

T.C.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOZ METALÜRJİSİYLE ÜRETİLEN PMD 23 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE

KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ VE TALAŞ GEOMETRİSİNİN

İNCELENMESİ

TUĞÇE AKSOY

MAYIS 2009

## ÖZET

### TOZ METALÜRJİSİYLE ÜRETİLEN PMD 23 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ VE TALAŞ GEOMETRİSİNİN İNCELENMESİ

AKSOY, Tuğçe

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ersan Aslan

Mayıs 2009, 130 sayfa

Bu tez çalışmasında 260 HB sertliğe kadar sertleştirilmiş PMD 23 özel kodlu, toz metal ürünü, üç farklı kesici geometrisine sahip sert metal kesici takımla, değişik kesme parametreleri kullanılarak yüksek hızlarda BSD'li tornalama merkezinde işlenmiştir. Her bir kesme parametresinin, elde edilen takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü değerleri, kesicilerin çıkan talaşlar üzerindeki bıraktığı izler ve talaş şekilleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Deneylerde kullanılan sert metal kesici takımların sadece kesici geometrileri farklıdır. Bu farklılık uç yarıçaplarından ileri gelmektedir. 0,4-0,8-1,2 mm değerlerinde uç yarıçapına sahip TiAlN ile PVD kaplamalı kesici takımlar kullanılmıştır.

Deneylelerde takım aşınmasında en büyük etkiye sahip üç farklı kesme parametresi kullanılmıştır. Bunlar kesme hızı (Vc), ilerleme (f) ve kesici takım uç yarıçapıdır (re). Deneyleler bu üç kesme parametresinin kombinasyonları alınarak gerçekleştirilmiştir. Deneylelerde TS 10329 standardının tavsiye ettiği kesme parametreleri kullanılmıştır ve bu kesme parametrelerinin takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü değeri, kesicilerin çıkan talaşlar üzerindeki bıraktığı izler ve talaş şekilleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Deneylelerde takım aşınmasının ölçülmesi için optik mikroskop, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için mekanik yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı, takım aşınmalarının ve talaş yüzeylerinin incelenmesi için JSM 5600 taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Toz Metalurjisi, Takım Ömrü, Yüksek Hızla Talaşlı Üretim, Aşınma, Kesme Parametreleri

## **ABSTRACT**

INVESTIGATION OF CUTTING TOOL PERFORMANCE AND CHIP  
GEOMETRY IN MACHINING PMD 23 STEEL PRODUCED BY POWDER  
METALLURGY

AKSOY, Tuğçe

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural And Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ersan Aslan

May 2009, 130 pages

In this work, the powder metal product with special code PMD 23 and hardened up to 260 HB hardness has been turned at high speeds using different cutting parameters with a hard metal cutting tool having three different cutting geometry. The values for tool wear and surface roughness obtained from each of the cutting parameters, as well as the chip morphology have been investigated.

Only the cutting geometries of the hard metal cutting tools used in the experiences are different. This difference results from their nose. Cutting tools covered with TiAlN and PVD with 0.4 – 0.8 – 1.2 mm values of nose radius have been used.

During the experiments, three different cutting parameters having the most effect on tool wear have been used. These are cutting speed ( $V_c$ ), feed rate ( $f$ ) and

cutting tools edge radius ( $r_e$ ). The experienments have been carried out by taking the combination of these three cutting parameters. In the experiments, the cutting parameters recommended by the TS10329 standard have been used and the values for tool wear and surface roughness obtained from these cutting parameters, as well as the chip morphology have been investigated.

After the experiments, optic microscope has been used to measure the tool wear, a mechanical measuring device for the measurement of the surface roughness and JSM 5600 scanning electronic microscope (SEM) for the measurement of the cutting tool wear and investigating chip morphology have been used.

**Key words:** Powder Metallurgy, Cutting Tool Life, High Speed Machining, Wear, Cutting Parameters.

## TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın her aőamasında değerli bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim, tezimin hazırlanması esnasında her turlü yardımını esirgemeyen tez danışmanım Prof.Dr. Ersan ASLAN'a, tez çalıőmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü değerli öğretim üyelerine, deneylerin yapılması esnasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Ali Osman ER'e, araőtırmalarımda bana yardımcı olan Mitaő Civata Fabrikası Genel Müdürü Serdar İSKENDER'e, arkadaşlarıma ve son olarak yetişmemde hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER DİZİNİ

Q	Talaş Kaldırma Hızı (mm/s <sup>3</sup> )
$\Phi$	Kayma Açısı
b	Talaş Genişliği (mm)
t°, tc	Talaş Kalınlığı (mm)
V	Kesme Yönünde Kesme Hızı (m/dk)
Vc	Talaşın Parçadan Ayrılma Hızı (m/dk)
T	Takım ömrü
n	Takım üssü
$\alpha$	Serbest Açı
$\beta$	Kama Açısı
$\gamma$	Talaş Açısı
$\lambda$	Meyil Açısı
K <sub>T</sub>	Krater Derinliği
VB <sub>B</sub>	Yan Yüzey Aşınma Genişliği
f	İlerleme Miktarı (mm/dev)
a <sub>p</sub>	Talaş Derinliği (mm)
r <sub>e</sub>	Kesici Takım Uç Yarıçapı (mm)
VB <sub>max</sub>	Maksimum Aşınma Genişliği
R <sub>a</sub>	Ortalama pürüzlülük değeri (mm)

## KISALTMALAR

CBN	Kübik Bor Nitrür
BUE, YT	Kenar Yığılması
BUL	Katman Yığılması
HRC	Rockwell Sertlik Değeri
HSS	Yüksek Hız Çeliği
PVD	Fiziksel Buhar Çökertme
HB	Brinell Serlik Değeri
CBN-H	Yüksek Kübik Bor Nitrür İğeriğine Sahip Kesici Takım
CBN-L	Düşük Kübik Bor Nitrür İğeriğine Sahip Kesici Takım
PCBN	Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür
CNC	Bilgisayar Kontrollü Tezgah
PCD	Çok Kristalli Elmas
TKM	Talaş Kaldırma Miktarı
T/M	Toz Metalürjisi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi .....	19
2.2. Talaş oluşum modeli a) Talaş oluşumunda kart modeli b) Dik kesmenin şematik gösterimi.....	29
2.3. Talaş tipleri a) Sürekli Talaş b) Kesintili Talaş c) Yığıntı Talaş .....	30
2.4. Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi .....	33
2.5. İşlenen malzemeyle ilgili talaş tipi oluşumu.....	33
2.6. Dik kesme işlemi.....	37
2.7. Talaş kaldırmada temel aşınma mekanizmaları <sup>(24)</sup> 1) Abrasiv aşınması 2) Difüzyon aşınması 3) Yorulma aşınması 4) Yapışma aşınması.....	40
3.1. Deney numunesi.....	46
3.2. Deneyde kullanılan takım tutucu .....	48
3.3. Deney numunesinin bağlama şekli.....	49
3.4. Pürüzlülük ölçüm cihazı.....	50
3.5. Pürüzlülük ölçüm anı .....	50
3.6. Takım mikroskobu .....	51
3.7. Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenen yüzeyleri ifade eden temsili talaş resmi .....	54
4.1. Birinci deney serisinde ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması.....	56

4.2. Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	57
4.3. Birinci deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	58
4.4. Birinci deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	59
4.5. Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	60
4.6. Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	61
4.7. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	62
4.8. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	63
4.9. İkinci deney serisinin ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması.....	65
4.10. İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	66
4.11. İkinci deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	67
4.12. İkinci deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	68
4.13. İkinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	69

4.14. İkinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	70
4.15. İkinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	71
4.16. Üçüncü deney serisinin ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması.....	73
4.17. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	74
4.18. Üçüncü deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	75
4.19. Üçüncü deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	76
4.20. Üçüncü deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	77
4.21. Üçüncü deney serisinin altıncı deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	78
4.22. Üçüncü deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	79
4.23. Üçüncü deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması .....	80
4.24. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	82

4.25. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	83
4.26. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	84
4.27. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	85
4.28. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	86
4.29. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	87
4.30. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	88
4.31. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	89
4.32. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği .....	90

4.33. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	91
4.34. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	92
4.35. Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	93
4.36. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	94
4.37. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	95
4.38. İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	96
4.39. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	97
4.40. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	98
4.41. Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği.....	99
4.42. Birinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan elde edilmiş görüntüsü .....	102
4.43. Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	103
4.44. İkinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	104

4.45. İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	105
4.46. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	106
4.47. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	107
4.48. Birinci deney serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	108
4.49. Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	109
4.50. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	110
4.51. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	111
4.52. Birinci deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	112
4.53. Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü .....	113
4.54. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi.....	114
4.55. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü.....	115
4.56. Kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği .....	116

4.57. Kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” (mm) uzunluğu değişimi grafiği .....	117
4.58. Kesme hızı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği .....	118
4.59. İlerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği .....	119
4.60. İlerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” (mm) uzunluğu değişimi grafiği .....	120
4.61. İlerleme ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği .....	121
4.62. Kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği .....	122
4.63. Kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” uzunluğu değişimi grafiği .....	123
4.64. Kesici takım uç yarıçapı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği .....	124

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

2.1. Sert metal uçlu takımlar için ISO kalite sınıflandırması .....	28
3.1. Deney numunesi PMD 23 çeliğinin kimyasal kompozisyonu .....	46
3.2. Deney numunesi PMD 23 çeliğinin ısıtılma bilgileri .....	46
3.3. Deneylerde kullanılmak üzere TS 10329 standardına bağlı kalınarak seçilen kesici takım geometrileri .....	47
3.4. TS 10329 standardında tavsiye edilen işleme parametreleri .....	51
3.5. Deneylerde kullanılan işleme parametreleri .....	52
4.1. Birinci deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	55
4.2. Birinci deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	56
4.3. Birinci deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	57
4.4. Birinci deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	58
4.5. Birinci deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	59
4.6. Birinci deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	60
4.7. Birinci deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	61

4.8. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	62
4.9. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	63
4.10. İkinci deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları .....	64
4.11. İkinci deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	65
4.12. İkinci deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	66
4.13. İkinci deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	67
4.14. İkinci deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	68
4.15. İkinci deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	69
4.16. İkinci deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	70
4.17. İkinci deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	71
4.18. İkinci deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	72
4.19. Üçüncü deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	72

4.20. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	73
4.21. Üçüncü deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	74
4.22. Üçüncü deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	75
4.23. Üçüncü deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	76
4.24. Üçüncü deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	77
4.25. Üçüncü deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	78
4.26. Üçüncü deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	79
4.27. Üçüncü deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları.....	80
4.28. Gerçekleştirilen üç deney serisinde yer alan deneylerin sonuçları .....	81
4.29. İnceleme gruplarını oluşturan kesici takım ve talaş numunelerinin meydana geldiği deneylerin kesme parametreleri .....	101
4.30. Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	103
4.31. İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri .....	105
4.32. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	107

4.33. Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	109
4.34. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	111
4.35. Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	113
4.36. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri.....	115

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
İÇİNDEKİLER .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Literatür Taraması .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER .....	10
2.1. İşlenebilirlik .....	10
2.2. İş Parçası Malzemesi .....	12
2.2.1. Magnezyum ve Alaşımları .....	14
2.2.2. Alüminyum Alaşımları .....	14
2.2.3. Bakır, Pirinç ve Bakır Alaşımları .....	14
2.2.4. Saf demir .....	15
2.2.5. Çelikler: Alaşımlı Çelikler ve Isıl İşlem Görmüş Çelikler .....	15
2.2.6. Düşük Alaşımlı Çelikler .....	17
2.2.7. Paslanmaz Çelikler .....	17
2.2.8. Dökme Demirler .....	17
2.2.9. Nikel ve Nikel Alaşımları .....	17

2.2.10. Titanyum ve Titanyum Alaşımları.....	17
2.2.11. Zirkonyum .....	18
2.3. Tornalama İşlemlerinde Takım Geometrisi ve Kesici Takım Malzemeleri ...	18
2.3.1. Yüksek Hız eliği (HSS) .....	19
2.3.2. Sinterlenmiş Karbürler (C) .....	19
2.3.3. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler (GC).....	21
2.3.4. Sermetler (CT) .....	22
2.3.5. Seramikler (CC).....	23
2.3.6. Elmaslar (N) .....	24
2.3.7. Kúbik Boron Nitrür (CBN).....	25
2.3.8. Çok Kristalli Elmas (PCD).....	26
2.3.9. Kesici Takım Malzemelerinin Sınıflandırılması .....	27
2.3.9.1. P serisi (Mavi) .....	27
2.3.9.2. M serisi (Sarı) .....	27
2.3.9.3. K serisi (Kırmızı) .....	27
2.3.9.4. N serisi (Yeşil) .....	27
2.3.9.5. S serisi (Turuncu) .....	27
2.3.9.6. H serisi (Gri) .....	28
2.4. Talaş Oluşumu.....	28
2.4.1. Talaş Tipleri.....	30
2.4.1.1. Sürekli Talaş (Akma Talaş).....	30
2.4.1.2. Süreksiz Talaş (Kesintili veya Kırıklı Talaş) .....	31
2.4.1.3. Yığıntı Talaş (Bult-Up Edge-BUE).....	31
2.4.2. Talaş Şekilleri .....	32
2.4.2.1. Malzeme Cinsine Bağlı Olarak Talaş Oluşumları.....	33

2.5. Takım Ömrü ve Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler .....	34
2.5.1. Kesme Hızının Etkisi.....	35
2.5.2. Kesme Derinliği ve İlerleme Miktarının Etkisi .....	36
2.5.3. Takım Geometrisinin Etkisi.....	36
2.5.3.1. Dik Kesme İşlemi.....	36
2.5.4. Titreşimin Etkisi .....	37
2.5.5. Takım Uç Radüsünün Etkisi .....	38
2.5.6. Soğutma Sıvısının Etkisi .....	38
2.6. Takım Aşınması.....	39
2.6.1. Aşınma Mekanizmaları.....	39
2.6.1.1. Abrasiv İle Aşınma .....	40
2.6.1.2. Difüzyon İle Aşınma .....	41
2.6.1.3. Yorulma İle Aşınma .....	41
2.6.1.4. Yapışma İle Aşınma .....	42
2.6.2. Takım Aşınma Tipleri.....	42
2.6.2.1. Yan Yüzey (Yanak) Aşınması.....	43
2.6.2.2. Çentik Aşınması .....	43
2.6.2.3. Krater Aşınması.....	43
2.6.2.4. Serbest Yan Kenar Aşınması .....	44
2.6.2.5. Çatlak Oluşumu.....	44
2.6.2.6. Pullanma.....	44
2.6.2.7. Kalıcı Şekil Değiştirme .....	44
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	45
3.1. Takım Tezgâhı.....	45
3.2. Deney Numunesi .....	45

3.3. Kesici Takımlar ve Takımlama Sistemi .....	47
3.4. Bağlama Aparatları.....	48
3.5. Ölçüm Cihazları.....	49
3.6. Deney Deseninin Oluşturulması .....	51
3.7. Deneysel Teknikler.....	52
3.8. Takım Ömrü Deneylerinin Yapılması .....	53
3.9. Kesici Takım Aşınması Tipinin Belirlenmesi ve Elde Edilen Talaş Yüzeylerinin İncelenmesi .....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	55
4.1. Birinci Deney Serisine Ait Sonuçlar .....	55
4.2. İkinci Deney Serisine Ait Sonuçlar .....	64
4.3. Üçüncü Deney Serisine Ait Sonuçlar .....	72
4.4. Takım Aşınması.....	82
4.5. Yüzey Pürüzlülüğü .....	91
4.6. Talaş Şekillerinin ve Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi.....	100
4.6.1. Kesme Hızı Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi ...	116
4.6.2. İlerleme Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi .....	118
4.6.3. Kesici Takım Uç Yarıçapı Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi .....	121
5.SONUÇ .....	125
KAYNAKLAR .....	127



# 1.GİRİŞ

## 1.1. Literatür Araştırması

Chou ve Evans<sup>(1)</sup> AISI M50 çelikleri üzerinde kesici takım aşınmasıyla ilgili araştırma yapmışlardır. Bu deneylerde klasik ingot, vakum yapımı VIMVAR ve toz metalürjisiyle üretilmiş üç farklı tip M50 çeliği kullanılmıştır. Kesme deneylerinde farklı tanecik büyüklüklerine sahip üç tip CBN kesici takım kullanılmıştır. Kesici geometrisi ve kesme parametreleri bütün deneyler için aynıdır. Bu çalışma sonucunda iş parçasının tanecik büyüklüğünün, düşük seramik bağ içeren CBN kesici için, baskın aşınma mekanizmasında meydana gelen aşınma ölçeğinde kesin etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Devillez ve arkadaşları<sup>(2)</sup> Inconel 718 süper alaşım üzerinde kaplamalı seramik uçlar ile yaptıkları kuru işleme deneylerinde, kesme kuvvetleri ve aşınmayı ölçmüşlerdir. Bu deneylerde kesme hızı 20 ile 200 m/dak arasında seçilmiş ve ilerleme 0,1 ile 0,2 mm/devir alınmıştır. Kesme derinliği 1,5 mm olup, bütün kesme deneyleri için aynı kullanılmıştır. Kesici takım geometrisi sabittir. Kaplamasız, TiAlN, AlTiN, TiAlN+WC/C ve TiAlN+MoST (MoS<sub>2</sub>+Ti) kaplamalı olmak üzere beş çeşit uç kullanılmıştır. Inconel 718 malzemesinin kuru işlenmesi sırasında takım yan yüzünde ve talaş yüzünde iş parçası malzemelerinin adezyon kuvvet ve kaynak oluşturduğu gözlenmiştir. İş parçası malzemesinin kesici kenarda şekil değişimine yol açan BUE ve BUL oluşturduğu görülmüştür.

Remadna ve Rigal<sup>(3)</sup>, CBN kesici uçlar ile kaba tornalama sırasında oluşan takım aşınması ve kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Bu deneylerde 52 HRC sertliğinde silindirik iş parçaları ve aynı takım geometrisine sahip CBN kesici uçlar

kullanılmıştır. Birinci deney serisi sabit kesme hızı, ikinci deney serisi ise değişken kesme hızı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada, CBN kesici takım ile yapılan kaba tornalamada işleme parametrelerinin tanımlaması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada, kesici geometrisinin CBN kesici takımın takım ömrünü önemli bir şekilde etkilediği görülmüştür. Buna paralel olarak bütün kesme kuvveti artmıştır.

Axinte ve arkadaşları<sup>(4)</sup> toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiş Ni bazlı gelişmiş alaşımların tornalanması ile ilgili yaptıkları araştırmada, iyi derecede çentik dayanımına sahip 6080 Si-Alon ve iyi tokluk özellikleri ile takviye edilmiş iki tip yuvarlak seramik uç kullanılmıştır. Deneylerde kesme hızı 175–250 m/dak, kesme derinliği 1–2 mm ve ilerleme hızı 0,15–0,25 mm/devir arasında seçilmiştir. TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiN kaplamalı seramik uçlar, Ø6 çapında 1,2 mm ve 0,8 mm uç radyüsüne sahip rombik uçlardır. Takım ömrü kriteri olarak yanal yüzey aşınması 0,3 mm ve yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) 0,8 µm seçilmiştir. Dört farklı talaş kaldırma hızı kullanılmıştır. Bunlar Q<sub>1</sub>=20 m/s, Q<sub>2</sub>=24 m/s, Q<sub>3</sub>=30 m/s ve Q<sub>4</sub>=37 m/s'tür. En iyi takım ömrü performansı Q<sub>2</sub>'de görülmüştür. En küçük uç radyüsü veya en yüksek talaş kaldırma hızında işlenmiş yüzey üzerinde talaşın tekrar pozisyon alması dolayısıyla operasyon aralıklarının darlığı bulunur. Bu yüzden kesme parametrelerinin iki kombinasyonu (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>) yöntem kalitesi kriterini başarmış, son seçim olarak (Q<sub>2</sub>) yöntem verimliliğini arttırmıştır. Bundan başka malzemenin düşük ısı iletkenliği yüzünden asit aşındırması tekniklerinde olduğu gibi ortadan kaldırılabilen devamlı olmayan ince katmanlar düzeni boyunca işleme koşullarına tepki gösterir. Buna bağlı olarak; kalıntı gerilmeleri önemli bir şekilde serbest yüzeylerden işleme operasyonları boyunca kalıntı gerilmelerinin dağılımı doğruluğunun kabul edilebilir seviyelerinde 5–15 µm arasında düşme gösterir.

Saravanapriyan ve arkadaşları<sup>(5)</sup> yüksek hız çeliği takım performansı üzerindeki taşlama izlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, kesici takım geometrisi aynı olan HSS kesici takım kullanmışlardır. Kesme hızı 200–400–500 m/dak, ilerleme 0,05–0,08–0,14 mm/devir, kesme derinliği 0,2–0,6–1 mm olmak üzere üç tip değişken kullanılmıştır. Soğutucu kullanılmamıştır. İş parçası malzemesi alüminyumdur. Taşlama izlerine sahip HSS kesici takımlar işlemenin 400 saniyesi boyunca kesme kuvvetinin yükselmesi sebebiyle iyi bir performans sergiler. Taşlama izlerine sahip HSS kesici takımlarla daha az BUE oluşumu görülmüştür.

Khrais ve Lin<sup>(6)</sup>, AISI 4140 çeliğinin işlenmesi sırasında TiAlN PVD kaplamalı uçların aşınma mekanizması ve takım performansını araştırmışlardır. İş parçası uzunluk/çap oranı 10 olacak şekilde alınmış, %6 kobalt içeren, takım geometrisi aynı olan kesici takımlar kullanılmıştır. 210 m/dak'dan 410 m/dak'ya kadar beş değişken kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızı sabit ve sırasıyla 2 mm ve 0,14 mm/devir kullanılmıştır. Bu araştırmada soğutucu kullanılarak yapılan kesmede 310 m/dak ile 210 m/dak hız aralıklarında yanal yüzey aşınması görülmeye başlamıştır. Dolayısıyla yüksek kesme hızlarında kuru kesme şartları altında TiAlN kaplamalı kesici uçlar daha iyi bir performans sergiler. Denenen uçların yanal yüzey aşınma davranışı 3 aşamada değerlendirilir: Orta kararlılıktaki durum ya da kademeli aşınma, içlere işleyen aşınma ve katastrofik aşınmadır. 260 m/dak'dan daha az kesme hızlarında kuru kesme altında TiAlN kaplamalı kesici takımlar en iyi performansı göstermişlerdir.

Yong ve arkadaşları<sup>(7)</sup> kriyojenik olarak tavllanmış tungsten karpit kesici takımların tornalama işleminde performansını incelemişlerdir. İş parçası ASSAB 760 orta karbonlu çelik, kesici takım geometrisi ve malzemesi aynıdır. Ortogonal kesme

modeli uygulanmıştır. Değişken kesme hızları kullanılmış ve diğer kesme parametreleri sabit tutulmuştur. Kriyojenik tavllanmış kesici takımlar kısa zaman sürelerinde ya da aralıklarla tekrarlı kesme koşullarında tavlınmamış kesici uçlara göre daha iyi performans göstermiştir. Kriyojenik tavllanmış kesici takımların sıcaklıklar düştüğü zaman en iyi performansını verdiği görülmüştür.

Camuşçu<sup>(8)</sup> nodüler dökme demirin  $Al_2O_3$  esaslı seramik kesici takımın tornalanması sırasında kesme hızının kesici takım performansına etkisini incelemiştir. İş parçası  $\varnothing 80$  mm çapa, 300 mm uzunluğa ve 246 Brinell sertlik değerine sahiptir. Üç tip kesici takım kullanılmıştır. Takım 1, TiN PVD kaplı  $20^\circ \times 0,1$  mm paha sahip  $Al_2O_3 + TiCN$  karışımı seramiktir. Takım 2, kaplamasız  $20^\circ \times 0,1$  mm paha sahip SiC ile güçlendirilmiş  $Al_2O_3$  seramiktir. Takım 3, kaplamasız  $20^\circ \times 0,2$  mm paha sahip  $Al_2O_3 + TiCN$  karışımı seramiktir. 300–450–600 ve 750 m/dak olmak üzere dört tip kesme hızı kullanılmıştır. İlerleme hızı ve kesme derinliği sabit olup sırasıyla 0,1 mm/devir ve 1 mm'dir. TiN kaplamalı  $Al_2O_3 + TiCN$  karışımı seramik takım ile SiC ile güçlendirilmiş  $Al_2O_3$  kesici takımların performansı 300 ve 750 m/dak kesme hızlarında hemen hemen aynıdır. Kaplamasız  $Al_2O_3 + TiCN$  karışımı seramik kesici takımlar TiN kaplamalı  $Al_2O_3 + TiCN$  karışımı seramik takım ve SiC ile güçlendirilmiş  $Al_2O_3$  kesici takımlardan 300 m/dak'dan daha kötü bir aşınma davranışı sergilemiştir. Kullanılan üç kesici takımın performansı artan hızla birlikte kötüleşmiştir. En iyi yüzey kalitesi kaplamasız  $Al_2O_3 + TiCN$  ile bütün kesme hızlarında elde edilmiştir. Yüzey kalitesi 450 ve 600 m/dak hızlarda üç kesici takım için de 300 ve 750 m/dak'ya göre daha iyidir. 300 m/dak'da BUE oluşumundan dolayı çok zayıf bir yüzey kalitesi mevcuttur. Üç kesicinin hepsi 750 m/dak'da en kötü yüzey kalitesi sağlamışlardır. Bu sonuçlardan yola çıkılarak yanal yüzey aşınması ve yüzey pürüzlülüğü bakımından TiN kaplamalı  $Al_2O_3 + TiCN$

karışımı seramik takım nodüler dökme demir işlenmesi için en uygun kesici takım olduğu görülmüştür.

Rech<sup>(9)</sup> ortogonal kuru kesmede talaş ve kesici takım ara yüzündeki sürtünme üzerinde kesici takım kaplamalarının etkisini incelemişlerdir. İş parçası sertliği 18 HB olan 27MnCr5 malzemesidir. Kesme koşulları olarak kesme hızı 200 m/dak, ilerleme 0,1 mm/devir ve kesme derinliği olarak 3 mm seçilmiştir. Geometrik yapısı aynı olmak üzere kaplamasız, TiN, (Ti, Al)N ve (Ti, Al)N+MoS<sub>2</sub> kaplamalı olmak üzere dört tip kesici takım kullanılmıştır. Çeşitli kaplamalar için bu metodun uygulaması kaplamasız kesici takımlarla karşılaştırıldığında TiN ve (Ti, Al)N + MoS<sub>2</sub> kaplamalarının sürtünme özelliklerinin daha iyi olduğu gösterilen seramik uçlar belirlenmiştir. Buna bağlı olarak TiN ve (Ti, Al)N + MoS<sub>2</sub> kaplamalarının kesici takım ile talaş temas alanını, ikincil kayma kalınlığını ve ara yüzdeki sıcaklığı azalttığı gözlenmiştir.

Chou ve arkadaşları<sup>(10)</sup> sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğinin CBN ile tormalanmasının deneysel araştırmasını yapmışlardır. BZN6000 (CBN-H) ve BZN8100 (CBN-L) bağlarına sahip CBN kesici takımlar, sertleştirilmiş çeliklerin tormalanmasında kesici takım performansını incelemek için bu çalışmada kullanılır. BZN6000 yüksek CBN içeriğine sahip yüksek sertlikte ve Co bağlarıyla bağlanmıştır. BZN8100 ise titanyum nitrit bağlarıyla bağlanmış ve az miktarda Co içermektedir. Kesici takım geometrileri birbiriyle aynıdır. 60–120 ve 240 m/dak olmak üzere üç tip kesme hızı, 10, 50 ve 250 µm üç tip kesme derinliği ve sabit 12,5 µm/devir ilerleme kullanılmıştır. İşleme deneyleri, düşük CBN içerikli kesici takımların yüksek CBN içerikli takımlara göre 62 HRC serlikteki AISI 52100 çeliğinin son tormalanmasında daha iyi bir yüzey durumu ve daha düşük yanal yüzey

aşınmasına sahip olduğunu göstermiştir. CBN-L, CBN-H'a göre daha büyük aşınma dayanımına sahip ve kesme hızı ile bu farklılık iyice artar. Kesme derinliğinin takım aşınması üzerindeki etkisi daha azdır. Sonuç olarak CBN-L, CBN-H'ye göre tornalamada daha uygun olduğu görülmüştür.

Hua ve arkadaşları<sup>(11)</sup> pahlı ve uç radyüsüne sahip kesici uç kullanarak rulman çeliğinin kaba tornalanması sırasında oluşan kalıntı gerilmeler üzerinde ilerleme hızı, iş parçası sertliği ve kesici kenarın etkisini araştırmışlardır. Deneylerde 20° paha sahip ve 0,2 mm uç radüsüne sahip PCBN kesici uçlar kullanılmıştır. İş parçası dış çapı 129 mm, iç çapı 86 mm AISI 52100 rulman çeliği olup, sertliği 53 ve 63 Rockwell C sertlik değerleri arasındadır. Kesme hızı sabit (120 m/dak), ilerleme hızı 0,28 ve 0,56 mm/devir olmak üzere iki tip, kesme derinliği 0,36 ve 0,72 mm'dir. İşlenmiş yüzeyin aksel ve çevresel yönünde oluşan basınçlı kalıntı gerilmeler daha yüksek ilerleme hızı seçilerek elde edilir. Bunun sonucunda kesme kuvveti önemli bir biçimde artar. Uç radyüsü değerinin artması, yüzeydeki kalıntı gerilmelerin artmasına ve aynı zamanda takım sıcaklığının yükselmesine sebep olur. Pahnın etkisi, uç radyüsün etkisiyle eşdeğerdir. Yüksek sertliklere tavllanmış iş parçası üzerinde aynı kesme parametreleri kullanılarak yapılan deneylerde daha büyük kalıntı gerilmelerin oluştuğu görülmüştür.

Coelho ve arkadaşları<sup>(12)</sup> yüksek kesme hızlarında Inconel 718 malzemesinin tornalanması sırasında geometrik değişikliklerin ve kesici kenar şeklinin etkilerini incelemiştir. Deney malzemesi olarak sıcak haddelenmiş 44 HRC sertliğinde nikel bazlı alaşım Inconel 718 kullanılmıştır. İş parçası 100 mm çapa sahip, bir yanı ayna ile diğer yanı gezer punta ile sıkıştırılmış, 185 mm uzunluğunda işlenecek yüzey bırakılmıştır. Takım girişinde 10° paha sahiptir. Kare, üçgen ve yuvarlak

geometrik biçimlerinde üç tip uç kullanılmıştır. Kesme hızı 500 m/dak, ilerleme hızı 0,1 mm/devir ve kesme derinliği 0,35 mm olup, sabittir. Takım ömrü kriteri olarak Ra 0,8 µm seçilmiştir. 500 m/dak'da Inconel 718 malzemesi üzerinde kare, üçgen ve yuvarlak geometrik şekillerdeki kesici takımlarla deney yapılırken elde edilen büyük takım aşınmalarına rağmen yüzey pürüzlülük değeri (Ra) 0,5 µm elde etmek mümkündür. Yuvarlak uçlar alüminyum esaslı C50 seramik uç olup, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması yönünden en iyisidir. Bütün kenarlarda çentik aşınması ve yanal yüzey aşınması oluşmuştur. Aşınma diğer uçlara göre yuvarlak uçlarda daha azdır. Seramik uçlar işleme boyunca kesme yüzeyinde PCBN kesicilerle karşılaştırıldığında daha küçük kesme sıcaklıklarına ulaştığı görülmüştür. Mikro sertlik bütün kesme koşullarında işlenen yüzeyde 100–125 µm değerine hemen hemen yakındır.

Özel ve arkadaşları<sup>(13)</sup> sertleştirilmiş AISI H13 çeliğinin ince tornalanması sırasında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerinde kesme hızı, ilerleme, iş parçası sertliği ve kesici kenar geometrisinin etkisini incelemiştirlerdir. İş parçası sertliği 50–55 HRC olup, silindirik biçimdedir. Kesici uçlar pahlanmış ve kavisli olmak üzere iki tip CBN uçtur. Üç farklı ilerleme (0,05–0,1–0,2 mm/devir) ve iki farklı kesme hızı (100–200 m/dak) kullanılmıştır. Kesme derinliği sabit olup 0,254 mm'dir. Bu çalışmada kesici kenar geometrisi ve iş parçası sertliği, kesici kenar geometrisi ve ilerleme hızı, kesme hızı ve ilerleme hızı gibi ikili faktörlerin arasındaki etkileşimlerin etkisinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle kavisli kesici kenar geometrisi ve düşük iş parçası yüzey sertliği ile daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Düşük iş parçası yüzey sertliği ve küçük radyüslü kenar ile düşük teğetsel ve radyal kuvvetler elde edilmiştir.

Kurt ve Şeker<sup>(14)</sup> AISI 52100 çeliğinin kaba tornalanması sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve takım gerilmeleri üzerinde PCBN kesici takımın pah açısının etkisini incelemişlerdir. PCBN kesici takımın uç açısı 55°, uç radyüsü 0,8 mm, ve pah genişliği 0,1 mm'dir. Pah açısının dört değeri 0°, 10°, 20° ve 30°'dir. Malzemenin dış çapı 120 mm, iç çapı 100 mm, sertliği 60 HRC'dir. Kesme hızı 150 m/dak, ilerleme ve kesme derinliği sabit olup, sırasıyla 0,03 mm/devir ve 0,05 mm'dir. Bütün kesme kuvveti bileşenleri özellikle pasif kuvvetin seviyeleri, pah açısı arttıkça artar. Yapılan analizlere göre pah açısının maksimum gerilme üzerinde etkisinin büyük olduğu görülmüştür.

Aslan ve arkadaşları<sup>(15)</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiCN karışımı seramik takım ile 63 HRC sertlikteki AISI 4140 çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin tasarımı ve optimizasyonu hakkında araştırma yapmışlardır. Deneylerde kesme hızı (100-175-250 m/dak), kesme derinliği (0,25-0,5-1 mm) ve ilerleme değerleri (0,05-0,1-0,2 mm/devir) olmak üzere üç farklı kesme parametresi kullanılmıştır. Her deneyde aynı miktarda talaş kaldırılmıştır. Kesme hızının artmasıyla takım aşınmasının azaldığı görülmüştür. Verilerde yüksek değişimler olmasına rağmen kullanılan ANOVA tablolarının Taguchi'nin L<sub>27</sub> ortogonal dizilimi performans ölçümleri üzerindeki önemli parametreleri ayırabildiği böylece seramik kesici takımların kullanımında uygun kesme parametrelerini elde etmek için, Taguchi parametre tasarımının uygun olduğu görülmüştür.

Orhan ve arkadaşları<sup>(16)</sup> 35 HRC sertlikteki AISI D3 soğuk iş takım çeliğinin yüzey frezelenmesi sırasında titreşim analiziyle takım aşınması ölçümü üzerine araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada frezeleme sırasında takım aşınması ve titreşim arasındaki ilişkinin değişimi araştırılmıştır. Deneyler dikey işleme merkezinde

gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı 200 m/dak, aksel kesme derinliği 0,4 mm, radyal kesme derinliği 30 mm ve ilerleme 0,1 mm/devir kullanılmıştır. Takım aşınması hakkında en iyi bilgiyi geçiş frekansı değerlendirmesi vermiştir. AISI D3 çeliğini CBN kesici takım ile işlerken kesme operasyonu sabit ve titreşim önemli bir şekilde artarken, kritik aşınma değeri olarak 160 µm olarak ortaya çıkmıştır.

Günay ve arkadaşları<sup>(17)</sup> ana kesme kuvveti üzerinde kesici takım eğim açısının etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla -5, -2,5, 0, 2,5, 5, 7,5, 10 ve 12,5° eğim açısına sahip sement karpit uçlar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ana kesme kuvvetinin kesici takım negatif eğim açısı değerinin artmasıyla artar ve pozitif eğim açısı değerinin artmasıyla düştüğü tespit edilmiştir. Ampirik ve deneysel sonuçlar ana kesme kuvveti için benzer yöndedir. Ampirik ve deneysel sonuçlar arasındaki karşılaştırmada sapmanın küçük kesici takım eğim açılarında küçük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kesme hızı ve eğim açısının artmasıyla sapmanın artması göstermiştir ki kesme hızı ve eğim açısı faktörlerinin yüksek kesme hızları ve yüksek eğim açısı değerleri için yeniden değerlendirilmelidir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, genellikle, “iş parçası malzemesinin ne kadar kolay işlenebileceği veya bir kesici takımla iş parçasının istenilen biçime getirilmesindeki ihtiyaçlar anlamında, işlenebilme yeteneği” olarak tanımlanmaktadır. Orta karbonlu çelik, ısıl direnci yüksek bir alaşımla daha kolay işlenmektedir. Yine benzer şekilde gri dökme demir, çil dökme demirden daha kolay işlenmektedir. Daha basit anlamda işlenebilirlik ise, bir malzemenin istenen biçimde, boyutta veya yüzey kalitesinde işlenebilmesinin kolaylığını veya zorluğunu gösteren bir kavramdır<sup>(18)</sup>.

