanan yük ilerleme doğrultusunda malzemeyi deforme etmeye çalışacaktır. İş parçası belirli bir bölgeye kadar deforme olduktan sonra, bünyesinden malzeme kaybedecektir. İşte bünyesinden kaybedilen bu malzemeye talaş denilmektedir. Talaş kaldırma sırasında kullanılan kesme parametreleri talaş oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Bu faktörleri;

- Kesme hızı, V (m/dak)
- Talaş derinliği, a (mm)

- İlerleme, f (mm/dev)
- Takım geometrisi,
- Titreşim durumu,
- Soğutma sıvısı,
- Takım/İş parçası malzeme çifti,
- Takım uç radyüsü, r (mm) gibi sıralamak mümkündür (Şahin 2003).

2.1.2 Talaş Kaldırmada Meydana Gelen Kuvvetler

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Bu sebeple, yıllardır araştırmacıların sürekli ilgisini çekmiş, pek çok araştırma yapılmış ve halende yapılmaktadır. Takım malzemelerindeki gelişmeler, özellikle 1930'lu yıllarda sert karbürlerin kullanılmaya başlanması ile birlikte, kesme hızları artmış daha kaliteli yüzeyler elde edilmeye başlanmıştır. Bilimsel gelişmelerle birlikte talaş kaldırma olayı operatörün kişisel tecrübelerine dayanan ampirik seviyeden bilimsel seviyeye çıkartılmıştır.

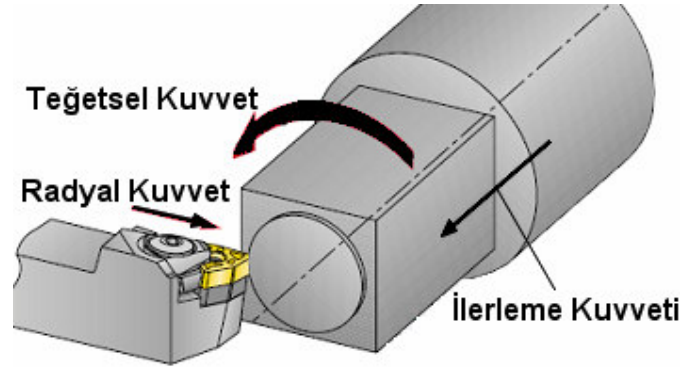
İmalatın kaliteli, emniyetli ve ekonomik olabilmesi için kesme esnasında oluşan kuvvetlerin hassas biçimde belirlenmesi gerekir. Bu sebeple kuvvet ölçümlerinin sağlıklı yapılması önem arz etmektedir.

Takıma gelen kuvvetlerin yeterli hassasiyette ölçülebilmesi için pek çok dinamometre tasarlanmıştır. Kullanılan tüm metotlar yük altında takımın elastik yer değiştirmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Şahin 2003).

Kesme kuvvetleri, işleme esnasında oluşan herhangi bir değişken tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değerleridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; ilerleme hızı, talaş derinliği (radyal ve aksel), kesme hızı, takım ve talaş geometrisi, iş malzemesi, takım-tezgâh çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama yöntemi, takım kesme yüzeyindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi

faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri, takım ömrü hakkında önemli bilgi kaynağıdır (Akkurt 1992).

Kesme kuvvetlerinin büyüklüğü takım / talaş arasında temas uzunluğuyla ilgilidir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğundan dolayı çok düşük kuvvetler meydana gelir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlarla takım/talaş arasındaki temas uzunluğu azaltılmak suretiyle kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisine de bağlıdır. Örneğin talaş açısı değerindeki artış hem ilerleme hem de kesme kuvvetini düşürür (Şahin 2003). Kesme performansı, takım aşınmasından büyük ölçüde etkilenmektedir. Kesme işlemi sırasında meydana gelen kuvvet ve kuvvet bileşenleri Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de verilmiştir.

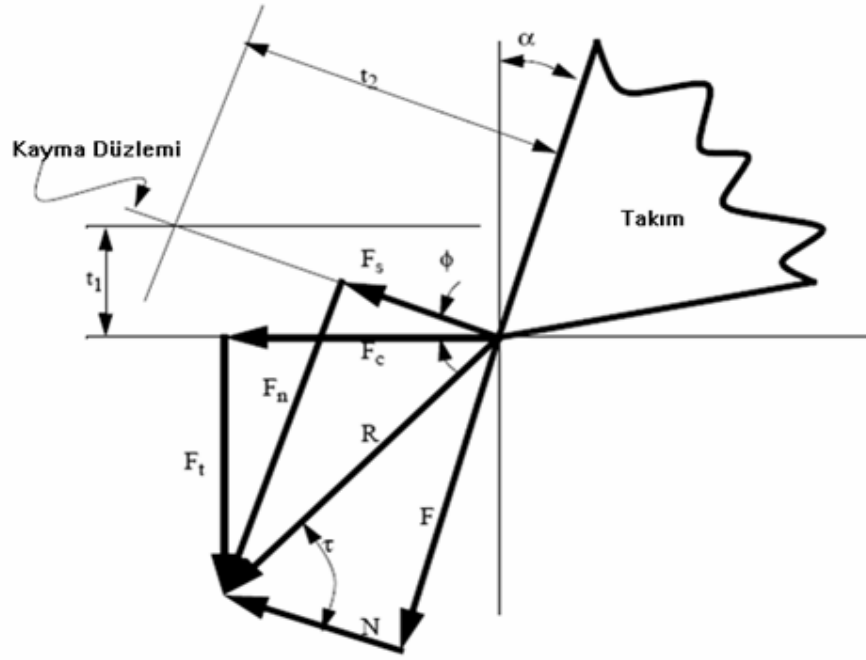


Şekil 2.1 Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler.

Esas Kesme (Teğetsel) Kuvveti: Dönmekte olan iş parçasına teğet bir yönde iş parçasının dönmesine karşı direnç gösteren kuvvettir.

İlerleme Kuvveti: Kayma (Kesilme) düzlemi boyunca etki eden, işin eksenine paralel yönde ve takımın ilerlemesine direnç gösteren kuvvettir.

Pasif Kuvvet: Radyal kuvvet veya takım kuvveti olarak ta bilinir ve iş parçası eksenine dik yönde etki eder.



Şekil 2.2 Takım üzerine etki eden kuvvetlerin iki boyutu olarak görünümü (İnt. Kyn.1)

- F_c** : Kesme kuvveti,
- F_t** : İlerleme kuvveti,
- F_s** : Kayma düzlemi üzerinde kayma kuvveti,
- F_n** : Kayma düzlemi üzerinde normal kuvvet,
- F** : Takım yüzeyi üzerinde sürtünme kuvveti,
- N** : Takım yüzeyi üzerinde normal kuvvet,
- R** : Bileşke kuvvet,
- t₁** : Deforme olmamış talaş derinliği,
- t₂** : Deforme olmuş talaş genişliği,
- α** : Talaş açısı,
- Φ** : Kayma açısı,
- μ** : Sürtünme katsayısı,
- τ** : Sürtünme açısı.

Kesme kuvvetleri Şekil 2.2 de görülen vektörler esas alınarak hesaplanabilir. Takım yüzeyi ve talaş arasındaki sürtünme katsayısı teorik olarak bulunabilir;

$$\frac{F}{N} = \tan \tau = \mu \quad (2.1)$$

Trigonometrik olarak;

$$F = Ft.\cos \alpha + Fc.\sin \alpha \quad (2.2)$$

$$N = Fc.\cos \alpha - Ft.\sin \alpha \quad (2.3)$$

$$Fs = Fc.\cos \phi - Ft.\sin \phi \quad (2.4)$$

$$Fn = Fc.\sin \phi + Ft.\cos \phi \quad (2.5)$$

2.1.3 Takım Ömrü

Takım ömrü, yapılması gereken bir işlemden belirlenen bir koşulu kabul edilebilir standartlarda yerine getiremeyecek derece aşınması ile sınırlıdır. Takımın yerine getirmesi gereken koşullar; istenilen yüzey kalitesinin ve boyut hassasiyetinin sağlanması ve talaş kontrolüdür. Genellikle takımın ömrü ucun veya kenarın kırılması ile sona erer. Takım ömrünün sonunda, hatalı parça üretimi veya takımın kırılma noktasından hemen önce kesici kenar değiştirilir. Takım ömrünün tamamlanması; ucun kırılması değil ucun aşınmasıdır.

Kesici kenarın ne zaman aşındığının belirlenmesi için doğru tanımların yapılması gerekmektedir. Kesme işleminin şekli ve takım malzemesi, kesme parametreleri dışında aşınma zamanını etkileyen temel unsurdur. Kesici takım istenilen yüzey kalitesi ve ölçü tamliğini kabul edilebilir sınırlarda tutamıyorsa, daha fazla talaş kaldırma işleminde kullanılamaz. Bu noktada takım ömrünü tamamlamış sayılır.

Takım ömrü, genellikle belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak iki bileme arasında geçen etkili çalışma zamanı olarak tanımlanır. Ancak diğer bazı işlemlerde planyalama-vargellemede işleme uzunluğu olarak belirtilirken frezelemede ise kaldırılan talaş hacmine göre ifade edilir. Takım ömrü esas itibarıyla aşınma olayına bağlı olduğundan aşınmaya etki eden faktörler; takım malzemesi, iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısı gibi

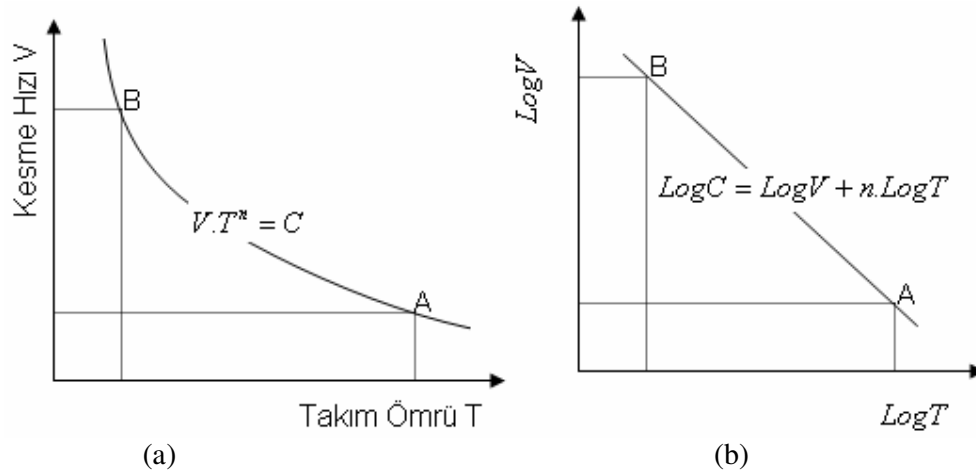
faktörler takım ömrünü de etkilemektedir. Ancak bunlardan en önemlisi kesme hızıdır (Şahin 2003).

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı(V) ve takım ömrü(T) arasındaki ilişkiyi iyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup denklem 2.6'da verilen ampirik ifade ile kesme hızı takım ömrü arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır.

$$V.T^n = C \quad (2.6)$$

Bu eşitlikte; n: Takım üssünü göstermekte olup, verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlı bir katsayıdır. Yine burada; V: Kesme hızı, T: Takım ömrü ve C: özellikle ilerlemeyi ihtiva eden tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir.

Kesme hızının artması, takım talaş ara yüzünde sürtünmenin dolayısıyla sıcaklığın artmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda takım aşınması daha çabuk gerçekleşecek ve takım ömrü azalacaktır. Şekil 2.3'de takım ömrü kesme hızı ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) Lineer ilişki, (b) Logaritmik ilişki.

Grafikten görüldüğü üzere takım ömrü ile kesme hızı arasında ters bir ilişki söz konusudur. Artan kesme hızı takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Grafik

logaritmik olarak ölçeklendirildiğinde, belirli bir eğime sahip düz doğru elde edilir. Bu doğrunun eğimi n katsayısına karşılık gelmektedir. Bu grafikten (n) değerini hesaplamak mümkündür. A (V_1, T_1) , B (V_2, T_2) koordinatları için değerler yerine konulduğunda (n) eğimi şöyle hesaplanabilir.

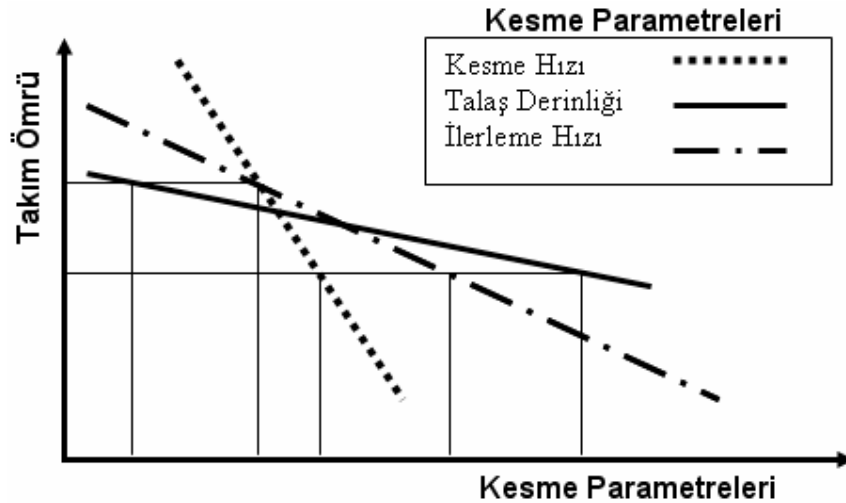
$$n = \tan \alpha = \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log T_2 - \log T_1} \quad (2.7)$$

Takım ömrü formülüne logaritmik işlem uygulandığı takdirde; C katsayısını elde etmek mümkündür. Buna göre;

$$\log C = \log V + n \cdot \log T \quad (2.8)$$

şeklinde olur.

Büyük talaş derinliği, yüksek ilerleme hızı ve orta kesme hızı kullanarak verim optimize edilebilir. Eğer güç sınırlayıcı bir faktör ise, kesme hızı operasyonu, tezgâh işleme kabiliyeti sınırlarına sokacak şekilde düşürülmelidir. Şekil 2.4 de kesme parametrelerinin takım ömrüne olan etkileri görülmektedir.



Şekil 2.4 Takım ömrü - Kesme parametreleri ilişkisi.

Şekil 2.4'den görüldüğü üzere takım ömrünü en fazla etkileyen parametre kesme hızıdır. Buna karşın takım ömrünü en az etkileyen kesme parametresi ise talaş derinliğidir.

Talaş derinliğinin takım ömrüne etkisi diğer parametrelere göre daha azdır. Takım ömrü üzerinde en etkili kesme parametresi kesme hızıdır. Kesme hızının %50 arttırıldığında takım ömründe yaklaşık %90 azalma meydana gelmektedir. İlerlemenin artırılması durumunda ise takım üzerine etkiyen kuvvetlerin artmasından dolayı takım ömrünü önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.1.4 Takım Aşınması

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takım ömrünü tamamlanincaya kadar devam eder. Kesici kenar ömrü genellikle dakika olarak ifade edilir. Günümüzde takım ömrü, geliştirilen yeni nesil kesicilerle arttırılmıştır. Özellikle CBN ve PCD gibi yüksek mukavemet ve sıcak sertliğe sahip takımlarla işleme maliyeti daha da aşağılara çekilmiştir.

Talaş kaldırma esnasında kesici takım ile iş parçası sürekli temas halindedir. Takım ve iş parçasının sürekli temas halinde bulunması nedeniyle sürtünme kaçınılmazdır. Sürtünme sonucunda ise takımda istenmeyen bir durum olan aşınmalar meydana gelmektedir.

Talaş kaldırma işleminde düşünülmesi gereken en önemli faktörlerden birisi takım ömrüdür. Takım körlenmesi sonucu bileme veya değiştirilme maliyetleri yüksek olduğundan, çok kısa takım ömrüne sahip olan takımlar ekonomik olmayacaktır. Bir başka açıdan bakıldığında; uzun takım ömrü elde etmek için çok düşük kesme hızı ve ilerlemenin kullanılması, üretim hacmini düşüreceğinden dolayı ekonomik olmayacaktır.

Aşınma kesme hızıyla doğru orantılıdır. İşleme esnasında takım aşınır ve bu durum iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü, ölçü tamlığını olumsuz etkiler ve kesme kuvvetlerinin artmasına neden olur. Uygun seçilmemiş kesme parametreleri, takım geometrisi, takım cinsi ve çalışma şartları takım aşınmasına davetiye çıkaracaktır.

Takım aşınması, hassasiyet, yüzey kalitesi, verimlilik ve maliyete olan etkisinden nedeniyle talaşlı imalatla göz önünde bulundurulması gereken en önemli kriterlerden biridir. Takım ömrü analizlerinde en sık kullanılan modelleme Taylor tarafından geliştirilmiştir. Takım aşınma türlerinden olan yan yüzey yanak aşınmasında Taylor'un takım ömrü denklemi kullanılmaktadır.

Takım aşınması kaçınılmazdır ve hattı zatında negatif bir süreç değildir. Kabul edilebilir bir süre zarfında bir kesici kenarla kayda değer ölçüde talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilmesi pozitif bir süreçtir. Aşınmanın olup olmaması değil, olduğunda ne kadar ve hangi tipte olduğu önemlidir. Sadece beklenmeyen kırılma veya takım hatası oluştuğunda negatiflik söz konusudur. Modern kesici takım malzemelerinin doğru uygulanmasıyla talaş kaldırma sadece daha verimli ve daha ekonomik değil aynı zamanda güvenilir ve önemli ölçüde önceden kestirilebilir olmuştur.

