

**SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR KULLANARAK ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL  
GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İrfan UCUN**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ**

**MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALI**

**HAZİRAN 2007**

**AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR KULLANARAK  
ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME  
DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**İrfan UCUN**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ**

**MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**AĞUSTOS 2007**

# ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ danışmanlığında,  
İrfan UCUN tarafından hazırlanan

**“SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR KULLANARAK ÖSTEMPERLENMİŞ  
KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI”**

başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri

uyarınca

07/08/2007

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. Zehra BOZKURT

Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>ÖZET</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>TEŞEKKÜR</b>	vi
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	ix
<b>TABLOLAR DİZİNİ</b>	xii
<b>1.GİRİŞ</b>	1
<b>2.GENEL BİLGİLER</b>	8
2.1 Talaş Kaldırma Teorileri	8
2.2 Talaş Oluşumu ve Kesme Kuvvetleri	9
2.3 Temel Talaş Biçimleri	11
2.3.1 Sürekli Talaş	11
2.3.2 Süreksiz Talaş( Kesikli )	11
2.3.3 Sıvanmalı Sürekli Talaş	12
2.4 Kesme Kuvvetleri	13
2.5 Takım Ömrü ve Aşınma	16
2.5.1 Takım Aşınması	18
2.5.2 Aşınma Mekanizmaları	18
2.5.2.1 Abrasiv Aşınma	18
2.5.2.2 Difüzyon Aşınması	18
2.5.2.3 Yorulma Aşınması	19
2.5.2.4 Adheziv Aşınma	19
2.5.3 Kesici Takımda Meydana Gelen Aşınma Tipleri	20
2.5.3.1 Yan Yüzey Yanak Aşınması( Flank Wear)	20
2.5.3.2 Krater Aşınması	20
2.5.3.3 Çentik Oluşumu	21
2.5.3.4 Kesici Takımın Kırılması	22
2.5.3.5 Kesici Kenarda Talaş Birikmesi (BUE )	22

2.6 Küresel Grafitli Dökme Demirler	23
2.7 Östemperleme	26
2.7.1 Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirler	26
2.7.2 Östenitleme	26
2.7.3 Östemperleme Isıl İşlemi	28
2.7.4 ÖKGDD'lerin Mekanik Özellikleri	31
2.7.5 ÖKGDD'in Standartları	32
2.7.6 ÖKGDD'lerin Avantaj ve Sınırları	33
2.7.6.1 Teknik avantajlar	33
<b>3. MATERYAL VE METOT</b>	<b>35</b>
3.1 Deneysel Malzeme ve Numuneler	35
3.2 Östemperleme İşlemi	36
3.3 Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü	37
3.4 Aşınma Deneyleri	37
3.5 Çekme Deneyi	39
3.6 Sertlik Ölçümü	40
<b>4. DENEY SONUÇLAR</b>	<b>41</b>
4.1 Östemperleme İşleminin Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisi	41
4.2 Elde Edilen Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi	43
4.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Analizi	45
4.4 Seramik Kesici Takımın Aşınma Davranışının Tespiti	46
4.5 Sermet Kesicilerin Aşınma Davranışının Tespiti	49
4.6 Seramik ve Sermet Kesici Takımların Performansının Karşılaştırılması	52
4.7 Kesici Takımların Ömürlerinin Değerlendirilmesi	56
4.8 Oluşan Talaş Profilleri	57
4.9 Aşınan Takımların SEM Analizi	58
4.10 Aşınan Takımların EDX Analizi	60
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>62</b>
5.1 Sonuçlar	62

5.2 Öneriler	63
<b>6. KAYNAKLAR</b>	65
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	70

## TEZ ÖZETİ

# SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR KULLANILARAK ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İrfan UCUN

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Bu çalışmada, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin seramik kesici takımlar ile işlenebilirliği incelenmiştir. Kesme işleminde meydana gelen kesme kuvvetleri, kesici takımında oluşan aşınma miktarı ve iş parçası yüzeyindeki pürüzlülük değeri işlenebilirlik kriteri olarak dikkate alınmıştır. Deneysel olarak iki farklı östemperleme sıcaklığında ısıl işlem görmüş numuneler ile KGDD olmak üzere üç seri numune kullanılmıştır. Östemperlenen numunelerin her biri 900 °C’de ve 120dk süreyle östenitleme işleminin ardından, 250 °C ve 375 °C’ de östemperlenmiştir. Elde edilen numunelerin her biri, seramik ve sermet kesici takımlar kullanılarak sırasıyla 100, 200, 300, ve 500 m/dk. kesme hızlarında 1mm talaş derinliğinde ve 0.1mm/dev ilerleme oranına sahip kesme koşullarında oluşan kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Daha sonra aşınma testleri 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında 1,5 mm talaş derinliğinde ve 0,32 mm/dev ilerleme oranında gerçekleştirilmiştir.

Deneysel sonuçlarında, en kısa takım ömrü 250 °C’ de östemperlenen numunelerin işlenmesinde bulunmuştur. En uzun takım ömrü ise, ısıl işlem uygulanmamış dökme demir malzemelerin işlenmesinde elde edilmiştir. Ayrıca, östemperleme sıcaklığının düşmesi kesme kuvvetlerini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. En büyük kesme kuvveti 250 °C’ de östemperlenen numunenin işlenmesinde gözlenmiştir. Bununla birlikte, seramik kesici takımlar sermet kesici takımlara nazaran daha iyi bir performans göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel grafitli dökme demir, Östemperleme, Seramik, Sermet, Takım ömrü, Kesme kuvveti

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF AUSTEMPERED DUCTILE IRON BY USING CERAMIC CUTTING TOOLS

İrfan UCUN

Afyonkarahisar Kocatepe University,  
Institute for the Natural and Applied Sciences  
Department of Machine Education

Advisor: Assoc. Prof. Kubilay ASLANTAŞ

In this study, machinability of austempered ductile irons by using ceramic cutting tools are investigated. Cutting forces, tool wear and surface roughness are considered as the machinability criterion. Two different austempered ductile iron materials and as-cast material were used during the experiments. The ADI specimens were austenised at 900°C for 120 min. and then the specimens were austempered at 250 °C and 375 °C for 120 min. The cutting forces measured for four different cutting speeds (100, 200, 300, 500 m/min.), 1 mm depth of cut and 0.1mm/ rev. feed of rate. The wear tests were carried out two cutting speed (340, 240 m/min), 1,5mm depth of cut and 0.32 mm/rev. feed of rate are to be constant.

In the experimental results, the least tool life was obtained in austempered specimens at 250 °C but the greatest tool life was determined in the KGDD which is not carried out heat process. In addition, the cutting forces were increased with the decrease of austempered temperature. The biggest cutting forces were obtained in machinability of the austempered specimens at 250 °C. Besides, ceramic cutting tools showed better performance as compared to cermet tools.

**Key words:** Ductile iron, Austempering, Ceramic, Cermet, Tool Life, Cutting Forces



## **TEŞEKKÜR**

Tez çalışmam süresince benden bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam da buldukları katkılardan dolayı Sn. Yrd. Doç. Dr. Yılmaz YALÇIN' a, Öğr. Gör. Sinan ULU' ya, Arş. Gör. Yusuf KAYALI' ya, Arş. Gör. İbrahim GÜNEŞ' e, Arş. Gör Rıza KARA' ya, Arş. Gör. Fatih ÇOLAK' a ve tüm makine eğitimi bölümü personeline teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca tüm öğrenim hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$F_c$	Esas kesme kuvveti
$F_a$	İlerleme kuvveti
$F_t$	Pasif kuvvet
$N_s$	Normal sürtünme kuvveti
$F_s$	Teğetsel sürtünme kuvveti
$N_c$	Normal kayma kuvveti
$R$	Bileşke kuvvet,
$t_1$	Deforme olmamış talaş derinliği,
$t_2$	Deforme olmuş talaş derinliği,
$\alpha$	Talaş açısı,
$\emptyset$	Kayma açısı,
$\mu$	Sürtünme katsayısı,
$T$	Takım ömrü,
$V$	Kesme hızı,
$a$	Talaş derinliği,
$f$	İlerleme,
$n$	Taylor takım ömrü sabiti,
$r$	Takım burun (uç) yarıçapı,
$V_b$	Yan Yüzey(Yanak) aşınması,
$Mg$	Magnezyum,
$Ce$	Seryum,
$Na$	Sodyum,
$Ca$	Kalsiyum,
$Ra$	Ortalama pürüzlülük değeri,

## 2. Kısaltmalar

ÖKGDD	Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir
KGDD	Küresel Grafitli Dökme Demir,
CBN	Kübik boron nitrit,
Hv	Whikers sertlik,
Hb	Birnell sertlik,
BUE	Built up edge (Talaş yığılması),
ÖKGDD	Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demir,
SEM	Scanning Electron Microscope,
TSE	Türk Standartları Enstitüsü,
DIN	Alman standardı
sn	Saniye,
dak	Dakika,
m	Metre,
dev	Devir,

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli	9
Şekil 2.2 Talaş kaldırma işlemi	10
Şekil 2.3 Sürekli talaş oluşumunun şematik ifadesi	11
Şekil 2.4 Süreksiz (kesikli) talaş oluşum biçiminin şematik ifadesi	12
Şekil 2.5 Sıvımalı sürekli talaş oluşum biçiminin şematik ifadesi	13
Şekil 2.6 Talaş kaldırma esnasında meydana gelen kuvvetler	14
Şekil 2.7 Ortogonal kesme modelinde kesme kuvvetleri bileşenleri	14
Şekil 2.8 Takım/talaş arayüzünde meydana gelen sürtünme düzlemi	15
Şekil 2.9 Logaritmali kesme hızı ve takım ömrü grafiği	17
Şekil 2.10 Kesici takımda meydana gelen yan yüzey yanak aşınması	20
Şekil 2.11 Takımda meydana gelen krater aşınması	21
Şekil 2.12 Kesici takımda meydana gelen çentik oluşumu	21
Şekil 2.13 Kesici takımda meydana gelen kırılmalar	22
Şekil 2.14 Kesici takımın ucunda meydana gelen talaş yığılması (BUE)	23
Şekil 2.15 KGDD'in mikro yapısı	23
Şekil 2.16 Östenitleme sıcaklığının mekanik özelliklere etkisi. (■●▲◆ 300°C' de östemperlenmiş, □○△◇ 375 °C'de östemperlenmiş)	27
Şekil 2.17 Küresel grafitli dökme demir için izotermal dönüşüm diyagramı	29
Şekil 2.18 Alaşımsız KGDD'de (a) üst beynit ve (b) alt beynit dönüşümleri için östemperleme süresiyle mikro yapıdaki değişimlerin ve proses aralığının şematik gösterimi	30
Şekil 2.19 Östemperleme sıcaklık ve süresinin alaşımsız KGDD' lerde çekme ve % 0,1 akma mukavemeti üzerindeki etkisi	31
Şekil 3.1 Y-Bloktan elde edilen numune ve ölçüleri	35
Şekil 3.2 Östenitleme ve Östemperleme işlemlerinde kullanılan fırınlar	36
Şekil 3.4 Deneylerde kullanılan seramik kesici takım	38
Şekil 3.5 Deneylerde kullanılan sermet kesici takım	38
Şekil 3.6 Deneylerde kullanılan takım tutucu	38
Şekil 3.7 Mahr pürüzlülük ölçme cihazı	39
Şekil 3.8 Deneylerde kullanılan çekme numuneleri	39

Şekil 3.9 Shimadzu çekme cihazı	40
Şekil 3.10 METTEST sertlik ölçme cihazı	40
Şekil 4.1 Östemperlenen numuneler ve KGDD' ait mikro yapı fotoğrafları (a : 250 °C, b : 375 °C, c : KGDD, d : KGDD)	42
Şekil 4.2 Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen kesme kuvveti değerleri	44
Şekil 4.3 Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen pasif kesme kuvveti değerleri	44
Şekil 4.4 Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen İlerleme kuvveti değerleri	45
Şekil 4.5 Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızı ve östemperleme sıcaklığına bağlı olarak değişimi.	46
Şekil 4.6 Üç farklı numunenin seramik kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde kesme zamanına bağlı olarak meydana gelen aşınma değerleri	47
Şekil 4.7 Üç ayrı numune için kullanılan iki farklı kesme hızlarında seramik kesici takım ile yapılan kesme işleminde aşınma değerlerinin kesme zamanına göre değişimi	48
Şekil 4.8 Seramik kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında yapılan kesme işleminde kesme zamanına bağlı olarak meydana gelen pürüzlülük değerleri	49
Şekil 4.9 Üç farklı numunenin sermet kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde kesme zamanına bağlı olarak meydana gelen aşınma değerleri	50
Şekil 4.10 Üç ayrı numune için kullanılan iki farklı kesme hızlarında sermet kesici takım ile yapılan kesme işleminde aşınma değerlerinin kesme zamanına göre değişimi	51
Şekil 4.11 Sermet kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında yapılan kesme işleminde kesme zamanına bağlı olarak meydana gelen pürüzlülük değerleri	52
Şekil 4.12 Seramik ve sermet kesici takımların 250 °C' de ısıtılmış malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme	53

hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	
Şekil 4.13 Seramik ve sermet kesici takımların 375 °C’ de ısıtılmış malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	54
Şekil 4.14 Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	54
Şekil 4.15 Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	55
Şekil 4.16 Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	55
Şekil 4.17 Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).	56
Şekil 4.18 Seramik ve sermet kesici takımların takım ömrü değerlerinin karşılaştırılması	57
Şekil 4.19 Kesme işlemi neticesinde oluşan talaş şekilleri (a:seramik, b:Sermet)	58
Şekil 4.20 250 °C’ de östemperlene numunelerin sermet kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri	59
Şekil 4.21 375 °C’ de östemperlene numunelerin sermet kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri	59
Şekil 4.22 375 °C’ de östemperlene numunelerin seramik kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri	60
Şekil 4.23 Kesici takımlardan elde edilen EDX sonuçları	61

## TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 TSE standartlarına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması	25
Tablo 2.2 DIN standartlarına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması	25
Tablo 2.3 KGDD ve çeliklere ait mekanik özelliklerin karşılaştırılması	32
Tablo 2.4 ÖKGDD için ASTM A 897M-90 (metrik) standardı	33
Tablo 3.1 Küresel grafitli dökme demir malzemesine ait kimyasal bileşim	35
Tablo 3.2 KGDD malzemesinin mekanik özellikleri	35
Tablo 3.3 Seramik kesici takıma ait geometrik boyutlar	37
Tablo 3.4 Sermet kesici takıma ait geometrik boyutlar	38
Tablo 3.5 Takım tutucuya ait geometrik boyutlar	38
Tablo 4.1 KGDD' in mekanik özellikleri	41
Tablo 4.2 250°C 'de östemperlenen malzemenin mekanik özellikleri	41
Tablo 4.3 375 °C' de östemperlenen malzemenin mekanik özellikleri	41

## 1.GİRİŞ

Tasarım, tasarımı yapılacak ürünün maliyeti, iyi işlenebilirlik, yüksek gerilmelere karşı mukavemetli, iyi bir tokluğa sahip olma, aşınma direncinin yüksek olması gibi yönleriyle en iyi şartı sağlayan malzemeler esas alınarak yapılır. Tüm bu yönleriyle Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirler(ÖKGDD) tasarım için en uygun malzeme olarak göze çarpmaktadır. Endüstriyel alanda pek çok kullanım alanının olması da onun sahip olduğu bu özelliklerden kaynaklanmaktadır.

ÖKGDD' lerin endüstride kullanılmaya başlamasıyla birlikte çeşitli problemleri de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerin başında ise işlenebilirlik özelliğidir. Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin kullanılmaya başlanması ile birlikte, malzemelerin işlenmesinde kullanılan kesici takımlarda da gelişme gözlenmiştir. Uygun kesme parametrelerinin ve kesici takımın seçilmemesi, malzemenin işlenebilirlik maliyetinin artmasına neden olacaktır.

ÖKGDD' lerin işlenebilirliği üzerine bugüne kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda; Masuda vd. ÖKGDD' lerin endüstride kullanılan çeşitli kesici takımlarla işlenmesinde kesici takımda meydana gelen aşınma mekanizmalarını ve aşınma değerlerini incelemişlerdir. Kesme hızının artırılmasıyla titanyum karbid içeren seramik için yan yüzey yanak aşınma değerinde az bir artış olduğu görülmüştür. Buna karşılık, katılaşmış zirkonyum içeren seramik için ise; bu değer azaldığı görülmüştür. Bu farklılıkları ortaya çıkarmak için ilk olarak aşınmadaki oksitlenmenin etkisini ortaya koymak adına, argon ve oksijen gazının bulunduğu ortamda ÖKGDD tornalanma işlemi yapılmıştır. Sonuç olarak aşınma, normal hava koşullarında yapılan testlerden daha hızlı olduğu gözlenmiştir (Masuda et al. 1994).

Fang ve arkadaşları yağlayıcı olarak emülsion kullanarak yaptıkları çalışmada  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $Si_3N_3$  seramiklerin, gri dökme demir ve KGDD aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak dökme demirlerdeki sertliğin artmasına paralel olarak seramiklerdeki aşınma miktarının arttığı gözlenmiştir (Fang et al. 1998).



Camuşcu yapmış olduğu çalışmasında alümina esaslı seramik kesici takımlarla dökme demirlerin işlenmesinde kesme hızının etkisini incelemiştir. Üç farklı alümina esaslı kesici takım, TiN kaplı  $Al_2O_3+TiCN$ , whickers takviyeli SiC, ve kaplamasız  $Al_2O_3+TiCN$  kullanılmıştır. Kaplamasız  $Al_2O_3+TiCN$ , takım aşınmasında en kötü davranışı sergilemiştir. Fakat yüzey bitirme işleminde en iyi performansı göstermiştir. Whickers takviyeli SiC, kesme kuvvetlerinde en kötü performansı sergilemiştir. Takım aşınması, kesme kuvveti ve yüzey bitirme işlemleri birlikte değerlendirildiğinde, en iyi performansı, özellikle yüksek kesme hızlarında, kaplamalı  $Al_2O_3+TiCN$  seramik takım göstermiştir (Camuşcu 2006).

Kaplanmış karbür kesici takım kullanılarak, Ucun ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada (Ucun 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, Ucun vd. (Ucun 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.

Ping ve Toshihiro yaptıkları çalışma ile birlikte, kesici takımların ve kesici takım malzemelerinin performansını deneysel olarak incelemişlerdir. Kesme performansını etkileyen faktörleri ve takımdaki aşınma mekanizmalarını değerlendirmişlerdir. Sonuç

olarak, dönerek kesme yapan kesici takımların yüksek kesme hızlarında ve ilerleme değerlerinde daha avantajlı olduğu görülmüştür (Ping ve Toshihiro 1995).

Drauglates ve Boese yaptıkları çalışmada ÖKGDD' in tornalama ve delme işlemlerinde işlenebilirlik karakteristiklerini incelemiştir. Malzemenin kimyasal bileşiminin ve ısı işleminin, işlenebilirliği etkilediği görülmüş ve diğer dökme demirlerle kıyaslandığında, tornalama işleminde meydana gelen pasif ve ilerleme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Bu kuvvetler, malzemenin mikro yapısının bir sonucu olarak geliştiği düşünülmektedir (Drauglates and Boese 1986).

Moncada ve diğerleri yaptıkları çalışmada, farklı östemperleme sıcaklıklarında östemperlenmiş iş parçalarının sinterlenmiş karbür kesici takımlar ile işlenmesinde kesici takımının performansını incelemiştir. Soğutma sıvısı kullanılarak yapılan kesme işleminde 360 °C, 320 °C ve 280 °C' de östemperlenen numunelerin dökme demire nazaran işlenebilirlikleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak sırasıyla %15, %40 ve %55 oranında işlenebilirliğin (takım aşınması) azaldığı görülmüştür (Moncada et al. 1998).

Sarma ve Dixit, yaptıkları çalışmada, gri dökme demirin  $Al_2O_3+TiC$  seramik kesici takımla yapılan kuru ve soğutucu olarak hava kullanılarak yapılan kesme işleminde, kesici takımın gösterdiği performansı araştırmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması bağıntısı yapay sinir ağları yardımıyla elde edilmiş, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, oluşan kuvvetler ve kesme işlemi esnasında meydana gelen titreşim araştırılmıştır. Sonuç olarak hava ile soğutulan ve yüksek kesme hızında yapılan kesme işleminde, takım aşınmasının önemli ölçüde düştüğü gözlenmiştir. Yüksek kesme hızlarında soğutucu kullanılmadan yapılan kesme işleminde ise, performans oldukça düşmüştür. Bütün kesme koşullarında ve hava ile soğutulan kesme işlemlerinde kesme kuvvetlerinde azalma gözlenmiştir. Böylece  $Al_2O_3+TiC$  seramik kesicilerle gri dökme demirlerin tornalanmasında hava ile soğutma işleminin avantajlı olduğu görülmüştür (Sarma and Dixit 2007).

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).

Bu kapsamda Liu ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada; perlitik dökme demirin hassas yüzey bitirme verimliliğini arttırmak 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).

KGDD'lerin işlenebilirlik özelliğini artırmaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar içerisinde biri de Cohen ve Voigt tarafından ortaya konan çalışmadır. 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 and Voigt 2003).

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 işlem görmüş KGDD’i 150–450 m/dak kesme hızı aralığında tormalanmak için kullanılmıştır. İş parçaları östemperleme işlemiyle 350 Hv ye sertleştirilmiş ya da 180Hv sertliğe tavlama suretiyle yumuşatılmıştır. 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.

Shaohua ve Xuhong yaptıkları çalışmada, ÖKGDD’lerin yüksek kesme hızlarında seramik kesici takımlarla işlenebilirliklerini incelemişlerdir. Kesici takımın aşınan yüzeyindeki aşınma mekanizmaları SEM ‘le gözlemlenmiş, aynı zamanda kesici takımın mikro yapı analizi ise XRD cihazı ile yapılmıştır. Sonuç olarak kesme hızının takım ömrü için en önemli faktör olduğu anlaşılmış, ayrıca düşük ve orta kesme hızlarında kesicinin yan yüzeyindeki ve talaş yüzeyindeki aşınmalar benzerlik göstermiştir. Kesme sıcaklığı ise yüksek kesme hızlarında arttığı gözlemlenmiştir (Shaohua and Xuhong 2006).