Herhangi bir talaşlı imalat işlemine başlamadan önce tezgâh tipi, kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği, iş parçasının kimyasal bileşimi, mikro yapısı, ısıl işlem, saflık, kesici takım tipi ve malzemesi, kesme sıvısı gibi değişkenler işlem sırasında oluşan kesme kuvvetleri, talaş kaldırma sıcaklıkları, talaş özellikleri gibi değerler ve işleme sonucunda ortaya çıkan iş parçası yüzey kalitesi, toplam maliyet ve işlem süresi gibi sonuçların hepsi birden işlenebilirlik verilerini oluşturmaktadır<sup>(18)</sup>.

Talaş kaldırma yönteminin teknolojik planlaması yapılırken, iş parçasının mikro yapısı, dayanımı, sünekliği, ısıl iletkenliği ve sertliği göz önüne alınır. Çok sünek metaller işlenirken yığılma talaş oluşması nedeniyle işlenebilirlikleri kötüdür. Bununla birlikte, soğuk deformasyon işlemi ile sertliğin artırılması sünek ve yumuşak metallerin yüzey kalitesi bakımından işlenebilirliğini artırır<sup>(18)</sup>.

Düşük süneklik değerleri metallerin işlenmesinde genellikle olumlu etkiye sahiptir. Düşük süneklik kesme işlemi için gerekli gücü azaltır ve uygun talaş

biçiminin oluşmasını sağlar. Bu nedenle iyi işlenebilirlik sertlik ve sünekliğin belirli değerler arasında olmasına bağlıdır. İşlenen malzemenin yüksek ısı iletkenliği, kesme işleminde üretilen ısının kesme bölgesinden hızla uzaklaşması işlenebilirlik açısından faydalıdır<sup>(18)</sup>.

Talaş kaldırma sırasında, kesme düzlemi boyunca oluşan plastik deformasyon sonucu bu bölgedeki malzemenin mukavemeti artar. Artış, deformasyon hızına ve işlenen malzemenin deformasyon sertleşmesine bağlıdır. Çeliğin işlenmesinde deformasyon miktarı yüksektir ve kesme kenarına çok yakındır. Yüksek pekleşme hızı talaş oluşumunda daha çok enerjiye ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır<sup>(18)</sup>.

İş parçası malzemesinin işleme yöntemini etkileyen tüm özellikleri ve ihtiyaç duyulan dokümantasyon, tüm malzeme tedarikçilerinde kolayca elde edilemez. İş parçası malzemesinin metalürjisi, kimyasal yapısı, mekanik özellikleri, ısıl işlemi, katkıları, kalıntıları (inklüzyonları) yüzey tabakası vb. özellikleri, kesici, kenar, takım bağlama, takım tezgâhı, operasyon ve işleme şartları gibi parametreler işlenebilirlik üzerinde etkilidir. Malzemeler için işlenebilirlik değerleri, en ideal durumlarda bile, daha ileri düzeyde en uygun şekle sokmak için başlangıç değerlerine kılavuzluk etmektedir. İş parçası malzemesini tanımak için, başarılı bir işleme operasyonunun gerçekleştirilmesini sağlayan faktörlerin değerlendirilmesinde modern ve esnek bir yaklaşım esastır. İşlenebilirliği geliştirmek için; döküm kalitesini iyileştirmek, malzemeyi kolay işlenebilir hale getirmek, takım malzemesini, takım geometrisini, bağlama şartlarını veya kesme sıvısını vb. değiştirmek gerekebilir<sup>(19,20)</sup>.

Kullanılabilir iş parçası verileri ve işleme deneylerinin bir kombinasyonuyla, işlenebilirlik değerlendirilmesi geniş üretim şartlarına uygun olarak gerçekleştirilir.

Bununla beraber, düzenlemenin birinde iyi olan işlenebilirlik, bir diğerinde iyi olmayabilir. Örnek olarak; bir iş parçası malzemesinin sertliği ve dayanımı işlenebilirliği belirten tipik bir örnek olmayabilir. Kalıntılar (inklüzyonlar), kolay işleyebilme katkıları, mikro yapı, sert ve aşındırıcı bileşenler, sıvanma eğilimi vb. faktörler önemli olabilir. Belli bir iş parçası için iyi işlenebilirlik sergileyen bir takım tipi ve malzemesi, diğer bir iş parçası malzemesi için uygun olmayabilir. İş parçasının işlenebilme kabiliyeti ve etkinliği çeşitli faktörlere göre belirlenir. Bunlar;

- İş parçası malzemesi,
- Takım tezgâhı
- İşleme biçimi
- Takım
- Kesme parametreleri
- Kesme sıvısı vb.dir<sup>(19)</sup>.

## 2.2. İş Parçası Malzemesi

Parçalara düşük takım aşınması ve iyi işlenebilirlik özellikleri kazandıran malzeme nitelikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük akma mukavemeti ve dolayısıyla düşük iş parçası sertliğine sahip olma,
- Takım ve atmosferle düşük kimyasal reaksiyona sahip olma,
- Yüksek termal iletkenliğe sahip olma,
- Düşük kırılma tokluğuna sahip olma,
- İyi mikro yapıya sahip olma.

Talaşlı imalat uygulamalarında işleme parametreleri seçimine göre iş parçası malzemeleri aşağıdaki gruplandırılmıştır.

Çelikler (48 HRC seviyesine kadar) (ISO P)

- Karbon çelikleri
- Alaşımli çelikler
- Takım çelikleri

Paslanmaz Çelikler (ISO M)

Dökme Demirler (ISO K)

- Sfero dökme demirler
- Gri dökme demirler

Demir Dışı Malzemeler (N)

- Bakır, pirinç, çinko
- Plastikler
- Kompozitler
- Alüminyum alaşımlar

Isıl Dirençli Alaşımlar (HR) veya Süper Alaşımlar (S)

- Demir esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
- Kobalt esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
- Nikel esaslı ısıya dayanıklı alaşımlar
- Titanyum alaşımları

Sertleştirilmiş Çelikler ve Demirler (48–65 HRC) (H)

İş malzemelerini iyi işlenebilirlikten kötüye doğru sıralamak gerekirse, aşağıdaki gibi bir gruplama yapılabilir<sup>(21)</sup>.

### **2.2.1. Magnezyum ve Alaşımları**

Düşük kayma mukavemetine ve düşük ergime sıcaklığına (650°C) sahip olan magnezyum işlenmesi en kolay malzemelerdendir<sup>(21)</sup>.

### **2.2.2. Alüminyum Alaşımları**

Düşük ergime sıcaklığına (659°C) sahip olan alüminyum alaşımlarının işlenmesi, kesme bölgesinde oluşacak sıcaklık değerlerinin kesici takım ucuna zarar verecek seviyede olmayacağından, kolaydır. Saf alüminyum işlenmesi, sürtünme katsayısı alaşımlarına oranla daha yüksek olduğu için kesici takım yapışma eğilimi göstereceğinden daha zordur. Alüminyum alaşımlarında genellikle yanal (serbest) yüzey aşınması ortaya çıkar<sup>(21)</sup>.

### **2.2.3. Bakır ve Bakır Alaşımları**

Bakır da alüminyum gibi yüksek sünekliğe sahip olmasına karşın ergime noktası yüksektir (1083°C). Bakır alaşımları da alüminyum alaşımlarında olduğu gibi iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptir. Saf bakırın işlenmesi, kesici takım ile arasındaki yüksek sürtünme katsayısından dolayı zordur. Aşınma tipi olarak ise genelde yanal yüzey aşınması ve krater aşınması veya ikisi birden görülür. Bakırın işleme kalitesi soğuk şekillendirme ve alaşımlandırma neticesinde artar. Bakır çinko alaşımı olan pirinç malzemedeki çinko oranının arttırılması veya kurşun ilavesi kesme kuvvetini düşürür. Bakır alaşımları arasından işlenmesi güç olanlar, düşük çinkolu pirinçler, fosfor bronzlar ve yüksek demir ve nikel içeren, yüksek mukavemete sahip magnezyum ve alüminyum bronzlardır<sup>(21)</sup>.

#### 2.2.4. Saf demir

Saf demirin işlenebilirliği de saf bakır ve alüminyumun işlenmesinde olduğu gibi zayıftır<sup>(21)</sup>.

#### 2.2.5. Çelikler: Alaşımli Çelikler ve Isıl İşlem Görmüş Çelikler

Çelikteki karbon, mangan, krom, molibden, vanadyum, tungsten, kobalt vb. alaşım elementleri malzemenin mukavemetini artırır. Bu da kesici takım uca etkiyen gerilmeleri ve oluşacak sıcaklığı etkilemektedir. Elementlerin alaşımlandırmaya katkısı aşağıda verilmiştir.

- Karbon çeliğin mekanik özelliklerini en fazla etkileyen elementtir. Artan karbon oranı ile çeliğin dövme, kaynak, talaş kaldırma ve derin çekme ile şekillendirme yeteneği azalırken, sertleşme kabiliyeti artar.
- Mangan sertleştirilebilirliği ve sertliği artırırken, kükürten kaynaklanan kırılabilirliğin etkisini azaltır.
- Krom çeliğin mukavemetini artırırken, kopma uzamasını azaltır, sertleşme derinliğini ve sertliği, korozyon ve oksidasyona karşı direnci artırır. Malzemede oluşan çok sayıda sert krom karbür parçacıkları işlenebilirliği olumsuz yönde etkiler.
- Molibden oluşturduğu özel karbürlerle kızıl sertliği artırır. Molibdenin az miktarı bile meneviş gevrekliğini giderir, ayrıca tane küçültücü etkisiyle sertliği artırır. Kroma benzer molibden karbür parçacıkları işlenebilirliği azaltır.

- Vanadyum da molibden gibi özel karbürleri (VC) sayesinde çeliğin aşırı ısıtılmasına karşı hassasiyeti azaltır. Vanadyum aşınma dirençlerini, meneviş tavlamasına dayanıklılığını, sıcağıdaki mukavemet değerini, sertleşme derinliğini ve sertliği artırır. Krom ve molibden gibi sert vanadyum karbür parçacıkları işlenebilirliği olumsuz yönde etkiler.
- Kobalt, malzemeye ısıtılma işlemde sertleşme derinliğini azaltır, ferriti sertleştirir, böylece kızıl sertliği artırır. Ayrıca korozyon ve aşınma direncini, akma ve çekme mukavemetini az da olsa artırır. Buna karşın çekilebilme özelliğini düşürür.
- Nikel alaşımın mukavemetini ve özellikle perlitik-ferritik çeliğin tokluğunu artırır.
- Tungsten yüksek sıcaklıklarda bile malzemenin dayanımını artırır. Ayrıca takım çeliklerinde sürtünmeden kaynaklanan aşınma direncini artırır.
- Fosfor özellikle düşük alaşımlı çeliklerde işlenebilirliği, korozyon direncini ve malzemenin dayanımını artırır.

Malzemelerin akma mukavemeti ve sertliği, hem kompozisyona bağılı olarak hem de ısıtılma işlemlerde değişmektedir. Malzemeler mukavemet ve sertlik artırımı için ısıtılma işlemine tabi tutulduktan sonra kesici takım uca uyguladıkları basma kuvvetleri bazen o kadar yüksek değere ulaşır ki, kesici takım ucun özelliğini yitirmesine neden olur. Malzemelerin kolay işlenebilmeleri için ısıtılma işlemlerle en az sertliğe indirilmelidir<sup>(21)</sup>.

### **2.2.6. Düşük Alaşımli Çelikler**

Çelikler içinde işlenmesi en kolay olanlarıdır. Fakat uygun olmayan işleme parametreleri neticesinde, oluşan talaşın kesici takıma sıvanması (BUE) ihtimali yüksektir<sup>(21)</sup>.

### **2.2.7. Paslanmaz Çelikler**

Sertleştirilmiş karbon çeliklerine göre işleme için gereken güç daha fazladır. Östenitik paslanmaz çelikler, yüksek yüzey pekleşmesi ve düşük termal iletkenliklerine sahip olması neticesinde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar bu özellikleriyle martenzitik ve ferritik paslanmaz çeliklere göre işlenmeleri daha güçtür. Aşındırıcı karbürlere sahip yüksek alaşımli paslanmaz çelikler ise yüksek aşınma meydana getirirler<sup>(21)</sup>.

### **2.2.8. Dökme Demirler**

Çok sayıda sert karbürlere sahip olan dökme demirin ve fosfor oranı %0,15'den büyük olan dökme demirlerin işlenmesi güçtür. Buna mukabil ferritik gri dökme demirlerin işlenmesi daha kolaydır<sup>(21)</sup>.

### **2.2.9. Nikel ve Nikel Alaşımları**

Özellikle uzay endüstrisinde kullanılan kayma direnci yüksek olan nikel alaşımları işlenmesi en güç malzemelerdendir. Bunun ana sebebi yüksek yüzey pekleşmesi ve titanyum karbür benzeri fazlara sahip olmalarıdır<sup>(21)</sup>.

### **2.2.10. Titanyum ve Titanyum Alaşımları**

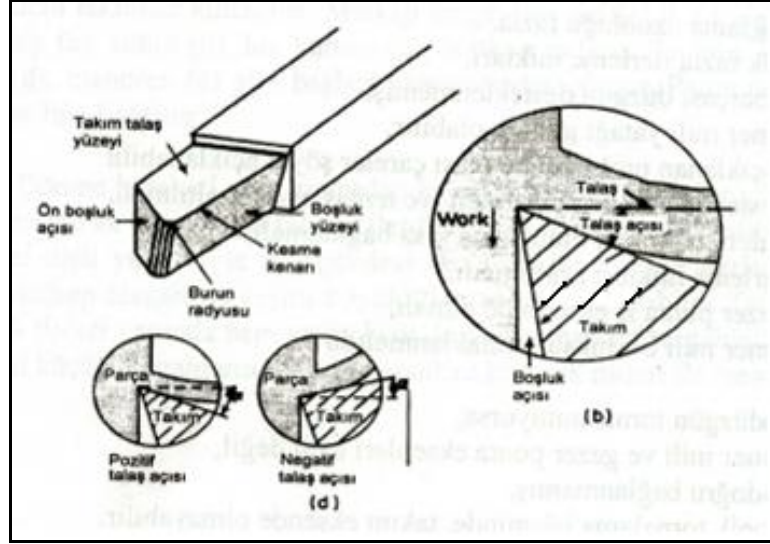
Düşük termal iletkenlikleri, kesici takıma basınç uygulama eğilimleri ve düşük elastisite modülüne sahip olmaları sonucunda burkulma oluşumuna sebebiyet verme özelliklerinden dolayı işlenmesi güç malzemelerdir<sup>(21)</sup>.

### 2.2.11. Zirkonyum

Zirkonyumun işlenebilirlik özellikleri titanyuma benzerdir ve çok güçtür<sup>(21)</sup>.

### 2.3. Tornalama İşlemlerinde Takım Geometrisi ve Kesici Takım Malzemeleri

Bir torna tezgâhında kesici takım geometrisini oluşturan kısımlar Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Talaşın aktığı talaş yüzeyi talaş açısı olarak adlandırılır. Takım yan kenarı veya serbest yüzey ile talaş yüzeyinin kesişmesiyle kesici kenar oluşur. Yeni oluşan malzeme yüzeyine karşı talaş yüzeyinin sürtünmemesi için takım tasarımı böyle yapılır. Boşluk açısı, malzemeye bağlı olarak değişmekle beraber 5–10° arasında gerçekleştirilmektedir. Talaş yüzeyi, çubuk iş parçasının eksenine belirli bir açıyla eğimlidir. Bu açı belirli takım malzemeleri, iş malzemeleri, kesme şartları için uygun değer kesme performansını elde etmek için ayarlanabilir. Talaş açısı iş parçasının dönme eksenine paralel bir doğrudan ölçülür. Pozitif talaş açısı, referans doğrusunun aşağı tarafındaki talaş yüzey kısmı olup, pozitif talaş açıları ise 30°’ye kadar verilebilmektedir. Daha küçük talaş açılı takımlar daha dayanıklı, fakat pek çok durumda 0 veya negatif talaş açılı takımlar kullanılmaktadır. 5 veya 6° negatif talaş açılı takımların talaş yüzeyleri arasındaki açı 90° olabilmekte olup bu bir avantaj sağlamaktadır. Takım uç boşluk yüzeyi yeni kesilen yüzeylere karşı sürtünmeden kaçınmak için verilen bir açıdır. Bu üç yüzeyin ara kesiti de takım burnu olup, keskin olabilir. Daha sık olarak takım serbest yüzeyi arasında bir buruna bir yuvarlatma yapılır.



Şekil 2.1. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi<sup>(22)</sup>

### 2.3.1. Yüksek Hız Çeliği (HSS)

Yüksek hız çeliği HSS, %5-%20 arasında tungsten içeren bir çelik alaşımdır. Özellikle küçük çaplı matkaplarda ve parmak freze çakıları için yaygın kesici takım malzemesidir. Sert olmasına rağmen HSS takımlar 650°C civarında sertliğini kaybeder. Bu özellikteki kesiciler, bilgisayar kontrollü tezgâhlarda imalatta sınırlı kullanıma sahiptir. Fakat kaplamalı HSS kesici takım malzemelerindeki gelişmeler, takıma bir sertlik kazandırmıştır. İşlem performansı, sert kaplama teknikleri, geliştirilen sertleşme ve temperleme süresi ile artırılmıştır. Kimyasal süreç, sert metalik nitrürlü yüzey kaplama malzemesinin HSS yüzeyini kaplamasını sağlar. TiC, TiN, HFN kaplama yapılarak takım ömründe 2–6 kat artış sağlanmaktadır. En yaygın kullanılan çeşidi ise altın renkli TiN kaplamalardır<sup>(23,24)</sup>.

### 2.3.2. Sinterlenmiş Karbürler (C)

Sinterlenmiş karbürler, BSD'li tezgâhlarda kullanılan en popüler kesici takım malzemesidir. Sinterlenmiş karbürlerin performansı, kullanılan ana malzemelerin sertliğinden gelir. Tungsten (en popüler katkı maddesi), titanyum ve tantal karbürleri

çok serttir. Ama çok kırılıgandır ve HSS'ye nazaran sertlikleri de düşüktür. Yani saf ve işlenmiş şekilde kullanılamazlar. Karbürler toz halindedirler, kobalt gibi katkı maddeleri toz halinde ilave edilir. Daha sonra kalıplar içine yerleştirilir, istenilen şekil ve profilde kalıplanır<sup>(21)</sup>.

Sinterleme, kalıplarda sıkıştırılan toz tanecikleri çok yüksek (1000°C'yi geçmektedir) sıcaklığa maruz bırakılıp, gözeneksiz ve yoğun bir malzeme oluşmasıdır. Kobaltın diğer bir özelliği, yapının sertliğine katkı yapmaktan başka, karbür taneciklerinin yapışarak yapıyı oluşturmasını sağlamaktır. Bu oluşuma sementit karbür denilir. Toz metalürjisi tekniği, başka yolla mümkün olmayan tozlu maddelerden oluşan içeriklerin istenilen miktarda karışımın oluşumunu sağlar. Yüksek kesme hızlarına erişebildiği için sinterlenmiş karbürler kullanıldığından daha kaliteli yüzeyin elde edilmesi ve takımın üst yüzeyinde talaş yapışması ihtimali de düşer<sup>(25)</sup>.

Sinterlenmiş karbürlerin iki esas kalitesi mevcuttur. Bunlar; düz tungsten karbür takımlar, TiC ve TaC içeren krater dirençli karbür takımlardır. Tungsten karbür takımlar WC ve kobalt içermekte olup, daha dayanıklı ve aşınmaya karşı daha dirençlidir. Genellikle bunlar; dökme demir ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Ancak bu takımların kraterleşme ve hızlı takım kırılması nedeniyle çelikler için tatmin edici değildir. Kullanılan kobalt yüzdesi tungsten karbür parçacıklarının tane boyutu, kesici takımın kalitesini belirler<sup>(22)</sup>:

1. İnce dokulu olanlar, daha düşük tokluğu ve daha yüksek takım sertliğini sağlar.
2. Yüksek sertlik daha iyi aşınma direncini, daha düşük takım tokluğunu ifade eder.

3. Maksimum takım ömrü için daha düşük kobalt içerikli ve ince tane dokulu takımlar seçilmelidir.

Bunlardan başka ana malzemesi kobalt ve tungsten olan takımlara, krater aşınma direncini arttırmak için TiC ve TaC katılmaktadır. Bunların çoğu çeliklerin işlenmesinde kullanılır. Uygun sinterlenmiş karbür seçiminde dikkate alınması gereken faktörler şöyle özetlenebilir<sup>(22)</sup>:

- Çok küçük tane boyutlu ve daha az kobalt içerikli takımlar seçilmelidir.
- Abrasyon aşınmasına karşı sadece tungsten karbürü takımlar seçilmelidir.
- Kraterleşme, talaş yığılması (BUE) ve kopmaya karşı TiC içerikli takımlar seçilmelidir.
- Abrasyon ve krater aşınma direnci için TaC içerikli takımlar seçilmelidir.
- Çeliklerin daha fazla kesme derinlikleriyle işlenmesinde oluşan basınç, ısı ve kesici takım deformasyonu gibi etkilerden dolayı TaC içerikli takımlar seçilmelidir.

### **2.3.3. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler (GC)**

Kaplamalı karbürlerin (GC) bulunması sonucunda tokluğun artmasıyla aşınma direncinin düşmesi gerektiği düşüncesi ortadan kalkmış ve değişik kalitelere ideal takım malzemelerine yakın malzemeler elde edilmiştir. İlk ortaya çıkmalarından itibaren kaplamalı karbür malzemelerde elde edilen iyileştirmeler sonucu bu malzemeler en fazla kullanılan takım malzemeleri haline gelmişlerdir. Bugün tornalama işlemlerinin %75'i, frezeleme işlemlerinin %40'dan fazlası kaplamalı karbür takımlar ile yapılmaktadır<sup>(26,27)</sup>.

En belli başlı kaplama malzemeleri titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) ve titanyum karbonitrür (TiCN)'dür. Titanyum karbür ve alüminyum oksit yüksek aşınma direnci sağlayan, kimyasal olarak başka malzemelerle reaksiyona girmeyen, takım ile talaş arasında kimyasal ve ısıl kalkan oluşturan, çok sert malzemelerdir. TiN o derece sert malzeme olmamasına karşın kesici ucun yüzeylerine daha küçük sürtünme katsayısı ve daha iyi krater aşınma direnci sağlar. TiN'in altın sarısı bir rengi vardır. Titanyum karbür gri, alüminyum oksit ise şeffaftır<sup>(28)</sup>.

Kesici uçlarda tabaka kalınlığındaki artışın negatif bir etkisinin olduğunun gözlenmesinden dolayı çok nadiren de olsa 12 mikrondan daha kalın bir tabaka ile kaplanırlar. Aşınma direnci tabaka kalınlığı arttıkça artar. Ancak bu durumda kırılma ortaya çıkar ve kaplama tabakasının soyulması bir problem teşkil etmeye başlar. Daha ince bir kaplama ise daha yüksek bir tokluk sağlar<sup>(29)</sup>.

Kobalt esaslı karbürü kesiciler, bünyesindeki sert karbürler dolayısıyla iyi aşınma direncine sahip olduğundan endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan düz WC-Co alaşımlı takımlarda iki esas değişken, kobalt içeriği ve WC'nin tane boyutu, takım performansına etki ettiği için dökme ve dövme demir gibi malzemelerin işlenmesinde kullanılır<sup>(29)</sup>.

#### **2.3.4. Sermetler (CT)**

Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine titanyum karbür (TiC), titanyum karbonitrür (TiCN) veya titanyum nitrür (TiN) gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinterlenmiş karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi SERamik METal'den gelmektedir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçalarıdır. Bir toz metalürjisi ürünü olan sermetlerin sinterlenmiş karbür ve tüm

sert metallerin ortak adının sermet olduğu tartışılmakla beraber pratikte sermet tungsten karbüre değil titanyum karbüre dayalı sinterlenmiş karbürleri içeren bir malzeme grubudur<sup>(27)</sup>.

Oldukça kırılğan bir takım malzemesi olmasına karşı, sermetler oldukça zor talaş kaldırma işlemlerinde daha iyi bir tokluk sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu malzemeler sadece çeliklerde orta ince işlemlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş malzemeler olmayıp frezeleme işlemlerinde ve paslanmaz çeliklerin tornalanması işlemlerinde de kullanılmaktadır<sup>(30)</sup>.

Ağır koşulların söz konusu olduğu profil işleme işlemleri için sermet takımlar uygun değildir. Sermet takımlar ortadan yükeğe değişen kesme hızlarında, orta ilerleme değerlerinde, takım ömrü ve yüzey kalitesinin ölçüt olarak kullanıldığı elverişli koşullarda, daha küçük işleme paylarının söz konusu kopya işlemlerinde daha avantajlıdır<sup>(28,30)</sup>.

### **2.3.5. Seramikler (CC)**

Seramik kesme takım malzemeleri sinterlenmiş alüminyum oksitlerden oluşmuştur. Sinterlenmiş karbürlere (sert maden uçlara) göre daha yüksek kesme hızları da kullanılabilir ve aşınma dirençleri çok yüksektir. Bunun sebebi sadece, kesme ucunda oluşan düşük kesme sıcaklığıdır. Kesintili kesme işlemleri için (tornalama veya frezeleme gibi) önerilmektedir<sup>(28)</sup>.

Seramik takımlar sert, yüksek sıcak sertliğe sahip, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldırabilirler. Doğru uygulamalarda çok yüksek talaş debilerine erişebilirler. Seramiklerin belli başlı uygulama alanları; gri dökme demir, ısıl dirençli

alaşım, sertleştirilmiş çelikler, sfero dökme demir ve bazı durumlarda çeliklerdir<sup>(24)</sup>.

Seramik kesme takımı kullanılırken soğutucuya ihtiyaç yoktur. Seramik kullanarak, sert madenlere göre 2–3 kat daha fazla kesme hızları kolayca elde edilir. Daha iyi sağlıklı ve sertlik karakteristikleri gösteren karışık seramikler geliştirilmektedir. Buna bir örnek silisyum nitrür tabanlı “sialon”dur. Adı ana maddelerin sembollerinden oluşmuştur (SiN-Silisyum Nitrür ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Alüminyum Oksit). Seramik bileşenlerine göre üç gruba ayrılırlar. Bunlara: Saf Alüminyum Oksidi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Sermet (Cermet = Ceramic + Metals) denilen ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Mo, Cr, Fe, Ni gibi metallerin karışımı ile oluşan WC, TiC gibi metal karbürlerin alaşımlarıdır<sup>(30)</sup>.

Seramiklerin ilk maliyeti karbürlü takımlardan daha yüksektir. Diğer kesici takımlardan daha rijit ve güçlü tezgâhlara gereksinim vardır. Bununla beraber, daha yüksek kesme hızları gereklidir. Bu ve benzer sebepler seramiklerin kesici takım malzemesi olarak kullanılmasına sınırlamalar getirmektedir<sup>(31)</sup>.

### **2.3.6. Elmaslar (N)**

Elmasın, endüstride kullanılan tabii ve yapay olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Doğal elmaslar, metallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılarak süper performans göstermektedir. Fakat yapay elmas bunların yerini çoğu yerlerde almaktadır. Bu elmaslar işlenmesi zor olan malzemeleri işlemede mükemmel son bitirme yüzeyi meydana getirirler. Tabii elmasın yüksek maliyeti nedeniyle endüstride daha ucuz ve emniyetli metotlar aranmaya başlanmıştır.1954 yılında General Elektrik Şirketi tarafından dört yıl araştırma yapıldıktan sonra laboratuvar düzeyinde yapay elmas üretilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır<sup>(32)</sup>.

Elmas, aşınma direnci çok iyi olan ve doğal olarak oluşan çok sert malzemelerdir. Isıya karşı dirençlidir ve çok az genişir. Bu nedenle işleme sırasında toleranslara çok iyi uyar ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilir. Hassas işleme ve yüzey operasyonlarında kullanılır. Demir cinsi parçaları işlerken, yüksek kesme sıcaklıklarındaki kimyasal reaksiyon, elmasın grafit şekline dönüşmesine sebep olur. Bu sebeple elmas kesme takımının kullanımı demir olmayan ve metalik olmayan malzemelerin işlenmesi ile sınırlıdır. Elmas takımlarla işlenen çok genel metal olmayan malzemelerin bazıları, sert ve yumuşak kauçuk, her çeşit plastik, karbon, grafit ve seramik malzemelerdir<sup>(22,23,33)</sup>.

### **2.3.7. Kübik Boron Nitrür (CBN)**

Kübik boron nitrür (CBN) yeni kullanılan kesici takım malzemelerindendir. Elmastan sonra en sert malzemedir. Tungsten karbüründen iki misli daha serttir. Elmasa karşın, CBN dövme çelik, sertleştirilmiş çelik ve dökme demir, demir esaslı toz metallere, perlitik dökme demir ve ısı dirençli alaşımların işlenmesinde kullanılabilen dengeli bir malzemedir. HSS dahil takım çelikleri CBN ile etkili şekilde işlenebilir ve kesintili kesme operasyonlarında yüksek şoka dayanabilir. Tipik olarak CBN, seramik malzemelere göre iki üç kat daha yüksek hız ve ilerlemede soğutma sıvısız kullanılabilir. CBN takım ucu şeklinde kullanılır. Sıkıştırılmalı tip takım tutucularında, tungsten karpit gövdeli ve negatif kesme açılı karakteristik gösteren takımlarda da kullanılır. Kesme takım malzemelerinden söz ederken düşünülmesi gereken sertlik ve aşınma direnci gibi faktörler değildir. Ayrıca kesintili kesmeye karşı koyabilmek kabiliyeti de önemli faktörlerdir. Düz, dik veya doğru işlenmiş bir parça elde etme, katı, esnemeyen kesiciye bağlıdır. Karbür çeliğe göre yaklaşık olarak iki ila üç misli daha dayanıklıdır<sup>(22,33,34)</sup>.

### 2.3.8. Çok Kristalli Elmas (PCD)

Bilinen en sert malzeme doğal tek kristalli elmadır. Hemen hemen bu malzeme kadar sert malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD). Çok yüksek sertliği ve çok yüksek aşınma direncine sahip olmasını sağlar ve bu özelliğinden dolayı taşlama işleminde kullanılan taşların üst yüzeyinde kullanılır. İnce elma kristallerinin yüksek basınç ve sıcaklık altında bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Herhangi bir yöndeki çatlak yayılmasının önüne geçebilmek için kristaller yapı içerisinde gelişigüzel dağılmışlardır. Bu durum sertliğin ve aşınma direncinin her yönde yüksek olmasını sağlar<sup>(28)</sup>.

Ancak bu görünüşte mükemmel kesici takım kesme bölgesi sıcaklıklarının 600°C'yi aşmaması, demir esaslı ve yüksek çekme mukavemetine malzemeler için kullanılamamaları gibi zayıf yönler, PCD malzemelerinin talaşlı imalat işlemlerinin büyük bir çoğunlukla kullanılmamasına neden olur. Kullanım alanının sınırlı olmasına karşın, PCD yukarıdaki sınırlamaları içermeyen uygulamalarda, özellikle yüksek hassasiyet ve yüzey kalitesi gerektiren alüminyum, kompozitler, plastik, reçine, metalik olmayan malzemeler, bronz, pirinç, çinko alaşımları ve kurşun gibi malzemeler için mükemmel bir kesici takım malzemesidir<sup>(27)</sup>.

PCD'nin çok kırılğan yapısından dolayı, PCD ile yapılan işlemler çok kararlı koşullar, rijit tezgâh ve takımlar ve çok yüksek kesme hızları gerektirir. Soğutma sıvısı genellikle kullanılabilir. İnce ve yarı ince tornalama ve delik işleme tipik PCD işlemleridir. Alın frezeleme işleminde PCD uçlu takımlar kesici uç veya silici uç olarak kullanılabilirler. Düşük ilerlemeler, düşük kesme derinlikleri, darbeli talaş kaldırma işlemlerinden ve şoklardan kaçınılması son derece önemlidir<sup>(30)</sup>.

### **2.3.9. Kesici Takım Malzemelerinin Sınıflandırılması**

Bileşimlerine mikro yapılarına, fiziksel özelliklerine göre değil, kullanıcı ve üretici firmalar tarafından yapılan uygulama kod sistemine göre sınıflandırılır. Dünyada kabul edilmiş ISO sınıflandırma sistemi iş parçası malzemelerini altı ana gruba ayırır. Bunlar; P, M, K, N, S, H harfleriyle bunu rakamlar izler. ISO sisteminde bütün işleme dereceleri altı renkli kodlanmış seriye ayrılmıştır<sup>(22,34,35)</sup>;

#### **2.3.9.1. P serisi (Mavi)**

Çelikler, dökme çelikler, uzun talaş oluşturan temper dökümlerin işlenmesinde kullanılır.

#### **2.3.9.2. M serisi (Sarı)**

Östenitik/ferritik/martenzitik/paslanmaz çelikler, dökme çelikler, manganlı çelikler, alaşımlı dökme demirleri temper dökümler, otomat çeliklerin işlenmesinde kullanılır.

#### **2.3.9.3. K serisi (Kırmızı)**

Dökme demirler, kokil dökme demirleri kısa talaş oluşturan temper dökümlerin işlenmesinden kullanılır.

#### **2.3.9.4. N serisi (Yeşil)**

Demir esaslı olmayan alüminyum, bakır ve alaşımları ile plastiklerin işlenmesinde kullanılır.

#### **2.3.9.5. S serisi (Turuncu)**

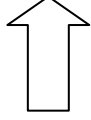
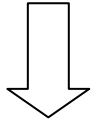
Isıl dirençli süper alaşımlar ve titanyum alaşımların işlenmesinde kullanılır.

### 2.3.9.6. H serisi (Gri)

Sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılır.

Çizelge 2.1’de de görülen bu sınıflandırma da her grubu oluşturan malzeme çeşitleri, aşınma mukavemeti ve tokluğunu (darbeye karşı mukavemetini) gösteren 01, 10, 20, 30, 40, 50 rakamları ile simgelenmiştir. Rakamlar büyüdükçe malzemenin aşınma mukavemeti azalırken tokluğu büyür. Rakamlar küçüldükçe de aşınma dayanımı büyür ve tokluğu azalır<sup>(22)</sup>.