2.1.4.1 Takım Aşınması Yük Faktörleri

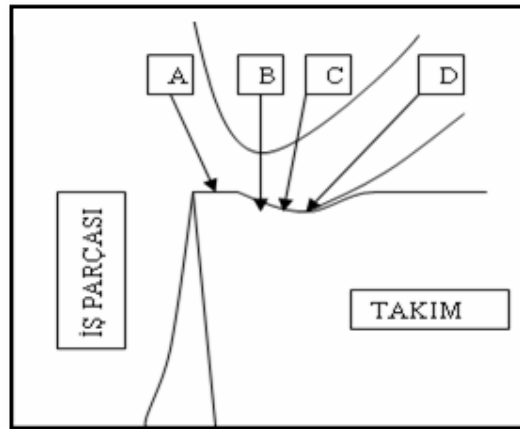
Takım aşınması, kesici kenar üzerindeki yük faktörlerinin bir kombinasyonunun ürünüdür. Kesici kenar ömrü, takım geometrisini değiştirmeye çalışan çeşitli yüklerle belirlenir. Aşındırmada etkili temel yük faktörleri şunlardır;

- Mekaniksel yükler,
- Termal yükler,
- Kimyasal yükler,
- Aşındırıcı yükler.

Mekanik yüklerin statik bileşenlerinden başka, talaş biçimlenme sürecinin kendinden oluşan çeşitli dinamik yüklerde söz konusudur. Bunların en önemlileri; değişen talaş derinliği ve kesintili (sürekli olmayan) işlemeden kaynaklananlardır.

Talaş kaldırma oluşan ısının %80'i talaşla uzaklaştırılır. Takım-talaş temas boyunun artması ise takımda meydana gelen sıcaklığın artmasına neden olacaktır. Artan sıcaklık ise takımda bazı aşınma mekanizmalarının aktif hale gelmesinde etkili rol oynayacaktır. Bu mekanizmalardan bazıları; ısının etkisiyle sertlikteki azalma ve difüzyondur. Özellikle difüzyon aşınma mekanizması yüksek sıcaklıklarda oldukça önemli rol oynar. Talaş oluşumu ve biçimlenme süreci, devamlı olarak yeni bir metal ara yüzeyi oluşturması anlamı taşır ve talaş biçimlenmesi sırasında takım malzemesi boyunca hayli yüksek sıcaklık ve basınçta zorlama sonucu oluşan bölgeler metallerin kimyasal reaksiyonları ve difüzyon için oldukça uygun bir ortam hazırlar.

Pek çok iş parçası malzemesinin işlenmesi sırasında sertlikleri takım malzemesi ile karşılaştırılabilecek kadar yüksek çeşitli tipte oldukça sert partiküller görülür. Daha sonra bunlar takım üzerinde taşlamadan daha çok aşınma etkisi oluştururlar. Şekil 2.5'te bir kesici takıma etkiyen yüklerin konumu şematik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.5 Takım üzerine etkiyen yük bölgeleri: A) Mekanik, B) Termal, C) Kimyasal, D) Aşındırıcı yük bölgeleri

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerindeki etkili olan yük faktörlerinin bir sonucu olarak bazı temel aşınma mekanizmalarının ortaya çıktığı yukarıda kısmen değinilmiştir. Bu mekanizmalar literatürde beş başlık altında toplanmıştır;

- Abrasyon (Aşındırıcılarla) aşınma /Abrasiv aşınma,
- Difüzyon aşınma (Atomik yer değiştirme),
- Oksidasyon aşınma,
- Yorulma ile aşınma (Statik veya Dinamik),
- Yapışma ile (Adhezyon) aşınma / Adhesiv aşınma.

2.1.4.2 Takım Aşınma Türleri

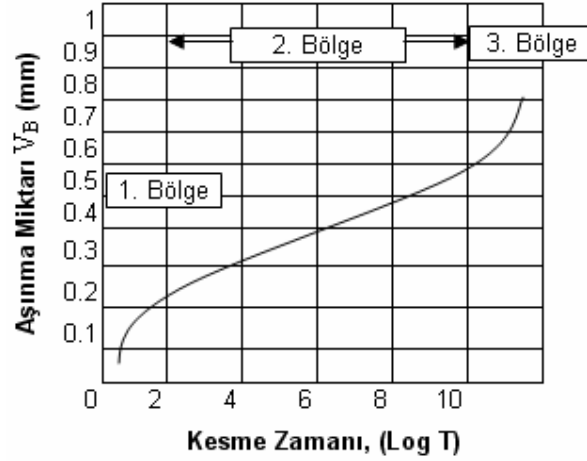
Aşınma mekanizmalarının bir sonucu olarak kesici takımda bir takım aşınma türleri meydana gelir. Aşınma tipi bir veya birkaç aşınma mekanizmasının etkili olması sonucu ortaya çıkar. Bununla birlikte kesme esnasında sadece tek tip bir aşınma değil birden fazla aşınma tipi de gözlemlenebilir. Bu seçilen kesme parametreleri ve takım iş malzeme çiftiyle doğrudan alakalıdır. Literatürde deneysel çalışmalarda gözlemlenmiş aşınma tiplerini bulmak mümkündür. Bunlar içerisinde en çok karşılaşılan yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması ve talaş yığılması (BUE) dır.

2.1.4.2.1 Yan Yüzey (Yanak) Aşınması

İsminden de anlaşılacağı üzere kesici kenarın yan yüzeylerinde (yanaklarında) genellikle abrasiv aşınma mekanizmasından kaynaklanan bir aşınma tipidir. Bu tip aşınma genelde karşılaşılabilecek en normal aşınma tipidir. Genellikle emniyetli- sürekli artan bir yanak aşınması sağlamak en ideal durum olarak kabul edilir.

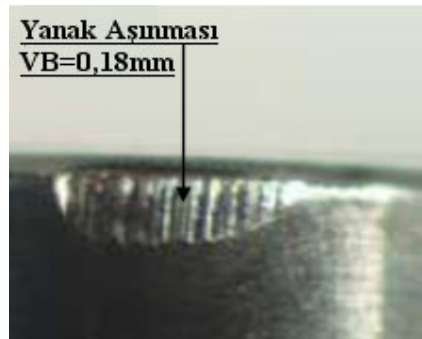
Aşınma bölgesinin alanı, aşınma miktarının bir ölçümü olarak alınır ve bir optik mikroskop yardımıyla belirlenir. Aşınma alanının genişliği farklı takım malzemeleri için belirlenebilir. Bu kriter belli bir değere ulaştığında takım bilenmez veya

değiştirilmez ise takım kırılabilir. Şekil 2.6'da yanak aşınma miktarının zamanla değişimi verilmiştir. Buradan görüleceği üzere 2. aşınma bölgesi takımın normal çalışma bölgesidir. Aşınmış takım iş parçasına karşı titreşim meydana getirerek aşırı sürtünmeye ve kötü yüzey kalitesine neden olur. Bu durumda yüksek ısının ortaya çıkması ve takımın deformasyona uğraması söz konusudur.



Şekil 2.6 Yanak aşınma miktarının zamanla değişimi.

İş parçasının yapısındaki sert karbürler ve alümina artıklar mevcut ise veya döküm yüzeyindeki kum tanecikleri nedeni ile sinterlenmiş karbür takımlar yanak aşınmasına maruz kalırlar. Abrasiv aşınma direncini arttırmak için kesme hızını azaltmak, kobalt içerikli ve daha ince dokulu kaplamalı, yüksek aşınma dirençli, yaklaşma açısı küçük takım kullanmak çözüm olabilir. Yanak aşınması kesici takım malzemesinin sertliğiyle ilgilidir. Daha sert takım malzemeleri daha büyük yanak aşınması direncine sahiptirler.

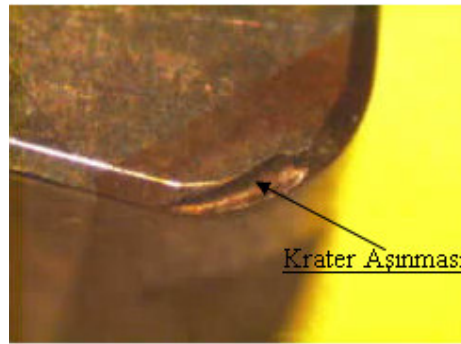


Resim 2.1 Kesici takım yanak aşınması (Zhou and Andersson 2007).

2.1.4.2.2 Krater Aşınması

Krater aşınması veya çukur aşınma olarak bilinen aşınma tipi, talaş yüzeyinde abrasiv ve difüzyon aşınma mekanizmaları nedeniyle oluşur. Krater ya sert parçacıkların aşındırma etkisiyle veya takım ile talaş malzemesi arasında difüzyon etkisiyle takım malzemesinin talaş yüzeyinden ayrılmasıyla şekillenir, oluşur.

Krater aşınması genellikle krater derinliği veya krater oranı olarak ölçülmekte olup, krater gerçek kesici ucun bir miktar gerisinde oluşur. Kesme işlemi esnasında sıcaklık kesici kenarda daha az fakat kraterin olduğu bölgede daha yüksektir. Talaş yüzeyi aşınması; kesme hızı, ilerleme, üst talaş açısı, talaş derinliği, yaklaşma açısı ve boşluk açısından etkilenir. Bu aşınma, talaş yüzeyi ile takım üzerinden akan sıcak metal talaş arasında kimyasal etkileşim sonucu meydana gelir ve bu etkileşim takım malzemesinin talaş içerisine difüzyonunu meydana getirebilir. Talaş kaldırma esnasında kesme hızı ve ilerlemenin artması takım/talaş ara yüzeyindeki sıcaklığı artırır. Yüksek kesme hızlarında takım talaş yüzeyindeki sıcaklık artışları, takım talaş ara yüzeyindeki sürtünmeyi azaltır. Takım yüzeyindeki yüksek sıcaklık ise krater aşınmasını artırır. Krater aşınmasının bir diğer nedeni talaş derinliğinin artmasıyla birlikte, takım yüzeyine talaşla birlikte etkiyen kuvvet ve basınçta artma meydana gelir. Basıncın artması aşındırıcı taneciklerin takımı aşındırması ve talaş yapışmasını artırır. Yapışan talaşlar bir müddet sonra kopar ve kopma esnasında takım malzemesinden bir miktar kopartarak krater aşınmasını artmasına neden olur. Krater aşınmasının belirli bir değerin üzerine çıkması halinde kesici kenar geometrisi değişir ve uç zayıflar.

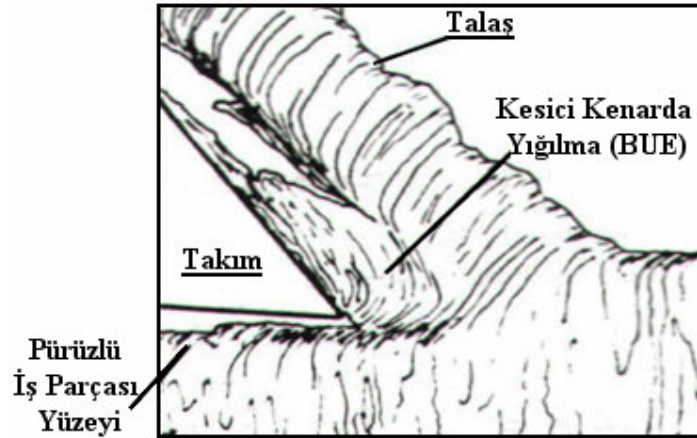


Resim 2.2 Kesici takımda meydana gelen krater aşınması (İnt. Kyn. 5).

Yüksek sertlik, kızıl sertlik ve malzemeler arasındaki minimum yatkinlık (afinite), krater aşınması eğilimini azaltabilir. Krater aşınmasını önlemek için kaplamalı takımlar kullanmakta bir çözüm olabilir. Ayrıca pozitif uç geometrisinin seçilmesi, kesme hızının ve talaş derinliğinin azaltılması çözüm olarak sunulabilir

2.1.4.2.3 Kesici Kenarda Yığılma (BUE)

Kesici kenarda yığılma oluşması genelde sıcaklık ve onunla ilişkili olan kesme hızının etkisindedir. Ancak kesici kenar erimesi ve diğer aşınmaların bir sonucu da olabilir. BUE kesici kenar geometrisinde negatif bir değişikliğe sebep olur ve aynı zamanda takım malzemesi BUE biçimindeki kaynaklanmış malzemeyle kopup uzaklaşabilir. Düşük sıcaklık ve yüksek basınçlar iş malzemesinin talaştan takımın talaş yüzeyine basınç kaynağı yapmasına (adhezyon) sebep olur. Kesme esnasında düşük kesme hızı, negatif uç geometrisi seçimi ve yüksek sünekliğe sahip malzemelerin işlenmesi BUE oluşumunun en olası sebepleri arasında sayılabilir. Kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesi arasındaki yapı benzerliği (afinite) de BUE oluşumunda önemli rol oynar. Kesikli talaş oluşumunun da yığılma kenar oluşumuna etki ettiği literatürde bildirilmektedir. Şekil 2.7’da kesici kenarda talaş yığılması gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Kesici kenarda talaş yığılması (BUE).

BUE oluşumunu engellemek amacıyla kaplamalı ve daha tok kesici takım seçimi, kesme hızının arttırılması, pozitif uç geometrisinin seçimi ve soğutma sıvısının kullanımı yığma kenar oluşumunu engellemeye yönelik tedbirler arasındadır. Ayrıca, dökme demirlerin işlenmesi esnasında BUE oluşumunu engellemek amacıyla, kobalt takviyeli tungsten karbür esaslı kesici takımlar tavsiye edilmektedir.

2.2 KGDD Malzemelerin Genel Özellikleri

2.2.1 Küresel Grafitli Dökme Demirin Mikro Yapısı

KGDD olarak bilinen bu malzeme, dökme demir türleri içerisinde en dayanıklı ve tok olanıdır. Dökme demir kırılındır. KGDD ise diğer dökme demirlerden farklı olarak sünektir. Dökme demirin iyi bilinen dökülebilirlik, işlenebilirlik, yüklenme kapasitesi ve üretim özellikleri gibi özelliklerine ilave olarak KGDD’lerde geniş mukavemet aralıkları, aşınma direnci, yorulma direnci, tokluk ve süneklik özellikleri vardır. Korozyona karşı dayanıklıdır. Dökülecek parçaların konstrüksiyon (kesit dağılımı) bakımından sınırlandırılmasına gerek yoktur. KGDD çok yerde gri dökme demir, dökme çelik ve demir olmayan metal alaşımlarının yerine kullanılmaktadır. KGDD’ler; “nodular cast iron, ductile iron (DI), fonte spheroidale graphit (SG), kufelgrapfit gusseisen, spheregus” isimleri ile birçok ülkede tanınır. Türk standartlarındaki adı ise ‘**Küresel Grafitli Dökme Demir**’ dir. Rumuzu “DDK” dir. Bu harflerin sonuna gelen rakamlar ise kg/mm^2 olarak minimum çekme mukavemetini gösterir (MEGEP, 2006).

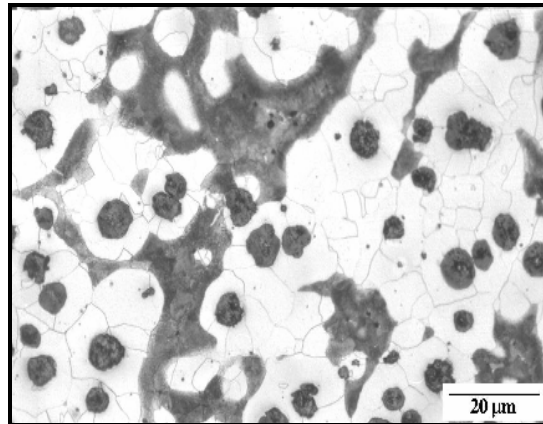
Küreleştirici elementin ve kükürdün dışında, bileşimdeki karbon, silisyum, manganez ve fosforun alaşım özelliklerine etkileri, lamel grafitli dökme demirin özelliklerine etkileri gibidir. Bileşimde karbon miktarı arttıkça alaşımın dayanımı azalır. % 2 civarında silisyum, en iyi mekanik özellikleri verir. Fosfor, lamel grafitli dökme demirinde olduğu gibi KGDD’de de alaşıma kırılmalık veren bir elementtir. Bu nedenle fosfor miktarının en asgaride yani % 0,10 civarında tutulması zorunludur. Manganez karbürleştirici bir elementtir. Alaşımın sertliği ve kırılmalığını arttırmaması için bileşimindeki manganez miktarı % 0,5 oranında olmalıdır. Küreleştirici elementlerin

etkilerinin azalmaması için KGDD yapımında kullanılması en sınırlı olan element, kükürttür. Bileşimde 0,03' ten fazla bulunmamalıdır.

Yüksek sıcaklıklarda östenit yapıya sahip olan KGDD, 735 °C'nin altındaki sıcaklıklarda farklı bir yapıya sahiptir. Östenit içinde çözülebilen karbon (C) miktarı yaklaşık olarak % 1'dir. Karbon, ferrit içinde yok denecek kadar az çözünür. Bundan dolayı östenitin ferrite dönüşümü sırasında %1 karbon östenitten ayrışır. Ayrışan karbon grafit olarak oluşur ve mevcut küresel grafitler üzerinde katılır. Östenit içinde çözülen karbonun tamamı, küresel grafitte dönüşmeye zaman bulursa yapı ferritik ve bu yapı içinde gelişi güzel dağılmış küresel grafitlerden oluşur. Karbonun tamamı grafitte dönüşmemiş ise yapı ince karbür tabakaları şeklinde oluşur bu yapıya perlitik yapı denir. KGDD'in yapısında, yapı bileşenlerinden bir veya bir kaçını görmek mümkündür. Kimyasal bileşimi ve kullanım alanı bu yapıların oluşumunda önemli rol oynar.

2.2.1.1 Ferritik KGDD

Ferritik küresel grafitli dökme demir çok yüksek % uzama özelliğine sahiptir. Resim 2.3'de ferritik yapılı KGDD'in mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Fotoğraftaki beyaz renkli bölgeler ferritik yapıyı, küresel noktalar şeklindeki kısımlar küresel grafiti birbirine ekli durumdaki gri bölgeler ise perlitik yapıyı temsil etmektedir.