Xuhong vd. yaptıkları çalışmada, ÖKGDD’lerin yüksek kesme hızlarında seramik kesici takımlarla işlenebilirlikleri incelenmiştir. Kesici takımın aşınan yüzeyindeki aşınma mekanizmalarını SEM ‘le incelemişlerdir. Meydana gelen aşınma mekanizmaları ve kesici takımın performansı tartışılmıştır. Aşınma mekanizmaları genelde abrasiv, koheziv, mikro çatlaklar ve kırılma şeklinde görülmüştür. Malzemenin yüksek hızlarında kesme işlemine tabi tutulmasıyla, kesici takım kohezyon aşınmasına maruz kalacaktır. Kesici takımın talaş yüzeyindeki ortalama sıcaklık 800 °C nin üstüne çıktığında Fe ve Si elementleri dağılacaktır ve böylece Al ile Ti elementleri açığa çıkacaktır. Kesme işleminden sonra kesici takımda ve talaşta FeCr fazı oluşmuştur. Bu gibi kimyasal bileşiklerin abrasiv aşınmaya yol açan ana nedenlerden biri olduğu sonucuna varılmıştır (Xuhong et al. 2006).

Şeker ve Hasırcı yaptıkları çalışmada, ÖKGDD' lerin mekanik özelliklerinin ve mikro yapısının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. 6 farklı numune grubunu 900°C 'de 90 dakika östenitlemişler ve daha sonra 370 °C' de 60, 90, 180 ve 200 dk tuz banyosunda östemperlemişlerdir. Östemperleme sıcaklığının KGDD' lerle kıyaslandığında yüzey kalitesinde gözle görülebilir bir gelişme olduğu anlaşılmış ve kesme kuvvetlerinde de % 20 civarında bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. Her bir kritere göre elde edilen en iyi işlenebilirlik değeri % 0.7 Ni ve % 0.7 Cu eklenen numunelerin 60 dk östemperlenmesinden elde edilmiştir (Şeker and Hasırcı 2006).

Çakır vd. ÖKGDD' e östemperleme sıcaklığının ve süresinin işlenebilirliklerine etkisini araştırmışlardır. Malzemenin işlenebilirliğini takım ömrü, takım aşınma değerleri, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü gibi genel kriterler göz önüne alarak değerlendirmişlerdir. Deneyler esnasında kullandıkları numuneleri 300, 350, ve 400 °C 'de 1 ve 2 saat süreyle östemperleme işlemine tabi tutmuşlardır. Deneyler boyunca kesme kuvvetleri, yan yüzey yanak aşınması değerleri ve yüzey pürüzlülük değerlerini takım ömrü boyunca karşılaştırmışlar ve farklı yapılara sahip ÖKGDD' lerin işlenebilirlik performansıyla kıyaslamışlardır (Çakır et al. 2006).

Şeker vd. yapmış oldukları bir çalışmada malzemenin mekanik özelliklerinin ve mikro yapısının, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. KGDD malzemelere çeşitli oranlarda Ni ve Cu ilavesi yapılmıştır. Çeşitli miktarlardaki Ni ve Cu ile alaşımlandırılan 6 farklı deney numunesinin işlenebilirlik testleri yapılmış ve kesme hızları ile yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak işlenebilirlikleri incelenmiştir. Deneyler neticesinde, Ni ve Cu katkılı dökme demirlerin işlenmesinde kesme kuvvetlerinin önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde en iyi işlenebilirlik değeri % 0,7 Ni ve %0,7 Cu ile alaşımlandırılan dökme demir için olduğu anlaşılmıştır (Şeker et al. 2003).

Ghani vd. yapmış oldukları çalışmada KGDD' lerin seramik kesici takımlarla işlenmesi esnasında, işlenebilirlik için yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve titreşim kriterlerini araştırmışlar aynı zamanda asıl ve radyal kesme kuvvetleri yönünde meydana gelen yan

yüzey yanak aşınmasına, titreşimin etkisini incelemişlerdir. Titreşim, takım tutucusuna bağlanmış iki adet hız ölçer ile ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ile ilişkilendirmek için kullanılan parametreler, sinyal hızı ve sinyalin genişliğidir. Alumina içerikli seramik kesici takımların takım ömrü elde edilen sonuçlar neticesinde tatmin edici bulunmamıştır. 364-685 m/dk hızlarda max. takım ömrü yalnızca 1,5 dk olmuştur. Yüzey pürüzlülüğü tüm kesme koşullarında, yan yüzey yanak aşınmasının artmasıyla daima sabit kaldığı saptanmıştır. Aynı aşınma değerleri için gözlenen titreşim, kesme işlemi boyunca hız arttıkça azalmıştır. Düşük kesme derinliğinde titreşim, yan yüzey yanak aşınmasının artmasıyla daima sabit kalmıştır (Ghani et al. 2002).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada östemperlenmiş ve KGDD' lerin sermet ve seramik kesici takımlarla işlenebilirliğinin karşılaştırılması yapılmıştır. İşlenebilirlik kriteri olarak kesme kuvveti, yüzey bitirme işlemi, takım ömrü ve yüzey pürüzlülük değerleri dikkate alınmıştır. Bütün kriterlere göre elde edilen sonuçlara bakıldığında seramik kesici takımların sermet kesicilere nazaran yüksek bir performans göstermiştir.

Bu çalışmanın literatüre katacağı en önemli unsurun ise sermet kesici takımların kesme performansı olacaktır. Çünkü bu kesici takımlar ÖKGDD' lerin işlenmesinde daha önce kullanılmamıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Talaş Kaldırma Teorileri

Talaş kaldırma analizleriyle ilgili detaylı çalışmalar, talaşta farklı gerilme ve uzamayla neticelenen birkaç model literatürde kabul görmüştür. Bu kesme modellerinin başlıcaları şunlardır;

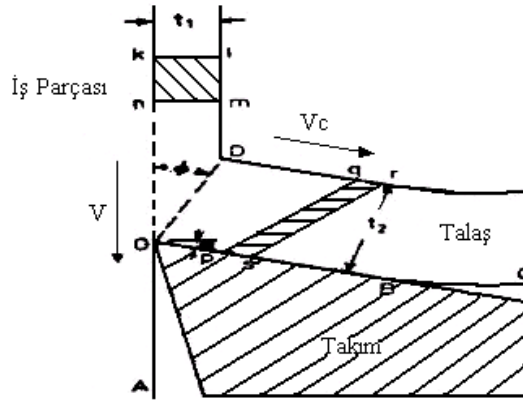
- Tresca yaklaşımı
- Timme ve Mallock yaklaşımı
- Ernst ve Merchant yaklaşımı
- Lee ve Shafer yaklaşımı
- Shaw, Cook, ve Finne yaklaşımı
- Hill yaklaşımı
- Okushima ve Hitami yaklaşımı
- Astakhov yaklaşımı

dır. Bu yaklaşımlardan en çok bilinenler ise Tresca, Timme ve Merchant modelleridir.

Tresca yaklaşımı; Tresca isimli bilim adamı, talaş oluşumu ile ilgili ilk çalışmaları yapmıştır. Tresca yaptığı çalışmada; en uygun talaş derinliğini elde etmek için en uygun takım geometrisinin nasıl olması gerektiği konusunda önemli bilgiler ortaya koymuştur. Çalışmasında ayrıca kesme esnasında Visko-Plastik talaş oluşumunu tanımlamışlardır (Şahin 2003).

Timme ve Mallock'a göre ise; Kesme esnasında takım, iş parçasına nüfuz etmeye ve onun direncini yenmeye çalışır. Takımın iş parçasına batma direnci, sıkıştırılan malzeme alanını orantılı olarak büyütür. Buna bağlı olarak ta batma direnci artar. Bu batma direnci kayma açısına bağlı olarak iş parçasından küçük parçacıklar çıkaracak kadar büyük olmalıdır. İlk küçük parçacık çıkartılması sonrasında batma direnci bir miktar azalır ve talaş oluşumu için yeni bir çevrim meydana gelir (Şahin 2003).

Ernst ve Merchant yaklaşımına göre; Talaş akışının sürekli olduğu ve talaşın tek yönlü kayma deformasyonuna maruz kaldığı ifade edilmektedir. Talaş kaldırma mekaniğine bağlı olarak Merchant'ın ideal talaş oluşum işlemi Şekil 2.1' de verilmiştir. Kayma açısı boyunca sürekli veya sabit bir deformasyon meydana gelir. Deforme olan malzeme sürekli bir talaş şeklinde talaş yüzeyi boyunca  $V_c$  hızıyla kayar. Deforme olmamış talaş kalınlığı  $t_1$  olurken deforme olmuş talaş kalınlığı  $t_2$  olmaktadır (Şahin 2003).



Şekil 2.1 Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli (Şahin 2006).

## 2.2 Talaş Oluşumu ve Kesme Kuvvetleri

Talaşın şekli önemli ölçüde talaş kaldırılan iş parçası malzemesine bağlıdır. Genellikle deforme olmuş talaş farklı parçacıklardan oluşmuştur ve bu parçacıklar sünek malzemelerde bir arada bulunurlar.

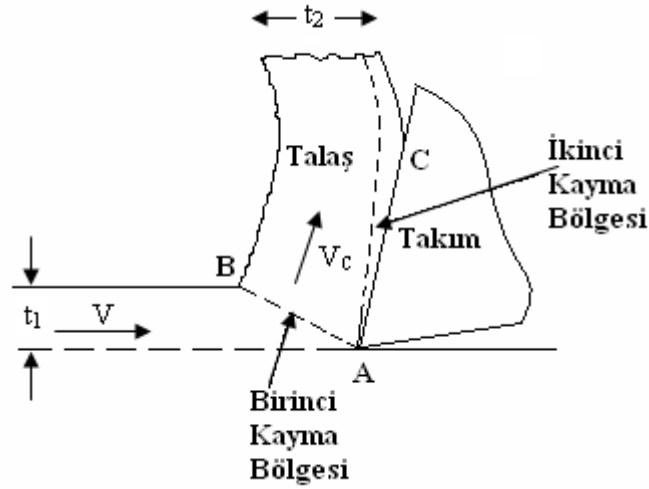
Farklı mekanik özelliklere sahip bir orta karbonlu çelik ile bir alaşımlı çelik malzemedan talaş kaldırıldığında, orta karbonlu çeliğinin daha fazla deforme olduğu ve daha büyük bir kıvrıma sahip olduğu görülür. Düşük olan ve deformasyon ile daha da düşen mukavemet nedeniyle alaşımsız çelik talaşlar daha dayanıklı alaşımlı çelik talaşlara göre daha kolay kırılırlar. Alaşımsız çeliklerde ilerleme hızı yüksek olduğu talaş daha kolay kopar. Yüksek ilerleme hızlarında alaşımlı çeliğin deformasyonu daha az olacaktır, bu ise tavsiye edilen talaş kırma alanında kalmak kaydıyla yüksek ilerleme hızlarında çalışılmasını gerektirir (Çakır 2006).



Talaş oluşumu için üç temel gereksinime ihtiyaç vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Kesici olarak kullanılacak takımın iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması
- Kesici takım olarak seçilen takımın talaş kaldırabilmesi için belirli bir uç geometrisine sahip olması
- Kesicinin iş parçası malzemesine ait direnci yenebilmesi için takım ile iş parçası arasında belirli bir kesme hızının olması.

Bu şartlar, var olduğu sürece Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, işlenecek malzemeden takım talaş yüzeyi aracılığıyla malzemenin bir kısmı kaldırılacaktır ( Şahin 2003).



Şekil 2.2 Talaş kaldırma işlemi

Talaş kaldırma işleminde, talaşın deformasyonu birinci kayma bölgesinde başlar. Kesme işleminde kayma düzlemi (shear plane) elde edilene kadar metal deforme olmaz. Talaş yüzeyinde var olan ikinci deformasyon bölgesi genellikle ihmal edilir. Takım yüzeyinde A dan C ye olan talaşın hareketi belirli bir sürtünme katsayısına sahip kayma hareketine benzetilir. Kayma gerilmelerinin etkisiyle metal kayma düzleminde kayma şekil değiştirmesine maruz kalmaktadır. Kesme sırasında oluşan kayma düzlemi boyunca, deformasyon başladığı zaman, malzeme sanki negatif şekil değiştirme sertleşmesi (softening) sergiliyormuşçasına deformasyon işlemi devam eder ve kesme işlemi gerçekleşmiş olur (Şahin 2003).

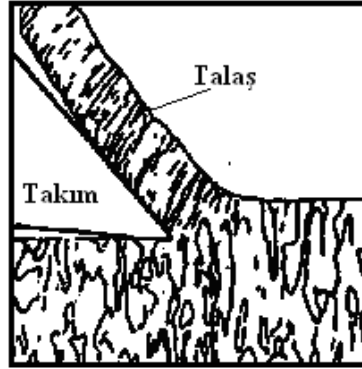
## 2.3 Temel Talaş Biçimleri

Talaşlı imalat esnasında meydana gelen talaş şekilleri üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; sürekli talaş, süreksiz talaş ve sıvanmalı sürekli talaştır.

### 2.3.1 Sürekli Talaş

Genellikle sünek malzemelerin uygun kesme hızlarında işlenmesi ile elde edilir. İşlem sırasında harcanan güç, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesi yönünden tercih edilen bir talaş türüdür. Sürekli talaşla çok iyi yüzey kalitesi sağlandığından verimli kesme işlemi için idealdir.

Kesme işlemi yapılırken Şekil 2.3' de görüldüğü gibi kristal yapının deformasyonundan dolayı talaşın uzaması ile kesici takım önündeki malzeme basma kuvvetine maruz kalır. Bu kristallerin uzaması kayma düzlemi doğrultusunda meydana gelir. Bu basma ve uzama işlemi devam ederken kesici uç üzerindeki malzeme talaş/takım arayüzeyi boyunca zorlanır ve iş parçasından uzaklaşır (Şahin 2003).



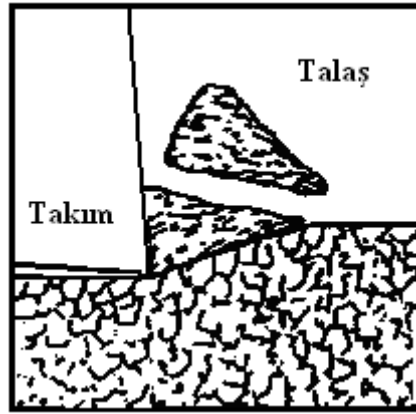
Şekil 2.3 Sürekli talaş oluşumunun şematik ifadesi (Şahin 2003).

### 2.3.2 Süreksiz Talaş( Kesikli )

Talaş kaldırma sırasında eğer iş parçası gevrek yapıya sahip ise, bu durumda talaşın şekillendirilmesi zordur. Yani talaş daha birinci deformasyon bölgesinde kırılacaktır. Bu

tür talaş genellikle dökme demir, pirinç döküm gibi malzemelerin işlenmesi esnasında ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda süreksiz talaş tipi sünek malzemelerin düşük kesme hızlarında ve büyük ilerleme değerlerinde işlenmesinde de meydana gelmektedir.

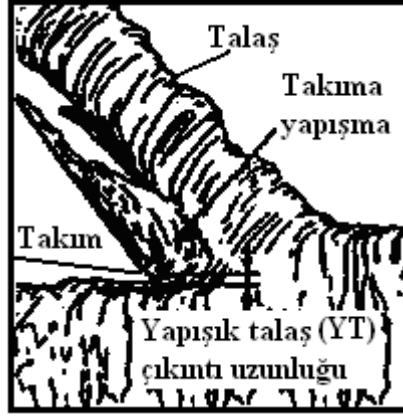
Kesici takım uç noktası, malzeme ile temasta olduğunda, Şekil 2.4’de görüldüğü gibi, malzemede basma gerilmeleri meydana gelir. Talaş, takım/talaş arayüzü boyunca akmağa başlar. Kesme hareketiyle, gevrek malzemeye daha fazla gerilme uygulandığından malzeme kopmanın olduğu noktaya ulaşıncaya kadar basma gerilmesine maruz kalır. Talaş işlenmemiş kısımdan kopar. Bu çevrim kesme işlemi boyunca devam eder (Şahin 2003).



**Şekil 2.4** Süreksiz (kesikli) talaş oluşum biçiminin şematik ifadesi (Şahin 2003).

### 2.3.3 Sıvanmalı Sürekli Talaş

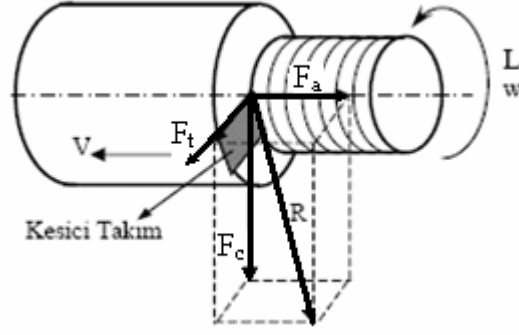
Düşük karbonlu imalat çeliği yanında bir çok yüksek karbonlu alaşım çelikleri, yüksek hız çelikleri ile düşük kesme hızlarında ve soğutma sıvısı kullanılmadan işlendiğinde Şekil 2.5’ de görüldüğü gibi sıvanan-sürekli bir talaş meydana gelmektedir. Kesici takım önündeki malzeme, basma gerilmesine maruz kalarak sıkıştırılır. Talaş/takım arayüzeyi boyunca akmağa başlayan talaş tipi oluşur. Takım/talaş arayüzeyi boyunca talaşın akmasına karşı yüksek sürtünme direnci, yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkların sonucu olarak, talaş kayma gerilmesine maruz kalır. Bunun sonucu olarak, küçük metal parçacıkları kesici takım ucuna yapışmaya başlar (Şahin 2003).



Şekil 2.5 Sıvımalı sürekli talaş oluşum biçiminin şematik ifadesi (Şahin 2003).

## 2.4 Kesme Kuvvetleri

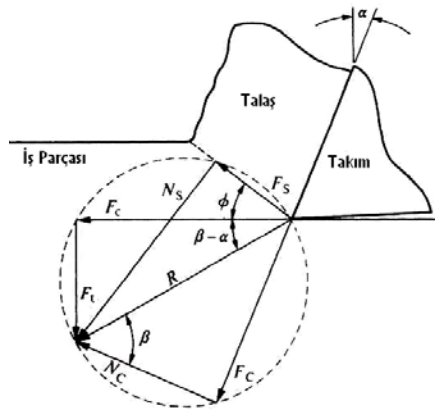
Talaş kaldırma işleminde, talaşı iş parçasından ayırmak için büyük bir güce gereksinim vardır. Günümüzde kesici takımlar tezgah gücünü çok daha efektif kullanmalarının yanında, yüksek işleme hızlarında çalışırlar. Dikkatlice tasarlanmış kesici geometrisi sadece sünek malzemelerin tornalanması işleminde değil, dökme demirlerin frezelenmesi işlemlerinde de kullanılmaktadır. Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabildiği gibi bir dinamometre yardımıyla da ölçülebilirler. Bu kuvvetler genellikle talaş kaldırma ve talaş kırma kuvvetleridir. İşlem esnasında ortaya çıkan çok büyük basınç ve sürtünme çeşitli yönlerden kesici uç üzerine etkiyen kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur (Çakır 2006). Tornalama işlemi esnasında kesme işlemi yapılırken, üç doğrultuda kuvvet meydana gelir. Şekil 2.6' de görüldüğü gibi bu kuvvetler; takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden kesme ucuna dik yönde meydana gelen  $F_c$  ile gösterilen asıl kesme kuvveti; Bu kuvvet kesme işlemi esnasında meydana gelen en büyük kuvvet olma özelliğine sahiptir. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan ve takımın temas ettiği yüzeye dik olarak meydana gelen kuvvet ise radyal (pasif) kuvvettir.  $F_t$  ile gösterilen radyal kuvvet genellikle kesme işlemi esnasında meydana gelen en küçük kuvvettir ve çoğu analizde ihmal edilir ve son olarak kesme işlemi esnasında meydana gelen  $F_a$  ile gösterilen ilerleme kuvvetidir. Bu kuvvet takımın ilerleme eksenini boyunca meydana gelmektedir (Şahin 2003).



**Şekil 2.6** Talaş kaldırma esnasında meydana gelen kuvvetler

Kesme kuvvetlerinin büyüklüğü takım/talaş arasındaki temas boyunun uzunluğu ile ilgilidir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğundan dolayı çok düşük kesme kuvvetleri meydana gelir. Kesme hızının ve kayma açısının artırılmasıyla kesme kuvvetlerinin azaltılması da sağlanabilir. Ayrıca sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlarla yapılan kesme işleminde takım/talaş temas uzunluğunun kısaltılmasıyla da kesme kuvvetlerinde azalma sağlanabilmektedir (Şahin 2003).

Kesme işlemi esnasında meydana gelen asıl ve pasif kesme kuvvetleri deneysel çalışmalarla tespit edilebilmektedir. Bulunan sonuçlardan yola çıkarak, diğer sonuçlar teorik olarak hesaplanabilmektedir. Bu kuvvetler Şekil 2.7’de gösterildiği gibi  $N_s$ ,  $F_s$  normal ve teğetsel sürtünme kuvvetleri,  $N_c$ ,  $F_c$  normal ve teğetsel kayma kuvvetleridir.