**Çizelge 2.1.** Sert metal uçlu takım için ISO kalite sınıflandırması<sup>(22)</sup>

ISO Grubu ve Rengi	Malzeme Grubu	Kalite	Karakteristiği
P (Mavi)	Çelikler	P01 ↓ P50	 Aşınma Dayanımı
M (Sarı)	Paslanmaz Çelikler	P01 ↓ P50	
K (Kırmızı)	Dökme Demirler	P01 ↓ P50	
N (Yeşil)	Demir Esaslı Olmayan Malzemeler	P01 ↓ P50	Tokluk 
S (Turuncu)	Isıl Dirençli Malzemeler	P01 ↓ P50	
H (Gri)	Sertleştirilmiş Malzemeler	P01 ↓ P50	

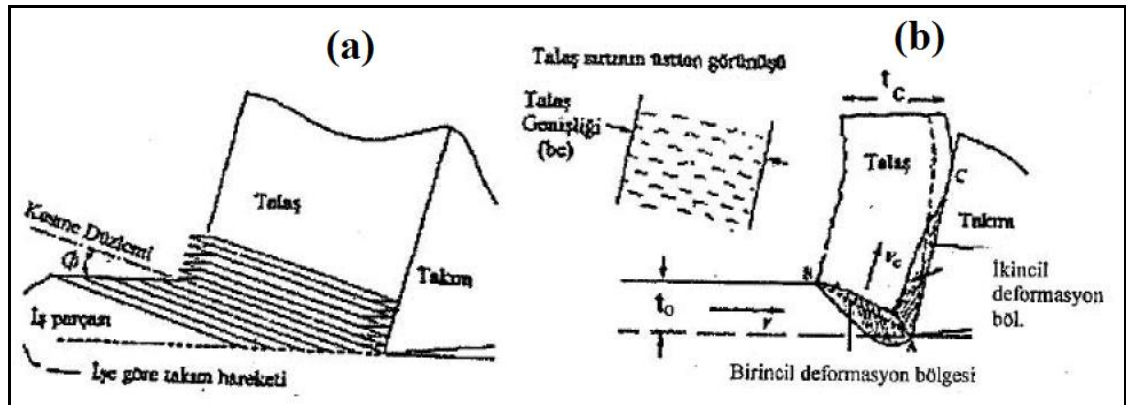
### 2.4. Talaş Oluşumu

İş parçasının istenilen ölçü ve boyuta getirilebilmesi için üzerinden talaş veya küçük parçacıkların ayrılması gerekir. Talaşın oluşması için; kesici olarak kullanılan takımın, iş parçasından daha sert ve aşınma direncinin daha yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca, kesme derinliği ve ilerlemeyle birlikte uygun kesici uç

geometrisine, yeterli kesme hızı ve iş parçasının direncini yenecek güce ihtiyaç vardır<sup>(18)</sup>.

Talaş oluşumu Şekil 2.2’de gösterilen “kart modeli” teorisine göre birincil deformasyon bölgesi içinde oluşan belirli bir kesme düzlemi boyunca meydana gelir. Kesme düzlemine kadar malzeme elastik olarak uzatılır. İlk deformasyon, oluşan bu düzlem üzerinde başlar ve kesme düzlemleri boyunca devam eder. Kesme sırasında bu şekilde kırılan malzeme tabakasına “talaş” denir<sup>(18)</sup>.

Talaşın parça üzerinden ayrıldığı düzleme kesme düzlemi, bu düzlemin kesme yönüyle yaptığı açığa ( $\Phi$ ) kesme açısı denir. Kesme düzlemi boyunca parçadan ayrılacak deforme edilmiş talaşın genişliği ( $bc$ ), kesme derinliği (deforme olmayan talaş kalınlığı) ( $t_0$ ) ile ifade edilirken, oluşan talaşın kalınlığı ( $t_c$ )  $t_0$ ’dan daha fazladır. Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönünde kesme hızı ( $V$ ) ile ilerler ve talaş, parçadan  $V_c$  hızı ile uzaklaşır. Takım yüzeyi boyunca yapışma ve sürtünme etkisi ile oluşan ikincil deformasyon bölgesi oluşur<sup>(18)</sup>.



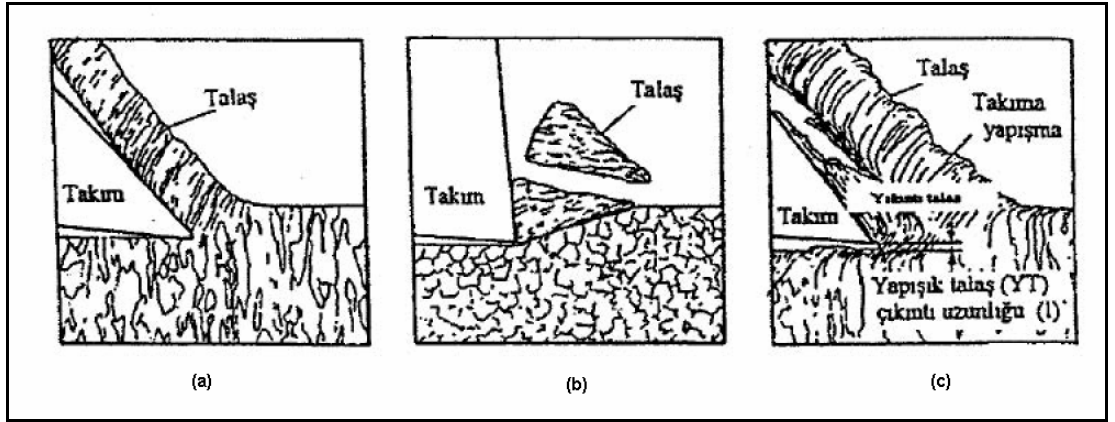
Şekil 2.2. Talaş oluşum modeli<sup>(18)</sup> a) Talaş oluşumunda kart modeli b) Dik kesmenin şematik gösterimi

## 2.4.1. Talaş Tipleri

Talaşlar işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme/kesme derinliği ve takım geometrisi parametrelere bağlı olarak değişik tiplerde oluşur.

Talaş tipi, kesme şartları ve yüzey kalitesi hakkında bilgi veren bir faktördür. Ayrıca talaş tipi, talaşlı imalatın zorluğu veya kolaylığında da etkili olmaktadır. Uzun ve sürekli talaşın çıkması takım veya tezgâha dolaşmasına, malzeme ve yüzey kalitesinin bozulmasına ve kesici ucun zarar görmesine neden olur. Talaş, oluşum mekanizmasına göre üç tip talaş meydana gelir (Şekil 2.3).

- Sürekli talaş (Akma talaş)
- Süreksiz talaş (Kesintili veya kırıklı talaş)
- Yığıntı talaş (YT, Built-Up Edge-BUE)<sup>(18)</sup>



Şekil 2.3. Talaş tipleri a) Sürekli Talaş b) Kesintili Talaş c) Yığıntı Talaş<sup>(18)</sup>

### 2.4.1.1. Sürekli Talaş (Akma Talaş)

Bu talaş tipi genellikle sünek malzemelerin yüksek hızlarda işlenmesi sonucunda oluşmaktadır. Sürekli talaş, kesici takımın önünde talaş kaldırılan malzemenin sürekli deformasyonu ile makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir.

Talaş, yüksek deformasyondan dolayı sertleşir ve sertliğin artması ile kesici takım aşınmasını artırır. Sürekli talaşlar, bant, spiral veya değişik helisel şekillerde oluşabilmektedir. Bu tip talaş, sünek iş parçası, düşük kesme derinliği ve düşük ilerleme miktarı, keskin kesici uçlu takım, büyük talaş açılı kesici uç, yüksek kesme hızları, kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması, talaş akma direncinin minimum olduğu durumlarda oluşur<sup>(18)</sup>.

#### **2.4.1.2. Süreksiz Talaş (Kesintili veya Kırıklı Talaş)**

Talaş oluşumu sırasında malzeme aşırı plastik deformasyona uğrar ve eğer malzeme kırılırsa kısmen şekillenen talaşla birlikte birincil deformasyon bölgesinde kırılma oluşur. Bu şartlar altında talaş dilimlenmiştir ve oluşan talaş kesintilidir. Kesme sırasında değişen ayrılma hızı ( $V_c$ ) sıkışmada en düşük, talaş kopmasında en büyük değeri alır. Takım talaş yüzeyinin yüklenmesi ise bunun tersinedir. Sürekli talaş tipine göre, periyodik değişen kesme kuvvetinin genliği büyük, frekansı küçüktür<sup>(18)</sup>.

#### **2.4.1.3. Yığıntı Talaş (Bult-Up Edge-BUE)**

İşlenen yüzey boyunca devamlı olarak çıkan talaşın kesici takım yüzeyine yapışmasıyla oluşan talaş tipidir. Sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, soğutma sıvısı kullanılmadığı durumlarda, kesici takım önünde metale uygulanan basma kuvveti ve aşırı sürtünmeden dolayı talaşın sürekli deformasyona uğramasıyla, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlen boyunca talaştan kopmalar meydana gelir. Talaştan ayrılan küçük parçacıklar takıma yapışır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan bu parçacıklar yığıntı (YT veya BUE) olarak isimlendirilir. Bu talaş ikincil deformasyon bölgesinde oluşmaktadır<sup>(18)</sup>.

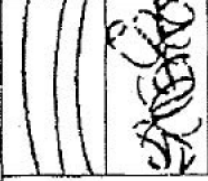
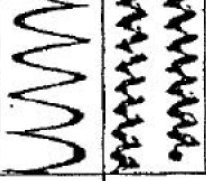
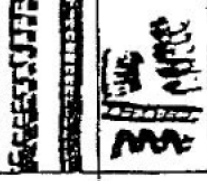


Çıkan talaştan daha sert olan YT, kararlı ya da kararsız olabilmektedir. Kararsız YT'nin bir kısmı, çıkan talaş tarafından uzaklaştırılırken bir kısmı da kesme esnasında talaştan ayrılıp, işlenen yüzeye gömülerek yüzey pürüzlülüğü olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca çok sert olan YT kesici ucun aşınmasına neden olmaktadır<sup>(18)</sup>.

Kararlı YT ise, kesici takım ucunda kayma gerilmesinin ve etkin talaş açısının artmasına sebep olur. Aynı zamanda kesici uç ile talaş arasında temas alanını kısıtlayarak kesme kuvvetlerini artırır. Bu tip talaşları elde edildiği işlemler de malzemenin yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler<sup>(18)</sup>.

#### **2.4.2. Talaş Şekilleri**

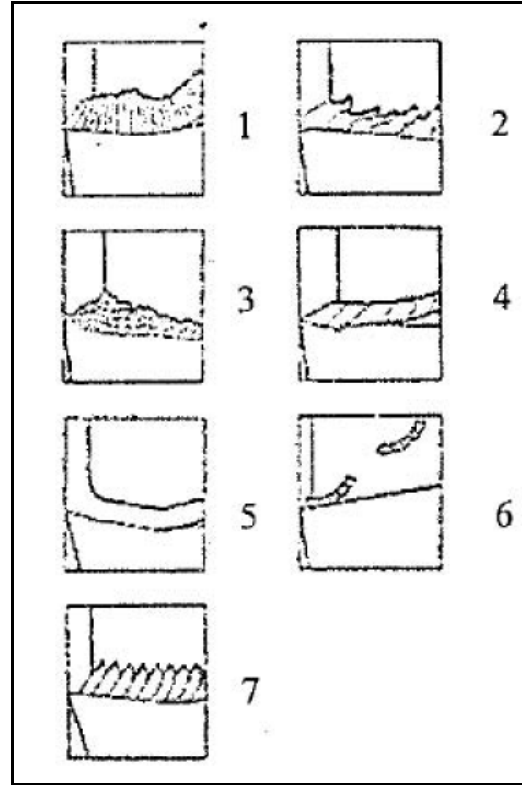
Birçok değişkene bağlı olarak ortaya çıkan talaş biçimleri, işlenebilirlik açısından değerlendirilerek gösterilmiştir.

Sürekli talaşlar bant şeklinde, spiral veya helisel şekillerde oluşmalarına rağmen, talaşlı işlem açısından ideal talaşlar kısa spiral ve helisel şekilli talaşlardır. Uzun talaş oluşumu operatör için tehlikeli olmakla birlikte, talaşın kaldırılması için gereken zaman bakımından verimliliği azaltır, işlenen yüzeyin kalitesini bozabilir(Şekil 2.4.)<sup>(18)</sup>.

				
Sürekli, karmaşık ve yassı helisel talaşlar.	Uzun helisel talaşlar.	Kısa helisel talaşlar.	Çok kısa talaşlar.	
		İyi		
KULLANILABİLİR				
OLUMSUZ				

Şekil 2.4. Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi<sup>(18)</sup>

#### 2.4.2.1. Malzeme Cinsine Bağlı Olarak Talaş Oluşumları



Şekil 2.5. İşlenen malzemeyle ilgili talaş tipi oluşumu<sup>(19)</sup>

1. Paslanmaz çeliklerin çoğunda olduğu gibi lamelli talaş oluşumu
2. Dökme demirlerin çoğunda olduğu gibi kısa (kopuk) talaş oluşumu

3. Pek çok süper alaşımda olduğu gibi değişken, yüksek kuvvetle talaş oluşumu
4. Alüminyum gibi yumuşak malzemelerde olduğu gibi, düşük kuvvetle talaş oluşumu
5. Pek çok çelik malzemede olduğu gibi sürekli, uzun talaş oluşumu
6. Sert malzemelerin işlenmesinde olduğu gibi yüksek basınç/sıcaklıkla talaş oluşumu
7. Titanyumda olduğu gibi dilimli (parçalı) talaş oluşumu<sup>(19)</sup>

## 2.5. Takım Ömrü ve Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler

Takım ömrü, genellikle, belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen fiili çalışma zamanı olarak tanımlanır. Takım ömrü esas itibariyle aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmaya etki eden faktörler takım malzemesi ve iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısı gibi faktörler takım ömrünü de etkilemektedir. Ancak bunlardan en önemli faktör kesme hızıdır<sup>(22)</sup>.

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasındaki ilişkiyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup, aşağıdaki deneye dayalı formül ile ifade edilmiştir<sup>(22)</sup>.

$$V.T^n = C$$

Bu eşitlikte; n: Takım üssünü göstermekte olup verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. Takım malzemesine göre takım ömür doğrusunun eğimi (n) aşağıdaki değerleri alır:

- Yüksek hız çeliği için, n=0,1–0,15

- Sinterlenmiş karbürler için,  $n=0,2-0,25$
- Seramik takımlar için,  $n=0,4-0,5$
- Elmas takımlar için,  $n=0,7-0,7$

### 2.5.1. Kesme Hızının Etkisi

Kesme hızı, talaş kaldırma esnasında kesici takımın dönen iş parçası üzerinden dakikadaki metre cinsinden aldığı yoldur<sup>(22)</sup>.

Talaş kaldırma esnasında uygulanması gereken kesme hızı aşağıdaki faktörle bağlı olarak değişmektedir:

- İşlenecek malzeme,
- Kesici takım malzemesi,
- Kesme derinliği,
- İlerleme miktarı,
- Soğutma sıvısı,
- Tezgâh rijitliği ve tipi vb.<sup>(22)</sup>

Her iki kesme konumunda da kesme hızı dış çapa göre verilir. Kesmede genel kural olarak, ideal kesme şartlarının belirlenmesinde düşünülmesi gereken en önemli faktör, önceki deneylerden de yararlanılarak, uygun kesme hızı seçiminin yapılmasıdır. Kesme hızı oldukça düşük seçilirse az parça üretilir ve çok düşük kesme hızlarında takım ucunda talaş sıvanması meydana gelebilir. Bu durum takım değişikliğini gerekli kılabilir. Ancak, kesme hızı çok yüksekse, takım hızla bozulur ve sıkça takım değişikliği gerekir. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma için uygun değer kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir<sup>(22)</sup>.

## 2.5.2. Kesme Derinliği ve İlerleme Miktarının Etkisi

Talaş kaldırma miktarı (TKM) bitirilmemiş iş parçasından kaldırılan malzeme miktarı olup, dakikada  $\text{mm}^3/\text{dak}$  veya  $\text{cm}^3/\text{dak}$  cinsinden ölçülür. Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinden biri değiştirildiği zaman bunun sonucu olarak TKM de değiştir. Ancak her değişkendeki bir değişiklik, kesici takım ömrüne farklı olarak etki eder<sup>(22)</sup>.

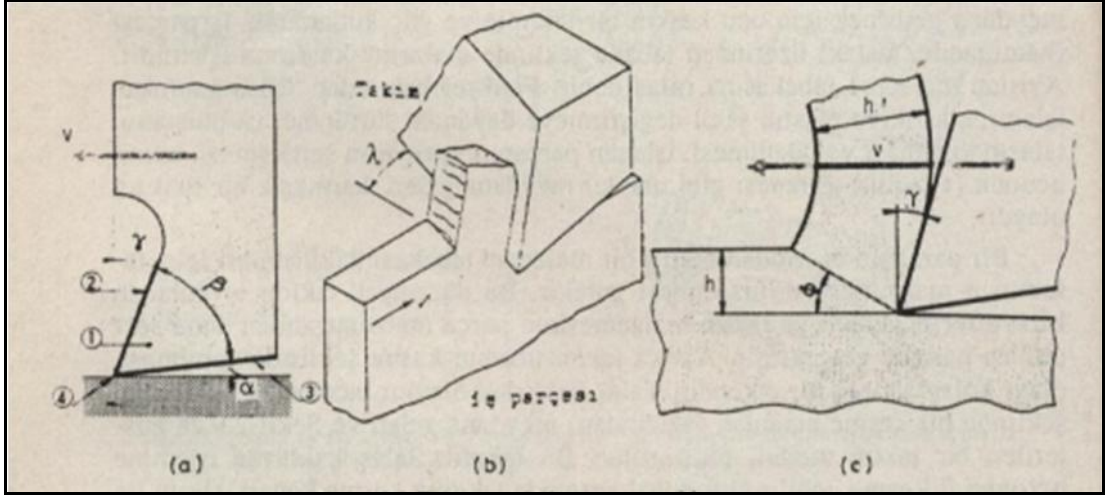
En uygun ilerleme miktarı ve kesme derinliği düşünöldüğünde, her zaman mümkün olan en derin talaş ve düşük ilerleme miktarı seçilir. Çünkü bunlar takım ömrü üzerine kesme hızından daha az etkiye sahip olduğundan, takım ömrünü daha az oranda azaltacaktır. Uygun değer ilerleme miktarı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengelemektedir<sup>(22)</sup>.

## 2.5.3. Takım Geometrisinin Etkisi

### 2.5.3.1. Dik Kesme İşlemi

Kayma açısı ( $\Phi$ ), serbest açısı ( $\alpha$ ), kama açısı ( $\beta$ ) ve talaş açısı ( $\gamma$ ) gibi açılar kesici takım geometrisini oluşturan açılardır. Bunların en önemlisi kayma açısı olup, kayma düzlemi ile takımın hareket yönü arasındaki açıdır. Kayma açısı değiştiği zaman talaş kalınlığını değiştirdiği için bunun önemi büyüktür. Boşluk açısı; kesici takım ucunun ve taban alt yüzeyinin alt yüzeyinin işlenecek iş parçasına sürtünmesini önlemek amacıyla verilir. Bu açının değerı genelde  $5-8^\circ$  arasında olmakla beraber kesici takım/iş parçasına göre de değişmektedir. Kama açısı; kesici takım ucunun kesme özelliğinin sağlanması yani batmanın kolaylaştırılması için verilmekte olan bu açının değerı hem takım malzemesi hem de iş malzemesi çifti için deneyle tespit edilen tecrübeyle sağlanır. Ancak, bu açının değişmesi talaş açısını da

değiştirir ve dolayısıyla bu açı talaş açısındaki değişmeye bağlıdır. Talaş açısı; talaşın kesici takım yüzeyinden akarak uzaklaşmasını sağlayan açı olup, bu açı genellikle pozitif olarak verilir. Ancak bazı hallerde özellikle seramik takımla kesme yapıldığında, talaş açısının değeri negatif olabilmektedir. Bu dik kesme işleminde, boşluk açısı, kama açısı ve talaş açıları toplamı her zaman  $90^\circ$  olmalıdır<sup>(22)</sup>.



Şekil 2.6. Dik kesme işlemi<sup>(22)</sup>

#### 2.5.4. Titreşimin Etkisi

Kesici takım ile iş parçası arasında sürekli oluşan bir bağıl titreşimin mevcut olması nedeniyle, titreşimin kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine olumsuz etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında, genellikle, zorlanmış titreşim ve doğal titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır<sup>(22)</sup>.

Zorlanmış titreşim, tezgâhın mekanik etkinliklerinden dolayı ileri gelirken, doğal titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelen titreşimdir. Genelde doğal titreşim, kesme hızı arttığı zaman kesme kuvvetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşimleri en kötü hali ise, işlenen yüzeyde titreşimden doğan takım izleri bırakacak derecede büyük olan “tırlama“ veya “otlama” olarak

adlandırılan titreşimin ortaya çıkmasıdır ki bu, doğrudan yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Herhangi bir kesme işleminde titreşim veya otlama, iş parçası üzerinde kuvvetli dalgalanmalar ile sonuçlanır. Otlama meydana geldiğinde farklı bir ses oluşur. Bu durum herhangi bir operatör tarafından da anlaşılabilir<sup>(22)</sup>.

#### **2.5.5. Takım Uç Yarıçapının Etkisi**

Kesme işlemi üzerine takım uç veya burun radyüsünün önemli etkisi mevcuttur. Ancak takım uç radyüsünün en az kesme derinliği gösterdiğinden optimize edilmesi gerekir. Çünkü uç radyüsü büyükse, malzeme üzerine daha büyük kuvvetle bastırılır. Bu da kesicinin daha fazla sürtünmesi anlamına gelir ki, iş parçası yüzeyini sertleştirir, takım ucunda daha çok ısı ve bunun sonucunda da takım aşınması, daha hızlı oluşur. Bununla beraber kötü yüzey kalitesi elde edilir. Takım uç yarıçapı çok küçük ise o zaman takım sadece kazıma işlemi yapacağından yine takım hızla körelebilir ve yüzeyde çentik etkisi mevcut olabilir<sup>(22)</sup>.

#### **2.5.6. Soğutma Sıvısının Etkisi**

Takım/talaş ara yüzeyinde oluşan ısı; üç yolla, iş parçası, takım veya talaşla dışarı atılır. İş parçası fazla ısı alırsa, bu parçanın boyutu değişerek iş parçası ısı ile genleşeceğinden dolayı konik bir yüzey elde edilir. Bu fazla ısı iş parçası yüzeyine ısıl olarak zarar da verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa kesici uç fazla ısı alırsa aniden bozulabilir ve takım ömrünü azaltabilir. İdeal olan kesici takım ise kesici uç bölgesinden çabuk olarak ısıyı transfer eden bir takım olmalıdır. İdeal olan yine çoğu ısının talaş tarafından taşınmasıdır. Bu transfer edilen ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olduğundan talaş renginin değişmesinin de göstergesidir. Eğer çok az ilerleme ve kesme derinliğinde malzeme kesiliyorsa, oldukça küçük talaş oluşacağından, ısı bu oluşan küçük talaş parçası tarafından emilemez. Bu durumda depolanamayan ısı

takıma ve iş parçası içine nüfuz etmeye zorlanır. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması veya tahliye edilmesi daha kolay gerçekleşir. Uygun soğutma veya yağlama sıvısı ile takım/talaş ara yüzeyinde oluşan ısının %50'si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir<sup>(22)</sup>.

## **2.6. Takım Aşınması**

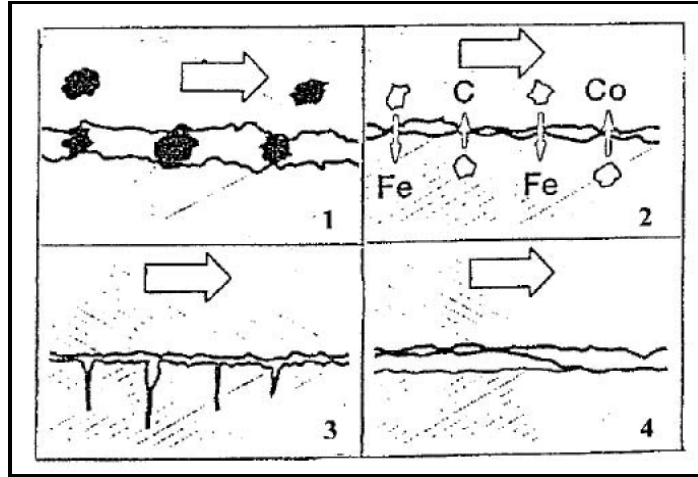
Talaşlı üretim işlemlerinde takım malzemesi termal ve mekanik yüklemeler altında aşınır ve kesme yeteneğini kaybeder. Bu nedenle herhangi bir talaşlı işlem sisteminde hangi aşınma mekanizmalarının devreye girdiğini belirlemek için takım üzerindeki yüklemelerin bilinmesi gerekir. Kesici kenarın ömrü, kenar geometrisini değiştirmeye çalışan yüklenmelerle belirlenir. Bu tribolojik sistemin elemanları arasındaki karşılıklı zorlanmalar neticesinde meydana gelen aşınmanın değişik türleri ve bundan dolayı da farklı sınıflandırmalar gerekmektedir. Aşınma; soğutma sıvısı tipi, sıcaklık, yük, kesme parametreleri, malzeme, ürünün yüzey bitirme işlemi ve sertlik gibi özelliklerin değiştirilmesinden etkilenmektedir. Takım aşınması kesici takım üzerindeki mekanik, termal, kimyasal ve sürtünme faktörlerine bağlı ve takım iş parçası-işleme şartları arasındaki karşılıklı etkileşimin bir sonucu olarak meydana gelmektedir<sup>(27)</sup>.

### **2.6.1. Aşınma Mekanizmaları**

Esas yük faktörleri sebebi ile talaş kaldırma sırasında meydana gelen temel aşınma mekanizmaları aşağıda sıralanmıştır(Şekil 2.7.)<sup>(27)</sup>.

- Abrasiv aşınması
- Difüzyon aşınması
- Yorulma aşınması

➤ Yapışma aşınması



Şekil 2.7. Talaş kaldırmada temel aşınma mekanizmaları<sup>(27)</sup> 1) Abrasiv aşınması 2) Difüzyon aşınması 3) Yorulma aşınması 4) Yapışma aşınması

### 2.6.1.1. Abrasiv Aşınması

Abrasiv aşınması, triboloji biliminde bir sürtünme sistemi içerisinde sert malzemenin yumuşak karşıtını çizerek aşındırmasıdır. Bu sert malzemeler, karşıtlarını taşlama işleminde olduğu gibi malzemedен parça koparılması olayı ile benzer işlem gösterir<sup>(27)</sup>.

Abrasiv aşınmasında yumuşak malzeme mikro-sabanlama, mikro-talaş kaldırma, mikro-kırılma ve mikro-yorulma yoluyla aşınır. Genelde takım malzemeleri, abrasiv aşınmalarının engellenmesi için daha sert malzemelerden yapılır. Ancak iş parçası malzemesinde, örneğin bazı alaşımlı çeliklerde oksit, nitür ve karbür fazları bulunabilir<sup>(27)</sup>.

Mikro yapısında sivri köşeli parçacıklar bulunduran malzemeler, sert ve küresel parçacıklara sahip olanlardan daha fazla aşındırmaya sebep olmaktadır.

Aşındırıcı tanecikler abrasiv aşınma mekanizması ve takım yüzeyinde kazıma etkisi ile aşınmaya ve biraz da krater (çukur) tipi aşınmaya neden olurlar<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.1.2. Difüzyon Aşınması**

İş parçası talaşı ile takım malzemesi arasındaki temas yüzeyinde artan sıcaklık difüzyona (atomik düzeyde yayılmasına) neden olur ve böylece takım-talaş arasında her iki yöne gerçekleşen element hareketleriyle takım malzemesi mikro yapısal değişime uğrayarak yumuşar<sup>(27)</sup>.

Malzemeler arasındaki metalürjik ilişki aşınma mekanizmasının miktarını belirler. Örneğin, çelik ve tungsten karbür birbirine karşı difüzyon aşınmasını geliştirme eğilimindedir. Bu durum, takımın talaş yüzeyinde bir krater oluşumu ile sonuçlanır. Difüzyon ile aşınma mekanizması çoğunlukla sıcaklığa bağlıdır, bu nedenle yüksek kesme hızında fazla oluşur<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.1.3. Yorulma Aşınması**

Yorulma aşınması, yetersiz tokluk nedeniyle talaşlı işlem sırasında takım malzemesinde çatlaklar meydana gelir. Kesme anında titreşimlerin olması yorulma ile oluşan aşınmaları hızlandırabilir. Kesme sırasında titreşim oluşması tezgâhın zayıf rijitliğinden gelebileceği gibi, çok kaba yüzeylerin işlenmesinde, süreksiz (darbeli) kesme işlemlerinde de oluşabilir. Titreşimli ve periyodik darbeli talaşlı işlemde, sıcaklık etkisi altında kritik bir periyodik yüklenme sayısının aşınmasıyla takım malzemesi termal olarak yorulur. Yorulma sonucu oluşan çatlaklar ilerleyerek, takım malzemesinin mikroskobik boyutta küçük parçaların kopmasına neden olur<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.1.4. Yapışma Aşınması**

Kesme sırasında oluşan yeni yüzeyler son derece temiz ve doğal olarak reaksiyona açıktır. Temiz metal yüzeyleri birbirine temas ettirildiğinde, yüzeylerdeki elektrostatik düzensizlikler sebebiyle kaynama için bir eğilim söz konusudur. Eğer bir yüzey diğer bir yüzey üzerinde hareket halinde ise, kaynamanın olduğu bölgeler kırılacaktır. Düşük kesme hızlarında oluşturulan talaşın alt kenarı ile kesici takım yüzeyi arasındaki basınçlı bir kaynak meydana gelebilir. Basınçlı kaynak, talaş alt yüzeyinin takımla temasında atomlar arası bağlantı gerçekleştirerek oluşur. Daima yoğun plastik deformasyondan geçen malzeme sert malzemenin üstüne yapışır. Böyle bir ara ilişki, takım temas yüzeyinde iş parçası malzemesinin ince filmler halinde yapışmasına ve böylece kesici köşe üzerinde yığıntı oluşmasına sebep olur. Yığıntı talaş olarak adlandırılan yoğun soğuk sertleşmiş iş parçası malzemesi kesme görevini üstlenir. Dinamik bir oluşum gösteren yığıntı köşelerinde periyodik olarak kopan parçalar takımın talaş ve serbest yüzeyini aşındırır. Adezyon kuvvet, plastik deformasyon yetenekli tüm iş parçası malzemelerinde düşük ve orta dereceli kesme hızlarında görülür<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.2. Takım Aşınması Tipleri**

Malzemenin talaşlı işlenmesinde işlenebilme kabiliyetini belirleyen kriterler; yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, talaş kökü morfolojisi ve takım aşınması olarak sıralanabilir. Takım aşınması malzemelerin işlenebilirliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Diğer işlenebilirlik kriterleri üzerinde de etkili olan aşınma, maliyet ve verimlik açısından da önemlidir. Yukarıda bahsedilen aşınma mekanizmalarından biri veya birkaçı bir araya gelerek aşınma şekillerini oluşturmaktadır<sup>(27)</sup>.

### 2.6.2.1. Yanal Yüzey (Yanak) Aşınması

Serbest yüzey aşınması, aşınma mekanizmalarından sürtünme aşınması yoluyla meydana gelir ve genel bir aşınma şeklidir. Artan serbest yüzey ve uç kısmındaki aşınma, kenar geometrisinin bozulmasına sebep olur. Normal olarak serbest yüzey aşınma bölgesi, esas kesici kenarın düz kısmının orta bölgesi boyunca genellikle üniform genişliğe sahiptir<sup>(27)</sup>.

### 2.6.2.2. Çentik Aşınması

Çentik aşınması, kesici kenar ile iş parçasının temas ettiği bölgede oluşan özel bir aşınma tipidir. Bu aşınma tipinde oluşan çentikler bazı durumlarda kesici takımın kullanılamaz hale gelmesine sebep olabilmektedir. Çentiğin boyutları büyük ölçüde kesici takımın takım tutucu üzerine yerleştirilmesindeki hassasiyete bağlıdır. Bu aşınma şekli yapışmalı aşınma mekanizması ile oluşmaktadır<sup>(27)</sup>.

### 2.6.2.3. Krater Aşınması

Krater aşınması talaş yüzeyinin kesici kenara paralel aşınarak çukurlaşmasıdır ve en sık rastlanan yüzey aşınma tipidir. Kesici kenardan uzak derin ve geniş bir krater, kesici kenara yakın daha az derin ve dar kraterden daha tehlikesizdir. Bu nedenle krater derinliği  $K_T$ , takım ömrü kriteri olarak ilerlemeye bağlı verilir. Çok yüksek kesme hızlarında kesici takım üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklığın neden olduğu ısıl yumuşamadan dolayı takım yüzeyi oldukça hızlı aşınır. Karbürlü kesici takım malzemeleri de yüksek sıcaklıklarda sertliklerini kaybedebilmekte ve katı hal difüzyonu ile hızlı bir aşınmaya maruz kalabilmektedir<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.2.4. Serbest Yan Kenar Aşınması**

Tornada işlenen yüzey esas olarak takımın ucu ve tali kesme kenarı tarafından şekillendirilir. Bu nedenle aşınma ile takımın ucundaki değişme işlenen yüzeyin kalitesini etkiler. Küçük ilerlemelerin verildiği bitirme tornalamalarında bir kesme periyodu sonunda genellikle tali yanın üzerinde birkaç oluğu oluşur. Bu oluklar yüzeyin pürüzlülüğünü artırır<sup>(27)</sup>.

Yüksek kesme hızlarında veya ilerlemelerinde talaş kaldırırken artan sıcaklık,  $K_T$  veya  $VB_B$  aşınma kriterlerine ulaşmadan tali yanın oksitlenmesi sonucu aşınmasına sebep olabilir<sup>(27)</sup>.

#### **2.6.2.5. Çatlak Oluşumu**

Anında takım malzemesi kaybına yol açmayan, kesici takım malzemesinin kırılmasıdır<sup>(36)</sup>.

#### **2.6.2.6. Pullanma**

Pul biçimindeki takım parçacıklarının takım yüzeylerinden kaybıdır. Bu olay en sık kaplanmış kesici takım uçları kullanıldığında gözlenir ancak takım diğer kesici takım malzemeleriyle de gözlenebilir<sup>(36)</sup>.

#### **2.6.2.7. Kalıcı Şekil Değişirme**

Başlangıçta kesici takım malzemesi kaybı olmadan takımın orijinal şeklinin bozulmasıdır<sup>(36)</sup>.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

İşleme deneyleri farklı kesici geometrisine sahip kesici takımlar kullanılarak toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiş iş parçasından talaş kaldırılarak kesici performansını belirlemek amacıyla TS 10329 standardındaki hususlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir<sup>(37)</sup>.

#### 3.1. Takım Tezgâhı

İşleme deneyleri Goodway GLS-150 bilgisayarlı sayısal denetimli bir tornalama merkezinde gerçekleştirilmiştir. Tornalama merkezinin maksimum çevirme çapı Ø460 mm ve maksimum tornalama çapı Ø380 mm'dir. İş mili hızları 60 ile 6000 RPM arasında değişir. İş mili motoru 11 KW motora sahiptir ve Fanuc işletim sistemiyle çalışır. Takım istasyon adedi 10'dur. X eksenini için maksimum kızak kursu uzunluğu 180 mm, Z eksenini için maksimum kızak kursu uzunluğu ise 520 mm'dir. Ayna çapı ise Ø6''dır.

#### 3.2. Deney Numunesi

Gerçekleştirilen çalışmada, deney numunesi olarak PMD 23 özel kodlu, toz metal ürünü Ø80 x 200 mm boyutlarındaki silindirik parça kullanılmıştır. Deney numunesi Dörrenberg özel toz metalürjisi ürünü soğuk iş takım çeliği olup yumuşak tavlı maksimum 260 HB sertliğindedir. Bilinen %12 Cr'lu çeliklerden aşınma dayanımı ve tokluğu fazladır. Kesme, delme, basma, şişirme yapan zimbalar ve kalıplarda farkı çok belirgindir. Ayrıca freze, rayba gibi kesici takımlarda çok iyi sonuçlar verir. Deney numunesinin kimyasal bileşimi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Deney numunesi PMD 23 çeliğinin kimyasal kompozisyonu

Kimyasal	C	Cr	W	Mo	V
Bileşimi	1,30	4,20	6,40	5,00	3,10

Deney numunesinin ısıtım işlem bilgileri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** Deney numunesi PMD 23 çeliğinin ısıtım işlem bilgileri

	Sıcaklık	Süre	Soğutma
Yumuşak Tavlama	870–900 °C	2–5 saat	Fırında
Gerilim Giderme Tavlama	650–680 °C	2 saat	Fırında
1.Ön Isıtma	430–470 °C	-	-
2.Ön Isıtma	850–900 °C	-	-
Sertleştirme	1050–1180 °C	-	-
Menevişleme	Diyagrama göre	20 mm 1s X3	Durgun hava

Deney malzemesi TS 10329 standardı göz önünde bulundurularak boy/çap oranı 10/1’den küçük olacak şekilde hazırlanmıştır. Numune; ayna ile punta arasında işlemeye uygun olacak biçimde numunenin ucuna punta deliği açılmıştır.



