

**AISI 6150 ÇELİĞİNİN TORNADA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Musa BİLGİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2012
ANKARA**

Musa BİLGİN tarafından hazırlanan “AISI 6150 ÇELİĞİNİN TORNADA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muammer NALBANT

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf ÖZÇATALBAŞ

.....

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 29/02/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Musa BİLGİN

AISI 6150 ÇELİĞİNİN TORNADA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Musa BİLGİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2012

ÖZET

Bu çalışmada, 311 HB sertliğindeki AISI 6150 ıslah çeliği 38 mm çapında ve 220 mm boyunda hazırlanan deney numuneleri CNC torna tezgahında boyuna tornalama süreci esnasında farklı parametrelerin esas kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve talaş şekline etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda; deney numuneleri CVD yöntemi ile Ti (C,N) + Al₂O₃ + TiN kaplanmış kaplamalı karbür, kaplamasız karbür, PVD yöntemi Ti (C,N) kaplanmış kaplamalı sermet ve kaplamasız sermet olmak üzere dört farklı kesici takımla işlenmiştir. Deneyler karbür takımlar ve sermet takımlar için beş farklı kesme hızı değerlerinde yapılmıştır. Karbür takımlarda kullanılan kesme hızı değerleri 150, 200, 250, 300 ve 350 m/dak, sermet takımlarda kullanılan kesme hızı değerleri 150, 175, 200, 225 ve 250 m/dak'dır. Diğer işleme parametreleri bütün kesici takımlar için aynıdır. Bunlar üç farklı ilerleme hızı (0,12 – 0,16 – 0,20 mm/dev), üç farklı talaş derinliği (0,5 – 1 – 1,5 mm) ve üç farklı kesici takım uç yarıçapı (0,4 – 0,8 – 1,2 mm) dır. Bütün deneyler yeni bir kesici takımla, soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda ve her deneyde iş parçası üzerinden 3500 mm³ talaş kaldırılarak yapılmıştır. Deneyler tam faktöryel tertibine göre yapılmış, sonuçlar OriginPro 8.5 programında çizilen grafikler ile yorumlanmıştır. Ayrıca deneysel çalışmalar sonlandıktan sonra kesici takımlarda meydana gelen aşınmalar takım mikroskobu ile incelenerek aşınmalar yorumlanmıştır. Deney sonuçlarına göre, sadece kaplamasız karbür takımda kırılma meydana gelmiştir. Bütün işleme parametreleri yüzey

pürüzlülüğünü, esas kesme kuvvetini, takım aşınmasını ve talaş şeklini etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğüne en etkili parametre ilerleme hızıdır, esas kesme kuvvetinde en etkili parametre talaş derinliği, takım aşınmasına en etkili parametre kesici takım malzemesi, talaş şekillerinin oluşmasında en etkili parametre ise ilerleme hızıdır. Deneyler sonunda en iyi ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) 0,298 μm , en düşük esas kesme kuvveti (Fc) ise 200,59 N olarak elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : AISI 6150, Tornalama, İşlenebilirlik, Yüzey Pürüzlülüğü, Esas Kesme Kuvveti, Kesici Takım Aşınması, Talaş Şekli

Sayfa Adedi : 228

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ

INVESTIGATION OF THE MACHINABILITY OF AISI 6150 IN TURNING MACHINE

(M.Sc. Thesis)

Musa BİLGİN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2012

ABSTRACT

In this study, the machinability of AISI 6150 tempered steel with 311HB hardness has been investigated. The characteristic parameters of the specimens have a diameter of 38 mm and the length of 220 mm. During the experiments, effects of different parameters over main cutting force, surface roughness, tool wear and chip formation shapes were taken into consideration in the process of longitudinal CNC turning. The specimens were machined by four different cutting tools namely Ti (C, N) +Al₂O₃+TiN covered coated carbide by means of CVD method, uncoated carbide, Ti (C, N) covered coated cermet using PVD method and uncoated cermet. The experiments were carried out in five different cutting speeds for both carbide cutting tools and cermet cutting tools. The cutting speed values are 150,200,250,300 and 350 m/min used for carbide tools and 150,175,200,225 and 250 m/min for cermet tools. Other machining parameters are same for all the cutting tools which are three different feed rate of (0,12 - 0,16 and 0, 20 mm/rev), three different cutting depth (0,5 – 1 and 1, 5 mm) and three different cutting tool nose radius of (0,4 -0,8 and 1,2 mm). All experiments are conducted with a new unused cutting tool without using cooling fluid at dry conditions and 3500 mm³ chip were removed from each individual specimen. The experiments were carried out in accordance with exact factorial principle and the results were discussed by means of graphs obtained from OriginPro 8.5 software. After experimental studies are finished, cutting tool

wears are discussed on the basis of the observation of tool microscope. According to experimental results, the only failure of tool is observed on uncovered carbide tool. All examined machine parameters affect surface roughness, main cutting force, tool wear and chip formation shape. The most effective parameters are these; feed rate on surface roughness, chip depth on main cutting force, tool wear on cutting tool material, feed rate on chip formation shapes. It is observed that the optimum mean surface roughness (RA) is 0,298 um and the minimum main cutting force (Fc) is 200, 59 N.

Science Code : 708.3.028

Key Words : AISI 6150, Turning, Machinability, Surface Roughness, Fundamental cutting force, Cutting Tool Wear, Chip Formation.

Page Number: 228

Adviser : Asist. Prof. Dr. Hasan Basri ULAŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ'a ve yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Gültekin UZUN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca, maddi ve manevi destekleriyle hep yanımda olan çok değerli aileme ve çalışmam sırasında bir çok fedakarlık gösteren eşime saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi	26
3. TALAŞLI İMALAT ESASLARI	28
3.1. Talaş Kaldırma Teorileri	28
3.2. Talaş Oluşumu	30
3.3. Talaş Tipleri.....	31
3.3.1. Sürekli talaş	32
3.3.2. Kopuk talaş	32
3.3.3. Yığma talaş	33
3.4. Talaş Şekilleri	34
3.4.1. Talaş şekilleri ve boyutlarını etkileyen kesme parametreleri	34
3.4.2. Talaş oluşumunun talaş derinliği ve ilerleme ile olan ilişkisi	35
3.4.3. Talaş şekillerinin işlenebilirliğe etkisi	36
3.5. Talaş Kaldırma Mekanizması	37

Sayfa

3.5.1. Ortogonal kesme	39
3.5.2. Kesme kuvvetlerini ölçme yöntemleri	44
3.6. Talaşlı İmalatta Isı ve Sıcaklık Oluşumu	45
3.7. Yüzey Pürüzlülüğü.....	48
3.7.1 Yüzey pürüzlülük parametreleri	49
3.7.2. Yüzeylerde şekil sapmaları.....	52
3.7.3. Yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesi.....	52
3.7.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri.....	54
3.7.5. Yüzey pürüzlülüğünde kullanılan standartlar	56
3.7.6 Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler	57
3.8. İşlenebilirlik.....	58
3.9. Kesici Takım Malzemeleri	59
3.9.1 Yüksek hız çeliği.....	60
3.9.2. Sementit karbürler.....	60
3.9.3. Kaplamalı sementit karbür	61
3.9.4. Sermet kesici takımlar	63
3.9.5. Seramik kesici takımlar	64
3.9.6. Kübik bor nitrit (CBN) kesici takımlar	65
3.9.7. Elmaslar (N)	65
3.9.10. Çok kristalli elmas (PCD)	66
3.10. Takım Aşınması.....	67
3.10.1. Ana yük faktörleri	67
3.10.2. Aşınma mekanizmaları.....	68
3.10.3. Aşınma tipleri	70

Sayfa

3.10.4. Takım aşınmasının kontrolü	77
3.10.5. Takım ömrü	79
4. MATERYAL VE METOT	83
4.1. Deney Malzemesi ve Özellikleri.....	83
4.1.1. Deney numunelerinin hazırlanması	83
4.2. Takım Tutucular	84
4.3. Kesici Takımlar.....	85
4.4. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgahı	86
4.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	87
4.6. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi	89
4.7. İşleme Parametreleri.....	90
5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	91
5.1. Kesme Hızı, İlerleme Hızı ve Kesici Takım Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	91
5.1.1. Kaplamalı karbür takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	92
5.1.2. Kaplamasız karbür kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	100
5.1.3. Kaplamalı sermet kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	108
5.1.4. Kaplamasız sermet kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	114
5.2. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	121
5.2.1. Kaplamalı karbür takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	122
5.2.2. Kaplamasız karbür takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	125

Sayfa

5.2.3. Kaplamalı sermet takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	127
5.2.4. Kaplamasız sermet takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	129
5.3. Kesme Parametrelerinin Esas Kesme Kuvvetine Etkileri.....	131
5.3.1. Kaplamalı karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi.....	133
5.3.2. Kaplamasız karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi.....	136
5.3.3. Kaplamalı sermet takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi.....	138
5.3.4. Kaplamasız sermet takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi.....	141
5.4. Kesici Takım Aşınması.....	144
5.4.1. Kesici takımlarda meydana gelen aşınma türleri.....	144
5.4.2. Kesme parametrelerinin aşınma üzerine etkisi.....	147
5.5. Kesme Parametrelerini Talaş Şekli Üzerine Etkisi.....	155
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	160
KAYNAKLAR.....	168
EKLER.....	177
EK – 1 Deneysel sonuçlar	178
EK – 2 Deneylerde oluşan talaş şekilleri	190
EK – 3 AISI 6150 malzeme sertifikası	226
ÖZGEÇMİŞ.....	227

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Resim için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları.....	56
Çizelge 3.2. Ra ve Rq için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları	56
Çizelge 3.3. Rz, Rt ve Rp için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları.....	56
Çizelge 4.1. Deney malzemesi ve özellikleri	83
Çizelge 4.2. AISI 6150 çeliğinin fiziksel özellikleri	83
Çizelge 4.3. AISI 6150 çeliğinin mekaniksel özellikleri	83
Çizelge 4.4. Kesici takım kalitelerine göre ISO uygulama alanları ve kaplama özellikleri	85
Çizelge 4.5. Kesici takımların ISO kodları	86
Çizelge 4.6. CNC torna tezgahı özellikleri	86
Çizelge 4.7. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri.....	87
Çizelge 4.8. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.....	90
Çizelge 4.9. Deneylerde kullanılan kesici takıma göre işleme parametreleri	90
Çizelge 5.1. Kaplamasız karbür takımda kesici uç kırılmasının olduğu deney şartları.....	147
Çizelge 5.2. Kaplamalı karbür takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması	156
Çizelge 5.3. Kaplamasız karbür takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması	156
Çizelge 5.4. Kaplamalı sermet takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması	157
Çizelge 5.5. Kaplamasız sermet takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması.....	157

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Merchant’ın ideal talaş oluşum modeli	30
Şekil 3.2. Tornalamada talaş kaldırma işlemi	30
Şekil 3.3. Gerçek talaş oluşumu	31
Şekil 3.4. Talaş Tipleri.....	32
Şekil 3.5. TS 10329’a göre talaş şekilleri	34
Şekil 3.6. İlerleme-talaş derinliği ilişkisinin talaş biçimine etkisi.....	36
Şekil 3.7. Talaş şekilleri ve işlenebilirliğe etkisi.....	37
Şekil 3.8. Dik ve eğik kesme metotları.....	37
Şekil 3.9. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri.....	38
Şekil.3.10.Ortogonal metal kesme mekaniğinin şematik gösterimi	40
Şekil 3.11. Ortogonal kesmede meydana gelen kuvvetler	42
Şekil.3.12. Ortogonal kesmede kesme parametreleri ile kuvvet arasındaki ilişki.....	44
Şekil 3.13. Kesici takımında meydana gelen eş sıcaklık eğrileri	46
Şekil 3.14. İş parçasından çıkan talaşta oluşan ısı ve sıcaklık bölgeleri.....	46
Şekil 3.15. Isı dağılımı – Kesme hızı ilişkisi.....	47
Şekil 3.16. Sıcaklığın kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi.....	48
Şekil 3.17. Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi.....	49
Şekil 3.18. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu	49
Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülük değerlerinin gösterimi	50
Şekil 3.20. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü	51
Şekil 3.21. Çeşitli işleme yöntemlerinde yüzey profilleri.....	52
Şekil 3.22. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi.....	53
Şekil 3.23. Zarf eğrisinin elde edilişi.....	54
Şekil 3.24. İlerleme ve köşe radüsünün yüzey kalitesine etkileri.....	57

Şekil	Sayfa
Şekil 3.25. Yük faktörlerinin meydana geldiği bölgeleri.....	68
Şekil 3.26. Temel aşınma mekanizmaları	69
Şekil 3.27. Yanak aşınması	71
Şekil 3.28. Krater aşınması.....	732
Şekil 3.29. Plastik deformasyon	72
Şekil 3.30. Çentik aşınması	73
Şekil 3.31. Isıl çatlaklar.....	73
Şekil 3.32. Mekanik yorulma çatlakları.....	74
Şekil 3.33. Parçacık kopması.....	74
Şekil 3.34. Talaş çekiçlenmesi	75
Şekil 3.35. Yığma kenar.....	75
Şekil 3.36. Kesici ucun kırılması.....	76
Şekil 3.37. Kesici takımındaki aşınmaların şematik olarak gösterilmesi	77
Şekil 3.38. Yan yüzey aşınması.....	77
Sekil 3.39. Krater aşınması	78
Şekil 3.40. VB' nin takım ömrü süresince gelişimi	78
Şekil 3.41 Takım ömrü – Kesme parametreleri ilişkisi	79
Şekil 3.42. Taylor takım ömrü eşitliğinin grafiksel ifadesi	80
Şekil 3.43. Aynı takım ömrünü sağlayan kesme hızı-ilerleme kombinasyonları	81
Şekil 4.1. İşlenebilirlik deney numunelerinin geometrisi ve ölçüleri.....	84
Şekil 4.2. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan takım tutucu özellikleri.....	84
Şekil 4.3. Kullanılan kesici takımların geometrileri ve boyutları	85
Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan CNC torna tezgahı.	86
Şekil 4.5. Deney düzeneğinin şematik gösterimi	87
Şekil 4.6. Deney düzeneğinin görünüşü.....	88

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. Dyno Ware programı ile ölçülen kuvvet grafiği.	88
Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük cihazının görünümü	89
Şekil 5.1. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	93
Şekil 5.2. 1 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	96
Şekil 5.3. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	98
Şekil 5.4. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	100
Şekil 5.5. 1 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	104
Şekil 5.6. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	106
Şekil 5.7. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	109
Şekil 5.8. 1 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	111
Şekil 5.9. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	113
Şekil 5.10. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	115
Şekil 5.11. 1 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	117
Şekil 5.12. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	120
Şekil 5.13. Kaplamalı karbür takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	124
Şekil 5.14. Kaplamasız karbür takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	126
Şekil 5.15. Kaplamalı sermet takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	128

Şekil	Sayfa
Şekil 5.16. Kaplamasız sermet takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	130
Şekil 5.17. Kaplamalı karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi	135
Şekil 5.18. Kaplamasız karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi	137
Şekil 5.19. Kaplamalı sermet takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi	140
Şekil 5.20. Kaplamasız sermet takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi	142
Şekil 5.21. Kaplamalı karbür takım meydana gelen aşınma türleri.....	144
Şekil 5.22. Kaplamasız karbür takım meydana gelen aşınma türleri	145
Şekil 5.23. Kaplamalı sermet takım meydana gelen aşınma türleri	145
Şekil 5.24. Kaplamasız sermet takım meydana gelen aşınma türleri	146
Şekil 5.25. Kaplamasız karbür takımında kesme hızının yanak aşınması, krater aşınması ve kırılma boyuna etkisi	148
Şekil 5.26. r: 0,8 mm, f: 0.16 mm/dev, a: 1 mm kaplamasız karbür takımla işlemede kesme hızına bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi.....	149
Şekil 5.27. Kaplamasız karbür takımında ilerleme hızının yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi	150
Şekil 5.28. r:0,8 mm, V:250 m/dak, a: 1 mm kaplamasız karbür takımla işlemede ilerleme hızına bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi	151
Şekil 5.29. r:0,8 mm, V:250 m/dak, f:0,16 mm/dev kaplamasız karbür takımla işlemede talaş derinliğine bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi ...	152
Şekil 5.30. Kaplamasız karbür takımında talaş derinliğinin yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi	153
Şekil 5.31. V: 250 m/dak, f: 0,16 mm/dev, a: 1mm kaplamasız karbür takımla işlemede uç yarıçapının VB ve KB miktarına etkisi	154
Şekil 5.32. Kaplamasız karbür takımında uç yarıçapının yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi	154

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a	Talaş derinliği (mm)
AlN	Alüminyum nitrür
Al₂O₃	Alüminyum oksit
C	Karbür
D	Tornalama başlangıç çapı (mm)
d	Tornalanan Çap (mm)
F	Sürtünme kuvveti (N)
F_c	Esas kesme kuvveti (N)
F_f	İlerleme kuvvet (N)
F_n	Kesilme kuvvetine dik kuvvet (N)
F_s	Kesilme (kayma düzlemi boyunca etki eden) kuvveti (N)
f	İlerleme hızı (mm/dev)
n	Devir sayısı (dev/dak)
N	Sürtünme kuvvetine dik kuvvet (N)
r	Uç yarıçapı (mm)
R	Bileşke kuvvet (N)
R_a	Ortalama yüzey pürüzlülük değeri (μm)
R_p	Pürüzlülüğün düzeltilmiş derinliği (μm)
R_z	Pürüzlülük derinliği (mm)

Simgeler**Açıklama**

t	Kesme derinliği (mm)
tc	Talaş kalınlığı (mm)
Ti	Titanyum
TiC	Titanyum karbür
TiN	Titanyum nitrür
TiAlN	Titanyum alüminyum nitrür
V	Kesme hızı (m/dak)
Vc	Talaş hızı (m/dak)
Vs	Kesilme hızı (m/dak)
WC	Tungsten karbür

Kısaltmalar**Açıklama**

AISI	Amerikan demir ve çelik enstitüsü (American iron and steel institute)
BUE	Yığıntı talaş (Built Up Edge)
CBN	Kübik bor nitrat (Cubic boron nitride)
CNC	Bilgisayarlı nümerik kontrol (Computer numeric control)
CVD	Kimyasal buhar biriktirme (Chemical vapour deposition)
HBN	Brinell Sertlik birimi
HRC	Rockwell-C Sertlik birimi
PCBN	Kristalize kübik bor nitrat (Polycrystalline cubic boron nitride)
PVD	Fiziksel buhar biriktirme (Physical vapour deposition)
SAE	Amerikan Otomotiv Mühendisleri Derneği(Society of automotive engineering)

Kısaltmalar	Açıklama
SEM	Tarama Elektron Mikroskobu (Scanning electron microscope)
TSE	Türk standartları enstitüsü
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu (International standart organization)
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Makine endüstrisi ve imalat sektöründe ilk akla gelen; iş parçası, kesici takım ve takım tezgahıdır. İmalat sanayinde metal alaşımlı ve dökme demirden yapılan makine ve teçhizatlar veya ürünler torna, freze, matkap, taşlama vb. takım tezgahları kullanılarak üretilirler. Takım tezgahına bağlanan belli bir geometriye sahip iş parçasının kesici takım aracılığı ile istenilen şekil ve boyuta getirilmesi, özellikle iş parçasının metal olması halinde bu işlem talaş kaldırma işlemi olarak adlandırılır. Talaşlı kaldırma işlemi, malzemeye şekil vermek amacıyla keskin bir takım yardımıyla parça üzerinden malzeme kaldırma işlemidir [1]. Dökme, dövme, haddeleme v.b yöntemlerle imal edilen metal parçaların %80'inden fazlası son biçim ve boyutlarına talaşlı imalat yöntemi ile getirilirler [2].

Talaş kaldırma işlemi onlarca yıldır üzerinde en fazla çalışılan bilimsel araştırma konularından birini teşkil eder. Metalin, yüksek hızın, sıcaklığın ve basıncın bir arada bulunduğu talaş kaldırma işlemleri ile ilgili kesin belirlemelerin yapılması son derece zordur [3]. Bu nedenle günümüzü kadar birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar genel olarak kesme parametreleri, yüzey kalitesi, kesme kuvvetleri, talaş oluşumu, takım imalatında kullanılan malzemelerin takım ömrüne etkisi gibi konular çerçevesinde yoğunlaşmıştır [1].

Talaşlı üretimde; takım tezgahlarından beklenen fonksiyonların yerine getirilebilmesi için tezgah tasarımının ve imalatının amaca uygun olarak yapılması gerekmektedir. Tezgahın mekanik yapısı üzerinde istenilmeyen şekilde deforme olmamalıdır. Tezgahın uzun ömürlü olabilmesinde özellikle hareketli parçaların çalışma yüzeylerinin aşınmaması önemlidir. Talaş kaldırmadan dolayı meydana gelen kesme kuvvetlerinin güvenle karşılanabilmesi için kesici takımın dayanım özelliklerinin de araştırılması gerekmektedir [4].

Kesme mekaniğindeki kabul gören en etkili çalışmalar Taylor tarafında 1900'lü yıllardan sonra ortaya konmuştur. Taylor'un ortaya çıkardığı teoriler günümüzde de halen geliştirilmeye çalışılan kesme parametreleri ve takım malzemesinin takım

etkisi gibi başlıklar çerçevesinde olmuştur. Taylor geliştirmiş olduğu metotlarla o zaman şartlarında çalıştığı kurumda verimi %500'lere kadar arttırmıştır [1]. Günümüzde özellikle işleme maliyetini azaltmak, takım ömrünü artırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etme isteği talaş kaldırma alanında araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır [5].

İşlenebilirlik, evrensel olarak tanımlanmış standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti, yani iş parçasının kesici bir takım ile şekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor olduğu işlenebilirlik olarak adlandırılır. İş parçası malzemelerinin metalürjisi, kimyası, mekanığı, ısıl işlemi, katkı maddeleri, içerisindeki kalıntılar gibi özellikler işlenebilirliği etkilerler. Bu etkilerin yanı sıra işlenebilirlik üzerinde kesici kenarın, takım tutucunun, takım tezgahının, işlemlerin ve işleme koşullarının da etkisi büyüktür. Bir malzemenin işlenebilirliği takım ömrü, kesme hızı, talaş kaldırma miktarı, kesme kuvveti ve gücü, yüzey kalitesi ve talaş şekli gibi kriterlerden biri veya birden fazlasına göre değerlendirilir. Bu kriterlerden, örneğin, kesme hızının veya takım ömrünün büyük olması, kesme kuvvetinin veya gücün düşük olması iyi işlenebilirliğin mevcut olduğunu gösterir [3,6]

Endüstriyel alanın vazgeçilmez malzemesi olan çeliğin birçok türü mevcuttur. Deney malzemesi olarak kullanacağımız AISI 6150 (SAE 6150, 50 CrV4) malzemesi ıslah çeliği sınıfında yer almaktadır.

Islah işlemi parçaya yüksek tokluk özelliği kazandıracağından önce sertleştirme ve devamında yüksek sıcaklıklarda menevişleme işlemlerinin bütünü olarak tarif edilebilir. Genel olarak ıslah çeliklerinden, yüksek dayanım ve süneklik birlikte istenir. Nispeten yüksek karbon oranlarına sahiptirler. Kükürt miktarı belirli sınırlar arasında değişen, alaşımsız ve alaşımlı ıslah çelikleri de geliştirilmiştir. Kalın kesitlerde, yeterli sertleştirme derinliği ancak alaşımlı çeliklerde sağlanabilir ve çok yönlü olarak kullanılabilirler [7].

Islah çelikleri ıslah işleminden sonra üstün mekanik özellikler kazanmaktadırlar. Bundan dolayı AISI 6150 ıslah çeliği; dişli ve bağlantı parçaları, miller, çarklar,

matkap çubukları ve gövde tokluğu yüksek parçalar, üst yüzey sertleşmesi gereken parçalar, akslar, giyotin bıçakları, otomobil ve çeşitli mekanizmaların yapımında, yönlendirme parçası gibi aşınmaya zorlanan parçalar, fazla zorlanan diyafram yaylar, taşıt yaprak yaylar, helis yaylar, konik yaylar ve bilumum yay çeşitleri, sıcak soğuk dövme kalıpları örsü ve büyük iş kalıpları malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, en yaygın talaş kaldırma işlemlerinden biri olan tornalama işleminde AISI 6150 ıslah çeliğinin farklı kesici takım malzemeleri ile boyuna tornalanması esnasında işleme parametrelerinin; kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması ve talaş şekline etkilerini araştırmak ve ideal kesme şartlarını oluşturmaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

A. Ebrahimi ve M.M. Moshksar çalışmalarında mikro alaşımlı 30MnVS6 ile AISI 1045 ve AISI 5140 su verilmiş çeliğinin tornalanmasında kesme hızı, ilerleme hızı, işlenen malzemenin yapısı ve sertliğinin kaplamalı karbür takım ile işlenmesinde yan yüzey aşınması ve takım ömrüne etkilerini belirlemek için kuru tornalama işlemine tabi tutmuşlardır. Kesme hızı 10–250 m/dak arasında, ilerleme hızı 0,11 - 0,22 ve 0,44 mm/dev'dir. İşlenen malzemelerin sertlikleri 245 HBN ve 330 HBN dir. Kullanılan kesici takım P20 kalitesinde CNMG 120412 profilinde TiN kaplamalı sementit karbürdür. Farklı kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkisinin değerlendirilmesinde istatistiksel analiz yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca çalışmalarında talaş özelliklerini ve takım/talaş temas boyunu araştırmışlardır. Mikro alaşımlı çeliğin işlenmesinde çıkan talaşlar kesintili ve düzenli olarak elde edilmiştir. Aynı koşullarda mikro alaşımlı çeliğin takım ömrü ve işlenebilirlik açısından su verilmiş çelikten çok daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. 10-50 m/dak arası düşük kesme hızlarında su verilmiş çeliğin işlenebilirliğinin kötü olduğu gözlenmiştir. AISI 1405 ve AISI 5140 çeliğinin içerdiği molibden ve kromun takımındaki adhesive aşınmayı etkilediği görülmüştür. Mikro alaşımlı ve su verilmiş çelik de optimum işleme parametreleri 200 m/dak kesme hızı, 0,11 mm/dev ilerleme hızı 1 mm talaş derinliği ve 245 HBN sertlik de elde edilmiştir. Takım aşınması ve ömründeki ana etkenin işlenen malzemenin sertliğine bağlı olduğuna vurgu yapmışlardır. İkinci etken ilerleme hızı olmuştur. Düşük kesme hızlarında kesme kuvvetlerinin büyüdüğünü ve düşük hızlarda düşük sıcaklıkların BUE oluşumuna neden olduğu gözlemlenmiştir. Takım talaş temas boyunun krater aşınmasına etkisini incelemişlerdir [8].

J.G. Lima ve arkadaşları çalışmalarında farklı seviyelerde sertleştirilmiş düşük alaşımlı yüksek mukavemetli AISI 4340 çeliği ve AISI D2 soğuk iş takım çeliği kullanmışlardır. AISI 4340 çeliği ile yapılan deneylerde kullanılan malzemelerin sertlikleri 42 ve 48 HRC'dir. Bu iki malzemenin işlenmesinde kaplamalı karbür takım ve çok kristalli kübik bor nitrür (PCBN) takım kullanılmıştır. Sertliği 58 HRC olan AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde ise alüminyum oksit karışımlı bir

kesici takım kullanılmıştır. Çalışmalarında oluşan kuvvetleri, yüzey pürüzlülüklerini, takım ömrü ve takım aşınmalarını belirlemeye çalışmışlardır. Sonuçlar gösteriyor ki; AISI 4340 çeliğinin düşük ilerleme hızında ve kesme derinliğinde yumuşak olan parçanın işlenmesinde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü kesme hızının artmamasıyla düzediğini göstermiştir. İlerlemenin artmasıyla kötüleşmiştir. 50 HRC sertliğindeki çeliği işlerken meydana gelen difüzyon aşınması 42 HRC sertliğindeki çeliği işlerken ana aşınma mekanizması olmuştur. Alüminyum oksit alaşımlı kesici takım ile AISI D2 soğuk iş takım çeliğini işlerken iyi bir bitirme yüzeyi elde etmişlerdir. Alüminyum oksit alaşımlı takım ile işlemede kesme hızı ve talaş derinliğinin artışı ile yanak aşınmasında bir artış gözlenmiştir. 220 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında hızlı bir takım aşınması meydana gelmektedir. 42 ve 50 HRC sertliğinde AISI 4340 çeliklerini kaplamalı karbür takım PCBN takım ile işlerken kesme hızının artmasıyla kesme kuvveti azalmış, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetleri de artmıştır. Aynı parametrelerde sertliğin artmasıyla kuvvetlerde de bir artış gözükmemektedir. Yüzey pürüzlülüğünde ilerleme hızı ile doğru orantı, kesme hızı ile ters orantı görülmüştür. Talaş derinliğinin ise çok az etkisi vardır. En iyi yüzey kalitesi uç yarıçapı büyük olan PCBN ile elde edilmiştir. 42HRC sertliğindeki malzemeyi kaplamalı karbür ile işlerken düzgün bir abrazyon aşınması meydana gelmiştir. 50 HRC sertliğindeki malzemeyi PCBN takım ile işlerken yüksek aşınmalar meydana gelmiştir [9].

Yahya Işık, tornalama operasyonunda takım çeliklerinin işlenebilirliklerini araştırmıştır. Araştırmasında kesici takım malzemesinin, takım kaplamasının ve kesme parametrelerinin işlenebilirlik üstünde etkileri incelenmiştir. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak soğuk iş takım çeliği AISI O2 (90MnCrV8) sıcak iş takım çeliği AISI H10 (X32CrMo33) ve kalıp çeliği AISI 420 (X42Cr13) kullanılmıştır. Kesici takım olarak da HSS, kaplamasız karbür ile P25 kalitesinde TiAlN ve TiC+TiCN+TiN kaplamalı karbürler kullanılmıştır. Uçların profili ise DNMG 150608'dir. Deneyler kuru tornalama metodu ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kesme kuvvetleri, yanak aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda takım ömrüne etkili kesme parametreleri ise sırasıyla kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğidir. Talaş derinliğinin etkisi ihmal edilebilir bir

seviyededir. Takım ömrü bitiğinde kesme kuvvetlerinde ciddi artışlar görülmektedir. Fakat bu artış oranı iş parçası ve kesici takım malzemelerine göre farklılıklar göstermektedir. Deneylerde en sık görülen aşınma tipi yanak aşınmasıdır. Deneylerde krater aşınması gözlenmemiştir. Takımdaki aşınma başlangıçta hızlı bir şekilde doğrusal bir artışla başladıktan sonra aşınma hızı yavaşlamakta takım ömrünün sonuna yaklaşıldıkça takım aşınması hızlanmaktadır. Takımların sertlikleri arttıkça aşınma azalmaktadır. İlerleme hızının ve kesme derinliğin artışı yüzeyi negatif bir yönde etkilemekte iken uç yarıçapındaki artış pozitif yönde etkilemektedir. Yüzeye en çok etki eden parametreler ise sırasıyla ilerleme hızı, talaş derinliği ve kesme hızıdır. Takım aşınmasının artışı ile kesme kuvvetleri, yüzey kalitesi, boyut toleransları, titreşim ve oluşan ısı arasında karmaşık bir ilişki vardır. Kaplamalı takımlar ile yapılan deneylerde görülmüştür ki kırılmalara ve çatlamalara en büyük etken yanak aşınmasıdır. Kesme kuvvetleri ile yanak aşınması arasında doğrudan bir ilişki vardır [10].

Khaider Bouacha ve arkadaşları çalışmalarında AISI 52100 çeliğinin CBN kesici takımla işlenmesinde yanıt yüzey yöntemi (RSM) kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri istatistiksel analizini yapmışlardır. Kullanılan deney numunelerin sertlikleri 64 HRC'dir. Çalışmalarında ilk olarak tornalamada iş parçası sertliği ve kesme hızı varyasyonlarının takım aşınması ve kesme kuvvetlerine etkisine odaklanmışlardır. Daha sonra kesme parametreleri ile işleme çıktıları arasındaki ilişki yanıt yüzey yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Varyans analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak işleme çıktılarında kesme parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak ilerleme hızının ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca yüksek kesme kuvvetleri işlenen malzemenin setliği, takım aşınması ve negatif talaş açısı ile ilgilidir. ANOVA ve RSM ile yapılan modellemelerde kesme kuvveti ve takım aşınması ile ilgili yapılan tahminler % 95 birbiriyle örtüşmektedir. Kesme parametreleri, kesme kuvvetleri, işlenmiş yüzey pürüzlülüğü kriterlerine göre işleme performansı arasındaki ilişki kuadratik model ile ifade etmişlerdir. Takım iş parçası etkileşiminde malzeme sertliği kesme kuvvetleri ve kesme hızından da etkin bir yapısı vardır. Çalışmalarında en iyi

yüzey değerini 246 m/dak kesme hızı, 0.08 mm/dev ilerleme hızı ve 0.15 mm talaş derinliğinde elde etmişlerdir [11].

Recep Yiğit ve arkadaşları güresel grafitli dökme demirin işlenmesinde kesme hızının, kaplamalı ve kaplamasız takımın işlenebilirliğe etkisini araştırmışlardır. Deneylerde üç farklı karbür takım kullanmışlardır bunlar sırasıyla TiCN +TiC +TiCN +Al₂O₃ +TiN katmanları ile kaplanmış kaplama kalınlığı 7,5 µm ve 10,5 µm olan kaplamalı karbürler ve kaplamsız karbürdür. İlerleme hızı (0,25 mm/dev) ve talaş derinliği (1,5 mm) sabit tutulmuş 4 farklı (125, 150, 175 ve 200 m/dak) kesme hızı kullanılmıştır. Takım performansını bitirme yüzeyi, kesme kuvvetleri ve takım aşınmasını göz önüne alarak değerlendirmişlerdir. En iyi performansı kaplama kalınlığı 10,5 µm olan kesici takım vermiştir. Kaplamasız karbürün takım kaplamalı karbürlere göre aşınma davranışı kötüdür. Kesme hızı artıkça, kaplamasız karbür takımın gösterdiği performans diğerlerine göre daha da kötüleşmeye başlamaktadır. En iyi yüzey kalitesini kaplama kalınlığı 10,5 µm olan karbür kesicide elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda kaplamalı karbürler daha az kesme kuvveti oluşturmuştur [12].

D.G. Thakur ve arkadaşları Inconel 718 süper alaşım çeliğinin yüksek hızlarda tornalanmasında işlenebilirlik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında tungsten karbür (K 20 kalitesinde) kesici takım kullanmışlardır. Deneylerde işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri, kesme basıncı, kesme esnasında oluşan sıcaklık, takım aşınması ve yüzey kalitesine etkisini incelemişlerdir. Inconel 718 süper alaşımın işlenmesinde genellikle pahalı olan PCD ve CBN takımlar kullanılmaktadır. Esas kesme kuvveti ilerleme kuvvetine göre daha büyük çıkmıştır. Kesme kenarında durumunu anlamak için özel bir parametre olan kesme esnasında oluşan basınç kullanılabilir. Bundan dolayı basıncın artması takım aşınmasına bağlanabilir. En iyi yüzey kalitesi 45 - 55m/dak kesme hızı aralığında 0,08 – 0,5 mm/dev ilerlemede bulunmuştur. 45 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme hızı ve 0,5 mm talaş derinliğinde takım ömrü 337 saniye olmuştur. Kesme hızı 55 m/dak çıkarıldığında takım ömrü 282 saniyeye düşmüştür. Çalışmada BUE oluşumu gözlenmemiştir. Fakat bazen plastik deformasyon ortaya çıkmıştır. Inconel 718 süper alaşımının K 20

kalitesinde kesici ile işlenmesinde en iyi sonuçları alabilmek için orta ilerleme hızı ve orta kesme hızı ile düşük kesme derinliğinde çalışmak gerekmektedir [13].

P.J. Arrazola ve arkadaşları takım tipi ve geometrisinin AISI 4140 çeliğin işlenebilirliğine ve ısı oluşumuna etkisini araştırmışlardır. Deneylerde iki farklı yapıda ki AISI 4140 çeliğini üç farklı kesici kalem ile işlemişlerdir. Bunlar sırasıyla talaş açısı 8 derece olan kaplamasız karbür, talaş açısı 68 derece olan kaplamalı karbür ve talaş kırıcı formuna sahip kaplamalı karbür uçlardır. AISI 4140 Plus çeliğinde oluşan sıcaklık AISI 4140 çeliğine göre daha azdır. Kaplamasız takımlarda elde edilen sıcaklık kaplamalı takımlara göre daha fazladır. Talaş kırıcı formuna sahip kaplamalı takım da kuvvet ve sıcaklık oluşumu daha azdır. Bu sonuçlar göstermektedir ki sıcaklık ve takım aşınmasında kesici takım geometrisinin önemli rolü vardır [14].

Zafer Tekiner ve arkadaşı çalışmalarında AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin işlenmesi esnasında kesme parametrelerinin ses düzeyine etkisini araştırmışlardır. Deney numuneleri 200 mm uzunluğunda ve 30 mm çapında hazırlanmıştır. Numuneler talaş derinliği 2,5 mm kesme uzunluğu 150 mm olarak tornalanmıştır. Tornalama işleminde 5 farklı kesme hızı (120, 135, 150, 165, 180 m/dak) ve 3 farklı ilerleme hızı (0,2 – 0,25 – 0,3 mm/dev) kullanılmıştır. En iyi kesme parametreleri yanak aşınması, talaş şekli, yüzey kalitesi ve işlemede harcanan güç göz önüne alınarak belirlenmiştir. Ayrıca ideal kesme parametreleri ses düzeyleri ile kıyaslanmıştır. En iyi kesme parametreleri 165 m/dak kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerleme hızıdır. Bu sonuçlar ses düzeyleri ile kıyaslandığında ses analizleri birebir doğrulanmıştır. Talaş kaldırma işleminde olumsuz bir olay ile karşılaşıldığında ses seviyesinde ani alçalmalar veya çoğalmalar meydana gelmektedir. Bu olay göstermektedir ki ses seviyesinin değişimi talaş kaldırma işleminde uyarı sistemi olarak kullanılabilir. [15].