**Şekil 2.7** Ortogonal kesme modelinde kesme kuvvetleri bileşenleri (Şahin 2003).

Şekil 2.7’de gösterilen kuvvetler aşağıdaki matematiksel bağıntılar kullanılarak hesaplanabilmektedir. Takım yüzeyine etkiyen normal ve teğetsel kayma kuvvetleri;

$$F_C = F_c \sin \alpha + F_t \cos \alpha \quad [1]$$

$$N_C = F_c \cos \alpha - F_t \sin \alpha \quad [2]$$

Bileşke kuvvet ise;

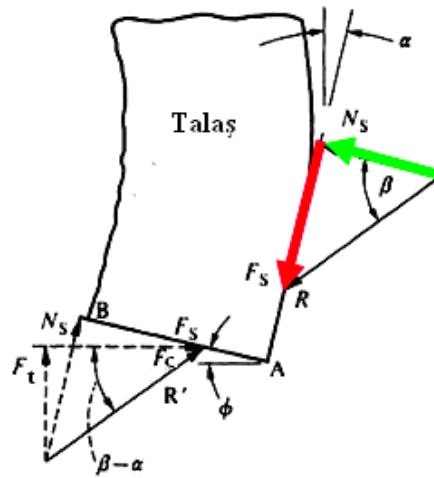
$$R = \sqrt{(F_c^2 + F_t^2)} \quad [3]$$

ile bulunur. Kayma düzlemine etkiyen sürtünme kuvvetleri;

$$F_S = F_c \cos \phi - F_t \sin \phi \quad [4]$$

$$N_S = F_c \sin \phi + F_t \cos \phi \quad [5]$$

ile bulunmaktadır. Ayrıca takım/talaş arayüzü arasında Şekil 2.8’de görülen kayma bölgesindeki sürtünme katsayısı ise;



Şekil 2.8 Takım/talaş arayüzünde meydana gelen sürtünme düzlemi

$$\mu = \tan \beta \quad [6]$$

$$\beta = \tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1}\left(\frac{F_c}{N_c}\right) \quad [7]$$

$$\mu = \frac{F_c}{N_c} = \frac{F_c \sin \alpha + F_t \cos \alpha}{F_c \cos \alpha - F_t \sin \alpha} \quad [8]$$

ile bulunmaktadır.

## 2.5 Takım Ömrü ve Aşınma

Takım ömrü genellikle belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen etkili çalışma zamanı olarak tanımlanır (Şahin 2003). Kesici takımda takım ömrü, kesici kenarın yapılması gereken bir işlemden belirlenen bir koşulu yerine getiremeyecek derecede aşınması ile sınırlıdır. Takımın yerine getirmesi gereken koşullar istenilen yüzey kalitesinin, boyut hassasiyetinin sağlanması ve talaş kontrolüdür. Genellikle takım ömrü ucun veya kenarın kırılması ile sona erer. Ancak talaşlı imalatta modern takımların doğru uygulanmalarda kullanılmaları sayesinde bu tip aşınmaya izin verilemez. Takım ömrü kriteri genellikle yapılan işlemin ince veya kaba işlem olmasıyla değişir. Kesici kenar ne zaman aşınmış kenar olarak kabul edileceğinin belirlenmesi için doğru tanımlamalarının yapılması gerekir. Farklı işlemlerde farklı takımlarda aşınma değerleri farklıdır. Fakat bir kesici kenar istenilen yüzey kalitesini vermiyorsa ve belirli bir tolerans aralığını sağlamıyorsa, bu takım daha fazla bu işlemde kullanılamaz (Çakır 2006).

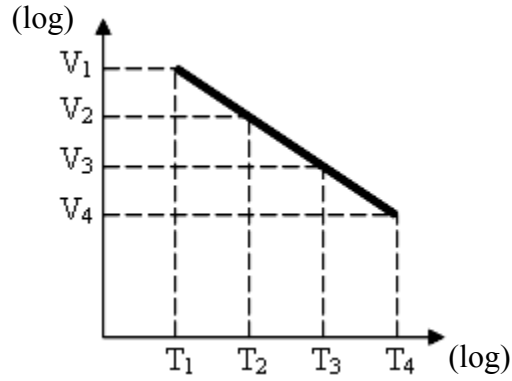
Takım ömrü esas itibariyle aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmaya etki eden faktörler; takım malzemesi, iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısı gibi faktörler takım ömrünü etkilemektedir. Ancak bunların içinden en önemli olanı kesme hızıdır. Bu konuda yapılan ilk çalışma Taylor tarafından gerçekleştirilmiştir ve aşağıdaki ampirik ifade elde edilmiştir.

$$V \cdot T^n = C$$

[9]

Bu eşitlikte; V, Kesme hızı, T dk olarak takım ömrü, n iş parçası malzemesine bağlı bir sabit ve C Taylor sabitidir (Akkurt 1992).

Bu formülde yer alan n katsayısı aynı zamanda Şekil 2.9' deki grafikteki doğrunun eğimini ifade etmektedir.



Şekil 2.9 Logaritmalı kesme hızı ve takım ömrü grafiği

Bu durumda;

$$n = \tan \phi = \frac{\log V_1 - \log V_4}{\log T_4 - \log T_1} \quad [10]$$

C sabitini bulmak için;

$$\log V = \log C - n \cdot \log T \quad [11]$$

İfadesinde logT alınırsa;

$$\log V = \log C - n \cdot (0) \quad [12]$$

C=V olur. (T=0 durumunda)



### **2.5.1 Takım Aşınması**

Takım aşınması kesici kenar üzerine etkiyen yük faktörlerinin bir sonucudur. Kesici kenarın ömrü birçok yüke bağlı olarak belirlenir. Aşınma olayı takım, iş parçası malzemesi ve işleme koşullarının etkileşiminden kaynaklanan bir olaydır. Talaş kaldırma işlemi esnasında, kesici ucun talaş ve serbest yüzeylerinde büyük miktarda ısı oluşumu söz konusudur (Çakır 2006).

Talaş kaldırma işlemi esnasında birçok iş parçası malzemesi içerisinde sertlikleri bazen takım malzemesi sertliğine yaklaşan, son derece sert parçacıklar bulunabilir. Bu parçacıklar takım üzerinde aşındırıcı bir etki oluşturur. Bu kalıntıların ve cürufu bir yapının söz konusu olmadığı durumlarda bile talaş kaldırma işlemi esnasında, kesici kenar üzerinden geçen malzeme nedeniyle değişen miktarlarda abrasiv bir aşınmanın meydana gelmesi kaçınılmazdır (Çakır 2006).

Talaşlı imalat işlemi esnasında kesici takım üzerine etkiyen çeşitli yükler ve ısı oluşumundan dolayı çeşitli aşınma mekanizmaları meydana gelmektedir. Bunlar aşağıdaki alt başlıklar halinde sıralanmıştır.

### **2.5.2 Aşınma Mekanizmaları**

#### **2.5.2.1 Abrasiv Aşınma**

En yaygın aşınma tiplerinden birisidir. Genellikle iş malzemesine ait sert parçacıklar nedeniyle ortaya çıkar. Bu durum, iş parçası yüzeyi ile takım arasına giren sert parçacıkların neden olduğu taşlama işlemine benzer bir durumdur. Bu aşınma tipi kesici ucun serbest yüzeyinin aşınmasına yol açar (Çakır 2006).

#### **2.5.2.2 Difüzyon Aşınması**

Bu aşınma tipi kesme işlemi esnasında daha çok kimyasal yükten etkilenir. Takım malzemesinin kimyasal özellikleri ile takım-iş parçası malzemesi arasındaki etkileşim

difüzyon aşınması mekanizmasının ortaya çıkmasına neden olur. Malzemeler arasındaki metalürjik ilişkiler aşınma miktarını belirler. Örneğin tungsten karbür ile çelik arasında bir etkileşim söz konusudur. Bu ise difüzyon aşınması mekanizmasının ortaya çıkmasına neden olur ve aşınma sonucu kesici ucun talaş yüzeyi üzerinde bir krater aşınma meydana gelir. Bu aşınma mekanizması önemli ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Aşınma yüksek kesme hızlarında en büyük değer ulaşır (Çakır 2006).

### **2.5.2.3 Yorulma Aşınması**

Termo-mekanik bir kombinasyonun sonucudur. Sıcaklıktaki dalgalanmalar ve takıma etkiyen kesme kuvvetlerinin sıfır ile maksimum değerler arasında değişmesi kesici kenarın çatlamasına ve kırılmasına yol açar. Aralıklı kesme işlemi ucun sürekli olarak ısınıp soğumasına ve talaş ile temasta olan kesici kenarda şok etkisine neden olur. Mekanik yorulma kesme kuvvetlerinin kesici takım mukavemetinden yüksek olduğu durumlarda görülmektedir (Çakır 2006).

### **2.5.2.4 Adheziv Aşınma**

Genellikle takımın talaş yüzeyindeki düşük işleme sıcaklıklarından dolayı ortaya çıkar. Çelik, alüminyum ve dökme demir gibi uzun ve kısa talaş oluşumunun söz konusu olduğu malzemelerde görülür. Bu aşınma mekanizması genellikle kenar ile talaş arasında yığılma kenar oluşumuna neden olur. Yığılma kenar oluşumu talaş tabakalarının sürekli olarak kesici kenar üzerine kaynak olup kenarın bir parçası haline gelmeleri işlemidir (Çakır 2006).

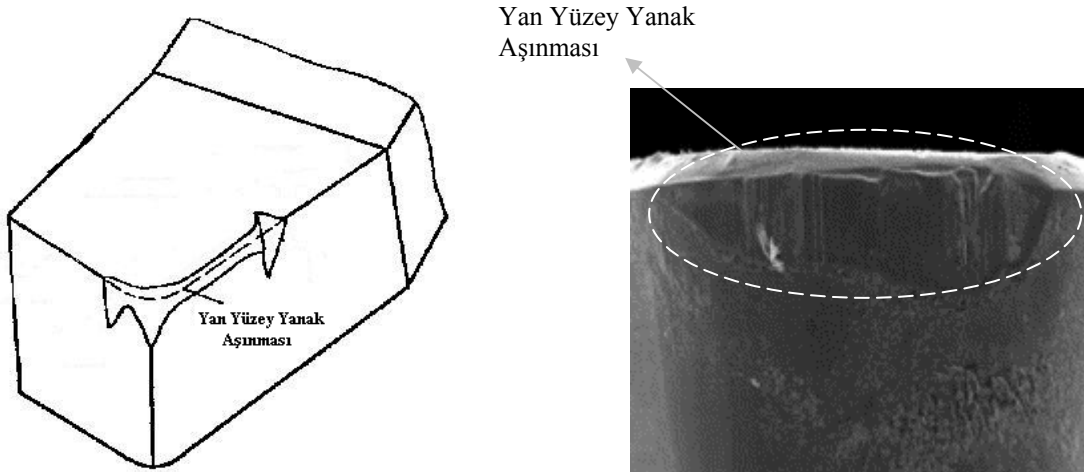
Yukarıda verilen aşınma mekanizmalarına bağlı olarak kesici uçta farklı aşınma tipleri meydana gelmektedir. Bunlardan en başlıcaları; yan yüzey yanak aşınması, krater aşınması, çentik oluşumdur.

### 2.5.3 Kesici Takımda Meydana Gelen Aşınma Tipleri

Kesici takımda kesme esnasında aşınma mekanizmalarına bağlı olarak bir takım aşınmalar meydana gelmektedir. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.

#### 2.5.3.1 Yan Yüzey Yanak Aşınması( Flank Wear)

Takımın yan kenar yüzeyi ile işlenmiş iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünmeden dolayı meydana gelen aşınma türüdür (Şekil 2.10). Abrasiv bir aşınma mekanizmasından kaynaklanmaktadır. Aşınma bölgesinin alanı aşınma miktarının bir ölçümü olarak alınır. Optik mikroskoplar kullanılarak aşınma sınırları tayin edilebilir. Aşınma miktarı ISO 3685 standardına göre genellikle 0.3mm olduğunda takım ömrünü tamamladığı kabul edilir.

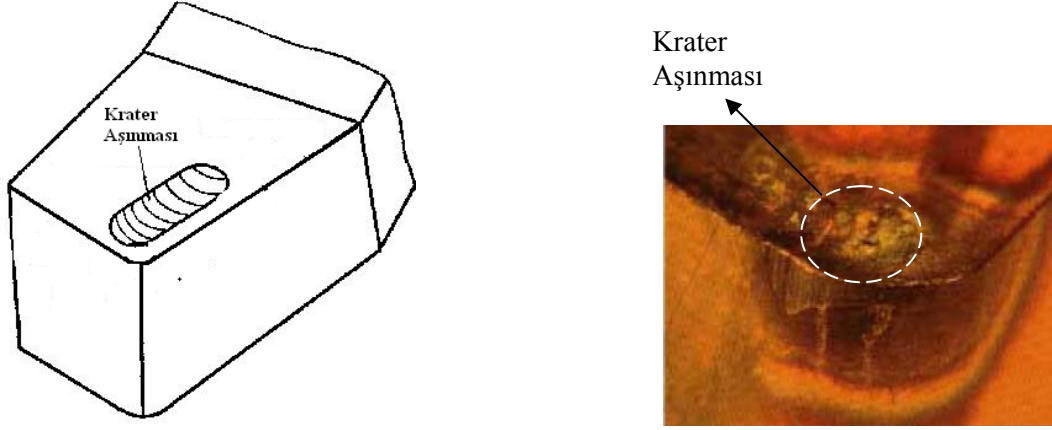


Şekil 2.10 Kesici takımda meydana gelen yan yüzey yanak aşınması

#### 2.5.3.2 Krater Aşınması

Talaş kaldırma esnasında takım-talaş temas boyunca aşırı sürtünme ve sıcaklığın etkisiyle meydana gelen aşınma türüdür. Talaş yüzeyinde abrasiv ve difüzyon aşınma mekanizmaları nedeniyle oluşur. Krater, talaş kaldırma esnasında sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinde taşlama işlemine benzer bir işlem gerçekleştirmeleri sonucunda veya takım talaş malzemesi arasında talaş yüzeyinin en sıcak kısmında oluşan difüzyon

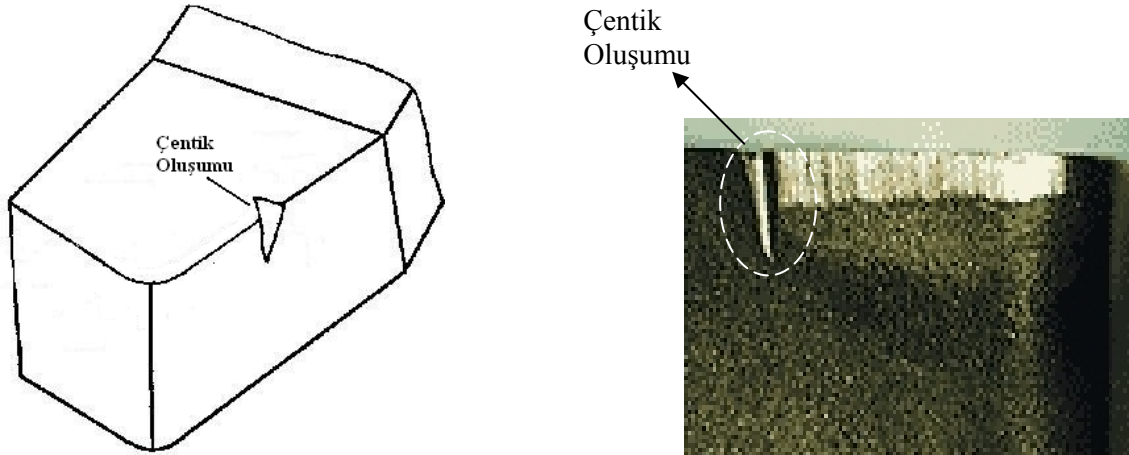
nedeniyle ortaya çıkar (Çakır 2006) (Şekil 2.11). Aşınma talaşın takım yüzeyinden akmasıyla ya sert partiküllerin kazıma etkileri sonucunda yada talaş sıcaklığın yoğun olduğu kesimlerin difüzyon etkisi neticesinde meydana gelmektedir.



Şekil 2.11 Takımda meydana gelen krater aşınması

### 2.5.3.3 Çentik Oluşumu

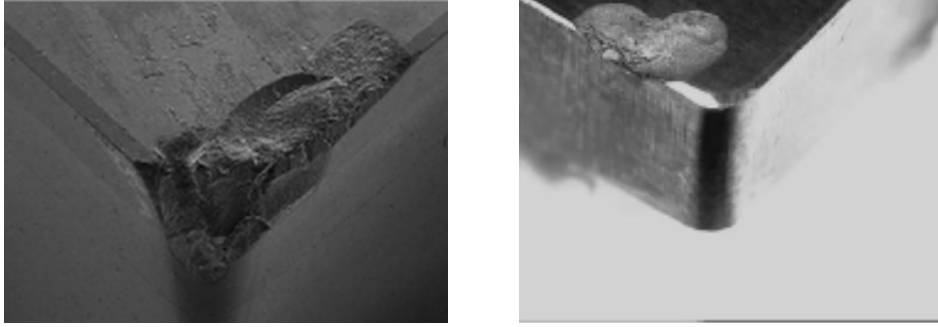
Bu aşınma tipi adheziv aşınma mekanizması nedeniyle meydana gelmektedir. Çentik kesici kenar ile malzemenin ayrıldığı noktada oluşur. Aşınma kesmenin sonunda, havanın kesme bölgesiyle temas ettiği noktada oluşması nedeni ile bölgeseldir. Çentik aşınmasının belirli bir değerin üstüne çıkması ince işlemlerde yüzey kalitesini etkiler ve kesici kenar zayıflar (Çakır 2006) (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Kesici takımda meydana gelen çentik oluşumu

#### 2.5.3.4 Kesici Takımın Kırılması

Kesici takımların kırılmasında en önemli unsur tokluk tur. Sertlik değeri olan kesici takımlar (HSS ve Sementit karbür) daha yüksek tokluğa sahipken, seramik kesicilerin tokluk değeri oldukça düşüktür. Bu nedenle darbeli talaş kaldırma işlemlerinde seramik takımlar kullanılmaz. Takım uç dayanımını arttırmak için önemli bir parametre de burun uç yarıçapıdır. Kesiciye ait burun uç yarıçapının arttırılması kesme esnasında titreşimlerin azalmasına ve daha iyi bir yüzey kalitesinin elde edilmesine yardımcı olur. Kesici takımlarda görülen en sık kırılma tipleri Şekil 2.13’de görüldüğü gibi kabuk halinde kırılma, çatlama, kırıntı oluşma ve kesici kenardan parça ayrılması şeklinde meydana gelmektedir. Seramik kesici takımlar gibi tokluğu düşük olan takımlarla yapılan aralıklı kesme işlemlerinde ve kesme esnasında tekrarlı yüklerin olduğu kesme koşullarında bu tip kırılma olayları görülmektedir (Xu et al. 2007).

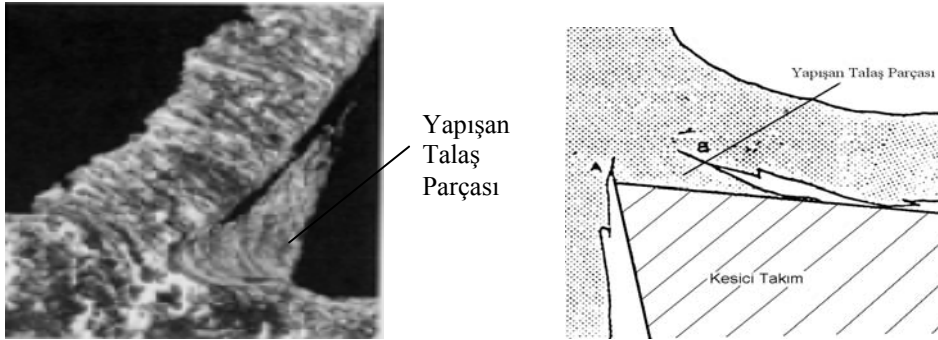


Şekil 2.13 Kesici takımda meydana gelen kırılmalar

#### 2.5.3.5 Kesici Kenarda Talaş Birikmesi (BUE )

Kesme işlemi sırasında takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme kuvvetlerinin ve oluşan sıcaklığın etkisiyle, talaşın takım yüzeyine yapışması işlemine talaş sıvanması, talaş birikmesi denir (Şekil 2.14 ). Mikroskobik boyutta yapılan çalışmalar; oluşan BUE in belli bir şekli olmadığını ve periyodik aralıklarla koptuğunu göstermiştir. Yapılan bir kısım araştırmalar ise temas halindeki iki yüzey metalin kaymasını engelleyecek şekilde birleşir. İki yüzey birbirine yapışır ve ara yüzeyde bir bir akma bölgesinin (Flow Zone) oluşur. Akma bölgesi; yüzeyler yapıştığında fakat takım ile talaş arasındaki hareket

devam ettiğinde oluşur. Genel olarak düşük-orta kesme hızlarında BUE oluşurken, yüksek kesme hızlarında ise akma bölgesi (FZ) oluştuğu gözlemlenmiştir. Kesici takıma ait uç radüsünün artırılması BUE oluşumunu arttırmaktadır. Buna karşın talaş açısının artırılması kesici takımın keskinliğini arttırdığından (Pozitif talaş açısı arttığından) BUE oluşumu azalır. Ayrıca BUE oluşumu kesme esnasında meydana gelen sıcaklık artışıyla ters orantılıdır. Yani artan sıcaklık BUE oluşumunun azalmasına neden olacaktır.



Şekil 2.14 Kesici takımın ucunda meydana gelen talaş yığılması (BUE).

## 2.6 Küresel Grafitli Dökme Demirler

Küresel grafitli dökme demir, mikro yapısı içerisindeki grafitleri küresel şekilde olan demir-karbon döküm malzemelerdir. Sıvı demire belirli oranlarda magnezyum ve seryum ilavesiyle grafitler yaprak yerine küresel olarak katılaşırlar (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 KGDD'in mikro yapısı

Bu elementlerin en önemlilerinden ikisi seryum ( Ce ) ve magnezyum ( Mg )' dur. Mg, endüstride çok kullanılmaktadır. Magnezyum ve seryumun sıvı demire ilave yöntemleri aynıdır. Reaksiyon prensipleri yönünden de aynıdırlar. Demirler, Magnezyum veya diğer özel elementler ile alaşım yapıldığında, demir içerisindeki grafitler küresel biçimde katılarak yüksek dayanım özelliklerinde bir malzemeye dönüşür. Küresel grafitli dökme demir olarak bilinen bu malzeme, dökme demir türleri içerisinde en dayanıklı ve tok olanıdır. Dökme demir kırılmandır. Küresel grafitli dökme demir (KGDD) ise diğer dökme demirlerden farklı olarak sünektir (Megep 2006).