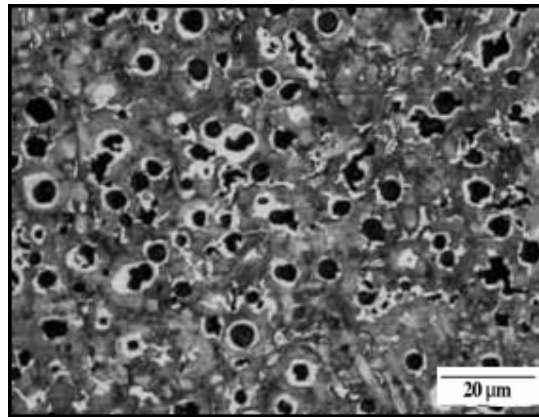
Resim 2.3 Ferritik KGDD'nin mikro yapısı

Burada ferritik yapı oranı yüksek olması nedeni ile ferritik yapılı KGDD olarak nitelendirilmektedir. Ferritik yapılı dökme demir yapımı için üç yol vardır.

- Sıvı dökme demire, ağırlığına göre uygun miktarda magnezyum alaşımı katmak,
- Perlitik KGDD'e ısıtılma işlemi uygulamak,
- Sıvı KGDD'in katılaşmasını çok yavaş bir şekilde yapmak.

2.2.1.2 Perlitik KGDD

Kesit kalınlıkları 50 mm. ye kadar olan döküm parçalarında görülen bir yapıdır. Alaşım serttir ve mekanik özellikleri iyidir. Birçok halde östenitten ayrılan karbon, grafitlerin bulunduğu bölgelere kadar hareket edemez ve orada katılaşmaya zaman bulamaz. Bu durumda grafitler ince karbür tabakaları şeklinde oluşur. Bu karbürli tabakalar ferrit yapının devamlılığını bozar. Ferrit ve karbür tabakaları devamlı olarak birbirine bitişik şekilde oluşur. Böyle yapıya perlit adı verilir. Resim 2.4'de perlitik KGDD'in mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Resimdeki %95 oranındaki gri bölgeler (perlitik yapı) çoğunluğu oluşturması nedeni ile yapı perlitik KGDD olarak anılmaktadır. Yine resimdeki siyah noktacık şeklinde görülenler küresel grafiti, küresel grafit etrafındaki beyaz görünümlü bölgeler ise ferritik yapıyı temsil etmektedir.

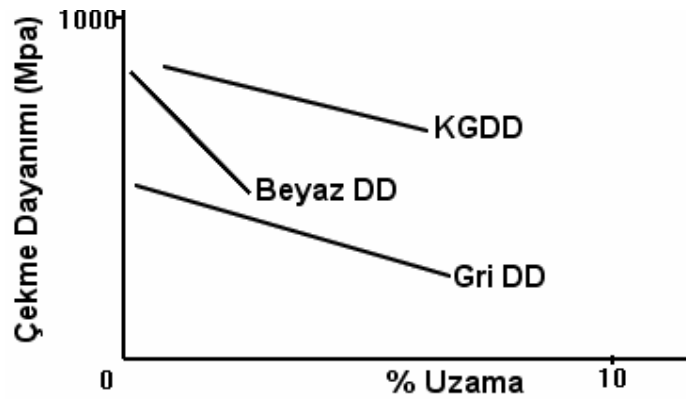


Resim 2.4 Perlitik KGDD'nin mikroyapısı

2.2.2 Mekanik Özellikler

KGDD'ler mekanik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında diğer dökme demir malzemelere göre daha üstün özellik gösterirler (Şekil 2.8). Bu üstünlük KGDD'e katılan alaşım elementleri ve miktarlarına, matris yapıya ve grafit şekline bağlıdır.

KGDD'lerde daha iyi mekanik özellikler elde edebilmek için küre sayısının mümkün olduğu kadar yüksek sayıda olması gerekir. Bu sayı ortalama 150–250 küre/mm² dir. Bu nedenle uygun sıcaklıkta, yeterli miktarda küreleştirici Magnezyum, Seryum (Mg, Ce) ve küreleşmeyi destekleyecek malzeme Sodyum, Kalsiyum (Na, Ca) kullanımı gerekmektedir. Sıvı metalin kükürt oranı, karbon eşdeğeri, diğer malzeme ve süreç değişkenleri küreleşme oranına etki etmektedir.



Şekil 2.8 KGDD'in diğer dökme demirler ile karşılaştırılması (Hasırcı 2000).

KGDD'nin basma mukavemeti çekme mukavemetinden daha yüksektir. Basmada %0,2 akma gerilmesi, çekmedeki %0,2 akma gerilmesinin yaklaşık 1,05 katıdır. Bu değer 1,2 katına kadar çıkabilir. Kayma mukavemeti, çekme mukavemetinin yaklaşık 0,9 katıdır. Elastisite modülü çekmede ve basmada 162–176 GPa arasında değişir. Bu aralıktaki değerler, grafitlerin küreselliği ve miktarıyla orantılı olarak değişmektedir. Poisson oranı ise çoğu KGDD için 0,275'dir. Çizelge 2.1'de T.S. 526'ya göre standardize edilmiş KGDD malzemelerin mekanik özellikleri verilmiştir. TSE standardında KGDD'ler DDK olarak ifade edilmekte ve Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere beş farklı sınıfta

değerlendirilmektedir. Çizelgeden görüleceği üzere yapıdaki perlit oranı arttıkça çekme dayanımı ve sertlik artmakta, buna mukabil kopma uzaması değeri önemli ölçüde düşmektedir.

Çizelge 2.1 KGDD’in teknik özellikleri (TSE 526).

TS-526	Çekme Dayanımı MPa	Kopma Uzaması % min.	Sertlik HB	Mikroyapı
DDK-40	420	12	140-201	Daha çok Ferritik
DDK-50	500	7	170-241	Ferrit + Perlit
DDK-60	600	3	192-269	Ferrit + Perlit
DDK-70	700	2	229-302	Daha çok Perlitik
DDK-80	800	2	248-352	Perlitik

2.2.3 KGDD’lerin İşlenebilirliği

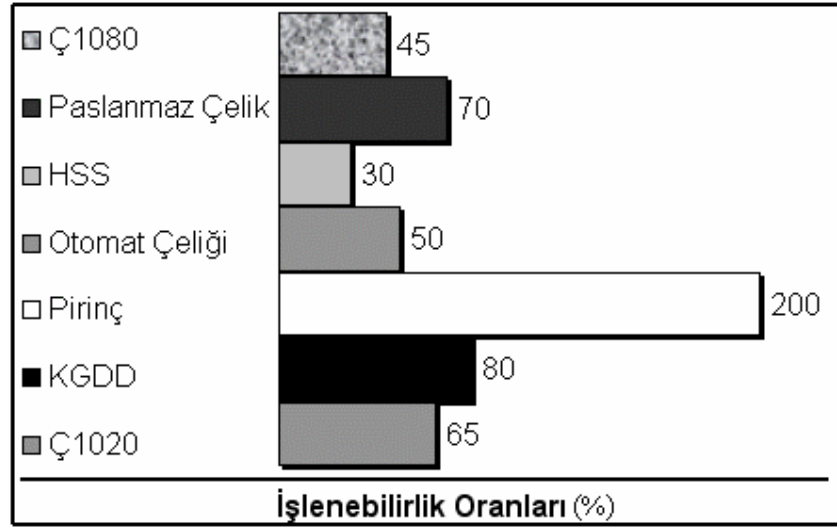
İşlenebilirlik, standardize edilmiş bazı işleme parametrelerine göre genel anlamda tanımlanma imkânı olmayan bir terimdir. Genellikle, iş parçası malzemesinin ne kadar kolay işlenebileceği veya bir kesici takımla iş parçasını istenilen biçime getirilmesindeki ihtiyaçlar anlamında, işlenebilme yeteneğidir. Bir başka tanım “talaş kaldırma metotları ile parçaların tatmin edici ve kolay işlenebilmesi veya üretilebilmesi” olarak ifade edilmiştir (Şahin 2003). Orta karbonlu çelik ile karbon oranı yüksek, alaşımlı çelik karşılaştırıldığında orta karbonlu çelik daha kolay işlenir. Aynı zamanda yapışma eğilimli, düşük karbonlu çeliklerin işlenebilirliği, paslanmaz çeliklerden daha düşüktür. Ancak değişik işleme metotları, malzeme ve kesici takım teknolojisindeki gelişmeler kolayca ölçülemeyen ve karşılaştırılamayan işlenebilirliği belirlemeye yöneliktir. İşlenebilirliği tümünden kontrol altına alınabilmesi mümkün değildir. Ancak belirli tolerans sınırları içine çekilebilmesi söz konusudur.

Bir malzemenin işlenebilirliği, takım ömrü, kesme hızı, talaş kaldırma miktarı, kesme kuvveti ve gücü, yüzey kalitesi ve talaş şekli olarak değerlendirilir. İşlenebilirliği belirli sınırlar arasında tutmak için işlenebilirliğe doğrudan ve dolaylı olarak etki eden tüm

üretim aşamalarının kontrolünü gerektirir. İşlenebilirliği olumlu ya da olumsuz etki eden faktörlerden kısaca özetlenirse;

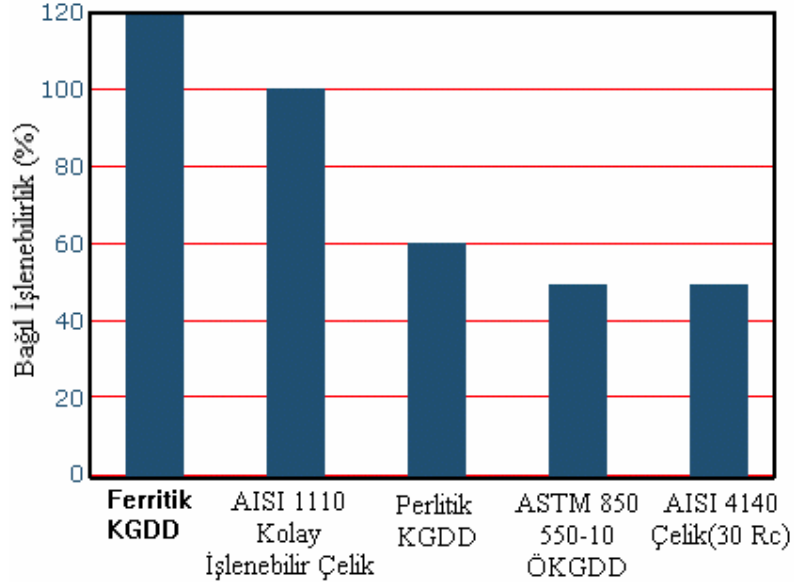
1. Mikroyapı (Ferritik, Perlitik veya Martenzit),
2. Mekanik özellikler (Çekme/Basma Mukavemeti, Elastisite Modülü, Sertlik ve %Uzama),
3. Isıl işlemler (Östemperleme, Yaşlandırma),
4. Alaşım elementi ilavesi; Alaşımlı KGDD(Ni, Mo, Cu), Alaşımsız KGDD

Şekil 2.9’da imalatı sıkça kullanılan malzemelerin işlenebilirlik yönünden karşılaştırılmıştır. Buradan da görüleceği üzere KGDD malzemelerin işlenebilirliği imalatı kullanılan birçok malzemeden daha iyidir. KGDD’in mekanik özellikleri ve döküm yöntemiyle istenilen konstrüksiyonun elde edilebilmesi gibi özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda imalat sektörünün birçok alanında kullanılmıştır.



Şekil 2.9 KGDD’lerin işlenebilirliğinin diğer malzemelerle karşılaştırılması.

KGDD'ler kendi içerisinde işlenebilirlik yönünden karşılaştırıldığında, ferritik yapıya sahip KGDD'lerin diğer KGDD'lere oranla en az iki kat daha iyi işlenebilirliğe sahip olduğu Şekil 2.10'da görülmektedir. Östemperleme işlemi ve perlitik yapı, KGDD malzemelerin işlenebilirlik özelliklerini önemli ölçüde düşürmektedir.



Şekil 2.10 KGDD'lerin işlenebilirliğinin diğer dökme demirlerle karşılaştırılması (Brandenberg 2002).

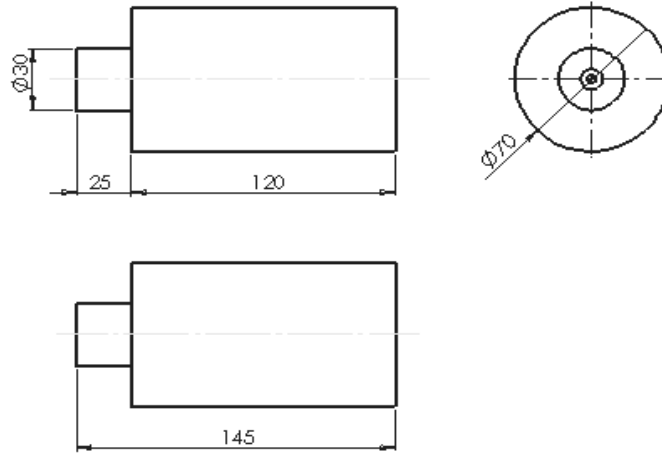
3. MATERYAL METOT

3.1 Giriş

Bu çalışmada KGDD malzemeler işlenerek, Sinterlenmiş Karbür takımların tornada sürekli olmayan kesme şartları altında takım ömrüne etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu testler için gerekli olan iş parçası malzemesi TS 526'ya göre dökülmüş Y bloktan çıkarılmıştır. Kesme işlemleri ISO standardına göre tek noktadan kesme yapan kesici takım kullanılarak yapılmıştır. Bununla birlikte takımda meydana gelen aşınmalar ISO 3685 standardına göre değerlendirilmiştir.

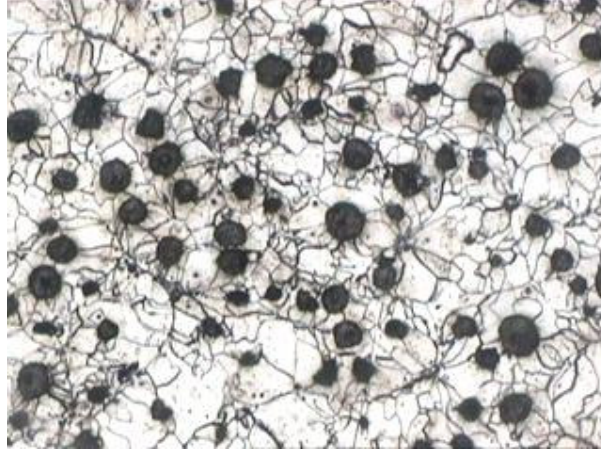
3.2 İş Parçası Numunelerinin Genel Özellikleri

Testlerde kullanılmak üzere Y bloklardan çıkartılan iş parçaları 70mm çap, 120mm işleme boyu ve 145mm toplam numune uzunluğu olmak üzere hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde talaş kaldırma işleminde sürekli olmayan kesme şartlarının elde edilebilmesi amacıyla, freze tezgâhında 10mm genişliğinde 20mm derinliğinde, kanallar açılmıştır. Çalışmada toplam 8 adet numune kullanılmıştır. Bu numunelerden 2 tanesi kanalsız, 2 tanesi tek kanallı, 2 tanesi çift kanallı ve 2 tanesi de dört kanallıdır. Resim 3.1'de kanal açılmamış numuneye ait resim görülmektedir.



Resim 3.1 Kanal açılmamış numuneye ait geometrik boyutlar.

Deney numunesi üzerinden çekilmiş mikroyapı fotoğrafı Resim 3.2’de görülmektedir. Mikroyapı fotoğrafına göre değerlendirildiğinde yapının ferritik olduğu görülmektedir.



Resim 3.2 Deney numunelerine ait mikro yapı fotoğrafı.

3.3 Deney Numunelerinin Mekanik Özellikleri

Çekme deneyleri 100 KN kapasiteli Shimadzu AG-IS marka çekme cihazında yapılmıştır (Resim 3.3). Çekme deneylerinde her bir numune için üç ayrı çekme numunesi kullanılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Deneyler 3 mm/dk. çekme hızında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde kullanılan numunelere ait mekanik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi deney numunelerinin mekanik özellikleri malzemenin DDK 40 olduğunu göstermektedir. Sertlik ölçümü farklı numunelerden alınan parçalar üzerinde yapılmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Çizelge 3.1 Deney numunelerine ait mekanik özellikler.

Çekme Gerilmesi (MPa)	Akma Gerilmesi (MPa)	% Uzama	Sertlik HB
382	319	12,54	146,15



Resim 3.3 Çekme deneylerinin yapıldığı Shimadzu çekme cihazı.

Kesme deneylerinden önce kullanılan numunenin kimyasal kompozisyonunu tespit etmek amacıyla spektral analizi yapılmıştır (Çizelge 3.2). Yapılan analiz neticesinde yapı içerisinde Ni, Mo, Cu ve W gibi alaşım elementlerine rastlanmamıştır. Bu da dökümü gerçekleştirilen numunelerin alaşımsız KGDD olduğunu göstermektedir.

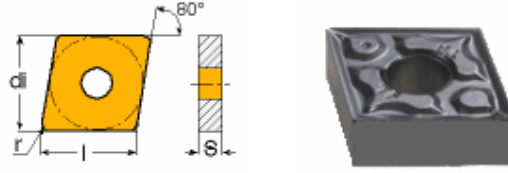
Çizelge 3.2 Deneylerde kullanılan numunelerin kimyasal kompozisyonu.

Spektral Analiz Raporu							
Element	%	Element	%	Element	%	Element	%
C	3,51	P	0,031	Mo	0	Co	0,013
Si	2,35	S	0,0065	Ni	0,013	Cu	0,18
Mn	0,07	Cr	0,017	Al	0,002	Sn	0,0065
Mg	0,048	V	0,02	W	0	Fe	93,77

3.4 Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Numunelerin işlenmesinde Sinterlenmiş Karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kullanılan takımlar ISCAR firmasından tedarik edilmiştir. Takım geometrisi olarak CNMG 120404-TF IC907 P10-P30, M05-M20, K— serisi takım kullanılmıştır. Takım tutucu olarak PCLNR 2525 M-12 kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Kesici takımlar 80° baklava biçimli, talaş açısı 13°, boşluk açısı 0° ve 0,4 mm uç yarıçapına sahiptir.