A. Senthil Kumar ve arkadaşları çalışmalarında sertleştirilmiş çeliğin seramik esaslı alümina takım kullanılarak işlemeye tabii tutmuşlardır. Kullanılan takım sertleştirilmiş çeliğin işlenmesinde karbür takıma alternatif olarak sunulmaktadır.

Çalışmalarında iki tip alümina esaslı kesici kullanmışlardır bunlar; karışık Ti (C, N) alümina seramik kesici ve zirkonya alümina seramik kesiciler. Ayrıca çalışmalarında aşınma tiplerinin yüzeye etkisi incelenmiştir. Çalışmada en çok karşılaşılan aşınma türü abrasiv aşınmadır. Kesme hızı arttıkça kesicilerdeki aşınma da hızlanmıştır. Adhesive aşınmada görülmüştür. Karışık alümina kesici takımında adhesive aşınma daha çok görülmüştür. Zirkonya alümina esaslı seramik takım difüzyon aşınmasında etkilenebilirken karışık alümina esaslı seramik takımında difüzyon aşınması gözükmemektedir. Fakat karışık alümina esaslı kesici ile elde edilen yüzey kalitesi zirkonya alümina esaslıya göre daha iyidir [16].

Li Qian ve arkadaşları çalışmalarında sertleştirilmiş takım çeliklerini CBN kesiciler ile işlenmesinde kesme hızı, ilerleme, takım geometrisi ve iş parçasının sertliğinin işlenebilirlik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneylerde AISI 52100 yatak çeliği, AISI H13 sıcak iş takım çeliği, AISI D2 soğuk iş takım çeliği ve AISI 4340 düşük alaşımlı çelik olmak üzere dört farklı çelik kullanmışlardır. Deneyler simülasyon ortamında yapılmıştır. Sertleştirilmiş takım çeliklerinde görülen abrasiv aşınma nedeniyle işlenmelerinde genellikle CBN ve PCBN takımlar kullanılmaktadır. Kesme kuvvetlerinde takım geometrisi ve iş parçası sertliğinin önemli bir etkisi vardır. Aynı işleme parametrelerinde en yüksek kesme kuvveti AISI 4340 çeliğinde oluşurken, en yüksek ilerleme kuvveti AISI 52100 çeliğinde oluşmaktadır. AISI D2 çeliğinde ise düşük kesme ve ilerleme kuvvetleri meydana gelmektedir. Simülasyonun da yapılan deneyler literatürle karşılaştırılmış ve sonuçlar birbirleri ile örtüşmüştür [17].

Jenn-Tsong Horng ve arkadaşları çalışmalarında östenitik manganlı çeliğini Al_2O_3/TiC karışıklı seramik kesici ile işlemişler ve yanıt yüzey metodu ile işlenebilirliğini araştırmışlardır. Kullanılan malzeme % 1,0-1,2 arası C ve %11-14 arası mangan içeriğine sahiptir ve mükemmel aşınma direnci özelliği vardır. Kesici takım kaplamasının yaklaşık olarak %70'ni Al_2O_3 % 30'nu TiC oluşturur. Çalışmada kesme hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği ve uç yarıçapının yanak aşınması ve yüzey kalitesi üzerinde durulmuştur. Merkezi karma tasarım (CCD) ve varyans analiz yöntemi (ANOVA) ile modellenmiş. Kuadratik model (RSM) ve ardışık yaklaşım

optimizasyonu (SAO) ile optimum kesme parametreleri bulunmaya çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki yanak aşınmasına kesme hızı ve ilerleme ile uç yarıçapı etkileşimi; yüzey pürüzlülüğünde ise kesme hızı ve uç yarıçapı istatistiksel öneme sahiptir. Çalışma sonucunda ilk işleme parametrelerine göre yanak aşınmasında %9,25 yüzey pürüzlülüğünde ise %8,47'lik bir iyileşme sağlanmıştır [18].

J.A. Arsecularatnea ve arkadaşları çalışmalarında takım iş parçası kombinasyonlarının aşınma ve takım ömrüne etkileri incelenmiştir. Tungsten karbür (WC) , PCBN ve PCD takımın aşınma davranışını ve takım ömrünü incelemişlerdir. Yapılan literatür çalışması sonucunda aşınma mekanizmalarını etkileyen başlıca neden işleme esnasında oluşan sıcaklıktır. Pratik koşullarda kesici takım ve iş parçası ilişkisi olarak WC takımların normal sertlikteki çelikler için, PCBN takımların ise sertleştirilmiş çelikler için kullanılması uygundur. Pratik koşullarda kesici takımların işleme esnasında en baskın görülen aşınma mekanizmaları ise WC takımında difüzyon aşınması, PCBN takımında kimyasal aşınma, PCD takımlarda ise aşınma mekanizmalarına karşı dominant bir kararlılık vardır. PCD takımlar için literatür de boşluklar bulunmaktadır [19].

A. Ebrahimi ve arkadaşı çalışmalarında mikro alaşımlı ve ısıtılmış tabii tutulmuş alaşımlı çeliklerin iç tornalama metodu ile delik genişletme operasyonunda işlenebilirliği araştırılmıştır. Deneylerde aynı sertlikteki 38MnVS5 mikro alaşımlı çelik ve ısıtılmış tabii tutulmuş AISI 1045 ile AISI 5140 çelikleri kullanılmıştır. Kesici takım olarak TiN kaplı karbür takım kullanılmıştır. Delik genişletme işleminde kesme hızı, kesme kuvveti ve ilerleme hızının, takım ömrü ve yanak aşınmasındaki etkileri araştırılmıştır. Mikro alaşımlı çeliğin işlenmesinde elde edilen talaşlar sürekli ve süreksiz şeklinde elde edilmişlerdir. Sonuç olarak kesme hızı ve ilerleme hızının artmasıyla takım ömrü azalmıştır. Isıtılmış tabii tutulmuş malzemelerin işlenmesinde takım ömrü daha kısa bulunmasının sebebi aşındırıcı karbür parçacıklarının olmasına bağlanmıştır. Başlıca görülen aşınma mekanizmaları ise abrasive, adhesive ve plastik deformasyondur. Isıtılmış işlem yapılmış malzemelerde takımların aşınmasının yanı sıra takım kırılmaları da meydana gelmiştir. Ferrit-perlit yapısında malzemede oluşan talaş kalınlıkları daha incedir ve talaş oluşumu daha

kolaydır. Isıl işlemden meydana gelen martenzit yapıda ise talaş oluşumu daha zor meydana gelmektedir [20].

Samir K. Khrais ve arkadaşları, AISI 4140 çeliğinin PVD yöntemi ile TiAlN kaplanmış sementit karbür kesici uç ile işlenmesi esnasında takım performansı ve aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Tornalama işlemleri kuru ve ıslak olarak 210 m/dak ve 400 m/dak kesme hızları arasında yapılmıştır. Araştırmalar sonunda aşınmaya neden olan mikro-aşınma türleri talaş kenarı, mikro-abrazyon, mikro-yorulma, mikro-termal ve mikro yıpranmadır. Mikro-abrazyon ve mikro-yorgunluk davranışları yüksek kesme hızlarında kuru tornalamada meydana gelmiştir. 210m/dak ve 310 m/dak kesme hızı aralığında ıslak tornalamada baskın olan aşınma türleri sırası ile mikro-termal, mikro-yorulma ve mikro-yıpranmadır. 200 m/dak ile 400 m/dak arasındaki yüksek kesme hızlarında kuru tornalama ıslak tornalamadan daha iyi sonuçlar vermiştir. En iyi sonuç kuru işlemede 260 m/dak kesme hızında elde edilmiştir [21].

D.I. Lalwani ve arkadaşları, MDN250 çeliğinin bitirme tornalama işleminde kesme parametrelerinin yüzeye ve kesme kuvvetlerine etkisini incelemişlerdir. Deneyler kaplamalı seramik takım ile yapılmıştır. İşleme deneyleri yanıt yüzey yöntemi (RSM) kullanılarak yapılmıştır. 55–93 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından pek fazla bir değişim gözükmemektedir. Kesme kuvvetleri, ilerleme hızı ve kesme derinliği varyasyonları iyi bir doğrusal modele uygunluk sağlamaktadır. İlerleme kuvvetinde kesme derinliğinin % 86,05’lik bir etkisi varken ilerleme hızının % 6,61’lik bir etkisi vardır. Radyal kuvvetin oluşumunda ise ilerleme hızı ve kesme derinliğinin etkisi sırasıyla % 46.71 ve % 49.59 dur. Esas kesme kuvvetinde ise ilerleme hızı ve talaş derinliği sırasıyla % 52.60 ve % 41.63 etki sağlamaktadır [22].

V.N. Gaitonde ve arkadaşları, yüksek kromlu AISI D2 soğuk iş takım çeliğini normal ve wiper seramik uçlarla tornalamaya tabii tutmuşlar. Tornalama işlemi CC650, CC650WG ve GC6050WH seramik kesicilerle yapılmıştır. Deneyleri tam faktöriyel tasarım (FFD) şeklinde planlamış ve yeterlilikleri varyans analiz (ANOVA) yöntemi

ile test edilmiştir. Deneyler sırasında ortaya çıkan işleme kuvvetleri, güç, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını ölçmüşlerdir. CC650WG wiper kesiciler yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasında daha iyi performans ortaya koyarken CC650 uçlar işleme kuvveti, güç ve özgül kesme kuvveti kullanımı açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Kesme derinliği ve işleme süresinin işlenebilirliğe etkisini araştırmak için yanıt yüzey tabanlı matematiksel model geliştirmişlerdir [23].

M. Cemal Çakır ve arkadaşı, farklı sıcaklıklarda ve sürelerde östemperlenmiş dökme demirlerin işlenebilirliğini araştırmışlardır. Deneylerde kullanılan malzemelere uygulanan östemperlenme işlemleri 250, 300, 350 ve 400 derecelerde 1 ve 2 saat olarak uygulanmış 8 adet numune kullanmışlardır. Deneyler ISO 3685'e uygun olarak yapılmıştır. Deneyler SNMG 120408 (K10) kaplamalı karbür kesici ve CSBNR 2525 M12 kater kullanılarak kuru tornalama metodu ile yapılmıştır. 1 saat süre ile östemperlenmiş dökme demirlerin işlenebilirliği 2 saat süre ile östemperlenmiş dökme demirlerden daha iyi çıkmıştır. Fakat 300 derecede 1 saat ile östemperlenmiş dökme demirlerin işlenebilirliği kötü çıkmış bu olay ise malzemenin sertliğine bağlanmıştır [24].

Simranpreet Singh Gill ve arkadaşları, kriyojenik ısıtma işlemi tabii olmuştur tungsten karbür uçların ıslak ve kuru tornalamada aşınmasını incelemişlerdir. Kriyojenik ısıtma işlemin kesici takım performanslarını artırdığı bilinmektedir. Kullanılan kesici takımlar talaş kırıcıya sahip ve kare kesitli bir uçtur. Kesici takım malzemesi ise kaplamasız tungsten karbür uçlardır. Kriyojenik ısıtma işlemi -196 derecede yapılmıştır. Sürekli ve kesintili talaş kaldırma deneyleri ISO 3685 dikkate alınarak yapılmıştır. Deneylerde takım ömrü ve yanak aşınma miktarı (max: 0,6 mm) olarak incelenmiştir. Islak tornalamada çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca takım ömründe ise kesintili tornalama sürekli tornalamaya göre daha iyi sonuçlar vermiştir [25].

Ezugwu ve arkadaşı, titanyum alaşımlarının işlenebilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Takım malzemelerindeki gelişmeyle dökme demir, çelik, yüksek sıcaklıklarda temperlenmiş alaşımların işlenmesinde önemli gelişmeler olmasına

rağmen nikel esaslı titanyum malzemelerin işlenmesinde çok fazla gelişme olmamıştır. Deneyler de titanyum alaşımların işlenebilirliğinin yanı sıra takım aşınması ve aşınma mekanizmalarında kesicilerin davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında tungsten karbür (WC), CVD kaplamalı karbür ve seramik kesiciler kullanmışlardır. Titanyum alaşımlarının işlenmesinde en iyi sonucu K-20 sınıfı tungsten karbür uçlar vermektedir. Titanyum alaşımlarının işlenmesinde kesici uçta yanak aşınması, krater aşınması, çentik aşınması ve talaş kırıcı yüzeyin bozulması gibi mekanizmalarla çok sık karşılaşılmaktadır. Krater ve yanak aşınması difüzyona bağlıdır. Çentik aşınması kesici takımında kırılmaya veya kimyasal reaksiyona sebep olabilmektedir. Titanyum alaşımlarının işlenmesinde doğru miktarda kesme yağı kullanılmasında kesici takım ömrü uzamaktadır. Titanyum alaşımların işlenmesinde yüzey bütünlüğüne ve basma kalıntı gerilmelerine dikkat edilmelidir [26].

Nalbant ve arkadaşları çalışmalarında PVD ve CVD yöntemi ile kaplanmış ve kaplamasız sementit karbür uçlar ile tornalama işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini yapay sinir ağlarında modellemişlerdir. Çalışmalarında AISI 1030 çeliğini 5 farklı ilerleme hızında (0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 mm/dev) üç farklı ilerleme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve sabit talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanmadan gerçekleştirmişlerdir. Kaplama yöntemi, kaplama maddesi, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Deney sonuçlarında 200 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme hızında PVD yöntemiyle TiN kaplanmış takım ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü 2,16 μm PVD yöntemiyle TiAlN kaplanmış takım ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü 2,3 μm ve PVD yöntemiyle AlTiN kaplama ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 2,46 μm 'dir. 100 m/dak kesme hızında ve 0,25 mm/dev ilerleme hızında kaplamasız sementit karbür takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değeri ise 2,45 μm 'dir. Kaplama malzemeleri, kesme hızı ve ilerleme hızı yapay sinir ağlarında giriş katmanı olarak kullanılmış yüzey pürüzlülük değeri ise çıkış katmanı olarak kullanılmıştır. Kaplamalı karbür takımlarda kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters bir orantı varken, kaplamasız karbür takımlarda doğru orantı vardır. Kaplamsız karbürde kesme hızı yüzey pürüzlülüğü doğru orantılı çıkması ise kaplamsız takımlarda meydana gelen BUE oluşumu, yanak aşınması ve çentik aşınmasına bağlanmıştır.

İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ise paralel bir yapı bulunmakta ve yüzey pürüzlülüğüne en etkin parametre olarak bulunmaktadır. Yapılan çalışmada yapay sinir ağlarında modelleme ve deneyler arasında R^2 : 0.99985'lik bir örtüşme mevcuttur. Bu durum YSA'nın yüzey pürüzlülüğünün önceden tahmin edilebilmesi için kullanılabileceğini göstermektedir [27].

Boubekri ve arkadaşları çalışmalarında çeliklerin işlenmesinde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi için indikatör geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu indikatörün geçerliliğini doğrulamak için AISI 1018 düşük karbonlu soğuk haddelenmiş çelik, AISI 304 paslanmaz çelik ve AISI 4140 düşük alaşımlı çeliğini kaplamasız karbür takımla işlenebilirlik deneylerine tabii tutmuşlardır. Farklı kesim koşulları ve farklı malzemelerin kesme kuvvetlerine etkilerini belirlemek için matematiksel model geliştirmişlerdir. Sonuçlar geliştirilen sistemin işlenebilirliğinin önceden tahmini ve işlenebilirlik testlerinde maliyetin düşürülmesinde etkili olacağı görülmüştür [28].

Tanakaa ve arkadaşları çalışmalarında çeliklerin talaşlı imalatla işlenebilirliği ve iş parçası ile takımın kimyasal yapılarının etkileşimini incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmalarında JIS S45C ve BN1 çeliğini kullanmışlardır. Çalışmada JIS S45C çeliği standart olarak kullanılmıştır. BN1 Çeliğinin tornalanması esnasında oluşan takım aşınması standart çeliğe göre daha azdır. BN1 çeliğinin 200-300 m/dak kesme hızlarında P30 kalitesindeki takım ile işlenmesi esnasında oluşan yanak aşınması ve krater derinliği standart çeliğin yarısı kadardır. BN1 çeliği aynı kesme hızlarında standart çelikte kıyaslandığında daha düşük kesme sıcaklıkları ve benzer kesme kuvvetlerinin olduğu görülmektedir. BN1 çeliğinin yüksek kesme hızlarında P sınıfı karbür takım ile tornalanmasında kesici takımın aşınma bölgelerinde Al ve N katmanlar belirlenmiştir. Al ve N, takım talaş ara yüzeyinde bir difüzyon katmanı olarak oluşmuştur. Geniş Al içerikli BN1 malzemesinin yüksek Ti içerikli kesici takımlarla işlenmesinde takım aşınmasında düşüş gözükmemektedir. Ayrıca çalışma Ti içerikli kesici takımı Al malzemelerin işlenmesinde de olumlu sonuçlar vereceğini göstermiştir [29].

Xavior ve arkadaşı, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin tornalanmasında kesme sıvılarının takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Hindistan cevizi yağının takım aşınmasına ve yüzeye etkisi üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında Hindistan cevizi yağının etkisinin yanında iki ayrı kesme sıvısı emisyonu ve su ile karışmayan kesme sıvısını da incelemişlerdir sonuçta Hindistan cevizi yağı diğer iki kesme sıvısına göre takım aşınmasında ve yüzey kalitesinde daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmada Hindistan cevizi yağının kullanılmasının amacı endüstride metal kesme işleminde kullanılan bitkisel bazlı kesme sıvıları karşılaştırılabilir olması ve termal ve oksidasyon kararlılığından dolayı seçilmiştir. Ayrıca ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi %61,54 kesme hızının etkisi ise %46,49 olarak bulunmuştur [30].

Arrazola ve arkadaşları çalışmalarında dik kesme esnasında oluşan ısı alanının işlenebilirliğe etkisini araştırmışlardır. Deney malzemesi olarak iki farklı AISI 4140 çeliği kullanılmıştır. Isı alanları talaş kaldırma işlemi için kritik bölgelerde oluşmuştur [31].

Reddy ve arkadaşları çalışmalarında C 45 çeliğini kriyojenik ısıtma işlemi görmüş ve normal tungsten karbür (P 30 kalitesinde) kesici takım kullanarak işlemişlerdir. Kesici takım -176 derecede kriyojenik ısıtma işlemi tabii tutulmuştur. İş parçasının işlenebilirliği yanak aşınması, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmiştir. Isıtma işlemi tabii tutulmuş kesici takım yanak aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesi olarak normal takıma göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Isıtma işlemi görmüş malzemenin takım ömrü ısıtma işlemi görmemiş takıma göre daha iyi çıkmıştır [32].

Stoi'c ve arkadaşları çalışmalarında 40CrMnMo7 kalıp çeliğinin genetik algoritma kullanılarak işlenebilirliğini araştırmışlardır. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve kesme kuvveti bileşenlerine etkisi ölçülerek işlenebilirlik araştırması yapılmıştır. Matematiksel modellemeyi yapabilmek için bir dizi işlenebilirlik testi yapmışlardır. İşlenebilirlik için giriş parametrelerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar tezgahın daha verimli kullanılması ve

sertleştirilmiş malzemelerin farklı kesim koşulların da işlenmesi için kullanılabilir [33].

Li ve arkadaşları, yüksek mukavemetli 50CrV4 çeliğinin yüksek devirlerde hidrojenin yorgunluğa etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında farklı hidrojen içeriğine sahip üç farklı ısıtılma işlemiyle hazırlanmış malzeme kullanmışlardır. Bunlar su verilmiş ve temperlenmiş, 380 derecede tavlanmış ve vakumlanmış, yüksek basınçlı hidrojen ile ısıtılma işlemi görmüş malzemelerdir. Hidrojenin artışı numunelerdeki yorulma davranışı olumsuz yönde etkilemiştir [34].

Sevim, çelik levhaların nokta kaynağında sertliğin kırılma tokluğuna etkisini araştırmıştır. Çalışma 5 farklı çelik malzeme kullanılarak yapılmıştır. Bunlar sırasıyla 1010, 1030, 1040, 1050 ve 50CrV4 çelikleridir. Nokta kaynağı 3 mm kalınlığındaki parçalara uygulanmıştır. Çiftleri oluşturmada 50CrV4 çeliğini sabit tutup diğer çelikler değiştirilerek 4 farklı çift oluşturmıştır. Düşük alaşımlı çelikler için kayma gerilmesi katsayısını $C = 1,56 \times 10^6 \text{ (MPa)}^2$ olarak hesaplamıştır. Nokta kaynaklarda çatlak oluşumu malzeme sertliğine bağlıdır oluşan bu çatlaklar ilerde kırılmalara neden olabilmektedir [35].

Yang ve arkadaşları çalışmalarında martenizit yapıları birbirlerine benzer yüksek mukavemetli 50CrV4 ve 54SiCrV6 çeliklerini ısıtılma işlemi tabii tutularak yüksek döngülerde yorulma bölgelerinde meydana gelen kırılma yüzeyi alanını incelemişlerdir [36].

Boujelbene ve arkadaşları çalışmalarında elektro erozyon yöntemi ile işleme sırasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında kalıplarda, soğuk şekillendirme v.b işlemlerde kullanılan X200Cr15 ve 50CrV4 çeliklerini kullanmışlardır. Çalışmalarında beyaz tabaka kalınlığı, işleme hızı ve elektron aşınma oranını incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda enerji deşarj artışıdaki iktidarsızlık beyaz tabaka kalınlığını ve yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir. Bu olayın sebebi ise malzeme işleme esnasında oluşan erime ve arklardan kaynaklanmaktadır [37].

Park ve arkadaşı, çalışmalarında iki aşamalı soğuk yüzey şekillendirme ve basma kalıcı gerilmelerinin yay çeliklerinde yorulma dayanımına etkisini araştırmışlardır. Deney numuneleri olarak JISG4081-SUP7, SAE 9254, DIN 50CrV4 çeliklerini kullanmışlardır [38].

Zhang ve arkadaşları çalışmalarında aynı sınıfta bulunan fakat farklı boyutlar içeren ticari 50CrV4, Temizlenmiş 50CrV4, Temizlenmiş 54SiCrV6, temizlenmiş 54SiCr6 çeliklerinin yorgunluk rejiminde yorulma davranışlarını incelemişlerdir. Temizleme işlemi P (fosfor) ve S (kükürt)'ün zararlarından kurtulmak için yapılan ısıtma işlemlerdir. Bu işlemler 1123 K derecede östenitleme sonrası çelikler 30 dakika yağda soğutulmuş ve 713 K de 1 saat boyunca temperlenmiştir [39].

Sevim ve arkadaşları çalışmalarında çeliklerde aşınma dirençlerinin kırılma tokluğuna etkisini araştırmışlardır. Deney numuneleri olarak AISI 1010, 1030, 1040, 1050 ve 50CrV4 kullanmışlardır. Aşınma direnci azaldıkça kırılma tokluğunun da azatlığı görülmüştür [40].

Pantoja ve arkadaşları çalışmalarında yay üretiminde alternatif olarak kullanılan SAE 6150 çeliğinin sertleşme ve temperleme sürecinde en iyi parametreleri belirlemeye çalışmışlardır. Deneylerde yay üretiminde kullanılan SAE 5160 çeliği ve SAE 6150 çeliğinin mekanik özelliklerini karşılaştırmışlar karşılaştırılan bu mekanik özellikler ise Jominy deneyi, sertlik, tokluk ve çekme özellikleridir. Yapılan çalışmada 40 mm kalınlığına kadar SAE 6150 çeliğinin sertleşebilirliği SAE 5160 çeliğinin sertleşebilirliğinden daha iyi çıkmıştır. Çalışma sonucunda SAE 6150 çeliğinin mekanik özellikleri ortalama olarak elastikiyet modülü 204 GPa, akma dayanımı 636,6 MPa ve kopma dayanımı ise 1020 MPa çıkmıştır [41].

Alp ve arkadaşları çalışmalarında SAE 6150 çeliğinin mikro yapı özelliklerinin çekme ve yorulma davranışlarına etkisini incelemişlerdir. Deneylerde martenizit yapıdaki ve temperlenmiş numunelerin çekme ve yorulma davranışlarını belirlemek için mekanik testler yapılmış ve tarama elektron mikroskobu (SEM), enerji dağılımlı X ışını

mikroskobu (EDX) ve optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir. 990 derecede su verilmiş martenzit yapıdaki çelik de oluşan mikro çatlaklar ve kalıntı gerilmeleri yorulma ve çekme özelliklerini düşmesine neden olmaktadır. 700 derecede temperleme işlemi ise orta süneklik ve yorulma özelliklerini artırmıştır. Oluşan martenzit ve ferlit çift fazlı yapı mükemmel bir yorulma ve sünekliğe sebep olmaktadır [42].

Bello, J.M ve arkadaşları çalışmalarında 50CrV4 çeliğinin lazer ile işlenmesinde meydana çıkan kalıntı gerilmeler ve yorgunluk performansını incelemişlerdir [43].

Gruning, A ve arkadaşları çalışmalarında SAE 6150 çeliğinden yapılmış flanş milinin termo-mekanik olarak çalışması sırasında oluşan kalıntı gerilmelerini incelemişlerdir [44].

Karam Y. Maalawi ve arkadaşı çalışmalarında mekanik elemanların tasarımın optimizasyonunu araştırmışlar ve değerlendirmişlerdir. Araştırmaya konu olan makine elamanı ise helis baskı yayı üretimidir. Yay üretiminde kullanılan çelik ise SAE 6150 yağda temperlenmiş çeliktir. Bobin çapı, tel çapı ve dönme sayısı kullanılarak yay üretiminde optimum parametreleri belirlemeye çalışmışlardır. Burkulma gerilimi, kritik gerilme ve yüzey durumu dikkate alınarak üretimler yapılmıştır [45].

Mustafa Ulubeyli ve arkadaşları çalışmalarında düşük alaşımlı yüksek mukavemetli 50CrV4 çeliği ve alüminyum esaslı kompozit malzemelerin zırh olarak kullanılmasında balistik performansını incelemişlerdir. Her iki malzemenin de performansı 7.62 zırh delici mermi ile karşılaştırılmıştır. Uygulanan ısıtım işlemleri sonunda kullanılan çelik malzemenin sertlikleri sırasıyla 40, 50, 60 HRC dir [46].

V. S. K. Venkatachalapathy ve arkadaşı çalışmalarında silindirik taşlamanın, taşlama ile sertleştirme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneylerde SAE 6150 çeliği ve AISI 52100 alüminyum malzeme kullanılarak yapılmıştır. Taşlamada meydana gelen yüksek sıcaklıklar termal hasarlara sebebiyet verebilmektedir. Taşlama işleminde

uygun parametreler seçilirse aynı anda yüzey sertleştirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Termal çatlakları önlemek ve iyi bir bitirme yüzeyi elde etmek için kullanılan soğutma sıvısının etkisi azdır. Yapılan deneylerde taşlama ile sertleştirme işleminde yüzey çatlaklarına rastlanmamıştır. AISI 6150 çeliğinde kesme derinliği 0,9 mm'yi geçtiği zaman sertleşmede azalma görülmektedir. Bu olay ise karbon miktarının artışına bağlanmıştır [47].

C. S. Li ve arkadaşları çalışmalarında vites çubuğu çeliği üretiminde kullanılan 50CrV4 çeliğinin sürekli haddeleme esnasından oluşan sıcaklık alanını simülasyonunu elde etmişlerdir [48].

G. Ebersbach ve arkadaşları çalışmalarında sert metal uçları PVD yöntemi ile TiN ve (Ti, Cr) N kaplama yapmışlar. Kaplama davranışlarının incelemek için hazırlanan kesici takım uçları ile 50CrV4 çeliğini işlemeye tabii tutmuşlardır. (Ti, Cr) N kaplama daha iyi sonuçlar vermiştir [49].

U. Rotnik ve arkadaşları çalışmalarında yay çeliklerinin haddeleme sırasında, haddelenmiş profillerinin kesilmesi veya herhangi bir mekanik işlem sırasında oluşabilecek gevrek çatlama da kalan hidrojenin olumsuz etkileri araştırılmış. Deney malzemesi olarak 50CrV4 ve 50CrV4+N kullanılmıştır. 50CrV4 çeliğinin hidrojen duyarlılığı benzer çeliklerden çok daha fazladır. 50CrV4 için kritik hidrojen miktarı $\leq 0,60$ ppm (milyonda bir)'dir [50].

L. C. Pantoja ve arkadaşları çalışmalarında yay üretimi için alternatif bir malzeme olarak temperlenmiş ve su verilmiş SAE 6150 çeliğinin kullanarak yay imalatı için en iyi parametreleri bulmaya çalışmışlardır. Bu çalışmada SAE 6150 çeliği ve yay imalatın kullanılan SAE 5160 çeliğinin mekanik özelliklerini kıyaslamışlardır. Numunelere sıcak haddeleme ve ısıtma işlemi tabi tutmuşlardır. Deney numunelerinin çapı 40 mm'dir. Yapılan çalışma sonucunda SAE 6150 çeliğinin sertliği ve sertleştirilebilirliği de iyi oldu gözükmektedir. Elastikiyet modülü, akma noktası ve mukavemet olarak iki çelik birbirine benzemektedir [51].

Kh. G. Schmitt-Thomasa ve arkadaşı çalışmalarında 50CrV4 çeliğinin tahribatsız muayene uygulamışlar ve hidrojenin titreşim söndürmeye etkisini araştırmışlardır [52].

Tekaslan ve arkadaşları çalışmalarında AISI 304 çeliğini 5 farklı kesme hızında (50, 75, 100, 125, 150 m/dak), 3 farklı ilerleme (0.15, 0.20 ve 0,25 mm/dev) ve 2 farklı talaş derinliği ile (1,5 ve 2,0 mm) CNC torna tezgahında işleyerek en iyi yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametrelerini belirlemeye çalışmışlardır. İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün de artış gözükmektedir. Yüzey pürüzlülüğüne kesme hızının etkisinin ilerleme hızının etkisinden daha az olduğu gözükmektedir. Talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığı gözükmektedir. Her zaman kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü iyileşmesi anlamına gelmediğini ve belli bir noktadan sonra kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin kötüleştiği sonucu ortaya çıkmıştır [53].

Demir ve arkadaşları çalışmalarında yüksek dayanımlı düşük alaşımlı 30MnVS6 mikro alaşımlı çelik malzeme kullanmışlar malzemeyi yağda ve suda sertleştirme ısıtma işlemine tabii tutmuşlardır. Elde edilen üç farklı numuneleri dört farklı kesme hız (90, 120, 150 ve 180 m/dak) ve 0,1 mm/dev sabit ilerleme ve 1 mm talaş derinliği ile kuru tornalamaya tabii tutmuşlardır. Kullanılan kesici takımlar Kennametal firması tarafından KC9110 kalite gurubunda üretilmiştir. Kesici takımlar ISO kodlamasına göre CNMG 120404MP geometrisindedir Uygulanan ısıtma işlemlerin malzemenin mikro yapısını ve dolayısıyla sertliğini değiştirmiştir. Yapılan ısıtma işlemle sonrası normal malzeme, yağda soğutulan ve suda soğutulan malzemelerin sertlikleri sırasıyla 44 HRC, 47 HRC ve 53 HRC çıkmıştır. Isıtma işlemlerin kesme kuvvetine etkisi incelendiğinde, ham malzemeye göre yağda soğutulan malzemede kesme kuvvetlerinin yaklaşık %6, suda soğutulan malzemede kesme kuvvetlerinin ise yaklaşık % 30 arttığı tespit edilmiştir. Suda soğutulan iş parçaları, kesici takımında çok hızlı aşınmaya neden olmuştur. Aynı zamanda, suda sertleştirilen iş parçaları üzerinde yapılan deneylerde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri yağda sertleştirilen malzemeye göre yüksek bulunmuş yüzey pürüzlülüğündeki değerlerin

değişimi düzenli olmamıştır. Yağda soğutulan malzemede kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinde ve yüzey pürüzlülük değerlerinde düzenli bir azalmanın daha fazla olduğu görülmüştür [54].

Aydın ve arkadaşları, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğini kaplamalı sermet kesici takım ile universal torna tezgahın da kuru tornalama yaparak işlemişler. Kesici takımın en üst kaplaması TiN ve bunun altındaki kaplamalar sırasıyla TiCN, TiC, TiCN'dir. Deney numuneleri 60, 70 ve 80 mm çapında 50 mm uzunluğunda hazırlanmıştır. Deneylerde sabit talaş serinliğinde 0,75 mm, altı farklı kesme hızı (30, 45, 55, 75, 110, 130 m/dak) ve 2 farklı ilerleme (0,05 - 0,08 mm/dev) kullanılmış. Ayrıca sabit ilerlemede 0,11 mm/dev kullanılan 6 kesme hızını kullanarak 4 farklı talaş derinliği (0,15-0,35-0,50-0,75 mm) kullanmışlardır. Talaş kaldırma esnasında kesme kuvveti, talaş kaldırılan bölgenin ve talaşın ayrılma anındaki sıcaklığını ölçülmüşler. Takımın kesme kenarındaki aşınma miktarı görüntülenmiştir. Talaş formu belirlenmiştir. Düşük kesme hızlarında kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin arttığı, orta kesme hızlarında ise; kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin azalmaya başladığı görülmüştür. Kesme hızının arttığında kesme bölgesindeki sıcaklığında arttığı görülmüştür. Takımın sıcaklığının artması sonucu; kesici kenarın özellikle burun kısmında hem talaş yüzeyinde hem de serbest kenarında aşınma meydana geldiği ve kaplama malzemesinin kesme yüzeyinden ayrıldığı görülmüştür. Talaşlar sınıflandırıldığında, talaşların genelde uzun veya kısa boru şeklinde olduğu görülmüştür. Ancak, ilerleme hızı ve talaş derinliğine göre şerit talaş, dolaşık veya karmaşık talaş formları elde edilmiştir [55].

Çiftçi, iki farklı kalitede östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 304 ve AISI 316) işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla soğutma sıvısı kullanılmadan tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yapmıştır. TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al₂O₃ katmanlarıyla çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyler dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak) sabit ilerleme hızı 0,16mm/dev ve talaş derinliği 1,6mm sabit tutularak yapılmıştır. TiC/TiCN/TiN kaplanmış kesici takımla elde edilen kesme

kuvvetleri TiCN/TiC/Al₂O₃ kaplanmış kesici takımla elde edilenlerden daha düşük olmakla birlikte kesme kuvvetleri arasındaki farklılık çok fazla değildir. AISI 316 paslanmaz çeliğin tornalanması esnasında oluşan kesme kuvvetleri, AISI 304 paslanmaz çeliğin tornalanması esnasında oluşan kesme kuvvetlerinden daha yüksektir. Kesme hızı, kesme kuvvetleri üzerinde çok fazla bir etki oluşturmamasına rağmen tornalanmış yüzeylerin pürüzlülük değerlerini önemli derecede etkilemiştir. AISI 304 çeliğinin AISI 316 çeliğini göre yüzey pürüzlülüğü daha düzgün çıkmasına rağmen çok fazla bir fark gözükmemektedir. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar azalmış ancak kesme hızının bu değerden sonraki artışlarıyla artmıştır [56].

Gökkaya ve arkadaşları çalışmalarında AISI 1030 çeliği, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı), PVD yöntemiyle AlTiN ve TiAlN kaplanmış üç farklı sementit karbür takımla deneyleri gerçekleştirmişlerdir. İşleme esnasında kesme derinliği sabit tutularak (2 mm), üç farklı kesme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 mm/dev) değerlerinde kuru tornalama ile deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kesici takım kaplama malzemeleri ve işleme parametrelerinden kesme hızı ile ilerleme hızının iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak ilerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantı vardır. Kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters bir orantı vardır. Fakat ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi kesme hızından daha fazladır. İlerleme miktarının (0.45 mm/dev) % 80 azaltılmasıyla (0.25 mm/dev) yüzey pürüzlülüğünde % 176 iyileşme sağlanmış, kesme hızının (100 m/dak) % 200 artırılmasıyla (300 m/dak) ise yüzey pürüzlülüğünde % 13 iyileşme elde edilmiştir. Kesici takımlara uygulanan kaplama katman sayısı ile yüzey pürüzlülüğü arasında azalan bir ilişki vardır. Kaplama katman sayısının arttırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır. Kaplama malzemesi çeşidine göre en iyi yüzey pürüzlülüğü CVD ile TiN kaplanmış kesici takımla (2.155 μ m) elde edilmiştir. Bunu sırasıyla PVD ile kaplanmış TiAlN (2,3 μ m) ve AlTiN (2,46 μ m) kesici takımlar takip etmiştir [57].