Küresel grafitli dökme demirler iki yöntemle elde edilmektedir.

INCO (İnternational Nickel Company)

BCIRA (British Cast Iron Research Association) (Forrest 1987)

Küresel grafitli dökme demirlerin yapısındaki grafitler çeliğe benzer bir matris içerisinde dağılmış küresel partiküller halindedir. Grafitlerin küreler halinde oluşmasını sağlamak için, BCIRA yönteminde sıvı demire seryum (Ce) ilave edilmektedir. Seryumun büyük bir kısmı dökme demir bileşimindeki kükürdü giderirken, geriye kalan yaklaşık %0.02 Ce, grafitlerin lamel yerine küre şeklini almasını sağlamaktadır. INCO yönteminde ise; sıvı demire magnezyum (Mg) ilavesi yapılarak, grafitlerin küre şeklini alması sağlanmaktadır (Forrest 1987, Şen 1997).

Küresel grafitli dökme demirler çeşitli normlara göre sınıflandırılmaktadır. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ve Alman (DIN) standardına göre dökme demirlerin sınıflandırılması Tablo 2.1 ve Tablo 2.2' de verilmektedir. Burada DDK dökme demir küresel grafitli anlamına gelmektedir (Şen 1997).

**Tablo 2.1** TSE standartlarına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması (Şen 1997).

Kısa Gösterilişi	Çekme Muk. (MPa)	Akma Muk. (MPa)	% Uzama	Sertlik HB	Mikroyapı
DDK 40	420	280	12	140-201	Daha çok ferritik
DDK 50	500	350	7	170-241	Ferrit+Perlit
DDK 60	600	400	3	192-269	Perlit+Ferrit
DDK 70	700	450	2	229-302	Daha çok perlitik
DDK 80	800	500	2	248-352	Perlitik
DDK 35.3	350	220	22	-	Ferritik
DDK 40.3	400	250	18	-	Ferritik

**Tablo 2.2** DIN standartlarına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması (Özel 1994).

Kısa Gösterilişi	Çekme Muk. (MPa)	Akma Muk. (MPa)	% Uzama
GGG-40	400	250	15
GGG-50	500	320	7
GGG-60	600	380	3
GGG-70	700	440	4
GGG-80	800	500	2

Dökme demirin iyi bilinen dökülebilirlik, işlenebilirlik, yüklenme kapasitesi ve üretim özellikleri gibi özelliklerine ilave olarak, KGDD' ler geniş mukavemet aralıkları, aşınma direnci, yorulma direnci, tokluk ve süneklik özelliklerine de sahiptirler. Talaşlı imalat işçiliği kolaydır. Korozyona karşı dayanıklıdır. Dökülecek parçaların konstrüksiyon (kesit dağılımı) bakımından sınırlanmasına gerek yoktur. Küresel grafitli dökme demir çok yerde gri dökme demir, dökme çelik ve demir olmayan metal alaşımlarının yerine kullanılmaktadır (Megep 2006).



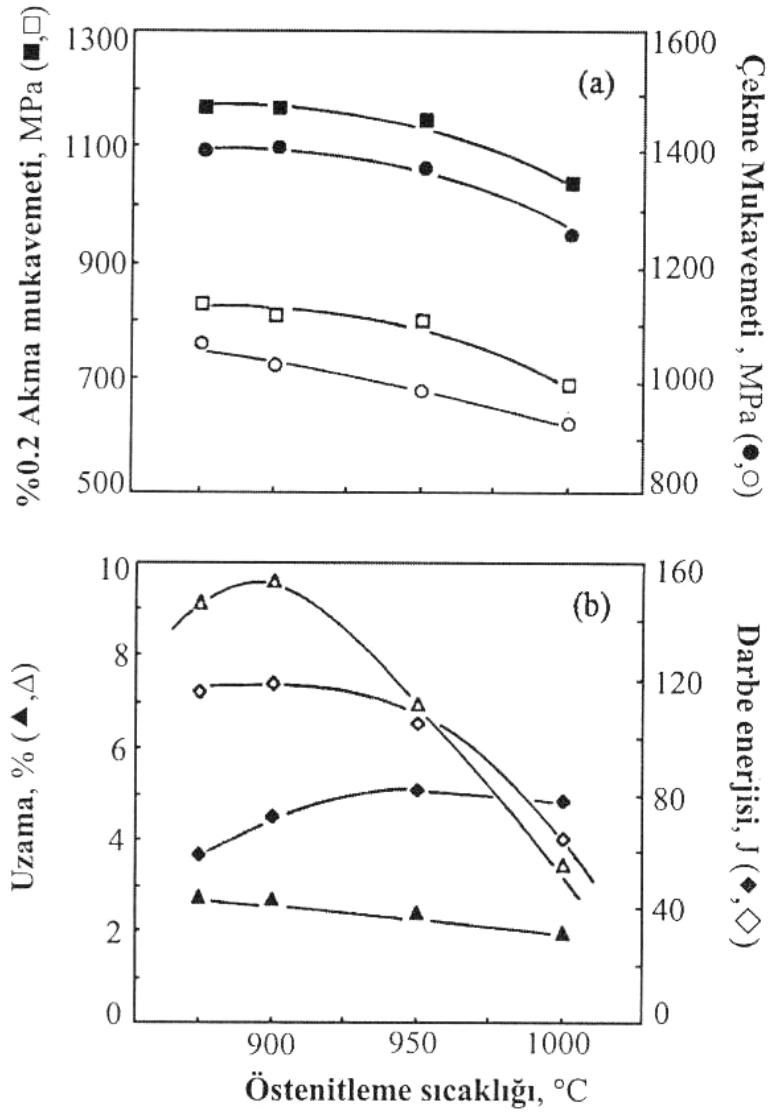
## 2.7 Östempereleme

### 2.7.1 Östemperelenenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirler

Östempereleme işlemleri ilk kez Davenport ve Bain tarafından geliştirilmiştir ve 1930'larda çeliğe uygulanmıştır. Kısa bir süre sonra metalurjistler gri dökme demire Ni, Mo, Cu ve Mn gibi alaşım elementlerini ilave ederek perlitik dönüşümü kısmende olsa engellemişler ve bugünün östemperelenenmiş yapısına benzer asiküler yapıyı elde etmişlerdir. KGDD'in geliştirilmesinden hemen sonra hem alaşım elementi ilavesi ile hemde östempereleme ısı işlemleriyle benzer yapı bu malzemede de sağlanmıştır. Bu konuda International Harvester ve General Motors firmaları 1960'lara kadar çalışmalarını sürdürmüş ancak o yıllarda böyle bir malzemeye ihtiyacın sınırlı olmasından ve tekniğin henüz tamamen kontrol altına alınmamasından dolayı ÖKGDD'in endüstriyel kullanımı yeterli gelişmeyi gösterememiştir (Yalçın 1997).

### 2.7.2 Östenitleme

Östenitleme işlemleri; parçaların genellikle 850-950 °C sıcaklıkları aralığında kesit kalınlığına bağlı olarak belirli bir süre ısıtılma işlemidir. Yüksek östenitleme sıcaklığı östenit içerisindeki kalıntı östenit miktarının artmasına neden olur. Bununla birlikte malzemenin sertleşebilirliğinin de artmasında önemli rol oynar. Fakat östenitleme sıcaklığının artması, östempereleme işlemleri sırasında yapının ausferrite dönüşüm süresini arttırdığından ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilediğinden istenmez (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Östenitleme sıcaklığının mekanik özelliklere etkisi. (■●▲◆ 300°C’ de östemperlenmiş, □○△◇ 375 °C’de östemperlenmiş) (Darwish and Elliott 1993).

Ayrıca östenitleme sıcaklığı, tüm parçaların ısınmasını ve östenitin karbona doymasını sağlayacak gerekli östenit sıcaklığının elde edildiği östenitleme süresi, minimum tutulmalıdır. Parça yüzeyinde dekarbürizasyonu ve pullanmayı engellemek için koruyucu bir atmosfer oluşturmak gerekir. Östenitleme işleminde koruyucu atmosferli bir fırın yerine tuz banyosu kullanmak da mümkündür.

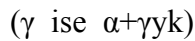
### 2.7.3 Östempereleme Isıl İşlemi

Östempereleme; malzemenin yüksek bir sıcaklıkta (850- 950 °C) östenitlenmesinden sonra 250-450°C sıcaklık aralığındaki tuz banyosunda hızla su verilmesi ve dönüşümün tamamlanması için bu sıcaklıkta bir süre (0,5-4 saat) tutulmasını takiben oda sıcaklığına alınması kademelerini kapsayan izotermal bir ısıl işlemdir (Rundman 1991, Yalçın 1997).

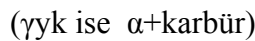
Östempereleme sıcaklığına su verme işlemi beynitik yapının elde edilebilmesi için ferritik ve perlitik dönüşüme izin vermeyecek derecede hızlı olmalı ve martenzit başlama (Ms) sıcaklığına varmadan kesilmelidir. KGDD'lerin östemperelemesiyle ortaya çıkan mikro yapı çeliklerden farklıdır. Çeliklerde östempereleme sonucu mikro yapı ferrit ve karbürden oluşurken KGDD'de beynitik ferrit ve yüksek karbonlu östenitten oluşmaktadır. Ancak, yüksek silisyumlu çeliklerde de beynitik ferrit + yüksek karbonlu östenit yapısı elde edilmektedir. Bu da çeliklerde elde edilen klasik beynit yapısının oluşmasını silisyumun engellediğini göstermektedir. Görüldüğü gibi ÖKGDD yapısına da beynit demek, kavram karışıklığına sebep olmaktadır. Bu nedenle bazı araştırmacılar ÖKGDD beynit yapısının 'ausferrit' olarak isimlendirilmesinin daha doğru olacağını belirtmektedirler (Kovacs 1990, Yalçın 1997).

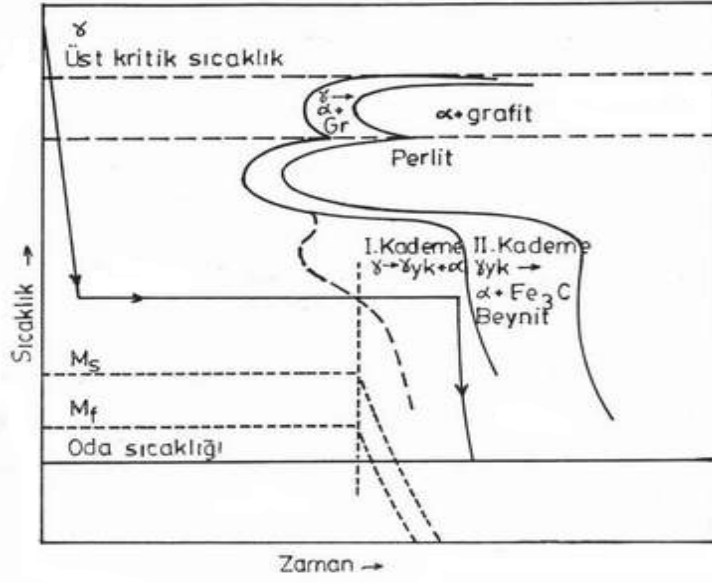
Dökme demirlerde östempereleme işlemi iki kademeli bir reaksiyon sonucu gerçekleşmektedir (Şekil 2.17) (Yalçın 1997, Aslantaş 2003).

I. kademe: östenitin beynitik ferrit ve karbonca zengin östenite ayrışması



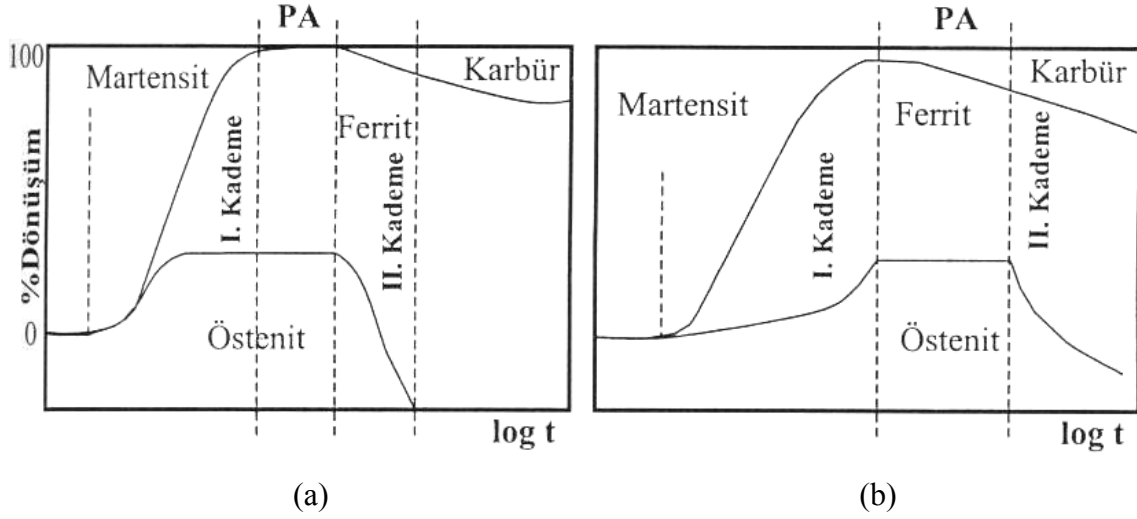
II. kademe : yüksek karbonlu östenitin ferrit ve karbüre ayrışması





Şekil 2.17 Küresel grafitli dökme demir için izotermal dönüşüm diyagramı (Yalçın 1997).

Prosesin I. Kademesinde beynitik ferrit ara yüzey ve tane sınırlarında çekirdeklenir. Büyüyen ferrit fazından atılan karbon, östenit fazı içerisinde birikir. Böylelikle kararlı hale gelen östenitin ferrite dönüşümü engellenerek I. reaksiyon tamamlanır. Östempnerlemenin sürmesiyle yüksek karbonlu östenit termodinamik olarak daha kararlı olan ferrit ve karbür ayrışmaya başlar. II. Kademe reaksiyonun tamamlanmasıyla çeliklerde görülen ferrit ve karbürden oluşan klasik beynit yapısı elde edilir. ÖKGDD'lerde II. Kademe reaksiyon tokluğu düşürdüğü için istenmez. Tamamlanmamış I. Kademe reaksiyonu aynı şekilde arzu edilmez, çünkü oluşan düşük karbonlu kararsız östenit soğuma esnasında martenzite dönüşerek mekanik özellikleri olumsuz yönde etkiler. Dolayısıyla, I. Reaksiyonun tamamlandığı, II. Reaksiyonun ise henüz başlamadığı bir zaman dilimi optimum mekanik özelliklerin elde edildiği aralık olmakta ve 'proses aralığı' olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.18).



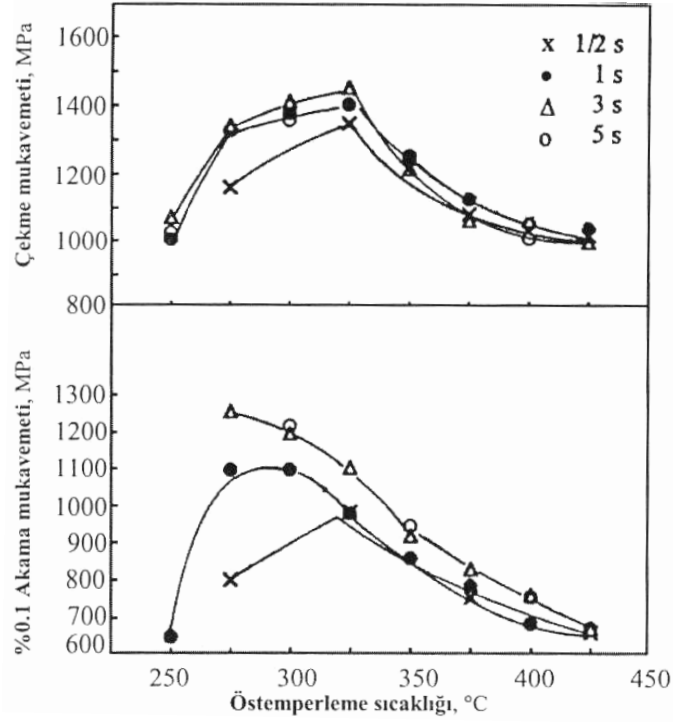
**Şekil 2.18** Alaşımsız KGDD’de (a) üst beynit ve (b) alt beynit dönüşümleri için östemperleme süresiyle mikroyapıdaki değişimlerin ve proses aralığının şematik gösterimi (Bayati and Elliott 1995).

Östemperleme sıcaklığına bağlı olarak I. Reaksiyon sonunda iki tür beynit yapısı oluşmaktadır.

Yüksek Östemperleme sıcaklıklarına (>330°C) ferritin çekirdeklenme hızı düşük ve karbon difüzyon hızı daha yüksektir. Dolayısıyla karbonun çoğu büyüyen ferrit plakaları arasındaki östenite atılma fırsatı bulmaktadır. Böylece östenit karbonca zenginleşerek kararlı hale gelir. Sonuçta ferrit tabakaları ve % 40’a kadar yüksek karbonlu östenit içeren bu yapı üst beynit olarak adlandırılır (Aslantaş 2003).

Düşük Östemperleme sıcaklıklarında (235-330°C) ise ferrit iğnelerin büyüme hızı yüksek fakat karbon difüzyon hızı düşüktür. Bu nedenle beynitik ferrit karbona doymuş vaziyettedir. Östemperleme işleminin erken bir kademesinde bu karbon, ferrit iğneleri içine çöker ve bu yapı beynitik karbür olarak isimlendirilir. Bu karbürden östenite az bir karbonun atılmasıyla östenitin ferrite dönüşmesi devam eder ve oda sıcaklığında soğumayı takiben geriye çok az miktarda yüksek karbonlu östenit alır. Beynitik ferrit ve %10’a kadar yüksek karbonlu östenit içeren bu yapı ise alt beynit olarak adlandırılmaktadır. Sonuçta beynitik ferrit ve %10 kadar yüksek karbonlu östenit içeren bu yapı alt beynit olarak adlandırılmaktadır (Yalçın 1997).

Östempereleme işleminin malzemenin mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Şekil 2.19). Daha düşük bir mukavemet ve sertliğin yanında daha büyük bir yüzde uzama ve kırılma tokluğu istiyorsak östempereleme sıcaklığı 350-400°C arasında seçilmelidir (Yalçın 1997). Bunun tersine daha yüksek bir mukavemet ve daha büyük bir aşınma direnci istiyorsak östempereleme sıcaklığı 350 °C 'nin altında seçilmelidir.



Şekil 2.19 Östempereleme sıcaklık ve süresinin alaşımsız KGDD' lerde çekme ve % 0,1 akma mukavemeti üzerindeki etkisi (Blackmore and Harding 1984).

## 2.7.4 ÖKGDD'lerin Mekanik Özellikleri

ÖKGDD malzemeler %1.7'lik bir uzama ile birlikte çekme mukavemetleri 1700 MPa'a kadar çıkabilir. Bununla birlikte elde edilen yüksek sertlik aşınma direncinin öncelikli olduğu anlarda tercih edilirler. Pratik uygulamalarda iki farklı ÖKGDD malzeme kullanılmaktadır (Aslantaş 2003).

- Genel itibariyle matriks alt beynit özeliği gösterir ve düşük Östempereleme sıcaklıklarında elde edilen bir dökme demir yapısıdır. Bu dökme demirler

yüksek sertliğe (>400 HB) ve mukavemete sahiptirler. Bu nedenle dişlilerde ve yüksek temas gerilmelerine karşı direnç istenen uygulamalarda kullanılırlar.

- Matriksin üst beyrit özelliği gösterdiği ve yüksek Östemperleme sıcaklıklarında elde edilen bir yapıdır. Bu dökme demirin sertlik değerleri 260-360HB arasında değişmektedir. Böylece yüksek bir tokluğa ve yorulma ömrüne sahiptirler.

Huges tarafından ortaya konulan bir çalışmada çelik, KGDD ve ÖKGDD malzemelerine ait çekme mukavemeti, akma mukavemeti, yüzde uzama ve sertlik özelliklerine dair bir karşılaştırma yapılmıştır (Tablo 2.3). Elde edilen değerler incelendiğinde östemperleme ısıl işleminin küresel grafitli dökme demirlerin akma ve çekme mukavemetlerini önemli derecede arttırdığı görülebilir. Östemperleme işlemi sonunda elde edilen mekanik özelliklerin, sertleştirme işlemi uygulanmış çeliğin mekanik özelliklerine yakın olduğu da çıkarılabilecek diğer bir sonuçtur.

**Tablo 2.3** KGDD ve çeliklere ait mekanik özelliklerin karşılaştırılması (Hughes 1984).

Malzeme	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Uzama %	Sertlik HB
KGDD (Perlitik+Ferritik)	400-960	250-610	3-28	130-300
KGDD (Sertleştirilmiş ve Temp)	600-1300	500-1100	1-5	300-400
ÖKGDD	800-1600	600-1400	1-16	250-555
Çelik (Sertleştirilmiş ve Temp)	700-1800	450-1450	8-25	210-510

### 2.7.5 ÖKGDD'in Standartları

ÖKGDD'lerin standardizasyonunda farklı yaklaşımlar mevcuttur. Bu nedenle Amerika, Japonya, Almanya ve İsveç gibi ülkeler kendi ulusal standartlarını oluşturmuşlardır. Hatta Kymmene (Finlandiya), George Fischer ve Sulzer Brothers (İsviçre) ve Advanced Cast Products (ABD) gibi şirketler kendi geliştirdikleri standartları kullanmaktadırlar. Amerikan standardı ASTM A 897M-90 hemen hemen diğer tüm standartları kapsamı

yönüyle en yaygın kabul gören ÖKGDD standardı durumundadır. ASTM standardında beş ÖKGDD sınıfı yer almakta ve her bir sınıfta minimum çekme ve akma mukavemeti ile % uzama değerleri verilmektedir. Standart ayrıca, minimum çentiksiz darbe direnci ile tipik brinell sertlik değerlerini de içermektedir (Tablo 2.4).