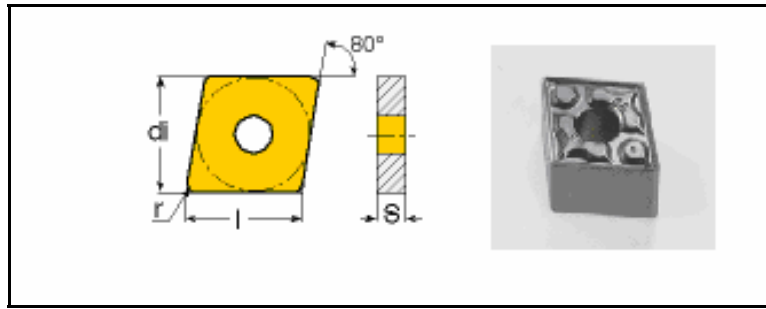
**Şekil 3.1** Deney numunesi

### 3.3. Kesici Takımlar ve Takımlama Sistemi

TS 10329 standardına göre kesici takımın sert metal veya seramik uçlu olması halinde uçlar, mekanik sıkımalı tip olmalıdır. Sert lehim veya metal kaplama ile gövdeye bağlanmış uçlar, referans kesici takım olarak kullanılmamalıdır. Kesici takım tezgâha doğru olarak bağlanmalıdır. Bu bağlamada, takımın kesici ağzı ucu iş eksenine seviyesinde ve kesici gövdesi iş dönme eksenine dik konumda olmalıdır<sup>(37)</sup>.

TS 10329 standardına bağlı kalınarak seçilen kesiciler ve özellikleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

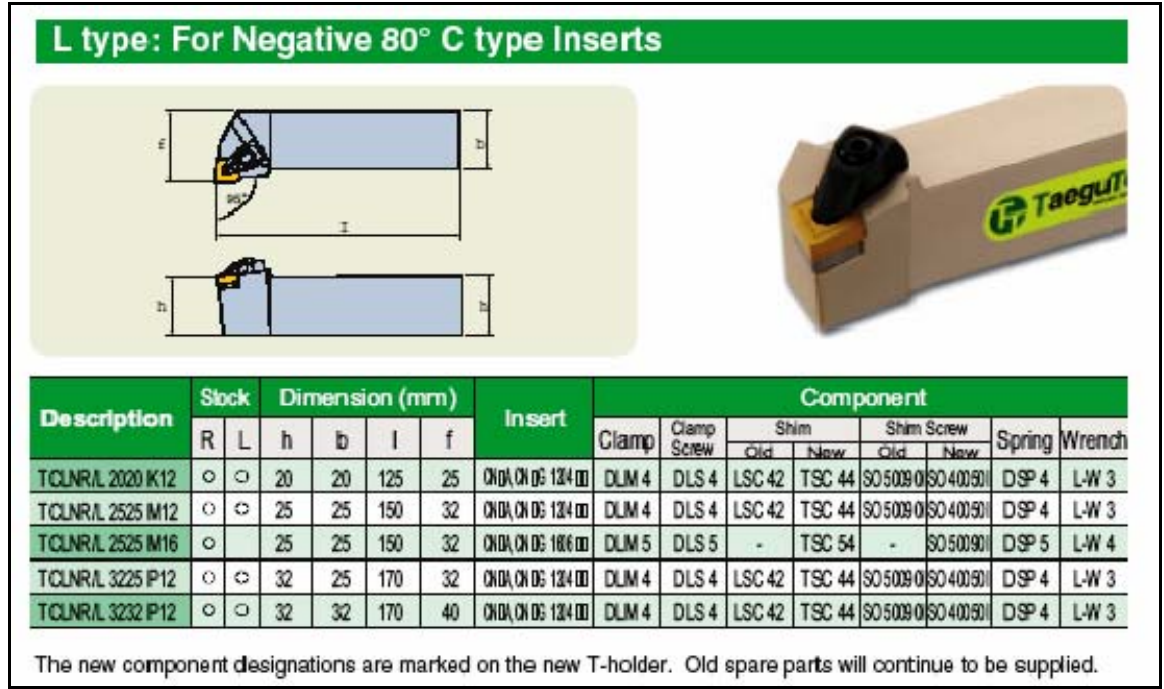
**Çizelge 3.3** Deneylerde kullanılmak üzere seçilen kesici takım geometrileri



CNMG 120404 – TF IC 907			
l	di	S	r
12,90	12,70	4,76	0,40
CNMG 120408 – TF IC 907			
l	di	S	r
12,90	12,70	4,76	0,80
CNMG 120412 – TF IC 907			
l	di	S	r
12,90	12,70	4,76	1,20

Kesiciler TiAlN ile PVD (Fiziksel Buhar Çökertmesi) yöntemiyle kaplanmıştır. Fiziksel buhar çökertmesi yönteminin temel prensibi, vakum ortamında kaplanacak metali buharlaştırarak kaplanacak yüzey üzerine biriktirmektir.

Kater olarak TCLNR 2020 K 12 kod numaralı takım tutucu kullanılmıştır. Şekil 3.2’de deneylerde kullanılan takım tutucu gösterilmiştir.

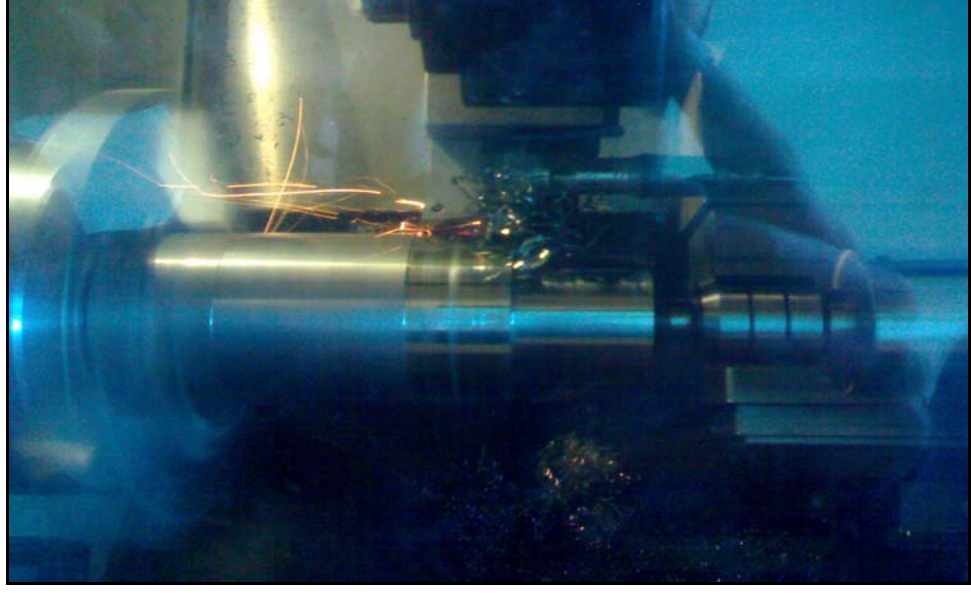


Şekil 3.2 Deneyde kullanılan takım tutucu

### 3.4. Bağlama Aparatları

1. Parça tezgâha ayna yardımıyla bağlanmadan önce ayna ayakları parça çapına göre uygun bağlama kuvvetini sağlamak için ayarlanmıştır.
2. Yalpa olmaması ve kararlı kesme yapılabilmesi için parça ayna ve punta arasına alınmıştır.

Şekil 3.3’de deney numunesinin bağlama şekli gösterilmiştir.



**Şekil 3.3** Deney numunesinin bağlama şekli

### **3.5. Ölçüm Cihazları**

1. Malzemenin çapını ölçmek için kumpas ve mikrometreler kullanılmıştır. Parça programı, ölçülen değerler göz önüne alınarak yazılmıştır.
2. Hommel Tester T1000 marka pürüzlülük ölçüm cihazı yüzey kalitesini ölçmek için kullanılmıştır. Şekil 3.4’de pürüzlülük ölçüm cihazı ve Şekil 3.5’de pürüzlülük ölçüm anı gösterilmiştir.
3. Kesici takımlarda oluşan aşınmaların ön ölçümleri için takım mikroskobu kullanılmıştır. Şekil 3.6’da takım mikroskobu gösterilmiştir.
4. Kesici takımlarda oluşan aşınmaların tipini belirlemek ve deneylerden çıkan talaşları incelemek için JSM 5600 taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. JSM 5600 taramalı elektron mikroskobu X18'den X300.000'e kadar (136 kademe) görüntü büyütme, 0.5 ile 30 kV arası (53 kademe) yüksek voltaj, ikincil elektron görüntüsü ve geri saçılmış elektron görüntüleri (kompozisyon görüntüsü, topografik görüntü, gölge görüntüsü) gibi görüntü

modları, : BMP, TIF, JPG görüntü formatlarında 640 X 480 piksel veya 1280 X 960 piksel görüntüleme yeteneğine, tek, ikili ve dördü kayıtlı görüntüleme fonksiyonları özelliklerine sahiptir.

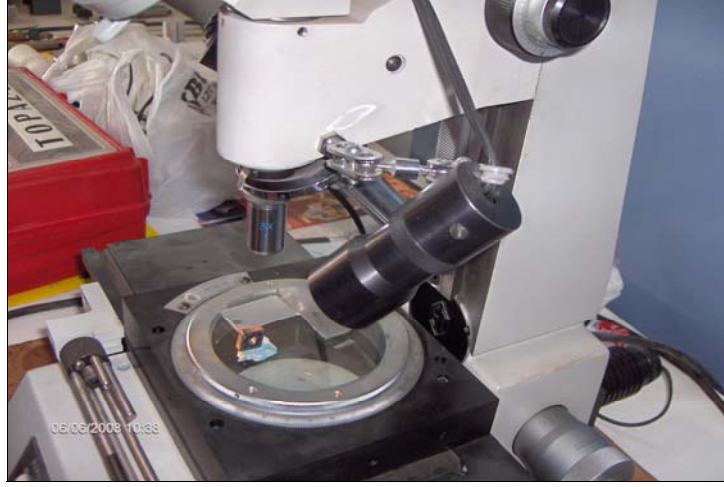
5. 0,01 duyarlılıkta aksel ve radyal salgı ile paralellik ölçümüne imkân veren komparatör kullanılmıştır.
6. Kesme işlemi sonrasında, aşınmanın tespiti için 50X büyültme ile Olympus DP-70 kamera sistemine sahip Olympus GX41 takım mikroskobu kullanılmıştır.



**Şekil 3.4** Pürüzlülük ölçüm cihazı



**Şekil 3.5** Pürüzlülük ölçüm anı



**Şekil 3.6** Takım mikroskobu

### 3.6. Deney Desenin Oluşturulması

Deney deseni oluşturulurken TS 10329 standardı göz önünde bulundurulmuştur. Standartta Çizelge 3.4’de verilen değerlerin kullanılması tavsiye edilmekle beraber, deneylerde standart aralıklarında kalan Çizelge 3.5’deki kesme şartları kullanılmıştır.<sup>(37)</sup>

**Çizelge 3.4** TS 10329 standardında tavsiye edilen işleme parametreleri<sup>(37)</sup>

Kesme Şartları	A	B	C	D
İlerleme f, mm/dev	0,1	0,25	0,4	0,63
Kesme Derinliği ap, mm	1	2,5	2,5	2,5
Uç yarıçapı re, mm	0,4	0,8	0,8	1,2

**Çizelge 3.5** Deneysel kullanılan işleme parametreleri

Kesme Hızı	İlerleme	Uç Yarıçapı	Kesme Derinliği
V	f	re	ap
m/dak	mm	mm	mm
200	0,1	0,4	0,8
350	0,2	0,8	
500	0,3	1,2	

### 3.7. Deneysel Teknikler

Takım ömürlerinin tanımlanmasında, TS 10329 standardının tavsiye ettiği yanal yüzey aşınması  $VB_{max} = 0,3$  mm alınmıştır.

Kesici takım yanal yüzey aşınması SCNBRR TUMICO marka takım mikroskobu ve elektron mikroskobu ile incelenmiş ve ölçülmüştür. Ayrıca elektron mikroskobu ile talaşın takıma temas yüzeyi ve iç yüzeyi incelenmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi için Hommel Tester T1000 pürüzlülük ölçme aleti kullanılmıştır.

Her yeni deney başlangıcında boyuna tornalamanın yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler, iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası kendi eksenini etrafında yaklaşık  $120^\circ$  döndürülerek her yüzeyden 3 ölçüm değeri alınarak yapılmıştır.

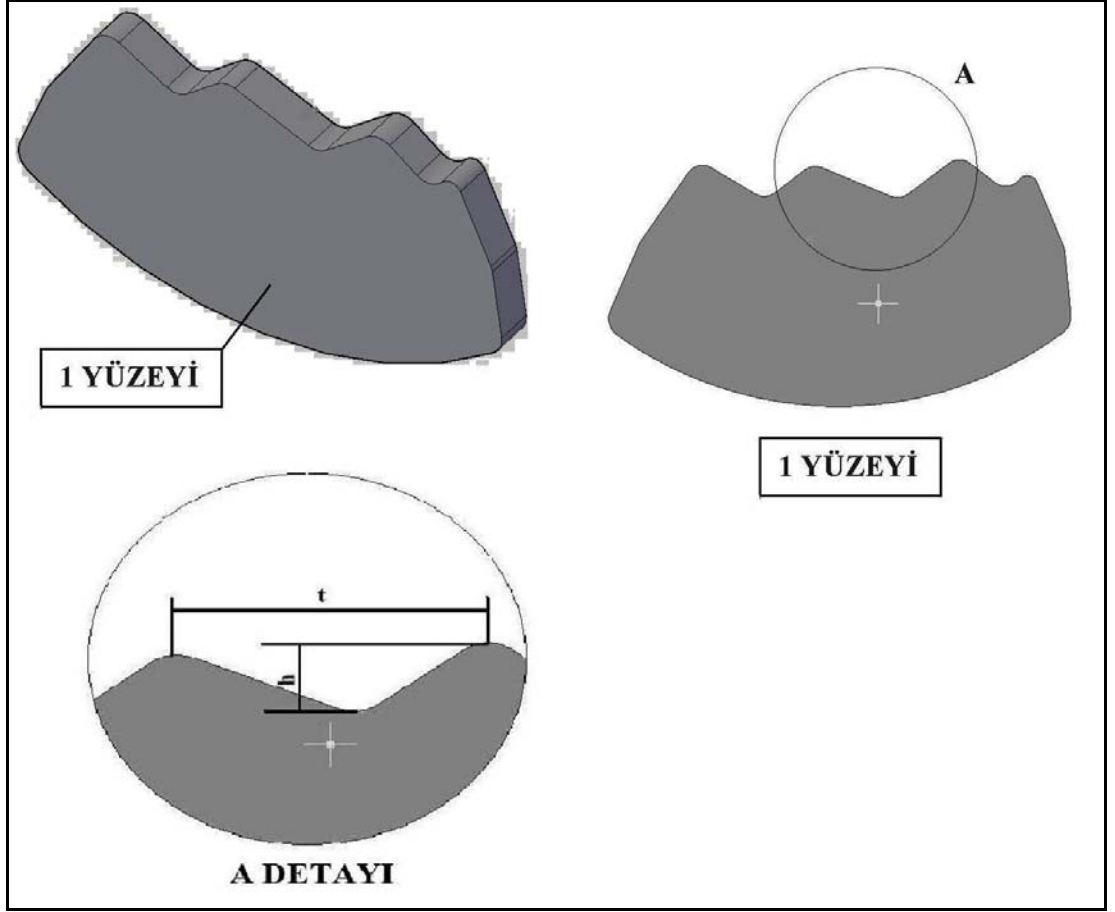
### **3.8. Takım Ömrü Deneylerinin Yapılması**

Deney numunesi ayna-punta arasına bağlanmış ve salgısı giderilinceye kadar ayrı bir kesici ile talaş kaldırılmıştır. Yapılan ön takım ömrü deneyi sonuçlarından elde edilen veriler ışığında, 50 mm boyda kesme işlemleri gerçekleştirildikten sonra, kesici uç kenarındaki yanal yüzey aşınmaları ölçülmüştür.

### **3.9. Kesici Takım Aşınması Tipinin Belirlenmesi ve Elde Edilen Talaş Yüzeylerinin İncelenmesi**

Kesici takımlarda oluşan yanal yüzey aşınmalarının yapısını belirlemek ve deneylerden çıkan talaşları incelemek için JSM 5600 taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

Talaş numunelerinin bir yüzeyi taramalı elektron mikroskobunda incelenmiştir. Numuneler seçilirken inceleme gruplarının kesme parametreleri kesme hızı, ilerleme ve uç yarıçapının birbiriyle aynı olduğu deneylerden çıkan talaşlardan oluşmasına dikkat edilmiştir. Taramalı elektron mikroskobunda(SEM) Şekil 3.7’de temsili talaş resminde gösterilen 1 yüzeyinde kesici takımın oluşturduğu dikey çizgiler incelenmiş ve bu çizgiler arasındaki uzaklıklar ölçülmüştür. Ayrıca Şekil 3.7’de verilen A bölgesinden alınan detayda gösterilen talaş kenarında oluşan şekillerin yüksekliği (h, mm) ve bu şekiller arasındaki uzaklıklar (t, mm) ölçülmüştür.



Şekil 3.7 Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenen yüzeyleri ifade eden temsili talaş resmi

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen deney sonuçları üç farklı deney serisi için ayrı verilmiştir. Deney serileri kesme hızına göre düzenlenmiş olup, ilerleme ve kesici takım uç yarıçapı değiştirilerek oluşturulmuştur. Buna ek olarak her bir deney serisi için ilerleme - kesici takım aşınması, ilerleme - yüzey pürüzlülüğü, kesici takım uç yarıçapı - kesici takım aşınması, kesici takım uç yarıçapı - yüzey pürüzlülüğü grafikleri de irdelenmiştir.

##### 4.1. Birinci Deney Serisine Ait Sonuçlar

Bu deney serisinde kesme hızı sabit olarak 500 m/dak kullanılırken, ilerleme ve uç yarıçapı değiştirilmiştir. İlerleme ve uç yarıçapının değiştirilmesi ile 9 ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- 1) Birinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Birinci deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 1					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	4,500
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	1,353
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,026
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin ilk deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



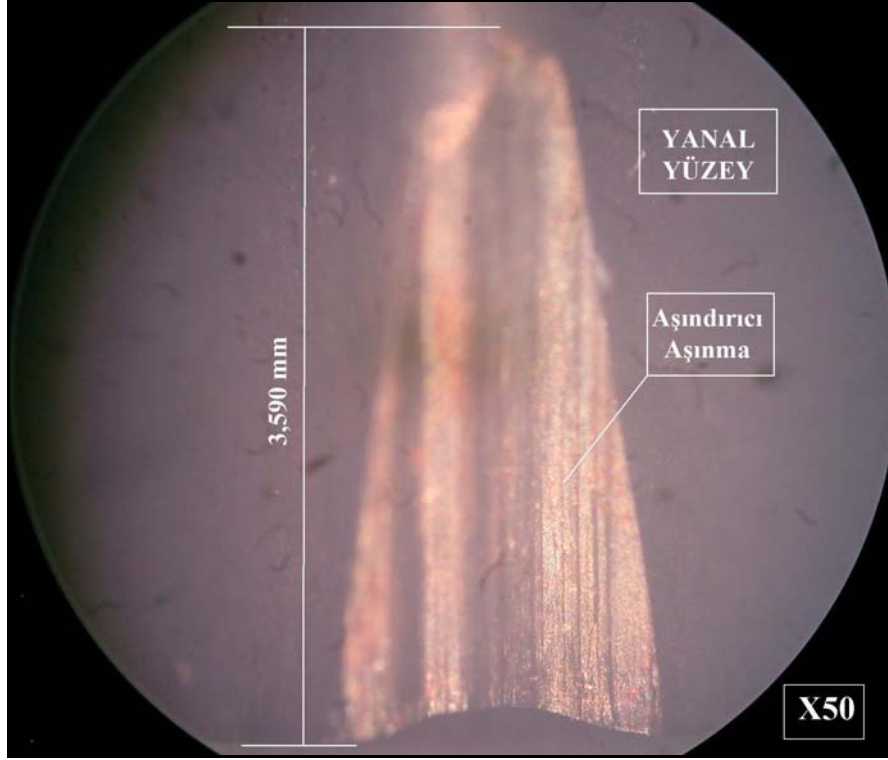
**Şekil 4.1** Birinci deney serisinde ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanall yüzey aşınması

2) İkinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2** Birinci deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 2					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	3,590
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	1,562
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,022
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanall yüzeyinde meydana gelen yanall yüzey aşınması Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



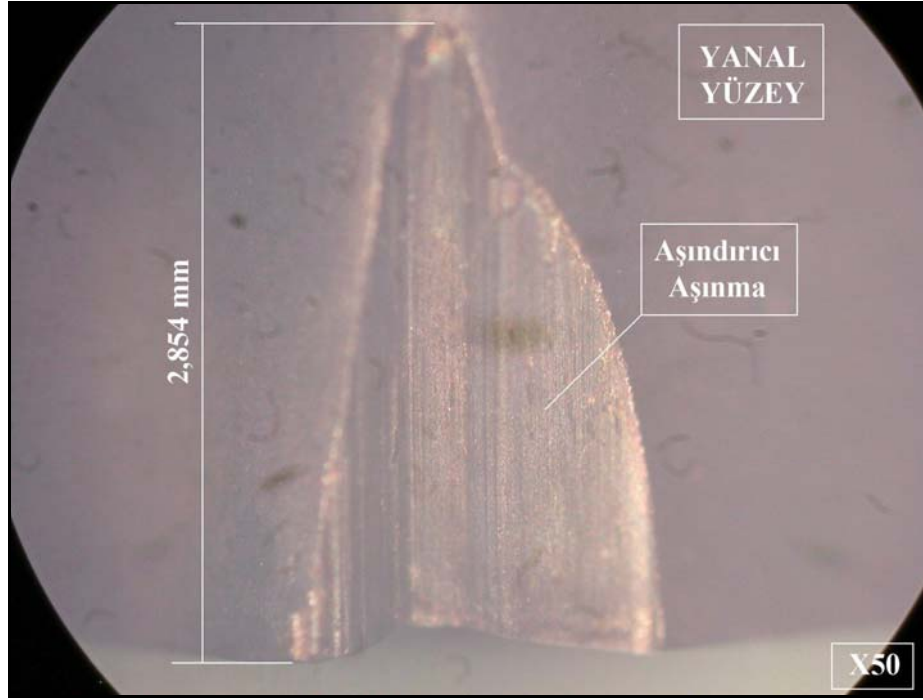
**Şekil 4.2** Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanall yüzey aşınması

- 3) Üçüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

**Çizelge 4.3** Birinci deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 3					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	2,854
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	1,856
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	0,937
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin üçüncü deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



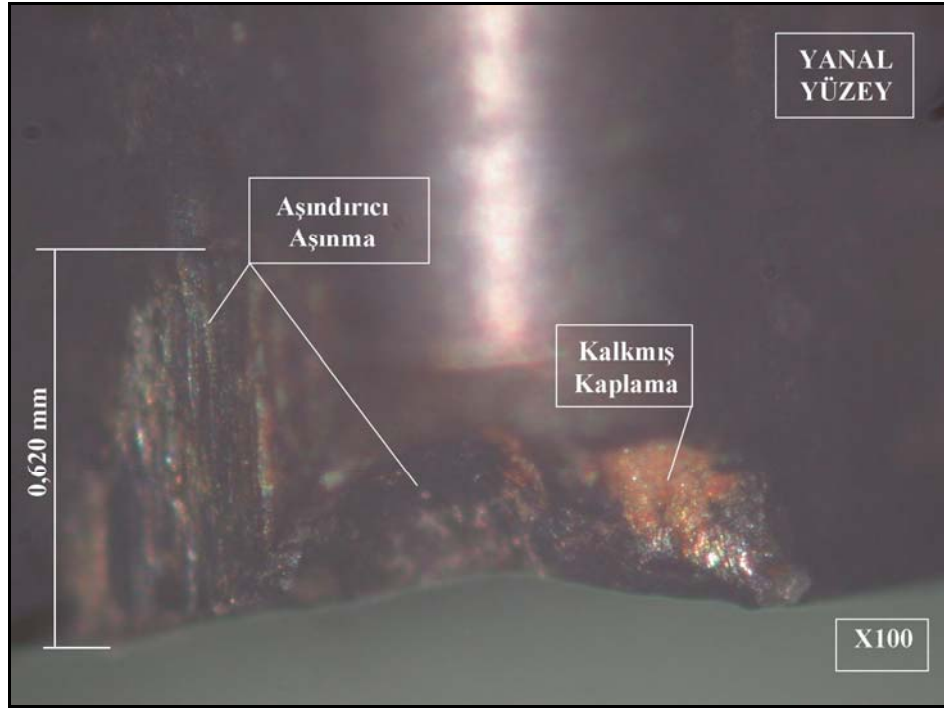
**Şekil 4.3** Birinci deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

- 4) Dördüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.4** Birinci deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 4					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	0,620
Kesme Hızı	m/dak	500			
İlerleme	mm/devir	0,2	Titreşim	mm/sn	3,119
Uç Yarıçapı	mm	0,4			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,635
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin dördüncü deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



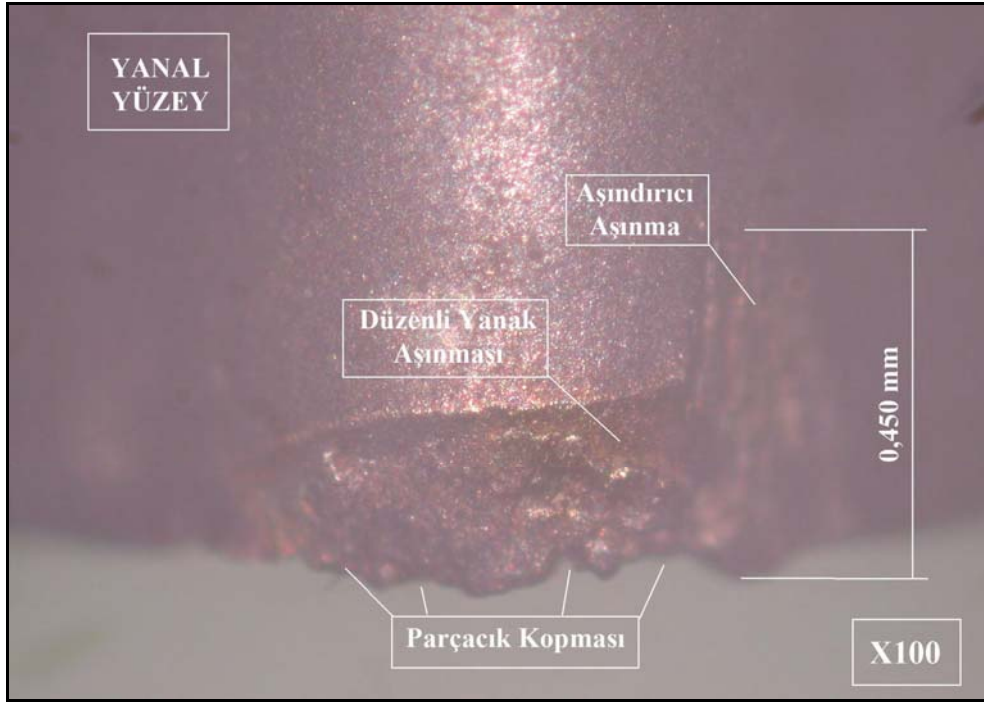
**Şekil 4.4** Birinci deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

5) Beşinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

**Çizelge 4.5** Birinci deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 5					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	0,450
İlerleme	mm/devir	0,2			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	1,468
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,245
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.5** Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

- 6) Altıncı deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

**Çizelge 4.6** Birinci deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

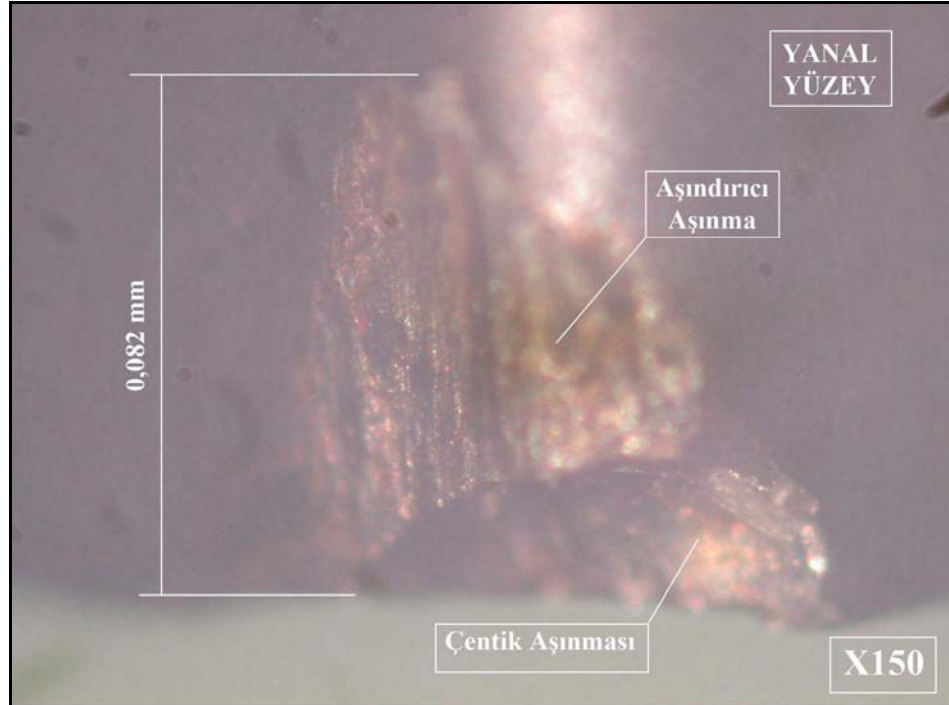
Deney - 6					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	Kesici Kırılmıştır
İlerleme	mm/devir	0,2			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	
İşleme Boyu	mm	50			

7) Yedinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7** Birinci deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 7					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	0,082
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	1,353
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,026
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



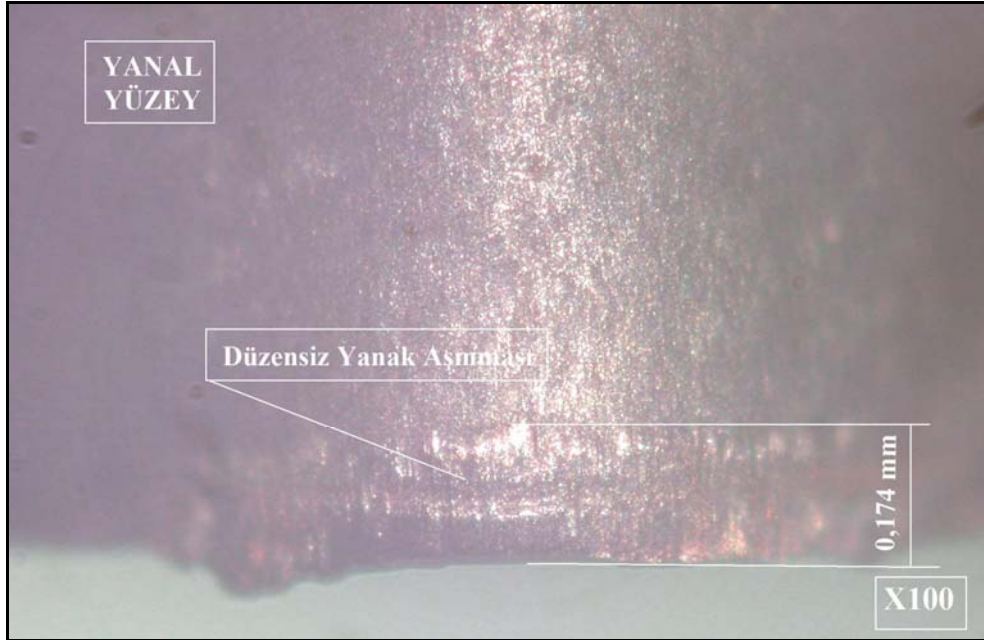
**Şekil 4.6** Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

8) Sekizinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8** Birinci deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 8					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	0,174
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	0,794
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,284
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.7** Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

9) Dokuzuncu deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9** Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 9					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	500	Aşınma	mm	0,241
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	Ölçülemedi
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	0,522
İşleme Boyu	mm	50			

Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.8** Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

#### 4.2. İkinci Deney Serisine Ait Sonuçlar

Bu deney serisinde kesme hızı sabit olarak 350 m/dak kullanılırken, ilerleme ve uç yarıçapı değiştirilmiştir. İlerleme ve uç yarıçapının değiştirilmesi ile 9 ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

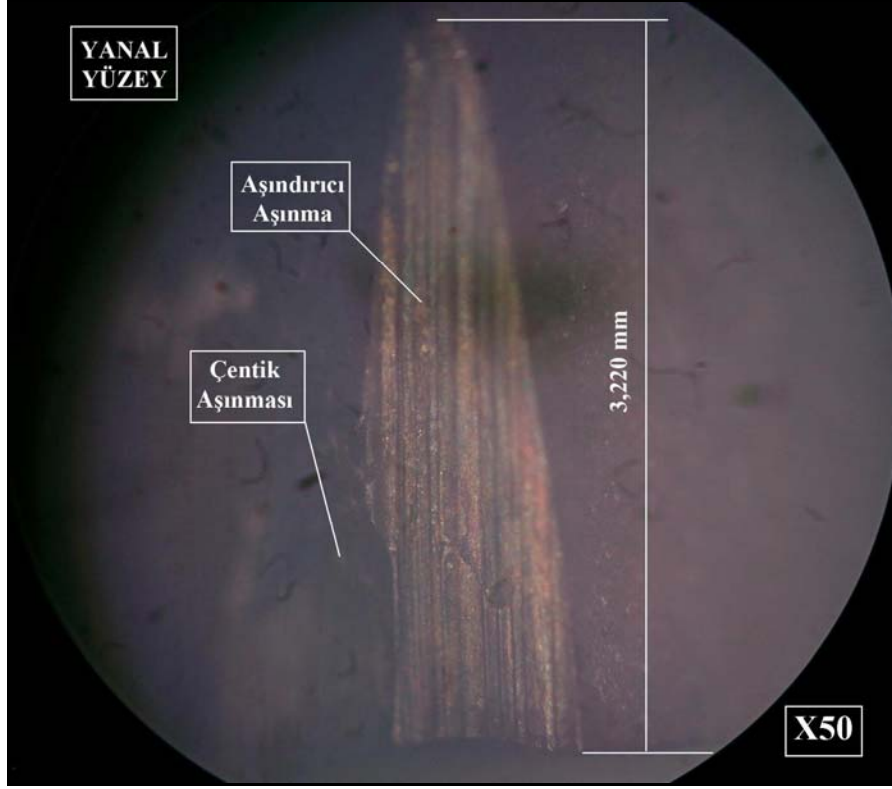
1) Birinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.10** İkinci deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 1					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	3,220
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	0,590
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,223
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin ilk deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



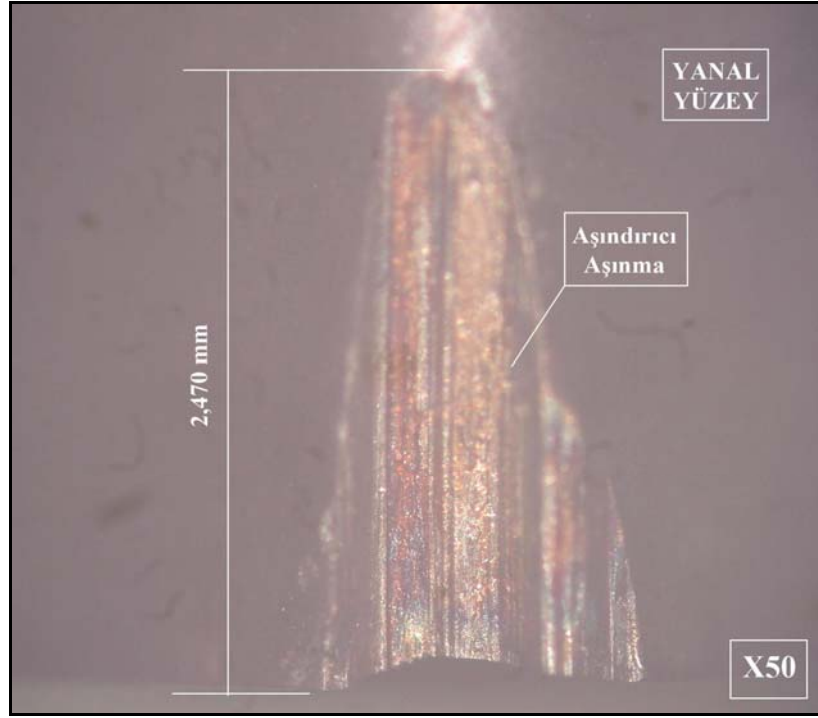
**Şekil 4.9** İkinci deney serisinin ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanall yüzey aşınması

2) İkinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

**Çizelge 4.11** İkinci deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 2					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	2,470
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	0,994
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,231
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



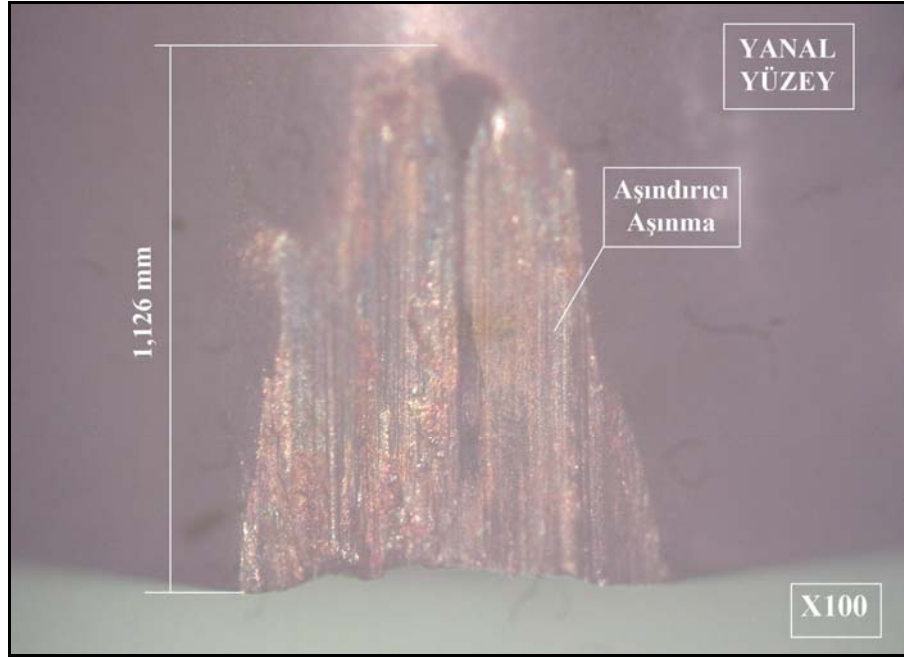
**Şekil 4.10** İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

3) Üçüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12** İkinci deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 3					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	1,126
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	0,330
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	0,999
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin üçüncü deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



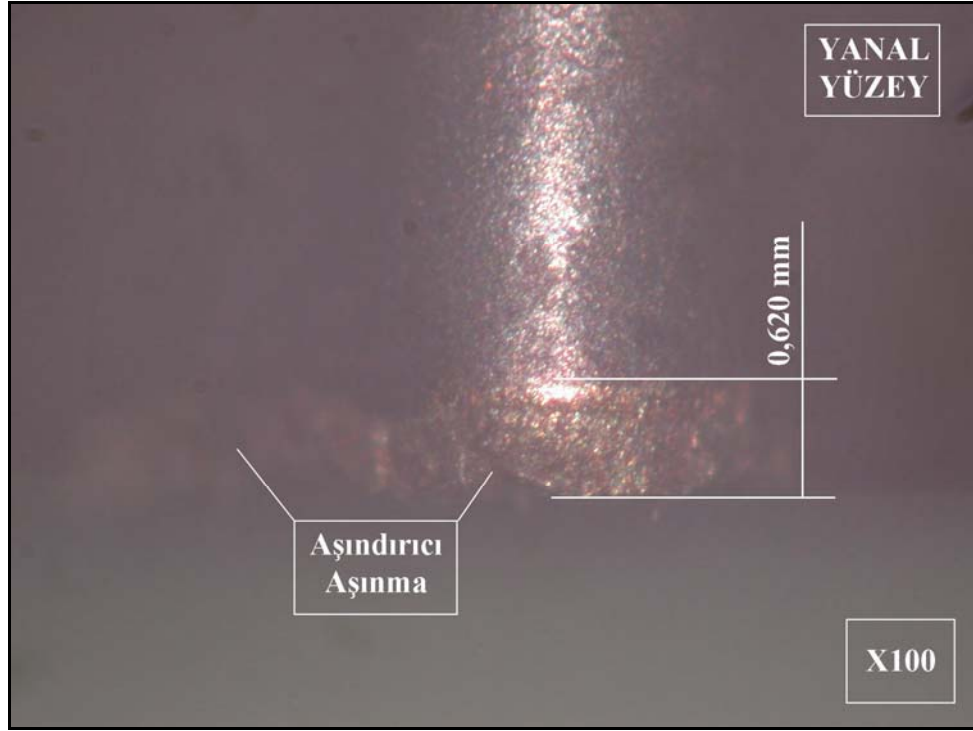
**Şekil 4.11** İkinci deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

4) Dördüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

**Çizelge 4.13** İkinci deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 4					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	0,620
Kesme Hızı	m/dak	350			
İlerleme	mm/devir	0,2	Titreşim	mm/sn	0,890
Uç Yarıçapı	mm	0,4			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,657
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin dördüncü deneyde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



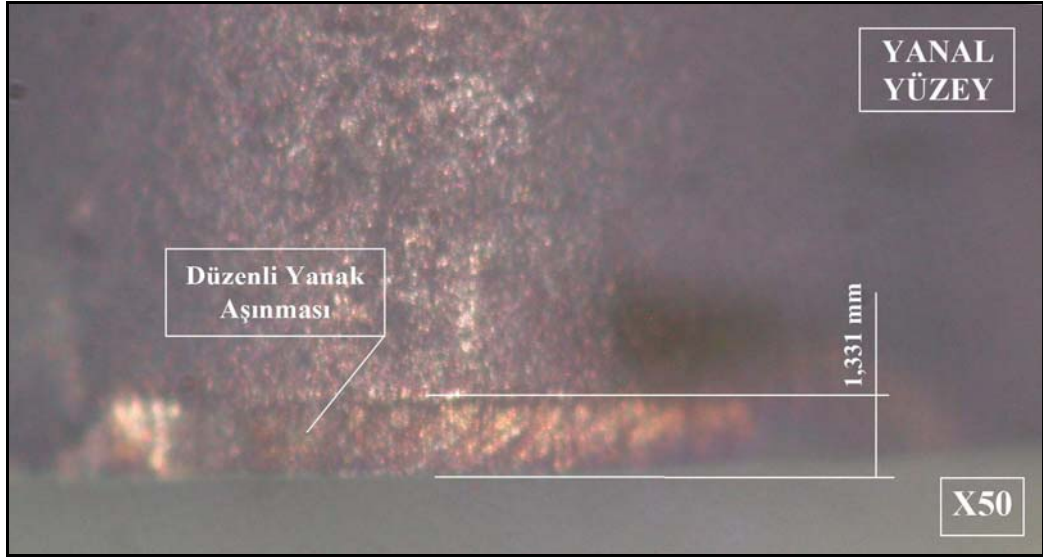
**Şekil 4.12** İkinci deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

5) Beşinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

**Çizelge 4.14** İkinci deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 5					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	1,331
Kesme Hızı	m/dak	350			
İlerleme	mm/devir	0,2	Titreşim	mm/sn	0,660
Uç Yarıçapı	mm	0,8			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,331
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.13** İkinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

6) Altıncı deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.15** İkinci deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

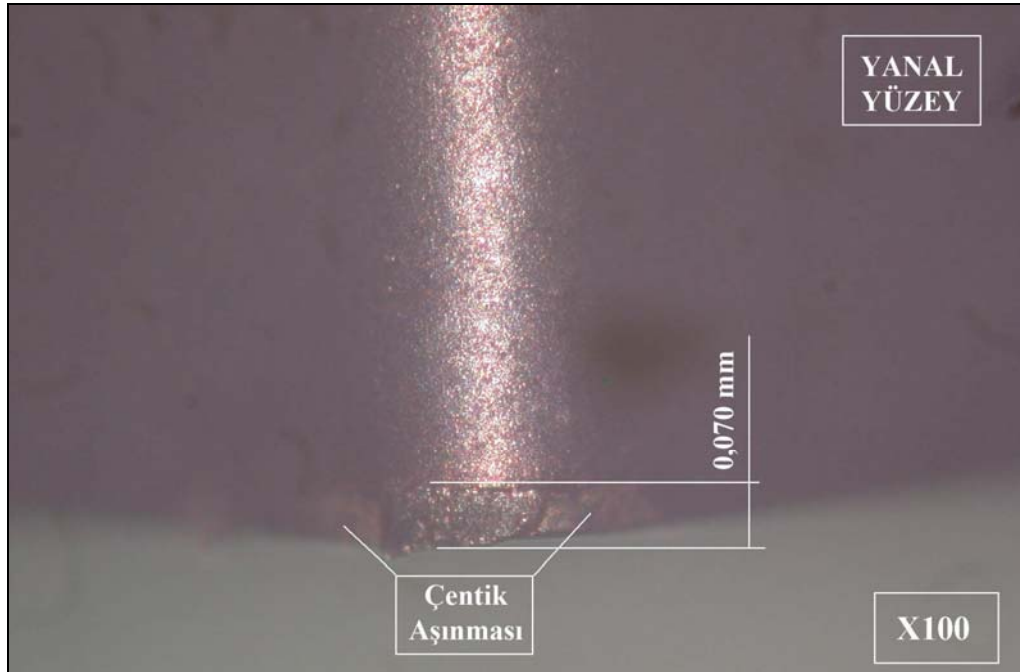
Deney - 6					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	0,089
İlerleme	mm/devir	0,2			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	1,948
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	2,221
İşleme Boyu	mm	50			

7) Yedinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir.

**Çizelge 4.16** İkinci deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 7					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	0,070
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	0,350
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,002
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



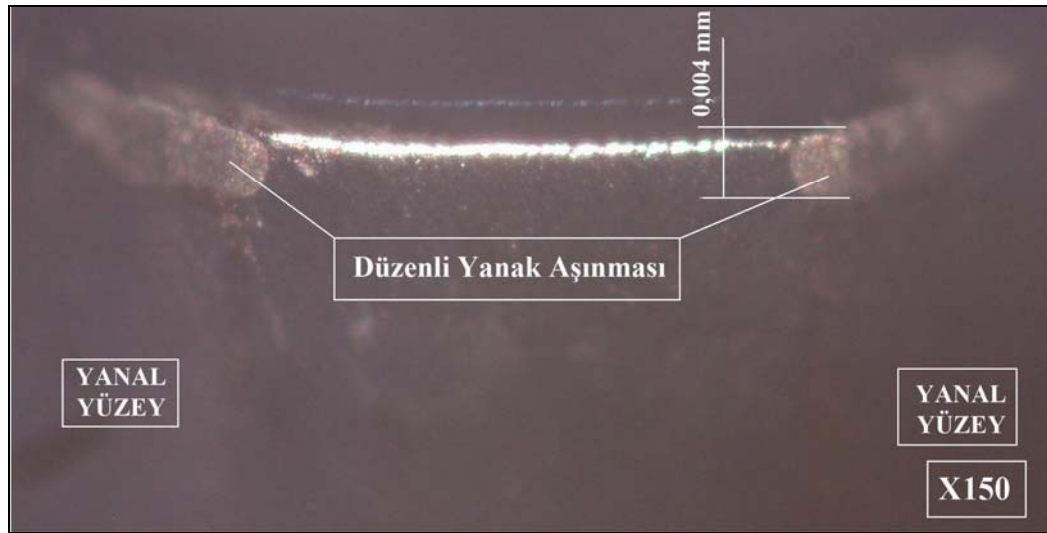
**Şekil 4.14** İkinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

8) Sekizinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

**Çizelge 4.17** İkinci deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 8					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	0,004
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	0,760
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	2,005
İşleme Boyu	mm	50			

İkinci deney serisinin sekizinci deneyde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.15** İkinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

- 9) Dokuzuncu deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

**Çizelge 4.18** İkinci deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 9					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	350	Aşınma	mm	Kesici Kırılmıştır
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	
İşleme Boyu	mm	50			

#### 4.3. Üçüncü Deney Serisine Ait Sonuçlar

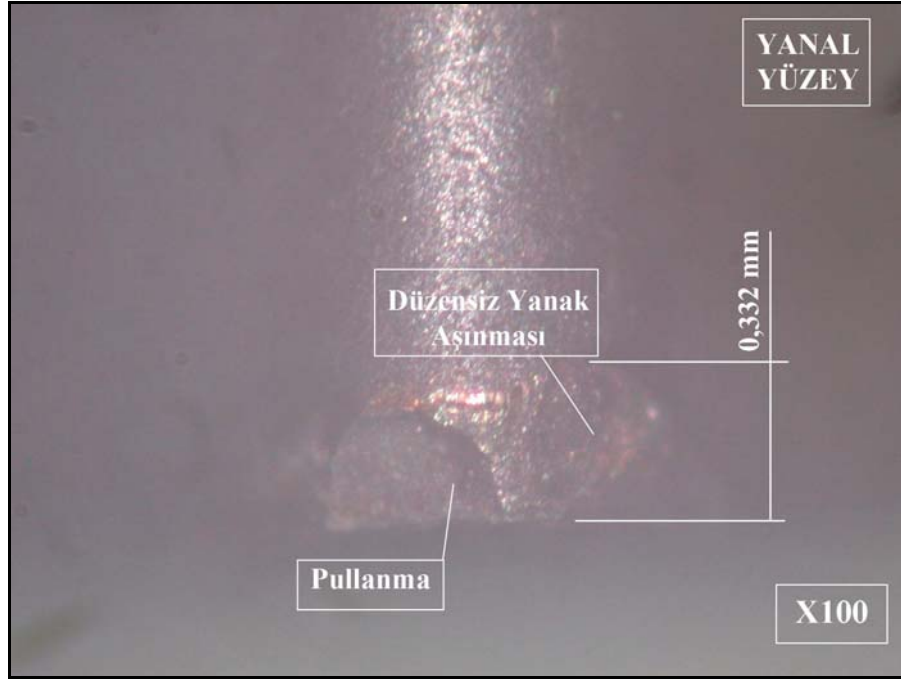
Bu deney serisinde kesme hızı sabit olarak 200 m/dak kullanılırken, ilerleme ve uç yarıçapı değiştirilmiştir. İlerleme ve uç yarıçapının değiştirilmesi ile 9 ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- 1) Birinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.19** Üçüncü deney serisinin ilk deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 1					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,332
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	0,250
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,159
İşleme Boyu	mm	200			

Üçüncü deney serisinin ilk deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



**Şekil 4.16** Üçüncü deney serisinin ilk deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

2) İkinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

**Çizelge 4.20** Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 2					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	0,255
Kesme Hızı	m/dak	200			
İlerleme	mm/devir	0,1	Titreşim	mm/sn	0,490
Uç Yarıçapı	mm	0,8			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,299
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.17** Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

3) Üçüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

**Çizelge 4.21** Üçüncü deney serisinin üçüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 3					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,520
İlerleme	mm/devir	0,1			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	0,800
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	0,649
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin üçüncü deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



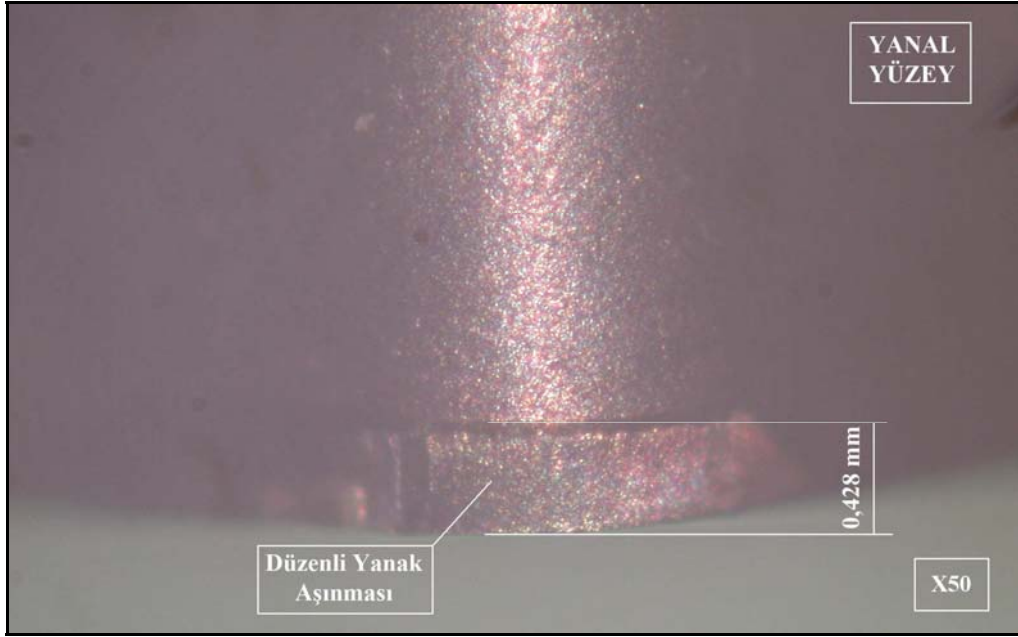
**Şekil 4.18** Üçüncü deney serisinin üçüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

- 4) Dördüncü deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

**Çizelge 4.22** Üçüncü deney serisinin dördüncü deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 4					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	0,428
Kesme Hızı	m/dak	200			
İlerleme	mm/devir	0,2	Titreşim	mm/sn	Ölçülemedi
Uç Yarıçapı	mm	0,4			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,393
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin dördüncü deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



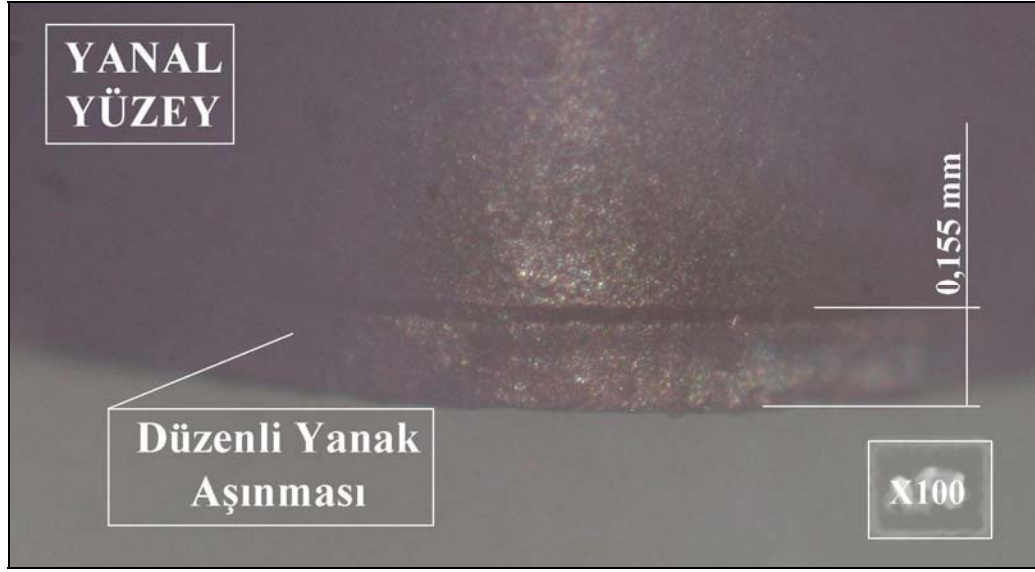
**Şekil 4.19** Üçüncü deney serisinin dördüncü deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

5) Beşinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

**Çizelge 4.23** Üçüncü deney serisinin beşinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 5					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,155
İlerleme	mm/devir	0,2			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	0,415
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	2,339
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



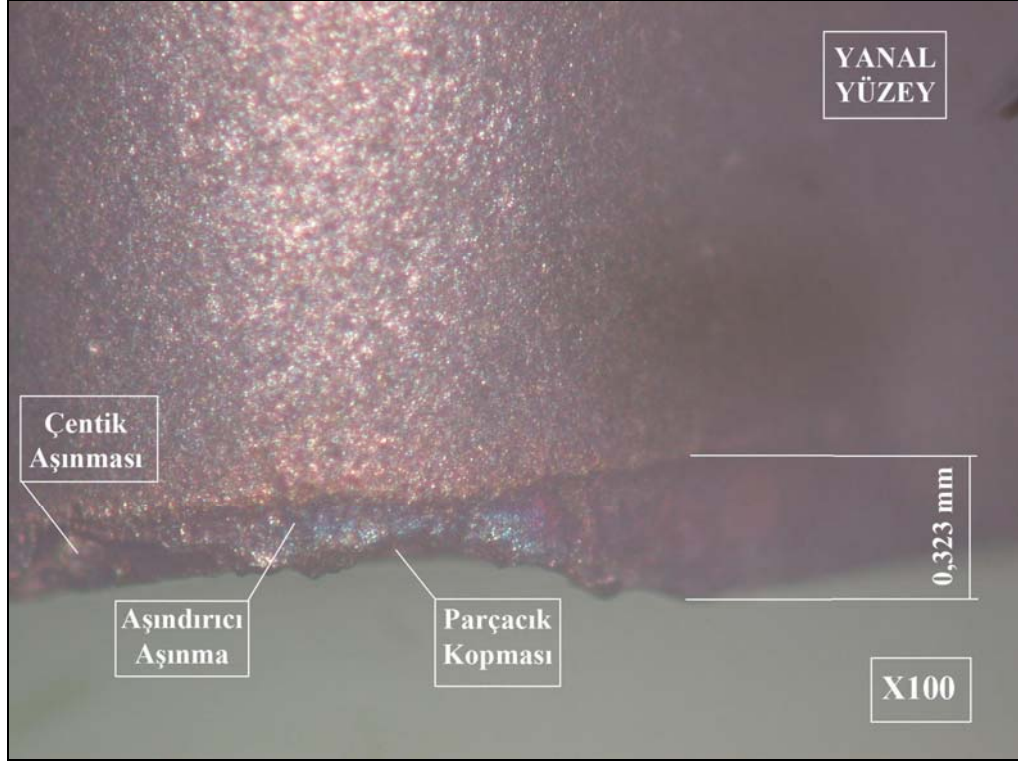
**Şekil 4.20** Üçüncü deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

- 6) Altıncı deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

**Çizelge 4.24** Üçüncü deney serisinin altıncı deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 6					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,323
İlerleme	mm/devir	0,2			
Uç Yarıçapı	mm	1,2	Titreşim	mm/sn	0,696
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,012
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin altıncı deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.21** Üçüncü deney serisinin altıncı deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

7) Yedinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

**Çizelge 4.25** Üçüncü deney serisinin yedinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 7					
Kesici	CNMG 120404 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,155
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,4	Titreşim	mm/sn	0,408
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	1,002
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanıl yüzeyinde meydana gelen yanıl yüzey aşınması Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



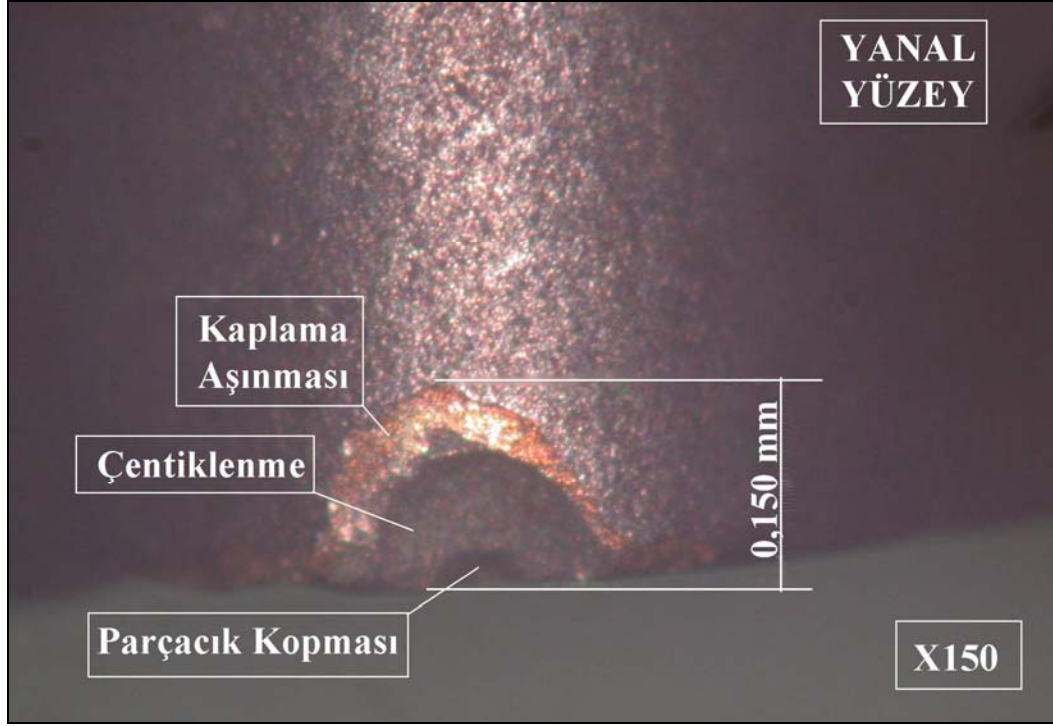
**Şekil 4.22** Üçüncü deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanıl yüzey aşınması

8) Sekizinci deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

**Çizelge 4.26** Üçüncü deney serisinin sekizinci deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 8					
Kesici	CNMG 120408 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
İşleme Parametreleri	Birim	Değer	Deney Sonuçları	Birim	Değer
Kesme Hızı	m/dak	200	Aşınma	mm	0,150
İlerleme	mm/devir	0,3			
Uç Yarıçapı	mm	0,8	Titreşim	mm/sn	0,490
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	0,987
İşleme Boyu	mm	50			

Üçüncü deney serisinin sekizinci deneyinde kullanılan kesici takımın yanal yüzeyinde meydana gelen yanal yüzey aşınması Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.23** Üçüncü deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen kesici takım yanal yüzey aşınması

- 9) Dokuzuncu deneyin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

**Çizelge 4.27** Üçüncü deney serisinin dokuzuncu deneyinin işleme parametreleri ve elde edilen deney sonuçları

Deney - 9					
Kesici	CNMG 120412 – TF IC 907		Malzeme	PMD 23	
	Birim	Değer		Deney Sonuçları	Birim
İşleme Parametreleri			Aşınma	mm	0,245
Kesme Hızı	m/dak	200			
İlerleme	mm/devir	0,3	Titreşim	mm/sn	0,450
Uç Yarıçapı	mm	1,2			
Kesme Derinliği	mm	0,8	Yüzey Pürüzlülüğü	µm	2,240
İşleme Boyu	mm	50			

Çizelge 4.28’de gerçekleştirilen üç deney serisinde yer alan deneylerin sonuçları bir bütün halinde aşağıda verilmiştir.

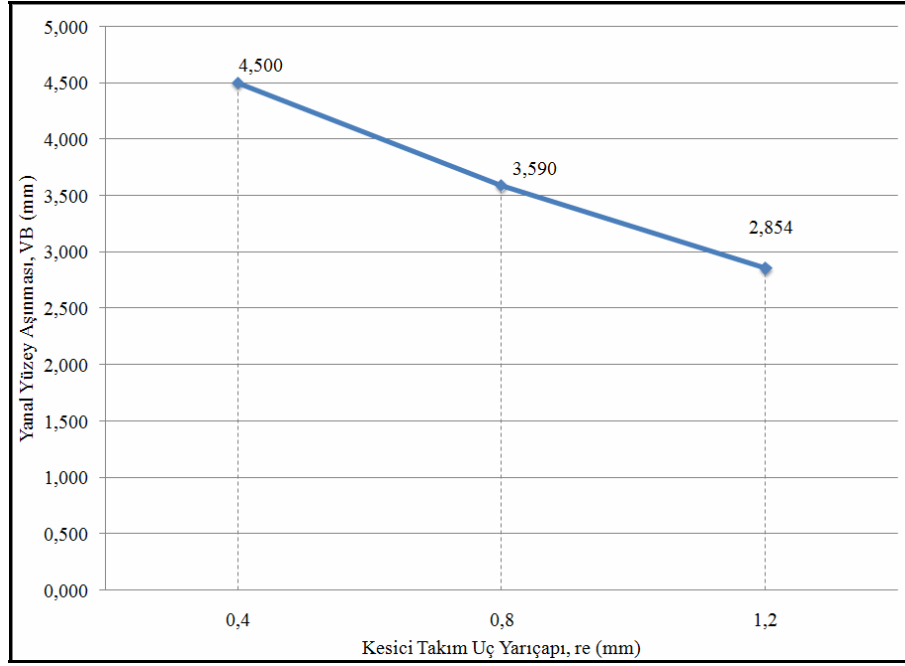
**Çizelge 4.28** Gerçekleştirilen üç deney serisinde yer alan deneylerin sonuçları

Deney Seri No	Deney No	Kesme Parametreleri					Sonuçlar		
		Kesme Hızı	İlerleme	Uç Yarıçapı	Kesme Derinliği	İşleme Boyu	Aşınma	Titreşim	Yüzey Pürüzlüğü
		m/dak	mm/devir	mm	mm	mm	mm	mm/sn	µm
1	1	500	0,1	0,4	0,8	50	4,500	1,353	1,026
	2	500	0,1	0,8	0,8	50	3,590	1,562	1,022
	3	500	0,1	1,2	0,8	50	2,854	1,856	0,937
	4	500	0,2	0,4	0,8	50	0,620	3,119	1,635
	5	500	0,2	0,8	0,8	50	0,450	1,468	1,245
	6	500	0,2	1,2	0,8	50	0,300	Kesici Kırılmıştır	
	7	500	0,3	0,4	0,8	50	0,082	1,353	1,026
	8	500	0,3	0,8	0,8	50	0,174	0,794	1,284
	9	500	0,3	1,2	0,8	50	0,241	Ölçülemedi	0,522
2	1	350	0,1	0,4	0,8	50	3,220	0,590	1,223
	2	350	0,1	0,8	0,8	50	2,470	0,994	1,231
	3	350	0,1	1,2	0,8	50	1,126	0,330	0,999
	4	350	0,2	0,4	0,8	50	0,620	0,890	1,657
	5	350	0,2	0,8	0,8	50	1,331	0,660	1,331
	6	350	0,2	1,2	0,8	50	0,089	1,948	2,221
	7	350	0,3	0,4	0,8	50	0,070	0,350	1,002
	8	350	0,3	0,8	0,8	50	0,004	0,760	2,005
	9	350	0,3	1,2	0,8	50	0,300	Kesici Kırılmıştır	
3	1	200	0,1	0,4	0,8	50	0,332	0,250	1,159
	2	200	0,1	0,8	0,8	50	0,255	0,490	1,299
	3	200	0,1	1,2	0,8	50	0,520	0,800	0,649
	4	200	0,2	0,4	0,8	50	0,428	Ölçülemedi	1,393
	5	200	0,2	0,8	0,8	50	0,155	0,415	2,339
	6	200	0,2	1,2	0,8	50	0,323	0,696	1,012
	7	200	0,3	0,4	0,8	50	0,155	0,408	1,002
	8	200	0,3	0,8	0,8	50	0,150	0,490	0,987
	9	200	0,3	1,2	0,8	50	0,245	0,450	2,240

#### 4.4. Takım Aşınması

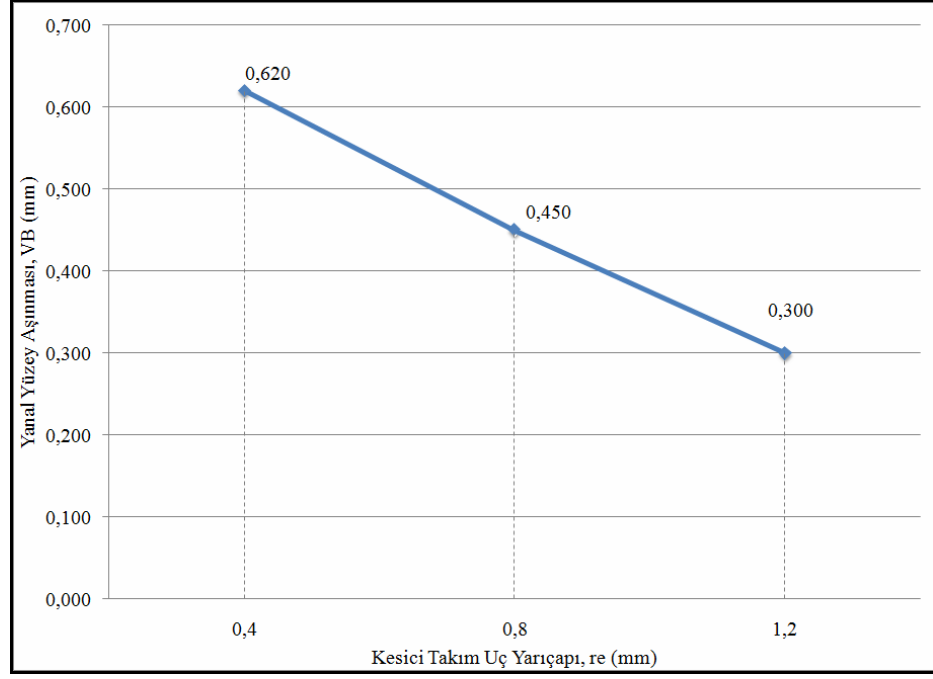
Kesici takımın yanal yüzey aşınması, kesme hızı, ilerleme ve uç yarıçapına göre değerlendirilmiştir.