Özer ve arkadaşları, deney numunelerini AISI 410 marteniztik paslanmaz çeliğinden 60 mm çapında ve 300 mm boyunda hazırlanmışlardır. Deney numunelerin sertlikleri 170 HB sertliğindedir. Deneyler kuru tornalama metodu ile TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımlar ile Deneylerde 60 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 1.2 mm talaş derinliği sabit tutularak gerçekleştirilmiştir. TiC+TiN kaplamalı takımın literatürde belirtilen düşük sürtünme katsayısına karşın, kaplamadaki kırılmalar ve talaşın takıma yapışma eğiliminden dolayı en yüksek kesme ve ilerleme kuvvetlerini oluşturmuştur. Fakat işlenen yüzeyin pürüzlülüğü bakımından ideal yüzey pürüzlülüğüne en yakın değerler elde edilmiştir. CBN takım düşük kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde dahi takımda kırılmalar meydana gelmiştir. TiC kaplamalı takımda, talaşın takıma yapışma eğiliminin çok düşük olması ve takım/talaş temas uzunluğunun diğer takımlara göre daha kısa olması, düşük kesme kuvvetlerine neden olmuştur. Kaplamasız takım en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerini vermiştir [58].

Neşeli ve arkadaşları, tornada takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Bunun için universal torna tezgahında değişik yaklaşma açıları ve talaş açıları ile kuru kesme şartlarında, AISI 1040 çeliği üzerinden 0,5 mm derinliğinde talaş kaldırılarak 27 numune işlenmiş bu işlemde sonra yüzey pürüzlülük değerleri MAHR M1 Perthometer ile ölçülmüştür. Yapılan deneylerde elde edilen veriler bir Yapay Sinir Ağının (YSA) eğitiminde kullanılmıştır. YSA modellemesinde giriş parametreleri; uç radüsü (r) yaklaşma açısı (K), talaş açısı (γ) ve çıkış parametresi; ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) olarak belirlenmiştir. Bu modelleme ile yüzey pürüzlülük değerleri tahmin edilmiştir. YSA, Centrino Duo 1.83 GHz işlemcili Windows XP işletim sistemli bir donanıma sahip bilgisayarda MATLAB 7 programı kullanılarak tasarlanmıştır. Deneysel sonuçlarla YSA sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, tasarlanan modelin başarılı bir şekilde uygulandığı ve deney sonuçlarına yakın sonuçlar verdiği görülmüştür [59].

Ucun ve arkadaşları, deney numunelerini ilk olarak tuz banyosunda 900°C de 60 dakika süreyle östenitlemeye tabi tutulmuş ve sonra 250°C ve 325°C 'de 60 dakika

süre ile östemperleme işlemi yapılmıştır. Küresel grafitli dökme demir ve 250 ve 325 derecede östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirler 40mm çapında ve 150 mm boyunda hazırlanmışlardır. Deneyler CNMG 120404 TF ISO kodlu sementit karbür kesici takım ile üç farklı kesme hızı (75,125, 175 m/dak) sabit ilerleme 0.05 mm/dev ve sabit talaş derinliği 1 mm ile yapılmışlardır. Düşük östemperleme sıcaklıklarının kesme kuvvetlerinin artmasına neden olurken, daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini göstermiştir. Takımda genellikle yan yüzey yanak aşınması meydana gelmiştir. Azalan östemperleme sıcaklığı ile takım ömrü azalmaktadır. Ayrıca azalan östemperleme sıcaklığı da takım aşınmasının artmasına neden olmaktadır. Östemperleme sıcaklığı kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Fakat $V=250$ m/dak'lık kesme hızında östemperlemenin asıl kesme kuvveti üzerinde etkisinin olmadığı söylenebilir. Kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü düşürmektedir. Yapılan bu çalışmada düşük östemperleme sıcaklıklarının takım aşınmasını hızlandırdığı ve takım ömrünün azalmasına neden olduğu görülmüştür [60].

Altın ve arkadaşları, nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı 50 mm çapında 500 mm boyunda hazırlayarak RCMM 120400 geometrisine ve M15 kalitesine sahip, ön boşluk açısı 7° , talaş açısı 0° olan değiştirilebilir sementit karbür kesici takımı ile 5 farklı kesme hızı (15, 30, 45, 60 ve 75 m/dak), sabit ilerleme hızı 0,20 mm/dev ve sabit talaş derinliğinde 2 mm kuru tornalama metodu ile işlemeye tabii tutarak kesme hızlarının asıl kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Kesme hızı ile asıl kesme kuvveti arasında kuvvetli bir azalan doğrusal ilişki vardır. Kesme hızı miktarının (15 m/dak) % 400 artırılmasıyla (75m/dak) asıl kesme kuvveti değerinde % 83 düşüş elde edilmiştir. En düşük asıl kesme kuvveti 75 m/dak kesme hızında (629 N) elde edilmiştir. Kesme hızı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasında ikinci dereceden bir ilişki olduğu söylenebilir. Kesme hızı miktarının (15 m/dak) % 200 artırılmasıyla (45 m/dak) ortalama yüzey pürüzlülüğünde % 27,5 düşüş elde edilmiştir. Kesme hızının 45 m/dak'dan 75 m/dak'ya artırıldığında % 66,6'lık artış ile ise yüzey pürüzlülüğünde önemli artış (% 95,5'lik) gözlenmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü 45 m/dak kesme hızında elde edilmiştir. Inconel 718 süper alaşımın yüksek kesme hızlarında işlenmesinde yüksek kesme hızları kesici

takım üzerinde yanak ve plastik deformasyon aşınması oluşumuna yol açmıştır ve kesici takım üzerinde görülen aşınmalar ortalama yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemiştir. Elde edilen talaş biçimi genel olarak sürekli ve dar adımlı olarak tespit edilmiştir. Talaş kenarlarında yırtılmalar görülmüştür [61].

Çiftçi, deney numunelerini AISI 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzemeden 40 mm çapında ve 150 mm boyunda hazırlanılarak, ticari kalite CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış sementit karbür kesici takımla, kesici takımda en üst kaplama Al_2O_3 ve onun altındakiler de sırasıyla TiCN ve TiC'dur. Kesici takım ile dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak), ilerleme hızı (0,16 mm/dev) ve talaş derinliği 1,6 mm sabit tutularak kuru tornalama metodu ile deneyler yapılmıştır. Deneyler esnasında kesme kuvvetleri ve işlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a) ile takım aşınmaları tarama elektron mikroskobu (SEM) ile ölçülmüştür. Karbür kesici takımda aşınmalar esas olarak üç bölgede gerçekleşmiştir. Kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge, kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve burun bölgesi esas olarak aşınmanın gerçekleştiği bölgelerdir. Gerçekleşen aşınmalar küçük kırılmalar şeklindedir. Bu kırılmalar, kesici takımda BUE oluşumu ve oluşan BUE'nin de işleme esnasında kopmasıyla ilişkilendirilmiştir. Kesme hızının artmasıyla belirli bir kesme hızı değerine kadar gerçekleşen aşınmalar azalmıştır. Artan kesme hızıyla kesici takım aşınmasının azalması, yüksek kesme hızlarında artan sıcaklık nedeniyle daha az BUE oluşma eğilimi ve kesici takıma daha az adhesiv kuvvet iletilmesi ile açıklanmıştır. İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin (R_a) ve kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi de aşınmaya benzer bir davranış sergilemiştir. Artan kesme hızı ile her iki değer de belirli bir kesme hızına kadar azalmış ancak daha sonra kesme hızının artması ile artmıştır [62].

Serdar Karaoğlu çalışmasında plazma nitrürasyonu ile çeşitli parametreler kullanılarak yüzeyi sertleştirilen, az alaşımlı 16MnCr5 ve 50CrV4 çeliklerinin yapısal özellikleri; mikroskopi teknikleri, X-ışını difraksiyonu ve mikrosertlik ölçümleri kullanılarak incelenmiştir. Kimyasal bileşimleri açısından aralarındaki en büyük fark içerdikleri karbon miktarı olan bu çeliklerin incelenmesiyle, karbon miktarının yüzey

sertleştirme işlemi ile oluşan içyapıya ve mekanik özelliklere etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir [63].

2.1. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatür taramasında, yapılacak olan çalışma ile ilgili yapılmış araştırmalar incelenmiştir. Literatür araştırmasındaki temel amaç çalışma konusu olan tornalama parametreleri ile ilgili en temel bilgileri ele alıp konu ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmaların gelişim sürecini incelenmiştir ve yapılacak olan çalışmada bu süreci iyi inceleyip bundan sonra ne yapılması gerektiğini belirleyebilmektir. Literatür araştırması neticesinde konu ile ilgili yapılan çalışmalarda aşağıdaki hususların ön plana çıktığı gözlenmiştir.

Tornalama sürecinde işleme performansına etki eden faktörlerden kesme hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği, uç geometrisi, kesici takım türü, kesici takım kaplaması ve kaplama yöntemi, iş parçası malzemesi, tezgâh rijitliği ve soğutma sıvısı gibi kesme parametreleri ile ilgili çeşitli deneyler yapılmıştır.

Takım ömrünü belirleyen takım ucundaki aşınmaları ve bu aşınmalara sebep olan kesme kuvvetleri ilgili yapılan çalışmalarda kesme hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği ve tezgâh rijitliği gibi faktörlerin kuvvetlere olan etkisi çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarla incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda işleme parametrelerine bağlı olarak kesme kuvveti ilgili çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir.

İşlenen malzemenin tanecik yapısı ve sertliğinin kesme olayına etkisi farklı malzemelerle deneysel olarak incelenmiştir. Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve takım ömürleri dikkate alınarak kıyaslama yapılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında tornalama sürecinde kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü ile ilgili pek çok çalışmanın yapıldığı ve halen yapılmakta olduğu gözlenmiştir. Fakat deney malzemesi AISI 6150'nin fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili çalışma yapılmasına rağmen işlenebilirliği ile ilgili

detaylı çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla “AISI 6150 ÇELİĞİNİN TORNADA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” adlı çalışmanın farklı kesici takım malzemesi ve uç yarıçapı ile farklı kesme parametrelerinde işlenmesi ile oluşan; kesme kuvvetleri, yüzey kalitesi, takım aşınması ve talaş şekli incelenerek literatürde bir boşluğu dolduracak nitelikte olduğu düşünülmektedir.

3. TALAŞLI İMALAT ESASLARI

Endüstriyel makine parçalarının birçoğu son kullanım formlarına, talaşlı imalat yöntemiyle getirilmektedir. Sıcak ve soğuk haddeleme ya da presleme, döküm, dövme, enjeksiyonla kalıplama ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesinde çoğu zaman talaşlı imalat yöntemi kullanılır. Talaşlı imalatla, hammadde formu ve istenilen geometri, kullanılacak takım tezgahı ve kesici takım seçiminde etkilidir. Hammadde üzerindeki fazlalıklar, uygun takım tezgahı, kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak, talaş kaldırmak suretiyle, istenilen ölçü toleransları ve yüzey kalitesinde istenilen geometriye getirilir. Talaşlı imalat işleminde etkin olan kesme hareketi iş parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın talaşa dönüşmesini gerektirir. Bu yöntem çoğunlukla metalleri şekillendirmek için uygulansa da diğer bazı malzemeler de aynı yöntemle şekillendirilebilir [64-66].

Hammadde halindeki bir malzemeye belirli bir şekil vermek için mekanik ve fiziksel talaş kaldırma yöntemlerinin sistematığı: ucu (ağzı) keskin bir takım ile parça üzerinden malzeme kaldırma işlemidir, kaldırılan malzemeye talaş denilir. Talaş kaldırma işlemlerinin sistematığı, takım ile parça arasındaki izafi hareketlere takım ucunun geometrisine ve takımların kesici uç sayılarına göre yapılabilir. Takım ile parça arasında kesme, ilerleme ve yardımcı olmak üzere üç türlü hareket vardır; Kesme hareketi esas talaş kaldırma hareketidir. İlerleme hareketi, parçanın uzunluğu veya genişliği boyunca belirli bir kısmının işlenmesini sağlayan harekettir. Yardımcı hareketler ise, takımın parçaya yaklaşma hareketi, ilerleme hareketi bittikten sonra takımın başlangıç noktasına geri getirme gibi çeşitli ayar hareketlerini kapsar [1].

3.1. Talaş Kaldırma Teorileri

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

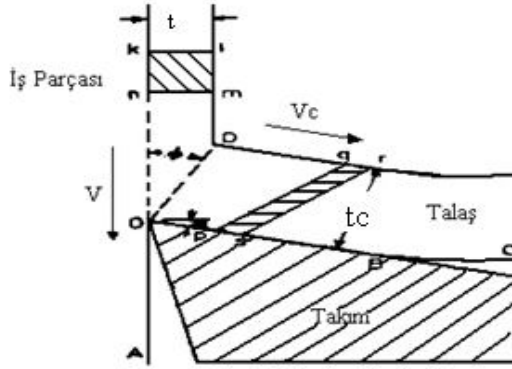
- Tresca yaklaşımı
- Timme ve Mallock yaklaşımı
- Ernst ve Merchant yaklaşımı
- Lee ve Shafer yaklaşımı
- Shaw, Cook ve Finne yaklaşımı
- Hill yaklaşımı
- Okushima ve Hitami yaklaşımı
- Astakhov yaklaşımıdır [1].

Bu yaklaşımlardan en çok bilinenler ise Tresca, Timme-Mallock ve Ernst-Merchant modelleridir.

Tresca; talaş oluşumu ile ilgili ilk çalışmaları yapmıştır. En uygun talaş derinliğini elde etmek için en uygun takım geometrisinin nasıl olması gerektiği konusunda önemli bilgiler ortaya koymuştur. Çalışmasında ayrıca kesme esnasında Visko-Plastik talaş oluşumunu tanımlamışlardır [1].

Timme ve Mallock'a göre ise; kesme esnasında takım, iş parçasına nüfuz etmeye ve onun direncini yenmeye çalışır. Takımın iş parçasına batma direnci, sıkıştırılan malzeme alanını orantılı olarak büyütür. Buna bağlı olarak da batma direnci artar. Bu batma direnci kayma açısına bağlı olarak iş parçasından küçük parçacıklar çıkaracak kadar büyük olmalıdır. İlk küçük parçacık çıkartılması sonrasında batma direnci bir miktar azalır ve talaş oluşumu için yeni bir çevrim meydana gelir [1].

Ernst ve Merchant yaklaşımına göre; talaş akışının sürekli olduğu ve talaşın tek yönlü kayma deformasyonuna maruz kaldığı ifade edilmektedir. Talaş kaldırma mekanizmasına bağlı olarak Merchant'ın ideal talaş oluşum işlemi Şekil 3.1'de verilmiştir. Kayma açısı boyunca sürekli veya sabit bir deformasyon meydana gelir. Deforme olan malzeme sürekli bir talaş şeklinde talaş yüzeyi boyunca V_c hızıyla kayar. Deforme olmamış talaş kalınlığı t olurken deforme olmuş talaş kalınlığı t_c olmaktadır [1].

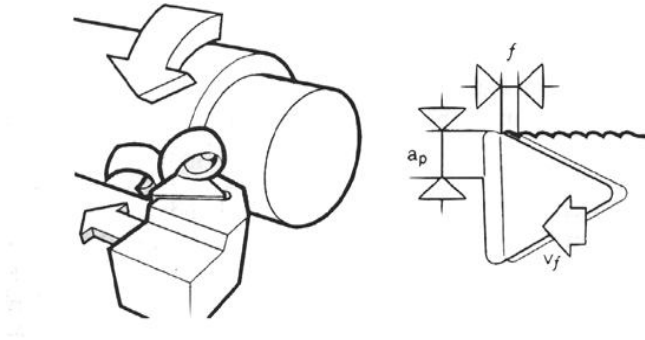


Şekil 3.1. Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli [1]

3.2. Talaş Oluşumu

Talaşlı imalat bir talaş oluşturma işlemidir. İşlemin amacı metali belirli bir şekil ve boyuta getirmekse de bu işlemin uygun talaş oluşumunu sağlayacak şekilde yapılması zorunludur [67].

Talaş kaldırma esnasında takım ile parça arasında kesme ve ilerlemeden meydana gelen iki temel hareket vardır (Şekil 3.2).

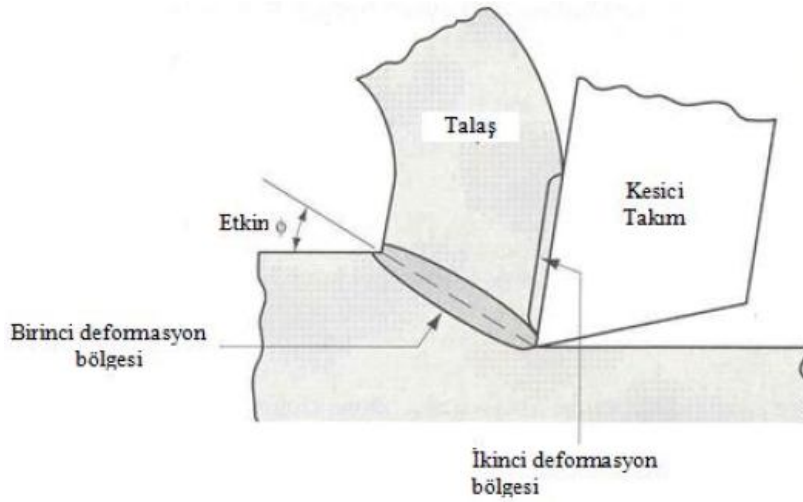


Şekil 3.2. Tornalamada talaş kaldırma işlemi

İlerleme hareketi; parçanın uzunluğu, genişliği veya derinliği boyunca belirli bir kısmın işlenmesini sağlayan harekettir. Kesme hareketi ise takımın yapmış olduğu doğrusal ya da dönme hareket ile ilerleme hareketinin bir sonucudur. Takım bu hareketlerin neticesinde iş parçası üzerinden verilen ilerleme kadar talaş kalınlığını koparmaya çalışır. Bu işleme kesme adı verilir [68].

Talaş oluşumu elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parça yüzeyinde oluşan deformasyon sertleşmesi, kesici ucun aşınması gibi olayların gözlemlendiği karmaşık bir fiziksel olgudur. Bunun için talaşlı imalat: malzeme, kimya, statik, ısı, gibi birçok farklı bilim dalını içeren dinamik bir teknolojidir [67].

Gerçekte ise talaş oluşumu ince bir bölgede gerçekleşir (Şekil 3.3). Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir. İş parçası ve kesici takım arasındaki bağıl hareket sonucu, iş parçasında oluşan gerilme iş parçasını birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyona uğratarak talaş oluşumunu gerçekleştirir. Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde oluşan talaş kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapışma sonucu ikinci defa deformasyona uğrar ve kesme bölgesinden atılır [69].

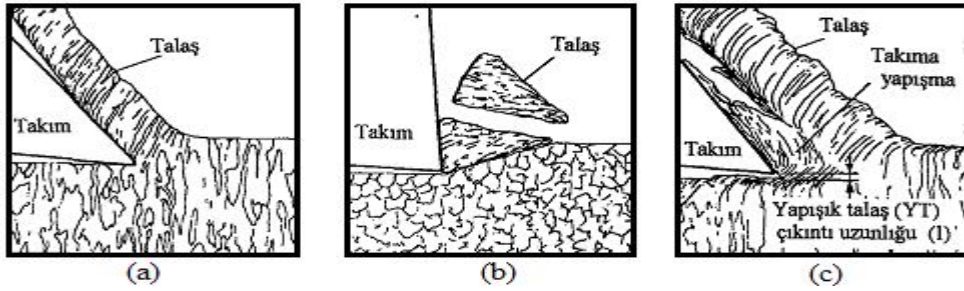


Şekil 3.3. Gerçek talaş oluşumu [69]

3.3. Talaş Tipleri

Talaşlı üretimde, ham malzeme işlenirken elde edilen talaşın tipi genellikle; işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme/talaş derinliği, talaş açısı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Talaş oluşumu direkt olarak işlenebilirlikle alakalıdır ve kesme şartlı

ile yüzey pürüzlülüğü hakkında direkt bilgi verir. Bir başka ifadeyle, kesmede oluşan talaş tipine bakılarak işlemenin ne kadar verimli olduğu anlaşılabilir. En genel şekli ile bir tanımlama yapılacak olursa; değişik faktörlerin sonucu olarak üç tip talaştan söz edilebilir. Bunlar; akma (sürekli) talaş, kırık (kopuk veya süreksiz) ve yığıntı talaştır (Şekil 3.4) [3, 65, 70, 71].



Şekil 3.4. Talaş Tipleri a) Sürekli talaş, b) Kopuk talaş, c) Yığıntı talaş [1]

3.3.1. Sürekli talaş

Genellikle sünek malzemelerin uygun kesme hızlarında işlenmesinde makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir. Sürekli talaş, yüksek deformasyon nedeni ile sertleşir ve yüksek sertlik değerine ulaştığında takım aşınmasını artırır. İşlem sırasında harcanan güç, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesi yönünden tercih edilen bir talaş tipidir [3, 72, 73].

Sürekli talaşların bant şeklinde, spiral ve değişik helis şekillerde oluşmasına rağmen işçi güvenliği, kontrol problemi ve çıkan talaşın işlenen yüzeyi çizmesi açısından olumsuz tesirleri söz konusudur [3, 73].

3.3.2. Kopuk talaş

Farklı gerilmelere sahip ve gevrek malzemelerden talaş kaldırılması sırasında talaş sadece kısmen biçimlendirilebileceğinden birincil deformasyon bölgesinde kırılma olacaktır ve bu bölgede talaş parçalara ayrılacaktır ve oluşan talaş kesintilidir. Dökme demir, pirinç, çinko, porselen ve sert plastik gibi malzemelerin işlenmesi

sırasında ortaya çıkar. Ayrıca dövülebilir malzemelerin düşük kesme hızlarında ve yüksek ilerlemelerle işlenmesi sırasında da görülür. Sürekli talaş tipinde belirtilen olumsuz özellikler söz konusu değildir [3].

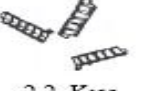
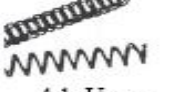
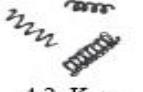
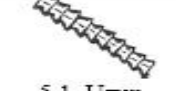
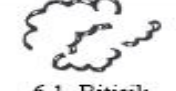
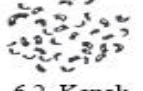
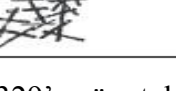
Takımın talaş açısı da kesintili talaş oluşumunu etkiler. Örneğin, negatif talaş açısı ile işlenen pirinç malzemedede oluşan kesintili talaş, büyük pozitif talaş açılarında sürekli talaşa dönüşür. İlerleme hızındaki ve kesme derinliğindeki artışla kesintili talaş oluşum eğilimi artar [74].

3.3.3. Yığılma talaş

Yumuşak ve sünek malzemelerin sıcaklığın düşük olduğu düşük veya orta kesme hızlarında işlenmesi sırasında yada takım kesici kenarının aşınma sürecine girdiği durumlarda oluşur. Çıkan talaş, takımın talaş yüzeyine tam anlamıyla yığılır oluşan bu talaşa yığıntı talaş denir [3]. Yığıntı talaş oluşumunun gerçekleştiği sıcaklık iş parçasının yeniden kristalleşme sıcaklığının altındadır Yığıntı talaş dinamik bir yapıya sahiptir. Metal kesme işlemi esnasındaki zor şartlarda sertleşen katmanların kümelenmesiyle oluşur ve belirli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra talaş akışının neden olduğu kayma kuvvetlerine daha fazla dayanmayacağı için talaş veya iş parçası vasıtasıyla kesici uçtan uzaklaşır. Yığıntı talaş, kesici uçtan uzaklaştırılması ile tekrar oluşmaya başlar ve bu şekilde periyodik olarak oluşumu ve kırılması devam eder. Yığıntı talaşın kesici takım yüzeyinden atılması esnasında bir kısım kesici takım malzemesi veya kesici takım üzerinde yer alan kaplama malzemesi de yığıntı talaşla birlikte kopup gidebilir [75]. Bazı durumlarda yığıntı talaş kesici uç üzerinden iş parçası malzemesine doğru çıkıntı oluşturarak talaş derinliğini artırır ve bu çıkıntı düzensiz bir yapıya sahip olacağı için yüzey pürüzlülüğünü artırır [5]. Yığıntı talaşın şekli, özellikle kesici takım talaş açısını ve talaş derinliğini etkiler. Yığıntı talaş, talaşlı imalat işleminde çeşitli durum ve biçimlerde görülen ve genellikle olumsuz kabul edilen bir faktördür. Kesme hızındaki artışla birlikte takım iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık artışı yapışan talaşın boyutunu küçültür. Talaşın gövdesinden ara yüzeye iletilen ısının akma gerilmesinde azalışa sebep olacak ısı yumuşamayı sağladığı anda yapışma kaybolur ve yığıntı talaş ortadan kalkmış olur [65, 66].

3.4. Talaş Şekilleri

Talaşın şekillenmesinde en büyük rolü iş parçası malzemesi oynar. Tipi, dayanımı, sertliği, yapısı, biçimi ve boyutları talaş oluşumunu etkiler. Kesme parametreleri de talaş şekli ve boyutlarını doğrudan etkiler. Özellikle kesme derinliği, ilerleme ve kesme hızı değerleri önemli faktörlerdir [3]. Şekil 3.5’de TSE 10329’ a göre sınıflandırılmış talaş şekilleri görülmektedir.

1. Şerit Talaş	 1.1. Uzun	 1.2. Kısa	 1.3. Dolaşık
2. Tüp Talaş	 2.1. Uzun	 2.2. Kısa	 2.3. Dolaşık
3. Spiral Talaş	 3.1. Düz	 3.2. Konik	
4. Helis Rondela Biçimli Talaş	 4.1. Uzun	 4.2. Kısa	 4.2. Dolaşık
5. Konik Helis Talaş	 5.1. Uzun	 5.2. Kısa	 5.2. Dolaşık
6. Kavisli Talaş	 6.1. Bitişik	 6.2. Kapak	
7. Kırıntı Talaş			
8. İğne Biçimli Talaş			

Şekil 3.5. TS 10329’a göre talaş şekilleri [76]

3.4.1. Talaş şekilleri ve boyutlarını etkileyen kesme parametreleri

Kesme hızı

Torna kalem kesme kenarının, dönen iş parçası çevresinden, bir dakikada metre cinsinden aldığı yola, tornada kesme hızı denir.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{100} \quad (3.1)$$

İlerleme Miktarı

Torna kalem kesme kenarının, dönen iş parçasının bir devrinde, doğrusal olarak milimetre cinsinden aldığı yola “ilerleme“ adı verilir.

İş mili devir sayısı hesabı

İş mili devir sayısını tespit etmenin özel bir formülü yoktur. Kesme hızı formülünden faydalanarak (formül çekmek suretiyle) iş mili devir sayısı hesaplanır.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (3.2)$$

Talaş derinliğinin hesaplanması

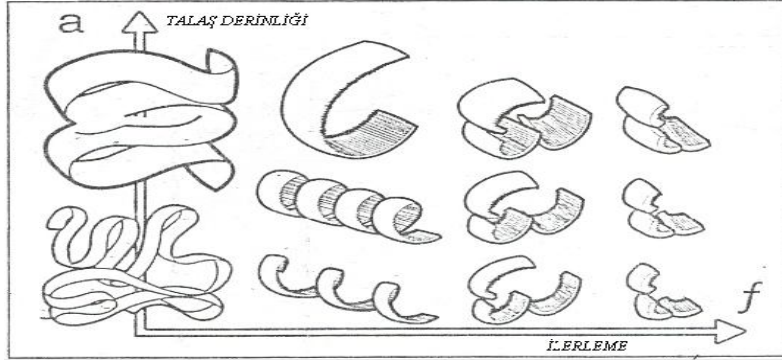
Tornalamaya başlangıç çapından (D), tornalanan çapın (d) çıkarılarak ikiye bölünmesi yeterlidir. Toplam talaş derinliği ve her pasodaki talaş derinliğinin hesabında aynı yöntem kullanılır.

$$a = \frac{D - d}{2} \quad (3.3)$$

3.4.2. Talaş oluşumunun talaş derinliği ve ilerleme ile olan ilişkisi

Talaş oluşumu çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. En büyük rolü iş parçası malzemesi oynar. Kesme parametreleri de talaş biçimi ve boyutlarını doğrudan etkiler. Özellikle talaş derinliği, ilerleme ve bazı kesme hızı değerleri önemli faktörlerdir. Kesme sıvılarının kullanılması da talaş biçimini etkileyen temel

faktörlerdendir [3]. Şekil 3.6’da talaş biçimi ile talaş derinliği ve ilerleme arasındaki ilişkinin nasıl değiştiği gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İlerleme-talaş derinliği ilişkisinin talaş biçimine etkisi [3]

Yukarıdaki şekil incelendiğinde talaş derinliği ve kullanılan ilerleme değerinin talaş oluşumuna etkileri görülmektedir. Talaş derinliği ve ilerleme miktarı arttırıldıkça akma talaş tipi kopuk talaş tipine doğru değişmektedir.

Takım geometrisi, talaş biçimini etkileyen bir diğer faktördür. Takım işe giriş (batma) açısı, talaşın boyunu, genişliğini ve yönünü etkiler. Takım uç yarıçapı, talaş derinliğinin değerine bağlı olarak talaşı etkileyecektir. Talaş açısı, talaşın aktığı yüzeyi oluşturduğundan, temas boyunu ve sürtünme faktörünü belirleyen unsur olacaktır [3].

3.4.3. Talaş şekillerinin işlenebilirliğe etkisi

Tezgah operatörünün çalışma şartlarında elde ettiği talaş şekilleri, işlenebilirlik açısından (operatör, tezgah, işlenmiş yüzeyin bozulabilmesi vb.) değerlendirilerek Şekil 3.7 gösterilmiştir.

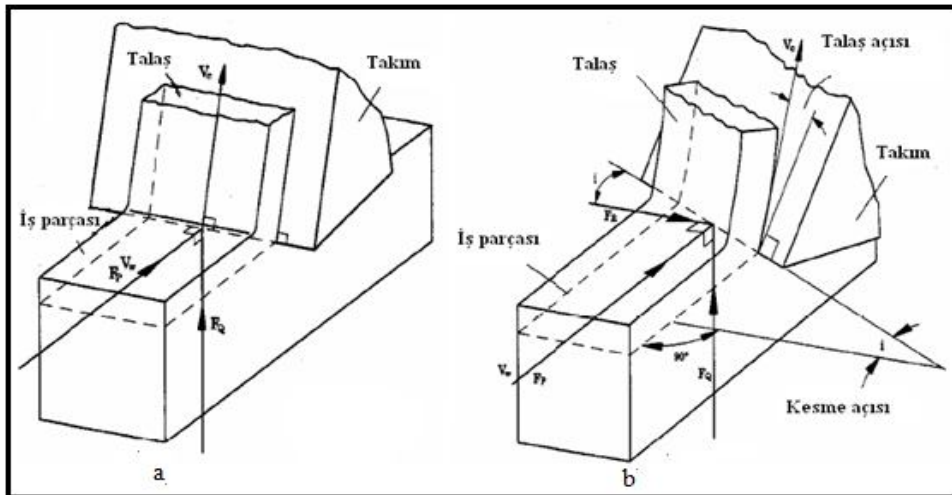
Sürekli talaşlar bant şeklinde, spiral ve değişik helis şekillerde oluşmalarına rağmen talaşlı işlem açısından ideal talaşlar kısa spiral ve helis şekilli talaşlardır. Uzun talaş operatör için tehlikeli olmakla beraber talaşın kaldırılması için gereken zaman bakımından verimliliği azaltır ve işlenen yüzeyi bozabilir [73, 77].

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					İYİ				
OLUMSUZ					KULLANILABİLİR				

Şekil 3.7. Talaş şekilleri ve işlenebilirliğe etkisi [78]

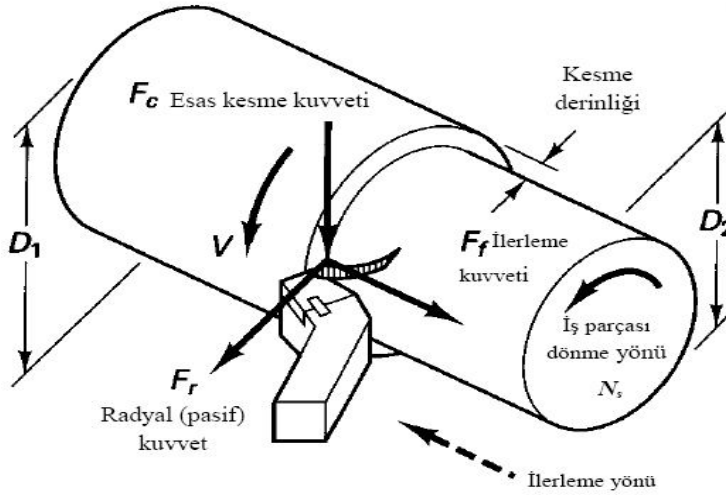
3.5. Talaş Kaldırma Mekanikliği

Talaşlı kaldırma işlemi gerçekte üç boyutlu (eğik) ve oldukça karmaşık olduğu için talaşlı imalat işleminin mekaniğinin tanımlanmasında iki boyutlu dik kesme (ortogonal) modeli kullanılır (Şekil 3.8). Bir tornalama işleminin dik veya eğik olduğunu belirleyen parametre yatma açısıdır. Yatma açısı sıfır olduğu zaman kesme işlemi dik kesme olarak adlandırılmakta, sıfırdan farklı olduğu durumlarda ise eğik kesme olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, kesme kenarı, takımın işlenen parçaya göre izafi hareket yönüne dik ise bu halde kesme diktir. Eğer dik değilse kesme işlemi eğik kesme olarak adlandırılır [77, 79].



Şekil 3.8. Dik ve eğik kesme metotları a) Dik kesme, b) Eğik kesme [79]

Tornalama işlemi esnasında kesme işlemi yapılırken, üç doğrultuda kuvvet meydana gelir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri [80]

Bu kuvvetler; takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden kesme ucuna dik yönde meydana gelen F_c ile gösterilen esas kesme kuvveti; bu kuvvet kesme işlemi esnasında meydana gelen en büyük kuvvet olma özelliğine sahiptir. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan ve takımın temas ettiği yüzeye dik olarak meydana gelen kuvvet ise radyal (pasif) kuvvettir. F_r ile gösterilen radyal kuvvet genellikle kesme işlemi esnasında meydana gelen en küçük kuvvettir ve çoğu analizde ihmal edilir ve son olarak kesme işlemi esnasında meydana gelen F_f ile gösterilen ilerleme kuvvetidir. Bu kuvvet takımın ilerleme eksenini boyunca meydana gelmektedir [1].

Esas kesme kuvveti (F_c): Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde % 99'una karşılık gelir.

İlerleme kuvveti (F_f): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50'si kadardır fakat ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelir.

Radyal ya da pasif kuvvet (F_r): İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50'si kadardır [80].

Kesme kuvvetlerini tüm kesme faktörlerinin etkilediği söylenebilir. En önemli faktörlerin kesme kuvveti üzerindeki etkileri şu şekilde özetlenebilir:

- İş parçası malzemesini kopma mukavemeti büyüdükçe malzemenin işlenebilirliği azalır, özgül kesme kuvveti artar, teğetsel kuvvet dolayısıyla tüm kuvvet bileşenleri artar.
- Yanaşma açısının özellikle radyal ve eksenel kuvvetler üzerinde büyük etkisi vardır. Yanaşma açısı arttıkça ilerleme kuvvetinin artıp radyal kuvvetin azaldığı, yanaşma açısının azalması halinde ise tersi durumun söz konusu olduğu söylenebilir.
- Talaş açısının artması ile takımın kama açısı azalır (boşluk açısının sabit olduğu varsayılmaktadır). Bu ise daha sivri takım, parçaya daha rahat nüfuziyet, daha düşük kesme kuvvetleri demektir. Özgül kesme kuvveti ile talaş ve eğim açıları arasında ampirik bağıntılar mevcuttur [1, 3, 67]

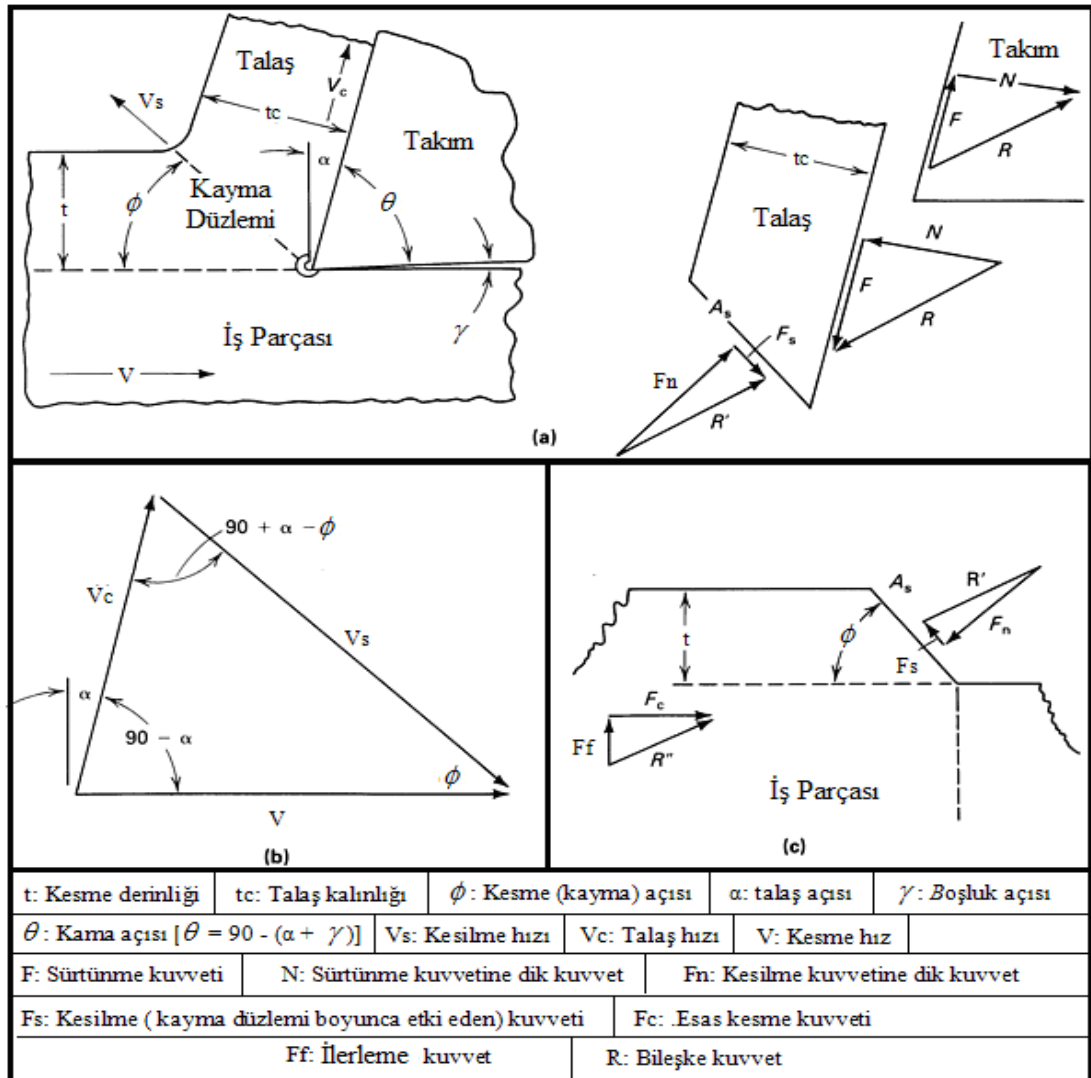
Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgahlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır [5, 69, 80, 81].