**Tablo 2.4** ÖKGDD için ASTM A 897M-90 (metrik) standardı ( Harding 1991, Yalçın 1991, Yalçın 1997 )

Sınıf	Min. Çekme Muk.(MPa)	Min. Akma Muk.(MPa)	Min. % Uzama	Min. Çentiksiz Darbe Enerjisi,J	Sertlik, HB	Sertlik, HV
850/550/10	850	550	10	100	269-321	282-339
1050/700/7	1050	700	7	80	302-363	317-382
1200/850/4	1200	850	4	60	341-444	360-467
1400/1100/1	1400	1100	1	35	388-477	407-503
1600/1300/-	1600	1300	-	-	444-555	467-583

## 2.7.6 ÖKGDD'lerin Avantaj ve Sınırları

ÖKGDD'ler sahip olduğu avantajlar sayesinde son yıllarda çelik malzemeler yerine yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bazı sınırlamalar da yok değildir. Ancak, teknik ve ticari olmak üzere iki gurup altında toplanabilecek olan avantajları diğer malzemelerle rekabet edebilme imkanı sağlamaktadır (Yalçın 1997).

### 2.7.6.1 Teknik avantajlar

- Yüksek çekme özelliklerinin yanında iyi tokluk, süneklik ve yorulma mukavemetine sahiptir.
- Aşınma ve çizilmeye karşı direnci yüksektir. Sürtünme katsayısı düşüktür. Yetersiz yağlama (hatta yağlamasız) bir ortamda hasara uğramadan 10 dakika çalışabilir.
- Çelikten %40 daha hızlı titreşim sönümleme kapasitesine sahiptir. Dolayısıyla, ÖKGDD parçalar çelikten daha az gürültüyle çalışır.



- Aynı boyutlardaki elik dişliye göre %10 daha hafiftir.
- Elastik modülü çeliğinkinden daha düşüktür. Dişlinin dişleri karşılaştığında temas alanı genişler. Dolayısı ile temas gerilmeleri düşüktür ve bu dişlilerin temas yorulma hasarlarının azalmasına neden olur.
- Yapıda bulunan kalıntı östenitin deformasyonla (dişliler çalışırken de olabilir) martenzite dönüşmesiyle sert ve aşınmaya dirençli bir yüzey elde edilebilir.
- stemperlemeden önce iyi işlenebilirlik özelliği gösterir. Isıl işlem esnasında deformasyon daha azdır.
- entik hassasiyeti çelikten daha azdır. Bu yüzden yüzey işlemlerinin çelikteki kadar hassas olmasına gerek yoktur.

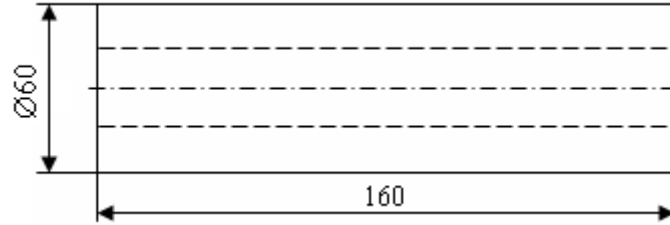
### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Deneysel Malzeme ve Numuneler

Deneyslerde kullanılan küresel grafitli dökme demirler GGG 50 kalitesinde üretilmiştir. Y bloklar halinde dökülen numuneler aşınma deneylerinde kullanılmak üzere silindirik haline getirilmiştir. Elde edilen numune Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Ayrıca malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 3.1’de ve mekanik özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.1** Küresel grafitli dökme demir malzemesine ait kimyasal bileşim

Malzeme	%	Malzeme	%	Malzeme	%	Malzeme	%
C	3.68	P	0.066	Mo	0.001	Co	0.006
Si	1.97	S	0.034	Ni	0.051	Cu	1.3
Mn	0.35	Cr	0.017	Al	0.002	Sn	0.0031
Mg	0.001	V	0.012	W	0.005	Fe	92.5



**Şekil 3.1** Y-Bloktan elde edilen numune ve ölçüleri (birimler mm’ dir.)

**Tablo 3.2** KGDD malzemesinin mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama	Sertlik, HB
464.1	345.6	12.1	163,9

### 3.2 Östemperleme İşlemi

Hazırlanan 9 adet numune deneylerde kullanılmak üzere üç farklı gruba ayrılmıştır. Bunlardan üçer tanesine 250 °C ve 375 °C de östemperleme işlemi uygulanmıştır. Geri kalan numunelere ise herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır. Östemperleme işlemi uygulanan numuneler her biri 900 °C sıcaklıkta 120 dakika bekletilerek östenitleme işlemine tabi tutulmuştur. Östenitleme işleminden sonra numuneler, içinde %50 NaNO<sub>3</sub> + %50 KNO<sub>3</sub> ihtiva eden tuz banyosuna bırakılmış ve 120 dakika burada bekletilmiştir. Östenitleme ve Östemperleme işleminde kullanılan fırınlar Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Östenitleme ve östemperleme işlemlerinde kullanılan fırınlar

Ancak numunelerin büyük hacimli olmasından dolayı östenitleme işleminde gövdelerindeki sıcaklığı tuz banyosuna aktardıklarından dolayı istenilen sıcaklık değerinde östemperleme işlemi gerçekleşmemektedir. Bu durumu önlemek için ekstra bir tuz banyosu kullanılmıştır. Östenitleme fırınından çıkarılan numune önce bu tuz banyosuna bırakılmış belirli bir süre bekletildikten sonra(10-15 sn) Östemperleme işleminin gerçekleştirileceği fırına bırakılmıştır. Ayrıca yine numunelerin hacminin büyük olması östemperleme işleminden istenilen verimin alınmamasına neden olmuştur. Bu olumsuz durumu gidermek için malzemelerin ortasına 30mm çapında delik

açılmıştır. Böylece östemperleme işlemindeki I. Kademe reaksiyonun tamamlanma süresi azaltılmıştır.

### 3.3 Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü

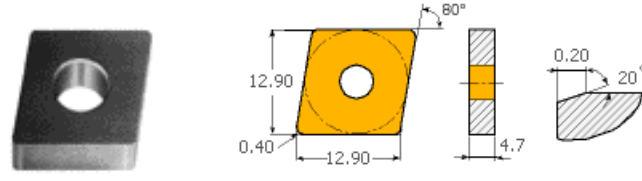
Kesme kuvvetlerinin ölçümünde 10 KW güce sahip 50 ve 3500 arasında devir yapabilen JOHNFORD T35 BSD sanayi tipi CNC torna tezgahı kullanılmış ve ölçüm işi tezgaha monte edilen Kistler 9257B tipi dinamometre ile gerçekleştirilmiştir. Kesme işleminde 100, 200, 300 ve 500 m/dk'lık dört farklı kesme hızı kullanılmıştır. Talaş derinliği 1 mm ve ilerleme 0,1 mm/dev olarak alınmıştır.

### 3.4 Aşınma Deneyleri

Aşınma deneyleri universal torna tezgahında yapılmıştır. Kesme parametreleri olarak 240m/dk ve 340m/dk'lık iki farklı kesme hızı ile 1.5 mm talaş derinliği ve 0.32 mm/dev ilerleme değerleri dikkate alınmıştır. Aşınma deneylerinde iki farklı kesici ucun, sermet ve seramik kesicilerin aşınma davranışları araştırılmıştır. Takım geometrisi olarak CNGA 120404T IN22 K05-K10 serisi seramik kesici takım ile CNMG 120404T IC530N P10-P30, M10-M20 serisi TiCN+TiN kaplı sermet kesici takım kullanılmıştır. Kesici takımlar 80° baklava biçimli, talaş açısı 13°, boşluk açısı 0° ve 0,4 mm uç yarıçapına sahiptir. Çalışmada kullanılan kesici takım Şekil 3.4 ve Şekil 3.5' te görülmektedir. Ayrıca kesici takımlara ait geometrik boyutlar Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de verilmiştir.

**Tablo 3.3** Seramik kesici takıma ait geometrik boyutlar

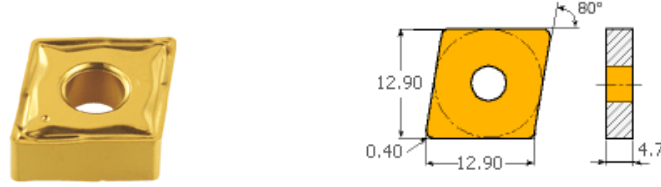
Gösterim (ISO)	Sınıf	l	di	S	r
CNGA 120404T	IN22	12,90	12,70	4,76	0,40



Şekil 3.4 Deneylerde kullanılan seramik kesici takım

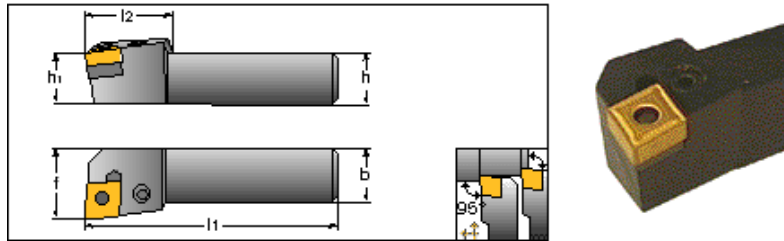
Tablo 3.4 Sermet kesici takıma ait geometrik boyutlar

Gösterim (ISO)	Sınıf	l	di	S	r
CNMG 120404-NF	IC530N	12,90	12,70	4,76	0,40



Şekil 3.5 Deneylerde kullanılan sermet kesici takım

Şekil 3.6’da kesme işlemlerinde 95° yaklaşma açısına sahip takım tutucu kullanılmıştır. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Tablo 3.5’te verilmektedir.



Şekil 3.6 Deneylerde kullanılan takım tutucu

Tablo 3.5 Takım tutucu ait geometrik boyutlar.

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

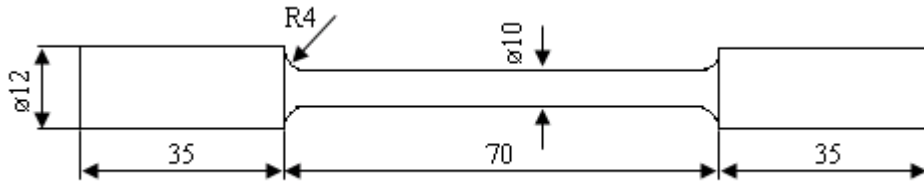
Her bir kesme işleminden sonra meydana gelen pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Ölçüm üç ayrı bölgeden yapıp ortalama değerler alınmıştır. Bu işlem için Şekil 3.7’de gösterilen Mahr pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.7 Mahr pürüzlülük ölçme cihazı

### 3.5 Çekme Deneyi

Çekme numuneleri üniversal torna tezgahında Şekil 3.8’ de gösterilen boyutlarda üretilmiş ve östemperleme işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, 100 KN kapasiteli Shimadzu AG-IS marka çekme cihazında çekme deneyleri yapılmıştır (Şekil 3.9). Her bir çekme deneyi için üç ayrı numune kullanılmış ve elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır. Deneyler 3 mm/dk. çekme hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8 Deneylerde kullanılan çekme numuneleri



**Şekil 3.9** Shimadzu çekme cihazı

### **3.6 Sertlik Ölçümü**

Numunelerin sertlik ölçümü Brinell sertlik ölçme metodu ile Şekil 3.10'da gösterilen METTEST sertlik ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Her bir numune için üç farklı noktadan ölçüm yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır.



**Şekil 3.10** METTEST sertlik ölçme cihazı

## 4. DENEY SONUÇLARI

### 4.1 Östempereleme İşleminin Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Yapılan çekme deneyleri neticesinde östempereleme sıcaklığının malzemenin mekanik özelliklerine önemli ölçüde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Östempereleme işlemiyle beraber, sıcaklığa bağlı olarak malzemenin mekanik özellikleri Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3’ te verilmiştir. Maksimum akma ve çekme mukavemeti 250 °C’de östemperelenen numuneden elde edilmiş, en düşük akma ve çekme mukavemetleri ise KGDD’ de görülmüştür.

Östempereleme sıcaklığının artması, malzemelerin yüzde uzama miktarlarının da artmasına neden olmaktadır. Artan östempereleme sıcaklığı ile beraber kalıntı östenit miktarının arttığı ve martenzit azaldığı için malzemenin yüzde uzama miktarıda artmaktadır. Benzer bir durum malzemelerin sertliğinde de görülmüştür. Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’e bakıldığında östempereleme sıcaklığının azalması malzemenin sertlik değerinin artmasına neden olmuştur. Çünkü östempereleme sıcaklığının azalması kalıntı östenit miktarının da azalmasına neden olmuştur ve dolayısıyla da sertlik değeri artmıştır.

**Tablo 4.1** KGDD’in mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama	Sertlik, HB
464,1	345,6	12,1	163,9

**Tablo 4.2** 250°C ‘de östemperelenen malzemenin mekanik özellikleri

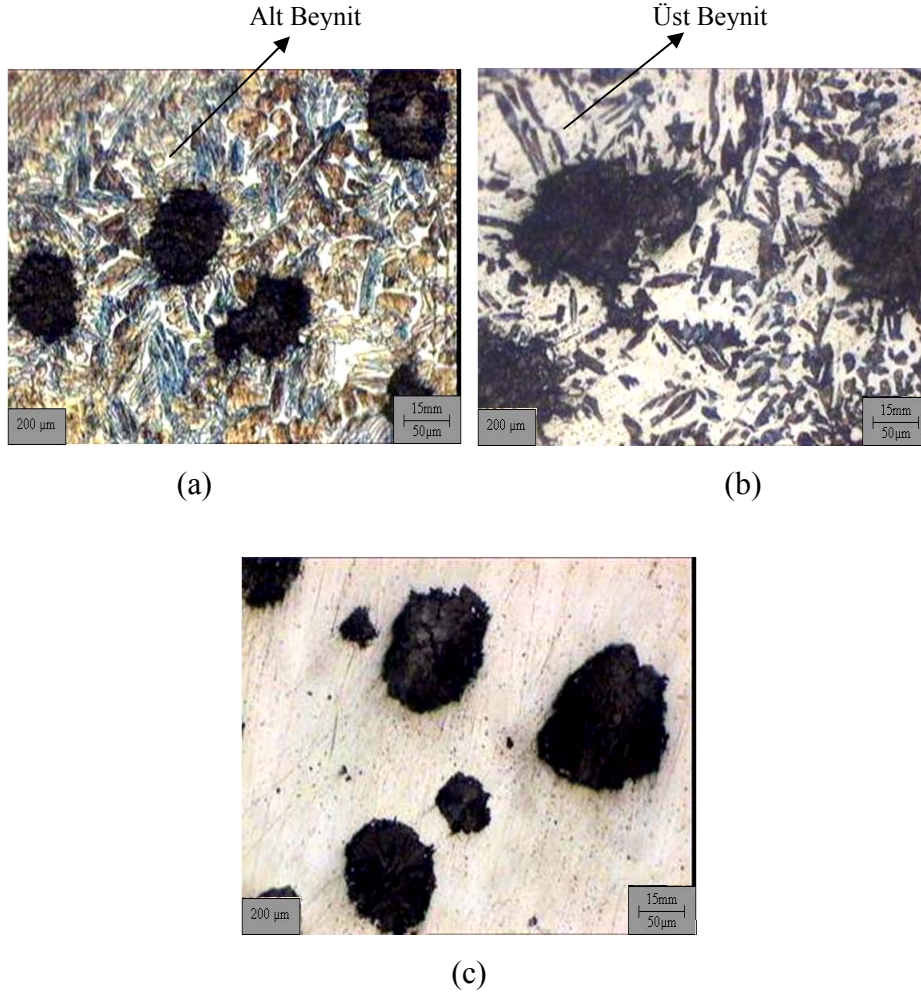
Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama	Sertlik, HB
1510,5	1132,4	2,92	241,8

**Tablo 4.3** 375 °C’de östemperelenen malzemenin mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama	Sertlik, HB
1034,47	833,3	5,71	207,2



Östempereleme işleminin neticesinde malzemelere ve KGDD' e ait mikro yapı fotoğrafları Şekil 4.1' de verilmektedir. Yapılan mikro yapı analizleri, KGDD malzemesinin %80 ferritik ve %20 perlitik bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. İş parçası malzemesine ait küresellik ise yaklaşık %80 civarındadır. Aynı zamanda optik mikroskop kullanılarak yapılan küre sayımında  $\text{mm}^2$ 'de 200 tane küre olduğu görülmüştür. 250°C' de östemperelenen malzemede Şekil 4.1a 'da görüldüğü gibi östempereleme ile beraber alt beynit tabakası oluşmuştur. Bu tabaka malzemenin kesme esnasında kesici takıma karşı direncin artırmaktadır. Şekil 4.1b' de ise 375 °C' de östemperelenen malzemenin mikro yapısı görülmektedir. Bu işlem neticesinde, şekilde de görüldüğü gibi üst beynit tabakası oluşmuştur. Bu tabaka malzemenin tokluğu artırdığı gibi aynı zamanda yorulma ömrünü de uzatmaktadır.



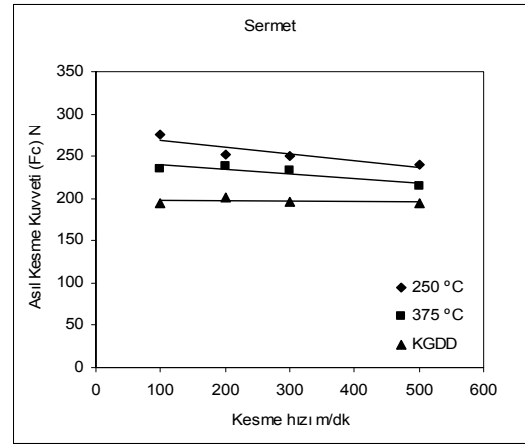
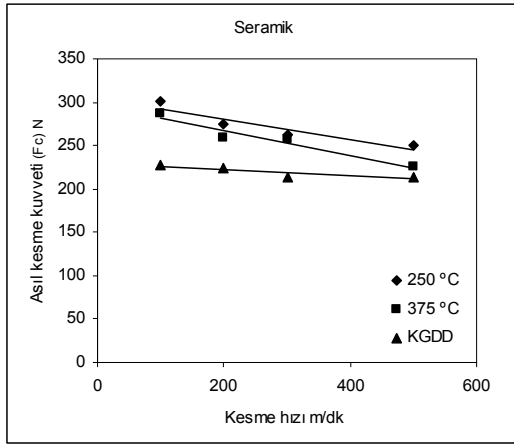
**Şekil 4.1** Östemperelenen numuneler ve KGDD' e ait mikro yapı fotoğrafları (a : 250 °C, b: 375 °C, c : KGDD)

## 4.2 Elde Edilen Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

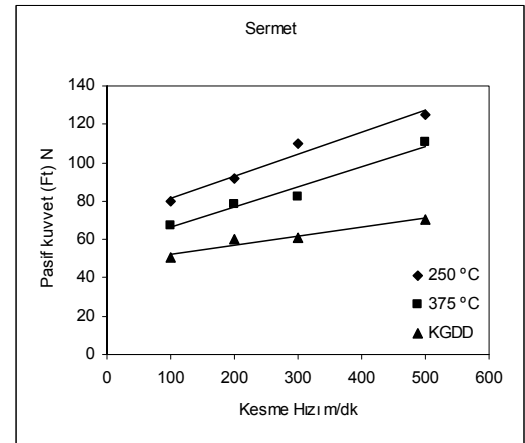
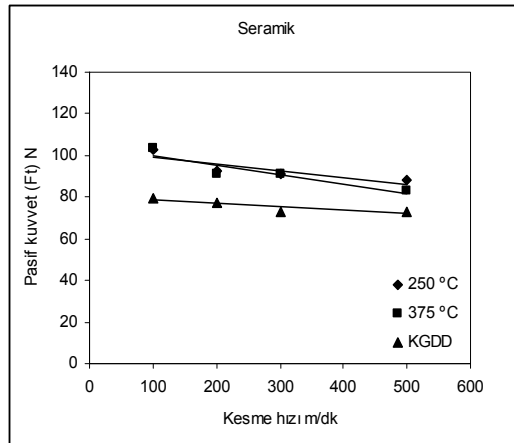
Her iki kesici takım ile oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek için dört farklı kesme hızı (100, 200, 300 ve 500 m/dk) ile 1 mm talaş derinliği ve 0,1 mm/dev ilerleme miktarı esas alınmıştır. Yapılan deneyler neticesinde, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de verilen grafikler elde edilmiştir. Her üç grafikte de sonuçlar arasında küçük farklar olduğu gözlemlenmiş, seramik kesici takım ile yapılan kesme işleminde, kesme kuvvetleri bir miktar büyük çıkmıştır. Bu durum, seramik kesici takımın sermet kesici takımdan farklı olarak, kesici kenarında bulunan 0,2mm uzunluğa sahip pah'tan dolayı meydana geldiği düşünülmektedir.

Seramik ve sermet kesici takımla yapılan kesme işlemlerinde, en düşük kesme kuvveti değeri KGDD' in işlenmesi esnasında görülmüş ve östemperleme işlemiyle beraber kesme kuvvetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Düşük östemperleme sıcaklığı, malzemenin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde daha etkili olmakta ve kesme kuvvetlerini artırmaktadır.