Çalışmada kullanılan kesici takım Resim 3.4’de görülmektedir. Ayrıca kesici takıma ait geometrik boyutlar Çizelge 3.3’de verilmiştir.

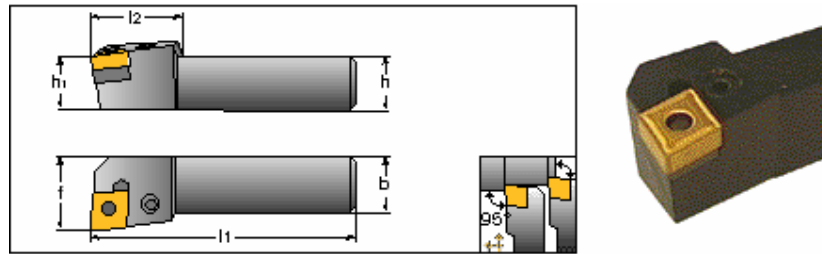


Resim 3.4 Deneylerde kullanılan kesici takım.

Çizelge 3.3 Kullanılan kesici takıma ait geometrik boyutlar.

Gösterim (ISO)	Sınıf	l	di	S	r
CNMG 120404 - TF	IC907	12,90	12,70	4,76	0,40

Tornalamada yaklaşma açısı takım ömrü açısından önemlidir. Talaş genişliği ve talaş derinliği oranı arttıkça talaş ince ve uzun olurken, bu oran azaldıkça talaş kalın ve kısa olur. Yani, talaş genişliği / talaş derinliği oranı azaldıkça takım daha az aşınır ve aynı takım ömrü için daha yüksek kesme hızları seçilebilir. Resim 3.5’te kesme işlemlerinde 95° yaklaşma açısına sahip takım tutucu kullanılmıştır. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Çizelge 3.4’te verilmiştir.



Resim 3.5 Deneylerde kullanılan takım tutucu.

Çizelge 3.4 Kesici takım tutucu geometrik boyutları.

Gösterim (ISO)	h	h1	b	l1	l2	f	Ga°	Gr°
PCLNR 2525 M-12	25	25	25	150	30	32	-6	-6

İşlenebilirlik testleri silindirik biçimli KGDD numunelerden talaş kaldırılarak gerçekleştirilmiştir. Kesme işlemi parametreleri Çizelge 3.5’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere iki farklı kesme hızı ve ilerleme değeri kullanılmıştır. Ayrıca talaş derinliğinin etkisini gözlemlemek için iki farklı talaş derinliği alınmıştır.

Çizelge 3.5 Talaş kaldırma operasyonları için kesme parametreleri.

Kesici Takım	Kesme Hızı $V = \text{m/dak}$	İlerleme $f = \text{mm/dev}$	Talaş Derinliği $a = \text{mm}$	Soğutma Sıvısı
Sinterlenmiş Karbür	240	0,11	1	Soğutma sıvısı kullanılmamıştır.
	240	0,32	1	
	240	0,32	2	
	340	0,11	1	
	340	0,32	1	
	340	0,32	2	

Tüm aşınma testleri ISO 3685’e göre yapılmış ve $V_B = 0,3$ mm kriteri baz alınmıştır. Her 40mm’de takımlarda meydana gelen yanak aşınması ve numuneler üzerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür.

3.5 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Torna tezgâhında talaş kaldırılmak suretiyle işlenen numunelerin yüzey pürüzlülüğü değerleri, Perthometer M2 (Mahr) marka, pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Resim 3.6). Yüzey pürüzlülüğü değerleri, her 40mm kesme işlemi sonunda yüzey pürüzlülük cihazı ile 40mm mesafenin 3 farklı noktasından elde edilen Ra değerlerinin aritmetik ortalaması, yüzey pürüzlülük değeri olarak alınmıştır. Kullanılan cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir. Her 40 mm’de yüzey pürüzlülüğün ölçülmesindeki amaç ise; takımdaki aşınma ile Ra değerindeki değişimi gözlemlemektir.

Çizelge 3.6 Yüzey pürüzlülük cihazı teknik özellikleri.

Model	Perthometer M2 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Yoklayıcı Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Pürüzlülük Ölçme Uzunluğu	5,6 mm

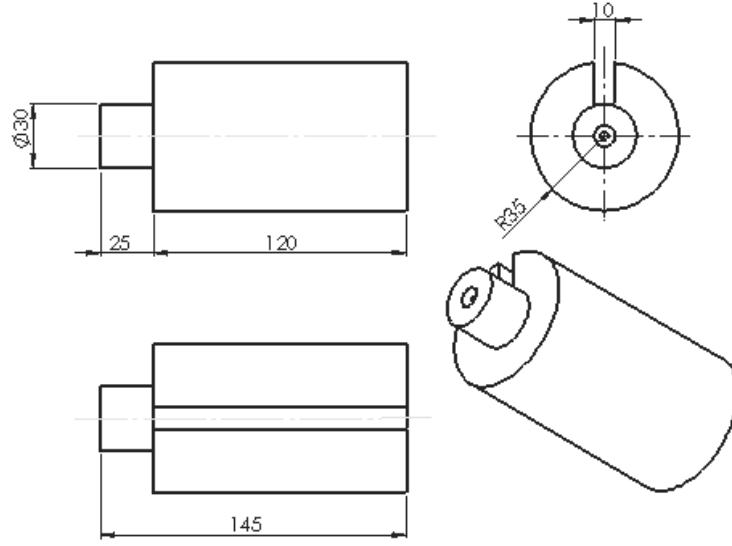


Resim 3.6 Mahr yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı.

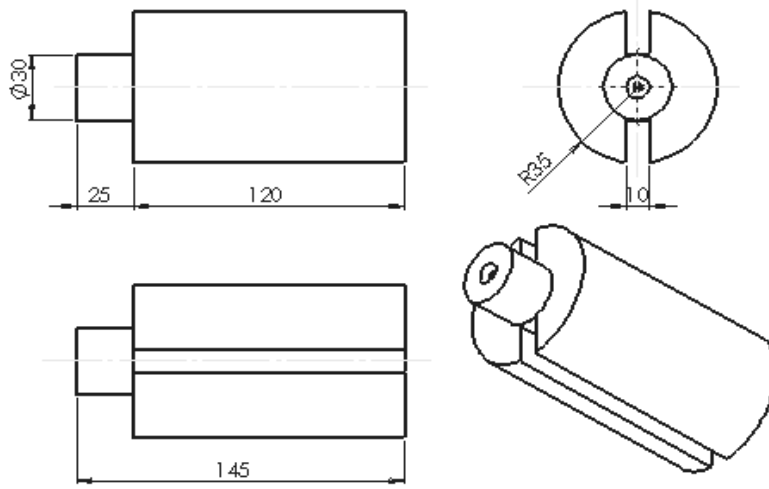
3.6 Sürekli Olmayan Kesme İşlemi Parametreleri

Tornalama esnasında sürekli olmayan kesme şartları sağlamak amacıyla numuneler üzerine frezede kanallar açılmıştır. Kanallar 10 mm genişliğinde 20 mm derinlikte 1, 2 ve 4 kanallı olmak üzere açılmıştır. Hazırlanan numuneler ve numunelere ait geometrik boyutlar Resim 3.1, Resim 3.7, Resim 3.8 ve Resim 3.9’da verilmiştir. Ø30 mm.lik kısım numuneyi tornaya bağlamak için kullanılmıştır. Ayrıca diğer alın yüzeylerde punta deliği açılarak numune ayna punta arasında işlenmiştir. Kanal genişliğinin takım aşınması üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada; takım aşınması daha

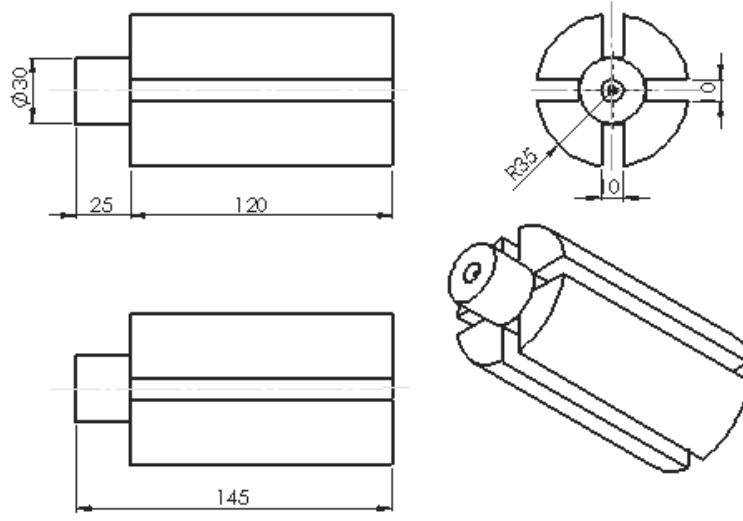
çok kanal sayısından etkilendiği ve kanal genişliğinin çokta etkisinin olmadığı vurgulanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada da kanal genişliği sabit alınmıştır.



Resim 3.7 Tek kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.



Resim 3.8 Çift kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.



Resim 3.9 Dört kanallı numuneye ait geometrik boyutlar.

4. DENEYSEL BULGULAR

4.1 Talaş Oluşum Şekilleri

Talaşlı üretimde, malzemeler işlenirken elde edilen talaş tipi genellikle; işlenen malzeme cinsi, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve talaş açısına bağlı olarak değişir. İşleme parametrelerine bağlı olarak en genel şekli ile üç tip talaş biçiminden söz edilebilir. Bunlar; akma talaş, yığma talaş ve kırık (kopuk süreksiz) talaş biçimleridir.

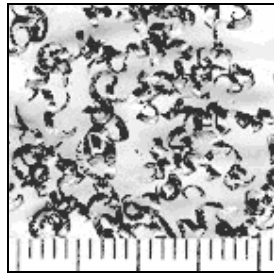
Akma talaş iş parçasından sürekli ve akıcı olarak ayrılan talaş tipidir. Genellikle sünek malzemelerin yüksek kesme hızlarında kesilmesi esnasında oluşur. Kesme süresince harcanan güç, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesi yönünden tercih edilen talaş tipidir. Ancak, işçi güvenliği, otomatik çalışmada kontrol problemleri ve çıkan talaşın işlenen yüzeyi çizmesi açısından olumsuz etkileri mevcuttur.

Yığma talaş, sünek ve yumuşak malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesi esnasında veya takım kesici kenarının kesiciliğini kaybetmeye başladığı andan itibaren oluşan talaş biçimidir. Takım talaş yüzeyinde talaş yığılması, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün negatif yönde etkilemesi nedeni ile talaşlı imalatta istenmeyen talaş biçimidir.

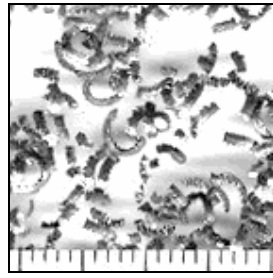
Kopuk talaş gevrek malzemelerden talaş kaldırılması esnasında meydana gelen talaş biçimidir. Talaş kısmen şekillendirilebildiğinden ilk bozulma bölgesinde kırılma meydana gelmekte ve bu bölgede talaş parçalara ayrılmaktadır. Dökme demir, pirinç, çinko porselen vb gibi malzemelerin işlenmesi esnasında bu tip talaş görülmektedir. Akma talaş için sözü edilen sakıncalar bu talaş biçiminde söz konusu değildir. İş güvenliği, yüzey pürüzlülüğü, kesilen talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılması gibi üstün özellikleri sebebiyle tercih edilen talaş biçimidir.

Bu çalışmada sinterlenmiş karbür kesici takımlarla iki farklı kesme hızı, iki farklı talaş derinliği ve iki farklı ilerleme parametreleri kullanılarak KGDD malzemesi işlenmiştir. Süreksiz kesme koşulunun oluşması amacıyla KGDD malzemelerin üzerine çeşitli

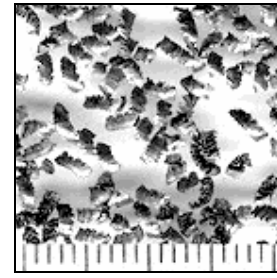
sayıda kanallar açılmıştır. Böylece kesme şartlarının talaş oluşum biçimlerine etkileri gözlemlenmeye çalışılmıştır. KGDD numunelerin işlenmesi esnasında genellikle kopuk talaş biçimi oluşmuştur. Fakat artan ilerleme ve talaş derinliği kesme hızı talaş boyutlarının değişimine neden olmuştur. Fakat artan ilerleme ve talaş derinliği elde edilen Resim 4.1 de sürekli kesme şartlarında ve farklı işleme parametrelerinde elde edilen talaş şekilleri verilmiştir. Dikkat edilecek olursa $V=240\text{m/dak.}$ için elde edilen talaş şekillerinde çokta ciddi bir değişim söz konusu değil. Buna karşın $V=340\text{m/dak.}$ için artan ilerleme ve talaş derinliği talaş boyutunun küçülmesine neden olmuştur.



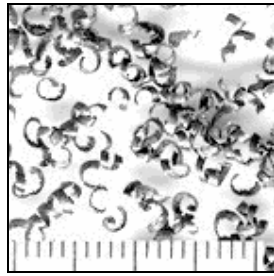
(a) Kanalsız 240-1-0,11



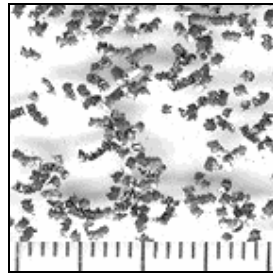
(b) Kanalsız 240-1-0,32



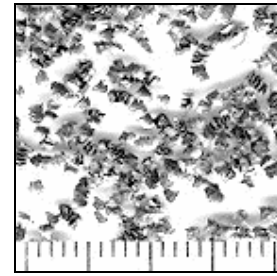
(c) Kanalsız 240-2-0,32



(d) Kanalsız 340-1-0,11



(e) Kanalsız 340-1-0,32



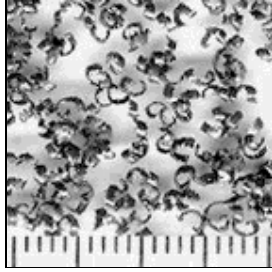
(f) Kanalsız 340-2-0,32

Resim 4.1 Kanalsız numune işlenirken elde edilen talaş biçimleri

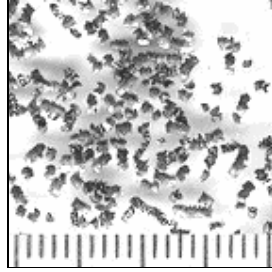
(Her iki çizgi arası 1mm dir).

Resim 4.2 de ise iki kanallı bir numuneden alınan talaş örnekleri verilmiştir. Burada dikkati çeken bir unsu; 2 kanallı da ilde edilen talaş kanalsız numuneye göre boyu biraz daha kısadır. Özellikle artan kesme hızıyla $V=240\text{m/dak}$ ile $V=340\text{m/dak}$ arasındaki fark daha net olarak görülmektedir. Bununla birlikte artan talaş derinliği $V=240\text{m/dak}$ için yapılan deneyde çıkan talaş, talaş derinliğinden önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Talaş derinliğinin artması ile birlikte çıkan talaş boyutu da artmıştır

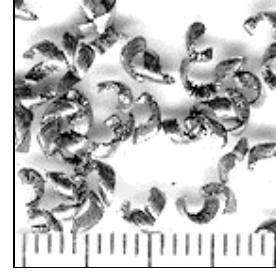
(Resim 4.2 c). Buna benzer bir durum $V=340\text{m/dak}$ 'ta da görülmekte, ama çok bariz değil (Resim 4.2 f). Sürekli kesme şartında ise artan talaş derinliğinin etkisinin olmadığı söylenebilir.



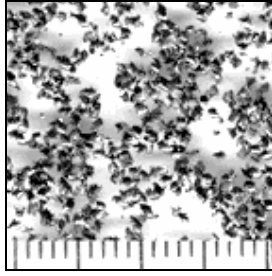
(a) 2 Kanallı 240-1-0,11



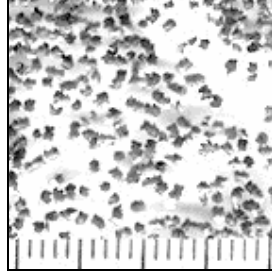
(b) 2 Kanallı 240-1-0,32



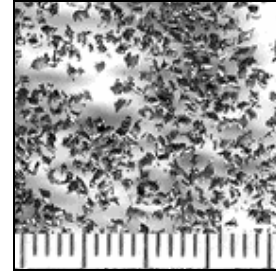
(c) 2 Kanallı 240-2-0,32



(d) 2 Kanallı 340-1-0,11

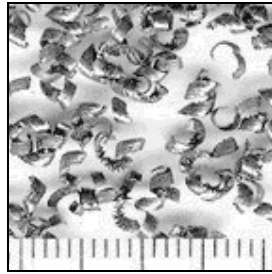


(e) 2 Kanallı 340-1-0,32



(f) 2 Kanallı 340-2-0,32

Resim 4.2 İki kanallı numune işlenirken elde edilen talaş biçimleri
(Her iki çizgi arası 1mm dir).