Şekil 4.24'de birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



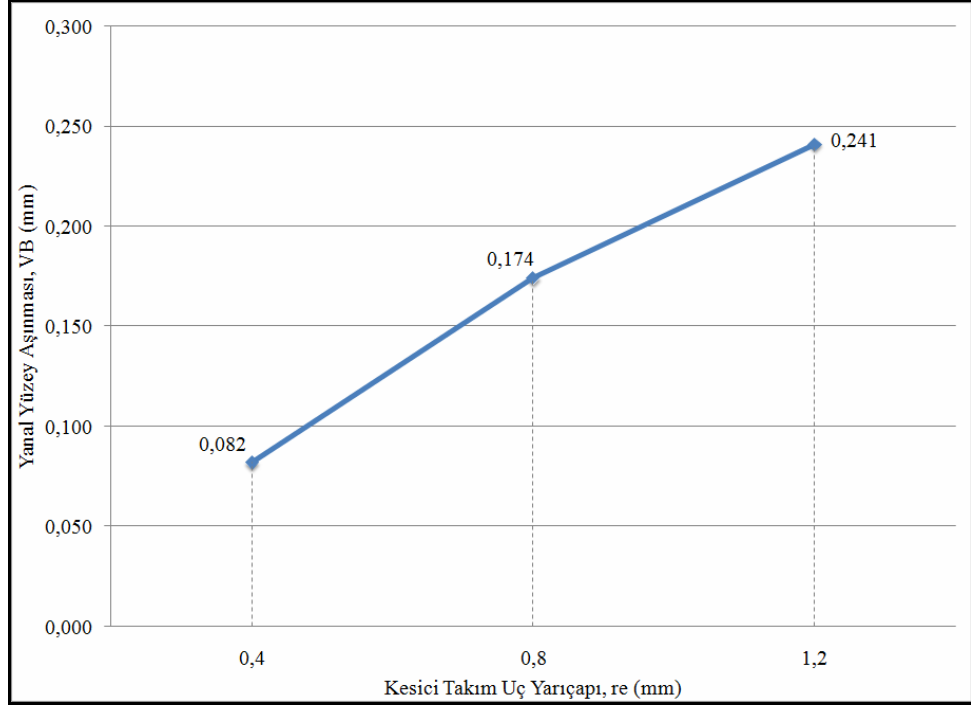
**Şekil 4.24** Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.25'de birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.25** Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

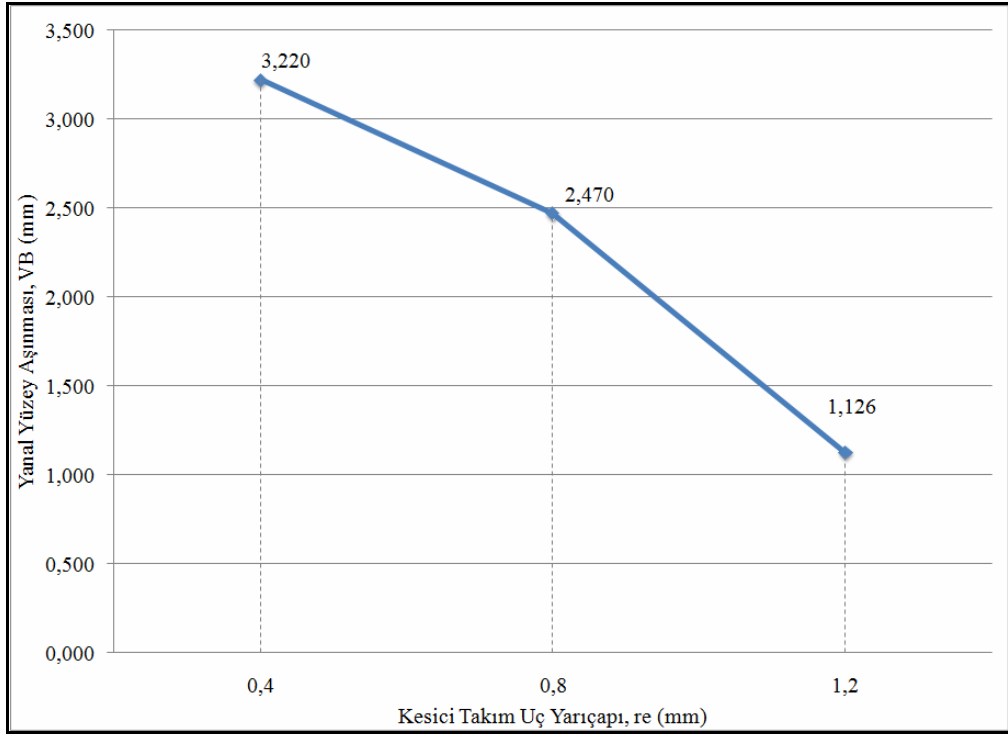
Şekil 4.26'da birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.26** Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

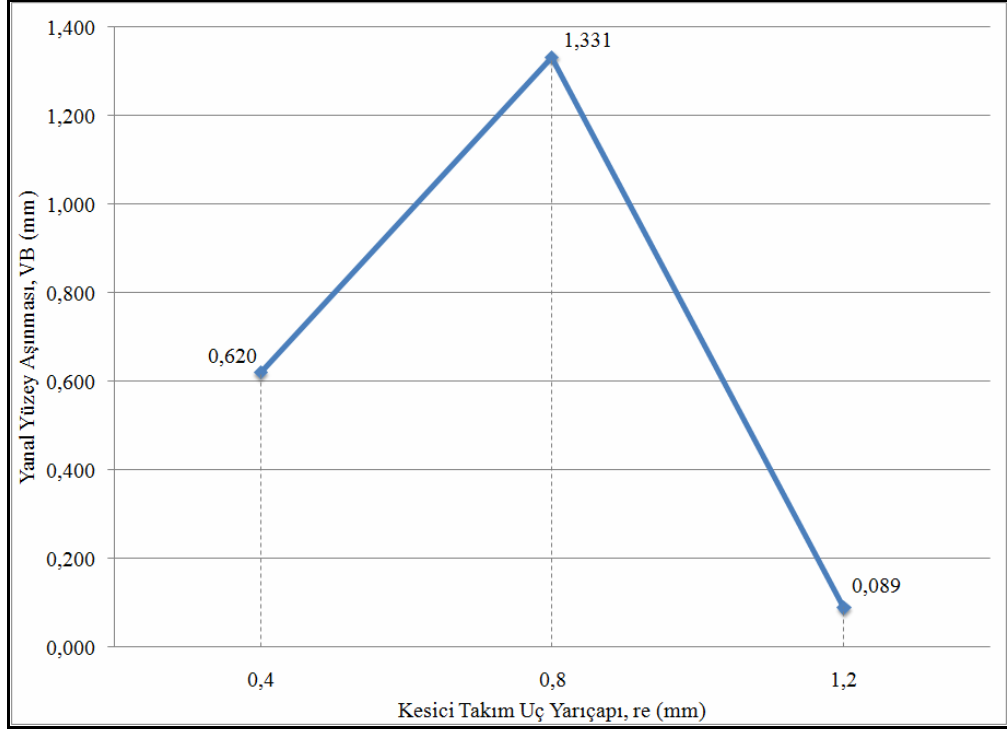
Birinci deney serisinde yukarıdaki grafikler incelendiğinde ilerlemeye bağlı olarak kesici takım yanal yüzey aşınmasında büyük değişimler meydana geldiği görülmektedir. İlerleme değerleri küçüldükçe yanal yüzey aşınması değerlerinde de düşme görülmüştür. Ayrıca birinci deney serisinde 0,1 ve 0,2 mm/devir ilerleme kullanılan deneylerde uç yarıçapları büyüdükçe kesici takım yanal yüzey aşınması değerleri azalmıştır. Buna karşılık 0,3 mm/devir’de uç yarıçaplarının büyümesiyle kesici takım yanal yüzey aşınması değerleri de artmıştır. İlerleme ve uç yarıçapının yükseltilmesi ile talaş yükü ve sürtünme yüzeyinin artması kesme bölgesinde ısının yükselmesine neden olacağından, talaşta olan karbür oluşumlarının aşınmayı artırdığı düşünülmektedir.

Şekil 4.27’de ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği verilmiştir.



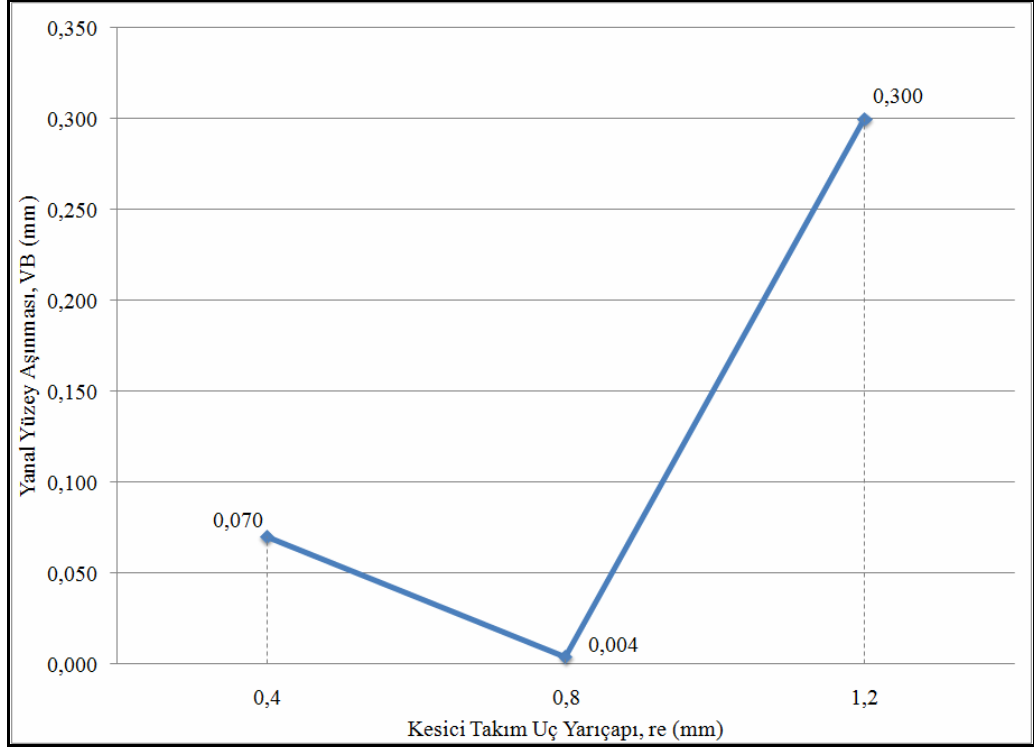
Şekil 4.27 İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği

Şekil 4.28’de ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.28** İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

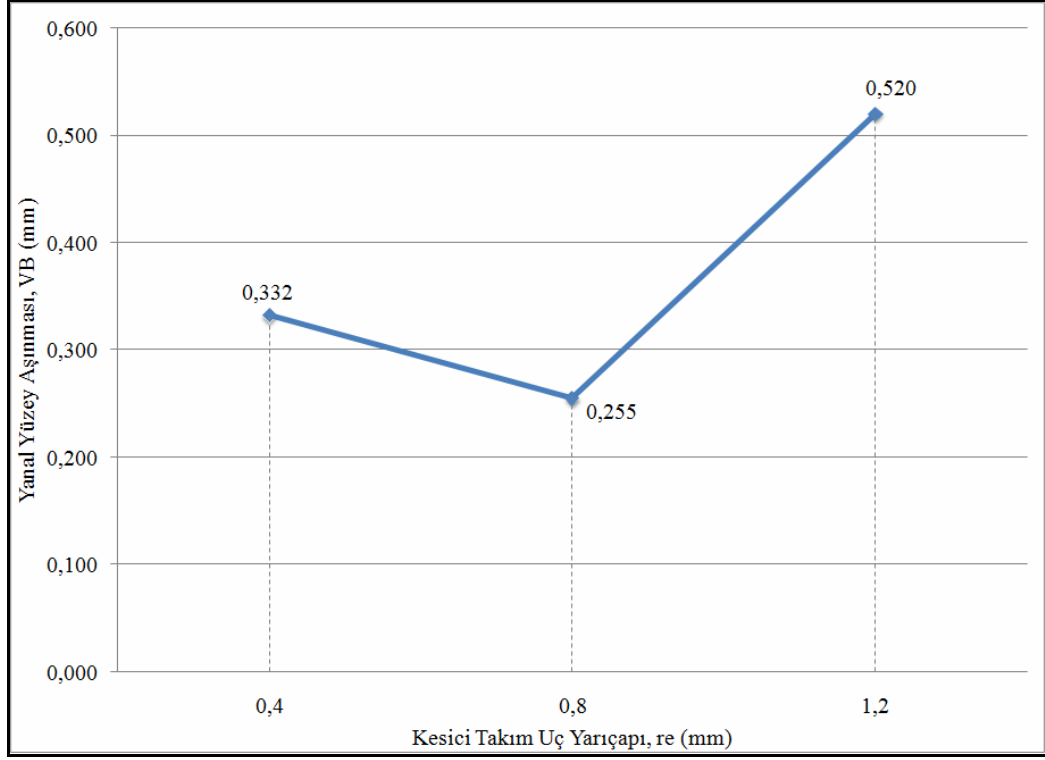
Şekil 4.29’da ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.29** İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği

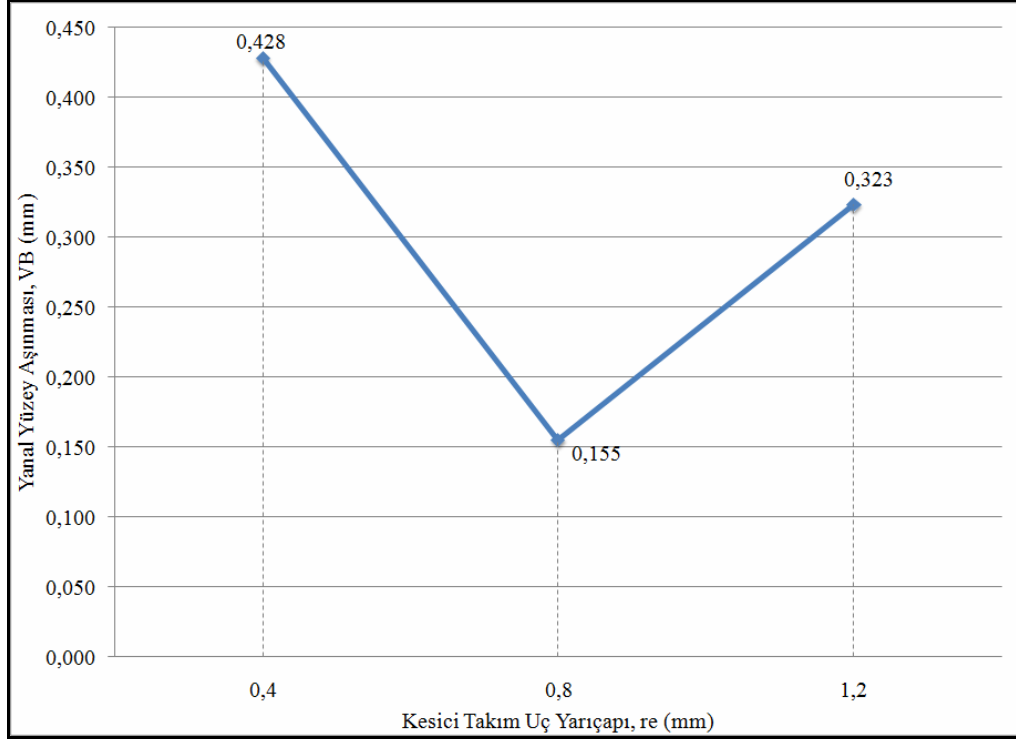
Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29 incelendiğinde ikinci deney serisinde birinci deney serisinde olduğu gibi benzer sonuçlara ulaşılabilir. Düşük ilerlemelerde büyük yanıl yüzey aşınması değeriğine ulaşılmıştır. Grafiklerde de görüldüğu üzere farklı uç yarıçaplarında birbirinden çok farklı sonuçlara ulaşılmıştır.

Şekil 4.30'da üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği verilmiştir.



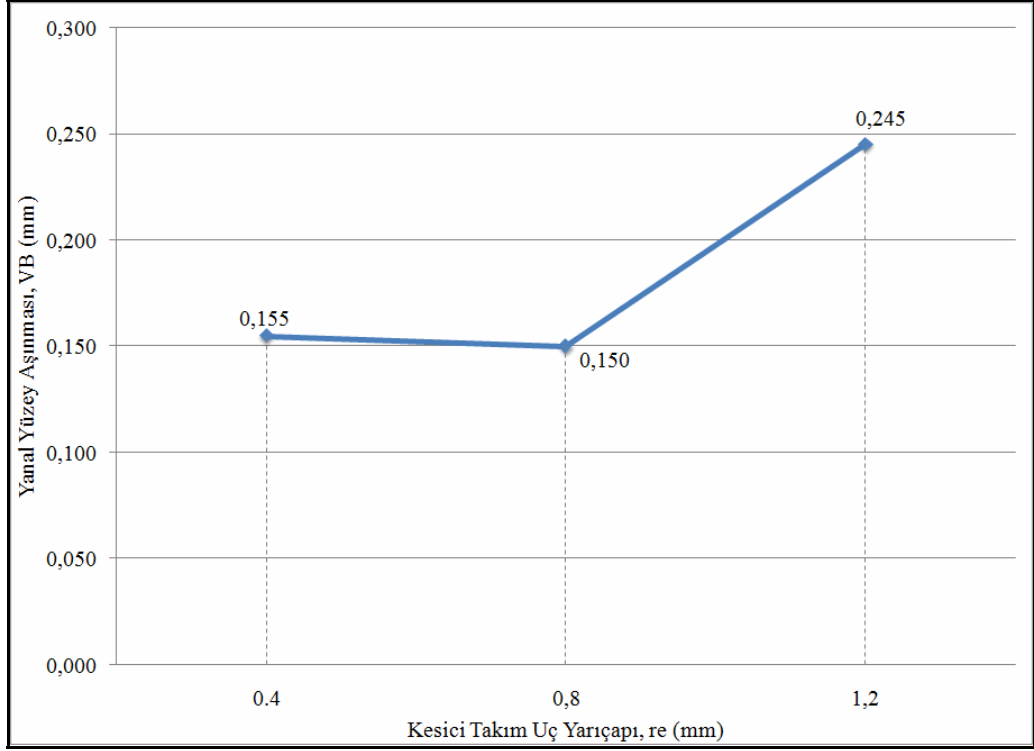
**Şekil 4.30** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.31’de üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.31** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.32’de üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanal yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.32** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen kesici takım yanıl yüzey aşınması ile kesici takım uç yarıçapı değışimi grafiği

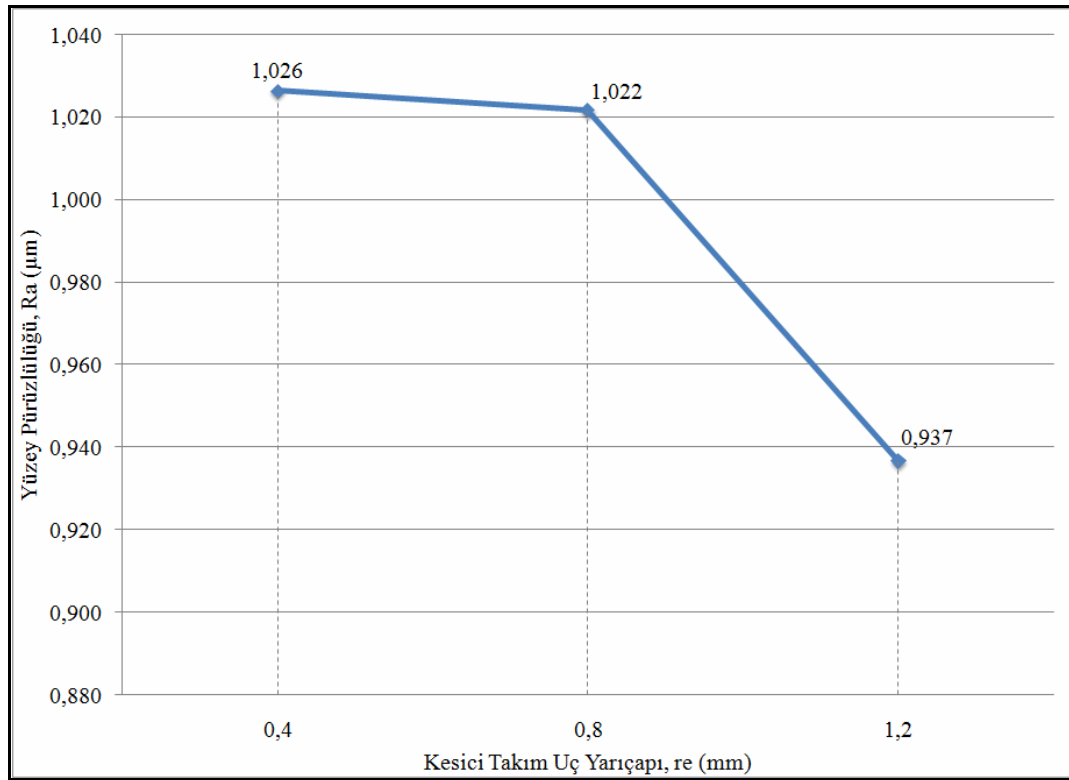
Üçüncü deney serisinde grafikler incelendiğinde diğer deney serilerinde farklı olarak ilerlemenin kesici takım yanıl yüzey aşınmasına belirli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu sonuçtan farklı olarak uç yarıçapı 0,8 mm iken en düşük yanıl yüzey aşınması değęrlerine ulaşılmıştır.

Yukarıda gösterilen grafiklerden de anlaşılacağı üzere; kesme hızı arttıkça takım aşınması değęrlerinin arttđı görülmektedir. Kesme hızına ters orantıda ilerleme değęrleri arttıkça aşınma değęrleri düşmektedir. Bunun nedeni, düşük ilerleme değęrlerinde, kesici takım ile iş parçası arasındaki sürtünmesinin daha uzun süre devam etmesi ve bu sürtünme sonucunda da aşınmanın artması olabilir. Büyük çaplı yuvarlatma kesmeyi tüm kenara dağıtır, bunun sonucunda da takımın ömrü uzaması, ısının sistemden uzaklaşması kolaylaşması ve aşınmanın da azalması

beklenir. Fakat grafiklerden de anlaşılacağı gibi küçük uç yarıçapına sahip kesici takımlarda da büyük uç yarıçapına sahip kesici takımlarda da yanal yüzey aşınmasının büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.

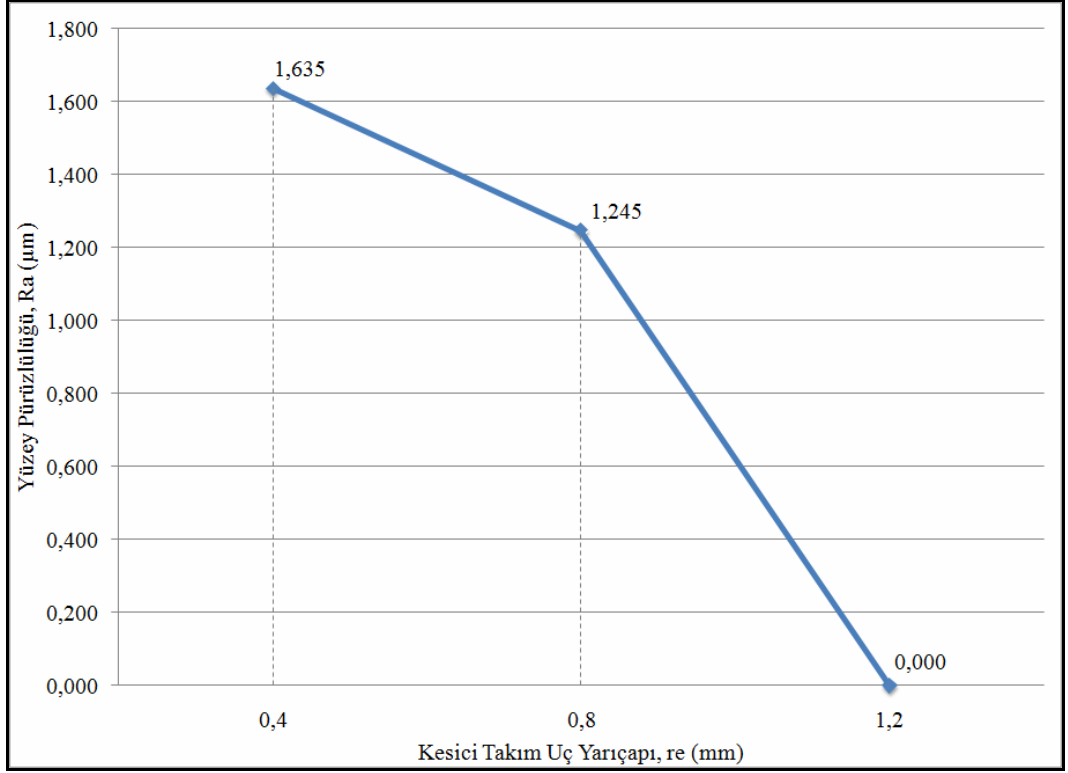
#### 4.5. Yüzey Pürüzlülüğü

Şekil 4.33'de birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



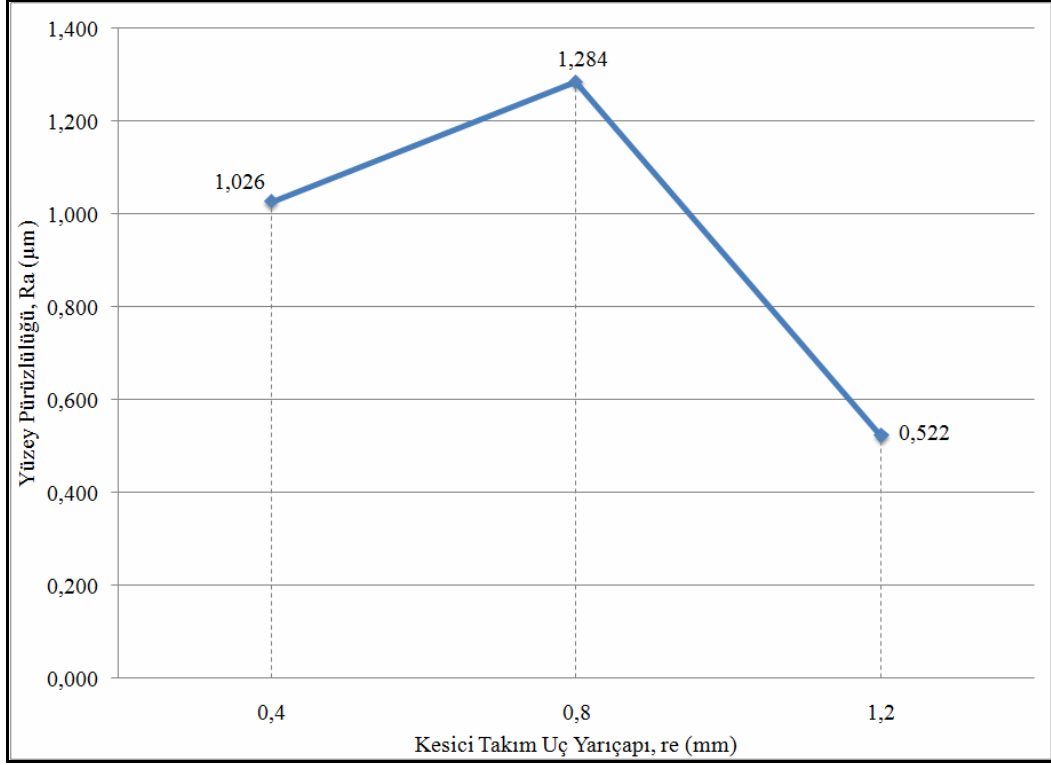
**Şekil 4.33** Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.34'de birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



Şekil 4.34 Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

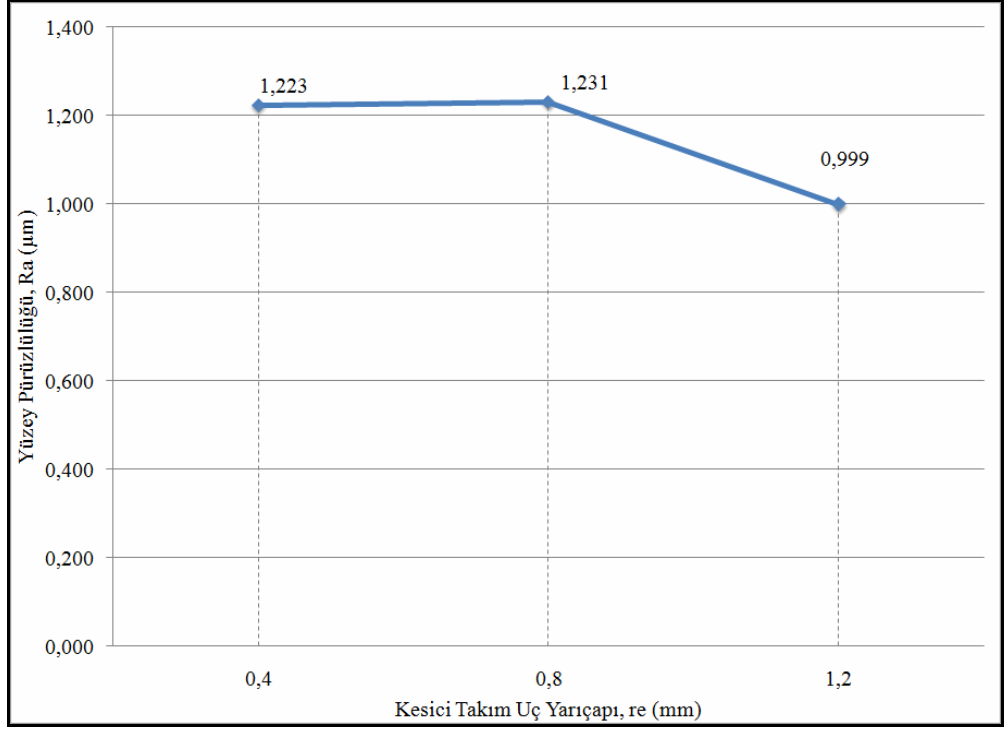
Şekil 4.35'de birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.35** Birinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

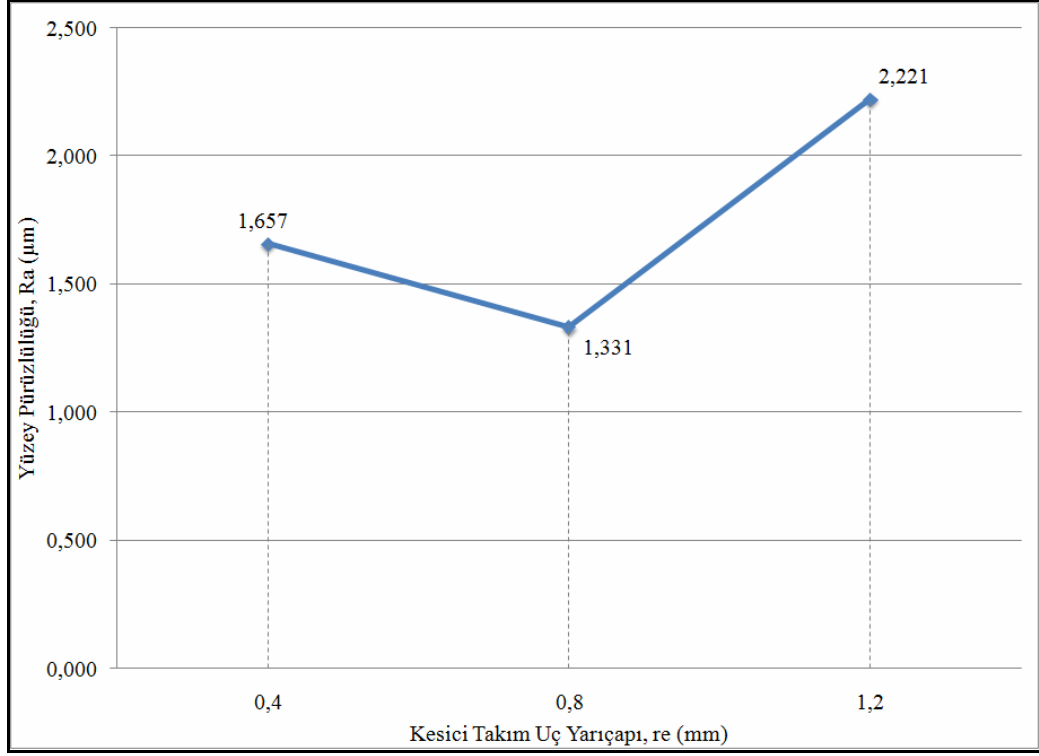
Birinci deney serisinde grafikler incelendiğinde ilerleme değerleri arttığında veya azaldığında ulaşılan yüzey pürüzlülüğü değerleri belirli bir düzende değişime uğramamıştır. 0,1 ve 0,2 mm/devirde uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenmiştir. İlerlemenin artması işlenmiş yüzeyde kararsız bir etki oluşturmuştur.

Şekil 4.36'da ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



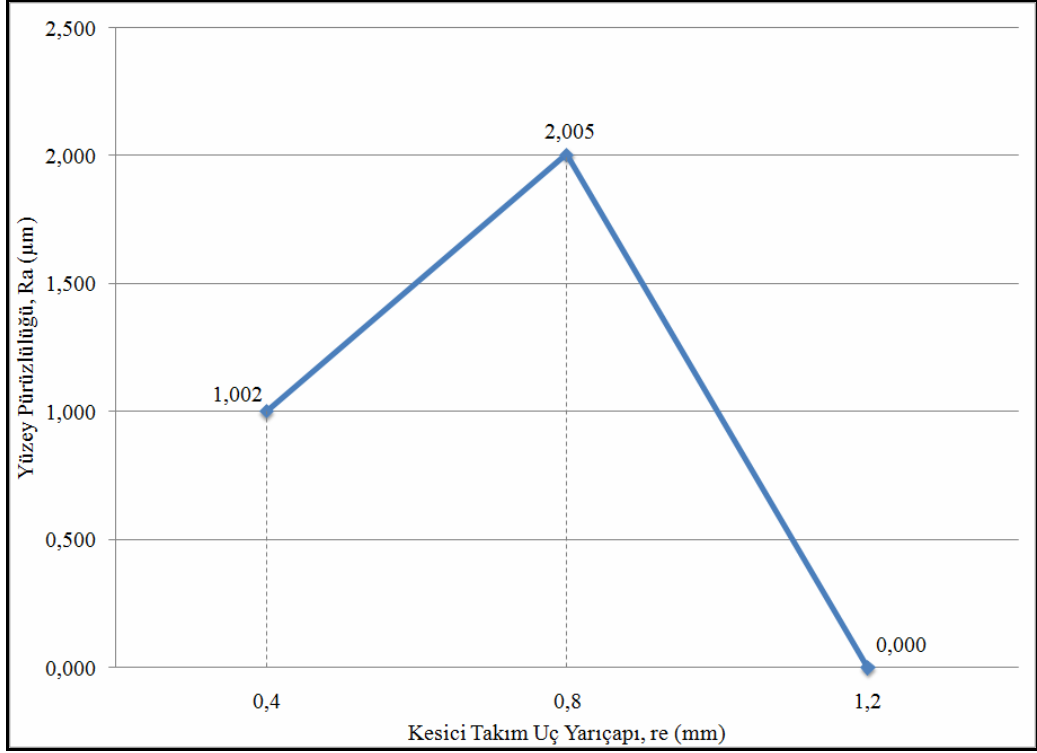
**Şekil 4.36** İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.37’de ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.37** İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

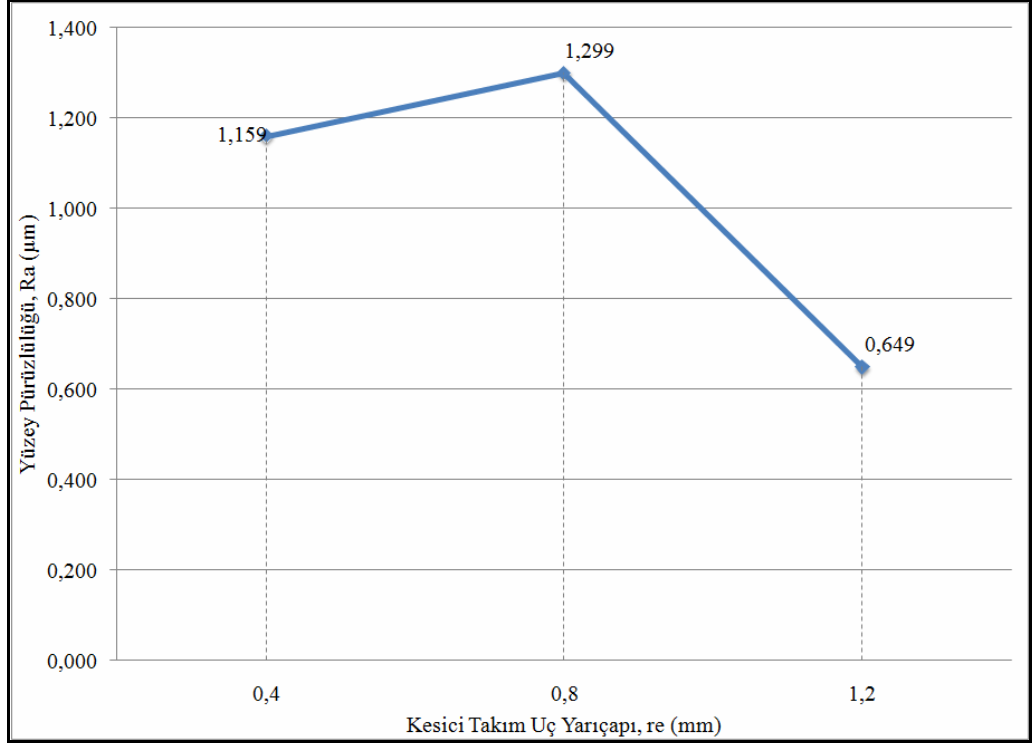
Şekil 4.38’de ikinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.38** İkinci deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

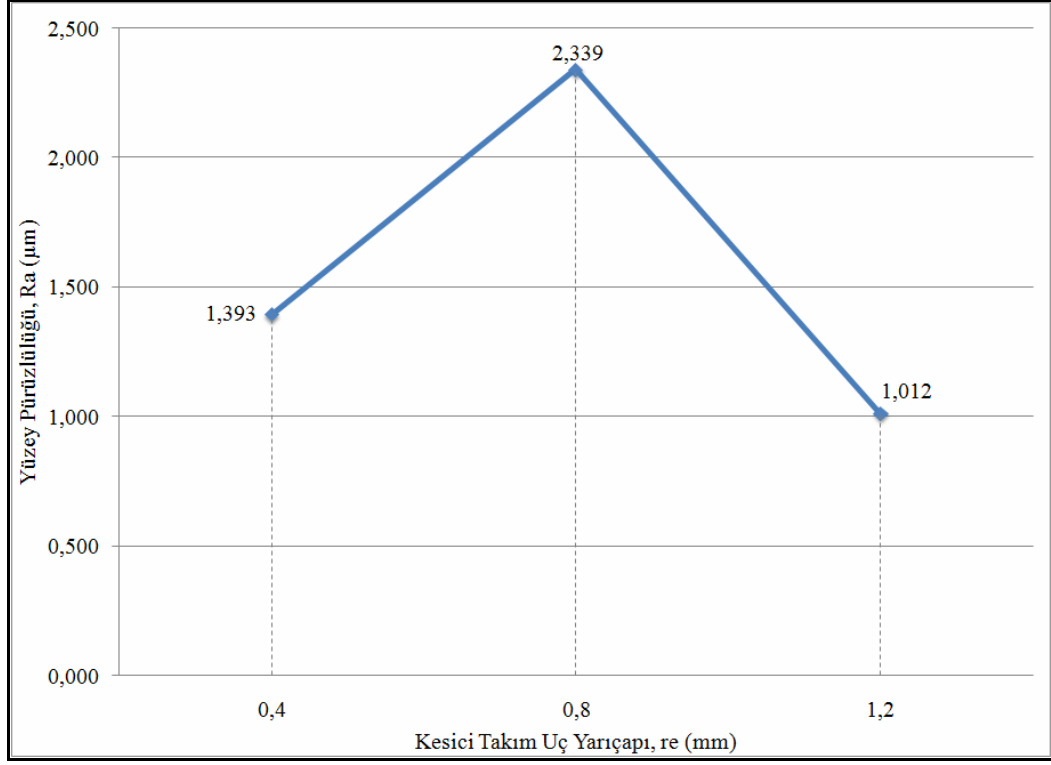
İkinci deney serisinde ilerleme ve uç yarıçapı değişiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisini anlamak güçtür. Çünkü grafikler incelendiğinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ilerleme ve kesici takım uç yarıçapına bağlı olarak değişmediği görülmüştür.