Kesme işleminde seramik takım kullanıldığında, asıl kesme kuvveti ( $F_c$ ), ilerleme kuvveti ( $F_a$ ) ve pasif kuvvet ( $F_t$ ), artan kesme hızıyla azalmaktadır. Buna karşın, tormalama işleminde sermet kesici takım kullanıldığında,  $F_a$  ve  $F_t$ , kesme hızının artması ile birlikte artma eğilimindedir. Bunun nedeni ise; artan kesme hızı, sermet kesici takım ile talaş arasındaki sürtünmenin artması olarak yorumlanmıştır. Artan sürtünme katsayısı özellikle ilerleme kuvvetinin artmasına neden olmuştur. Seramik kesici takım ile iş parçası arasındaki sürtünmenin min. düzeyde olması ve kenar pahının olması, ilerleme ve pasif kuvvetin kesme hızıyla azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte sermet kesici takımın talaş kırıcı özelliğine sahip olması, kesici takımın uç kısmının kısmen zayıflamasına neden olacaktır.



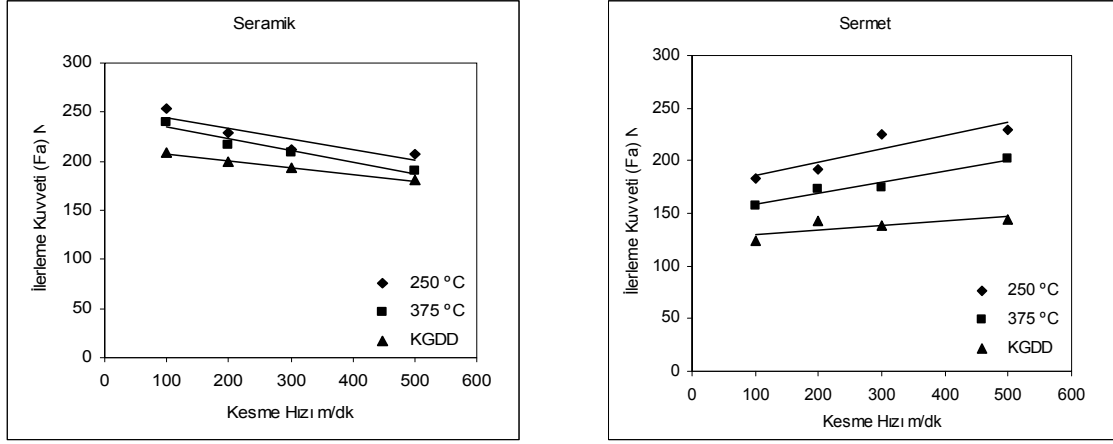
**Şekil 4.2** Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen asıl kesme kuvveti değerleri.



**Şekil 4.3** Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen pasif kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.2'den görüldüğü üzere her iki kesici takım ile KGDD malzemesi işlenirken, artan kesme hızı asıl kesme hızını etkilememektedir. Bir anlamda asıl kesme kuvveti sabit kalmaktadır. Benzer bir durum şekil 4.3'de verilen seramik kesici takım için elde edilen pasif kuvvetin değişiminde de gözlenmektedir. Kesme kuvvetleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılacak olursa; KGDD malzemesinin işlenmesinde, her iki kesici takım içinde yüksek kesme hızlarının tercih edilmesinin üretim hacmini olumlu

etkileyeceği söylenebilir. Fakat takımın ömrü açısından düşünülecek olursa, düşük kesme hızlarının tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

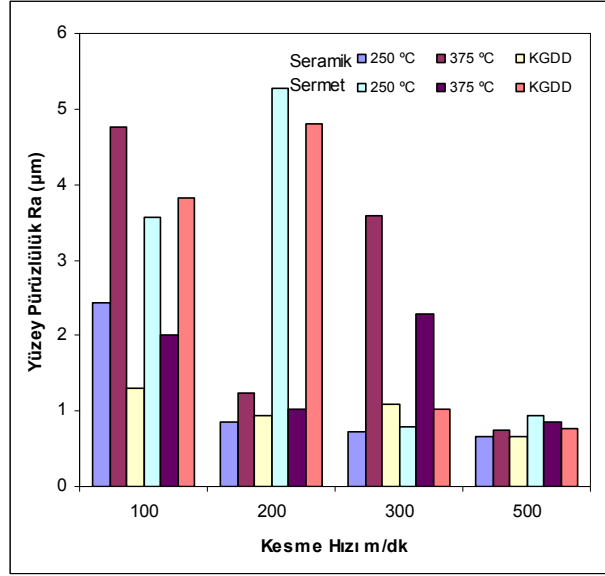


**Şekil 4.4** Seramik ve sermet kesici takımlar ile yapılan kesme işleminde elde edilen İlerleme kuvveti değerleri

### 4.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Analizi

Seramik ve sermet kesici takımlar kullanılarak yapılan kesme işlemlerinde, dört farklı kesme hızı kullanılmıştır. Yapılan yüzey pürüzlülüğü deneylerinde ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit alınmıştır. İki farklı östemperleme sıcaklığı ile östemperlenen ve döküm numune için yapılan deneylerde elde edilen pürüzlülük (Ra) değerleri Şekil 4.5’ te verilmektedir. Grafikte dikkati çeken ilk önemli sonuç; artan kesme hızına bağlı olarak Ra değerlerinin azalmış olmasıdır. Özellikle sermet kesici takımla düşük kesme hızlarında elde edilen yüzey kalitesi daha kötü olduğu söylenebilir. Düşük kesme hızlarında ( $V \leq 200$  m/dk) KGDD olan numunenin yüzey kalitesinin de oldukça kötü olduğu görülmektedir. Bunun nedeni; düşük kesme hızlarında takım ucunda meydana gelen built up edge (BUE) olduğu düşünülmektedir. Sermet takımla iş parçası arasında olan kimyasal kararlılık ve düşük kesme sıcaklığı BUE oluşumunu hızlandıracaktır. Yüksek kesme hızlarında ( $V \geq 300$  m/dk.) yüksek kesme sıcaklığı nedeniyle, BUE oluşumu en az olacağından elde edilen yüzey kalitesi de daha iyi olacağı söylenebilir. Yüksek kesme hızları ( $V \geq 200$  m/dk) için seramik kesici takımlar, elde edilen yüzey kalitesi açısından oldukça avantajlı olduğu görülmektedir. Seramik kesici takımlarda

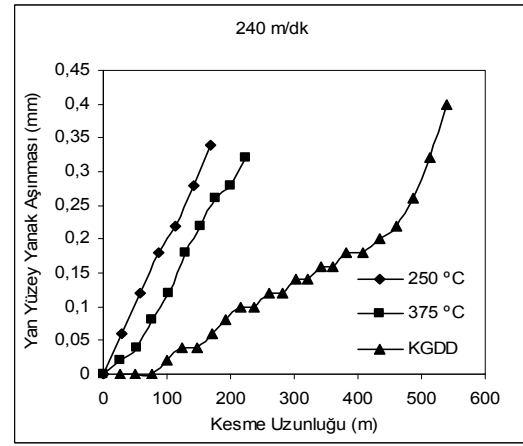
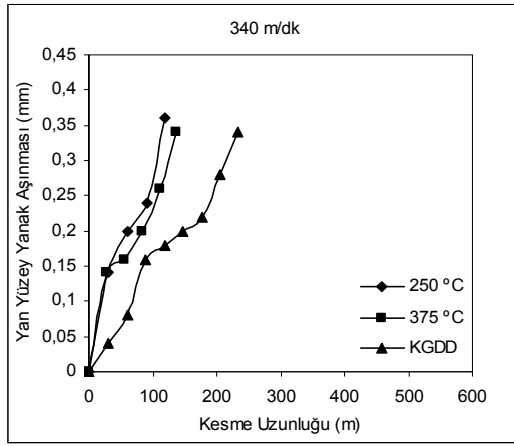
sürtünmenin az olması ve BUE oluşumunun olmaması elde edilen yüzey kalitesini olumlu etkilemiştir.



**Şekil 4.5** Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızı ve östempereleme sıcaklığına bağlı olarak değişimi.

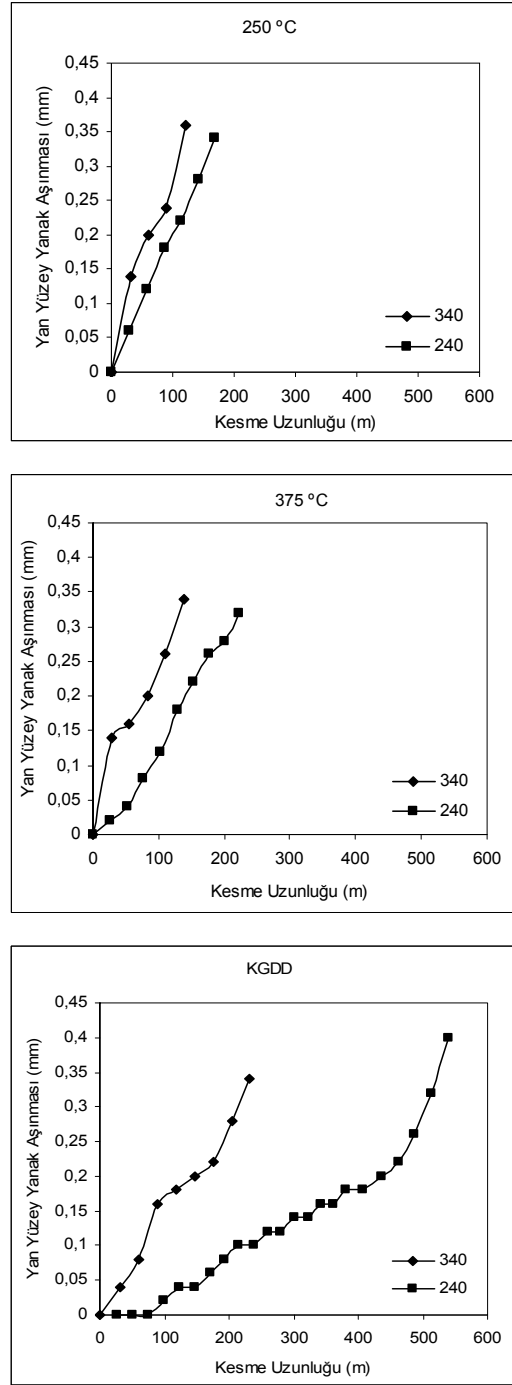
#### 4.4 Seramik Kesici Takımın Aşınma Davranışının Tespiti

Üç ayrı numunenin iki farklı kesme hızında seramik kesici takım ile işlenmesi sonucunda elde edilen aşınma verileri Şekil 4.6' da verilmiştir. Bu sonuçlar ışığında her iki kesme hızında da en kısa takım ömrü 250 °C' de östemperelenen numunenin işlenmesinde elde edilmiştir. En uzun takım ömrü ise ısıl işlem uygulanmamış KGDD' de görülmüştür. 375 °C' de östemperelenen numunenin her iki kesme hızında yapılan kesme işlemindeki aşınma davranışı, 250 °C de ısıl işlem gören numune ile paralellik göstermiştir. Ayrıca kesme hızının azalmasıyla, östemperelenen numunelerde yapılan kesme uzunluğu yaklaşık iki kat artmıştır. Bu oran KGDD' de yaklaşık 3 kat olarak gerçekleşmiştir. 240 m/dk kesme hızında KGDD' de yapılan kesme işleminin yaklaşık ilk 100 m' sinde herhangi bir aşınma mekanizmasına rastlanmamıştır.



**Şekil 4.6** Üç farklı numunenin seramik kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde, kesme uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen aşınma değerleri

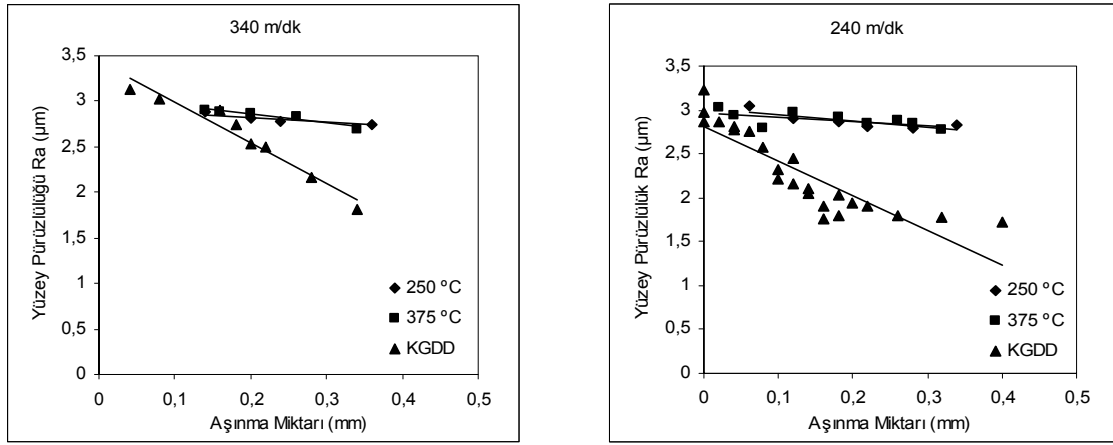
Her bir malzeme için yapılan kesme işleminde kesme hızlarındaki değişimin aşınmaya etkisi Şekil 4.7’ de verilmiştir. Bütün numuneler içinde en kısa kesme uzunluğu değeri 340 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde gerçekleşmiştir. Östemperlenmiş ve KGDD numuneler birlikte değerlendirildiğinde, kesme uzunluğunun, östemperleme sıcaklığının yükselmesiyle arttığı ve en uzun kesme işleminin KGDD’ in işlenmesinde görüldüğü anlaşılmaktadır. Şekil 4.7’de dikkati çeken bir ilginç sonuç ise; kesme hızları arasındaki fark düşük östemperleme sıcaklığında minimum seviyede kalmış olmasıdır. KGDD malzemesinin işlenmesi esnasında ise; kesme hızları arasındaki fark çok daha belirgin olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.7** Üç ayrı numune için kullanılan iki farklı kesme hızlarında seramik kesici takım ile yapılan kesme işleminde aşınma değerlerinin kesme uzunluğuna göre değişimi

Aynı kesme koşullarında yapılan kesme işlemi sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde, üç malzemenin de yüzey pürüzlülük değerlerinin aşınma miktarının artmasıyla azaldığı gözlenmiştir. Bunun

nedeni olarak; aşınan takımın, aşınmanın etkisiyle uç radius yarıçapında artış olduğu düşünülmüş, dolayısıyla radius değerinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı düşünülmektedir. Ayrıca 250 °C ve 375 °C’ de östemperlenen numuneler için yüzey pürüzlülük değerleri her iki kesme hızlarında da benzer çıkmıştır. KGDD’ de ise pürüzlülük değerindeki düşüş daha fazla olmuştur. Kesme hızındaki değişimin pürüzlülük değerlerini fazla etkilemediği görülmüştür.

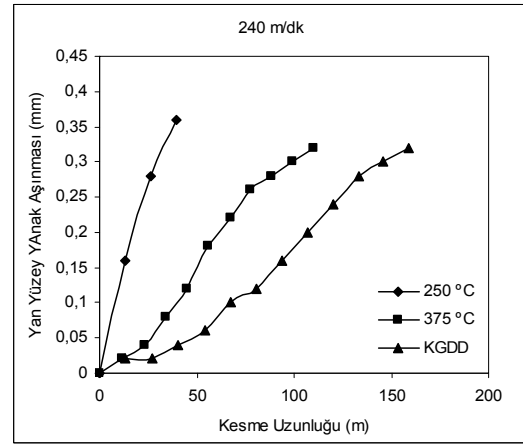
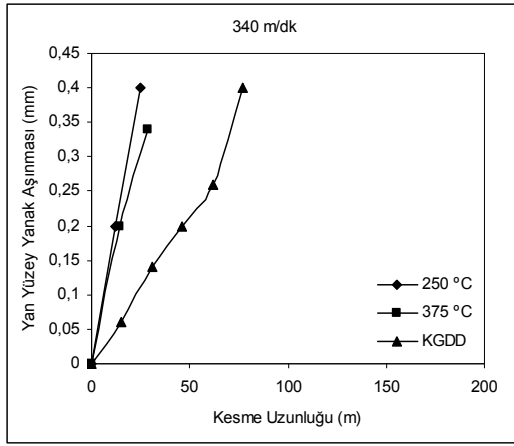


**Şekil 4.8** Seramik kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında yapılan kesme işleminde aşınma miktarına bağlı olarak meydana gelen pürüzlülük değerleri

#### 4.5 Sermet Kesici Takımın Aşınma Davranışının Tespiti

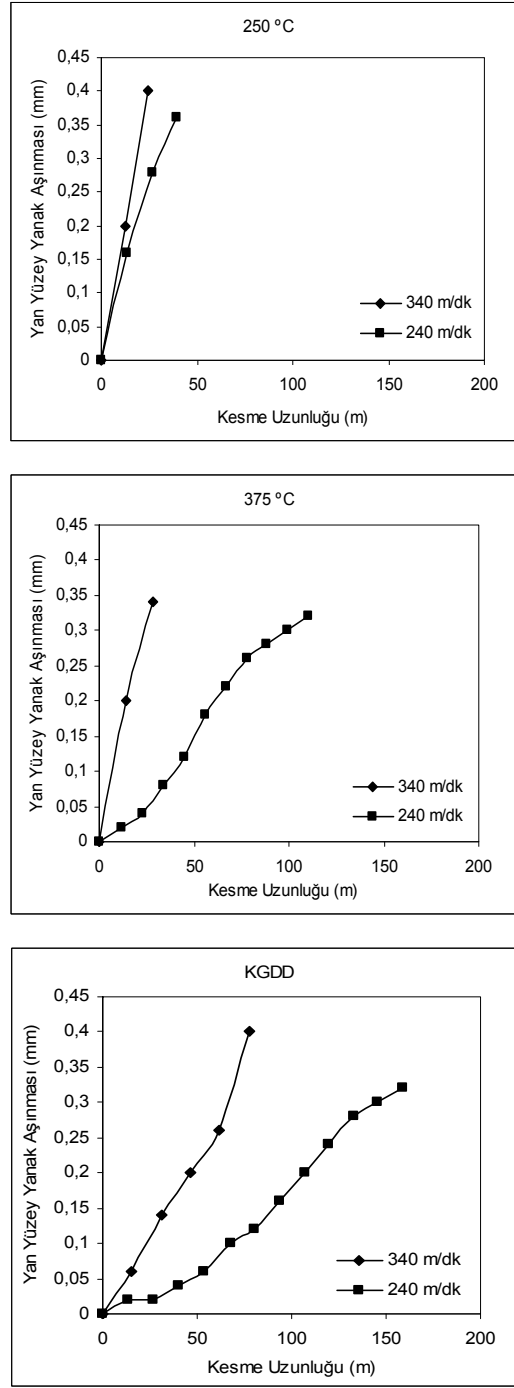
Sermet kesici takımlarla, her iki kesme hızında yapılan kesme işlemlerinde, kesici takımın üç ayrı numune üzerinde gösterdiği aşınma performansının karşılaştırılması Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 'da verilmiştir. Sermet kesicilerin, aşınma davranışları seramiklerle paralellik göstermiştir. Fakat değerlerde farklıklar mevcuttur. Seramik kesicilerde olduğu gibi sermet kesicilerde de KGDD’ in işlenmesinde en yüksek kesme uzunluğuna ulaşılmıştır. Östemperlenen numunelerin, 340 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde kesici takımın gösterdiği aşınma davranışları arasında büyük bir fark yoktur. 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde ise bu farkın büyüdüğü görülmektedir.





**Şekil 4.9** Üç farklı numunenin sermet kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde kesme uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen aşınma değerleri

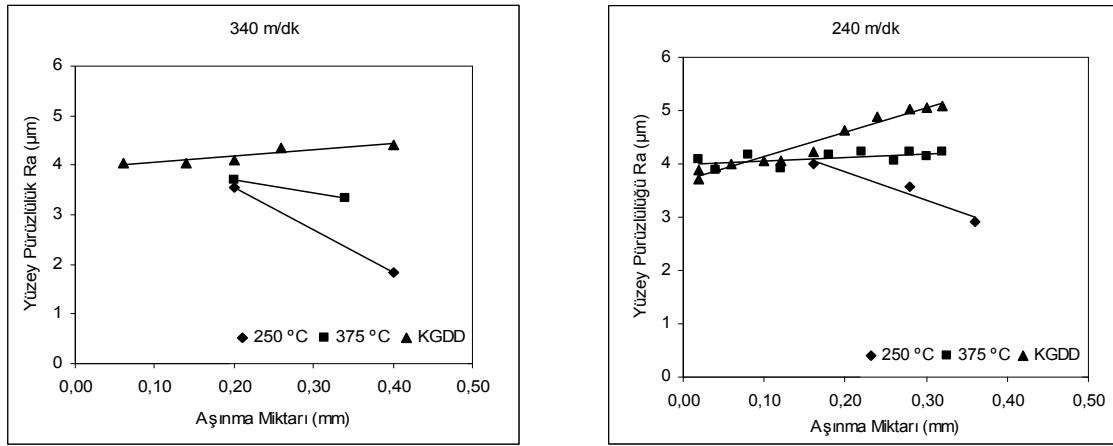
Aşınma testleri neticesinde, sermet takımda meydana gelen aşınma değerlerinin kesme hızına göre değişimi Şekil 4.10’ da verilmiştir. En küçük kesme uzunluğu bütün numuneler için 340 m/dk kesme hızında gerçekleşmiştir. Östemperlenmiş ve KGDD numuneler birlikte değerlendirildiğinde, kesme uzunluğunun, östemperleme sıcaklığının yükselmesiyle arttığı ve en uzun kesme işleminin KGDD’ in işlenmesinde görüldüğü anlaşılmaktadır. 250 °C’ de östemperlenen malzemenin 240 m/dk kesme hızında işlenmesinde takım, yaklaşık 40 m kesme uzunluğu sonunda aşınmıştır. Buna karşılık, aynı malzemenin 340 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde ise takım 2 kat daha az kesme yaparak aşınma ömrünü tamamlamıştır. Kesme hızının artmasıyla artış gösteren kesme sıcaklığının, kesici takımın daha çabuk aşınmasına neden olması karşılaşılan bu durumu açıklayabilir. Şekil 4.10’ daki üç grafiğe baktığımızda ise 250 °C’ de östemperlenen numunenin kesme işleminde, 375 °C’ de östemperlenen numuneye nazaran yaklaşık 2 kat daha az kesme yaparak aşınma sağlanmıştır. En uzun kesme işlemi, KGDD’ in işlenmesinde görülmüştür. Bu durum, östemperleme işleminin ve östemperleme sıcaklığının malzemenin mekanik özelliklerine etkisinin nedenli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.