3.5.1. Ortogonal kesme

Ortogonal işleme kurgusu, üç boyutlu işleme modellemesinde kullanılır. Tornalama, delme, frezeleme ve planyalama gibi işlemler üç kuvvetli (ortogonal) kesme yöntemleridir. Şekil 3.10 üçüncü boyutun etkisinin olmadığı üç boyutlu işlemin davranışlarını gösteren, ortogonal modelin çok iyi bir gösterimidir.

Modelleme amacıyla aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Takım ucu keskindir ve takım ile iş parçası arasında bir sürtünme olmamaktadır.
- Düzlemsel gerilme şartları sürmektedir (yana yayılma olmamaktadır).
- Kesme düzlemindeki gerilmeler düzgün (üniform) olarak dağılmıştır.
- Talaştaki bileşke kuvvet R ; takım/talaş ara yüzeyindeki R' kuvvetine eşit, zıt ve aynı doğrultudadır [1, 82, 83].



Şekil.3.10. Ortogonal metal kesme mekanizmasının şematik gösterimi
 (a) Ortogonal model; (b) Hız üçgeni, (c) Talaş serbest cisim diyagramı
 [82,83]

Bu kabullere göre aşağıdaki denklemler elde edilir. Talaş oranı r , kesilmemiş talaş kalınlığı t nin talaş kalınlığı t_c ye oranıdır. Şöyle ki:

$$r = \frac{t}{t_c} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)} \quad (3.4)$$

Buradan ϕ kesme açısı için denklemini çözersek:

$$\tan \phi = \frac{r \cdot \cos \alpha}{1 - r \cdot \sin \alpha} \quad \text{veya} \quad \phi = \tan^{-1} \left[\frac{\left(\frac{t}{t_c} \right) \cos \alpha}{1 - \left(\frac{t}{t_c} \right) \sin \alpha} \right] \text{ olur,} \quad (3.5)$$

Pratikte ortalama talaş kalınlığı t_c ; talaşın L boyu ve W ağırlığının dikkatli ölçülmesiyle aşağıdaki formülle kolayca bulunabilir: Burada p malzemenin yoğunluğu, t paso derinliğidir.

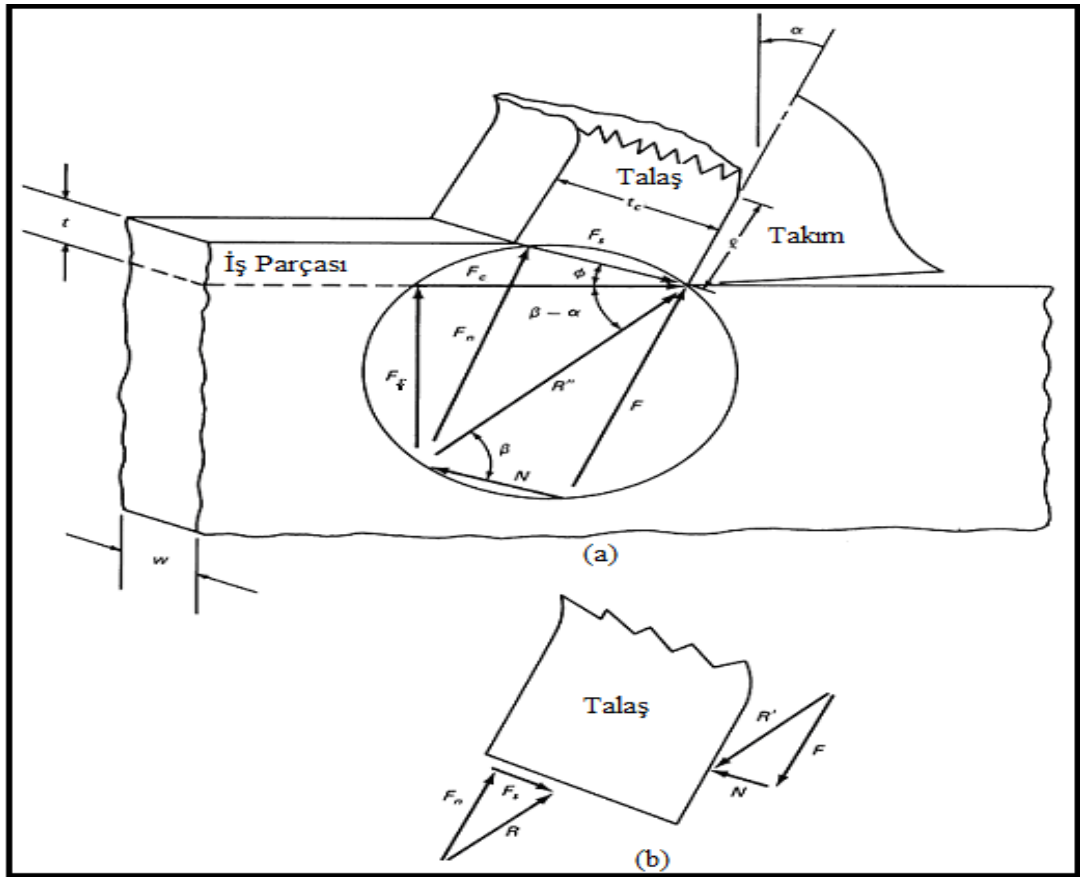
$$t_c = \frac{W}{p \cdot t \cdot L} \quad (3.6)$$

Kesme açısını ölçmek ya da hesaplamak için pek çok yol vardır. Bunlar genellikle statik ve dinamik yöntemlerdir. Bu yöntemlerle V_c kesme hızı ve V hızı ölçülür. Aşağıdaki formüle göre de açı hesaplanır

$$\frac{V_c}{V} = \frac{t}{t_c} = r = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)} \quad (3.7)$$

Ortogonal işleme iki bileşenli bir kuvvet sistemi olarak tanımlanır. Şekil. 3.10.c de kesme düzleminden alınmış bir talaşın serbest cisim diyagramı görülmektedir. Bileşke kuvvet R ; sürtünme kuvveti F ve normal kuvvet N in bileşkesi olup takım/talaş temas ara yüzeyine (λ boy w genişlik) etki eder. R bileşke kuvveti ise kesme kuvveti (F_s) ve normal kuvvetin (F_n) bileşkesi olup kesme düzlemi alanına (A_s) etki eder [82,83].

R ve R' kuvvetlerinin eşit; zıt ve aynı doğrultuda oldukları kabul edilir. Bu kuvvetlerin bulunabilmesi için ölçülebilir üçüncü bir takım kuvvet sistemine gereksinim vardır. Bir dinamometre aracılığıyla F_c ile F_f kuvvetleri ölçülebilir. Bu iki kuvvetin bileşkesi R" olup diyagramdaki diğer iki bileşke kuvvete eşit ve aynı doğrultudadır. İstenen kuvvetleri (F_s , F_n , F , N), dinamometre kuvvetlerini (F_c , F_f) ve uygun açıları göstermek için bu altı kuvveti toplayan bir dairesel kuvvet diyagramı geliştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Ortogonal kesmede meydana gelen kuvvetler
a) Talaş oluşumu için dairesel kuvvet diyagramı, b) Talaşa etki eden bileşke kuvvetler [82,83]

Takım/talaş temas alanındaki sürtünme katsayısını (μ) tanımlamada kullanılır ve F/N olarak ifade edilir. Böylece:

$$\beta = \tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1} \frac{F}{N} \text{ elde edilir.} \quad (3.8)$$

Şekil. 3.11.a'nın analizinden kesme düzlemine paralel ve dik olan kesme ve normal kuvvetler, ölçülebilir (dinamometre ile) yatay ve dikey kuvvetlerin fonksiyonları olarak yazılabilir.

$$F_s = F_c \cdot \cos \phi - F_f \cdot \sin \phi \quad (3.9)$$

$$F_n = F_c \cdot \sin \phi + F_f \cdot \cos \phi \quad (3.10)$$

Benzer şekilde takım kesme yüzeyindeki kuvvetler de aynı kuvvetlerin ve arka eğim açısı α 'nın fonksiyonları olarak yazılarak sürtünme kuvveti F ve onun normali N kuvveti aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$F = F_c \cdot \sin \alpha + F_f \cdot \cos \alpha \quad (3.11)$$

$$N = F_c \cdot \cos \alpha - F_f \cdot \sin \alpha \quad (3.12)$$

Üst eğim açısı $\alpha = 0$ olduğu zaman $F = F_f$ ve $N = F_c$ olur

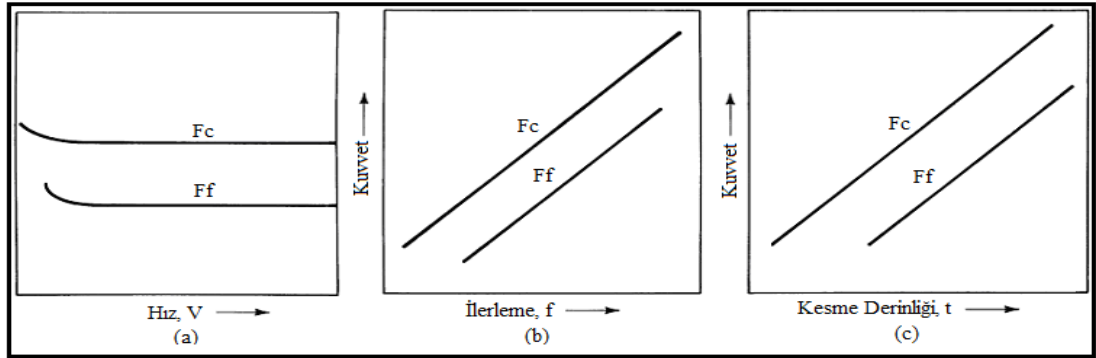
Talaşa etki eden bileşke kuvvet (Şekil 3.11.b) aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

$$R'' = (F_c^2 + F_f^2)^{1/2} \quad (3.14)$$

$$R'' = (F_s^2 + F_n^2)^{1/2} \quad (3.15)$$

$$R'' = (F^2 + N^2)^{1/2} \quad (3.16)$$

Şekil. 3.12'de görüldüğü gibi ilerleme ya da kesme derinliği iki kat olduğu zaman kesme kuvveti de iki kat olmaktadır. Ancak kesme hız arttığı zaman sabit kalmaktadır. Buna ek olarak üst eğim açısı α azaltıldığı zaman kuvvetler artmaktadır.



Şekil.3.12. Ortogonal kesmede kesme parametreleri ile kuvvet arasındaki ilişki
 a) Kesme Hız, b) İlerleme, c) Kesme derinliği [82]

3.5.2. Kesme kuvvetlerini ölçme yöntemleri

Statik ve dinamik kuvvetlerin ölçülmesinde, kuvveti elastik bir makine elamanına uygulayarak bu elastik elemanda oluşan deformasyon miktarının belirlenmesinde dinamometreler veya transdüserler yaygın olarak kullanılmaktadır [84].

Ancak deformasyonların küçük olması durumunda gerinim ölçerlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Normal kesme kuvvetleri sadece katı cisimler mekaniğinde karşılaşılan büyüklükler değildir.

Örneğin talaş kaldırma işlemi ve talaş oluşumu esnasında oluşan kuvvetler göz önüne alınır ve kesici takımın bir ankastre çubuk gibi davrandığı düşünülürse takımda oluşan yatay ve düşey düzlemde eğilme, burulma ve basma-burkulma kuvvetleri hesaplanabilir. Kuvvet ölçme metotları üç kategoride incelenebilir [84].

Bilinen bir yük ile dengelenerek kuvvet ölçme

Bu yöntemde, ölçülecek olan kuvvet, kütlesi bilinen bir karşı ağırlık ile dengelenir. Bu dengelemeye göre kuvvet, karşı ağırlığın kütlesinin yerçekimi ivmesiyle çarpılması sonucu hesaplanır. Bu metot yüksek bir hassasiyet sağlamakla birlikte karmaşık bir yapıya sahiptir. Kullanım alanı sınırlı olup, orta büyüklükteki kuvvetlerin ölçümünde kullanılmaktadır [85].

Elastik cismin deformasyonu ile kuvvet ölçme

İkinci kategoride yer alan bu metot, dolaylı kuvvet ölçme olarak da isimlendirilmektedir. Bu metotta ise kalibre edilmiş kütleler veya transdüserler kullanılmaktadır.

Yüksek bir hassasiyet elde etmek için, kaliteli bir elastik cisim deformasyonundan kuvvet ölçülebilmektedir. Yük uygulandığında, elastik cisim elastik bölgede kalacak şekilde ölçüm yapılabilmesi için çevre şartlarına göre, uygun boyut ölçme metotlarından birisi kullanılabilir. Kuvvetin doğru ölçülebilmesi için elastik cisimde ortaya çıkan deformasyonun çok hassas olarak ölçülmesi gerekir. Bu metot, genellikle yüksek hassasiyet sağlar ve tüm yük dönüştürücülerde kullanılabilmektedir [85].

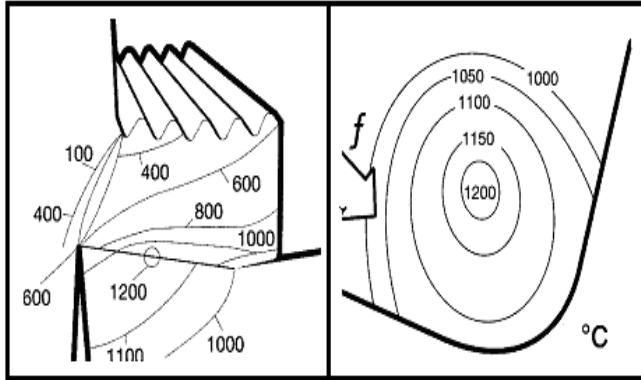
Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme

Malzemelerin fiziksel özelliklerindeki değişiminden yararlanma esasına dayanan bu metodun güvenilirliği diğer iki metoda göre daha azdır. Çünkü fiziksel özelliklerdeki değişim her zaman doğrusal olmamaktadır. Elektriksel değerlendirme yapıldığı için, bilimde ve endüstrideki ölçme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, deformasyonla elektriksel direnç değiştiğinden deformasyon özelliği ile fiziksel özelliklerin birlikte kullanılması da mümkündür [85].

3.6. Talaşlı İmalatta Isı ve Sıcaklık Oluşumu

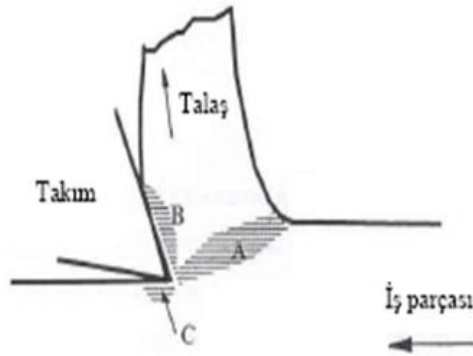
Talaşlı imalat işleminde kullanılan güç ekseriyetle ısıya dönüşerek talaşın, iş parçasının ve kesici takımın sıcaklığını artırır (Şekil 3.13). Sıcaklık artışı, metal kesme işlemi esnasında oluşan ısı ve aynı zamanda bu ısının uzaklaştırılması durumuna bağlıdır [86].

Takım ısının minimum seviyeye indirgenmesi takım ömrünü arttırır, takım ısısı aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünü de etkilemektedir [75].



Şekil 3.13. Kesici takımda meydana gelen eş sıcaklık eğrileri [3]

Talaş kaldırma esnasında kesici takımda ve açığa çıkan talaş da meydana gelen ısı ve sıcaklık bölgeleri Şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.14. İş parçasından çıkan talaşta oluşan ısı ve sıcaklık bölgeleri [80].

A – Kayma düzlemi: Buradaki plastik deformasyon önemli bir ısı kaynağı olup oluşan ısıнын çoğu talaşta kalır.

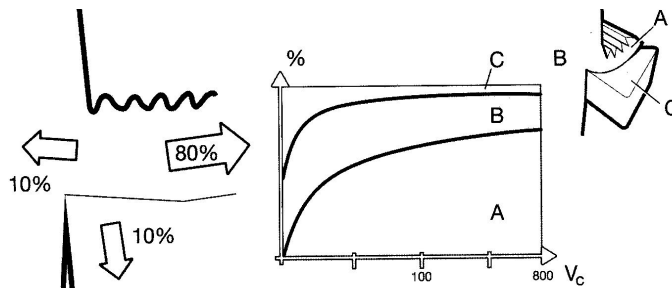
B – Takım - Talaş ara yüzeyi temas bölgesi: Burada ilave plastik deformasyon olur ve kayma hareketinden dolayı ısı oluşumunda önemli derece etkilidir.

C – Takım yan yüzeyi: burada yeni oluşan iş parçası yüzeyinin takım yüzeyine sürtünmesiyle ısı oluşur. Özellikle bu sürtünme yan yüzey aşınması ile artar [80].

Isı enerjisinin büyük bir çoğunluğu (%60) kayma düzleminde plastik deformasyon enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü sonucunda oluşmaktadır. Elastik deformasyon

toplam deformasyonun çok küçük bir kısmını oluşturduğundan tüm enerjinin ısıya dönüştüğü varsayılır.

Oluşan ısıнын çoğu kesme bölgesinden talaş, iş parçası, kesici takım ve ortam tarafından uzaklaştırılır (Şekil 3.15), bunların her biri tarafından uzaklaştırılan ısıнын miktarı iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, kesici takım malzemesi, takım geometrisi ve kesme şartlarıyla değişir [86].



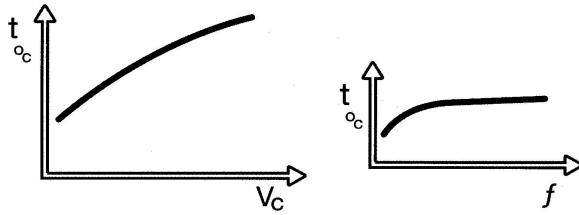
Şekil 3.15. Isı dağılımı – Kesme hızı ilişkisi [3]

Kesme hızı, kesme sıcaklığı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Kesme hızının artmasıyla metal kesme işlemindeki deformasyon ve sürtünme için kullanılan birim zamandaki enerji artar ve bu da ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırır [86].

Kesme hızındaki artışın sıcaklığı çok hızlı arttırmasına karşın ilerlemedeki artış ile ortaya çıkan sıcaklık artışı hızlı değildir. (Şekil 3.16). Sıcaklığın takım ömrünün etkileyen en önemli faktör olması kesme hızının neden takım ömrünü daha fazla etkilediği sorusunun yanıtıdır.

Aşırı sıcaklık, kısa takım ömrü ve kesme hızını sınırlandırmanın ana sebebidir. Kesici takım malzemelerinin geliştirilmesi büyük bir oranda yüksek sıcaklık etkilerine dayanabilmeleri etrafında odaklanmıştır. Kesme bölgesindeki sıcaklık büyük oranda takım ile talaş arasındaki temasa, kesme kuvvetlerinin büyüklüğüne ve iş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeye bağlıdır. Bu durumda düşük kesme hızları iş parçasına iletilen ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırabilir. Yüksek kesme hızları enerjinin çoğunun talaşla atılmasının ve kesici takım ve iş parçasına az

miktarda ısı iletilmesini sağlar. Metal kesme işleminde oluşan ısıнын çoğu kesme bölgesinden ideal olarak talaşla uzaklaştırılır. Talaştaki ısı, kesici takımı talaş ve takım arasında temas olduğu sürece etkiler. Isının çoğu kayma bölgesinden kaynaklanır ve bu nedenle takım ve talaş arasındaki temasın ölçüsü performansı etkiler. Küçük talaş açılarından kaynaklanabilen küçük kayma açıları iş parçasına iletilen ısı miktarını artırabilir [66].



Şekil 3.16. Sıcaklığın kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi [3]

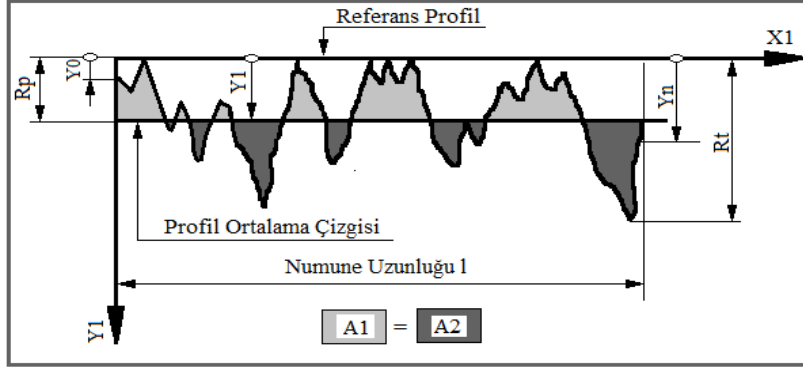
3.7. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma işlemi ile işlenen yüzeylerde dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir. Dalga geometrik sapmalar grubuna dahildir; dolayısıyla yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder. Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılır.

Bu kriterlere göre pürüzlülüğü, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir (Şekil 3.17).

Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Tüm ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ile maksimum derinliğin toplamı (R_t), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (R_p) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (R_a) gibi kriterlere göre değerlendirilir. R_t referans profile göre en derin pürüzün değeri, R_p referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe, R_a ise ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliklerinin veya

derinliklerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Pratikte yüzey kalitesi genellikle R_p veya R_a 'nın değerleri ile ifade edilir [67].

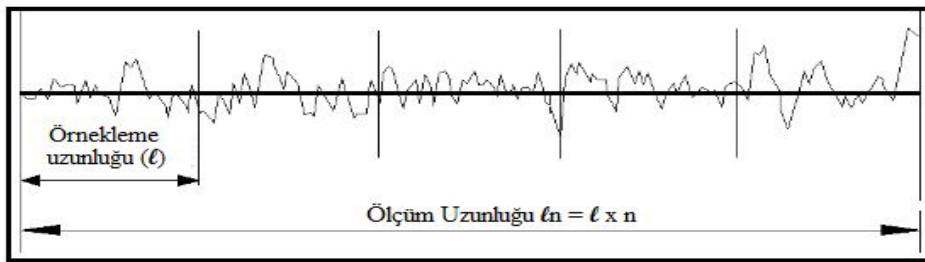


Şekil 3.17. Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi [77]

3.7.1 Yüzey pürüzlülük parametreleri

Örnekleme uzunluğu (ℓn) ve örnekleme sayısı (n)

Örnekleme uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir (Şekil 3.18). Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile ℓn ile ifade edilen değerlendirme uzunluğu oluşur. ℓn uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (ℓ) ile (n) çarpılarak elde edilir [89].

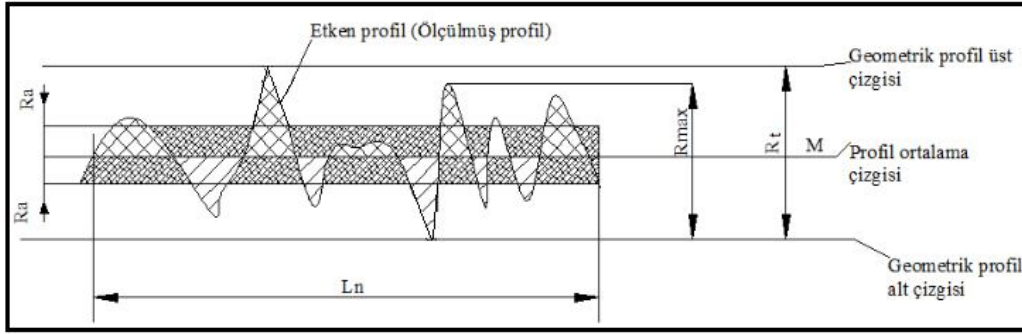


Şekil 3.18. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [89]

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a)

Belirli bir ölçüm uzunluğundaki (ℓn) ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), merkez çizgisinden ölçüm uzunluğuna kadar olan mesafede ölçülen yükseklik değişimlerinin

mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 3.19). Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlanması ve ölçülmesi kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bilgi vermez.



Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülük değerlerinin gösterimi [90]

Ra ortalama yüzey pürüzlülüğünün matematiksel tanımlaması aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmektedir

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |x| dx \quad (3.17)$$

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} \quad (3.18)$$

Profilin maksimum yüksekliği (Rz) ve maksimum tepe yüksekliği (Rp)

Rz, on nokta yüksekliği olup örnekleme uzunluğu içinde 5 en derin çukur ve 5 en yüksek tepe noktaları arasında ortalama mesafeyi gösterir, fakat buna dik olarak ölçülür. Rp, ise örnekleme uzunluğu içinde ortalama doğrudan maksimum profil yüksekliğidir. Rpm ise 5 örnekleme uzunluğu üzerinde belirlenen Rp'nin ortalama değeridir. Rz ve Rpm'nin matematiksel olarak ifadesi aşağıdaki şekildedir [1].

$$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + R_4 + R_6 + R_9) - (R_3 + R_5 + R_7 + R_8 + R_{10})}{L} \quad (3.19)$$

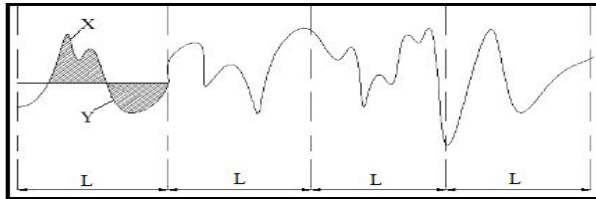
$$R_{pm} = \frac{(Rp_1 + Rp_2 + Rp_3 + Rp_4 + Rp_5)}{5} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=5} Rp_i \quad (3.20)$$

Profilin karelerinin ortalamasının karekökü (Rq)

Rq, profil ortalama çizgisi ile oluşturduğu yükseklik değişimlerinin karelerinin ortalamasının karekökü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.20). Bu parametre ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra'dan daha hassas bilgi vermektedir. Rq yüzey pürüzlülüğünün matematiksel ifadesi;

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum Y_i^2 \right)^{1/2} \quad (3.21)$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L x^2 |x| dx} \quad (3.22)$$



Şekil 3.20. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü [91]

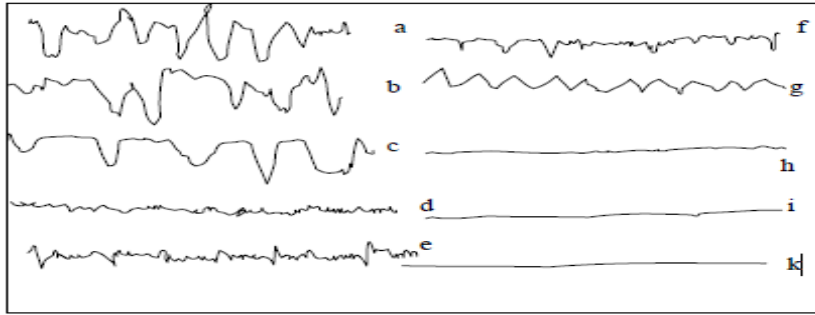
Maksimum profil yüksekliği (Rt)

Maksimum tepe yüksekliği (Rp); ortalama çizgi üstünde oluşan en uzun tepe yüksekliğidir. Maksimum çukur derinliği (Rv); ortalama çizgisi altında oluşan en derin çukurdur. Maksimum profil yüksekliği (Rt); en büyük tepe yüksekliği ile en derin girintinin mutlak olarak toplamıdır. Aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$R_t = R_p + R_v \quad (3.23)$$

3.7.2. Yüzeylerde şekil sapmaları

Şekil sapmaları genellikle iş parçasının işlendiği takım tezgâhının kızaklarındaki düzgünsüzlükten ve iş parçasının hatalı bağlanması ile kesici takımındaki form hatasından ve takım tezgâhındaki titreşimlerden kaynaklanır. [66]. Yüzey pürüzlülüğü kavramı içerisinde değerlendirilebilecek şekil bozukluğu talaşın oluşum biçimi ile ilgilidir. Talaşın sürekli veya süreksiz teşekkülüne göre farklı yüzey oluşacaktır. Talaş kaldırmanın tornalama, frezeleme, matkapla delme, broşlama, raybalama, taşlama veya honlama ile yapılmasında farklı yüzey şekilleri elde edilir. Şekil 3.21’de çeşitli talaş kaldırma yöntemlerinde elde edilen yüzey profilleri gösterilmiştir [67].



Şekil 3.21. Çeşitli işleme yöntemlerinde yüzey profilleri

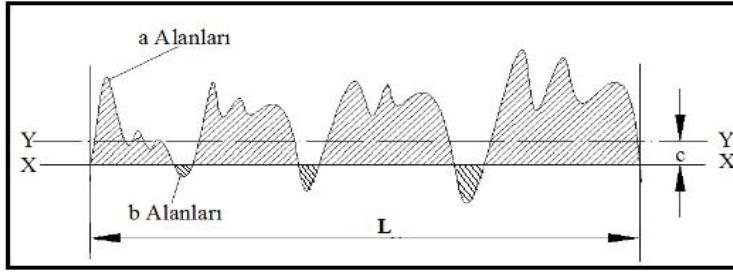
- a) Tornalama; b) Matkapla delme; c) Frezeleme; d) Taşlama;
e) Raybalama; f) Tıg çekme; g) Elmas ile tornalama; h) Honlama;
i) Lebleme; k) Hassas taşlama [77]

3.7.3. Yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesi

Yüzey kalitesi ölçme problemini çözmek için, üç boyuttan iki boyuta indirgemek ve grafik ortalamalarıyla sonucu göstermek mümkün olmasına rağmen, tasarımcının bu şekilde gerekli olan yüzey kalitesini açıkça belirleyebilmesi pratik bir metot değildir. Grafik metodunu, ne üretim mühendisi, ne de kalite kontrol elemanı kolayca yorumlayamaz. Bu yüzden ihtiyaç duyulan şey, yüzeyin fonksiyonel özelliklerine ait bazı ilişkilerin yer alması ve sayısal olarak yorumlanabilmesidir. Otoritelerce yüzey kalitesinin sayısal değerlerinin belirlenebileceği iki metot kabul edilmiştir. Bunlar, genellikle ortalama çizgi (M) ve zarf sistemi (E) olarak bilinir [87].

Ortalama çizgi (M) sistemi

Ortalama çizgi elde edilen geometrik profili tasdik eden bir çizgi olarak tanımlanabilir. Bu ortalama çizgi öyle bir yere yerleştirilmiştir ki, bu çizgi ile profil arasındaki ordinatların karelerinin toplamı minimum olmalıdır. Dolayısıyla ortalama veya merkez çizgisi pratikte profilin genel yönüne paralel bir çizgi olarak belirlenebilir ve bu çizginin altında ve üstündeki profili oluşturan alanlar (a ve b) birbirlerine eşittir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi [87]

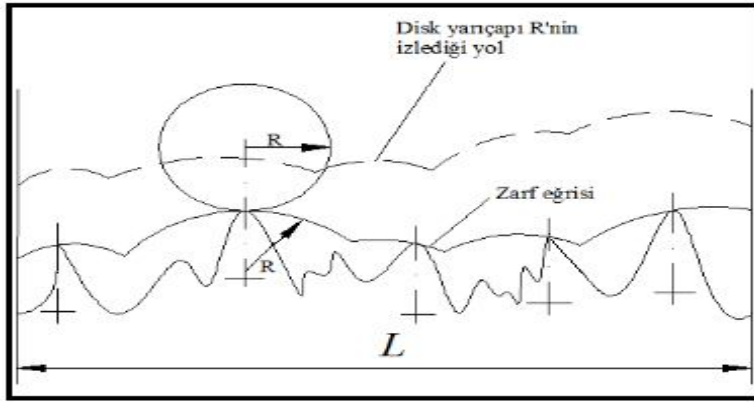
$$c = \left[\sum Alan(a) - \sum Alan(b) \right] / L \quad (3.24)$$

Verilmiş olan bir profil için ortalama çizginin konumu, aşağıda açıklanan yöntemle belirlenebilir. Bir XX doğrusu çizilir. Bu çizgi uygun örnekleme uzunluğu (L)'nin üzerindeki profilin genel yönüne paraleldir. Bir planimetre veya ordinat metodu kullanılarak a ve b alanları ölçülür. Sonra XX ve istenen ortalama çizgi YY arasındaki c mesafesi bulunur [87].

Zarf (E) sistemi

Zarf sistemi, izlere karşı yuvarlanan bir dairenin yarıçapı tarafından üretilen bir çizgi esasına dayanır. Daire merkezinin hareketinden oluşturulan bu eğri R mesafesi tarafından düşey olarak yerleştirilmiştir. Bu çizgi yüzeyin üzerinde yer alır. Şekil 3.23'de gösterildiği gibi zarf eğrisi, ideal geometrik profile dik açılarda en yüksek profile doğru çizilen ordinatlar tarafından oluşturulur.

Yarıçap R 'nin dairesel yayları ordinatlar üzerindeki merkezleriyle birlikte tepelere doğru çizilerek zarf eğrisini oluşturur. Bu eğrinin oluşumu yüzey kalitesinin grafik çıktısının dikey ve yatay eksenlerde aynı oranda büyütüldüğünü kabul eder. Dikey büyümelerin yataydaki büyümelerden dikkati çekecek kadar fazla olması ve dairesel yayların bozularak eliptik şekil alması olağandır. Eğer V dikey büyüme ve H de grafiğin yatay büyümesi ise zarf profili, dairesel yayların yarıçapının düzeltilmesiyle yeniden elde edilir. Daha sonra üretilmiş haldeki temas eden zarf çizgisinin altında ve üstünde eşit olan yüzey profili tarafından kapatılmış yayların pozisyonu ile değiştirilebilir. Bunun manası, zarf eğrisi M sistemindeki ortalama çizgiyi karşılar [87].



Şekil 3.23. Zarf eğrisinin elde edilişi [87]

3.7.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri

Çeşitli şekillendirme işlemleri sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için farklı metotlar mevcuttur. Talaşlı imalat metotlarıyla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılır.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk

açısından önem arz ettiğinden genelde iğne olarak 90° uç açılı ve 4-12 μm yarıçapa sahip iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal ölçüm sistemidir.

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme kat sayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır.

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak en düşük 500 g ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan ölçme tekniğidir.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme kat sayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 μm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır.

Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz-asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme X, Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar, foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [88].

3.7.5. Yüzey pürüzlülüğünde kullanılan standartlar

JIS B0601–1982, JIS B0601–1994, AISI, DIN ve ISO gibi oldukça yaygın ulusal ve uluslararası standartlarda, örnekleme sayısı, ölçüm boyu ve toplam kurs boyu aralıkları tarif edilmiştir. ISO standardına göre değerlendirmeler, Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Resim için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları [92]

Rsm (μm)	Örnekleme Uzunluğu l (mm)	Ölçme uzunluğu l_n (mm)
$0,013 < R_{sm} < 0,04$	0,08	0,4
$0,04 < R_{sm} < 0,13$	0,25	1,25
$0,13 < R_{sm} < 0,4$	0,8	4
$0,4 < R_{sm} < 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < R_{sm} < 4$	8	40

Çizelge 3.2. Ra ve Rq için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları [92]

Ra - Rq (μm)	Örnekleme Uzunluğu l (mm)	Ölçme uzunluğu l_n (mm)
$0,006 < R_a < 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_a < 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_a < 2$	0,8	4
$2 < R_a < 10$	2,5	12,5
$10 < R_a < 80$	8	40

Çizelge 3.3. Rz, Rt ve Rp için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları [92]

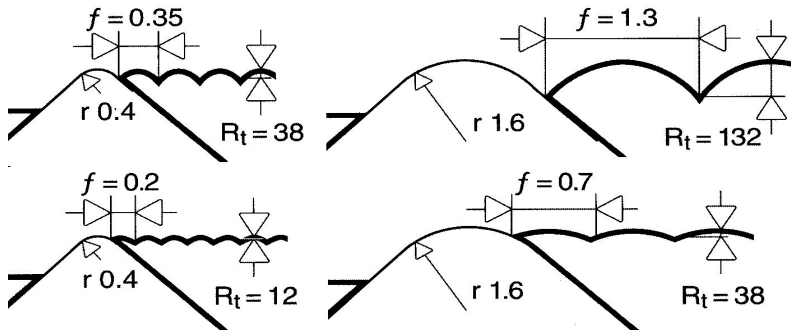
Rz-Rt-Rq (μm)	Örnekleme Uzunluğu l (mm)	Ölçme uzunluğu l_n (mm)
$0,025 < R_z < 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < R_z < 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < R_z < 10$	0,8	4
$10 < R_z < 50$	2,5	12,5
$50 < R_z < 200$	8	40

3.7.6 Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler

- İlerleme, kesme hızı, talaş derinliği,
- Kesici takım geometrisi,
- Kesici uç üzerine talaşın yapışması,
- Takım ve iş parçasının elastik deformasyonu,
- Takım ve iş parçası arasındaki titreşim,
- Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kenarda oluşan izler ve aşınma,
- İş parçasının yüzeyinde 100 µm'luk derinlikteki fiziksel ve kimyasal özellikler,
- Talaşın plastik akışı. [93]

İlerleme ve köşe radüsünün yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Teorik olarak maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri (R_t) yüksek kesme hızı ve pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak azaltılabilir. Şekil 3.24'de yüzey pürüzlülüğü (R_t) değerinin ilerleme (f) ve köşe radüsüne bağlı (r) değişimini göstermektedir.