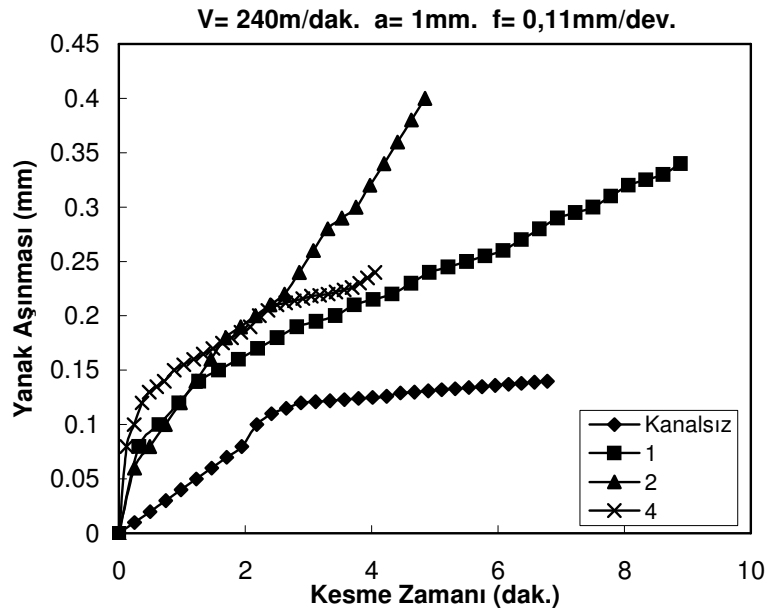


Resim 4.3 Bir kanallı numuneden alınan talaş (1 Kanallı 240-2-0,32)
(Her iki çizgi arası 1mm dir).

Yapılan deneylerde aynı kesme parametreleri için elde edilen talaş biçimlerinin hemen hemen aynı olduğu Resim 4.1 (c), Resim 4.2 (c) ve Resim 4.3’de görülmektedir. Bununla nedeni; KGDD malzemede elde edilecek talaş türü kısa kopuk talaş olması ve kanal etkisini gözlemleyecek kadar uzun talaşın elde edilememiş olmasıdır. Eğer daha sünek bir malzeme için benzer deneyler yapılsaydı kanal sayısının etkisi daha iyi gözlemlenebilirdi.

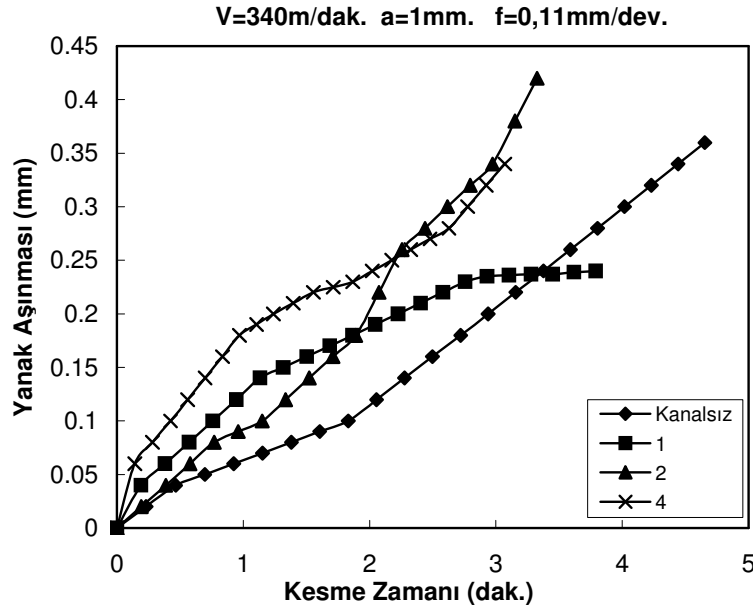
4.2 Kanal Sayısı ve Kesme Hızının Etkisi

Yapılan deneyler sonucu elde edilen verilere göre; Sürekli olmayan kesme şartları frekansı arttıkça takım aşınma hızında artış görülmüştür. Sürekli kesme şartlarında kesme yapılan numunede 6 dakikalık kesme zamanında takım yarı ömrünü tamamlamamışken, sürekli olmayan kesme şartlarında kesme yapılan numunelerde takım ömrü 6 dak. ve öncesinde bitmiştir. Kesme hızı artırıldığında ise takım ömründe bariz azalmalar görülmüştür.



Şekil 4.1 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

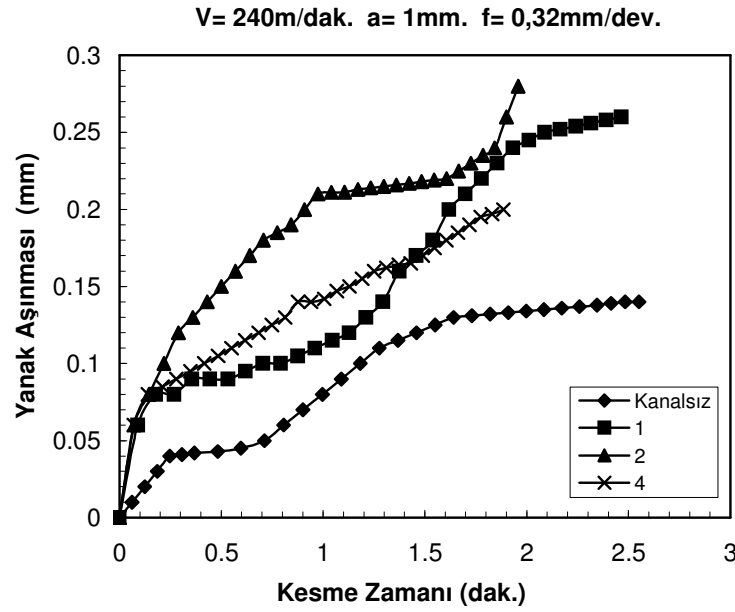
İlerleme hızı (0,11mm/dev) ve talaş derinliği (1mm) kesme parametrelerinin sabit tutulduğu Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de en yüksek aşınma değerleri sürekli olmayan kesme şartlarının sağlandığı 2 kanallı numunede gerçekleşmiştir. En düşük aşınma değerleri ise kanalsız numunede gerçekleşmiştir. Kesme hızı arttırıldığında kesici takım yanak aşınması yönünden en büyük artış ortalama %137 ile kanalsız numunede sonra %75 ile 4 kanallı numunede daha sonra %60 ile 2 kanallı numunede gözlenmiştir. 1 kanallı numunede kesme hızı artışı yanak aşınmasında farklılık gözlenmemiş hemen hemen sabit kalmıştır. İlerlemenin ve talaş derinliğinin düşük tutulduğu durumlarda, artan kesme hızı 4 kanallı numunedeki aşınmanın daha hızlı gerçekleşmesine katkıda bulunmuştur.



Şekil 4.2 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

Talaş derinliği (1mm) ve ilerleme hızı (0,32mm/dev) sabit tutulduğu kesme deneylerinden elde edilen grafikler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te verilmiştir. Şekillerden de görüleceği üzere 2 kanallı numune ile yapılan deneylerde kullanılan kesici takımdaki aşınma durumu diğer numunelere nazaran daha hızlı aşınma seyri izlemiştir. Kesme hızı arttırıldığında kanalsız numune ile yapılan deneylerde kullanılan takım aşınma hızında ortalama %116’lık bir artış gözlenmiştir. Bu oran 2 kanallı numunede %9, 4 kanallı

numunede ise %6 olarak gerçekleşmiştir. Sürekli kesme şartlarının sağlandığı kanalsız numune ile sürekli olmayan kesme şartlarının sağlandığı 2 kanallı numunede kullanılan kesici takımların aşınma durumları karşılaştırıldığında; kesme hızı 240m/dak. iken 2 kanallı numunedeki takım aşınma oranı kanalsız numuneye göre ortalama %83 fazladır. Fakat kesme hızı 340m/dak alınarak yapılan deneylerde kanalsız numune üzerinden kesme yapan takım, 2 kanallı numune üzerinden kesme yapan takıma göre %8 daha fazla aşınarak en çok aşınan takım olmuştur.

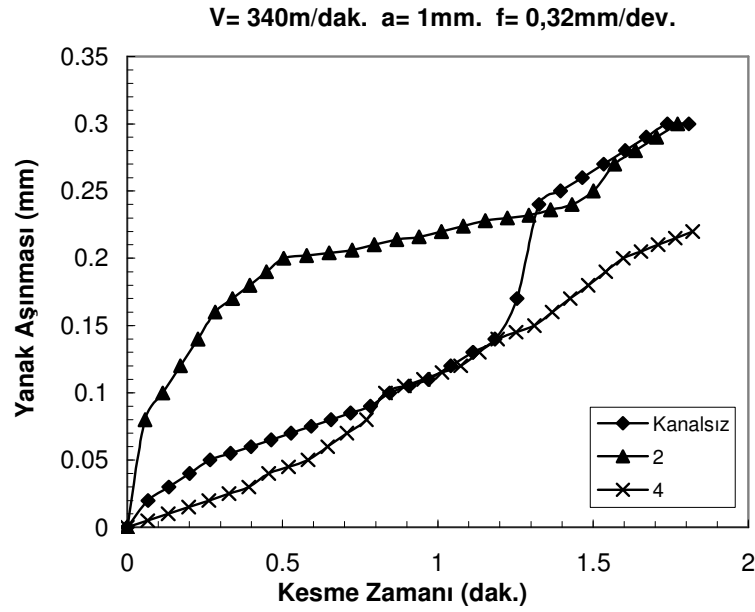


Şekil 4.3 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

İlerleme artırıldığında; kesici takım yanak aşınmasında artış gözlenmiştir. Sürekli olmayan kesme şartlarındaki artış daha az gerçekleşirken Sürekli kesme şartlarında bu oran daha fazladır. Takım ömründeki bu azalma kesme hızının artırıldığı durumda daha da etkin hale gelmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

Şekil 4.1 ve 4.2'ye göre artan ilerleme hızı 2 kanallı numunedeki aşınmanın daha fazla olmasına neden olmuştur. Bununla birlikte Şekil 4.3 ve 4.4 beraber incelendiğinde artan kesme hızı 2 kanallı numunedeki aşınmayı daha ön plana çıkardığı söylenebilir.

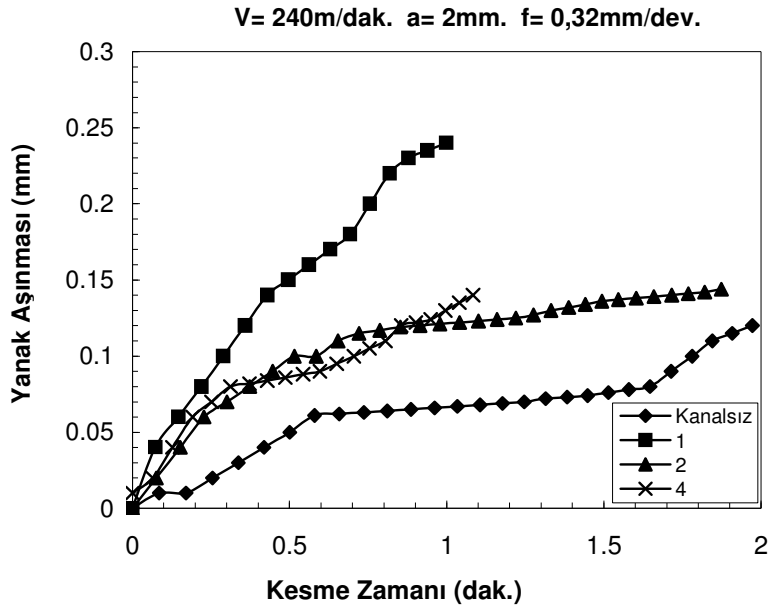
Burada ilginç olan diğer bir sonuç ise; kesme hızıyla birlikte artan ilerleme değeri sürekli ve süreksiz kesme arasındaki farkı kısmen ortadan kaldırıyor olmasıdır. Şekil 4.4 incelendiğinde ilk 1,25dak işleme sırasında kanalsız ve 4 kanallı numuneye ait aşınma aynı seyri izlediği rahatlıkla görülebilir. Kanalsız olan numunelerde BUE oluşumu daha muhtemeldir. Bu nedenle Şekil 4.4'te kanalsız numune için elde edilen aşınma sonuçlarında 1,25dak'lık kesme sonrasında aşınmadaki ani artışın takıma yapışan talaşın kopması neticesinde ortaya çıkmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.4 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

Kesme hızı (240m/dak), ilerleme (0,32mm/dev) ve talaş derinliğinin (2mm) sabit tutulduğu, yanak aşınmasının kesme zamanına bağlı olarak ifade edilen grafik Şekil 4.5'te verilmiştir. Tek kanallı numunede en yüksek, kanalsız numunede ise en düşük yanak aşınması gözlenmiştir. 2 kanallı ve 4 kanallı numunelerde yanak aşınması seyri paralel olarak gerçekleşmiştir. Artan talaş derinliği tek kanallı numunedeki aşınmayı ön plana çıkarmaktadır. Bununla birlikte artan talaş derinliği 2 ve 4 kanallı numunede elde edilen aşınmanın aynı seyri izlemesine neden olmaktadır.

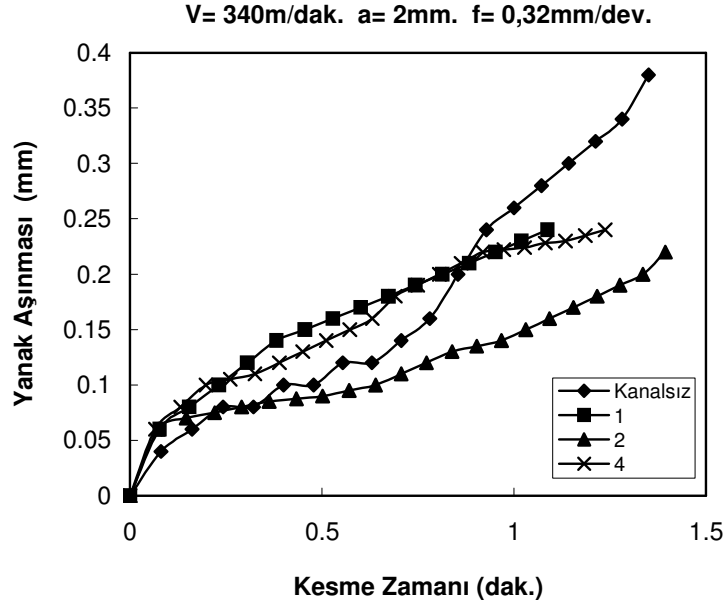
Kesme hızı (340m/dak), ilerleme (0,32mm/dev) ve talaş derinliğinin (2mm) sabit tutulduğu, yanak aşınmasının kesme zamanına bağlı olarak ifade edilen grafik Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.5'e göre değerlendirme yapıldığında; kesme hızının artırılması sonucu yanak aşınması grafiği eğrilerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir. Grafikte en düşük kesici takım yanak aşınması 2 kanallı numunede gerçekleşmektedir. Şekil 4.5 ile 4.6 beraber değerlendirildiğinde, artan kesme hızı 1 ve 4 kanallı numunedeki aşınma aynı seyri izlemekte ve elde edilen değerler çok yakın. 0,75 dakikalık kesme işlemi sonrasında kanalsız numunedeki aşınma ani bir artış göstermekte. Bunun nedeni yine BUE olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.5 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

Talaş derinliğinin artırılması durumu; Sürekli kesme şartlarında takım ömründe önemsenmeyecek düşüş gerçekleşmiştir. Ancak kesme hızı, talaş derinliği ve ilerlemenin artırılması durumunda sürekli talaş kaldırma işlemi yapan takımda aşınma hızı yaklaşık on kat artmıştır.

Bir kanallı numuneler ile çok kanallı numunelerden talaş kaldırma esnasında takım aşındırması arasında çok fark olmamakla birlikte kesme parametrelerinin artan değerleri takım aşınmasını hızlandığı söylenebilir.

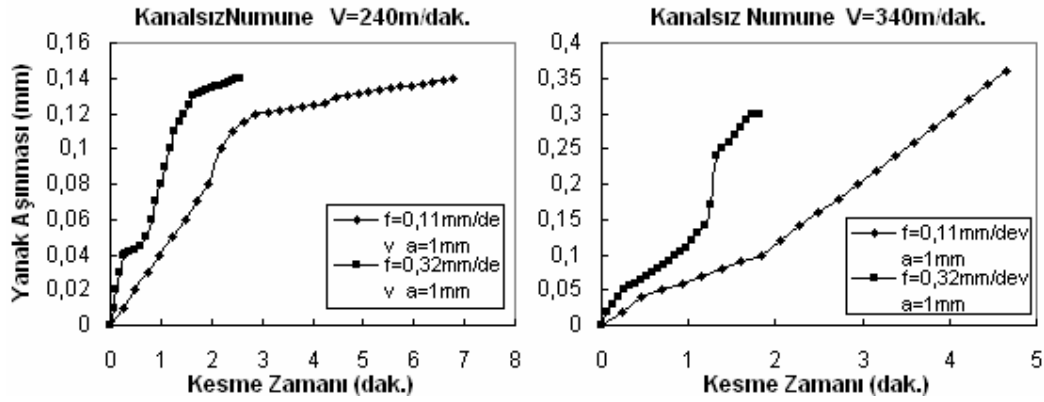


Şekil 4.6 Kanal sayısı ve kesme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

4.3 İlerleme Hızının Etkisi

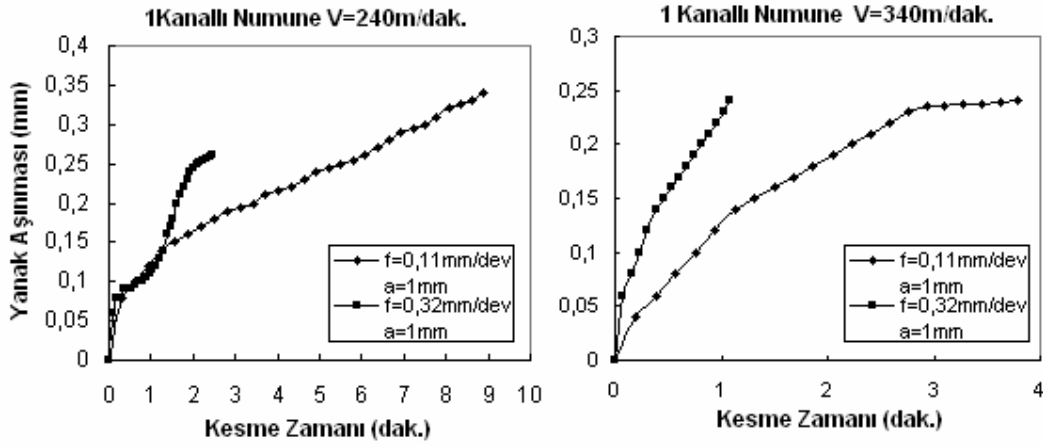
İlerleme hızının takım aşınması üzerindeki etkisini belirlemek amaçlı yapılan çalışmada; ilerleme hızları olarak 0,11mm/dev. ve 0,32mm/dev. kullanılmıştır. Sürekli kesme şartlarının sağlandığı kesme şartlarında elde edilen grafikler Şekil 4.7’de verilmiştir. Kesme hızının 240m/dak. olarak alındığı deneylerde 2 dakikalık kesme zamanı için; ilerleme hızının 0,11mm/dev.’den 0,32mm/dev.’e yükseltildiğinde kesici takım yanak aşınması %75 oranında daha fazla gerçekleşmiştir. Ayrıca yaklaşık 3 dakikalık kesme zamanı için yanak aşınması lineer bir seyir izlerken sonraki zamanlarda grafiğin eğimi daha düşük ve sabit ivmeli bir şekilde gerçekleşmiştir.