**Şekil 4.10** Östemperlenmiş ve KGDD numunelerin, her iki kesme hızında sermet kesici takım ile kesilmesi işleminde oluşan aşınma değerleri

Sermet kesici takım ile her iki kesme hızında yapılan kesme işleminde, aşınma değerlerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim Şekil 4.11' de verilmiştir. 340 m/dk kesme hızında KGDD' in işlenmesinde malzemedeki pürüzlülük değerinin bir

miktar arttığı görülmüştür. Bu durum, kesici takımın yan yüzey yanak aşınmasının daha etkin olduğunu göstermekte. Bunun sonucunda takım uç radius küçülerek Ra değerinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Benzer durum 240 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde daha bariz bir şekilde görülmektedir. Östemperlenen malzemelerde pürüzlülük değeri özellikle yüksek kesme hızında azaldığı görülmektedir. Bu durum daha önce sinterlenmiş karbürle yapılan çalışmayla benzerlik arz etmektedir [Şeker ve Hasırcı]. Bu olay kesici takımındaki aşınmanın uç radius de meydana getirdiği büyüme ile açıklanabilir. Bilindiği üzere kesici takımın uç radius büyüdükçe pürüzlülük değeri azalmaktadır.

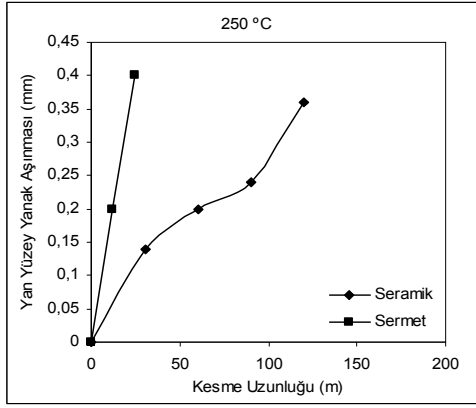


**Şekil 4.11** Sermet kesici takım ile 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında yapılan kesme işleminde kesme zamanına bağlı olarak meydana gelen pürüzlülük değerleri

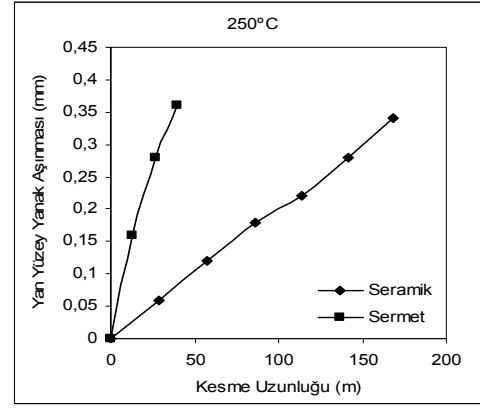
#### 4.6 Seramik ve Sermet Kesici Takımların Performansının Karşılaştırılması

Östemperlenmiş ve KGDD numuneler için yapılan kesme işlemlerinde kesici takımların aşınma davranışlarının karşılaştırılması Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14' de gösterilmiştir. Her bir kesme işleminde aşınmaya bağlı olarak en kısa kesme uzunluğu, 340 m/dk kesme hızında yapılan kesme işleminde elde edilmiştir. Özellikle 250°C'de östemperlenen numunenin, sermet kesici ile tornalanması işleminde kesici takım yaklaşık 20 m' lik kesme işlemi sonucunda ömrünü tamamlamıştır.

340 ve 240 m/dk kesme hızında kesici takımların performansları karşılaştırıldığında 375°C’ de östemperlener malzemenin, sermet kesici takımla işlenmesinde kesme hızındaki değişim kesme uzunluğunu yaklaşık 3-4 kat etkilemiştir. Diğer sonuçlarda ise, kesme hızının azalmasıyla kesme uzunluğunun yaklaşık 2 kat arttığı görülmüştür. Oluşturulan grafiklerde elde edilen bir diğer sonuç ise, her kesme koşulunda ve bütün malzemeler de yapılan kesme işlemlerinde, seramik kesici takımların sermet kesicilere nazaran oldukça üstün bir performans gösterdiği dir. Seramik kesici takımların yaklaşık 4 kat daha uzun kesme yaptığı anlaşılmıştır. Elde edilen bu sonuca, seramik kesici takımların bileşiminde bulunan ve aşınmaya karşı direnci artıran alumina maddesinin belirleyici bir etkisinin olduğu açıktır.

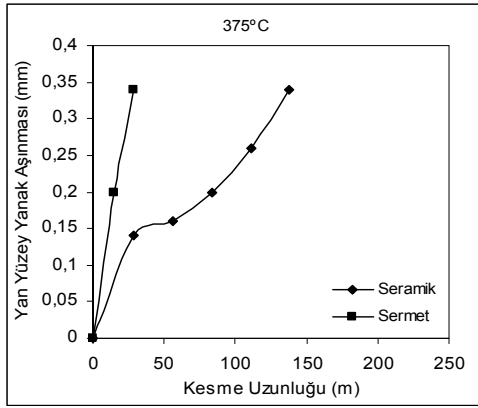


(a)

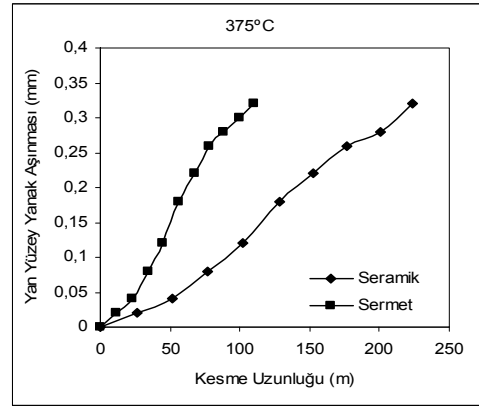


(b)

**Şekil 4.12** Seramik ve sermet kesici takımların 250 °C’ de ısıl işlem görmüş malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).

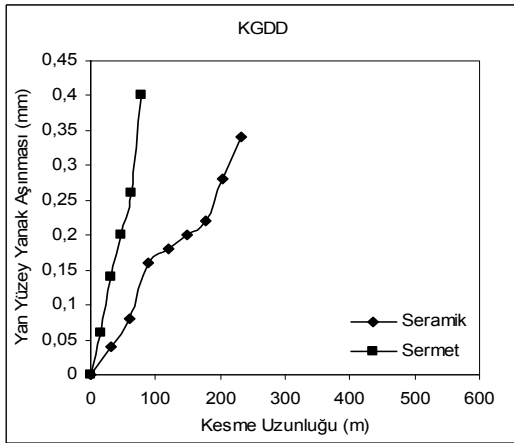


(a)

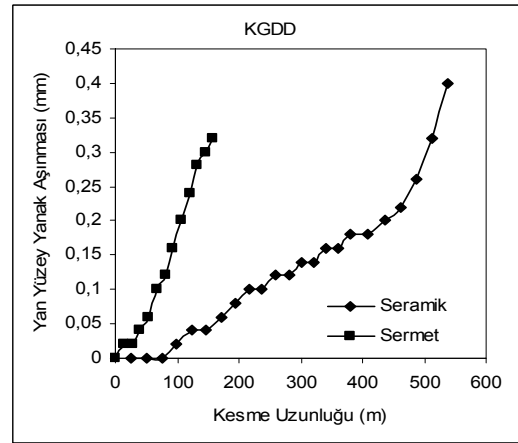


(b)

**Şekil 4.13** Seramik ve sermet kesici takımların 375 °C’ de ısıl işlem görmüş malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).



(a)

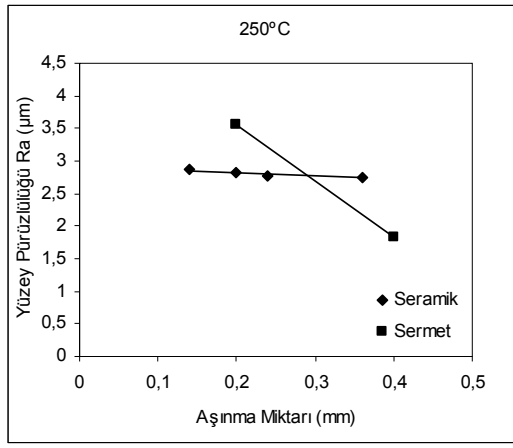


(b)

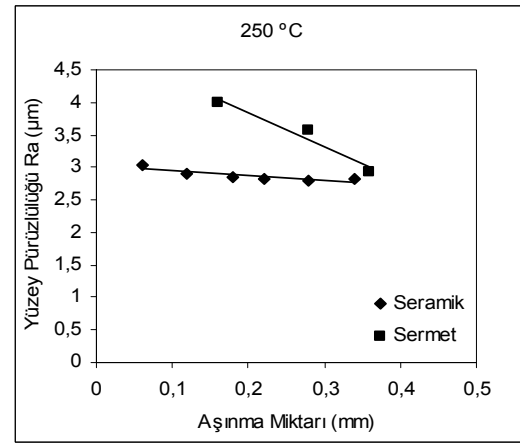
**Şekil 4.14** Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının iki kesme hızında karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).

Seramik ve sermet takımların iki kesme hızında gerçekleştirdikleri kesme işleminde malzeme üzerinde meydana gelen pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilmektedir. Yüksek östemplleme sıcaklığına sahip malzemenin ve KGDD’ in özellikle sermet kesici takım ile yapılan kesme işleminde pürüzlülük değerlerinde artan bir eğilimin olduğu görülmüştür. Her iki kesici takım içinde 250 °C’ de östemplenen numunelerin işlenmesinde Ra değerleri ya sabit kalmış yada azalmıştır. Buna karşın sermet kesici takımla 240 m/dk kesme hızında

yapılan kesme işleminde ve KGDD malzemesinin işlenmesinde Ra değerleri artmaktadır. Seramik kesici takım için tüm malzeme ve kesme şartında Ra değeri azalmaktadır. Bunun nedeninin seramik takımlarda aşınma öncelikle burun ve radius' da meydana gelmekte ve uç radiusun büyümesine neden olmaktadır. Buna karşın sermet takımlarda ise; KGDD ve 375 °C' de östemperlenen iş malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesinde, takım yan yüzey yanak aşınmasına maruz kalmakta ve burun uç radiusu küçülmektedir. Dolayısıyla Ra değerinin arttığı düşünülmektedir.

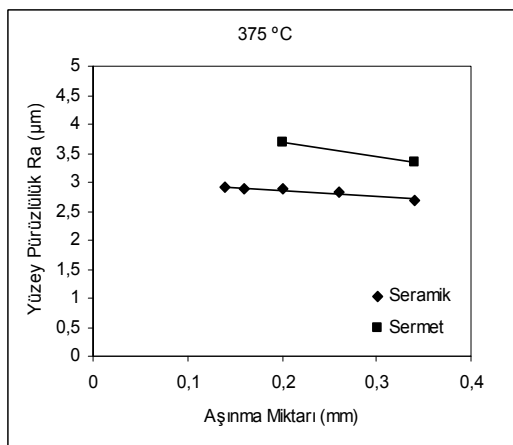


(a)

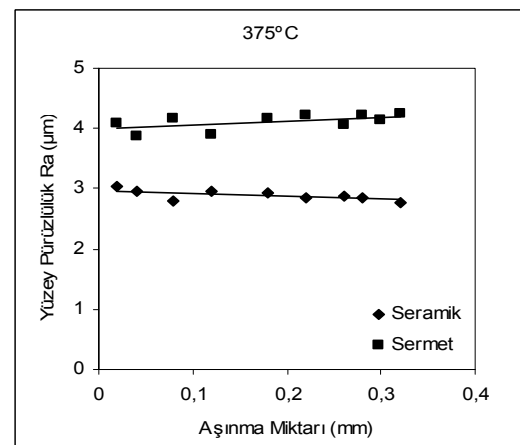


(b)

**Şekil 4.15** Seramik ve sermet kesici takımların 250°C' de östemperlenen malzemenin işlenmesindeki performanslarının karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).

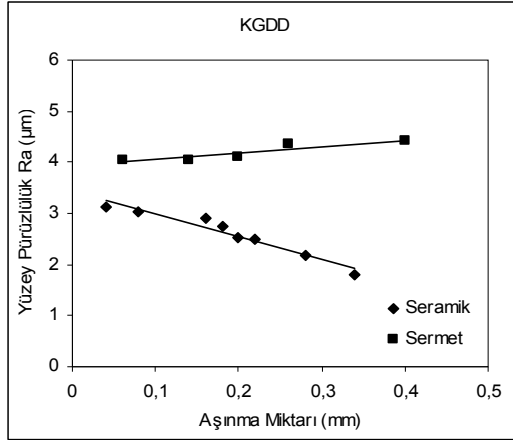


(a)

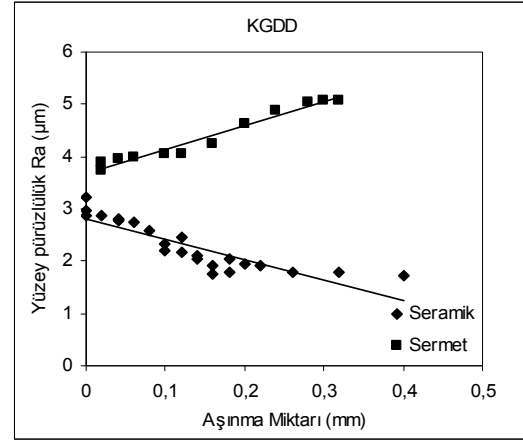


(b)

**Şekil 4.16** Seramik ve sermet kesici takımların 375°C' de östemperlenen malzemenin işlenmesindeki performanslarının karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).



(a)

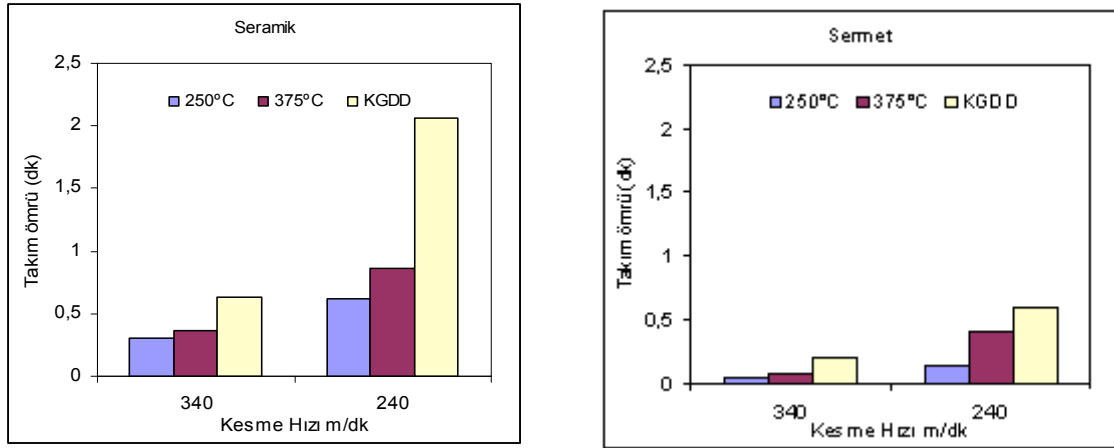


(b)

**Şekil 4.17** Seramik ve sermet kesici takımların KGDD malzemenin işlenmesindeki performanslarının karşılaştırılması ( a : 340 m/dk, b : 240m/dk).

#### 4.7 Kesici Takımların Ömürlerinin Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlar neticesinde seramik ve sermet kesici takım için takım ömrü-kesme hızı ilişkisi Şekil 4.18'de verilmektedir. Kesme hızına bağlı olarak oluşturulan bu grafiklerde, iki takım arasında en uzun ömür KGDD' in tornalanması işleminde görülmüştür. Kesme hızının artmasıyla seramik kesicilerin performansının sermet kesiciye oranla yaklaşık 5 kat arttığı görülmektedir. Bu oran, düşük kesme hızında malzeme cinsine bağlı olarak 2-4 kat arasında değişmektedir. Seramik kesici takımın ömrü iki östempereleme sıcaklığında ciddi bir değişim göstermemiştir. Fakat KGDD' in tornalanması işleminde, performansı yaklaşık 2 kat artmıştır. Sermet kesici takımda ise, düşük kesme hızında yapılan kesme işleminde östempereleme sıcaklığının artmasıyla kesici takımın performansının 4 kat arttığı görülmüştür. Bu takımlarda da seramik takımlarda olduğu gibi en iyi performansı KGDD' in tornalanması işleminde elde edilmiştir. Her iki kesici takımda olan ortak yön ise kesme hızının artmasıyla takım ömrü değerleri özellikle 375°C' de östemperelenen numune ve KGDD' in için hızlı bir şekilde düştüğü görülmüştür. 250 °C' de östemperelenen numunede ise iki kesme hızındaki takım ömrü değişimi diğer malzemelere nazaran daha azdır.

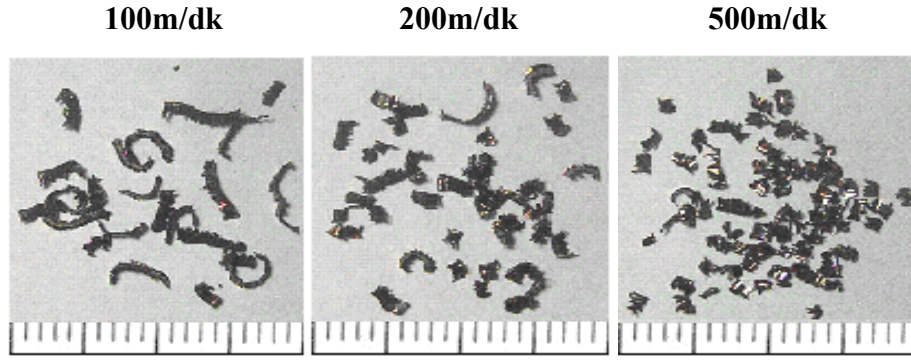


**Şekil 4.18** Seramik ve sermet kesici takımların takım ömrü değerlerinin karşılaştırılması

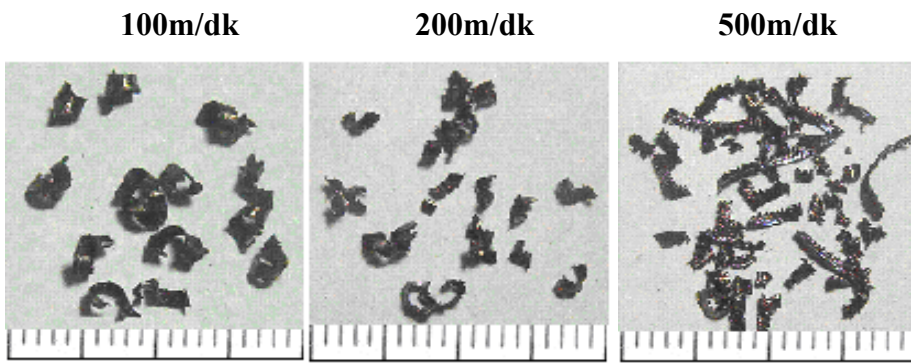
#### 4.8 Oluşan Talaş Profilleri

Kesme işlemleri neticesinde oluşan talaş şekilleri Şekil 4. 19' da verilmiştir. Kesme işleminde şekillerden de anlaşıldığı gibi; seramik kesicide kesme hızının artmasıyla talaş profillerinin küçüldüğü görülmektedir. Yüksek kesme hızlarında yapılan kesme işlemlerinde, malzemede meydana gelen ani deformasyondan dolayı, parça üzerinden kaldırılan talaş hızlı şekil değişikliğine uğradığı ilk anda kırılmaktadır. Bu durum deformasyon sertleşmesinin bir sonucu olabileceği gibi hızlı deformasyon sonucu yapının martenzite dönüşmesinden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dikkat çeken bir diğer nokta ise, sermet kesici takımla 500 m/dk kesme hızında oluşan talaş profilleridir. Şekilde de görüldüğü üzere iki farklı boyutta talaş oluşmuştur. Bu çeşitlilik, kesme işlemi esnasında, kesici takımda meydana gelen aşınmanın talaş profili üzerindeki etkisinden meydana geldiği düşünülmektedir. Şekillerden çıkarılacak bir diğer sonuç, sermet kesici takımla, özellikle 100 ve 200m/dk kesme hızında oluşan talaş şekillerinin daha kıvrımlı bir yapıda olmasıdır. Bu fark, sermet kesici takımın kenar geometrisinin daha keskin bir yapıya sahip olmasından ve takımda bulunan talaş kırıcı özelliğinden kaynaklanmış olabilir.





a) Seramik kesici tarafından çıkarılan talaş (her iki çizgi arası 1 mm'dir).