Şekil 3.24. İlerleme ve köşe radüsünün yüzey kalitesine etkileri [93]

Görüldüğü gibi daha büyük bir köşe radüsü, aynı yüzey pürüzlülüğü değeri için daha büyük ilerleme değeriyle elde edilebilir. İlerleme ve köşe radüsüne bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün R_a ve R_t değerleri de aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$R_t = \frac{f^2}{8 * r} * 1000 \quad (3.25)$$

$$R_a = \frac{0,321 * f^2}{r} \quad (3.26)$$

Kesme hızı, ilerleme hızı ve köşe radüsü yüzey kalitesinin elde edilmesinde ana faktörleri oluşturmaktadırlar. Kesme hızının artırılmasının talaşın yapışmasına, titreşime ve aşınmaya olan etkisinden dolayı ikinci dereceden bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir [93].

Kesme kuvvetlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Kesme kuvvetleri gerek takım, gerekse iş parçası üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-ış parçası konumunu değiştirirler ve yüzey kalitesini etkilerler [93].

Kesme parça-takım-tezgah zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla, talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimler şiddetli oldukları durumda, kötü bir yüzey kalitesine neden olan tırlama olayını oluştururlar [93].

3.8. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik evrensel olarak tanımlanmış, standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti, bir başka deyişle iş parçasının kesici bir takım ile şekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor olduğu, ya da uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemeyi (çoğunlukla metal) talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmenin nispi kolaylığı veya zorluğu olarak tanımlanabilir [3, 66, 77].

Kesici takımlardaki gelişmeler, değişen koşullar ve metotlar nedeniyle işlenebilirlik kavramı karşılaştırmalı değerler cinsinden ifade edilmesi zor olan bir kavramdır. İş parçası malzemelerinin metalürjisi, kimyası, mekaniği, ısıt işlemleri, katkı maddeleri,

içerisindeki kalıntılar, yüzeyindeki sert tabakanın kalınlığı gibi özellikler işlenebilirliği etkiler. Bu etkilerin yanı sıra işlenebilirlik üzerinde kesici kenarın, takım tutucunun, takım tezgahının, işlemlerin ve işleme koşullarının da etkisi büyüktür. Malzemeler için işlenebilirlik verileri talaşlı imalat işlemlerinde daha sonra iyileştirilebilecek başlangıç değerlerinin belirlenmesine yardımcı olurlar [3, 66, 77].

İşlenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır [80].

İşlenebilirliği değerlendirmek için çeşitli kriterler kullanılır. En yaygın olanları:

- 1) Takım ömrü
- 2) Kesme kuvvetleri ve harcanan enerji veya güç
- 3) İşlenen yüzey kalitesidir [65].

Ayrıca, bir malzemenin kimyasal bileşimi, maruz kaldığı ısı işlem ve içerisindeki inklüzyonlar işlenebilirlik özelliğini önemli ölçüde etkiler ve bazı durumlarda kimyasal bileşim takım üzerinde etkin olan aşınma mekanizmalarını da belirler [3, 66, 69, 77].

3.9. Kesici Takım Malzemeleri

Talaşlı imalat işlemi esnasında kesici takımın kesme yapan kısmında yüksek sıcaklık ve gerilmeler oluşur. Bu durum kesici takımın kesme kabiliyetini olumsuz yönde etkiler. Dolayısıyla, kesici takımların etkin bir şekilde aşınmadan ve plastik deformasyona uğramadan yeterince uzun bir süre kesme işlemi yapabilmeleri için aşağıdaki özelliklere sahip olmaları istenir [66]

- Yüksek sertlik ve sıcak sertlik,
- Yüksek tokluk,
- İş parçasına karşı kimyasal olarak kararlılık,
- Oksidasyon ve kimyasal olarak çözünmeye karşı kararlılık,

- Isıl şoklara karşı direnç.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan kesici takım malzemeleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.9.1 Yüksek hız çeliği

Yüksek hız çeliği, karbon ve düşük alaşımlı çeliklere nazaran yüksek sıcaklıklarda sertliğini koruyabilen, yüksek alaşımlı bir takım çeliğidir. Günümüzde kullanılan en önemli takım malzemelerinden biridir. Matkap, kılavuz, freze çakıları ve tığlar gibi karmaşık geometriye sahip kesici takımların üretiminde yaygın olarak kullanılırlar. Yüksek hız çeliği kesici takımlar sementit karbür ve seramik gibi daha sert kesici takımlardan daha iyi tokluk özellikleri sergilerler. Taşlamayla istenilen geometriye kolayca getirilebildikleri için, imalatçılar tarafından tek noktadan kesme işlemi yapan kesici takım olarak da kullanılırlar [94].

3.9.2. Sementit karbürler

Sementit karbür kesici takımlar ilk olarak tungsten karbür (WC) ve Kobalt (Co) parçacıklarından toz metalürjisi yöntemleriyle üretilmişlerdir. Sert WC parçacıklarından dolayı dökme demir ve çelik dışı metallerin işlenmesinde yüksek hız çeliğinden daha yüksek kesme hızlarında etkin bir şekilde kullanılmıştır [5].

Çelik ve WC-Co arasındaki güçlü bir kimyasal reaksiyondan dolayı takım-talaş ara yüzeyinde adhezyon ve difüzyon vasıtasıyla özellikle çeliklerin işlenmesi esnasında hızlı krater aşınması olduğu için, WC-Co sementit karbür kesici takımlara TiC (Titanyum karbür) ve TaC (Tantanyum Karbür) ilave edilerek krater aşınma direnci önemli derecede iyileştirilmiştir. WC-TiC-TaC-Co kesici takımlar çeliğin işlenmesinde kullanılabilir [5,69,95].

İki tür sementit karbürün genel özellikleri benzer olup aşağıdaki gibidir:

Yüksek basma dayanımı, düşük veya orta seviyede çekme dayanımı,

Yüksek sertlik (90-95 HRA),
 Yüksek sıcak sertlik,
 İyi aşınma direnci,
 Yüksek ısı iletkenlik,
 Yüksek elastikiyet modülü,
 Yüksek hız çeliğinden düşük tokluk [5].

Çelik türü malzemeler için olan sementit karbür ise düşük alaşımlı, paslanmaz ve diğer alaşımlı çeliklerin işlenmesinde kullanılır. Bu tür kesici takımlarda WC ile birlikte TiC ve/veya TaC'de kullanılır. Çoğunlukla % 10-25 oranında TiC ve TaC aynı oranda WC azaltılarak ilave edilir. Bu yapı, bu tür kesici takımlarda çeliğin işlenmesinde krater aşınma direncini artırır fakat çelik dışı malzemelerin işlenmesinde hızlı yan yüzey aşınmasına sebep olur [5].

3.9.3. Kaplamalı sementit karbür

Kaplama, kesici takım ömrünü iki kat, üç kat veya daha fazla artırabilmektedir. Kesici takımlarda kesici takım yüzeyindeki malzeme aşınmaya dirençli, sert ve kimyasal olarak asal olmalıdır. Kimyasal olarak kararlı olma, kesme esnasında kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesinin etkileşimini engeller. Kaplama malzemesi düşük bir sürtünme katsayısına sahip olmalı ki talaşların kesici takım talaş yüzeyine yapışma eğilimi daha az olsun. Sementit karbürlerin TiC, TiN ve/veya Al₂O₃ gibi malzemelerle kaplanması kesici takım alanındaki en önemli gelişmelerden biri olarak kabul edilir. Kimyasal (CVD) veya fiziksel (PVD) buhar çökeltme yöntemleriyle sementit karbür altlık üzerine birkaç mikron kalınlığında tek veya çoklu katman olarak kaplanan bu malzemeler, sementit karbür kesici takımın performansını önemli ölçüde artırır [66, 69, 95].

Kaplamalar, geliştirildikleri ilk zamanlarda tek katman olarak uygulanmıştır fakat son zamanlarda çok katlı kaplamalar geliştirilmiştir. WC-Co kesici takıma, adhesiv olarak iyi birleşmelerinden ve birbirlerine yakın ısı iletkenlik katsayılarından dolayı çoğunlukla TiN veya TiCN uygulanır. Bu ilk katmanın üzerine TiN, TiCN ve Al₂O₃

uygulanması yaygındır. Günümüzde kullanılan kesici takımlarda çoğunlukla çok katlı kaplamalar kullanılır. Bu şekilde, her bir katman kendine ait özellikleri kesici takıma aktarır. En çok kullanılan kaplama kombinasyonları TiN/TiC/TiCN/TiN ve TiN/TiC/Al₂O₃’tür [66, 69, 95].

Sementit karbürlerin sınıflandırılması

Kaplanmamış ve kaplanmış sementit karbürler metal kesme endüstrisinde en çok kullanılan kesici takımlar olduğu için çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Dolayısıyla, çok çeşitli kalitelerde üretilirler. Günümüzde sementit karbürlerin çeşitli şekillerde sınıflandırılması mevcut olmakla birlikte çoğunlukla ISO (Milletlerarası Standard Organizasyonu) standardına göre sınıflandırmalar yapılmaktadır. ISO sınıflandırmasına göre sementit karbür kesici takımlar üç ana gruba ayrılır:

- Mavi (P): Çelik, çelik döküm, paslanmaz çelik ve dövülebilir dökme demir gibi uzun talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde kullanılır.
- Sarı (M): Östenitik paslanmaz çelik, ısıya dirençli çelikler, manganlı çelik, alaşımlı dökme demirler gibi özellikleri iyi olan malzemelerin işlenmesinde kullanılır.
- Kırmızı (K): Dökme demir ve sertleştirilmiş çelik gibi kısa talaş çıkaran ve alüminyum, bronz ve plastik gibi demir dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılır.

Her bir grupta aynı zamanda bir de P, M ve K harflerini takip eden numaralar vardır. Numaralar, genellikle 01’den başlar ve 40 veya 50’ye kadar kademeler halinde gider. Örneğin 01, yüksek kesme hızı, düşük ilerleme hızı ve düşük talaş derinliklerinde kesintisiz bitirme tornalama işlemlerinde kullanılan kesici takımlara karşılık gelir. Bununla birlikte 50, düşük kesme hızları ve yüksek talaş derinliklerinde kaba işlemlerde kullanılacak kesici takımlara karşılık gelir. Bu numaralar büyüdükçe, aşınma dayanımı azalır tokluk ise artar.

P01 – Bitirme yüzeyi ve delik içi tornalamalarda, yüksek kesme hızları ve küçük talaş kesiti ile talaş kaldırmalarda ve yüksek yüzey kalitesi elde edilmesi gereken yerlerde kullanılır. Titreşimin az olması gerekir.

P10 – Tornalama, kopyalama, vida açma, frezeleme, yüksek kesme hızları ile küçük ve orta seviyede talaş kesiti durumlarında kullanılır.

P20 – Orta seviyelerdeki kesme hızlarında ve talaş kesitlerinde tornalama, kopyalama, frezeleme, küçük talaş kesitlerinde alın tornalama ve şartların çok kötü olduğu durumlarda kullanılır.

P30 – Orta ve düşük kesme hızlarında ve orta ve düşük talaş kesitlerinde tornalama, planyalama, frezeleme, kanal açma ve kesme işlemleri ve olumuz işleme şartlarında kullanılır.

P40 – Düşük kesme hızlarında, büyük talaş kesitinde, mümkün olan yüksek talaş açısı ve çok olumsuz şartlarda tornalama, planyalama, frezeleme, kanal açma ve kesme işlemlerinde kullanılır.

P50 – Çok yüksek tokluğun gerekli olduğu yerde kullanılır [66].

3.9.4. Sermet kesici takımlar

Sermet ifadesi seramik ve metal kelimelerinden türetilmiştir ve sementit karbürlerin müşterek ismidir. Sermet kesici takımda sert parçacıklar WC'den ziyade TiC, TiCN ve/veya TiN esaslı seramik parçacıklardan oluşurken birleştirici faz da nikel ve/veya molibdenden oluşur. Sermet kesici takımlar da sementit karbürler gibi toz metalurjisi yöntemleriyle üretilirler. Çelik, paslanmaz çelik, östenitik paslanmaz çelik ve dökme demirin bitirme ve yarı bitirme işlemlerinde yüksek kesme hızlarında kullanılırlar. Çeliklerin işlenmesinde kullanılan sementit karbür kesici takımlardan genellikle daha yüksek hızlarda kullanılırlar. Düşük ilerleme hızlarında iyi bir yüzey elde edilerek çoğunlukla taşlama işlemine gerek kalmaz [65, 66, 95]

Sermetler aşağıdaki özelliklere sahiptirler:

- Yüksek yan yüzey ve krater aşınma direncine,
- Yüksek kimyasal kararlılık ve sıcak sertliğe,
- Düşük yığıntı talaş oluşturma eğilimine,
- Düşük oksitlenme eğilimine.

WC esaslı sementit karbürlerle karşılaştırıldığında, sermetler aşağıdaki avantajlara sahiptirler:

- Düşük sabit yüklerde aynı kesici uç dayanımına,
- Yüksek kaliteli bitirme işlemlerinde daha uzun süreli performans,
- Yüksek hızda işleme yapmak için daha iyi kapasiteye,
- Daha yüksek çentik aşınması direncine (oksidasyon aşınması nedeniyle)
- Sünek malzemelerde daha iyi yüzey kalitesi oluşturma ve yığıntı talaş oluşturma eğiliminin az olmasına [66].

Karmaşık profillerin de sermet kesici takımlarla işlenmesi uygun değildir. Sermetler sert çeliklerin işlenmesinde uygun kesici takımlardır [66].

3.9.5. Seramik kesici takımlar

Seramik kesici takımlar esas olarak alüminyum oksit (Al_2O_3) ve silisyum nitrür (Si_3N_4) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Sementit karbür kesici takımlarla karşılaştırıldıklarında, yüksek sertlik ve sıcak sertlik, yüksek aşınma ve plastik deformasyon direnci ve iyi kimyasal kararlılık özelliklerine sahip olmakla birlikte düşük ısıl şok direnci ve kırılma tokluğu özellikleri sergilerler. Al_2O_3 seramik kesici takımlar dökme demir ve çelik dökümünün yüksek hızlarda işlenmesinde başarıyla kullanılırlar. Kararlı olarak bağlama gerçekleştirildiğinde, sertleştirilmiş çeliklerin bitirme işlemleri yüksek hız, düşük ilerleme ve düşük talaş derinliği kullanılarak gerçekleştirilebilir [66].

Üretimlerindeki ve sinterlenmelerindeki iyileştirmelerle ve tokluklarını artırıcı çeşitli elementlerin katılmasıyla seramik kesici takımlar daha iyi dayanım, ısı şok direnci ve kırılma tokluğu gibi özelliklere sahip olmuşlardır ve dolayısıyla uygulama alanları genişlemiştir [66].

3.9.6. Kübik bor nitrit (CBN) kesici takımlar

Kübik bor nitrit kesici takımlar yaygın olarak sertleştirilmiş çeliklerin ve süperalaşımların işlenmesinde kullanılır. PCD kesici takımlar gibi yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında sinterleme ile imal edilirler. Sıcak sertliği oldukça iyidir (20 °C’de 4700 Knoop ve 1000 °C’de 4000 Knoop) ve CBN ile işleme esnasında takım/talaş arayüzeyinde düşük kimyasal reaksiyon gerçekleşir. CBN kesici takımlar Inconel 718 ve Rene 95 gibi sert uzay ve havacılık malzemelerinin işlenmesinde kullanılır. [66, 80].

PCD kadar sert olmamasına rağmen, CBN kesici takımlar sertleştirilmiş çelikler, sert dökme demir ve nikel ve kobalt esaslı süperalaşımlarla daha az reaksiyona girer. CBN kesici takımlar işlenmesi zor bu malzemelerin işlenmesinde etkin ve ekonomik olarak kullanılırlar. Sementit karbürlerden 5 kat daha yüksek kesme hızı ve dolayısıyla talaş kaldırma oranlarında mükemmel hassasiyet, bitirme yüzeyi ve yüzey bütünlüğü elde etmek için kullanılırlar. CBN kesici takımlar sementit karbür ve seramik kesici takımlardan daha pahalıdır. Ancak takım ömrü, seramik bir kesici takımın 5 ila 7 katı kadar olabilir. Kesici uçları pahlı ve honlanmış CBN kesici takımlar ağır kesintili işlemlerde başarılı bir şekilde kullanılabilirler [3, 66]

3.9.7. Elmaslar (N)

Elmasın, endüstride kullanılan tabii ve yapay olmak üzere iki çeşidi mevcut bulunmaktadır. Doğal elmaslar, metal olmayan veya demirsiz metallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılarak süper performans göstermektedirler. Fakat yapay elmas bunların yerini çoğu yerlerde almaktadır. Bu elmaslar işlenmesi zor olan malzemeleri kesmek için kullanılarak mükemmel son bitirme yüzeyi meydana

getirirler. Tabi 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 [96].

Elmas, aşınma direnci çok iyi olan ve doğal olarak oluşan çok sert bir malzemedir. Tungsten karbüre göre iki kat daha sıkışmaya karşı direnç gösterir. Isıya karşı dirençlidir ve çok az genleşir. 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 sekline 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 [97,98].

3.9.10. Çok kristalli elmas (PCD)

Bilinen en sert malzeme doğal tek kristalli elmadır. Hemen hemen bu malzeme kadar sert bir malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD). Çok yüksek sertliği çok yüksek aşınma direncine sahip olmasını sağlar ve bu özelliğinden dolayı taslama işleminde kullanılan tasların üst yüzeyinde kullanılır. İnce elmas kristallerinin yüksek basınç ve sıcaklık altında bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Herhangi bir yöndeki çatlak yayılmasının önüne geçebilmek için kristaller yapı içerisinde gelişi güzel dağılmışlardır. Bu durum sertliğin ve aşınma direncinin her yönde yüksek olmasını sağlar [98].

Ancak bu görünüşte mükemmel kesici takım kesme bölgesi sıcaklıklarının 600 C°'yi asmaması, demir esaslı ve yüksek çekme mukavemetine malzemeler için kullanılamamaları gibi zayıf yönler PCD malzemelerinin talaşlı imalat işlemlerinin büyük bir çoğunluğunda 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 kursun gibi malzemeler için mükemmel bir kesici takım malzemesidir [3].

PCD' nin çok kırılgan yapısından dolayı PCD ile yapılan işlemler çok kararlı koşullar, rijit tezgah ve takımlar ve çok yüksek kesme hızları gerektirir. Soğutma sıvısı genellikle soğutma amacıyla kullanılabilir. İnce ve yarı ince tornalama ve delik işleme tipik PCD işlemlerdir. Düşük ilerlemeler, düşük talaş derinlikleri, darbeli talaş kaldırma işlemlerinden, şoklardan kaçınılması son derece önemlidir [99].

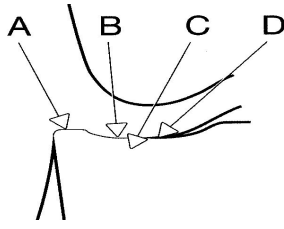
3.10. Takım Aşınması

ASTM G40-93 standartlarına göre aşınma; “kullanılan malzemelerin, başka malzemelerle (katı, sıvı, gaz) teması neticesinde mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen ve istenmeyen yüzey bozulması” şeklinde tanımlanmaktadır. Başka bir tabirle, izafi hareket yapan elemanlar arasındaki sürtünme sonucu meydana gelen malzeme erozyonu veya kayıplarıdır. Aşınma; kuvvet, kayma hızı, sıcaklık, yağlama durumu, malzeme cinsi ve sertliğinden etkilenen karmaşık bir olaydır. [100].

Takım aşınması kesici kenar üzerindeki yük faktörlerinin bir kombinasyonunun ürünüdür. Kesici kenar ömrü takım geometrisini değiştirmeye çalışan çeşitli yüklerle belirlenir. Aşınma takım-iş parçası-işleme şartları arasındaki karşılıklı etkileşimin bir sonucudur [3].

3.10.1. Ana yük faktörleri

Ana (Temel) yük faktörleri mekaniksel, termal, kimyasal ve aşındırıcı olarak sıralanmakta ve tipik aşınma bölgeleri Şekil 3.25’da gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Yük faktörlerinin meydana geldiği bölgeleri

A: Mekaniksel, B: Termal, C: Kimyasal, D: Aşındırıcı [3]

Mekaniksel yük faktörleri

Statik ve dinamik yüklerden kaynaklanmaktadır. Dinamik yükün en önemli değişkenleri ise talaş derinliği ve kesintili (vuruntulu) işlemedir.

Termal (Isıl) Yük Faktörleri

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen gerilmeler ve deformasyonlardan dolayı ortaya çıkan ısının sebep olduğu dinamik bir yüküdür.

Kimyasal yük faktörleri

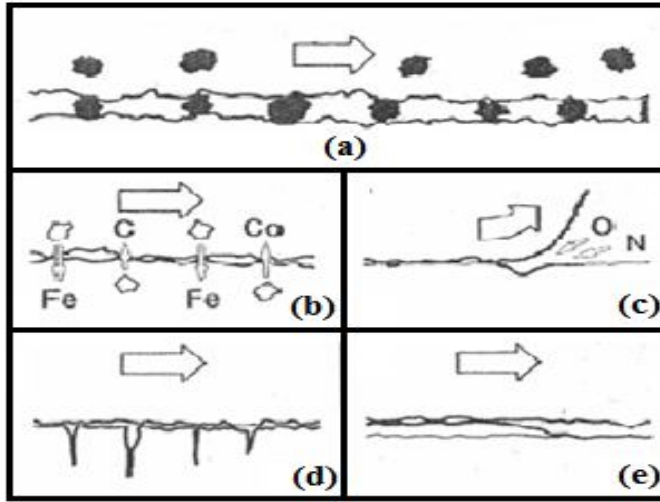
Talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan basınç ve sıcaklıktan dolayı metallerin kimyasal reaksiyon göstermesiyle meydana gelir.

Aşındırıcı Yük Faktörleri

Talaş kaldırma esnasında iş parçasından kopan sert partiküllerin sebep olduğu yük faktörüdür.

3.10.2. Aşınma mekanizmaları

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerinde etkili olan yük faktörlerinin bir sonucu olarak bazı temel aşınma mekanizmaları metalden talaş kaldırma işlemine etki eder (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Temel aşınma mekanizmaları a) Abrasiv aşınma, b) Difüzyon aşınma, c) Oksidasyon aşınma, d) Yorulma ile aşınma, e) Adhesiv aşınma [3]

Abrasiv (Abrasyon) aşınma

En yaygın aşınma mekanizmalarından biridir. Aşındırıcı yük faktörü önemli bir etkiye sahiptir. Diğer sebep olan yük faktörü ise mekanik yüküdür. Bu durum, iş parçası yüzeyi ile takım arasına giren sert parçacıkların neden olduğu taşlama işlemine benzer bir durumdur. Kesici kenarın abrasiv aşınmaya dayanma kabiliyeti önemli ölçüde ucun sertliğine bağlıdır.

Difüzyon aşınması

Bu aşınma tipi kesme işlemi esnasında daha çok kimyasal yükten etkilenir. Diğer etken yük faktörleri ise ısı ve mekanik yüklerdir. Difüzyon aşınmasının hızı takım malzemesinin iş parçası malzemesi içerisindeki çözünürlüğüne ve yüksek sıcaklıklarda takım ile iş parçası arasındaki temas uzunluğuna bağlıdır. Aşınma yüksek kesme hızlarında en büyük değerine ulaşır.

Oksidasyon aşınması

Isıl ve kimyasal yük faktörlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Ancak bu tip aşınma için havaya da gereksinim vardır. Bunun sebebi ise yüksek sıcaklıklarda

oksijen birçok metal için oksidasyon demektir. Oksidasyon aşınması özellikle kesici kenarın talaş ile birleştiği veya ayrıldığı kısımda, talaş genişliğinin sona erdiği noktada havanın da etkisiyle oluşur ve oksidasyon nedeni ile kenarda çentikler meydana gelir. Bu tip aşınmada takım malzemesinde çentik civarında renk değişikliği gözlenir.

Yorulma aşınması

Termo-mekanik bir kombinasyonun sonucudur. Sıcaklıktaki dalgalanmalar ve takıma etkileyen kesme kuvvetlerinin sıfır ile maksimum değerler arasında değişmesi kesici kenarın çatlamasına ve kırılmasına yol açar. Aralıklı kesme işlemi ucun sürekli olarak ısınıp soğumasına ve talaş ile temasta olan kesici kenarda şok etkisine neden olur. Bu termal şok sonrasında kesici takımda kesici kenara dik çatlaklar oluşur

Adhesiv (Adhesyon) aşınma

Genellikle ısı ve mekanik yük faktörlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Takım talaş yüzeyindeki düşük işleme sıcaklıklarından dolayı ortaya çıkan farklı bir aşınma türüdür. Kesme hızının artırılması ile takım ile talaş arasındaki sıcaklığın artırılması, dolayısıyla kesici kenarın yakınındaki malzemenin dayanımının azaltılması suretiyle bu tip aşınmanın etkileri en aza indirilebilir veya tamamen ortadan kaldırılır.

3.10.3. Aşınma tipleri

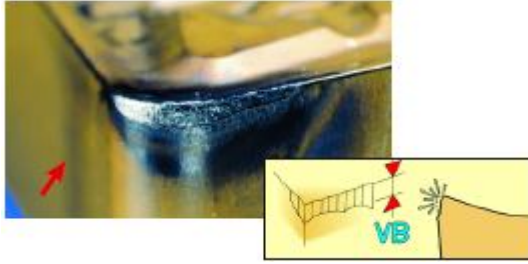
Kesici takım kesici kenar ve bu kenara bitişik yüzeyler boyunca aşınır. Aşınma tiplerinin konumları ve boyutları kesici takımın ömrünün belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar.

Belli başlı aşınma tipleri arasında yanak aşınması, krater aşınması, plastik deformasyon, çentik oluşumu, ısı çatlaklar, mekanik yorulma çatlakları, kesici

kenardan parçacık kopmaları, talaş çekiçlemesi, kesici ucun kırılması ve yığma kenar oluşumu sayılabilir

Yanak (serbest yüzey) aşınması

Abrasiv tip bir aşınma mekanizmasından kaynaklanan ve kesici kenarın serbest yüzeylerinde meydana gelen, en fazla karşılaşılan aşınma tipidir (Şekil 3.27). Yanak aşınmasında belirli bir değerin üzerine çıkmasıyla yüzey kalitesi kötüleşir, hassasiyet azalır, sürtünme artar, boşluk açısının azalması nedeniyle işlem esnasında ortaya çıkan ısı artar. Yanak aşınmasının çok hızlı olması halinde kesme hızının kullanılan kesici uç kalitesine uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. İş parçası sertliğinin yüksek olması da bu hızlı aşınmaya bir sebep oluşturabilir [3,66].

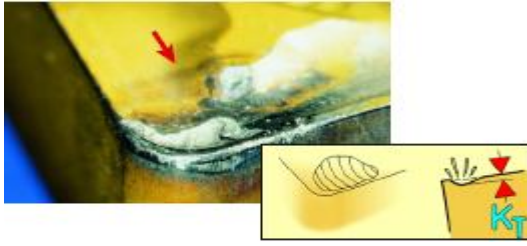


Şekil 3.27. Yanak aşınması [66]

Krater aşınması

Abrasiv ve difüzyon aşınma mekanizmaları nedeniyle talaş yüzeyinde bir krater oluşumuna yol açan aşınma tipidir (Şekil 3.28). Krater, talaş kaldırma esnasında sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinde taşlama işlemine benzer bir aşındırma gerçekleştirmeleri sonucunda veya takım ile talaş malzemesi arasında, talaş yüzeyinin en sıcak kısmında oluşan difüzyon nedeniyle ortaya çıkar [3,66].

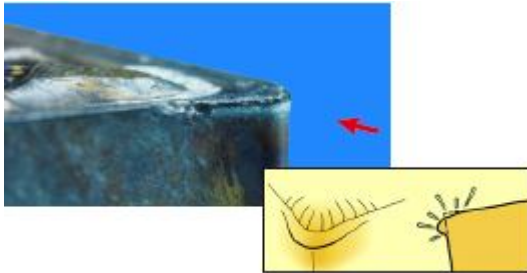
Krater aşınmasının çok hızlı olması kesme hızının işlem için çok yüksek olması anlamına gelir, bu durumda daha yüksek aşınma dirençli bir kesici uç kalitesinin seçilmesi gerekir.



Şekil 3.28. Krater aşınması [66].

Plastik deformasyon

Plastik deformasyon kesici kenar üzerinde yüksek sıcaklıklar ve yüksek basıncın bir kombinasyonu sonucunda oluşur (Şekil 3.29). İki şekilde ortaya çıkar: kesici kenar ya aşağıya doğru işleme yönünde deforme olur, ya da yanağa doğru bir deformasyon görülür [3,66].



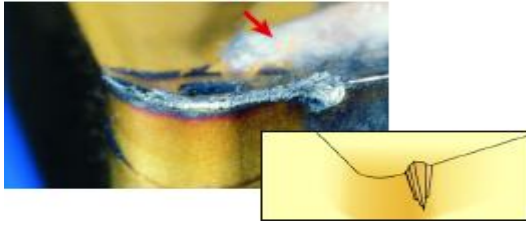
Şekil 3.29. Plastik deformasyon [66]

Yüksek kesme hızı, yüksek ilerleme değerleri ve iş parçasının çok sert olması yüksek ısı ve basınç demektir. Bu tip bir aşınma kötü talaş kontrolüne ve kötü yüzey kalitesine neden olur.

Kesici kenarın bu şekilde deformasyona uğraması daha yüksek sıcaklıkların oluşumuna, geometri deformasyonuna ve talaş akışının değişimine neden olacaktır. Kenarın yuvarlatılması ve uygun kesici geometrisi bu tip aşınmanın önlenmesinde önemli rol oynar. Daha sert olan daha yüksek aşınma direncine sahip bir kalitenin seçimi veya işleme yönündeki deformasyon söz konusu ise kesme hızının ve yanağa doğru bir deformasyon varsa ilerlemenin azaltılması yine bu tip bir aşınmanın önüne geçecektir [3,66].

Çentik oluşumu

Bu aşınma tipi genellikle kaba tornalama işlemlerinde kullanılan uçlarda karşılaşılan, takım ile işlenmemiş parça yüzeyi arasında veya talaşın serbest kenarı arasında ortaya çıkan bir aşınma türüdür (Şekil 3.30).

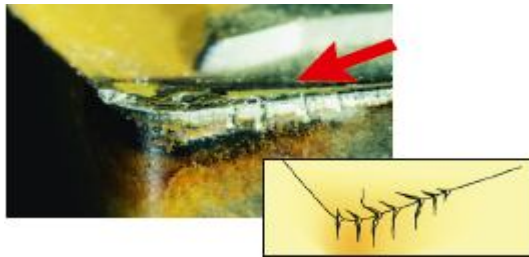


Şekil 3.30. Çentik aşınması [66]

Yada yanak aşınmasının son safhası olarak da meydana gelebilir. Talaş derinliğinde ortaya çıkan çentik genellikle adhesiv aşınma mekanizmasından kaynaklanır [3].

Isıl çatlaklar

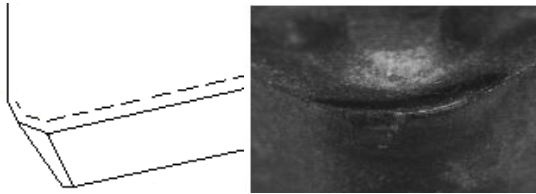
Bu aşınma tipi genellikle ısı sirkülasyonu nedeniyle ortaya çıkan yorulma aşınmasıdır. Bu aşınma sonucunda kesici kenara dik çatlaklar meydana gelir ve takım malzemesi kenarda dışa doğru zorlanır (Şekil 3.31). Tornalama işleminde işlem esnasında talaş kalınlığındaki büyük farklılıklar da ısıl çatlakların oluşumuna neden olabilir. Kesme sıvısının hatalı, yetersiz uygulanması; hatta bazı durumlarda uygulanması bile ısıl çatlakların oluşum nedenidir. İnce tornalama işleminde çatlakların oluşumunun hemen ardından yüzeyin kalitesi bozulur [3,66].



Şekil 3.31. Isıl çatlaklar [66]

Mekanik yorulma çatlakları

Bu çatlaklar kesme kuvvetlerindeki ani değişimler sonucunda ortaya çıkarlar. Mekanik yükün kendi başına çatlak oluşturacak büyüklükte olmamasına rağmen mekanik yükteki sürekli değişim çatlakla neden olur. Kesmenin başlangıcında kesme kuvvetinin büyüklüğü ve kuvvetin yönündeki değişimler kesici ucun mukavemetinden ve tokluğundan fazla ise bu tip bir aşınma gözlenir. Çatlaklar kesici kenara paraleldir (Şekil 3.32). Çatlak oluşumu daha tok bir uç kalitesini seçilmesi, kesme hızının azaltılması ve takımın parçaya giriş yönünün değiştirilmesi suretiyle en aza indirilebilir [3,66].



Şekil 3.32. Mekanik yorulma çatlakları

Kesici kenardan parçacık kopması (Çentikleme)

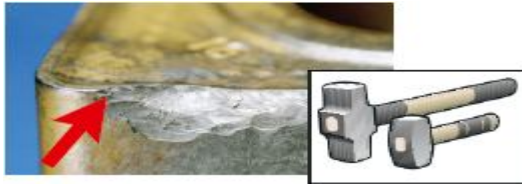
Bu aşınma tipi kesici kenarın aşınmaktan çok kırılması nedeniyle oluşur. Kesici kenardan kopan küçük parçacıklar kesici kenarın kesme hattının bozulmasına neden olurlar (Şekil 3.34). Yorulma esaslı bir aşınma tipidir. Bu aşınma tipinde genellikle takıma etkiyen yükün sürekli olarak üst ve alt değerler arasında değişmesi nedeniyle bir yorulma oluşur ve bunun sonucunda takım malzemesi takım yüzeyinden kopar. Darbeli kesme işlemi bu tip aşınmanın en sık görülen nedenlerinden biridir [3,66].



Şekil 3.33. Parçacık kopması [66]

Talaş çekiçlenmesi

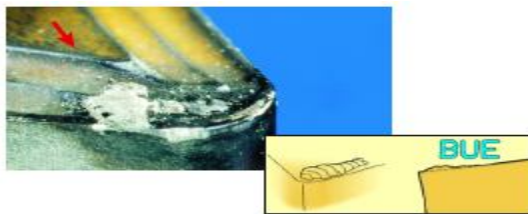
Talaşların, kesme kenarına karşı çevrilmesi sonucu oluşur (Şekil 3.35). Kesme kenarının kesme yapmayan bölümü, talaş darbeleriyle zarar görür. Kesici ucun hem üst tarafı hem de desteği zarar görmesine sebep olur. İlerleme hızı ve kesici geometrisi değiştirilerek veya daha tok kalitede bir kesici takım seçilerek engellenebilir [66].



Şekil 3.34. Talaş çekiçlenmesi [66]

Yığılma kenar (BUE) oluşumu

Kesici kenarda BUE oluşması (Şekil 3.36), genellikle sıcaklık ve onunla ilişkili bir durum olan kesme hızının etkisindedir. Ancak, kesici kenar erimesi ve diğer aşınmaların bir sonucu olabilir. BUE kesici kenar geometrisinde negatif bir eğikliğe sebep olur ve aynı zamanda takım malzemesi BUE biçimindeki kaynaklanmış malzeme ile birlikte kopup uzaklaşabilir. Kesici takım malzemesiyle iş parçası malzemesi arasındaki yapı benzerliği de BUE oluşumunda önemli rol oynar.



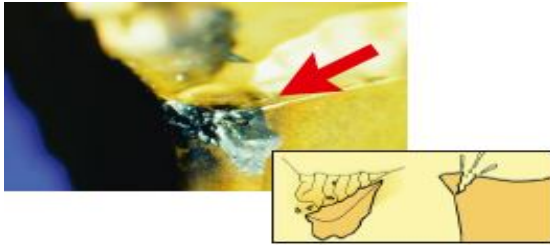
Şekil 3.35. Yığılma kenar [66]

Yığılma kenar genellikle düşük kesme hızlarında ortaya çıkan bir durumdur. Düşük sıcaklık ve yüksek basınçlar iş malzemesinin talaştan takımın talaş yüzeyine basınç kaynağı yapmasına (adhesiv aşınma) sebep olur. Yüzey pürüzlülüğü BUE

oluşumundan genellikle ilk zarar gören unsurdur. Ancak bu tip aşınmanın devam etmesine izin verilirse, çok çabuk kesici kenar kırılması hatta takım kırılması riski vardır.