Kesme hızının 340m/dak. olarak alındığı sürekli kesme şartlarında; kesme hızının arttırılmasıyla ilerleme değerleri arasındaki fark daha da bariz olarak görülmektedir. 2 dakikalık kesme zamanına göre değerlendirme yapıldığında ilerleme hızının 0,11mm/dev.'den 0,32mm/dev.'e yükseltilmesi, kesici takım yanak aşınmasında %155'lik bir artış göstermiştir. Buradan çıkarılacak diğer bir sonuç ise; ilerleme ve kesme hızının birlikte arttırılması takım aşınmasında yaklaşık olarak %400'lük bir artışa neden olmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Kanalsız numune için ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

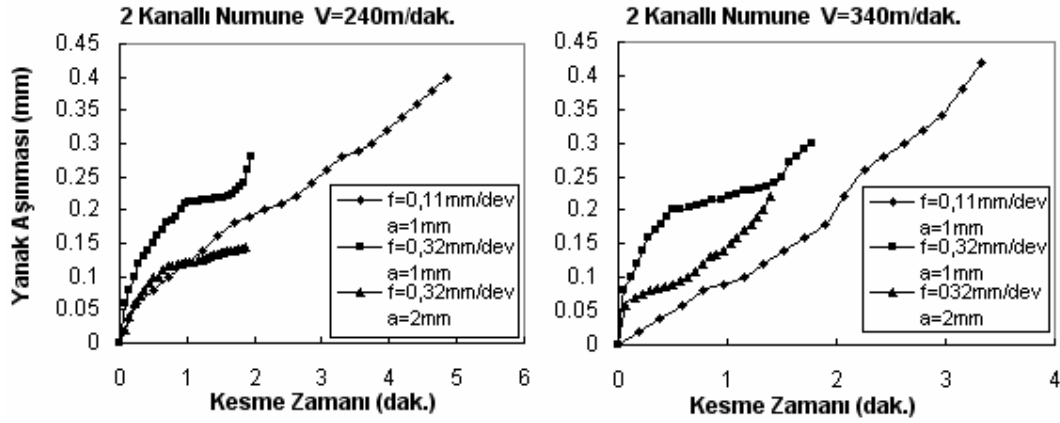
Sürekli olmayan kesme şartlarının sağlandığı 1 kanallı numunede ilerleme hızının kesici takım yanak aşınması üzerindeki etkisi Şekil 4.8'de verilmiştir. Kesme hızının 240m/dak. olduğu ilerlemenin 0,11mm/dev.'den yaklaşık 3 katına çıkarıldığı durumda yanak aşınması, yaklaşık olarak %62 oranında artmıştır. Kesme hızının 340m/dak. olarak alındığı deneylerde elde edilen aşınma sonuçlarında ilerlemenin etkisi daha net olarak görülmektedir. Ayrıca iki farklı ilerleme hızının yanak aşınması üzerindeki etkisi 0,32mm/dev. ilerlemede %100 artış şeklinde gerçekleşmiştir. Kesme hızının 240 ve 340m/dak olduğu durumlar incelendiğinde, kesme hızının arttırılması ayrıca yaklaşık %40 ek aşınma artışına sebep olduğu söylenebilir. V=240m/dak da her iki ilerleme hızı için aşınma sonuçları 1,5 dakikalık kesme zamanında yaklaşık birbirleriyle örtüşmekte. Fakat kesmenin devam etmesiyle f=0,32mm/dev ilerlemede takım aşınması daha çabuk gerçekleşmektedir.



Şekil 4.8 Bir kanallı numune için ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

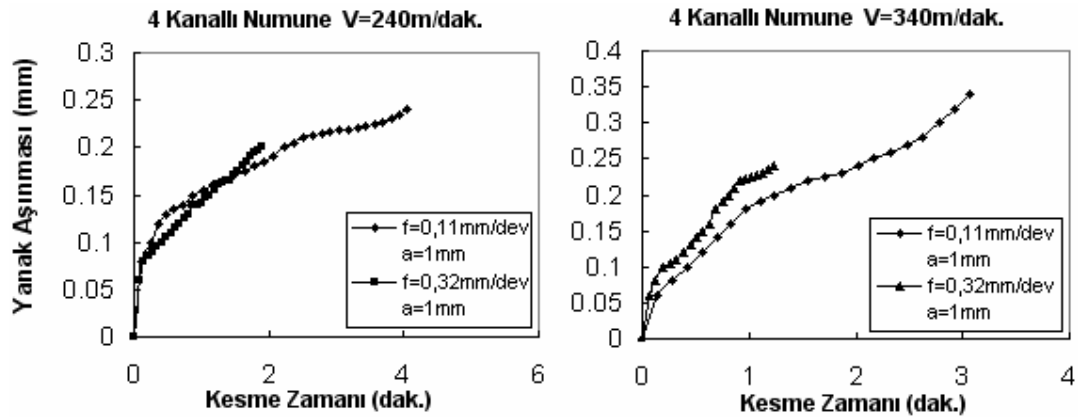
Sürekli olmayan kesme şartlarının sağlandığı 2 kanallı numunede kesici takım aşınma grafikleri Şekil 4.9’da verilmiştir. Kesme hızı 240m/dak. ve ilerlemenin 0,32mm/dev olduğu durumda yanak aşınması, ilerlemenin 0,11mm/dev olduğu duruma göre %55 oranında daha fazla gerçekleşmiştir. Talaş derinliğinin 1mm’den 2mm’ye çıkartıldığı durumda ise yanak aşınmasının %50 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Buda kesme esnasında meydana gelen yükün daha büyük bir takım talaş temas alanına etkimiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca ilerleme ve talaş derinliği uyumlu seçilmesi halinde, daha uzun takım ömrü değerlerinin elde edilebileceği mümkün görülmekte.

Kesme hızının 340m/dak olarak alındığında bir önceki duruma göre takım aşınmasında ciddi farkın oluşmadığı söylenebilir. Şekil 4.7 ve 4.8’olduğu gibi artan ilerleme hızı aşınma sonuçları arasındaki farkı daha net gözler önüne sermektedir. Bununla birlikte $V=340$ m/dak ve $0,11$ mm/dev ilerlemede elde edilen takım aşınmasının $V=240$ m/dak ve $0,11$ mm/dev ilerleme için elde edilen aşınma değerinden daha büyük olduğunu söylemek mümkün.



Şekil 4.9 İki kanallı numune için ilerleme hızı ve talaş derinliğinin kesici takım aşınmasına etkisi.

Sürekli olmayan kesme şartlarının sağlandığı 4 kanallı numuneye ait ilerlemenin takım aşınmasına etkisini belirlemeye yönelik yanak aşınması kesme zamanı grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere 4 kanallı numunede ilerlemenin artırılması yanak aşınmasında yaklaşık %16'lık bir artış gerçekleştirmiştir.



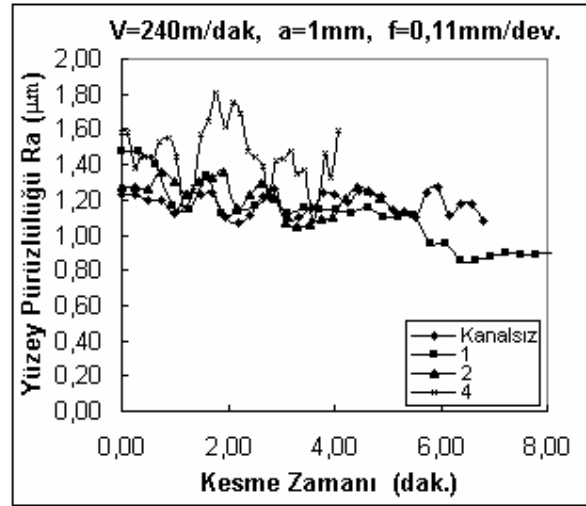
Şekil 4.10 Dört kanallı numunede ilerleme hızının kesici takım aşınmasına etkisi.

4 kanallı numunede ilerlemenin artırılmasının takım ömrüne etkisi çok az görülmüştür. Kesme hızı 340m/dak olarak alındığı deneyde ilerlemenin artırılması takım ömründe %77'lik düşüşe neden olmuştur. Bu numunede takım ömrü ilerlemeden ziyade kesme hızından etkilenmiştir.

İlerleme hızı artışlarının tümü değerlendirildiğinde; sürekli kesme şartlarında takım ömrünün daha uzun olmasına karşın, ilerleme hızı arttırıldığında takım ömründe azalma en büyük oranda sürekli kesme şartlarının sağlandığı kanalsız numunede gerçekleşmiştir. İlerleme artışından en az etkilenme ise 4 kanallı numunede gözlenmiştir.

4.4 Yüzey Pürüzlülüğünün Değişimi

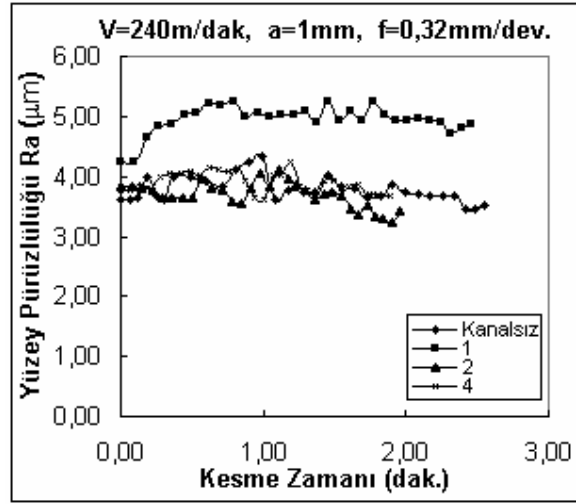
Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre kanal sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin çokta belirgin olmadığı söylenebilir. Yüzey pürüzlülüğü değerleri kesme uzunluğu ilerledikçe azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.11). Bunun takım uç radyüsünün aşınmalardan dolayı düzleşmesinin veya büyümesinin neden olduğu düşünülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmesi durumunda ise; aşınmanın yanak yüzeylerinde meydana geldiği, bu nedenle kesici takım ucu daha sivri bir hal aldığı söylenebilir.



Şekil 4.11 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi

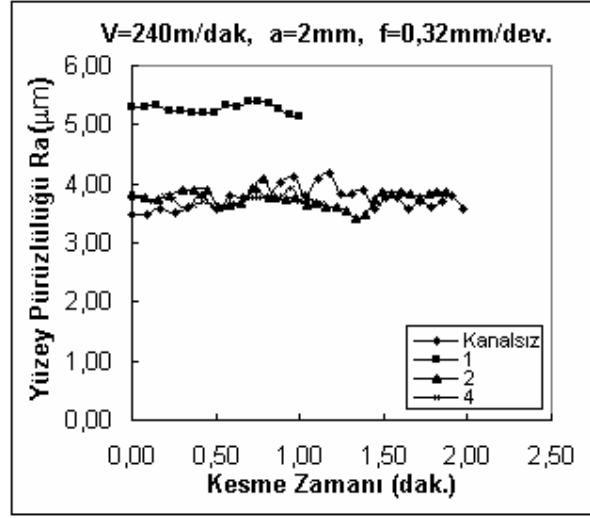
Seçilen parametreler uygulandığında yüzey pürüzlülüğünde en büyük dalgalanmaların 4 kanallı numunede olduğu gözlenmiştir. Burada 4 kanallı numune hariç diğer numuneler üzerinde pürüzlülük değerleri birbirine paralel olarak seyir ettiği söylenebilir.

Kesme hızının 240m/dak talaş derinliğinin 1mm ve ilerleme hızının 0,32mm/dev olarak alındığında, elde edilen kesme zamanına bağlı pürüzlülük değerleri Şekil 4.12’de verilmiştir. Burada 1 kanallı numune üzerinde pürüzlülük değerleri diğer numunelere göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Aynı zamanda grafiğin yükselen bir seyir izlemesi kesici takım üzerindeki aşınmanın, daha çok yanak aşınması şeklinde geliştiğini göstermektedir.



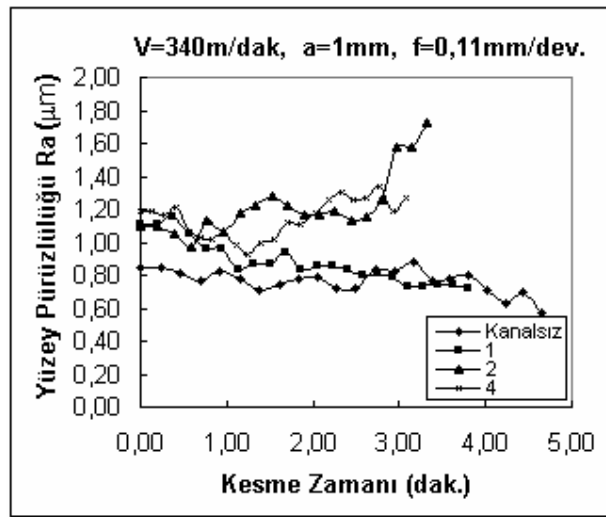
Şekil 4.12 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.

Kesme hızının 240m/dak talaş derinliğinin 2mm ve ilerleme hızının 0,32mm/dev olarak alındığında elde edilen kesme zamanına bağlı yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 4.13’de verilmektedir. 1 kanallı numunedeki pürüzlülük değerleri diğer numunelerdeki pürüzlülük değerlerine oranla daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durum aşınma grafikleriyle birlikte değerlendirildiğinde; 1 kanallı numunede elde edilen takım aşınmasının diğerlerine nazaran daha hızlı olduğunu göstermektedir. Pürüzlülüğün daha ileri boyutta olması, takım aşınmasının yüzey pürüzlülüğüne yansımaları olarak değerlendirilebilir.



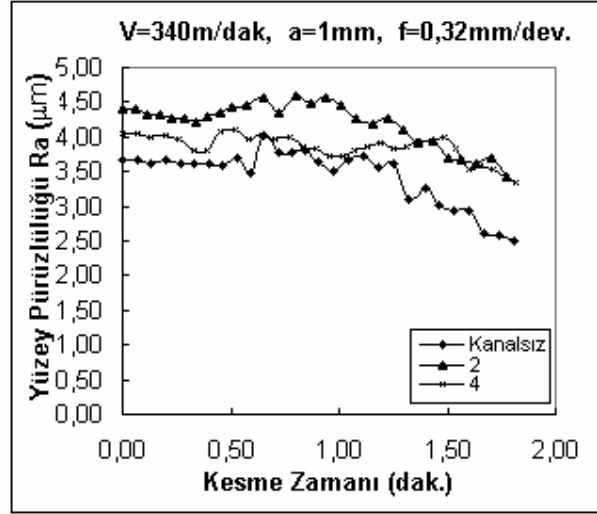
Şekil 4.13 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.

Kesme zamanına bağlı yüzey pürüzlülüğünün değerlendirildiği Şekil 4.14 de 2 kanallı numune için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri diğer numunelere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. 2 kanallı numune haricindeki diğer numunelerde çok ince tornalama sonucunda elde edilebilecek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Burada grafiklerden de görüleceği üzere, 2 kanallı numune ile 4 kanallı numune, 1 kanallı numune ile de kanalsız numune pürüzlülük değerleri birbirine paralel olarak seyir etmektedir.



Şekil 4.14 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.

Kesme hızının 340m/dak talaş derinliğinin 1mm ve ilerleme hızının 0,32mm/dev olarak alındığında, elde edilen kesme zamanına bağlı pürüzlülük grafikleri Şekil 4.15’de verilmiştir. Burada da en pürüzlü yüzey 2 kanallı numunede gözlenmiştir. Ayrıca bütün numunelerin pürüzlülük değerlerinde bir paralellikten bahsedilebilir. Yine burada kesme zamanına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerleri azalma göstermektedir. Buda takım uç radyüsünün büyüdüğünü bir göstergesidir.

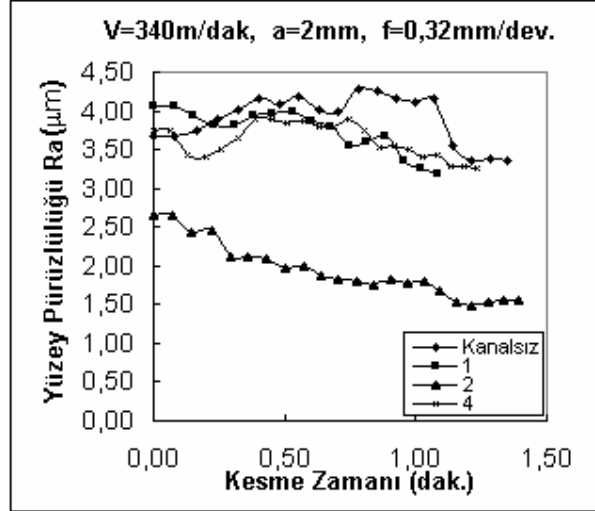


Şekil 4.15 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.

Yüzey pürüzlülüğü en çok ilerleme hızından etkilenmektedir. İlerleme değeri kesici takım uç radyüsü ölçüsünün %90 geçmeyecek şekilde seçilmelidir. Bu değerın aşılması durumunda pürüzlülükten bahsetmek doğru olmaz. Çünkü kesme işlemi kanal açma şeklinde gerçekleşecektir.