Şekil 4.39'da üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



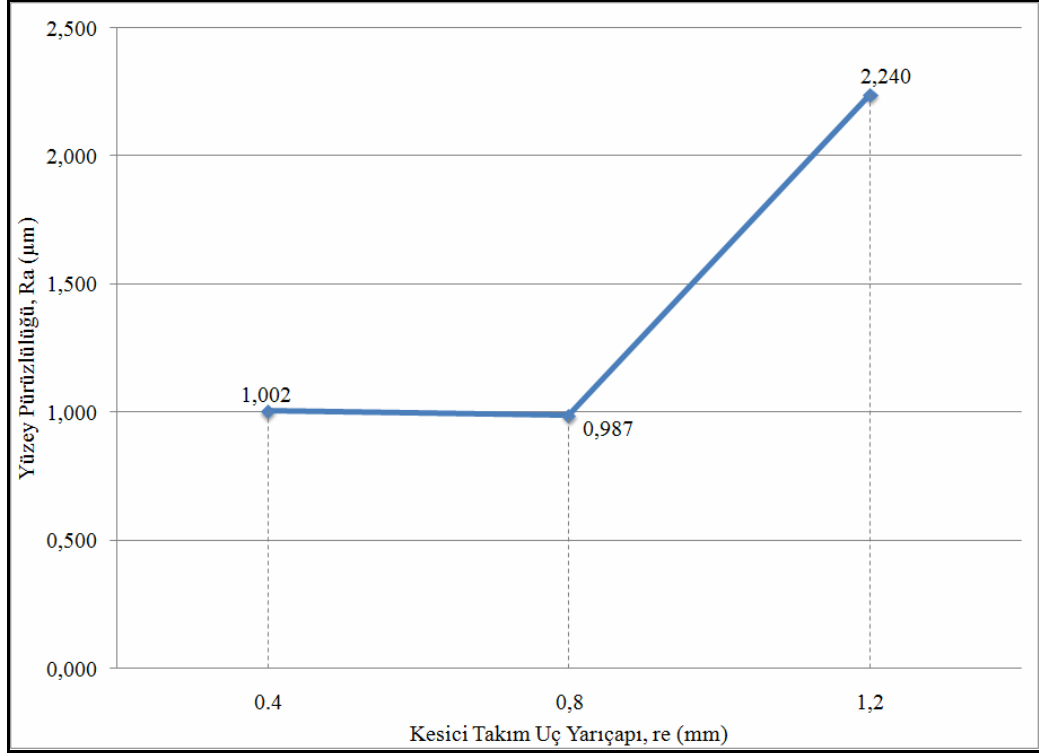
**Şekil 4.39** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,1 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.40'da üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.40** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,2 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Şekil 4.41’de üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.41** Üçüncü deney serisine ait ilerleme değeri 0,3 mm/devir olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ile kesici takım uç yarıçapı değişimi grafiği

Üçüncü deney serisinde grafikler ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne hangi yönde etki ettiğini görmek zordur. Fakat 0,1 ve 0,2 mm/devirde uç yarıçapı 0,8 mm iken en büyük yüzey pürüzlülüğü değerlerine uç yarıçapı 1,2 mm iken en küçük yüzey pürüzlülüğü değerine ulaşılmıştır.

Yüzey kalitesinin kesme hızının artmasıyla düşmesi beklenir<sup>(8)</sup>. Fakat grafiklerden de anlaşılacağı üzere böyle bir düşme söz konusu değildir. Aksine kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri düşme eğilimi göstermiş ve yüzey kalitesi iyileşmiştir. Tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde en büyük etkiyi ilerleme hızı (f), sonra kesme derinliği (ap) ve en az etkiyi kesme hızı (V) yapmaktadır. İlerleme ve kesme derinliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz

yönde etkilemektedir. Fakat bu çalışmada kesme derinliği değişken olarak kullanılmamıştır. Bu nedenle kesme derinliğinin yüzey kalitesine herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Grafiklerde görüldüğü üzere bu teoriye uygun olarak ilerleme miktarları arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri artış göstermiştir. Büyük uç yarıçapına sahip kesici takımlarda aşınmanın daha geç oluşması ve daha küçük aşınma değerlerine ulaşmak mümkündür. Aşınmanın daha küçük değerlerde olması yüzey pürüzlülüğü değerinin daha küçük olmasını ve daha iyi yüzey kalitesine sahip olmayı sağlar. Fakat bu çalışmada benzer yönde bir sonuca ulaşmak mümkün değildir. Grafiklerde de görüldüğü gibi büyük uç yarıçapına sahip takımlarla ve küçük uç yarıçapına sahip kesici takımlarla yapılan denemelerde çeşitli büyüklüklerde yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir.

#### **4.6. Talaş Şekillerinin ve Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi**

Bu verilerden yola çıkılarak kesici takım yanal yüzey aşınmalarının ve talaş şekillerinin karakteristiğini belirlemek amacıyla kesici takımlarda oluşan yanal yüzey aşınmaları ve bu deneylerden elde edilen talaşlardan alınan talaş numuneleri JSM 5600 taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir. Kesme parametrelerinin talaş şekilleri ve talaş yüzeylerine etkisini araştırmak amacıyla inceleme grupları kesme hızı, ilerleme ve kesici takım uç yarıçapları aynı olan deneylerden alınan numunelerden oluşmuştur. Çizelge 4.29'da seçilen inceleme gruplarını oluşturan kesici takımlar ve talaşların meydana geldiği deneylerin kesme parametreleri verilmiştir.

**Çizelge 4.29** İnceleme gruplarını oluşturan kesici takım ve talaş numunelerinin meydana geldiği deneylerin kesme parametreleri

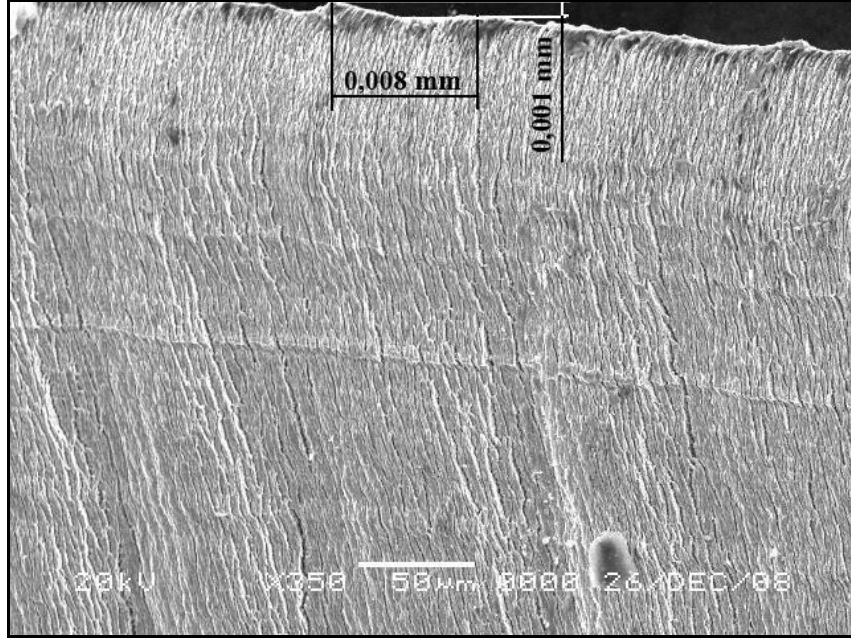
1.Grup	Kesme Hızına Göre Seçilen Talaş Numunelerinin Meydana Geldiği Deneylerin Kesme Parametreleri	V(m/dak)	f(mm/devir)	re(mm)
		500	0,1	0,8
		350	0,1	0,8
		200	0,1	0,8
2.Grup	İlerlemeye Göre Seçilen Talaş Numunelerinin Meydana Geldiği Deneylerin Kesme Parametreleri	V(m/dak)	f(mm/devir)	re(mm)
		500	0,1	0,8
		500	0,2	0,8
		500	0,3	0,8
3.Grup	Uç Yarıçapına Göre Seçilen Talaş Numunelerinin Meydana Geldiği Deneylerin Kesme Parametreleri	V(m/dak)	f(mm/devir)	re(mm)
		500	0,3	0,4
		500	0,3	0,8
		500	0,3	1,2

Birinci deney serisinin ikinci deneyinde kesme hızı 500 m/dak, ilerleme 0,1 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm kullanılmıştır. Birinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımında oluşan yanal yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskopundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.42’de verilmiştir.



**Şekil 4.42** Birinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan elde edilmiş görüntüsü

Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.43'de verilmiştir.



**Şekil 4.43** Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

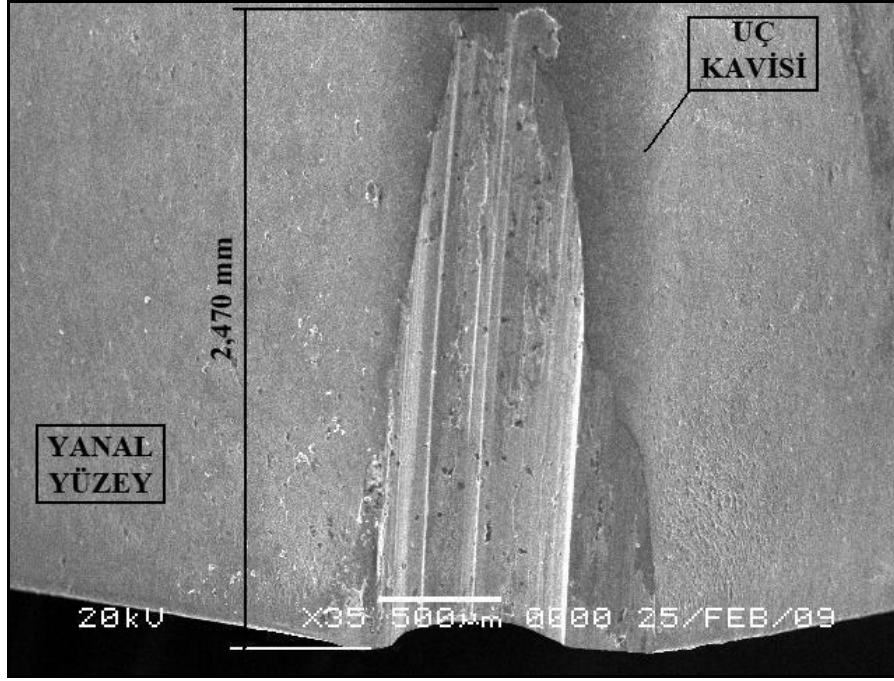
Şekil 3.7’deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.30’da verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.30** Birinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,008	0,001	0,006

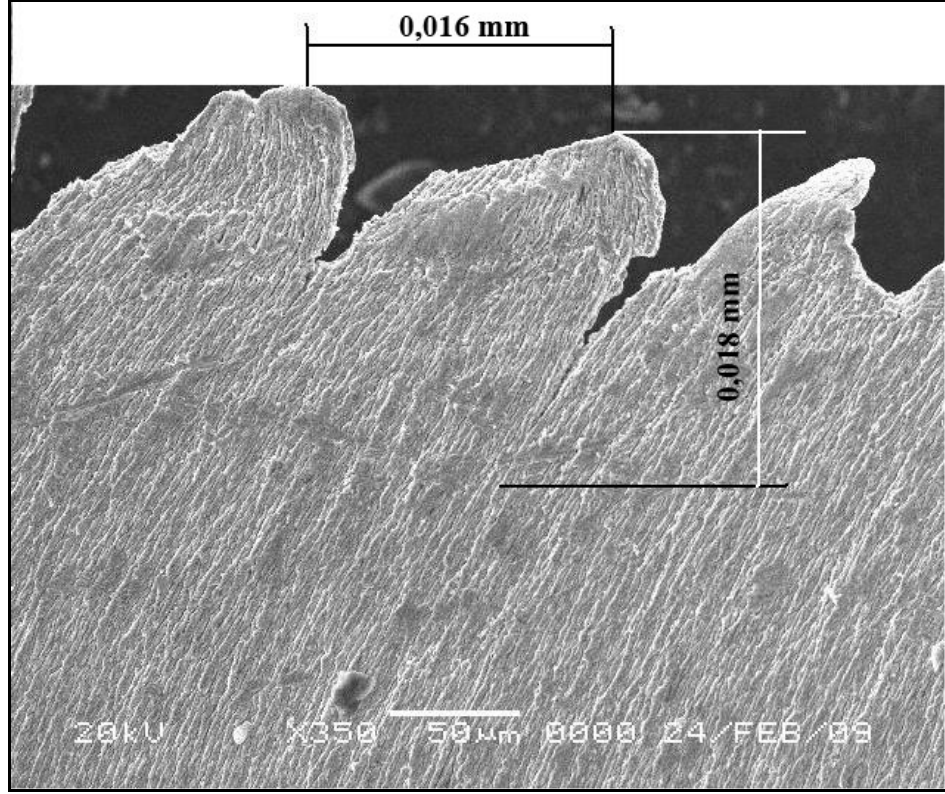
İkinci deney serisinin ikinci deneyinde kesme hızı 350 m/dak, ilerleme 0,1 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm kullanılmıştır. İkinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanal yüzey aşınmasının

tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.44'de verilmiştir.



**Şekil 4.44** İkinci deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.45'de verilmiştir.



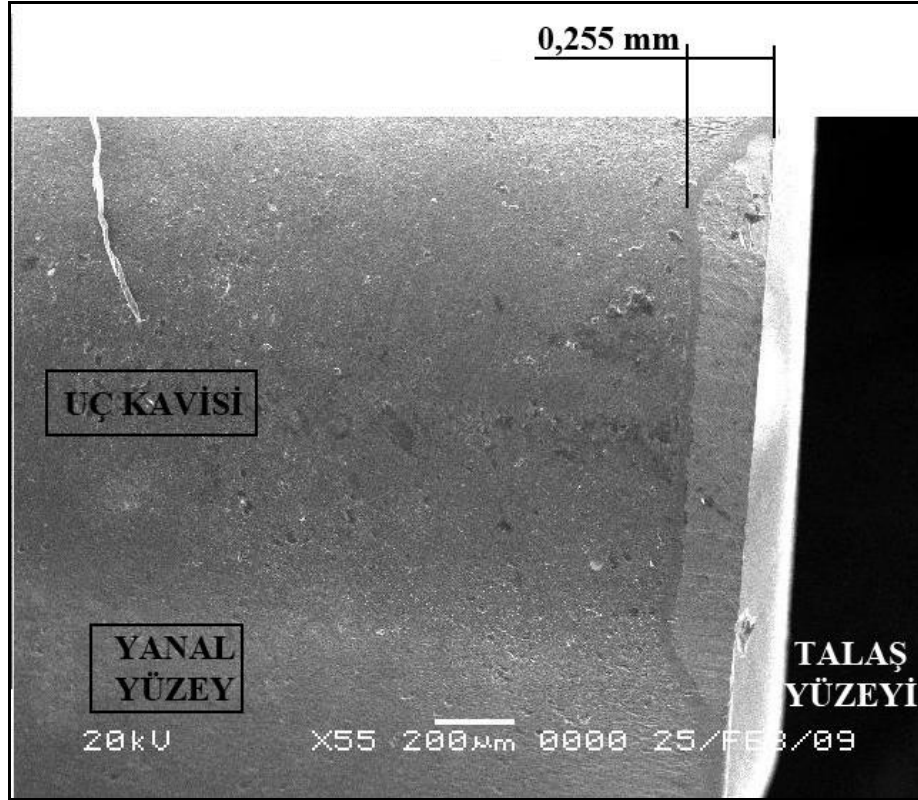
**Şekil 4.45** İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

Şekil 3.7'deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi ikinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.31'de verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.31** İkinci deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

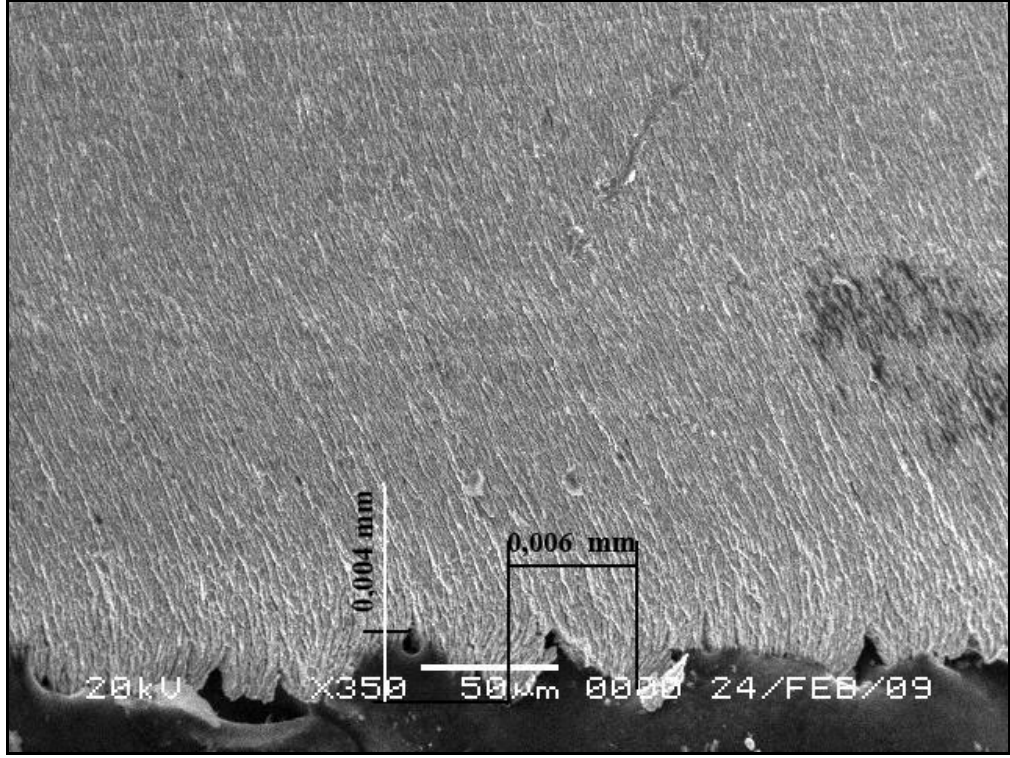
t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,016	0,018	0,003

Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde kesme hızı 200 m/dak, ilerleme 0,1 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm kullanılmıştır. Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanal yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.46'de verilmiştir.



**Şekil 4.46** Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.47'de verilmiştir.



**Şekil 4.47** Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

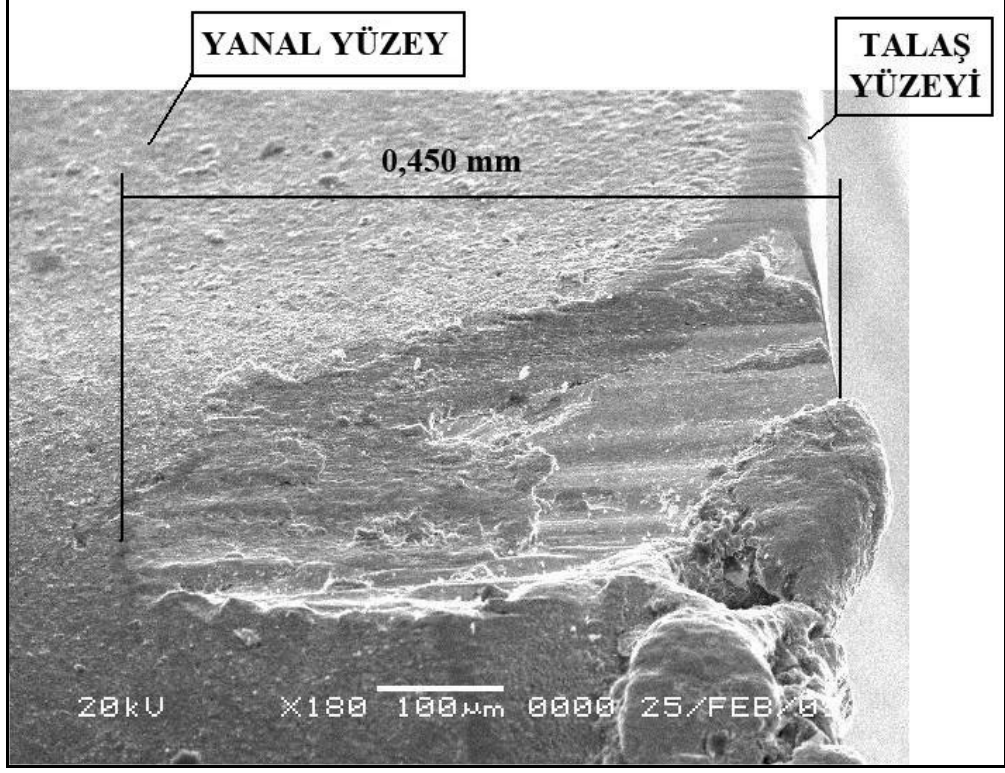
Şekil 3.7’deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.32’de verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.32** Üçüncü deney serisinin ikinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,006	0,004	0,001

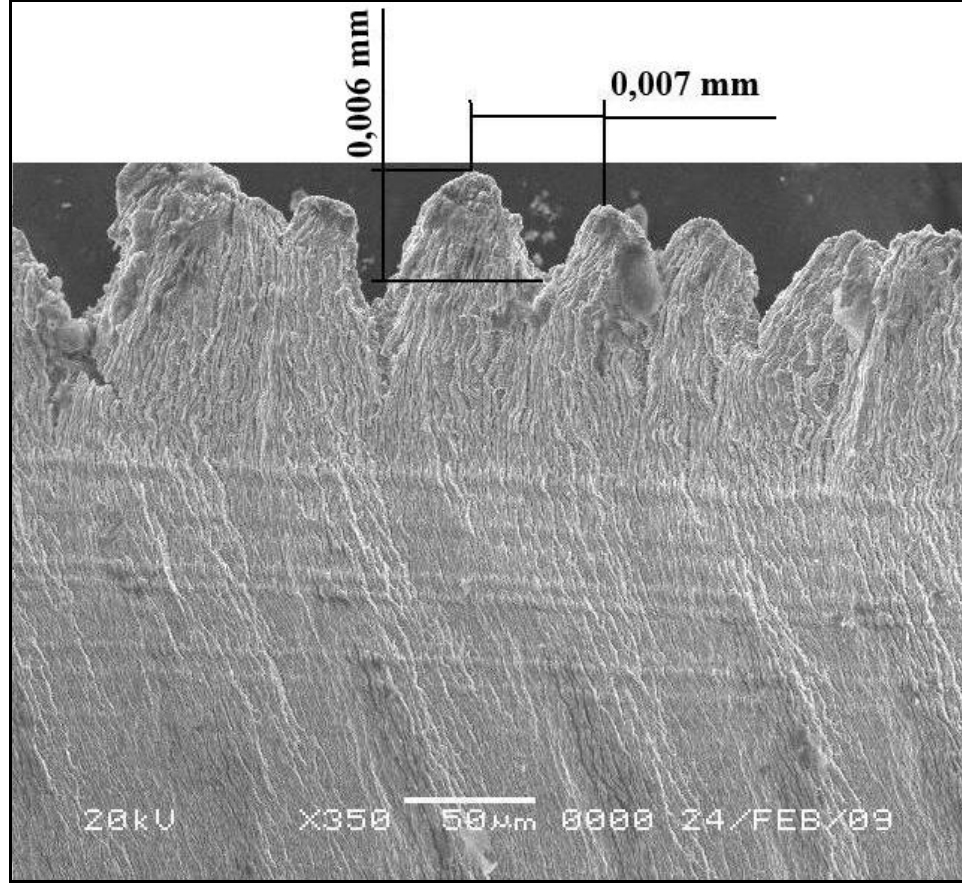
Birinci deney serisinin beşinci deneyinde kesme hızı 500 m/dak, ilerleme 0,2 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm kullanılmıştır. Birinci deney

serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanal yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskobundan(SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.48’de verilmiştir.



**Şekil 4.48** Birinci deney serisinin beşinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.49’da verilmiştir.



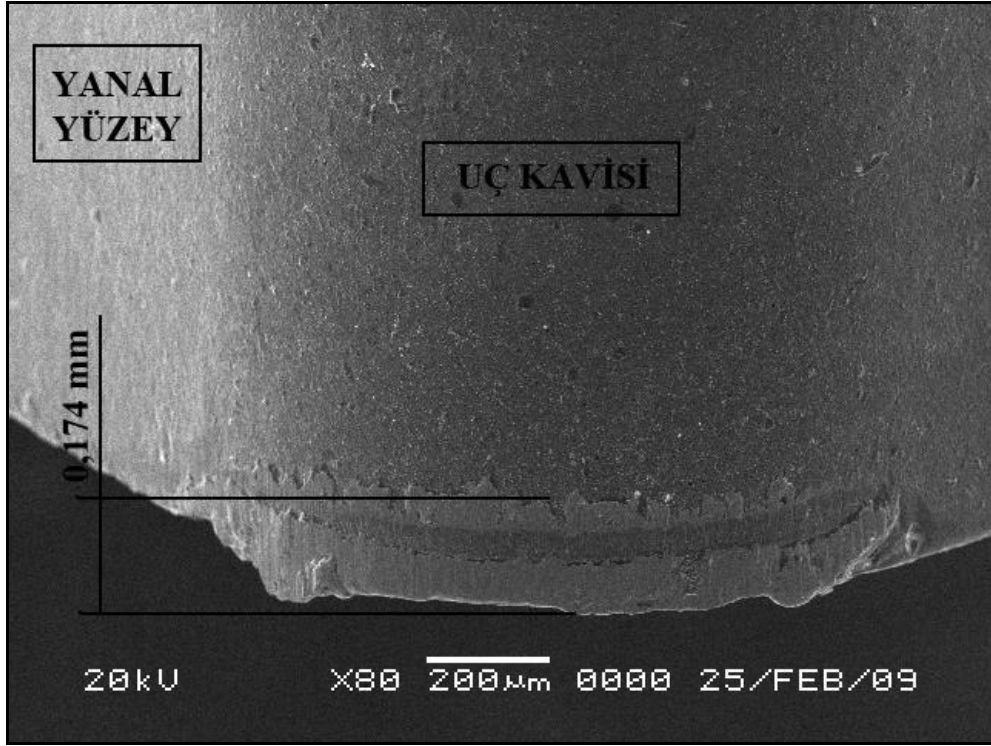
**Şekil 4.49** Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

Şekil 3.7'deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.33'de verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.33** Birinci deney serisinin beşinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

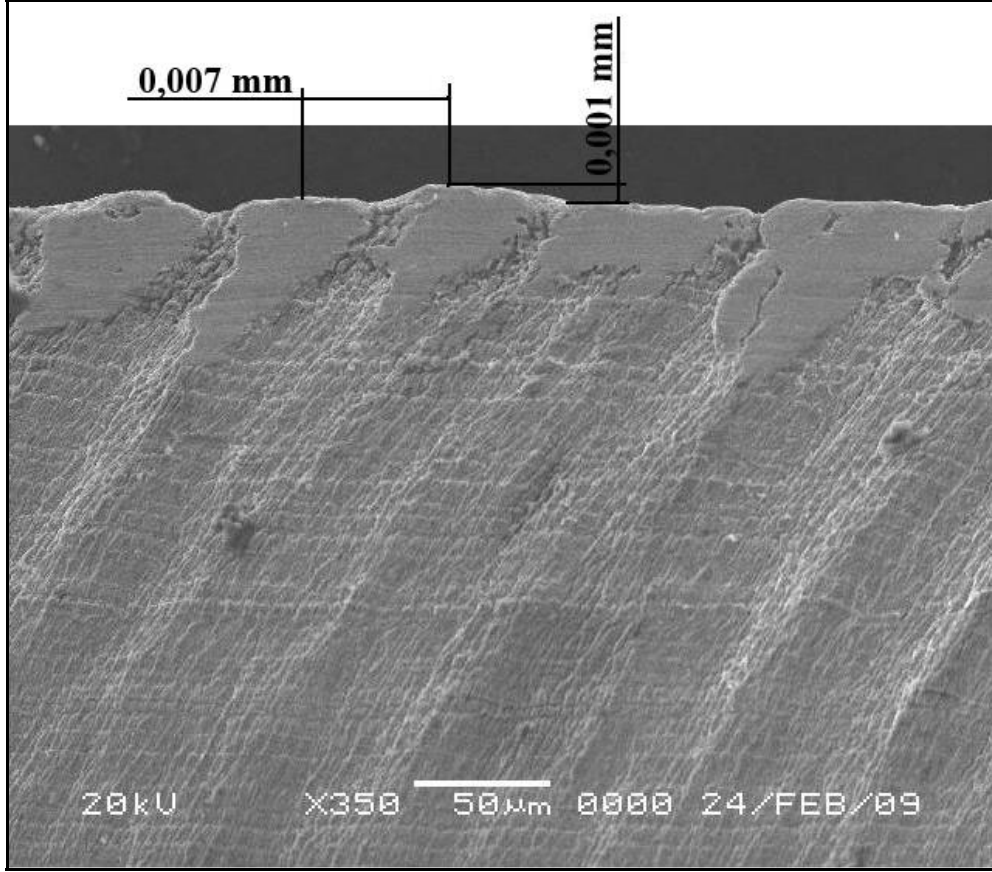
t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,007	0,006	0,004

Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde kesme hızı 500 m/dak, ilerleme 0,3 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm kullanılmıştır. Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanal yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.50’de verilmiştir.



**Şekil 4.50** Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.51’de verilmiştir.



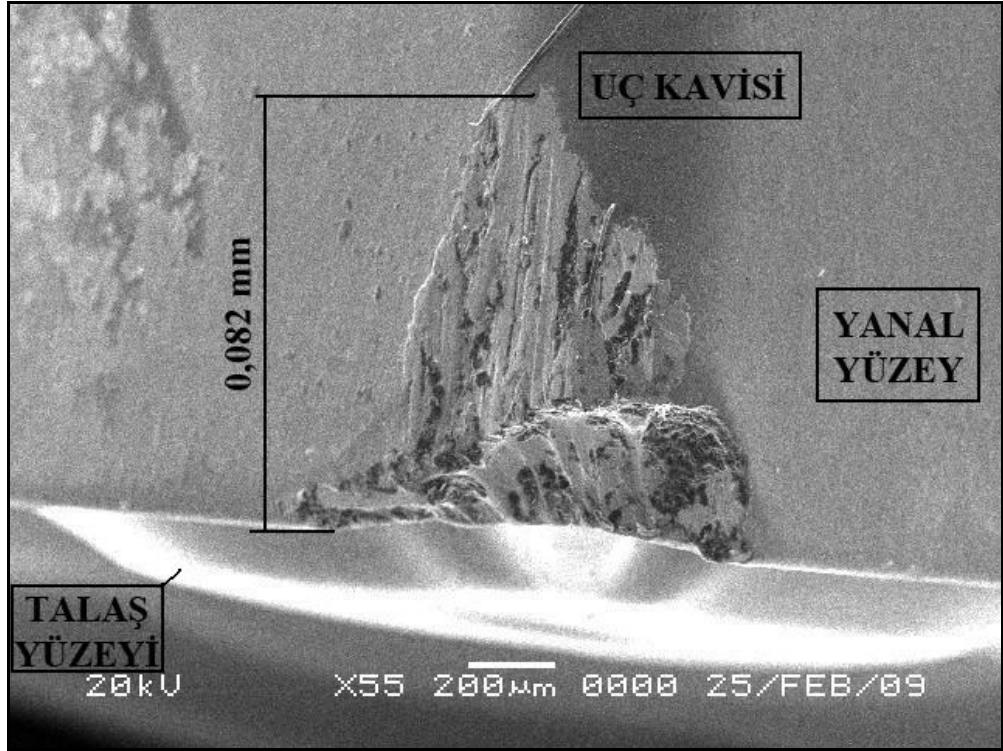
**Şekil 4.51** Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

Şekil 3.7’deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.34’de verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.34** Birinci deney serisinin sekizinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

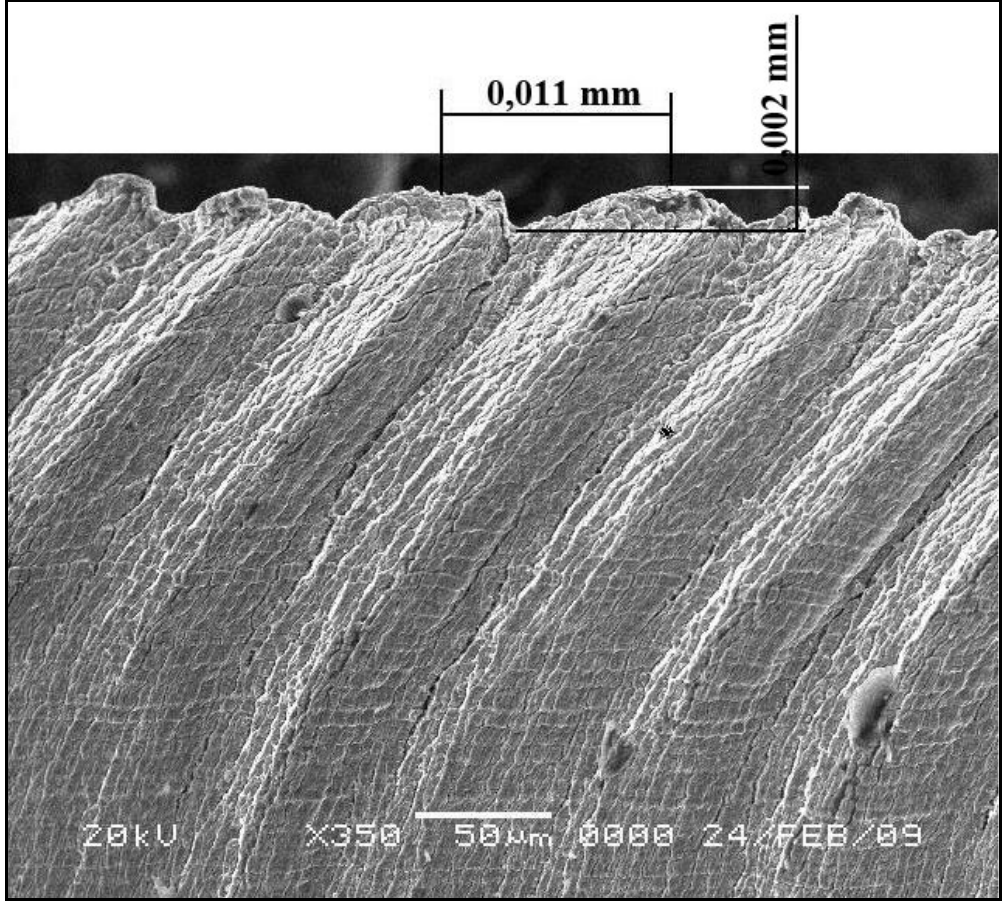
t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,007	0,001	0,008

Birinci deney serisinin yedinci deneyinde kesme hızı 500 m/dak, ilerleme 0,3 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 0,4 mm kullanılmıştır. Birinci deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanal yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.52’de verilmiştir.