Kesici ucun kırılması

Kesici ucun ömrünü tamamlamasına neden olan bir aşınma tipidir (Şekil 3.37). En tehlikeli aşınma türüdür. Kenarın kırılması birçok diğer aşınma tipi için de yolun sonu demektir. Bu tip bir durum oluştuğunda işlemde, takım veya kesme verileri çok yanlış seçilmiş demektir. Kesici ucun kırılması sadece ucun ıskartaya çıkmasına yol açmaz, aynı zamanda altlığın kırılması ve katerin zarar görmesi gibi etkileri de beraberinde getirir [66].



Şekil 3.36. Kesici ucun kırılması [66]

Geometrinin değişimi, kenarın zayıflaması, sıcaklıktaki ve kuvvetlerdeki artışlar kesici kenarın bu tip bir aşınmaya maruz kalmasına neden olur. Kırılma, kesici kenar takım-talaş temas alanı boyunca oluşan kesme kuvvetini karşılayacak dayanıma sahip değilse ortaya çıkar.

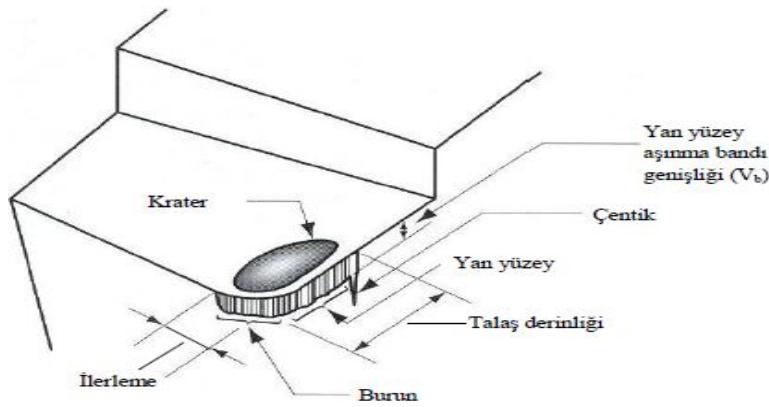
Kırılma takımın sınırlarının ötesine yüklenmesi sonucunda oluştuğundan kesme yükünün azaltılması veya takımın dayanımının arttırılmasıyla önlenabilir. İlk olarak takımın dayanımının arttırılması yoluna gidilmelidir. Bu ise:

- Köşe radüsünün arttırılmasıyla,
- Pozitif yerine negatif talaş açısının kullanılmasıyla
- Daha kalın bir uç kullanılmasıyla sağlanır.

Bu üç durumda da yük daha büyük bir hacim üzerine yayılacağından takım üzerinde oluşan gerilmeler azalacaktır

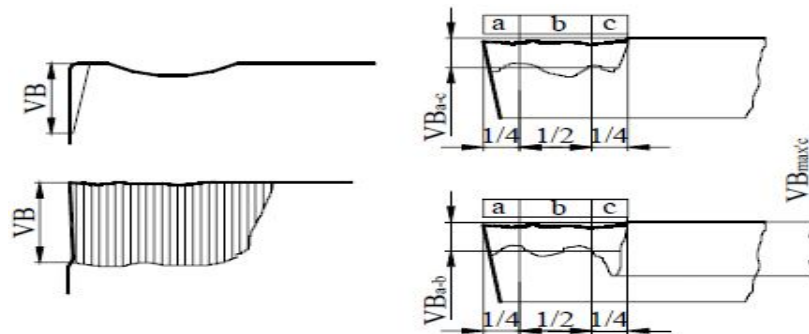
3.10.4. Takım aşınmasının kontrolü

Aşınma kriteri olarak genellikle yan yüzey aşınması veya krater aşınması esas alınır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Kesici takımdaki aşınmaların şematik olarak gösterilmesi [69,95]

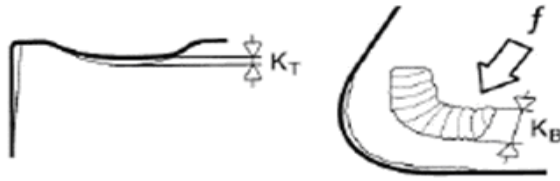
Yan yüzey aşınmasında aşınan kısmın uzunluğu dört eşit parçaya bölünür ve 1/4'lük kısımlar iki başta ve 2/4'lük kısım ortada kalacak şekilde üçe ayrılarak analiz yapılır (Şekil 3.38). Aşınma a,b,c olarak ayrılan bu bölgelerin üçü üzerine üniform olarak yayılmışsa, yanak aşınması olarak ortalama bir değer alınır (VB_{a-c}). Ancak herhangi bir bölgede aşırı bir aşınma söz konusu ise aşınma değeri olarak VB_{maxc} kullanılır.



Şekil 3.38. Yan yüzey aşınması

Takım ömrünün sonunun tespiti için yan yüzey aşınması asıl kesme kenarından ölçülür. Yan yüzey üzerindeki aşınma şerit genişliği değeri, VB: 0,3 mm, VBmaxC: 0.6 mm olarak kabul edilir [76].

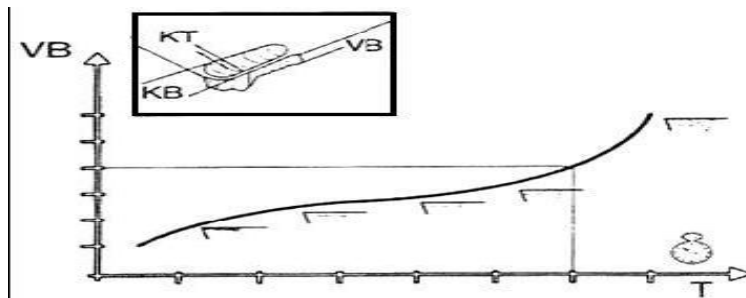
Takım aşınmasının belirlemede yan yüzey aşınmasının yanı sıra krater aşınması da ölçülmektedir (Şekil 3.39). Aşınmayı belirlemek için krater aşınmasında ölçülen bölgeler ise talaş yüzeyindeki krater genişliği (K_B) veya krater derinliğidir (K_T)'dir. Takım ömrünün tespiti için $K_T \leq 0,3$ mm olmalıdır ya da $K_T = 0,06 + 0,03xf$ formülü ile hesaplanabilir.



Şekil 3.39. Krater aşınması [3]

Serbest ve talaş yüzeylerindeki aşınma yaklaşık olarak aynı zamanda başlar. Ancak başlangıçta daha hızlı olan yanak aşınmasında (VB) belirli bir zamandan sonra yavaşlama görülürken, krater sabit bir hızda devam eder. Ancak belli bir zaman sonra yanak aşınması yeniden hızlanır.(Şekil 3.40)

Aşınmanın doğrusal eğimi ne kadar az olursa, takım ömrü o kadar büyük olmaktadır. Bu nedenle kesici takımların sertliği arttıkça aşınma doğrusunun eğimi azalmaktadır.



Şekil 3.40. VB'nin takım ömrü süresince gelişimi [3]

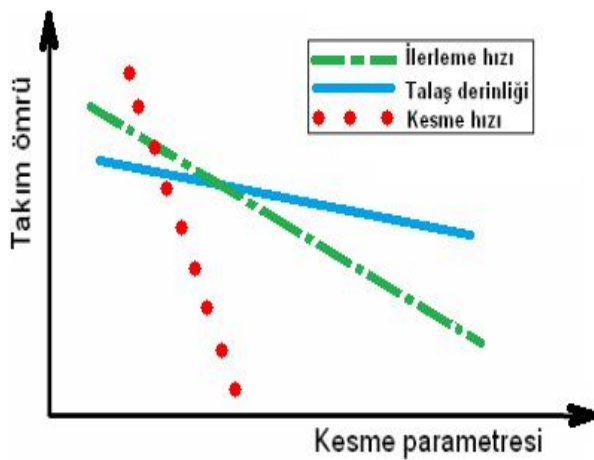
3.10.5. Takım ömrü

Takım ömrü geleneksel olarak kesici ucu iki bileme (değiştirme) arası geçen zaman olarak tanımlanırken. İlk zamanlarda takım ömrü sadece takımın daha fazla kesme yapmaması gibi basitçe ifade edilirdi. Günümüzde ise yüzey dokusu, hassasiyet, takım aşınma biçimi, talaş oluşumu önceden kestirilebilir güvenli takım ömrü gibi yaygın parametreler söz konusudur.

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Kesici kenar ömrü dakika olarak ifade edilir ve günümüzde takım ömrü eskiden olduğundan daha azdır ve çoğunlukla 15 dakikalık süre üzerine oturtulmakla beraber genellikle bir miktar daha fazla olur.

Kesme parametrelerinin takım ömrüne etkisi Şekil 3.41’de görülmektedir. Buna göre:

- Kesme hızı %50 oranında arttırıldığında takım ömrü %90 oranında azalmaktadır.
- İlerleme hızı %50 oranında arttırıldığında takım ömrü %70 oranında azalmaktadır.
- Talaş derinliği %50 oranında arttırıldığında takım ömrü %15 oranında azalmaktadır.



Şekil 3.41 Takım ömrü – Kesme parametreleri ilişkisi [66]

Takım ömrü ile ilgili ilk araştırma 1900...1908 arasında F. W. Taylor tarafından yapılmış ve ilk olarak aşağıdaki gibi ifade edilen bir model ortaya konulmuştur. Bu modelde Taylor takım ömrünü (T), kesme hızı (V) ve ilerleme (f)'nin bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir [3].

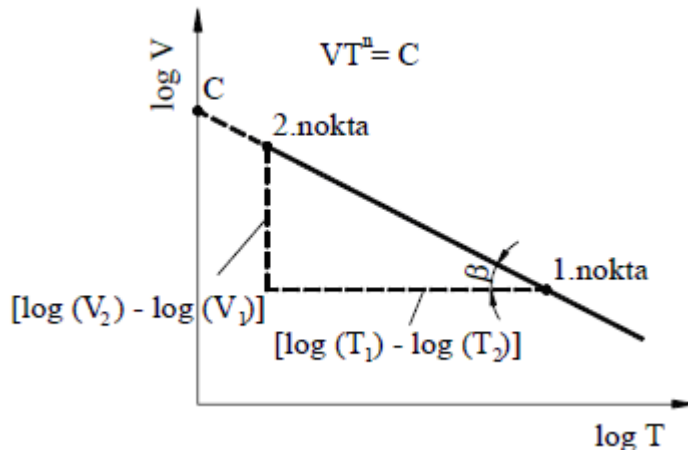
$$T = \frac{\text{Sabit}}{f_x \cdot x V_y} \quad (3.27)$$

Sonraki yıllarda bu eşitlik daha yaygın olarak bilinen aşağıdaki formunu almıştır.

$$V T^n = C \quad (3.28)$$

Burada n, öncelikle takım malzemesine bağlı, fakat aynı zamanda iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamdan etkilenen bir katsayı, C ise özellikle ilerlemeyi ihtiva eden tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir. Aynı zamanda C takım ve parça malzemesine bağlı olan bir dakikalık ömre karşılık gelen kesme hızıdır.

Bu eşitlik, ampirik olarak oluşturulmuş kesme hızı-takım ömrü ilişkisini veren eğrilerin logaritmik grafiklerinden elde edilmiştir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Taylor takım ömrü eşitliğinin grafiksel ifadesi [66]

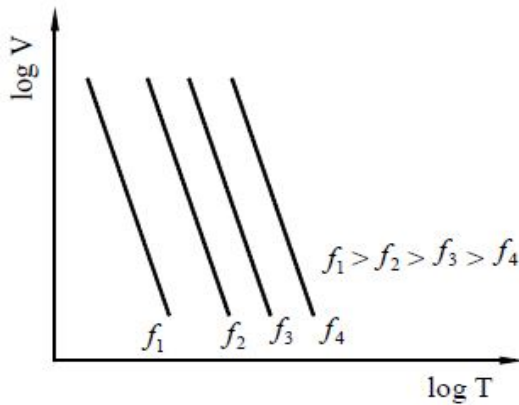
$$\tan \beta = n = \frac{[\log(V_2) - \log(V_1)]}{[\log(T_1) - \log(T_2)]} \quad (3.29)$$

Takım geometrisinde, talaş derinliği ve ilerlemedeki kayda değer değişiklikler C sabitinin değerini değiştirmekte ve hatta n üssünde bile küçük değişikliklere sebep olabilmektedir. Bütün bunlara rağmen n üssü takım malzemesinin bir fonksiyonu olmaktadır. Gilbert tarafından 1950 yılında geliştirilen yeni bir kesme modeli, kesme hızı ile birlikte ilerleme (f) ve talaş derinliğini (a) de dikkate alarak, Taylor modelinin tamamlayıcısı olmuştur. Bu modele göre takım ömrü;

$$K = V.T^n.f^{n_1}.a^{n_2} \text{ eşitliğinden elde edilir.} \quad (3.30)$$

Burada K oransal bir sabit (C'nin ilerleme ve talaş derinliğine bağlı değişmiş hali), f ilerleme (mm/dev), a talaş derinliği (mm), n_1 ilerlemeye ait üs (ortalama değeri 0,5-0,8, genel kullanımda 0,77), n_2 talaş derinliğine ait üs (ortalama değeri 0,2-0,4, genel kullanımda 0,37) dir.

Sabit bir takım ömrü için optimum kesme hızındaki değişme talaş derinliğinden daha çok ilerlemedeki değişmeye daha duyarlıdır. Temelde sabit bir kesme hızında daha yüksek ilerleme değerleri takım ömrünün kısalmasına sebep olmaktadır. Ancak yüksek işleme hızı ve daha fazla talaş hacmi (talaş miktarındaki artış) demektir. Kesme hızı ile ilerlemenin çeşitli kombinasyonları aynı takım ömrünü verecek şekilde düzenlenebilir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43. Aynı takım ömrünü sağlayan kesme hızı-ilerleme kombinasyonları [3]

Talaş kaldırmada ekonomik parametreleri tayin etmek için, özellikle kaba işlemede, ilerleme mümkün olduğunca arttırılmalıdır. Ancak gereğinden fazla talaş hacmi (belli bir ilerleme değerine ulaştığında) talaş kontrolünün kaybolmasına ve hatta takım tezgahının durmasına sebep olacaktır. Talaş kaldırmada amaç daima en iyi tezgah kullanımı ve talaş kontrolü sağlamaktır. Bu amaçla takım ömrü diyagramları bunu sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Takım ömrü malzemesinin mikro yapısı ve iş parçası sertliğine bağlı olarak da etkilenmektedir. Buna göre değişen K sabiti aşağıdaki eşitlikle elde edilebilir.

$$K = V.T^n.f^{n1}.a^{n2}.BSD^{1,25} \quad (3.31)$$

Burada BSD Brinel sertlik değerini ifade etmektedir.

Takım ömrü aynı zamanda takım malzemesi ve kesme sıvısı kullanılıp kullanılmamasına karşı da duyarlıdır. Buna göre sabit ömrü sağlayacak kesme hızı değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$V = \frac{K_1}{a^{0,37} f^{0,77}} \sqrt[6]{\frac{60}{T}} CF \quad (3.32)$$

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Deney Malzemesi ve Özellikleri

Yapılan deneysel çalışmalar için iş parçası malzemesi olarak endüstride geniş kullanım alanına sahip olan AISI 6150 ıslah çeliği seçilmiştir. Deneylerde kullanılan numunelerin tedarikçi firması ÇEMTAŞ Çelik Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş tarafından verilen kimyasal bileşimleri ve Brinell cinsinden sertlik değerleri Çizelge 4.1’de, AISI 6150 çeliğinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.2’de ve AISI 6150 çeliğinin mekaniksel özellikleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney malzemesi ve özellikleri

Malzeme	Sertlik (HB)	Kimyasal bileşim, % Ağırlık						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V
AISI 6150	311	0,50	0,31	0,78	0,009	0,008	1,06	0,15

Çizelge 4.2. AISI 6150 çeliğinin fiziksel özellikler [101]

Özgül Ağırlık (Gm/Cm ³)	Isıl İletkenlik (100 °C) (KCal/Sa/Cm/C°)	Genleşme Katsayısı (21–650°C) (°C ⁻¹)x10 ⁻⁶	Isınma Isısı (KCal/Kg/C°)	Öz Direnç (20°C) (μ Ω – Cm)
7,833	40,2	14,6	0,10 – 0,11	21

Çizelge 4.3. AISI 6150 çeliğinin mekaniksel özellikleri [101]

Gerilmede elastik modül (Kg/Cm ²)x10 ³	Çekme Dayanıklılığı (Kg/Cm ²)		Akma Dayanıklılığı (Kg/Cm ²)		Uzama (5 Cm. de) (%)		Alan Küçülmesi (%)		Çarpma Dayanıklılığı (İzod) (Kg-m)		Yorulma Dayanıklılığı (Kg/Cm ²)	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2040-2110	11110	9700	6185	18	23	18	62	53	---	8,7	5555	4850

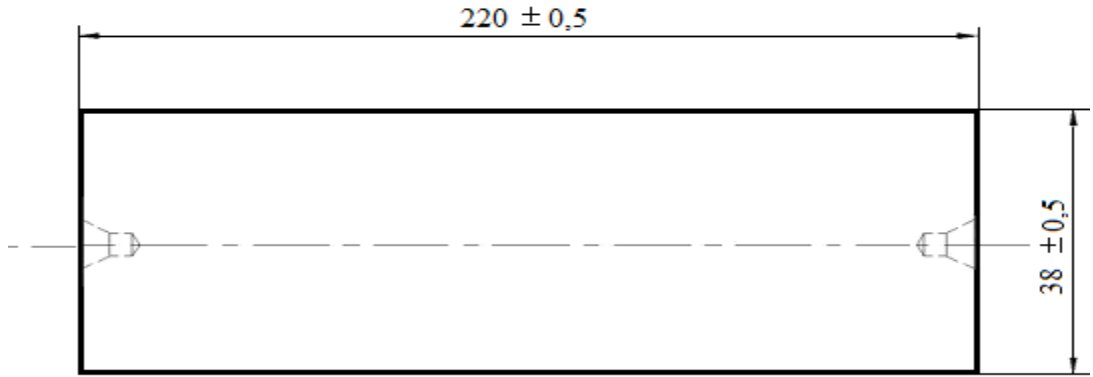
a) 855-900 °C de Normalize edilmiş

b) 870 °C de Normalize edilmiş, 855 °C de yağda su verilmiş ve 650°C de temperlenmiş

4.1.1. Deney numunelerinin hazırlanması

Deneylerde kullanılacak malzeme ISO 3685 standardına önerilen iş parçası kıstaslarına uygun olarak, çap/boy oranı 1/10’u geçmeyecek şekilde hazırlanmıştır.

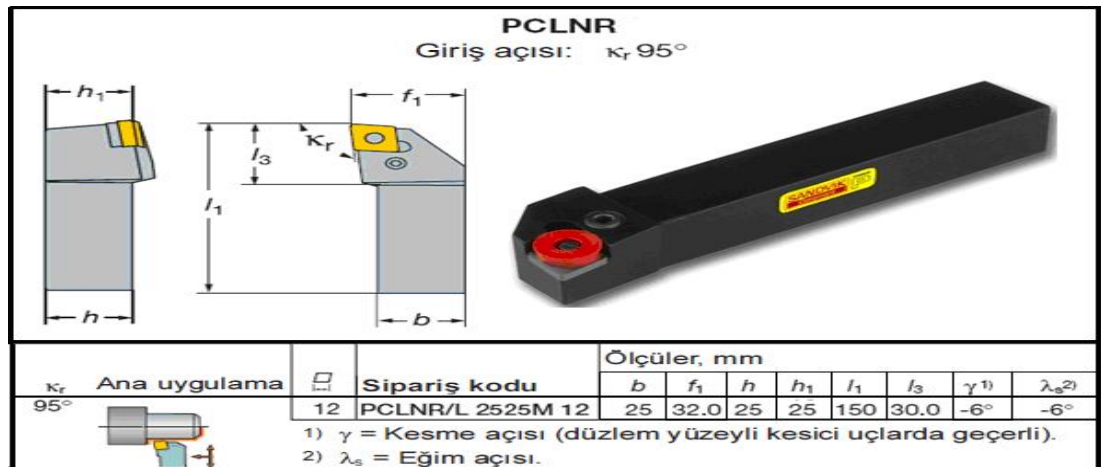
Malzemeler işlenebilirlik deneylerinde kullanılmak üzere universal torna tezgahında, alın yüzeyleri temizlenerek her iki tarafına da punta deliği delinmiş ve silindirik yüzey tornalama işlemi ile Şekil 4.1’de yer alan geometri ve ölçülerde hazırlanmıştır.



Şekil 4.1. İşlenebilirlik deney numunelerinin geometrisi ve ölçüleri

4.2. Takım Tutucular

İşlenebilirlik deneylerinde, takım tutucu ISO 3685’te belirtilen özelliklere ve deneylerin yapılacağı CNC tezgahının takım bağlama başlığı dış çap takım tutucu bağlama yuvasına, dinamometre takım bağlama başlığına uygun olarak seçilmiştir. Bu kapsamda işlenebilirlik deneylerinde “PCLNR 2525M 12” kodlu SANDVİK firmasına ait kesici takım tutucu kullanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan takım tutucunun özellikleri

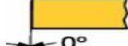
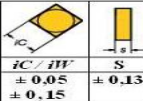
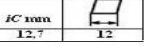
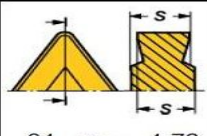
4.3. Kesici Takımlar

İşlenebilirlik deneylerinde SANDVİK firması tarafından üretilen, kaplamalı karbür (GC 4215 kalite), kaplamasız karbür (H13A kalite), kaplamalı sermet (GC 1525 kalite) ve kaplamasız sermet (CT 5015 kalite) olmak üzere 4 farklı kesici takım kullanılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kesici takım kalitelerine göre ISO uygulama alanları ve kaplama özellikleri

Kalite	ISO alan uygulamaları						Kaplama prosedürü ve bileşimi		Kaplama kalınlığı	Renk
	P	M	K	N	S	H				
GC4215	P15		K15			H15	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
H13A			K20	N15	S15	H20				
GC1525	P15	M10					PVD	Ti(C,N)		
CT5015	P10		K05							

Kesici takımların hepsinde üç farklı uç yarıçapı (0,4 – 0,8 – 1,2 mm) kullanılmıştır. Kesici takımların ISO kodları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Kaplamasız sementit karbür takımında negatif temel şekilli QM profilindeki talaş kırıcı şekli kullanılmış, diğer kesici takımlarda ise yine negatif temel şekilli PF profilindeki talaş kırıcı şekli kullanılmıştır. Şekil 4.3. de kullanılan kesici takımların özellikleri verilmiştir. Deneylerde toplam 12 farklı kesici takım kullanılmıştır.

C N M G 12 04 08 - PF											
1 2 3 4 5 6 7 12											
ISO KODU SIRA NO	1	2		3			4	5			
KOD AÇIKLAMASI	KESİCİ UÇUN ŞEKLİ	KESİCİ UÇUN BOŞLUK AÇISI		TOLERANS, Metrik			KESİCİ UÇ TİPİ	KESİCİ UÇ ÖLÇÜSÜ			
ISO KODU	C	N		M			G	12			
ISO KODU DEĞERLERİ				 IC / IH ± 0,05 ± 0,15			 S ± 0,13	 IC mm 12,7 S 12			
ISO KODU SIRA NO	6		7		12						
KOD AÇIKLAMASI	KESİCİ UÇ KALINLIĞI, S		KESİCİ UÇ RADÜSÜ		TALAŞ KIRICI ŞEKLİ						
ISO KODU	04		04/08/12		CNMG - PF			CNMG - QM			
ISO KODU DEĞERLERİ	 04 s = 4.76		 Metrik: 04 = 0.4 08 = 0.8 12 = 1.2								

Şekil 4.3. Kullanılan kesici takımların geometrileri ve boyutları

Çizelge 4.5. Kesici takımların ISO kodları

	Uç Yarıçapı 0,4mm	Uç Yarıçapı 0,8mm	Uç Yarıçapı 1,2 mm
Kaplamalı Karbür	CNMG120404 - PF	CNMG120408 - PF	CNMG120412 - PF
Kaplamasız Karbür	CNMG120404 - QM	CNMG120408 - QM	CNMG120412 - QM
Kaplamalı Sermet	CNMG120404 - PF	CNMG120408 - PF	CNMG120412 - PF
Kaplamasız Sermet	CNMG120404 - PF	CNMG120408 - PF	CNMG120412 - PF

4.4. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgahı

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı CNC Atölyesinde bulunan “Johnford TC-35” sanayi tipi CNC torna tezgahında yapılmıştır. Deneylerde kullanılan CNC Torna tezgahının teknik özellikleri Çizelge 4.6’de, görünüşü Şekil 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. CNC torna tezgahı özellikleri

Markası	Fohnford TC-35
İş mili en fazla döndürme çapı	450 mm
İş parçası maksimum bağlama uzunluğu	1200 mm
Devir sayısı aralığı	10 – 3500 dev/dak
Kesici istasyon sayısı	1 Adet
İş mili gücü	12 kW
Kumanda sistemi	Fanuc OT



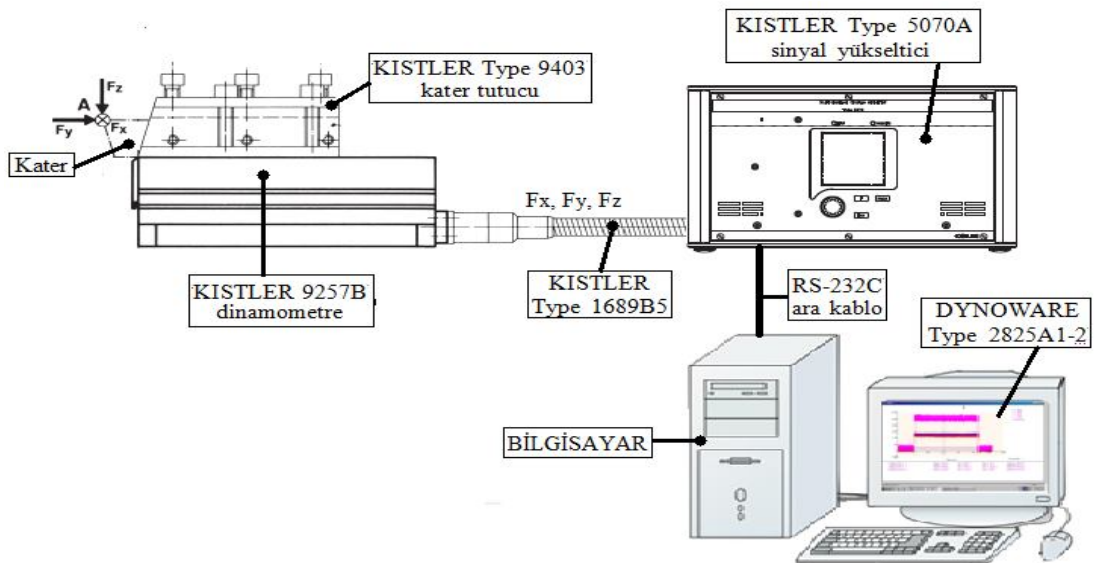
Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan CNC torna tezgahı.

4.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Talaş kaldırma esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni olan; esas kesme kuvveti F_z (F_c), ilerleme kuvveti F_x (F_f) ve radyal (pasif) kuvveti F_y (F_r) ölçebilen gerinim ölçme esasına dayalı, “KISTLER Type 9257B” tipi dinamometre kullanılmıştır. Dinamometreye “KISTLER Type 9403” kater tutucu bağlanmıştır. Dinamometreden alınan değerler “KISTLER Type 1689B5” kablo ile “KISTLER Type 5070A” sinyal yükselticiye (Multichannel Charge Amplifier) bağlanmış ve kesme kuvvetleri “RS-232C” ara kablo ile bilgisayara gönderilerek “DYNOWARE Type 2825A1-2” programı ile grafikler elde edilmiştir. Dinamometre ile ilgili teknik özellikler Çizelge 4.7’de, deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 4.5’de, deney düzeneğinin görünüşü ise Şekil 4.6 de verilmiştir.

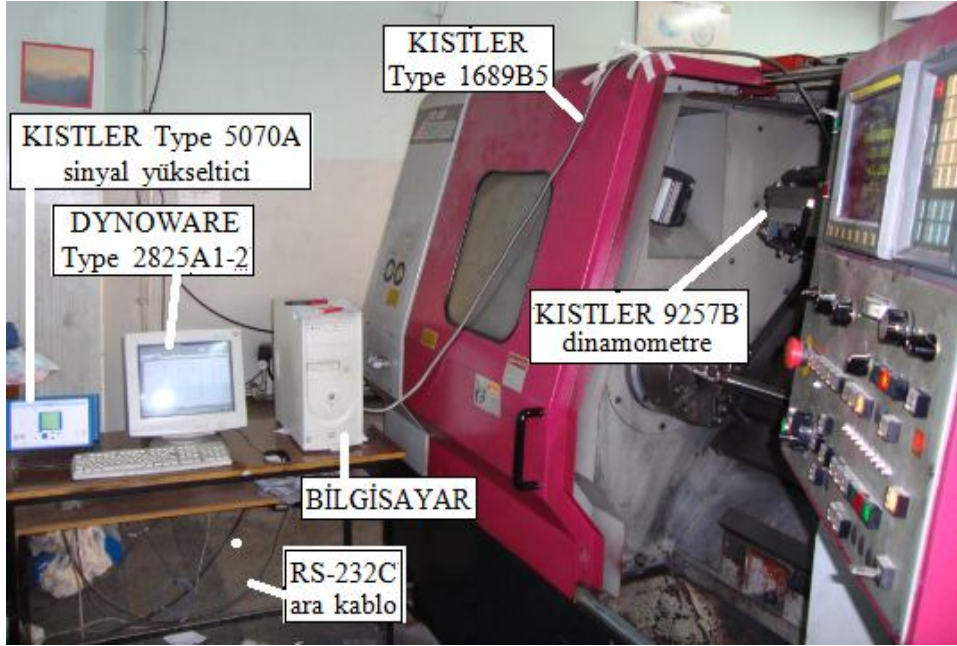
Çizelge 4.7. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri

Kuvvet aralığı (F_x, F_y, F_z)	-5...10 kN	Çalışma sıcaklığı	0...70°C
Tepki verme	<0.01 N	Kapasitans	220 pF
Hassasiyet F_x, F_y	-7.5 pC/N	20°C’deki yalıtım direnci	> $10^{13} \Omega$
Hassasiyet F_z	-3.7 pC/N	Topraklama yalıtımı	> $10^8 \Omega$
Doğal frekans f_0 (x,y,z)	3.5 kHz	Ağırlık	7.3 kg

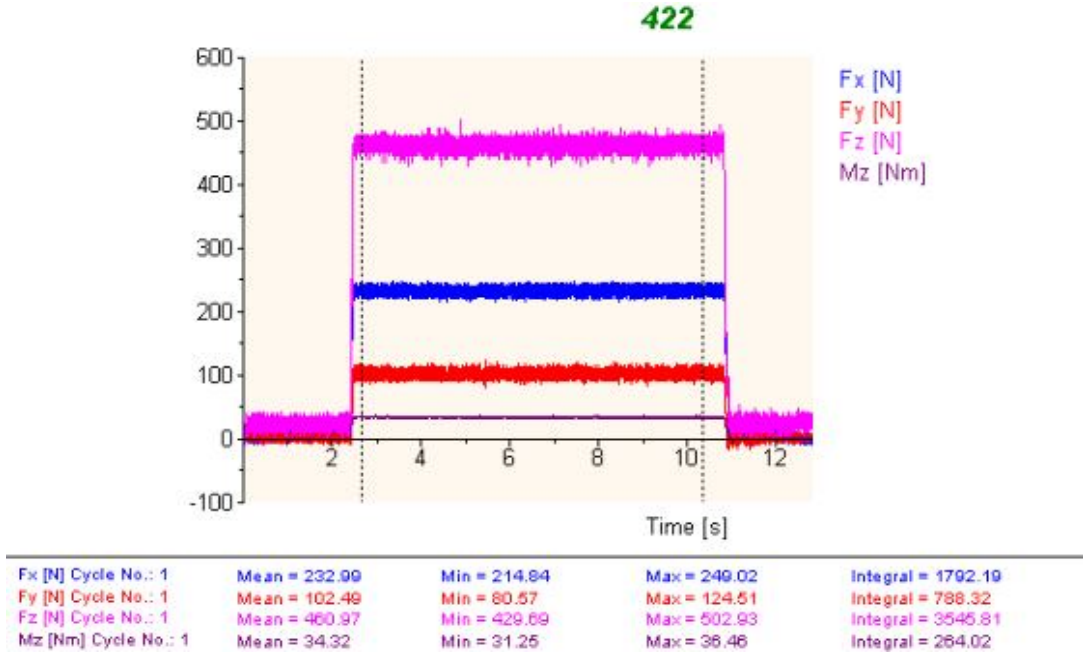


Şekil 4.5. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Deneyleerde elde edilen değerler, DynoWare programı tarafından Newton cinsinden hesaplanıp ortalaması alınarak, esas kesme kuvveti F_z (F_c), ilerleme kuvveti F_x (F_f) ve radyal (Pasif) kuvvet F_y (F_r) belirlenmiştir (şekil 4.7).



şekil 4.6. Deney düzeneğinin görünüşü

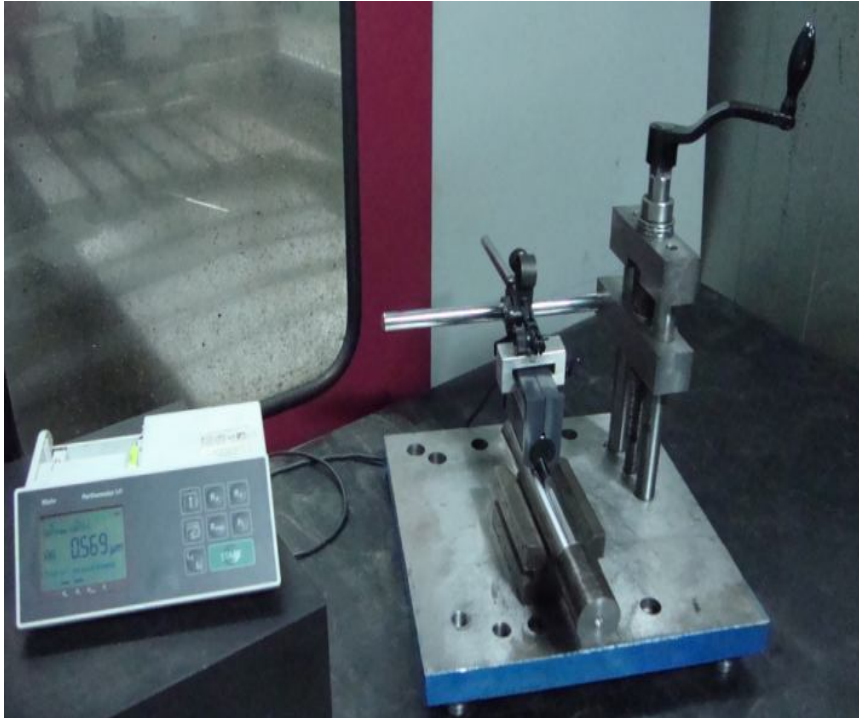


şekil 4.7. Dyno Ware programı ile ölçülen kuvvet grafiği

4.6. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer marka M1 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmış olup, bu cihazın özellikleri Çizelge 4.8’de, görünümü ise Şekil 4.8’de verilmiştir. Her deneyin sonunda boyuna tornalamanın yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler iş parçası eksenine paralel olacak şekilde, iş parçası kendi eksenine etrafında yaklaşık 120° döndürülerek bütün deneyler için yüzeyden 3 ölçüm değeri alınarak yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri bu üç değer aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

Ölçümlerde, yüzeydeki girinti ve çıkıntıların toplam alanlarının eşit olduğu düzlemi referans kabul ederek bu düzleme göre üstte ve altta kalan alanların eşit olduğu ikinci bir düzleme olan uzaklığın ölçüldüğü ortalama yüzey pürüzlülük değeri olan “Ra” ölçümü dikkate alınmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir.



Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük cihazının görünümü

Çizelge 4.8. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri

MODEL	Perthometer M1 (Mahr)
Ölçme hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Ölçme kuvveti	0.7 mN
Uç malzemesi	Elmas
Kesme uzunluğu	0.8 mm
Örnekleme uzunluğu	1,75–5,6–12,5 mm

4.7. İşleme Parametreleri

Tüm işlenebilirlik deneyleri, 4 farklı kesici takım, 3 farklı kesici uç yarıçapı, 5 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı kesme derinliğinde kuru işleme şartlarında gerçekleştirilmiştir. $4 \times 3 \times 3 \times 3 \times 5 = 540$ deney tam faktöriyel deney tertibine göre yapılmıştır. Kullanılan deney değişkenleri Çizelge 4.9’ de belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Deneylerde kullanılan kesici takıma göre işleme parametreleri

KESİCİ TAKIM	Uç Yarıçapları (r) mm	Talaş Derinliği (a) mm	İlerleme (f) mm/dev	Kesme Hızı (V) mm/dak
Kaplamalı Karbür	0,4 – 0,8 – 1,2	0,5 – 1 – 1,5	$0,12 - 0,16 - 0,20$	150, 200, 250, 300, 350
Kaplamasız Karbür	0,4 – 0,8 – 1,2	0,5 – 1 – 1,5	$0,12 - 0,16 - 0,20$	150, 200, 250, 300, 350
Kaplamalı Sermet	0,4 – 0,8 – 1,2	0,5 – 1 – 1,5	$0,12 - 0,16 - 0,20$	150, 175, 200, 225, 250
Kaplamasız Sermet	0,4 – 0,8 – 1,2	0,5 – 1 – 1,5	$0,12 - 0,16 - 0,20$	150, 175, 200, 225, 250

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneylerde işleme parametrelerinin ve değişkenlerinin (kesici takım tür, uç yarıçapı, kesme hız, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin) yüzey pürüzlülüğü, esas kesme kuvveti, takım aşınması ve talaş oluşumuna etkileri incelenmiştir.