Kesme hızının 340m/dak talaş derinliğinin 2mm ve ilerleme hızının 0,32mm/dev olarak alındığında, elde edilen kesme zamanına bağlı pürüzlülük değerleri Şekil 4.16’da verilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere en iyi yüzey pürüzlülüğü 2 kanallı numunede elde edilmiştir. Buradaki bariz farkı anlamak için aşınma grafikleriyle birlikte değerlendirme yapılacak olursa; 2 kanallı numune, uygulanan kesme parametrelerine göre hem takım aşınması hem de yüzey pürüzlülüğü açısından daha iyi sonuçlar

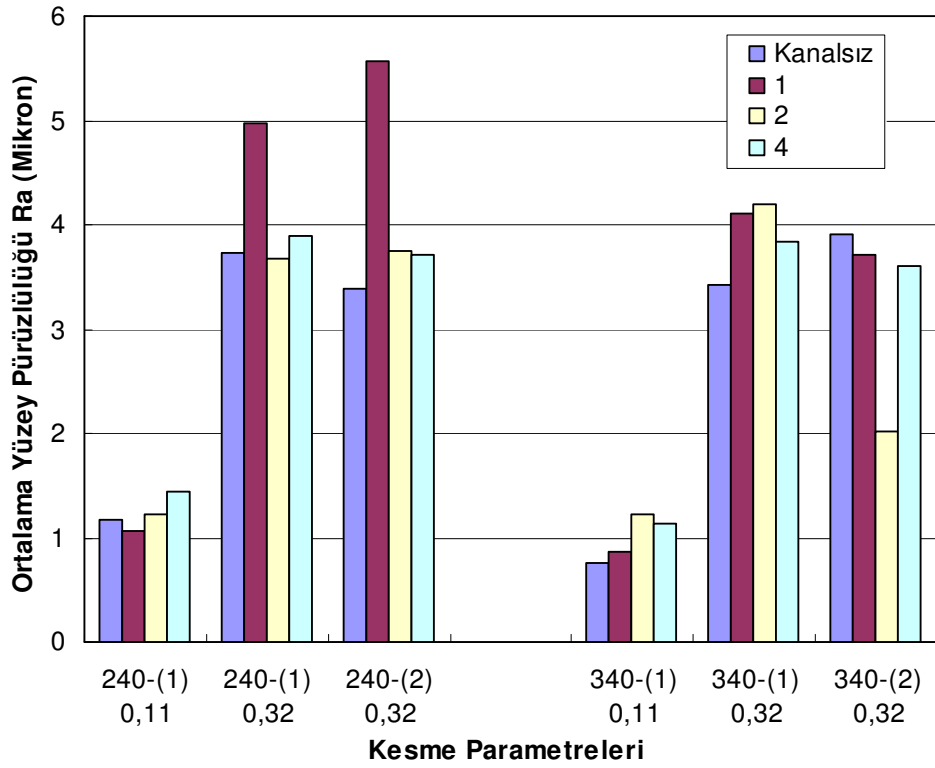
vermektedir. Burada kesici takım üzerinde meydana gelen aşınmanın, takım uç radyüsünü büyütecek şekilde gerçekleştiği söylenebilir.



Şekil 4.16 Yüzey pürüzlülüğünün zamana bağlı değişimi.

Yapılan deneylerde elde elden başka bir sonuç ise; kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisidir. İlerlemenin artan değerlerinde yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Kesme hızının artan değerlerinde ise yüzey pürüzlülüğünde iyileşme görülmektedir. İlerleme ile kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkileri karşılaştırıldığında, ilerlemenin kesme hızına oranla yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Sürekli talaş kaldırma esnasında takımlar genelde yanak yüzeylerinden aşınmaktadır. Sürekli olmayan talaş kaldırma esnasında ise kesici takımlar takım uç radyüsünde büyüme oluşturacak şekilde uç bölgesinden aşınmaktadır.



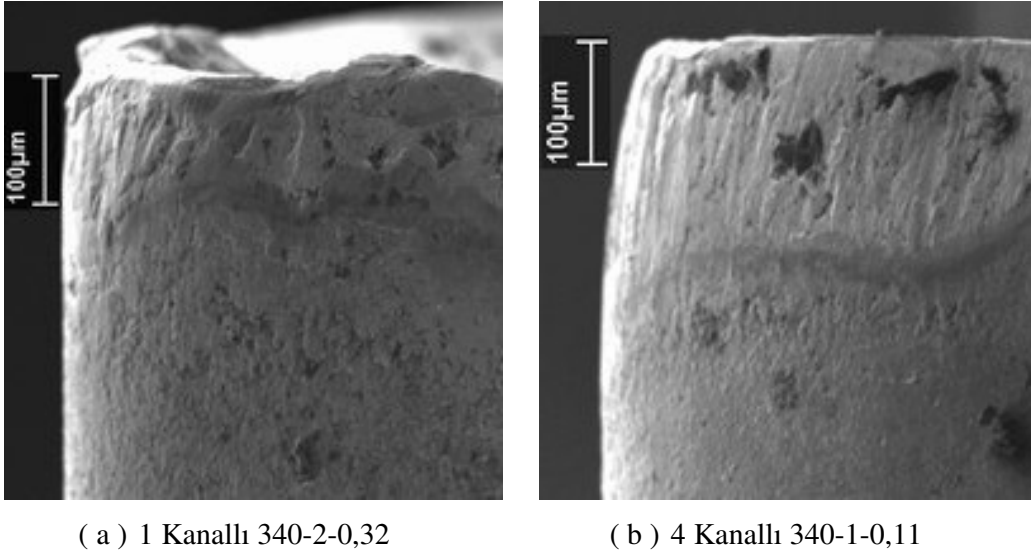
Şekil 4.17 Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi.

Ortalama pürüzlülük değerleri incelendiğinde; 1 kanallı numunenin $f=0,11\text{mm/dev.}$ ilerleme değerindeki pürüzlülük değerleri diğer numunelere göre düşük olmasına rağmen, ilerleme değeri $f=0,32\text{mm/dev.}$ olduğunda en büyük pürüzlülük değerleri 1 kanallı numuneden alınmıştır. Kesme hızı 240m/dak.'dan 340m/dak.'ya çıkartıldığında bütün numune ve kesme parametrelerinde yüzey pürüzlülüğü (μ) değerlerinde iyileşme gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Şekil 4.17 den de görüleceği üzere yüzey pürüzlülüğüne en büyük etkiyi ilerleme değeri yapmaktadır. İlerleme değeri yaklaşık 3 kat artırıldığında pürüzlülük değeri de aynı oranda arttığı görülmektedir. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde çokta etkisi olmadığı görülmüştür.

4.5 Aşınmış Takımların SEM Analizi

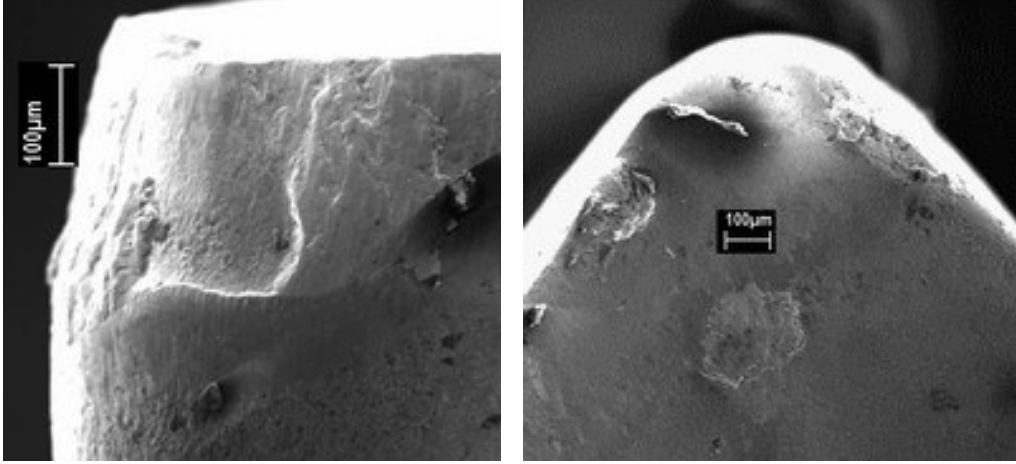
Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla çekilen fotoğraflardan elde edilen bilgilere göre; kesme deneyleri esnasında kesici takım üzerinde oluşan hasar tipleri yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması ve kesici kenarda talaş yığılması (BUE) savaına varılmıştır. Bununla birlikte yapılan EDX analizleri sonucunda difüzyon aşınması yukarıda sayılan aşınma tiplerinin ortaya konması açısından en etkili mekanizmanın abrasyon, difüzyon ve adhezyon aşınma mekanizmaları olduğu düşünülmektedir. Yine yapılan analizler, takım ile talaşın temas ettiği bölgede bir miktar oksidasyon aşınmasının da olduğunu ortaya koymuştur.

Sürekli olmayan kesme şartlarında kesme yapmış takım üzerinden SEM yardımıyla alınan görüntülerde abrasyon aşındırmanın meydana geldiği görülmektedir (Resim 4.4 (a), (b)). İlerleme ve talaş derinliğinin artmasıyla takım üzerine talaş ile gelen yükler artmış ve BUE oluşumu da gözlenmiştir.



Resim 4.4 Takım üzerinde meydana gelen a) Yanak aşınması ve BUE oluşumu,
b) Yanak aşınması.

Sürekli olmayan kesme şartlarında kullanılmış takım üzerinden SEM ile alınan görüntülerde takımın yanak aşınması ve krater aşınması başlangıcı görülmektedir (Resim 4.5 (a), (b)). Aynı bölgede adhezyonun olduğu yapılan EDX analizinde anlaşılmıştır.

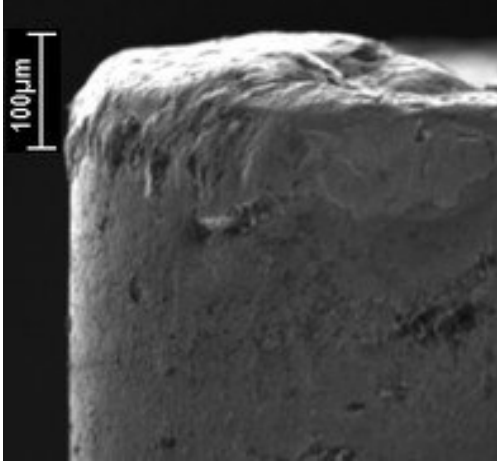


(a) 2 Kanallı 240–1–0,32

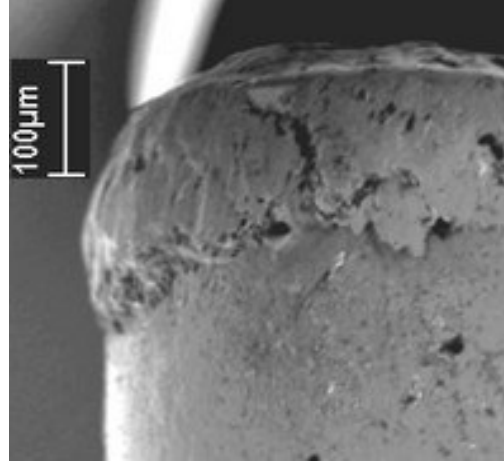
(b) 2 Kanallı 340–2–0,32

Resim 4.5 Takım üzerinde meydana gelen a) Yanak aşınması, b) Krater başlangıcı.

Taramalı elektron mikroskobu ile sürekli kesme şartlarında kullanılmış takım üzerinden alınan görüntülerde takım üzerinde BUE olduğu gözlenmektedir (Resim 4.4 (a) ve Resim 4.6 (a), (b)). Bu durum deney numunelerinin aşırı sünek olduğunu göstermektedir. Yapılan kesme deneylerinde yığma kenar oluşumu daha çok kesme hızının 340m/dak, talaş derinliğinin 2mm ve ilerleme hızının 0,32mm/dev. olduğu işleme parametreleri uygulandığında oluşmuştur. Kesme esnasında soğutma sıvısı kullanılması ve kesme hızının artırılması, yığma kenar oluşumunu engellemek açısından çözüm olabilir. Ancak sinterlenmiş karbür kesiciler için kullanılan kesme hızı değeri zaten çok yüksektir. BUE en etkin şekilde kanalsız numune işlenirken gözlemlenmiştir (Resim 4.6 (a), (b)). BUE diğer numuneler işlenirken küçük çapta da olsa oluşmuştur. Ancak kanal açılmış numunelerden talaş kaldırılması esnasında oluşan vuruntu BUE'nin daha büyük boyutlara ilerlemesini engellemiştir. BUE düşük sıcaklık ve yüksek basınçta meydana gelen bir durumdur. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre sürekli olmayan kesme şartları BUE oluşumunu kısmen engellediği görülmüştür.



(a) Kanalsız 340–1–0,32

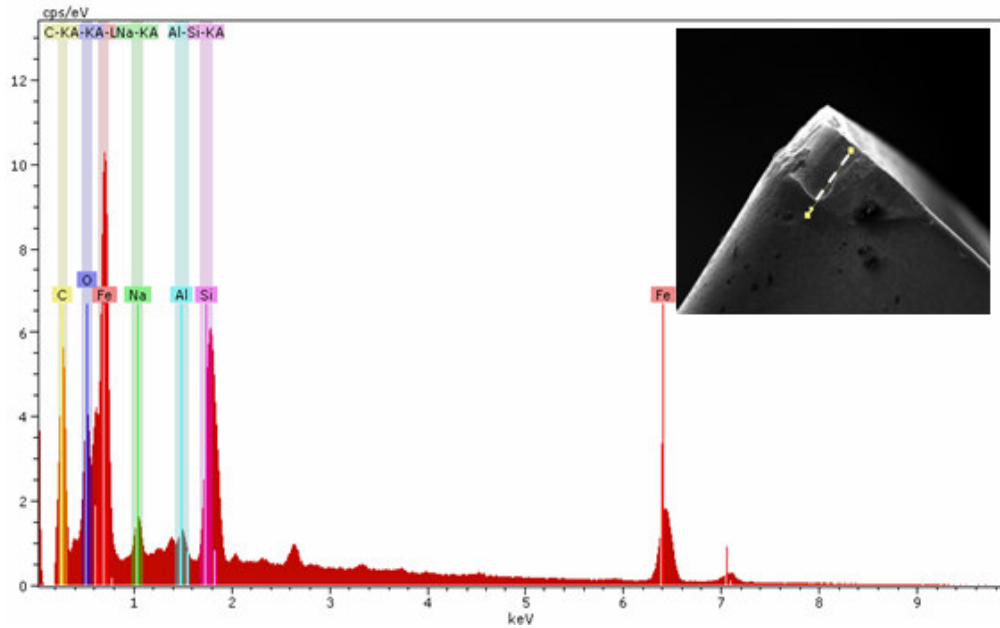


(b) Kanalsız 340–2–0,32

Resim 4.6 Takım üzerinde meydana gelen BUE oluşumu.

4.6 EDX Analizi ve Hasar Mekanizmaları

Yapılan deneylerde, takım üzerindeki aşınma mekanizmaları hakkında daha ayrıntılı ve doğru bilgi elde edebilmek amacıyla enerji yayımlı X-ray (EDX) analizi yapılmıştır. EDX analizi spektrometresi yardımıyla kesici takım aşınma bölgesinde element analizi yapılabilmekte ve bu sayede aşınma bölgesi daha detaylı incelenebilmektedir. Kesici takım yanak aşınması bölgesinden çizgisel EDX analizi yaptığımızda iş parçası kimyasal yapısında bulunan elementlere rastlanmıştır. Bu durum adhezyonun ve difüzyon aşınması meydana geldiğini, ayrıca analiz bölgesinde rastlanan oksijenin nedeni olarak kesme anında oksidasyonun oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.18).

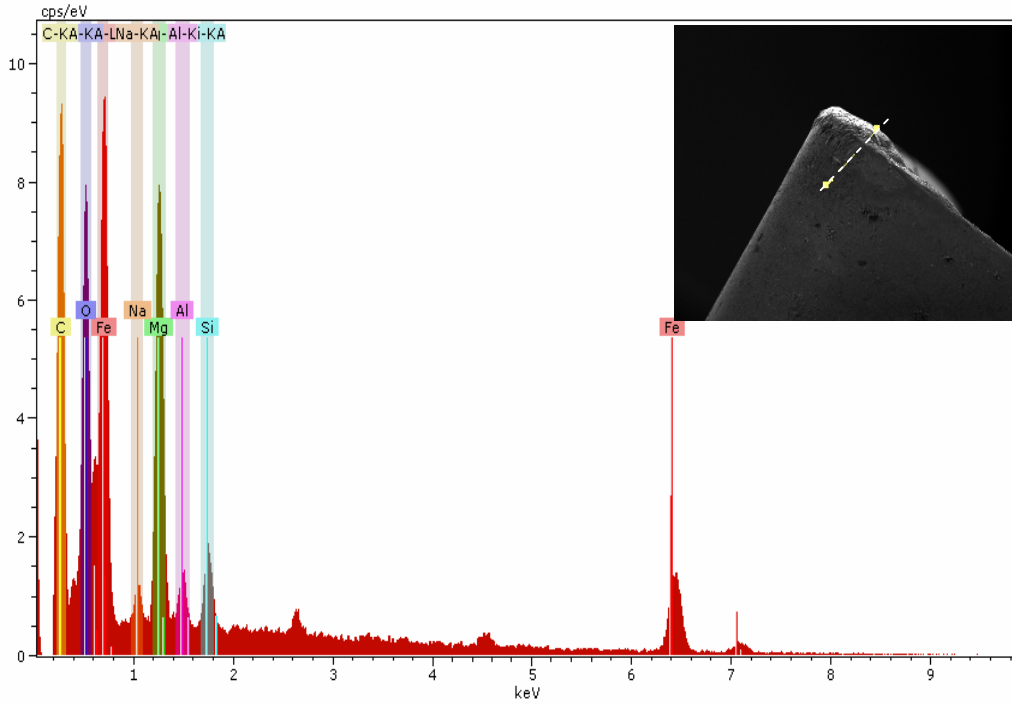


Şekil 4.18 Takım aşınma bölgesinde çizgisel EDX analizi
(2 Kanallı numune 240-1-0,32).