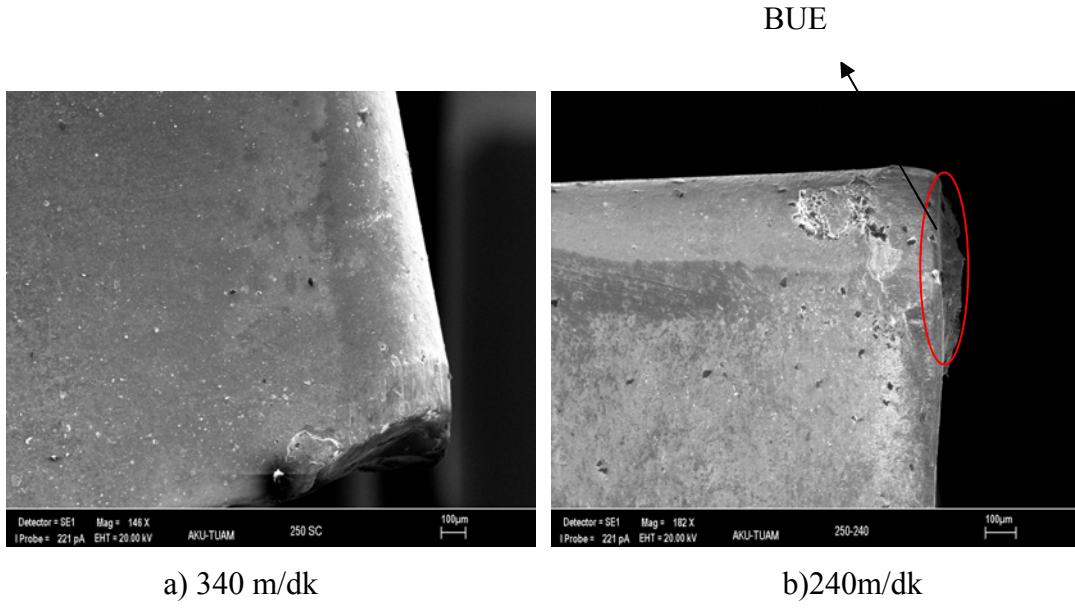
b) Sermet kesici tarafından çıkarılan talaş (her iki çizgi arası 1 mm'dir).

**Şekil 4.19** Kesme işlemi neticesinde oluşan talaş şekilleri( a: seramik, b: sermet).

#### 4.9 Aşınan Takımların SEM Analizi

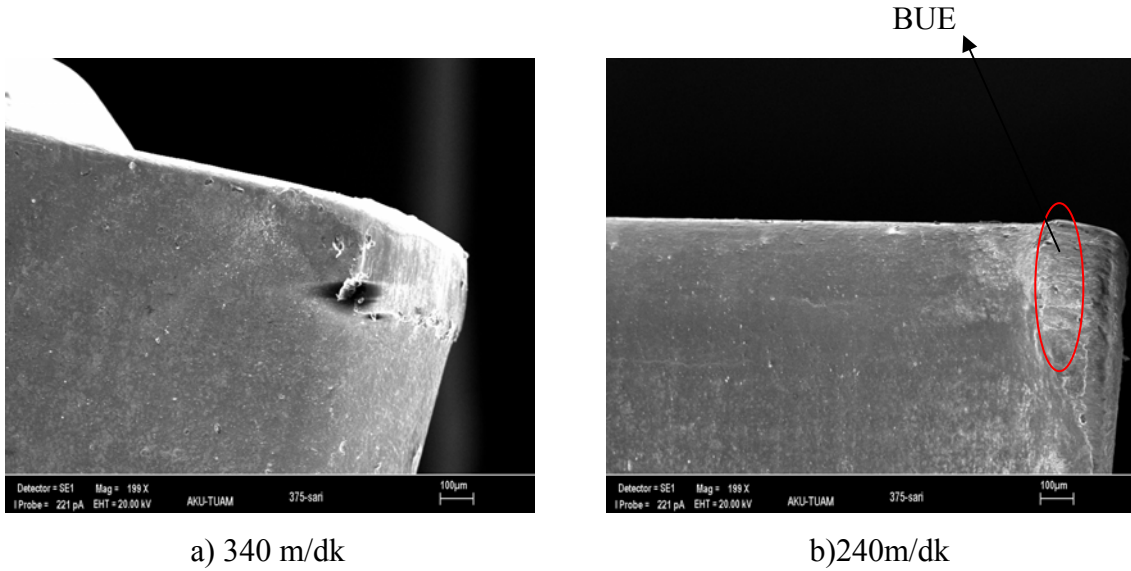
Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla çekilen fotoğraflardan elde edilen sonuçlara göre; kesme işlemi neticesinde kesici takımlarda, yan yüzey yanak aşınması, kesici kenara iş malzemesinin yapışması (BUE) ve bir miktar çentik aşınmasına rastlanmıştır. Ayrıca EDX analizi sonucunda oluşan bu aşınma tiplerinde difüzyon aşınma mekanizmasının önemli ölçüde etki ettiği görülmüştür.

İki farklı kesme hızında sermet kesici ile yapılan kesme işleminde kesme hızının aşınmaya etkisi Şekil 4.20' deki SEM fotoğraflarında görülmektedir. Yüksek kesme hızında, kesicide meydana gelen aşınma daha bariz bir şekilde görülmektedir. Buna karşılık düşük kesme hızında, daha çok iş malzemesinin kesici takıma yapıştığı görülmektedir.



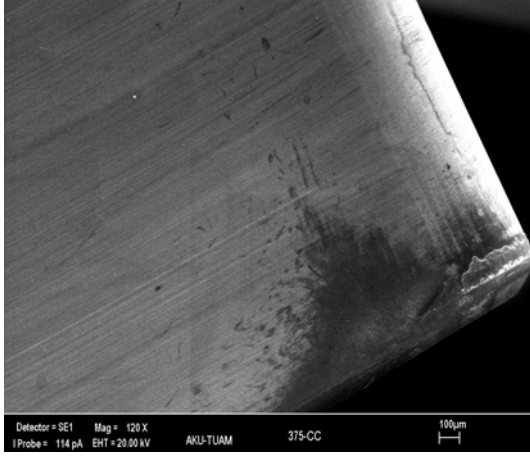
**Şekil 4.20** 250 °C’ de östemplene numunelerin sermet kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri

Benzer durum 375 °C’ de östemplenen numunelerin işlenmesi esnasında da görülmüştür (Şekil 4.21). Düşük kesme hızıyla birlikte iş malzemesinin kesici takıma yapıştığı bariz bir şekilde görülmekte ve yapılan EDX analizi sonucu bu görüntüleri desteklemektedir. Düşük kesme hızlarında, iş malzemesi ile kesici takım arasındaki kimyasal kararlılığın daha iyi olması bu sonuca etki etmiş olabilir.

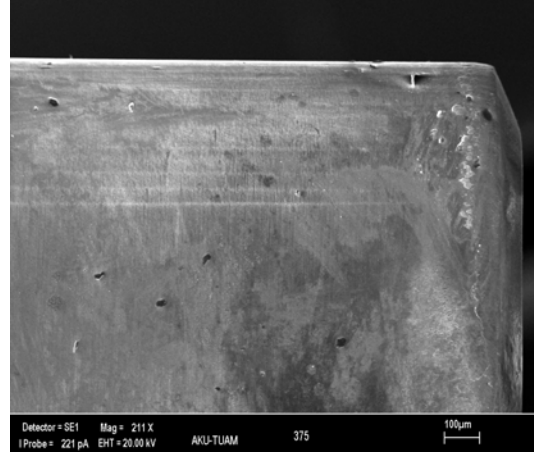


**Şekil 4.21** 375 °C’ de östemplene numunelerin sermet kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri

Seramik kesici takımlarla yapılan kesme işlemlerinde elde edilen SEM görüntüleri şekil 4.22’de görülmektedir. Bu görüntülerde de yan yüzey yanak aşınması net bir şekilde görülmektedir. Yüksek kesme hızıyla kesme işlemi yapan kesici takımın uç kısmında aşınma görülmüş, aynı zamanda iş malzemesinin de kesici takıma bir miktar yapıştığı anlaşılmıştır.



a) 340 m/dk

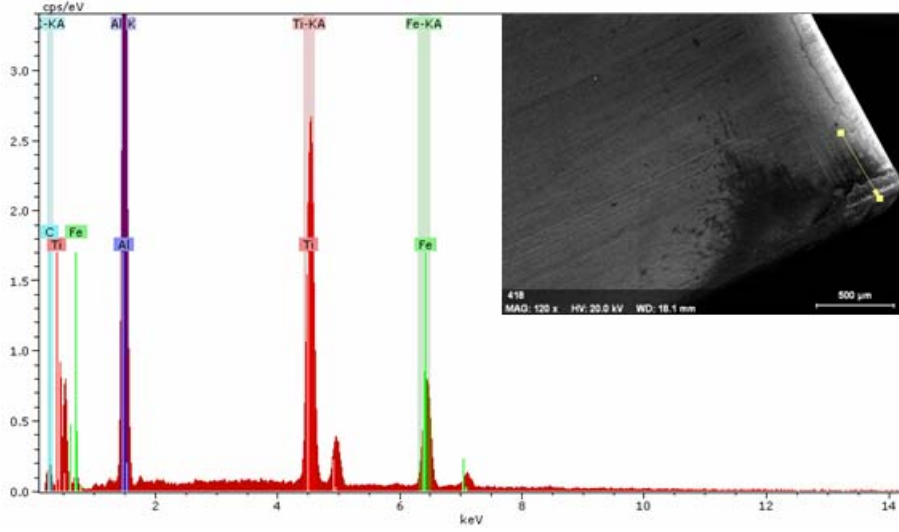


b)240m/dk

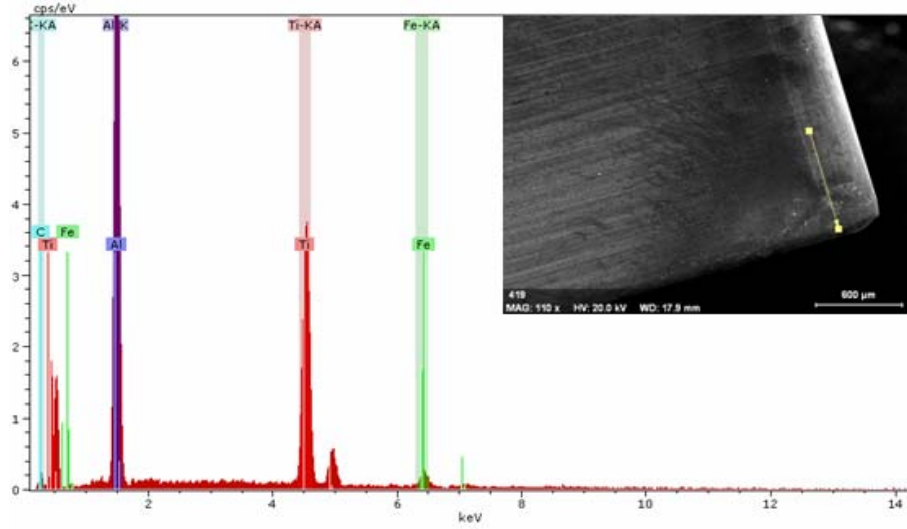
**Şekil 4.22** 375 °C’ de östemplene numunelerin seramik kesici takımla iki farklı kesme hızında işlenmesinde elde edilen SEM görüntüleri

#### 4.10 Aşınan Takımların EDX Analizi

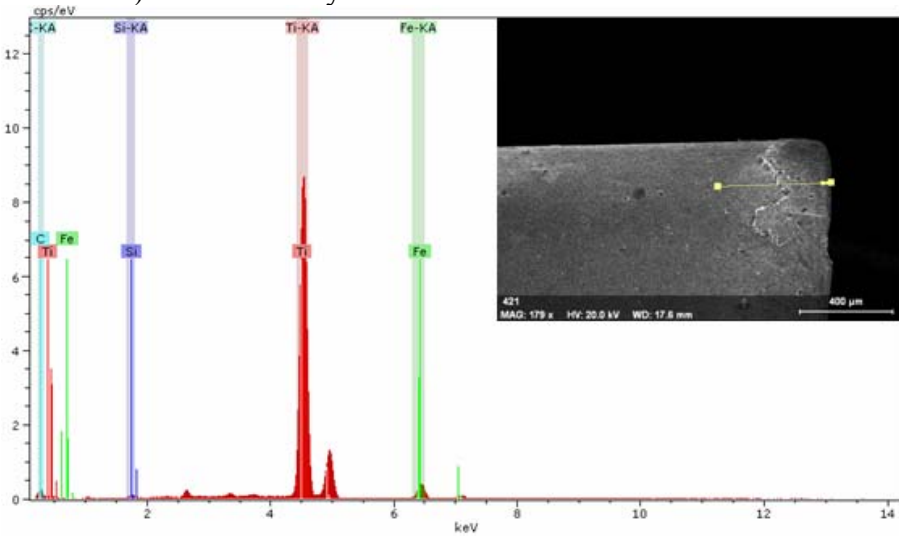
Yapılan aşınma testlerinde, aşınmayı meydana getiren mekanizmalar hakkında daha fazla bilgi edinmek için enerji yayımlı X-ray (EDX) analizi yapılmıştır. EDX analizi spektrometresi yardımıyla kesici takımın aşınan bölgesinde iş parçası malzemesi tespit edilmiştir. Karşılaşılan bu durum, difüzyon ve adhezyon aşınma mekanizmalarının aşınma üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Çizgisel olarak yapılan EDX analizi neticesinde kesici takımın üzerinde bir miktar yapışmış C ve Fe elementine rastlanmıştır (Şekil 4.23). Bu oran şekilde de görüldüğü üzere sermet kesici takımda daha fazladır. Sermet kesici takımın yüzeyinde bulunan kaplama malzemesi ile iş parçası malzemesinin kimyasal etkileşimi bu tür bir sonucun alınmasına neden olabilir. Analizlerden çıkarılacak bir diğer sonuç ise; düşük kesme hızlarında, takım yüzeyinde bulunan C ve Fe elementlerinin oranının yüksek kesme hızlarına oranla daha fazla olmasıdır.



a) 375 °C'de östempirlenen numuneyi 340 m/dk'da kesen seramik takım



b) Ham numuneyi 240 m/dk'da kesen seramik takım



c) 250 °C'de östempirlenen numuneyi 240 m/dk'da kesen sermet takım

Şekil 4.23 Kesici takımlardan elde edilen EDX sonuçları

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin ve KGDD' in kesme kuvvetleri yüzey pürüzlülüğü ve aşınma değerleri gibi kriterlere bağlı olarak yapılan işlenebilirlik testlerinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

- Östemperleme sıcaklığında meydana gelen sıcaklık değişimi malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Östemperleme sıcaklığı azaldıkça malzemenin akma ve çekme mukavemeti de artmıştır.
- Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde en düşük kesme kuvveti değeri KGDD' den talaş kaldırma işlemi esnasında meydana gelmiştir. Ayrıca ısıl işlem görmüş numunelerden östemperleme sıcaklığının artmasıyla kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- Sermet kesici takımlarda kesme hızının artmasıyla birlikte  $F_a$  ve  $F_t$  kuvvetlerinde de artış gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise; artan kesme hızı, sermet kesici takım ile talaş arasındaki sürtünmenin artması olarak yorumlanmıştır.
- Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde elde edilen değerler, düşük kesme hızlarında özellikle sermet kesici takımla yapılan kesme işlemlerinde yüksek çıkmıştır. Kesme hızının artması ise; heriki kesici takım içinde  $R_a$  değerinin azalmasına neden olmuştur.
- Kesme uzunluğuna bağlı aşınma değerleri, bütün kesme hızlarında ve iş malzemelerinde sermet kesici takımın seramik kesiciye nazaran daha çabuk aşındığını ortaya koymuştur. Ayrıca sermet kesici takımlarla KGDD' in işlenmesi sırasında pürüzlülük değerinin arttığı görülmüştür. Kesme hızındaki değişimin etkisi fazla olmamıştır.

- Östemperleme sıcaklığının azalması, her iki kesici takımında da meydana gelen aşınma hızının artmasına neden olmuştur. En uzun aşınma ömrü KGDD' in tornalanması işleminde gerçekleşmiştir.
- Kesme hızındaki değişiminde aşınma hızını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Yüksek kesme hızlarında takımlar daha çabuk aşınmıştır.
- Aşınma miktarına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, sermet kesici takım için KGDD ve 375°C' de östemperlenen numunelerin işlenmesi sırasında kesme hızındaki değişmeyle birlikte fazla değişmediği görülmüştür.
- Sermet kesici takımlarla KGDD' in işlenmesi sırasında pürüzlülük değerinin arttığı görülmüştür. Kesme hızındaki değişimin etkisi fazla olmamıştır.
- Özellikle yüksek kesme hızlarında seramik kesici takımlar sermetlere nazaran yüksek bir performans göstermiştir. Özellikle takım ömrü tüm kesme koşullarında yapılan kesme işlemlerinde sermet kesicilere nazaran 3-4 kat artmıştır

## 5.2. Öneriler

- Sermet kesici takımlar yüksek kesme hızlarında çalışmaya müsait değillerdir. Özellikle sertlik değeri yüksek olan malzemelerin tornalanmasında tercih edilmemelidir.
- Seramik kesici takımlar genel olarak bütün koşullarda yüksek performans göstermiştir. Fakat tokluk değerinin düşük olması kesme işlemi esnasında meydana gelen dinamik yükler karşısında çabuk kırılmaktadır.
- KGDD malzemesinin işlenmesinde, her iki kesici takım içinde yüksek kesme hızlarının tercih edilmesinin üretim hacmini olumlu etkileyeceği söylenebilir.

Fakat takımın ömrü açısından düşünülecek olursa, düşük kesme hızlarının tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Akkurt, M.,1992, “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aslantaş K., 2003 “Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirde İmal Edilen Düz Dişlilerde Yüzey Yorulma Hasarının Analizi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Bayati, H., Elliott, R., 1995, “Austempering Process in High Manganese Alloyed Ductile Cast Iron”, Material Science and Technology, Vol. 11, pp. 118-129.
- Blackmore, P., A., Harding, R., A., 1984, “The Effect of The Metallurgical Process Variables on The Properties of Austempered Ductile Iron”, Journal of Heat Treating, Vol. 3(4), pp. 310-325.
- Camuşcu, N., 2006, “Effect of Cutting Speed on The Performance of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Based Ceramic Tools in Turning Nodular Cast Iron”, Materials and Design, Vol.27, pp. 997-1006.
- 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., Işık, Y., “Investigating The Machinability of Austempered Ductile Irons Having Different Austempering Temperatures and Times”, Materials and Design, in Press.
- Darwish, N., Elliott, R., 1993, “Austempering of Low Manganese Ductile Irons Part3: Variation of Mechanical Properties with Heat Treatment Conditions”, Materials Science and Technology, Vol. 9, pp. 882-889.



- Drauglates, U., Boese, H.G., 1986, “Mechanical Properties and Machinability of ADI”, ASME, pp.247-258.
- Fang, L., Gao, Y., Si, S., Zhou, Q., 1998, “Effect of Graphitized Cast Irons Hardness on Wear of Ceramics”, *Wear*, Vol. 221, pp. 55-60.
- Forrest, R., D., 1987, “The Challenge an Opportunity Presented to The SG Iron Industry by The Development Austempered Ductile Iron”, BCIRA Report 1700.
- 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.
- Giampaolo, E., D’Errico, Calzavarani, R., 1995, “Advanced Ceramic Tools: An Experimental Assessment in Turning Tests”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 54, pp. 34-39.
- Harding, R., A., 1991, “Standarts and Specifications for Austempered Ductile Irons”, BCIRA Technology.
- Hughes, I., C., H., 1984, “Austempered Ductile Irons: Their Properties and significance”, *Materials and Design*, Vol.6(3), pp. 124-126.
- Kovacs, B., V., 1990, “Austempered Ductile Iron”, *Fact and Fiction, Modern Casting*, pp. 37-41.
- 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., Chuja, Y., 1994, "Cutting Performance and Wear Mechanism of Alumina-Based Ceramic Tools 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.
- Moncada, O., J., Spiacci, R.H., Sikora, J.A., 1998, "Machinability of Austempered Ductile Iron", *AFS Transactions*, Vol. 10-98, pp. 39-45.
- Özel, A., 1994, "GGG 40-80 Sınıfı Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Östemperleme Isıl İşleminin Darbe Direnci ve Darbe Geçiş Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi", Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ping, C., Toshihiro, K., 1995, "High Performance Machining of Austempered Ductile Iron", *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Vol. 61, pp. 542-546.
- Rundman, K., B., 1991, "Heat Treating of Ductile Irons", *ASTM Handbook*, Vol. 4, pp. 682-692.
- 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.
- Shaohua, W., Xuhong, G., 2006 "Study on Ceramic Cutter's Wear Behavior When High Speed Dry Cutting Austempered Ductile Iron", *Lubrication Engineering*, Vol. 10, pp. 141-144.
- Şahin, Y., 2003, "Talaş Kaldırma Teorisi", Gazi Kitapevi, Ankara, TÜRKİYE.

- Şeker, U., Hasırcı, H., 2006. "Evaluation of Machinability of Austempered Ductile Iron in Terms of Cutting Forces and Surface Quality", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 173, pp. 260-268.
- Şeker, U., Çiftçi, İ., Hasırcı, H., 2003. "The Effect of Alloying Elements on Surface Roughness And Cutting Forces During Machining of Ductile Iron", Material and Design, Vol. 24, pp. 47-51.
- Şen, U., 1997, "Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Bor Kaplanması ve Kaplama Özellikleri", Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Xu-Hong, G., Yan-Nian, R., Sheng-Ling, Z., Gui-Yan, D., 2006, "Study on Ceramic Cutter's Wear Mechanism When Dry Cutting Austempered Ductile Iron (ADI)", *Mocaxue Xuebao/Tribology*, Vol.26, pp. 73-78.
- Xu, C., Huang, C., Ai, X., 2007, "Cutting Behavior and Related Cracks in Wear and Fracture of Ceramic Tool Materials", *Int J Adv Manuf Technol*, Vol. 32, pp. 1083-1089.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., Gök, K., 2007, "Östempelenmiş 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.
- Yalçın, Y., 1997 "ÖKGDD Dişli Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yalçın, Y., 1991 "Östempelenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Bakır Miktarı-Mikro Yapı İlişkisi", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zhou, J. M., Andersson, M., 2007, "Machinability of Abrasion Resistance Cast Iron with CBN Cutting Tools", Journal of Materials Processing Technology, in press..

## **ÖZGEÇMİŞ**

12.02.1982 yılında Afyonkarahisar'da doğan İrfan UCUN, ilköğrenimini Oruçoğlu ilköğretim okulu ve Şemsettin Karahisari orta okulunda tamamladı. Orta öğrenimini ise, Afyon Merkez Endüstri Meslek Lisesinde tamamladı. 1999 yılında başladığı lisans eğitimini Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Öğretmenliği bölümünde 2003 yılında tamamladı. 2005 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2007 yılında tamamladı.