Her deneye yeni kullanılmamış kesici takım ile başlanılmıştır. Deneylerde bütün kesici takımlarla 3500 mm³ hacminde talaş kaldırılmıştır. Takım kırılmalarının gerçekleştiği işleme şartlarında ortaya çıkan yüzey pürüzlülük ve esas kesme kuvveti değeri ise takım kırılması gerçekleşmeden önce ortaya çıkan sonuçlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak 3 boyutlu grafikler elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Elde edilen kesme kuvvetleri (F_c , F_f , F_r) ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a) EK - 1 de, talaş şekilleri ise EK – 2’de verilmiştir.

5.1. Kesme Hızı, İlerleme Hızı ve Kesici Takım Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Talaşlı imalat uygulamalarında işlenebilirliğin önemli bir ölçütü yüzey kalitesidir. Yüzey pürüzlülüğü birbirinden bağımsız şartlar altında değerlendirilmektedir [70]. Yüzey pürüzlülüğünün; öncelikli olarak kesme hızına, ilerlemeye ve talaş derinliğine bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir [65,70]. Literatürde birçok çalışmada yüzey pürüzlülüğünde ilerleme miktarının etkisinin kesme hızı ve kesme derinliğinin etkisinden daha belirgin olduğu rapor edilmiştir [91].

Kesme hızının arttırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde genel olarak belli bir kesme hızı değerine kadar azalma meydana gelmektedir. Bu durum, yüksek hızlarda artan sıcaklığa bağlı olarak, deformasyon işleminin kolaylaşması, iş parçası malzemesinin, kesici kenar ve uç yarıçapı çevresinde rahat bir şekilde deforme edilmesi ve bu yüksek sıcaklıklarda oluşan akma bölgesine bağlı olarak açıklanabilir [65, 70, 80]. Ayrıca sıcaklık artışı ile BUE’nin dayanımı azalır. Dolayısıyla, BUE daha kararsız

hale gelir ve kesici takımdan daha sık bir periyotta ayrılır. BUE oluşma ve kesici takımdan ayrılma süresi kısaldığı için büyüklüğü de azalır ve dolayısıyla daha az pürüzlü bir yüzeye neden olur [62]. Kesme hızının belli bir değerden sonra artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde kötüleşmenin sebebi ise, yüksek kesme hızlarında meydana gelen takım aşınmasından kaynaklanan bir durum olduğu düşünülmektedir [53].

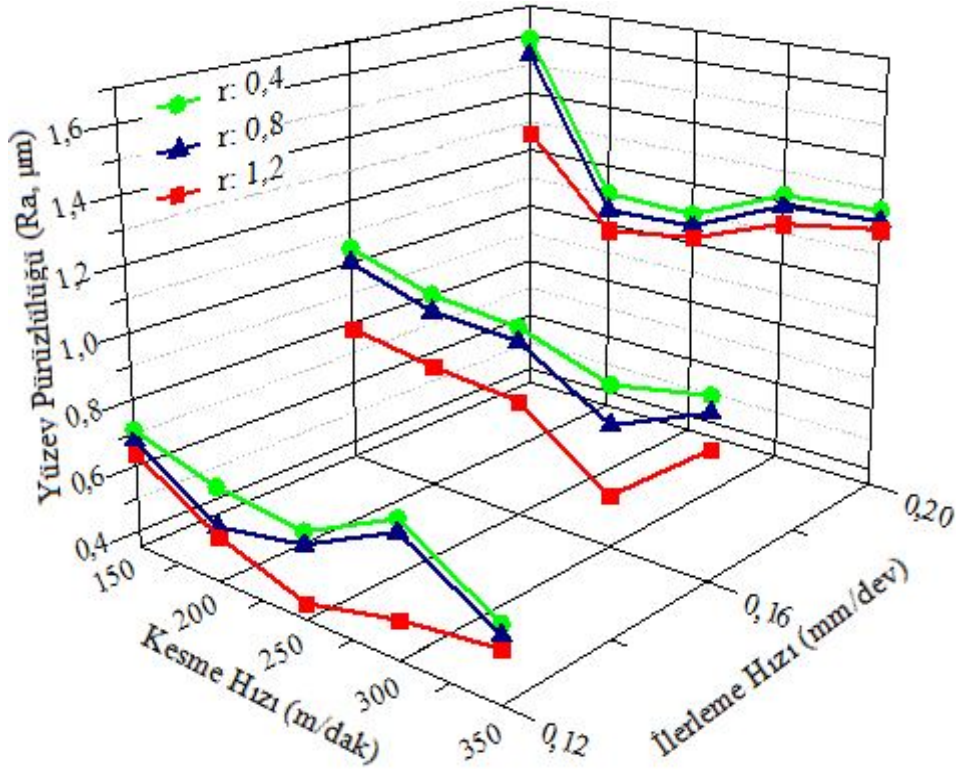
İlerleme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde sürekli bir artış meydana gelmektedir. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir [9, 10, 27, 53, 57]. Yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için, kesme hızının arttırılmasından sonra ilerleme değerlerinin düşürülmesi diğer yaygın bir uygulamadır [5, 65, 66].

Ayrıca kesici takım uç yarıçapının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde düzenli bir azalma meydana gelirken ilerleme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde düzenli bir artış meydana gelmesi beklenen bir özellik olup, uç yarıçapının ve ilerlemenin değişimi ile yüzey pürüzlülüğündeki değişim 3.25 ve 3.26 'daki formüller ile teorik olarak açıklanmıştır.

5.1.1. Kaplamalı karbür takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.1'de kaplamalı karbür takım ile 0,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Şekil 5.1' deki grafikte en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,398 μm ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takım ile 0,12 mm/dev ilerleme ve 250 m/dak kesme hızında meydana gelmiştir. En büyük yüzey pürüzlülük değeri ise 1,587 μm ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme ve 150 m/dak kesme hızında meydana gelmiştir.



Şekil 5.1. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının 250 m/dak'ya kadar çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde azalma olurken 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında bu azalma 200 m/dak kesme hızına kadar devam etmiştir. Bu değerlerden itibaren kesme hızının artışı ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında yüzey pürüzlülüğünde devamlı bir artış meydana gelirken 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının 300 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde bir artış olmuş devamında ise kesme hızının 350 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde tekrar azalma meydana gelmiştir (Şekil 5.1). Yüzey pürüzlülüğündeki bu dalgalanma özellikle 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 250 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında sürekli talaş meydana gelirken 300 m/dak kesme hızında kesintili talaş meydana gelmesiyle açıklanabilir. Çünkü; kesintili talaş oluşumunda talaş parçanın işlenmemiş kısmından kopar ve bu bir biri ardına meydana gelen kırılmalar sonucu kötü bir iş parçası yüzeyi elde edilebilirken, sürekli talaşta ise çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir [1].

0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile kesici takımların tümünde 300 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüklerinde azalma olmuştur. Bu değerden sonra kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde artış meydana gelmiştir. Belli bir kesme hızı değerine kadar yüzey pürüzlülüğünün azalıp devamında kesme hızı değerine paralel olarak yüzey pürüzlülüğündeki artış literatürde bahsedildiği gibi beklenen bir gelişmedir [53, 56, 62] (Şekil 5.1).

0,20 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının değiştirilmesi ile 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının 200 m/dak'ya kadar çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelirken 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında bu durum 250 m/dak kesme hızına kadar devam etmiştir. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda yüzey pürüzlülüklerin 0,4 mm uç yarıçaplı takıma göre daha önce kötüleşmeye başlamasının nedeni ise artan kesici takım uç yarıçapına bağlı olarak kesme kuvvetlerinde meydana gelen artıştan kaynaklanan titreşimin sebep olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.1). Çünkü; burun yarıçap değeri arttıkça titreşim eğilimi artmaktadır [3]. Ayrıca kesici uç üzerinde meydana gelen esas kesme kuvveti de artış sergilemektedir, titreşimin azaltılması için oluşan kesme kuvvetleri azaltılmalıdır [1]. Ve titreşim talaşlı imalatla yüzey pürüzlülüğünün olumsuz etkilemektedir, titreşimi engellemek için kesici takım uç yarıçapı azaltılabilir [66].

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 300 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,508 μm 'den 1,129 μm 'ye çıkmasıyla %122,09 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.1).

Kesme hızının değişmesiyle yüzey pürüzlülüğünde en önemli değişim 1,2 mm yarıçapına sahip kesici takımında 0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 300 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,508 μm 'den 0,744 μm 'ye artması ile %44,36 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.1).

Kesici uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en önemli değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızı ve 300 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,708 μm 'den 0,465 μm 'ye düşmesiyle %34,39 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.1).

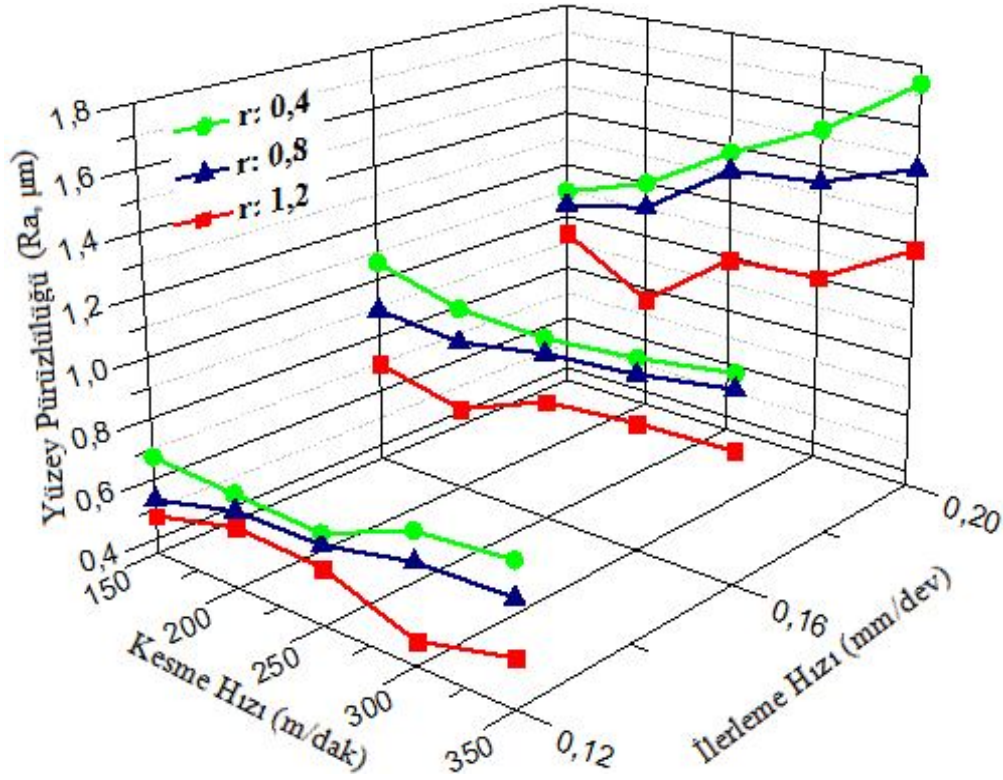
Şekil 5.2'de kaplamalı karbür takım ile 1 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Şekil 5.2'deki grafikde görüldüğü gibi en düşük yüzey pürüzlülük değeri; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 300 m/dak kesme hızında ve 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,428 μm olarak meydana gelmiştir. En büyük yüzey pürüzlülüğü ise; 1,741 μm ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızı ve 350 m/dak kesme hızında meydana gelmiştir.

Şekil 5.2'deki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda kesme hızının 250 m/dak'ya kadar artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelirken bu değerden itibaren kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerinde artışlar meydana gelmiştir. 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde sürekli artış meydana gelmiştir. 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise kesme hızının artırılması ile 200 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülüğü artmış devamında ise kesme hızının 300 m/dak'ya kadar artırılması ile yüzey pürüzlülük değerinde azalma meydana gelmiştir.

0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 300 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan itibaren kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmiştir. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda ise kesme hızının 200 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülükleri azalmış devamında ise kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüklerinde artış meydana gelmiştir (Şekil 5.2). Bu durum literatürde belirtildiği gibi artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü belli bir noktaya kadar

azalmakta ancak kesme hızının bu değerden sonra artması ile yüzey pürüzlülük değerinde artış gözlenmektedir [53, 56, 62].



Şekil 5.2. 1 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,20 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının artışı ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde herhangi bir azalma olmadan, sürekli artış olduğu görülmektedir. 1,2 mm uç yarıçaplı takımda ise kesme hızı değeri 150 m/dak'dan 200 m/dak çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelirken devamında kesme hızı artışı ile birlikte yüzey pürüzlülüğünde artış olmuştur. 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip takımlarda kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma olmaması ise uç radüsünden dolayı kesici takım kesit alanı düşmesidir (Şekil 5.2). Çünkü; kesici takım uç yarıçapının düşmesi ile birim kenar uzunluğu başına yüksek basınç ve yüksek ısı oluşmaktadır [67]. Basınç ve sıcaklığın artması kesici takımda plastik deformasyon meydana getirmiştir. Literatürde bahsedildiği gibi kesici takım aşınması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca bu durumun 0,16 mm/dev

ilerleme hızında meydana gelmemesi ise; ilerleme miktarı arttıkça, takım – talaş kesit sıcaklığı ve takım – talaş temas alanına düşen kesme kuvveti artmakta ve takım ömrünün azalması ile açıklanabilir [102].

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğünüzdeki en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 300 m/dak kesme hızında ilerleme hızın 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,429 μm 'den 0,778 μm 'ye çıkmasıyla %81,49 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.2).

Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımla 0,12 ilerleme hızında kesme hızının 250 m/dak'dan 300 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,534 μm 'den 0,428 μm 'ye düşmesiyle %24,57 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.2).

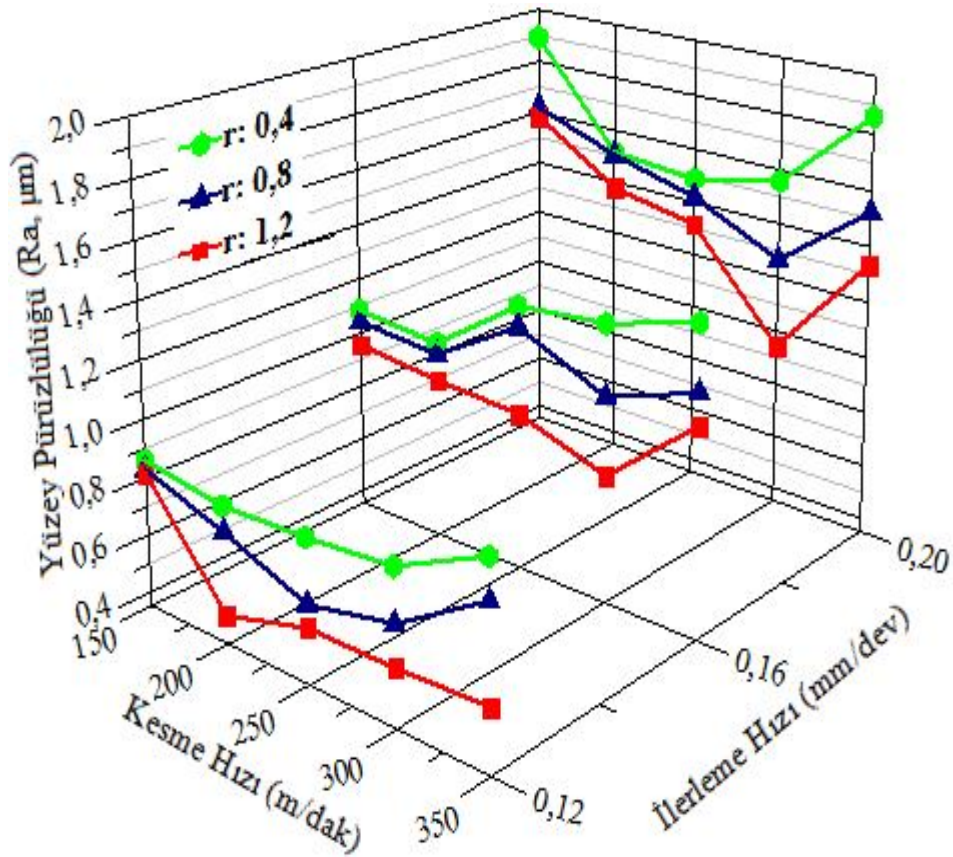
Kesici takım radüsünün değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 300 m/dak kesme hızı ve 0,12 mm/dev ilerleme hızında uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması esnasında yüzey pürüzlülüğünün 0,671 μm 'den 0,428 μm 'ye düşmesi ile %36,31 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.2).

Şekil 5.3'de kaplamalı karbür takım ile 1,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Şekil 5,3'deki grafikte görüldüğü üzere en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,12 mm/dev ilerleme ve 200 m/dak kesme hızında 0,447 μm olarak meydana gelmiş. En yüksek yüzey pürüzlülüğü ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme ve 150 m/dak kesme hızında 1,892 μm oluşmuştur.

Şekil 5.3'deki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının 200 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelirken, 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici

takımda bu durum 250 m/dak kesme hızına kadar devam etmiştir. Bu değerlerden sonra kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmeye başlamıştır. Kesici uç yarıçapları dikkate alındığında farklı uç yarıçaplarına sahip takımların farklı kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü minimum seviye inmiştir (Şekil 5.3). Bu durum düşük ilerleme hızlarında oluşan dolaşık talaşın, kontrol edilememesinden dolayı işlenen yüzeyi bozabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [73, 77].



Şekil 5.3. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı karbür takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda yüzey pürüzlülük değerleri 300 m/dak'da minimum seviyeye ulaşırken 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda bu durum 200 m/dak'da meydana gelmiştir. Bu durumun sebebi ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda yığma talaş oluşumunun diğer kesici takımlara göre erken sonlanması kaynaklanmaktadır

(Şekil 5.3). Bilindiği gibi BUE oluşumu yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir [62]. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda BUE oluşumun erken sonlanmasının sebebi düşük uç yarıçapı değeridir. Uç yarıçapı değerinin azaltılması ile birim alana düşen ısı miktarı artmaktadır [67]. Kesici takım uç yarıçapındaki ısı artışı ile BUE oluşumunun önüne geçilebilmektedir [62].

0,20 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda 300 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma oluşurken bu noktadan sonra yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmiştir. 0,4 mm uç yarıçapına sahip takımda ise bu durum 250 m/dak kesme hızında oluşmuştur. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda yüzey pürüzlülüğünün artışının daha erken meydana gelmesi ise kesici takım uç yarıçapının düşürülmesi ile kesici takımın darbe dayanımının düşmesinden dolayı başlayan plastik deformasyondur (Şekil 5.3). Kesici takımdaki plastik deformasyonu engellemek için kesici takım uç radüsü artırılmalıdır [66].

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğünüzdeki en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 200 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması yüzey pürüzlülüğünün 0,447 μm 'den 0,923 μm 'ye çıkmasıyla %106,18 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.3).

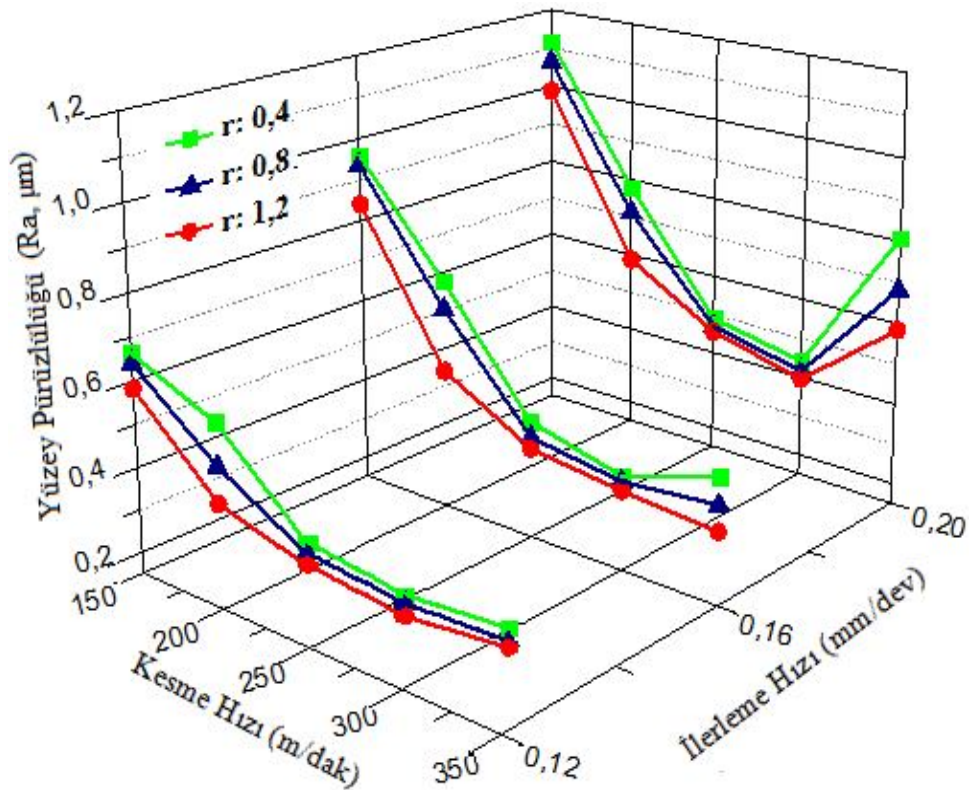
Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda kesme hızının 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,814 μm 'den 0,447 μm 'ye düşmesiyle %45,04 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.3).

Uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızında, 200 m/dak kesme hızında uç radüsünün 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğü 0,732 μm 'den 0,447 düşmesiyle % 61,12 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.3).

5.1.2. Kaplamasız karbür kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Deneyler esnasında bütün kesici takım malzemeleri göz önüne alındığında sadece kaplamasız karbür takımında uç kırılmaları meydana gelmiştir. Bu nedenle daha önce bahsettiğimiz üzere kesici takım uç kırılmalarının meydana geldiği deneylerde yüzey pürüzlülük ölçümleri kırılma gerçekleşmeden önce oluşan yüzey dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Şekil 5.4’de kaplamasız karbür takım ile 0,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir



Şekil 5.4. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.4’ deki grafikte görüldüğü üzere en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm uç yarıçaplı kesici takımla işlemede, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 300 m/dak kesme

hızında 0,298 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 1,116 μm olmuştur.

0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile bütün kesici takım tiplerinde yüzey pürüzlülük değerleri kararlı bir şekilde 300 m/dak kesme hızına kadar bir azalma olurken kesme hızının 350 m/dak olması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana gelmiştir (Şekil 5.4). Bu durum literatürde belirtildiği gibi artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü belli bir noktaya kadar azalmakta ancak kesme hızının bu değerden sonra artması ile yüzey pürüzlülük değerinde artış meydana gelmektedir [53, 56].

0,16 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında kesme hızının artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğün de sürekli bir azalma mevcutken 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızı 300 m/dak' ya kadar çıkarıldığın yüzey pürüzlülüğü azalma meydana gelirken bu noktadan sonra yüzey pürüzlülük değeri artış göstermeye başlamıştır (Şekil 5.4). Bu durumun sebebi 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçaplı kesici takımında 350 m/dak kesme hızında meydana gelen uç kırılmalarıdır. Uç kırılması bütün aşınma tiplerinin sonudur. Buna paralel olarak da kesici takım aşınması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir [66].

0,20 mm/dev ilerleme hızında bütün kesici takımlarda 300 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde sürekli azalma mevcutken bu noktadan itibaren yüzey pürüzlülük değerinde artış meydana gelmeye başlamıştır. Bu artışın sebebi aşınma sonucu meydana gelen kesici takım kırılmalarıdır (Şekil 5.4). Çünkü kesme hızının belli bir değerden sonra artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde kötüleşmenin sebebi ise, yüksek kesme hızlarında meydana gelen takım aşınmasından kaynaklanan bir durumdur [53].

0,16 mm/dev ve 0,20 mm/dev ilerleme hızlarında 150 m/dak kesme hızından 250 m/dak kesme hızına kadar kesme hızı değerinin artırılması ile yüzey

pürüzlülüklerinde hızlı bir azalma meydana gelmektedir. Bu azalma sebebi özellikle 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçaplı takımlarda işlenen yüzeyde meydana gelen tırlamadır. Tırlama yüzeyi olumsuz yönde etkilemektir ve işleme esnasında meydana gelen titreşimin bir sonucudur [3]. Kesme hızının artması ile belli bir değere kadar tırlama meydana gelmesiyle beraber yüzey pürüzlülük değerlerinin azalması ise artan kesme hızına bağlı olarak artan sıcaklık olduğu düşünülmektedir. Çünkü artan sıcaklık ile talaş kaldırma işlemi daha kolay olacağı için meydana gelen kesme kuvvetlerinde de azalma olmuştur. Kuvvetin azalmasına paralel olarak meydana gelen titreşimin frekans büyüklüğünde de azalma olduğu ve yüzeyi olumlu etkilediği düşünülmektedir. 0,4 mm uç yarıçaplı takımda tırlama meydana gelmemesini nedeni ise, titreşim kesme kuvvetlerin etkisi ile ortaya çıkan bir durumdur ve kesici takım uç yarıçapı azaltılarak kesme kuvvetleri azalmaktadır [3]. Buna bağlı olarak titreşimi engellemek için daha küçük bir köşe radüsü seçilmelidir [66].

İlerleme hızının arttırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli değişim, 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 350 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,322 μm 'den 0,584 μm 'ye artmasıyla %81,36 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.4).

Kesme hızının arttırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en büyük değişim 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 300 m/dak'dan 350 m/dak çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,442 μm 'den 0,807 μm 'ye çıkmasıyla %82,59 olarak meydana gelmiştir (Şekil 5.4).

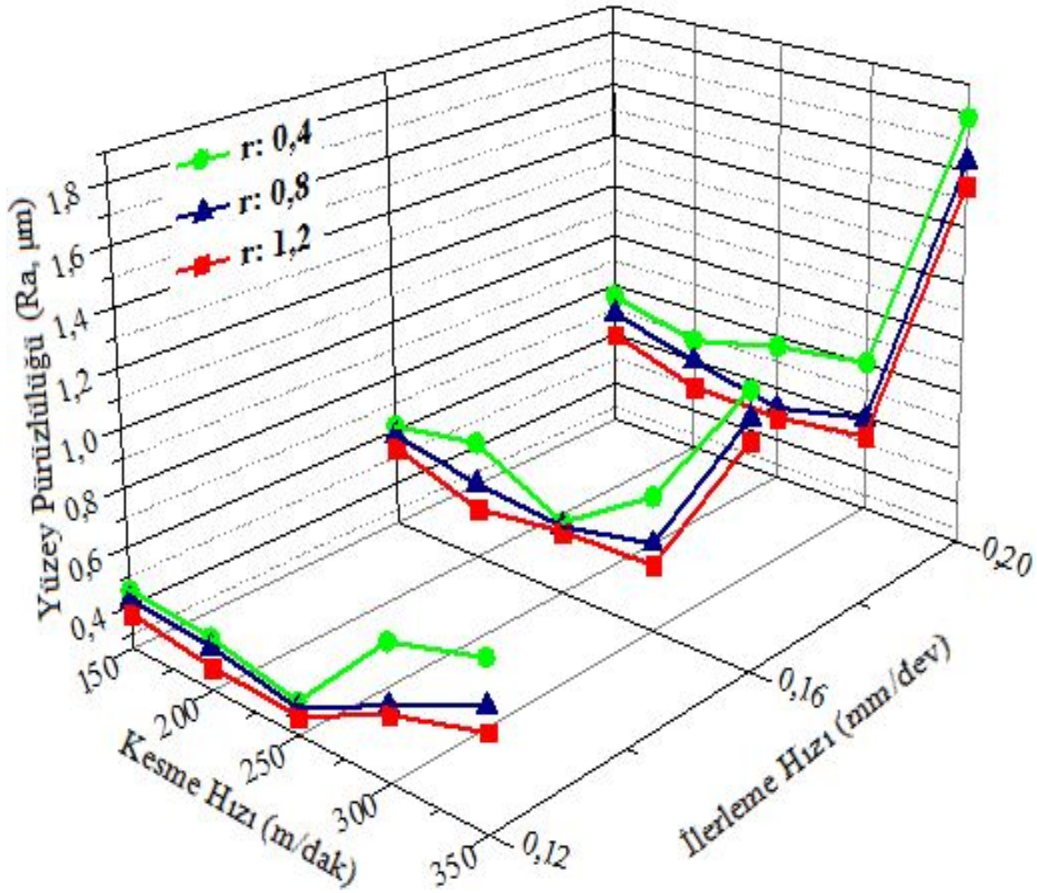
Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim % 23,77 ile 0,16 mm/dev ilerleme hızında 200 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,639 μm 'den 0,487'ye inmesiyle meydana gelmiştir (Şekil 5.4).

Şekil 5.5’de kaplamasız karbür takım ile 1 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5.5’de meydana gelen uç kırılmaları: 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 250 m/dak ve üzeri bütün kesme hızlarında bütün ilerleme değerlerinde (0,12 – 0,16 – 0,20 mm/dev), 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 300 ve 350 m/dak kesme hızlarında bütün ilerleme değerlerinde, 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 300 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede ve 350 m/dak kesme hızında bütün ilerleme hızlarında meydana gelmiştir. Bu durum kesici takım uç yarıçapının artırılması ile aşınmaya bağlı uç kırılmalarının engellenebildiğini göstermektedir. Çünkü daha büyük köşe radüsü kesme işlemini uzun bir kenar boyunca dağıtır ve böylelikle daha iyi bir takım ömrü sağlar, ayrıca büyük köşe radüsü ile ısının sistemden uzaklaştırılması çok daha kolaydır bundan dolayı ısıl gerilmelerden doğan tahribat daha azdır [3].

Şekil 5.5’deki grafikte görüldüğü üzere kaplamasız karbür ile 1 mm talaş derinliğinde işlemede en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takımla işlemede 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 0,314 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 350 m/dak kesme hızında 1,784 μm olmuştur.

0,12 mm/dev ilerleme hızında bütün kesici takımlarda kesme hızı 250 m/dak’ya kadar çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğü azalırken bu noktadan itibaren kesme hızı değerinin artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinde de artış meydana gelmiştir. Yüzey pürüzlülüğünde artış miktarı 0,4 mm uç yarıçaplı kesicide daha fazla meydana gelmektedir. Bu durum uç yarıçapı düşük olan kesici takımların uç yarıçapı büyük olan kesici takımlara göre daha çabuk aşındığının bir göstergesidir (Şekil 5.5)



Şekil 5.5. 1 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına kesici takımlarda kesme hızı 250 m/dak'ya çıkıncaya kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma mevcutken bu noktadan sonra yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana gelmiştir. 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımında bu olay 300 m/dak kesme hızından sonra meydana gelmeye başlamıştır. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda sözü geçen kesme hızlarında yanak aşınması ve çentik aşınması değerlerinde artışlar olurken 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında ise aşınmanın bir üst noktası olan kırılma meydana gelmiştir (Şekil 5.5). Kesme hızının artırılması ile aşınma miktarının artması ve yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemesi beklenen bir özellik olup Tekaslan ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile paralellik göstermektedir [53].

0,20 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımlarda kesme hızı 250 m/dak'ya kadar artırıldığında yüzey pürüzlülüklerinde azalma

gözükmesine rağmen kesici takımlarda yanak aşınması dikkate alındığında aşınma son noktasına gelmiştir. Kesme hızı değerinin 300 m/dak'ya çıkarılmasıyla birlik de takım kırılmaları başlamıştır. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında takım kırılması 250 m/dak kesme hızında meydana gelmeye başlamıştır (Şekil 5.5).

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 350 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,566 μm 'den 1,026 μm 'ye yükselmesiyle %81,27 olmuştur (Şekil 5.5).

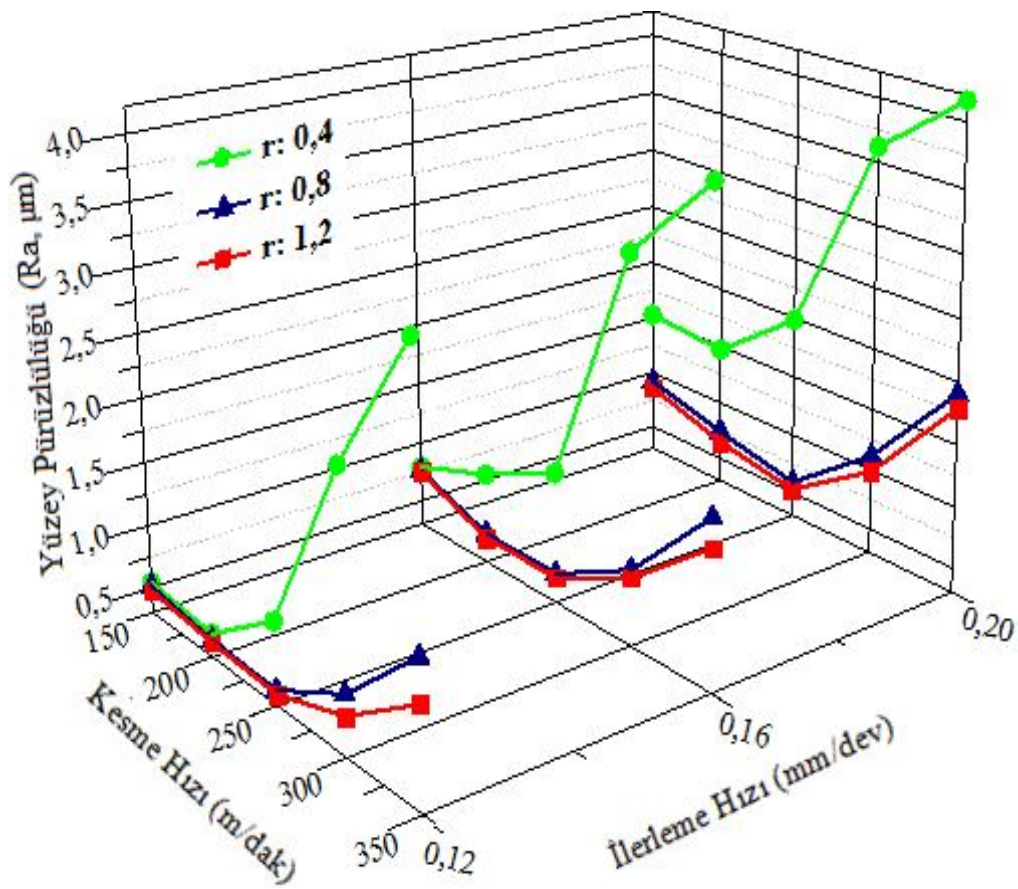
Kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,20 mm/dev ilerlemede kesme hızının 300 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,526 μm 'den 1,546 μm 'ye çıkmasıyla %93,54 olmuştur (Şekil 5.5).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim %31,27 olarak 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,761 μm 'den 0,523 μm 'ye düşmesiyle oluşmuştur (Şekil 5.5).

Önemli diğer bir husus ise 0,5 mm talaş derinliğinde (Şekil 5.4) meydana gelen tırlamanın 1 mm talaş derinliğinde (Şekil 5.5) meydana gelmemesidir. Bunun nedeni artan talaş derinliğidir. Çünkü küçük talaş derinliği kesici takımın talaşı kesmeyip ezmesine yada talaşı darbeli kesmesine sebebiyet vererek kötü bir yüzey kalitesine neden olmaktadır [3, 67]. Ayrıca küçük talaş derinlikleri değişken kesme kuvvetlerine ve titreşime sebebiyet vermektedir [66].

Şekil 5.6'de kaplamasız karbür takım ile 1,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5.6'da meydana gelen uç kırılmaları: 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 200 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede ve 250 m/dak kesme hızı ve üzeri bütün kesme hızlarında bütün ilerleme değerlerinde (0,12 – 0,16 – 0,20 mm/dev), 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 250 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede ve 300 – 350 m/dak kesme hızlarında bütün ilerleme değerlerinde, 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici 300 – 350 m/dak kesme hızlarında bütün ilerleme değerlerinde meydana gelmiştir.



Şekil 5.6. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız karbür takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.6' da en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takım ile işlemede 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 0,384 µm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 350 m/dak kesme hızında 4,159 µm olmuştur.

Şekil 5.6'daki grafikte 0,12 ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 200 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğü azalmış, bu noktadan sonra takım aşınmasının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmaya başlamıştır. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlar da ise bu durum 250 m/dak kesme hızında meydana gelmiştir. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında yüzey pürüzlülüklerinde hızlı artış kesici takımında çok hızlı meydana gelen takım aşınmaları ve bunun sonucu oluşan takım kırılmalarıdır.

0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına kesici takımında ise kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünde hiç azalma olmadan sürekli artış meydana gelmiştir. Bu durumun sebebi en düşük kesme hızında (150 m/dak) kesici takımında aşınmanın hızlı bir şekilde meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 5.6).

0,20 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında kesme hızının artışı ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde çok hızlı artışlar gözükmemektedir. Bu durumun sebebi 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında çok hızlı bir şekilde meydana gelen takım aşınması ve aşınma sonucu meydana gelen takım kırılmalarıdır. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda ise BUE oluşumu ve takım aşınma mekanizmaları benzer şekilde meydana geldiği için yüzey pürüzlülük değerleri birbirlerine yakınlık göstermektedir. Fakat bu kesici takımlarda da kesme hızının artışı ile birlik de takım kırılmaları meydana geldiği için yüzey pürüzlülük değerleri de birbirlerinden uzaklaşmaya başlamıştır bu durum kesici takım kesit alanının takım kırılmalarında etkin bir rol oynadığının göstermektedir (Şekil 5.6).