**Şekil 4.52** Birinci deney serisinin yedinci deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.53’de verilmiştir.



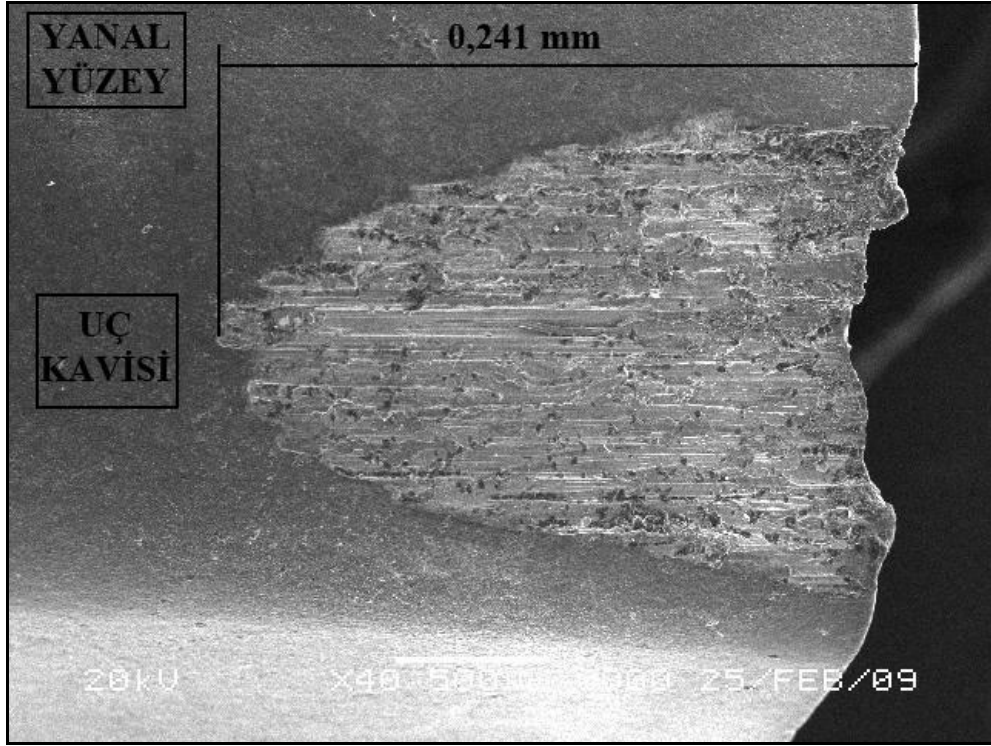
**Şekil 4.53** Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

Şekil 3.7’deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.35’de verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.35** Birinci deney serisinin yedinci deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

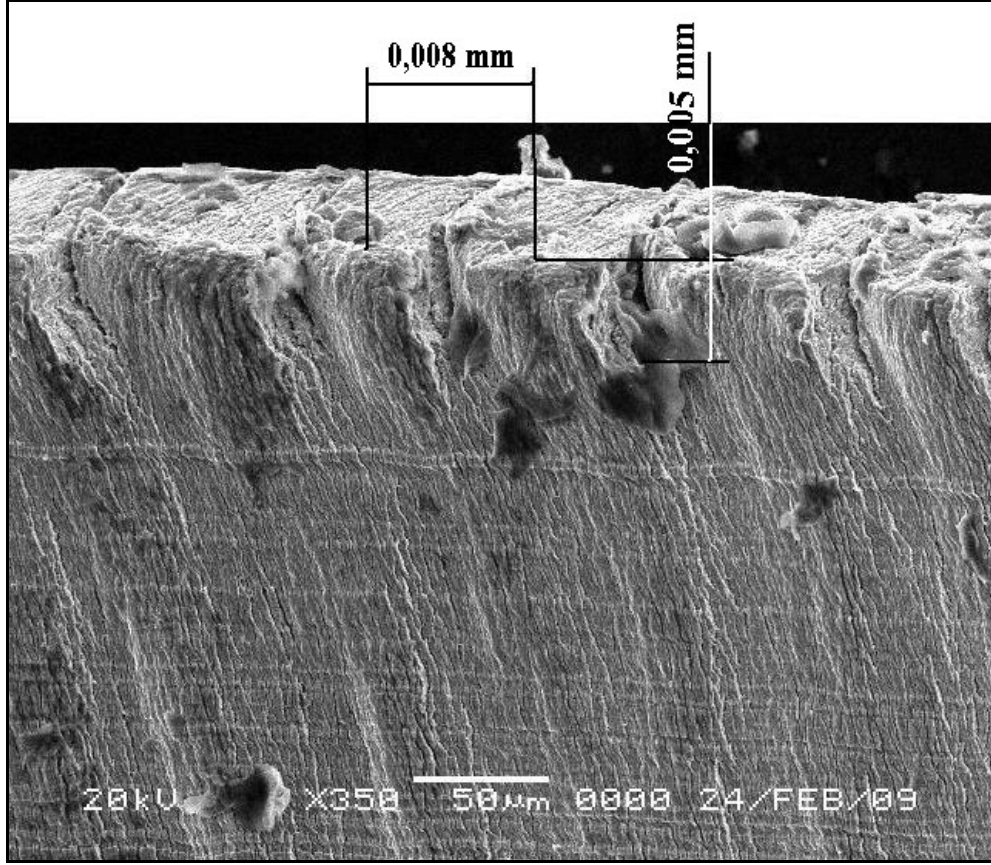
t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,011	0,002	0,006

Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde kesme hızı 500 m/dak, ilerleme 0,3 mm/devir ve kesici takım uç yarıçapı 1,2 mm kullanılmıştır. Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde kullanılan kesici takımda oluşan yanıl yüzey aşınmasının tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.54’de verilmiştir.



**Şekil 4.54** Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde kullanılan kesici takımın elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş resmi

Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü Şekil 4.55’de verilmiştir.



**Şekil 4.55** Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaşın 1 yüzeyinin tarayıcı elektron mikroskobundan (SEM) elde edilmiş görüntüsü

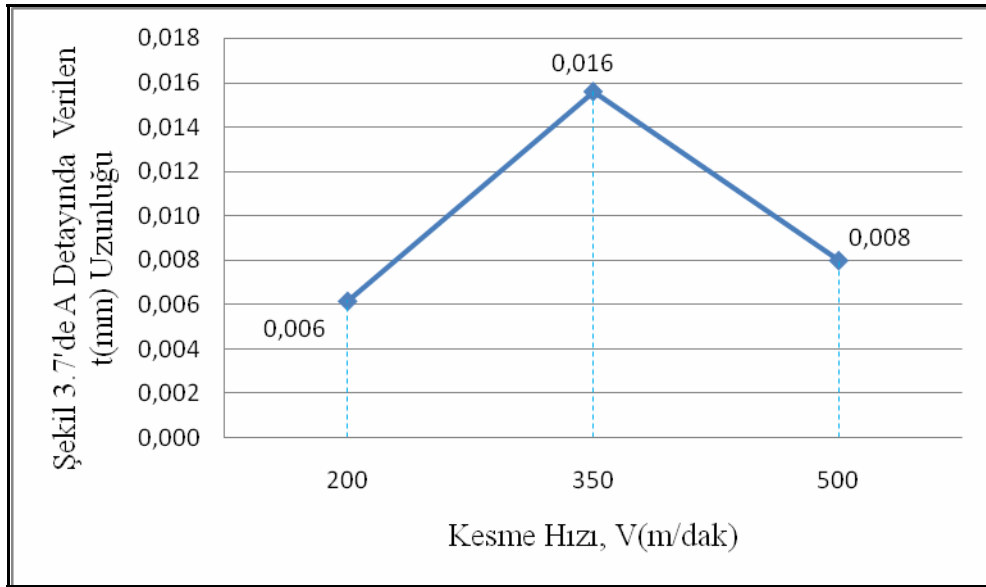
Şekil 3.7'deki temsili talaş resminde gösterildiği gibi birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaşlar üzerinde yapılan incelemede Çizelge 4.36'da verilen ölçümler alınmıştır.

**Çizelge 4.36** Birinci deney serisinin dokuzuncu deneyinde meydana gelen talaş yüzeyinde yapılan inceleme sonucu elde edilen ölçüm değerleri

t	h	1 Yüzeyindeki Çizgiler Arası Uzaklık
mm	mm	mm
0,008	0,005	0,003

#### 4.6.1. Kesme Hızı Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi

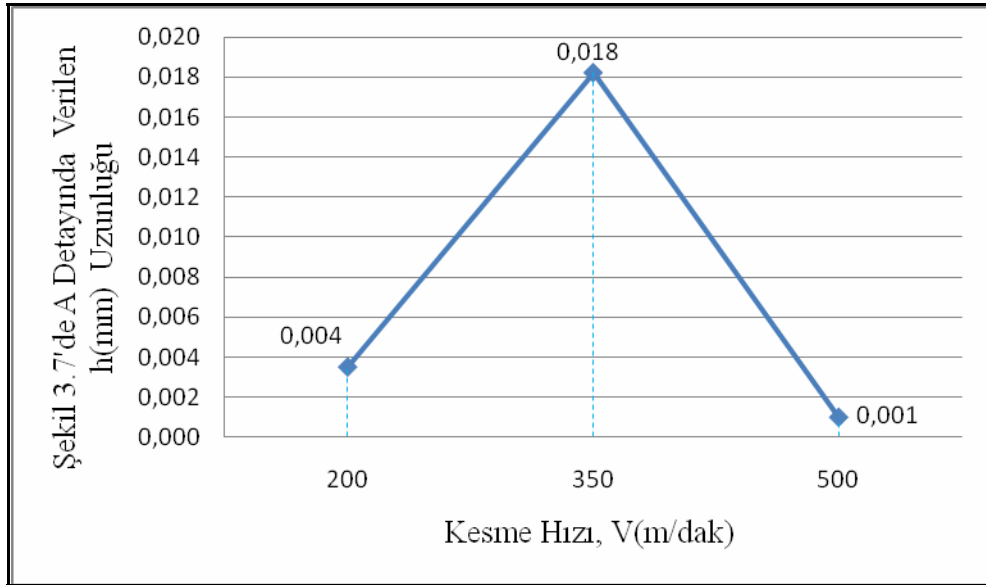
Deneylelerden elde edilen talaşlar arasından kesme hızına göre seçilen numuneler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda kesme hızı değişimine göre Şekil 3.7’de A detayında verilen talaş kenarındaki “t” ve “h” uzunlukları, 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklık ve 2 yüzeyinde oluşan yatay çizgiler arasındaki uzaklık değişimi grafiklerle değerlendirilmiştir. Şekil 4.56’da kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” uzunluğu değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.56 Kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten anlaşılacağı üzere “t” uzunluğu kesme hızı 200 m/dak iken en küçük değerdedir. Kesme hızı 350 m/dak olduğunda “t” uzaklığı en büyük değere ulaşmıştır. Kesme hızı 500 m/dak iken “t” uzaklığı düşme eğilimi göstermiştir.

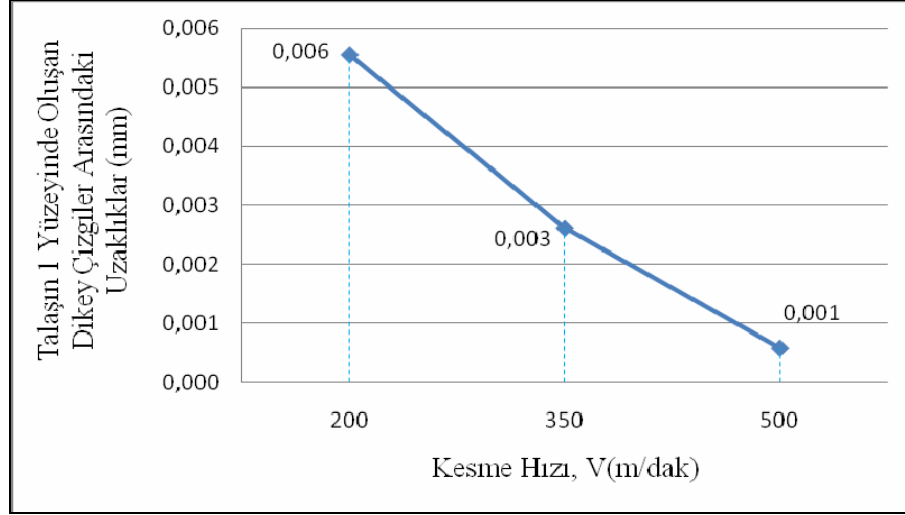
Şekil 4.57’de kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” uzunluğu değişimi grafiği verilmiştir.



Şekil 4.57 Kesme hızı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” (mm) uzunluğu değişimi grafiği

Kesme hızı 200 m/dak’dan 350 m/dak’ya yükseldiğinde “h” yüksekliği en büyük değere ulaşmıştır. Kesme hızı 500 m/dak’ya ulaştığında ise “h” yüksekliği değeri en küçüktür.

Şekil 4.58’de kesme hızı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği verilmiştir.

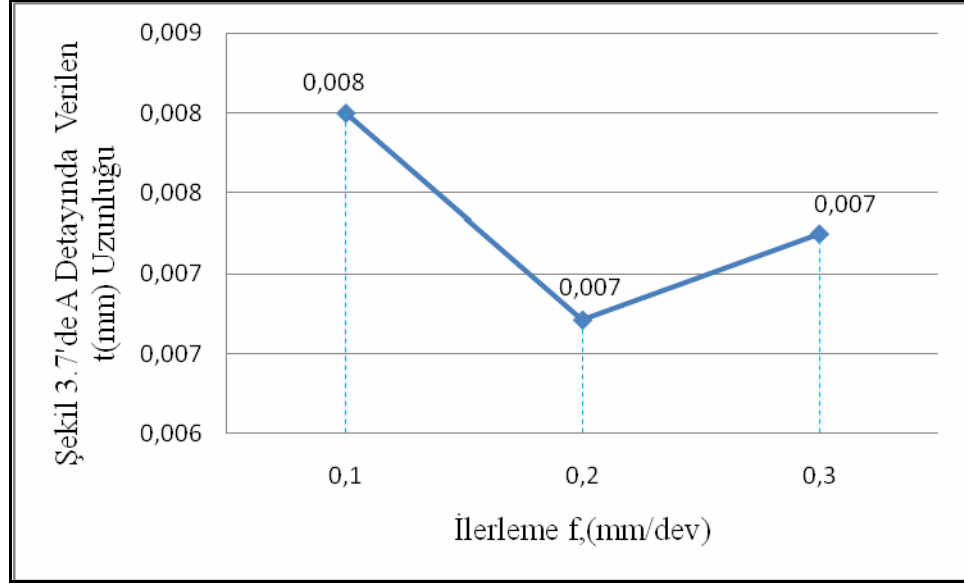


**Şekil 4.58** Kesme hızı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı üzere kesme hızı küçüldükçe talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar büyümüşür.

#### 4.6.2. İlerleme Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi

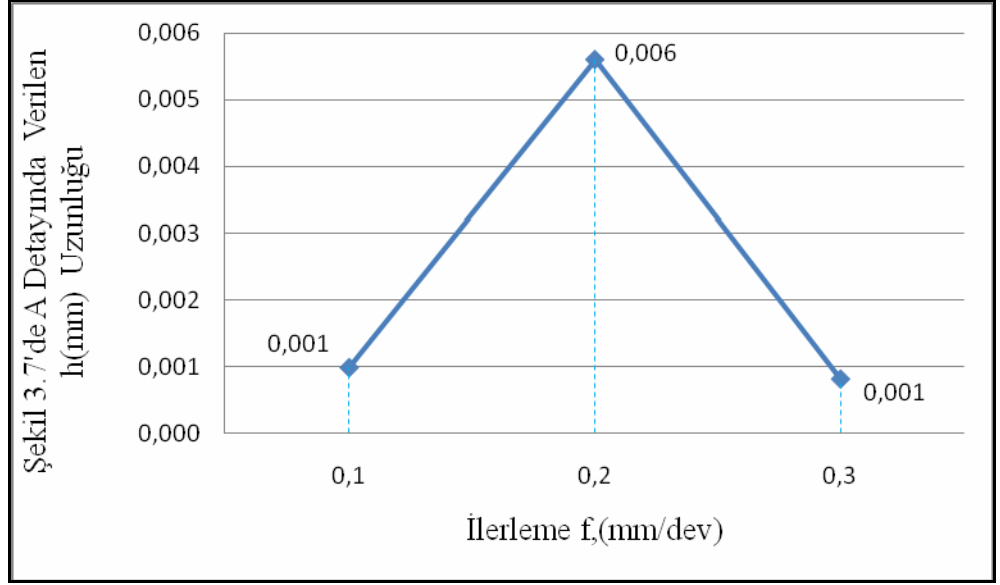
Deneylerden elde edilen talaşlar arasından ilerlemeye göre seçilen numuneler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda ilerleme değişimine göre Şekil 3.7’de A detayında verilen talaş kenarındaki “t” ve “h” uzunlukları, 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklık ve 2 yüzeyinde oluşan yatay çizgiler arasındaki uzaklık değişimi grafiklerle değerlendirilmiştir. Şekil 4.59’da ilerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” uzunluğu değişim grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.59** İlerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten anlaşılacağı üzere “t” uzunluğu ilerleme 0,1 mm/dev iken en büyük değerdedir. İlerleme 0,2 mm/dev ve 0,3 mm/dev olduğunda “t” uzaklığı yaklaşık olarak aynı kabul edilebilir.

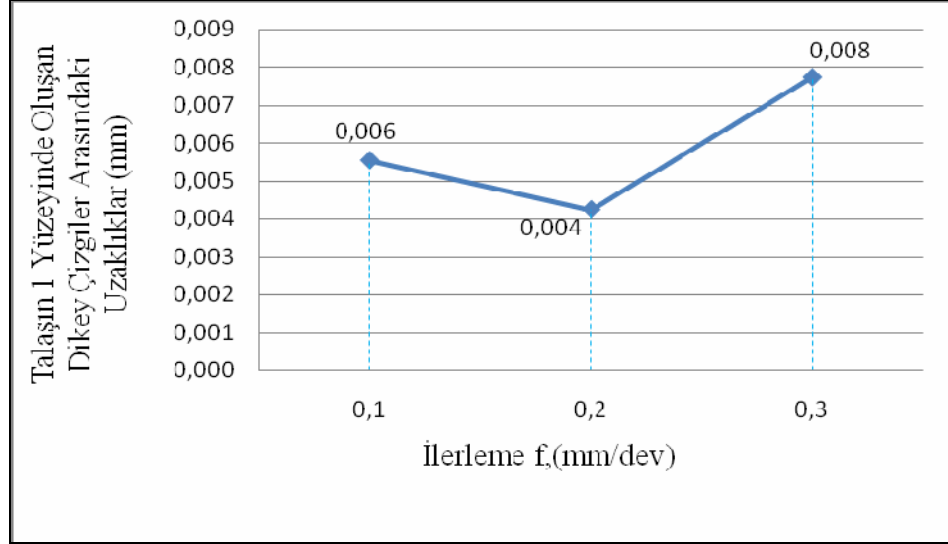
Şekil 4.60’da ilerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” uzunluğu değişim grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.60** İlerleme ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” (mm) uzunluğu değişimi grafiği

İlerleme 0,2 mm/dev iken “h” en büyük değere ulaşmıştır. İlerleme 0,1 mm/dev ve 0,3 mm/dev olduğunda h uzaklığı yaklaşık olarak aynı kabul edilebilir.

Şekil 4.61’de ilerleme ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği verilmiştir.

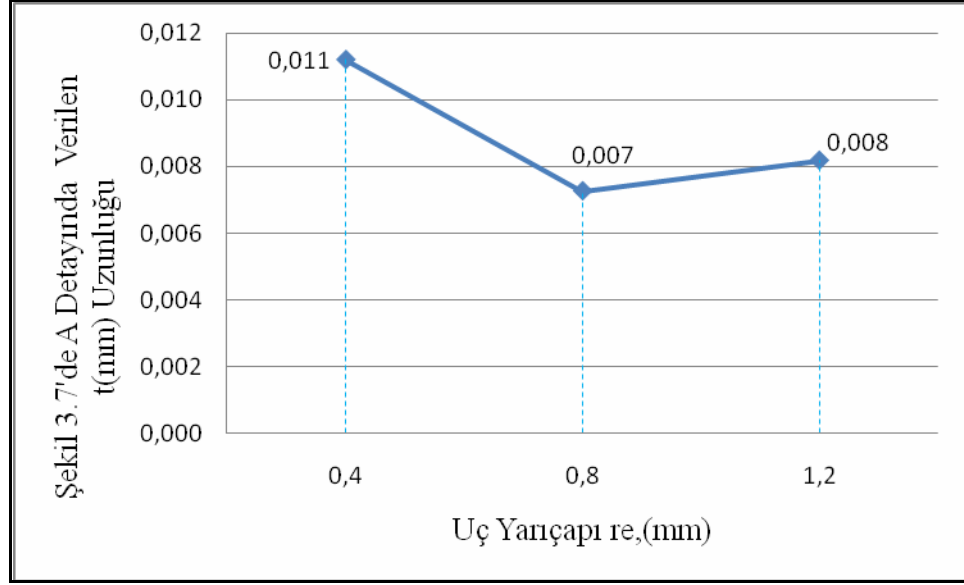


**Şekil 4.61** İlerleme ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı ilerleme 0,1 mm/dev'den 0,2 mm/dev'e yükseldiğinde talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar küçülmüştür. Fakat ilerleme 0,3 mm/dev olduğunda talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar en büyük değerine ulaşmıştır.

#### **4.6.3. Kesici Takım Uç Yarıçapı Değişimine Göre Talaş Yüzeylerinin Değerlendirilmesi**

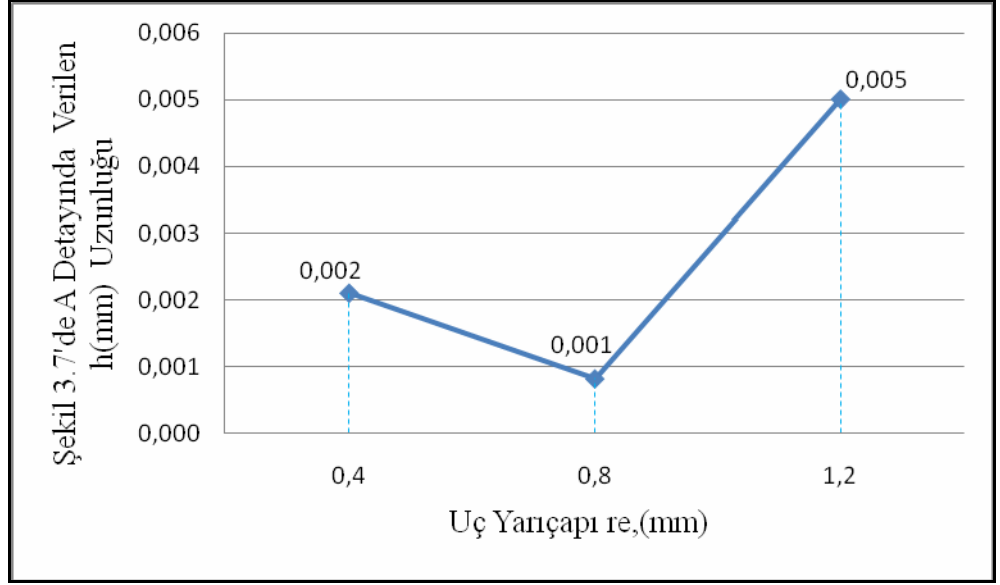
Deneylerden elde edilen talaşlar arasından seçilen numuneler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda kesici takım uç yarıçapı değişimine göre Şekil 3.7'de A detayında verilen talaş kenarındaki "t" ve "h" uzunlukları, 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklık ve 2 yüzeyinde oluşan yatay çizgiler arasındaki uzaklık değişimi grafiklerle değerlendirilmiştir. Şekil 4.62'de kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7'de A detayında verilen talaş kenarındaki "t" uzunluğu değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.62** Kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” (mm) uzunluğu değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten anlaşılacağı üzere Şekil 3.7’de A detayında verilen “t” uzunluğu kesici takım uç yarıçapı 0,4 mm iken en büyük değerdedir. Kesici takım uç yarıçapı 0,8 mm olduğunda “t” uzaklığı da en küçük değerine ulaşmıştır. Kesici takım uç yarıçapı 1,2 mm iken “t” uzaklığı tekrar yükselme eğilimi göstermiştir.

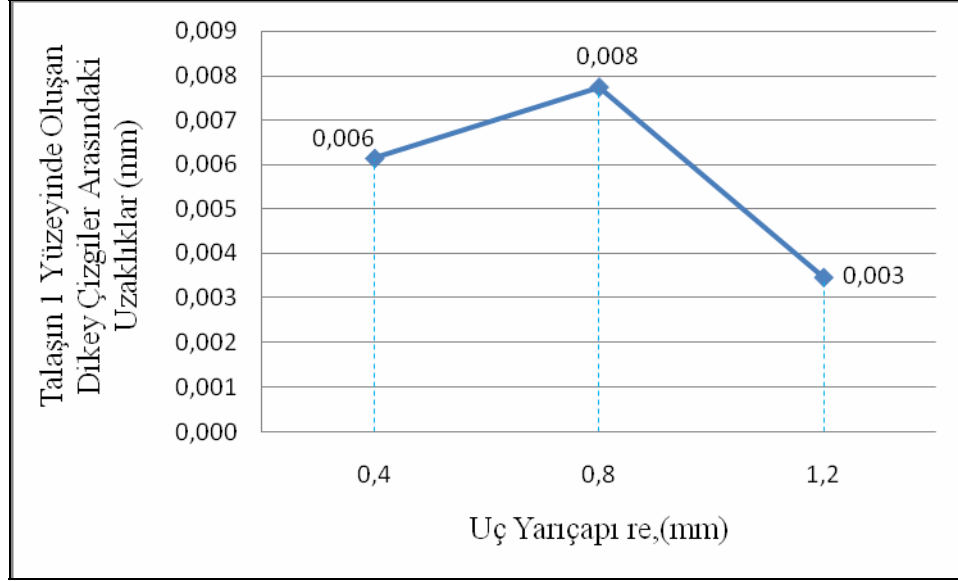
Şekil 4.63’de kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” uzunluğu değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.63** Kesici takım uç yarıçapı ve Şekil 3.7’de A detayında verilen “h” uzunluğu değişimi grafiği

Kesici takım uç yarıçapı 0,4 mm’den 0,8 mm’ye yükseldiğinde “h” uzunluğu düşme eğilimi göstermiştir. Kesici takım uç yarıçapı 1,2 mm iken “h” en büyük değere ulaşmıştır.

Şekil 4.64’de kesici takım uç yarıçapı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği verilmiştir.



**Şekil 4.64** Kesici takım uç yarıçapı ve talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıkların değişimi grafiği

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı kesici takım uç yarıçapı 0,4 mm'den 0,8 mm'ye yükseldiğinde talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar büyümüştür. Fakat kesici takım uç yarıçapı 1,2 mm olduğunda talaşın 1 yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar en küçük değerine ulaşmıştır.

#### 4. SONUÇ

260 HB'ye sertleştirilmiş PMD23 toz metalürjisi ile üretilen malzemenin tornalanmasında, üç farklı takım geometrisine sahip kesici takım yanıl yüzey aşınması, iş parçası yüzey pürüzlülüğü, deney serilerinde meydana gelen talaş şekilleri ve kesici takımın talaş üzerinde meydana getirdiğı çizgiler arasındaki uzaklıklar açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca kesici takımlarda oluşan yanıl yüzey aşınmasına, iş parçasının yüzey pürüzlülüğüne, deney serilerinde meydana gelen talaş şekilleri ve kesici takımın talaş üzerinde meydana getirdiğı çizgiler arasındaki uzaklıklara kesme parametrelerinin (kesme hızı “ $V_c$ ”, ilerleme miktarı “ $f$ ”, kesici takım uç yarıçapı “ $r_e$ ”) etkileri incelenmiştir.

Kesme hızı, ilerleme ve kesici uç yarıçapı parametrelerinden kesici yanıl yüzey aşınmasına en fazla etkiyi gösteren kesme parametresi kesme hızı olduğu görülmüştür. Yanıl yüzey aşınmasına ikinci etkiyi ilerlemenin yaptığı tespit edilmiştir. Takım ömürlerinin tanımlanmasında, TS 10329 standardının tavsiye ettiği yanıl yüzey aşınması  $VB_{max} = 0,3$  mm alınmıştır. Bütün deney serileri göz önüne alındığında deney sonuçlarının % 66,66'sı takım ömrünü tamamlamıştır. 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda oluşan yanıl yüzey aşınması diğer uç yarıçapına sahip kesici takımlarla karşılaştırıldığında daha küçük olduğu görülmüştür. Yanıl yüzey aşınmasını en aza indirmek amacıyla bu iş parçası ve kesici takım için kesme hızını düşürmek ve ilerleme miktarını yükseltmek gerekmektedir.

Ayrıca yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Kullanılan iş parçası ve kesici takım ikilisi için kesme hızı arttıkça yüzey kalitesi iyileşmiştir. Fakat kesici takım yanıl yüzey aşınmasıyla ters orantılı

olarak ilerleme miktarları arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri artış göstermiş yüzey kalitesi kötüleştirmiştir.

Kesme deneylerinde kullanılan kesme parametreleri kesme hızı, ilerleme ve kesici takım uç yarıçapının meydana gelen talaş şekilleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla kesme hızı, ilerleme ve kesici takım uç yarıçapı parametrelerinin aynı olduğu deneylerden elde edilen talaşlar üzerinde inceleme yapılmıştır.

Kesme hızı arttıkça kesici takımın talaş yüzeyine sürtünme süresi kısaldığı için talaş kenarında girinti şeklinde oluşan şekiller arasındaki uzaklıklar büyümüştür. Bu şekillerin yükseklikleri ise tam tersine kesme hızı küçüldükçe artmıştır. Talaşların yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar kesme hızı azaldıkça büyümüştür.

İlerleme arttıkça talaş kenarında girinti şeklinde oluşan şekiller arasındaki uzaklıklar büyümüştür. Bu şekillerin yükseklikleri ise yine aynı şekilde kesme hızı büyüdükçe artmıştır. Talaşların yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar farklı ilerlemelerde belirli bir yönde olmamıştır.

Talaş kenarında girinti şeklinde oluşan şekiller arasındaki uzaklıklar farklı uç yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerde meydana gelen talaşlardan elde edilen değerler belirli bir yönde olmayıp çok farklı değerler elde edilmiştir. Bu şekillerin yükseklikleri ise şekil genişlikleri ile benzer şekilde çok farklıdır. Kesici takım uç yarıçapı farklılaştıkça hem küçük değerler hem de büyük değerler elde edilmiştir. Talaşların yüzeyinde oluşan dikey çizgiler arasındaki uzaklıklar küçük uç yarıçapına sahip takımlarla yapılan deneylerde meydana gelen talaşlarda daha büyüktür.

## KAYNAKLAR

1. Chou, K. , Evans, C. J. , Wear, **212**, 59(1997)
2. Devillez, A. , Schneider, F. , Dominiak, S. , Dudzinski, D. , Larouquere, D. , Wear, **262**, 931(2007)
3. Remadna, M. , Rigal, J. F. , Journal Materials Processing Technology, **178**, 67(2006)
4. Axinte, D. A. , Andrews, P. , Li, W. , Gindy, N. , Withers, P. J. , Annals of The CIRP Vol. **55**, 1(2006)
5. Saravanapriyan, S. N. A. , Vijayaraghavan, L. , Krishnamurthy, R. , Journal Materials Processing Technology, **134**, 166(2003)
6. Khrais, S. K. , Lin, Y. J. , Wear, **262**, 64(2007)
7. Yong, A. Y. L. , Seah, K. H. W. , Rahman, M. , International Journal of Machine Tools And Manufacture Design, Research And Application, **46**, 2051(2006)
8. Camuşçu, N. , Materials And Design, **27**, 997(2006)
9. Rech, J. , Surface And Coatings Technology, **200**, 5132(2006)
10. Chou, Y. K. , Evans, C. J. , Barash, M. M. , Journal Materials Processing Technology, **134**, 1(2003)
11. Hua, J. , Shivpuri, R. , Cheng, X. , Bedekar, V. , Matsumoto, Y. , Hashimoto, F. , Watkins, T. R. , Materials Science And Engineering, **394**, 238(2005)
12. Coelho, R. T. , Silva, L. R. , Braghini, A. , Bezerra, A. A. , Journal Materials Processing Technology, **148**, 147(2004)
13. Özel, T. , Hsu, T. , Zeren, E. , Int J Adv Manuf Technol, **25**, 262(2005)
14. Kurt, A. , Şeker, U. And Design, **26**, 351(2005)

15. Aslan, E. , CamuŖcu, N. , Birgören, B. , Materials And Design, **28**, 1618 (2007)
16. Orhan, S. , Er, A. O. , CamuŖcu, N. , Aslan, E. , NDT And E International, **40**, 121 (2007)
17. Günay, M. , Aslan, E. , Korkut, İ. , Ŗeker, U. , International Journal Of Machine Tools And Manufacture, **44**, 953 (2004)
18. Aydın, B. , AA2014 AlaŖımında YaŖlandırma Isıl İŖleminin İŖlenebilirlik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2002
19. Kasap, M. , AISI Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İŖlenebilirliğinde En Uygun Kesme Parametrelerinin ve İŖleme Ŗartlarının Deneysel Olarak AraŖtırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001
20. AŖkun, Y. , ÖztemperlenmiŖ Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İŖlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001
21. Mills, B. , Redford A. H. , Machinability of Engineering Materials, Applied Science Publishers Ltd., London And New York, 1983
22. Ŗahin, Y. , TalaŖ Kaldırma Prensipleri 1, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2000
23. Avuncan, G. , TalaŖ Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, Makine Takım A.Ŗ. , İstanbul, 1998
24. Can, A. , AISI 5140 Çeliğinin Sermet PVD İle TiAlN-CVD İle TiN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri Kaplama Cinsi ve Takım AŖınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2003

25. Özdemir, Ö. , İpek, M. , Zeytin, S. , Kesici Takım Malzemeleri, Makine Mühendisleri Odası Dergisi, **4(1)**, 92(2000)
26. Kayacan, M. C. , CNC Tornalama İşlemleri İçin Kesici Takım Seçiminin ve Kesme Parametrelerinin Birlikte Belirlenmesi, Makine Mühendisleri Konferansı, İstanbul, 1997
27. Çakır, M. C. , Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Vipaş A.Ş., Bursa, 1999
28. Kandemir, K. , Kesici Takım Malzemesi Olarak Kullanılan Seramikler, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 1998
29. Malyer, E. , kesici Takımlarda Aşınma, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 2001
30. Uyanık, C. , Talaşlı İmalatta Seramik Kesicilerin Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 1997
31. Basmacı, G. , Nikel Esaslı Süper Alaşım Malzemelerin CNC Freze Tezgahlarında İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2002
32. Çakır, M. C. , Talaşlı İmalat Yöntemlerinin ve Kesici Takımların Tarihsel Gelişimi, Makine Teknik Dergisi, **4(1)**, 1(1996)
33. Aykut, Ş. , CNC Tezgahlarında Kullanılan Kesici Takımların Tasarım Esası, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 1999
34. Yiğit, R. , Kesici Takım Malzemelerinin Bilgisayar Yardımı İle Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 1997
35. Çakır, M. C. , Tornalama İşlemlerinde Bilgisayar Destekli Kesici Takım Seçimi, Makine Teknik Dergisi, **11(3)**, 336(1996)
36. TS 10329, Torna Kalemleri-Ömür Deneyi (Tool Life Testing With Single - Points Turning Tools), 1992

37. TS 8688, Frezelemede Kesici Takım Ömrü Deneyi-Bölüm 1: Yüzey  
Frezeleme (Tool Life Testing in Milling – Part 1: Face Milling), 2002