Şekil 4.19 da görüldüğü üzere EDX'te yapılan çizgisel analiz iş parçasında bulunan elementlerin (Fe, C, Mg, Si) takım yüzeyinde de olduğunu göstermiştir. Buda talaş kaldırma esnasında oluşan kimyasal yüklerin etkisiyle takım ile iş parçası arasında bir birleşme eğilimi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte kesme sırasında iş parçasının takım yüzeyine yapışması da söz konusu. İş parçasından küçük parçacıkların

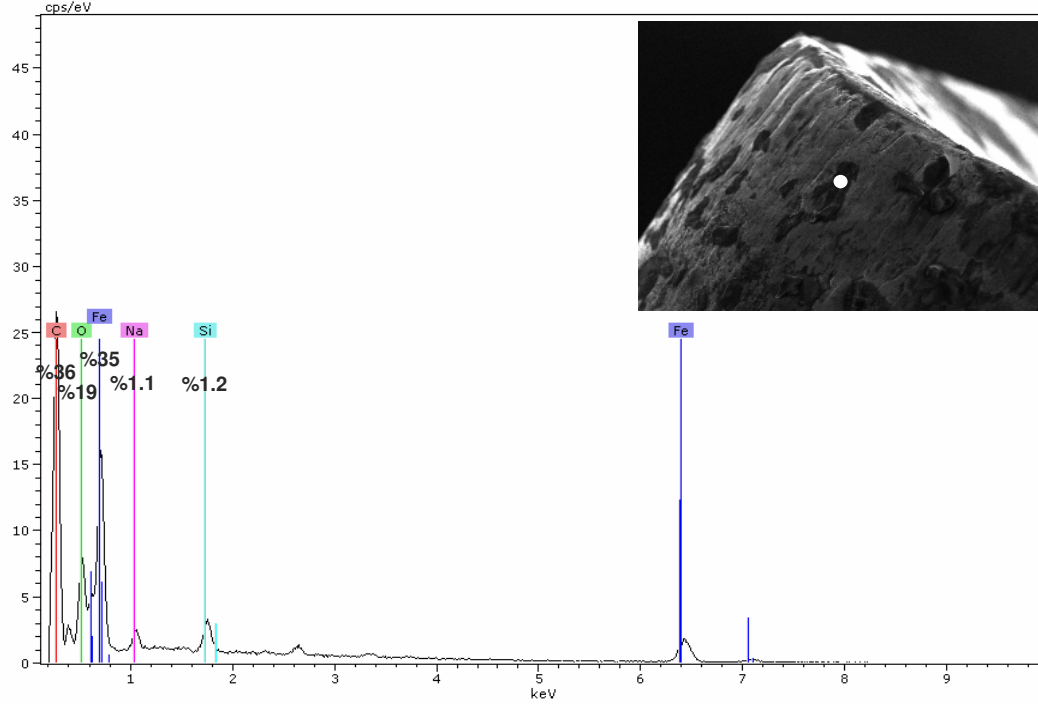
kesici takıma yapışarak orda kalması ve BUE oluşumuna neden olması da diğer bir hasar mekanizması olan adhezyon aşınmasını da önemli kılmaktadır.

Yapılan EDX analizlerinde elde edilen sonuçlara göre; takım yüzeyinde oksijene de rastlanmıştır (Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20). Bunun nedeni ise kesme esnasındaki yüksek sıcaklık ve ortam havasının etkileşimi sonucunda oksidasyon aşınma mekanizması da takım aşınmasına katkıda bulunmuştur.



Şekil 4.19 Takım aşınma bölgesinde çizgisel EDX analizi
(Kanalsız numune 340–1–0,32).

Şekil 4.20 de verilen takım yüzeyindeki siyah noktaların karbon olup olmadığını anlamak için noktasal EDX analizi yapılmış ve %36 oranında karbon olduğu gözlemlenmiştir. Buda iş parçasında var olan grafitin kesme esnasında takım yüzeyine yapıştığını göstermektedir. Bu yapışma hem adhezyon aşınma mekanizmasının hem de difüzyon aşınma mekanizmasının bir sonucu olarak meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 4.20 Takım aşınma bölgesinde noktasal EDX analizi
(1 Kanallı numune 240-1-0,11).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışma ile ferritik yapıya sahip KGDD’lerde sürekli olmayan kesme şartının etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla kanalsız ve çevresinde 1, 2 ve 4 kanal bulunan numuneler kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı kesme hızı iki farklı ilerleme ve talaş derinliği baz alınarak takım aşınması araştırılmıştır. Kesici takım olarak sinterlenmiş karbür takımlar kullanılmıştır.

Sürekli kesme şartlarında kesme hızı $V=240\text{m/dak.}$ için elde edilen talaş şekillerinde çokta ciddi bir değişim söz konusu olmamış. Buna karşın $V=340\text{m/dak.}$ için artan ilerleme ve talaş derinliği talaş boyutunun küçülmesine neden olmuştur. Sürekli olmayan kesme şartlarında artan talaş derinliği $V=240\text{m/dak}$ için yapılan deneyde çıkan talaş, talaş derinliğinden önemli derecede etkilenmiş. Talaş derinliğinin artması ile birlikte çıkan talaş boyutu da artmıştır. Yapılan deneylerde aynı kesme parametreleri için elde edilen talaş biçimlerinin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Bununda nedeni; KGDD malzemedede elde edilecek talaş türü kısa kopuk talaş olması ve kanal etkisini gözlemleyecek kadar uzun talaşın elde edilememiş olmasıdır. Eğer daha sünek bir malzeme için benzer deneyler yapılsaydı kanal sayısının etkisi daha iyi gözlemlenebilirdi.

Yapılan deneyler sonucu elde edilen verilere göre; Sürekli olmayan kesme şartları frekansı arttıkça takım aşınma hızında artış görülmüştür. Sürekli kesme şartlarında kesme yapılan numunede 6 dakikalık kesme zamanında takım yarı ömrünü tamamlamamışken, sürekli olmayan kesme şartlarında kesme yapılan numunelerde takım ömrü 6 dak. ve öncesinde bitmiştir. Kesme hızı artırıldığında ise takım ömründe bariz azalmalar görülmüştür.

Düşük kesme hızlarında artan kanal sayısı takım aşınma hızının artmasına neden olmaktadır. Bununda nedeni azalan kesme hızıyla devir sayısı azalmakta ve daha düşük devirde daha zor bir kesmenin oluşmasına neden olmaktadır. Buna ilave olarak her kanalın başlangıcında kesici, talaşı koparmak için yeniden zorlanmaktadır. Bir anlamda kesiciye etkiyen yükler sürekli olarak artıp azalmaktadır. Bu da düşük kesme hızlarında takımın daha çabuk aşınmasına neden olmakta.

Bir kanallı numuneler ile çok kanallı numunelerden talaş kaldırma esnasında takım aşındırması arasında çok fark olmamakla birlikte kesme parametrelerinin artan değerleri takım aşınmasını hızlandığı söylenebilir. Burada ilginç olan diğer bir sonuç ise; kesme hızıyla birlikte artan ilerleme değeri sürekli ve süreksiz kesme arasındaki farkı kısmen ortadan kaldırıyor olmasıdır. Talaş derinliğinin artırılması durumu; Sürekli kesme şartlarında takım ömründe önemsenmeyecek düşüş gerçekleşmiştir. Ancak kesme hızı, talaş derinliği ve ilerlemenin artırılması durumunda sürekli talaş kaldırma işlemi yapan takımın aşınma hızı yaklaşık on kat artmıştır.

Artan ilerleme değeri takım aşınmasını en fazla etkileyen parametre olarak tespit edilmiştir. Kesme hızı 240m/dak. ve ilerlemenin 0,32mm/dev olduğu durumda yanak aşınması, ilerlemenin 0,11mm/dev olduğu duruma göre %55 oranında daha fazla gerçekleşmiştir. Talaş derinliğinin 1mm'den 2mm'ye çıkartıldığı durumda ise yanak aşınmasının %50 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Buda kesme esnasında meydana gelen yükün daha büyük bir takım talaş temas alanına etkimiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca ilerleme ve talaş derinliği uyumlu seçilmesi halinde, daha uzun takım ömrü değerlerinin elde edilebileceği mümkün görülmekte.

Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre kanal sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin çokta belirgin olmadığı söylenebilir. Yüzey pürüzlülüğü değerleri kesme uzunluğu ilerledikçe azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun takım uç radyüsünün aşınmalardan dolayı düzleşmesinin veya büyümesinin neden olduğu düşünülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmesi durumunda ise; aşınmanın yanak yüzeylerinde meydana geldiği, bu nedenle kesici takım ucu daha sivri bir hal aldığı söylenebilir. Yüzey pürüzlülüğü en çok ilerleme hızından etkilenmektedir. İlerleme değeri kesici takım uç radyüsü ölçüsünün %90 geçmeyecek şekilde seçilmelidir. Bu değer aşılmaması durumunda pürüzlülüğün bahsetmek doğru olmaz. Çünkü kesme işlemi kanal açma şeklinde gerçekleşecektir.

Talaş derinliği ve ilerlemenin artması ortalama yüzey pürüzlülüğü arttırmıştır. Kesme hızı artırıldığında ise yüzey pürüzlülüğü değerlerinde düşme meydana gelmiştir. Özellikle 1 kanallı numunelerde pürüzlülük değerleri ortalamanın üzerinde çıkmıştır.

Yapılan deneylerde elde edilen başka bir sonuç ise; kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisidir. İlerlemenin artan değerlerinde yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Kesme hızının artan değerlerinde ise yüzey pürüzlülüğünde iyileşme görülmektedir. İlerleme ile kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkileri karşılaştırıldığında, ilerlemenin kesme hızına oranla yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde çokta etkisi olmadığı görülmüştür.

Sürekli talaş kaldırma esnasında takımlar genelde yanak yüzeylerinden aşınmaktadır. Sürekli olmayan talaş kaldırma esnasında ise kesici takımlar takım uç radyüsünde büyüme oluşturacak şekilde uç bölgesinden aşınmaktadır

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla çekilen fotoğraflardan elde edilen bilgilere göre; kesme deneyleri esnasında kesici takım üzerinde oluşan hasar tipleri yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması ve kesici kenarda talaş yığılması (BUE) sınına varılmıştır. Bununla birlikte yapılan EDX analizleri sonucunda difüzyon aşınması yukarıda sayılan aşınma tiplerinin ortaya konması açısından en etkili mekanizmanın abrasyon, difüzyon ve adhezyon aşınma mekanizmaları olduğu düşünülmektedir. Yine yapılan analizler, takım ile talaşın temas ettiği bölgede bir miktar oksidasyon aşınmasının da olduğunu ortaya koymuştur. Sürekli olmayan kesme şartlarında kesme yapmış takım üzerinden alınan görüntülerde abrasyon aşındırmanın meydana geldiği görülmektedir. İlerleme ve talaş derinliğinin artmasıyla takım üzerine talaş ile gelen yükler artmış ve BUE oluşumu da gözlenmiştir. Ancak kanal açılmış numunelerden talaş kaldırılması esnasında oluşan vuruntu BUE'nin daha büyük boyutlara ilerlemesini engellemiştir. BUE düşük sıcaklık ve yüksek basınçta meydana gelen bir durumdur. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre sürekli olmayan kesme şartları BUE oluşumunu kısmen engellediği görülmüştür.

Kesici takım yanak aşınması bölgesinden çizgisel EDX analizi yaptığımızda iş parçası kimyasal yapısında bulunan elementlere rastlanmıştır. Bu durum adhezyonun meydana geldiğini ayrıca analiz bölgesinde rastlanan oksijenin nedeni olarak kesme anında oksidasyonun olduğu da söylenebilir. EDX'te yapılan çizgisel analiz iş parçasında

bulunan elementlerin (Fe, C, Mg, Si) takım yüzeyinde de olduğunu göstermiştir. Buda talaş kaldırma esnasında oluşan kimyasal yüklerin etkisiyle takım ile iş parçası arasında bir birleşme eğilimi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte kesme sırasında iş parçasının takım yüzeyine yapışması da söz konusu. İş parçasından küçük parçacıkların kesici takıma yapışarak orda kalması ve BUE oluşumuna neden olması da diğer bir hasar mekanizması olan adhezyon aşınmasını da önemli kılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akkurt, M.,1992, “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Al-Zaharnah, I.T., 2006, “Suppressing vibrations of machining processes in both feed and radial directions using an optimal control strategy: The case of interrupted cutting”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 172, pp. 305–310.
- Brandenberg, K., 2002, “Machining Austempered Ductile Iron”, Manufacturing Engineering, Vol. 128, No. 5.
- Camuşcu, N., 2006, “Effect of cutting speed on the performance of Al₂O₃ based ceramic tools in turning nodular cast iron”, Materials and Design, Vol. 27, pp. 997–1006.
- Choudhury, I.A., See, N.L., Zukhairi, M., 2005, “Machining with chamfered tools”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 170, pp. 115–120.
- Chou, Y.K., Evans, C. J., 2000, “Cubic boron nitride tool wear in interrupted hard cutting Cubic” National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA.
- Cohen, P. H., Voigt, R., 2003, “Influence of Section Size on the Machinability of Ductile Irons (Observations on the Machinability of Ductile Irons)” 2003 Keith Millis Symposium on Ductile Cast Iron.
- Çakır, M.C., 1999, “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, VIPAŞ AŞ., Bursa.
- Çakır, M.C., Bayram, A., Işık, Y., Salar, B., 2005, “The effects of austempering temperature and time onto the Machinability of austempered ductile iron”, Materials Science and Engineering, A 407, pp. 147–153.

- Diniz, A.E., Gomes, D.M., Braghini, A., 2005, "Turning of hardened steel with interrupted and semi-interrupted cutting", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 159, pp. 240–248.
- Ghani, A.K., Choudhury, I.A., Husni, 2002, "Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 127, pp. 17–22.
- Gök, K., 2006, "KGDD Malzemelerde Östemperleme İşleminin Kesme parametrelerine ve Takım Ömrüne Etkisinin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Hasırcı, H., "Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Alaşım Elementleri (Cu ve Ni) ve Östemperleme Süresinin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kang, M.C., Kim, J.S., Kim K.H., 2005, "Cutting performance using high reliable device of Ti-Si-N-coated Cutting tool for high-speed interrupted machining", *Surface & Coatings Technology*, Vol. 200, pp.1939–1944.
- Liu, J., Yamazaki, K., Ueda, H., Narutaki, N., Yamane, Y., 2002, "Machinability of Pearlitic Cast Iron With Cubic Boron Nitride (CBN) Cutting Tools", *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 124, pp. 820–832.
- Masuda, M., Sato, T., Kori, T., Chujo, Y., 1994, "Cutting performance and wear mechanism of alumina-based force when machining austempered ductile iron", *Wear*, Vol. 174, pp. 147–153.
- MEGEP, 2006, "MEGEP, Metalurji Alanı, Küresel Grafitli Dökme Demir Modülü" Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

- Pashby I. R., Wallbank J., Boud, F., 2003, “Ceramic tool wear when machining austempered **ductile iron**”, University of Warwick, Warwick Manufacturing Group, Department of Engineering, Coventry CV4 7AL, UK.
- Pavel R., Marinescu I., Deis M., Pillar J., 2005, “Effect of tool wear on surface finish for a case of continuous and interrupted hard turning”, Journal of Materials Processing Technology, Vol.170, pp. 341–349.
- Sarma D.K., Dixit U.S., 2007, “A comparison of dry and air-cooled turning of grey cast iron with mixed oxide ceramic tool”, Journal of Materials Processing Technology, Vol.190, pp. 160–172.
- Şahin, Y., 2003, “Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt 1”, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Şahin, Y., 2001, “Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt 2”, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Şeker, U., 1997, “Takım Tasarımı Ders Notları” Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Şeker, U., Çiftçi, İ., Hasırcı, H., 2002, “The effect of alloying elements on surface roughness and Forces during machining of ductile iron”, Material and Design, Vol. 24, pp. 47–51.
- Şeker, U., Hasırcı, H., 2005, “Evaluation of Machinability of Austempered Ductile Irons in terms of Cutting Forces Quality”, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 173, pp. 260–268.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., Gök, K., 2007, “Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirin Sinterlenmiş Karbür Kesici Takım İle Tornalama İşleminde Takım Performansının İncelenmesi”, Gazi mühendislik mimarlık dergisi, Baskıda.

Ucun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., 2005, “Küresel Grafitli Dökme Demirin Sementit Karpit Kesici Takımlar ile Yüzey Frezeleme İşleminde Takım Aşınması”, III. Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, 16-17 Eylül, Konya.

Zhou, J. M., Andersson, M., 2007, “Machinability of Abrasion Resistance Cast Iron with CBN Cutting Tools”, Journal of Materials Processing Technology, İncelemede.

6.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | | |
|----|---|------------|
| 1- | http://www.me.metu.edu.tr/me535/ | 27/04/2007 |
| 2- | http://me.quensu.ca/courses/MECH213 | 28/04/2007 |
| 3- | http://www.istikamet.com.tr/teknikbilgiler.asp | 01/05/2007 |
| 4- | http://claymore.engineer.gvsu.edu/eod/pdf/manufact.pdf | 01/05/2007 |
| 5- | www.manufacturingcenter.com/.../pcbnt.asp | 10/07/2007 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ercan SAYIT

Doğum Yeri : Sinanpaşa / AFYONKARAHİSAR

Doğum Tarihi : 25/01/1974

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi 1991

Lisans : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi
Bölümü Talaşlı Üretim Anabilimdalı 1997

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: 1998 yılından bu yana Milli Eğitim Bakanlığına
bağlı kurumlarda Tesviye Öğretmeni olarak
çalışmaktayım.