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 0,4 mm uç yarıçapına kesici takımında 200 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev' den 0,16 mm/dev' e çıkarılmasıyla pürüzlülüğünün 0,483 μm 'den 1,030 μm 'ye çıkmasıyla %113,25'lik artış ile gerçekleşmiştir (Şekil 5.6).

Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımında 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 250

m/dak' dan 300 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,936 μm 'den 2,379 μm ' ye artması ile %154,07 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.6).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,16 mm/dev ilerleme hızında 300 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 3,293 μm 'den 0,901 μm 'ye düşmesi ile %72,64 olmuştur.

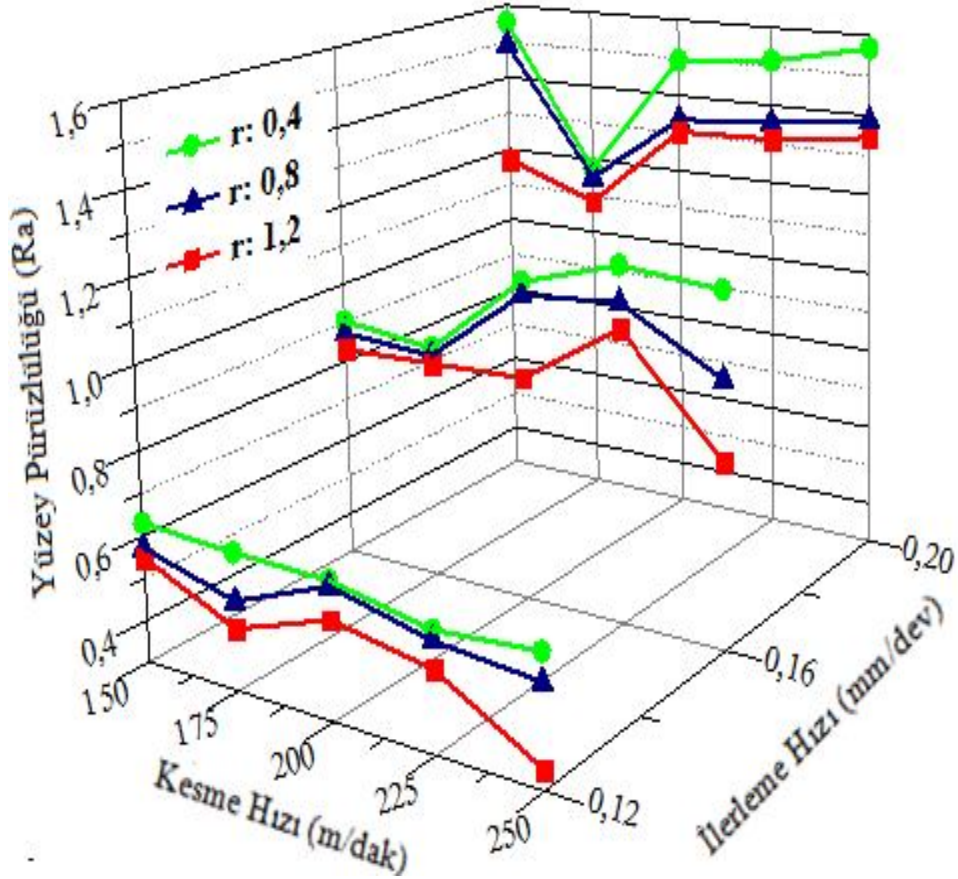
5.1.3. Kaplamalı sermet kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.7'de kaplamalı sermet takım ile 0,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Şekil 5.7.' de en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takımla işlemede, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 0,345 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 1,568 μm olmuştur.

Şekil 5.7'de 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 225 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan itibaren artış meydana gelmiştir. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımda ise kesme hızının 175 m/dak' dan 200 m/dak çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmesiyle beraber bu 200 m/dak kesme hızında sonra stabil bir şekilde azalma meydana gelmektedir. Bu durum artan kesme hızı ile birlikte artan sıcaklığa bağlı olarak azalan BUE oluşumundan kaynaklanmaktadır. Çünkü; kesme hızının artmasıyla metal kesme işlemindeki deformasyon ve sürtünme için kullanılan birim zamandaki enerji artar ve bu da ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırır [86]. Buna paralel olarak sıcaklık artışı ile BUE'nin

dayanımı azalır. Dolayısıyla, BUE daha kararsız hale gelir ve kesici takımdan daha sık bir periyotta ayrılır. BUE oluşma ve kesici takımdan ayrılma süresi kısaldığı için büyüklüğü de azalır ve dolayısıyla daha az pürüzlü bir yüzeye neden olur [62].



Şekil 5.7. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ilerlemede bütün kesici takımlarda kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüklerinde stabil bir azalma ve ya artış meydana gelmemektedir. Bu durumun sebebi titreşimdir (Şekil 5.7). Çünkü; 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına kesici takımlarda çentikleme meydana gelmektedir. Çentikleme genellikle takımı etkileyen kuvvetlerin üst ve alt seviyelere gelmesiyle gerçekleşmektedir [3, 66]. Herhangi bir darbeli işleme olmadığına göre çentiklemenin sebebi olarak da titreşim düşünülmektedir. Ayrıca 0,8 ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda 225 mm/dak kesme hızında tırlama meydana gelmiştir. Bilindiği gibi tırlamaya meydana gelen titreşim sebebiyet vermektedir [3, 66].

0,20 m/dev ilerleme hızında bütün kesici takım tiplerinde kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerleri 175 m/dak kesme hızına kadar düşerken bu noktadan itibaren kesme hızın artırılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artışlar meydana gelmektedir (Şekil 5.7). Bu durum literatürde belirtildiği gibi artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü belli bir noktaya kadar azalmakta ancak kesme hızının bu değerden sonra artması ile yüzey pürüzlülük değerinde artış gözlenmektedir [53, 56]

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 250 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,345 μ m'den 0,745 μ m'ye çıkmasıyla %116,03 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.7).

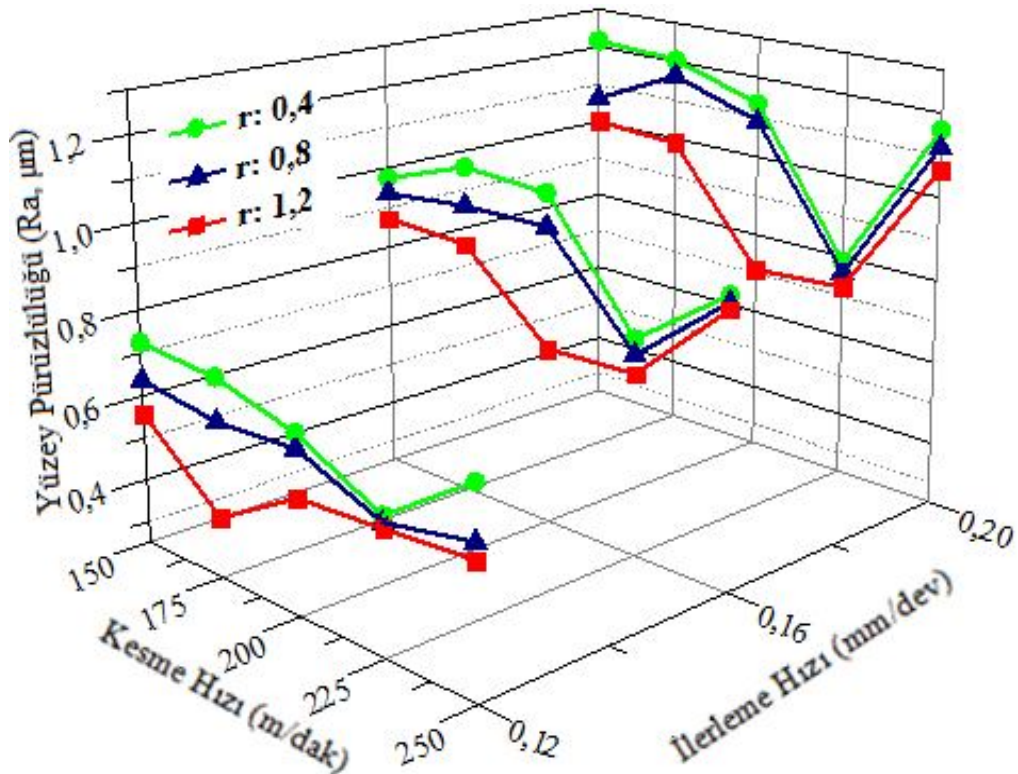
Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 1,2 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,487 μ m'den 0,345 μ m'ye inmesiyle ile %29,25 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.7).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,531 μ m'den 0,345 μ m'ye düşmesi ile %35,02 olmuştur (Şekil 5.7).

Şekil 5.8'de kaplamalı sermet takım ile 1 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5.8.' de en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 175 m/dak kesme hızında 0,391 μ m olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 1,217 μ m olmuştur.

Şekil 5.8'deki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda kesme hızının 225 m/dak'ya kadar çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelirken bu noktadan itibaren kesme hızının artışı ile birlikte yüzey pürüzlülüğü de artmaya başlamıştır. Bu beklenen bir durum olmakla beraber 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda ise kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünde dalgalanma meydana gelmektedir. Her iki takımda kesme hızının 175 m/dak olmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalma gösterirken 200 m/dak olmasıyla yüzey pürüzlülüğünde artış olmuş fakat 225 m/dak olmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelmiştir (Şekil 5.8). Bu duruma düşük ilerleme hızlarında karşılaştığımız uzun ve karmaşık talaşın sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Çünkü uzun talaş işlenen yüzeyi bozabilmektedir [73, 77].



Şekil 5.8. 1 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/ dev ve 0,20 mm/dev ilerleme hızlarında kesme hızlarının artırılması ile yüzey pürüzlülüklerin değişimleri benzer şekilde gerçekleşmiştir bu iki şekil de dikkat edilmesi gereken nokta ise 200 m/dak ve 250 m/dak kesme hızı aralığı olduğu

açıktır. Bu aralık da 200 m/dak kesme hızında kesici takımda BUE oluşumu mevcutken çıkan talaş şekli ise sürekli talaştır. BUE oluşumu yüzeyi olumsuz etkilemektedir [66]. Kesme hızının 225 m/dak'ya çıkarılmasıyla BUE oluşumu bitmiş ve çıkan talaşın şeklide uzun sprial talaş olarak değişmiştir. Kesme hızı değerinin 250 m/dak'ya çıkarılması ile talaş oluşumu aynı kalmasına rağmen kesici takımda plastik deformasyon başlamıştır (Şekil 5.8). Plastik deformasyon kötü yüzey kalitesine sebebiyet vermektedir [66].

Şekil 5.8. de ilerleme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli artış; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 175 m/dak kesme hızında ilerleme hızı 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerinin 0,391 μm 'den 0,863 μm 'ye çıkmasıyla %120,34'lük değişimle olmuştur.

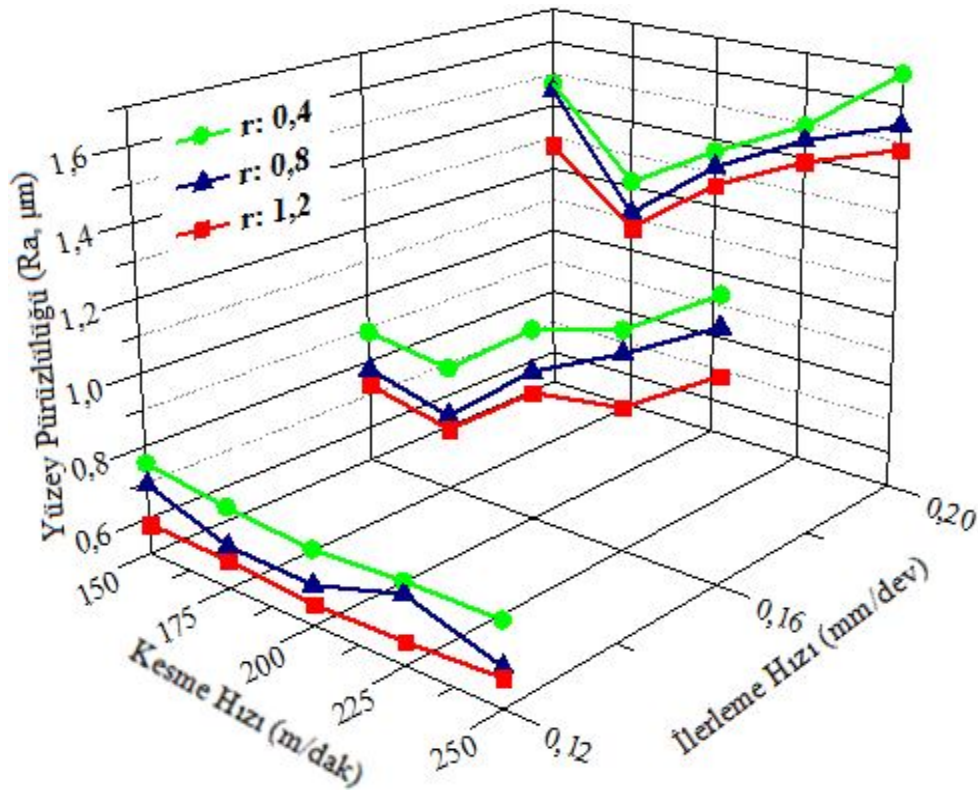
Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,788 μm 'den 1,160 μm 'ye çıkmasıyla ile %47,18 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.8).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızında 175 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,611 μm 'den 0,391 μm 'ye düşmesi ile %35,89 olmuştur (Şekil 5.8).

Şekil 5.9'da kaplamalı sermet takım ile 1,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5.9'da en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takımla işlemede, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 200 m/dak kesme hızında 0,557 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 1,688 μm olmuştur.

Şekil 5.9'daki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında bütün kesici takım tiplerinde kesme hızı 200 m/dak'ya kadar çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktada itibaren 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında ise kesme hızının 225 m/dak'dan artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış gözlemlenmesine rağmen kesme hızının 250 m/dak olması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma olmuştur (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamalı sermet takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ve 0,20 mm/dev ilerleme hızında ise kesme hızının 150 m/dak'dan 175 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan sonra kesme hızı artışı ile birlikte bütün kesici takım tiplerinde yüzey pürüzlülüğünde artışlar olmuştur (Şekil 5.9). Bu durum kesici takımlarda oluşan plastik deformasyondan kaynaklanmaktadır. Çünkü yüksek kesme hızı, yüksek ilerleme değerleri yüksek ısı ve basınç demektir. Plastik deformasyon kesici kenar üzerinde

yüksek sıcaklıklar ve yüksek basıncın bir kombinasyonu sonucunda oluşur. Bu tip bir aşınma kötü talaş kontrolüne ve kötü yüzey kalitesine neden olmaktadır [3,66].

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; İlerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile yüzey pürüzlülüklerinde artışlar meydana gelmektedir. En çok artış ise 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 250 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinin 0,605 μm 'den 1,192 μm 'ye çıkmasıyla %96,91'lik değişimle olmuştur (Şekil 5.9).

Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,8 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 175 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,716 μm 'den 0,923 μm 'ye çıkmasıyla ile %28,85 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.9).

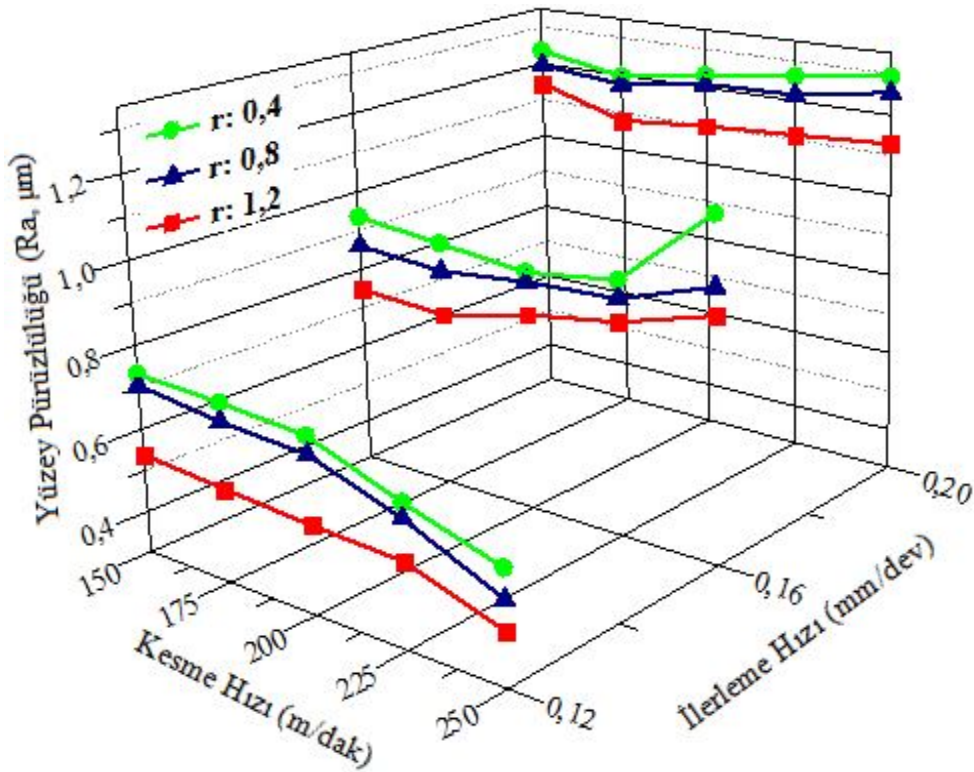
Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerleme hızında 225 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,684 μm 'den 0,563 μm 'ye düşmesi ile %17,69 olmuştur (Şekil 5.9).

5.1.4. Kaplamasız sermet kesici takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.10'da kaplamasız sermet takım ile 0,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5. 10'da en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takımla işlemede, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 0,424 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 1,292 μm olmuştur.

Şekil 5.10'daki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünde sürekli bir azalma meydana gelmiştir. Burada dikkat çeken durum ise 0,4 mm uç yarıçapında 200 m/dak kesme hızına kadar kesici takımda meydana gelen BUE olmuştur. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapındaki kesici takımda BUE oluşmamasının sebebi artan uç yarıçapıdır. Çünkü; kesici takım yarıçapı arttıkça takım iş parçası üzerinde daha fazla temas alanı oluşacaktır bu sebepten dolayı takım-talaş ara yüzünde meydana gelen sıcaklık artacaktır [103]. BUE'yi engellemek içinde sıcaklık artırılmalıdır [66].



Şekil 5.10. 0,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımında kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüklerinde belli bir noktaya kadar azalma mevcutken bu noktadan itibaren kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artışlar meydana gelmektedir. Yüzey pürüzlülüklerinde bu artışlar 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımlarda 175 m/dak kesme hızından sonra başlarken 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında ise

200 m/dak kesme hızından sonra başlamaktadır (Şekil 5.10). Kesme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğün belli bir noktaya kadar azalıp devamında yüzey pürüzlülüğünü artması literatürde anlatıldığı gibi beklenen bir durumdur.

0,20 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile bütün takım tiplerinde 175 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan sonra artışlar başlamıştır. Bu durumun sebebi ise artan ilerleme hızına bağlı olarak plastik deformasyonun artışından kaynaklanmaktadır (Şekil 5.10).

0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının arttırılması yüzey pürüzlülüğünde sürekli bir azalma meydana gelirken 0,16 mm/dev ve 0,20 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülükleri belli bir noktaya kadar azalmış devamında ise kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış oluşmuştur. İlerleme hızının değişmesi ile böyle bir farklılık çıkması 0,16 mm/dev ve 0,20 mm/dev ilerleme hızlarında meydana gelen plastik deformasyondur. Çünkü; ilerleme hızının iki kat arttırılması ile kesme kuvveti de iki kat artmaktadır [82]. Artan kuvvete paralel olarak basınçta artacaktır. Ve artan basınç plastik deformasyonu hızlandırarak yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir [66].

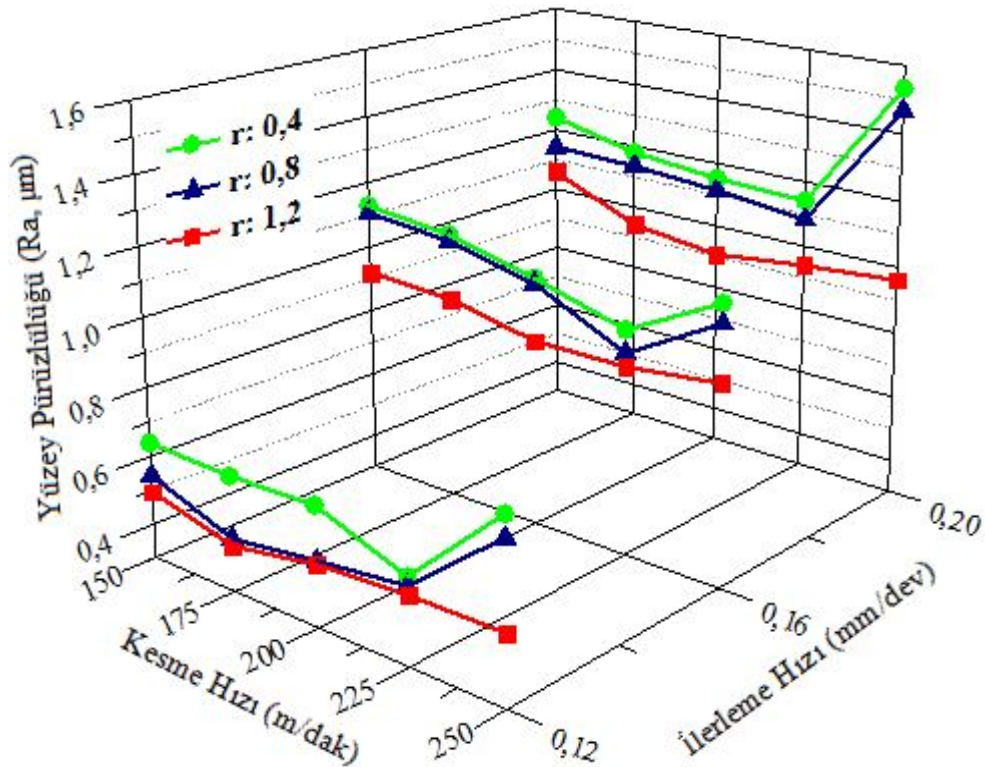
İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 250 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,424 μm 'den 0,888 μm 'ye çıkmasıyla %109,43 ile gerçekleşmiştir (Şekil 5.10).

Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,918 μm 'den 1,119 μm 'ye çıkmasıyla ile %21,80 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.10).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,12 mm/dev ilerlemede 200 m/dak kesme hızında kesici uç yarıçapının 0,8

mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 0,668 μm 'den 0,507 μm 'ye düşmesi ile %24,10 olmuştur (Şekil 5.10).

Şekil 5.11da kaplamasız sermet takım ile 1 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir



Şekil 5.11. 1 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5. 11.' de en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm uç yarıçaplı kesici takımla işlemede, 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 175 m/dak kesme hızında 0,432 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 1,534 μm olmuştur.

Şekil 5.11'deki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızının artırılması ile 175 m/dak kesme

hızına kadar yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artışlar meydana gelmektedir. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise kesme hızının 175 m/dak kesme hızından 200 m/dak kesme hızına çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış olmuş kesme hızının 225 m/dak' ya çıkarılmasıyla pürüzlülüğünde yeniden azalma meydana gelmiştir. Bu durum 200 m/dak kesme hızında yapılan deneyde takım tezgâhında meydan gelen talaş şeklinin uzun ve karmaşık olmasından dolayı iş parçasına talaş sardığı için yüzeyi olumsuz etkilemesinden kaynaklanmaktadır. 0,4 mm uç yarıçapına kesici takımda kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılmasıyla ile yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmeye başlamıştır.

0,5 mm talaş derinliğin (Şekil 5.10) 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızlarının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde sürekli azalma meydana gelirken 1 mm talaş derinliği (Şekil 5.11) sürekli azalma meydana gelmemesi artan talaş derinliğine bağlıdır. Talaş derinliği yüzeyi olumsuz etkilemektedir [3, 5, 53, 66].

0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda kesme hızı 225 m/dak'ya kadar yükseltilmesiyle yüzey pürüzlülüğünde azalma olurken bu noktadan itibaren yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmiştir. 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise bu durum 200 m/dak kesme hızında gerçekleşmiştir. 0,20 mm/dev ilerleme hızında da Şekil 5.11'de görüldüğü üzere kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğündeki değişim 0,16 mm/dev ilerleme hızında meydana gelen değişim ile birebir benzerlik göstermektedir (Şekil 5.11).

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 0,8 mm uç radüsüne sahip kesici takımda 175 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,452 μm 'den 1,083 μm 'ye çıkmasıyla %139,42 ile gerçekleşmiştir (Şekil 5.11).

Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,4 mm yarıçapına sahip kesici takımda 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 225

m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,546 μm 'den 0,808 μm 'ye çıkmasıyla ile %47,98 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.11).

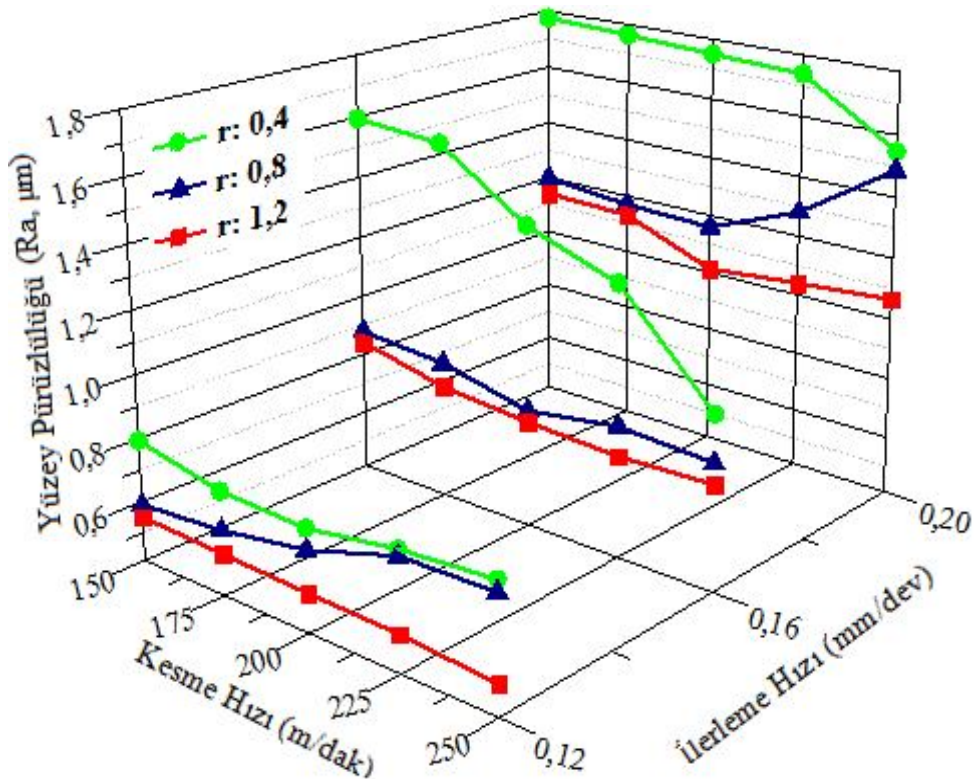
Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 1,469 μm 'den 0,961 μm 'ye düşmesi ile %34,53 olmuştur (Şekil 5.11).

Şekil 5.12'de kaplamasız sermet takım ile 1,5 mm talaş derinliğinde beş farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızı ve 3 farklı uç yarıçapı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir

Şekil 5.12.'de en düşük yüzey pürüzlülüğü 1,2 mm kesici takım uç yarıçaplı takımla işlemede 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 0,506 μm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise 0,4 uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 1,775 μm olmuştur.

Şekil 5.12'deki grafikte 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,4 ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda kesme hızı değerinin 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelmiştir. 200 m/dak kesme hızından itibaren kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiştir. 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise kesme hızı değerinin artırılması ile yüzey pürüzlülük değerinde sürekli artış meydana gelmiştir. Bu durum 0,8 mm uç yarıçapında bütün kesme hızlarında meydana gelen BUE' nin yüzeyi olumsuz etkilemesinden kaynaklanmaktadır. 0,4 mm ve 1,2 mm uç yarıçaplarına sahip kesici takımlarda yüzey pürüzlülüğü 0,8 mm uç yarıçapına kesici takımdaki sürekli artmamasının sebebi farklı uç yarıçapına sahip kesici takımlarda meydana gelen farklı BUE oluşumudur. Şöyle ki; 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda herhangi bir BUE oluşumu meydana gelmemiştir. 0,4 mm uç yarıçaplı takımda ise 150 m/dak ve 175 m/dak kesme hızlarında BUE meydana gelmiş devamında kesme hızının artırılması BUE oluşumu ortadan kalkmıştır. BUE

oluşumu düşük sıcaklık ve yüksek basınçta meydana gelmektedir [3]. 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda BUE oluşmamasının sebebi artan kesici takım uç yarıçap sürtünme alanını artırarak takım - talaş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklığı artmasıdır [103]. 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise belli bir kesme hızı değerine kadar BUE oluşumu; kesici takım uç yarıçapının diğer takımlara göre daha sivri olmasından dolayı aynı işleme şartlarında birim kenar başına düşen ısı miktarı artmaktadır [67]. Ayrıca kesme hızının artırılması ile paralel bir şekilde sıcaklığın artacak ve sıcaklık artışı BUE oluşumu engellenebilmektedir [3].



Şekil 5.12. 1,5 mm talaş derinliğinde kaplamasız sermet takımda kesme hızı, ilerleme hızı ve uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

0,16 mm/dev ve 0,20 mm /dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda kesme hızının 150 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde sürekli bir azalma meydana gelmektedir. 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda ise kesme hızının 200 m/dak' ya kadar çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma mevcutken bu noktada itibaren kesme hızı değerinin artışı ile yüzey pürüzlülük değerinde de artışlar meydana gelmiştir (Şekil 5.12). Bu

duruma 0,4 mm uç yarıçapında bütün kesme hızlarında meydana gelen BUE oluşumu sebebiyet vermiştir. Kesme hızının artışına paralel olarak yüzey pürüzlülüğünün azalması ise artan sıcaklık değeri ile azalan BUE miktarına bağlıdır [66]. BUE boyutlarında değişim yüzey pürüzlülüğünü önemli bir şekilde etkilemektedir [104]. 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm uç yarıçapında bütün kesme hızlarında BUE meydana gelirken 0,16 mm/dev' de BUE meydana gelmemesi ise artan ilerleme hızına bağlıdır. Çünkü artan ilerleme hızı basınç ve sıcaklığı arttırmaktadır [1].

İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki meydana gelen en önemli değişim; 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 175 m/dak kesme hızında ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması yüzey pürüzlülük değerinin 0,737 μm 'den 1,576 μm 'ye artmasıyla %113,84 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.12).

Kesme hızının değiştirilmesi yüzey pürüzlülük değerinde en büyük değişim 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,16 mm/dev ilerleme hızında kesme hızı değerinin 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin 1,127 μm 'den 0,964 μm 'ye düşmesi ile %14,47 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.12).

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki en büyük değişim 0,16 mm/dev ilerleme hızında 175 m/dak kesme hızında kesici takım uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün 1,576 μm 'den 0,856 μm 'ye düşmesi ile %45,68 olmuştur (Şekil 5.12).

5.2. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Bu kısımda talaş derinliğinin değişimi ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimler grafikler haline getirilerek değerlendirilmiştir.

Talaş derinliği ve kesici takım uç yarıçapı ilişkisi aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Kesici ucu kesme yüzeyinden uzağa itirmeye çalışan radyal kuvvetler, talaş derinliği artırıldığında eksenel kuvvetlere dönüştürülür.
- Temel bir genel kural olarak talaş derinliği, uç yarıçapının 2/3'ünden daha az olmamalıdır [66].

Ayrıca talaş derinliğin artması ile kesme kuvveti artmaktadır [3]. Oluşan Kesme kuvvetleri; ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [80].

5.2.1. Kaplamalı karbür takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.13'de farklı işleme parametrelerinde yüzey pürüzlülüklerinin talaş derinliğine bağlı olarak değişimi verilmiştir.

Şekil 5.13.'deki grafiklerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.13.c) 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,5 mm talaş derinliğinde 1,2 mm uç yarıçapında 0,398 μm olarak meydana gelmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 150 m/dak kesme hızında (Şekil 5.13.a) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,4 mm uç yarıçapında 1,892 μm olarak meydana gelmiştir. .

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülük değerindeki en büyük değişim 200 m/dak kesme hızında (Şekil 5.13.b) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,756 μm 'den 1,376 μm 'ye artması ile %82,01 olarak gerçekleşmiştir. En az değişim ise 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.13.c) 0,12 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,534 μm 'den 0,539 μm 'ye artmasıyla %1,06 olarak gerçekleşmiştir.

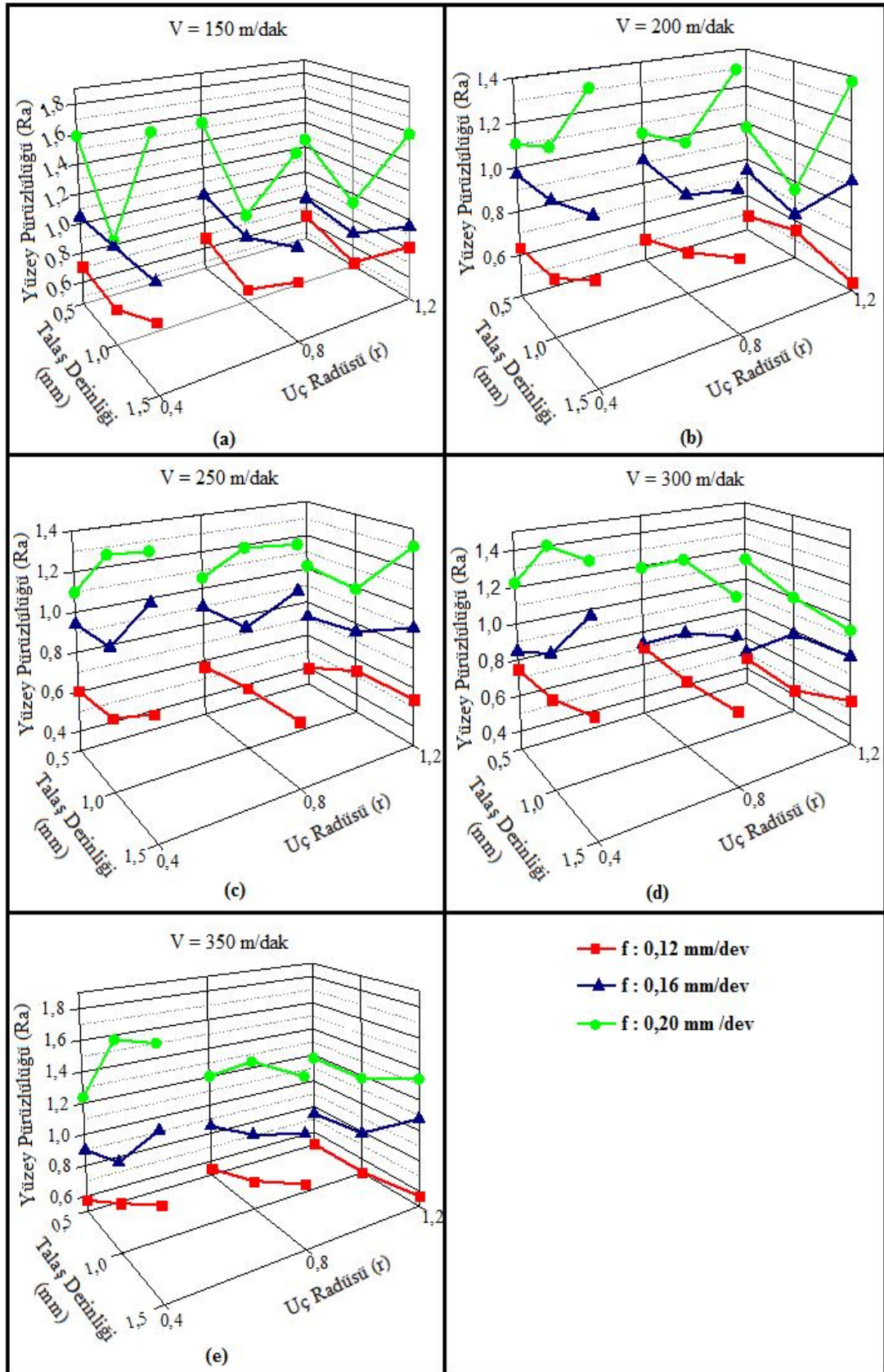
Uç radüsü değerinin artırılması ile (Şekil 5.3.a-b-c-d-e) yüzey pürüzlülük değerlerin hepsinde düşüş meydana gelmiştir. Fakat talaş derinliğinin artırılması ile bu kesin yargıya varılamamaktadır. Çünkü; ince talaş kalınlıkları kesici kenarın talaşı

kesmeyip ezmesine veya darbeli bir kesme işlemine sebebiyet vermektedir, bunun sonucu olarak da kötü bir yüzey kalitesine sebebiyet vermektedir [3, 67]. Ayrıca; talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü olumsuz etkilenmektedir [53].

Grafikler incelendiğinde özellikle 150 m/dak ve 200 m/dak kesme hızında (Şekli 5.13. a-b) yüksek ilerleme hızında (0,20 mm/dev) talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkması ile yüzey pürüzlülüklerinde azalma meydana gelmektedir. Talaş derinliğinin tekrar 1,5 mm olması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış olmuştur. Bu durum, 0,5 mm talaş derinliğinin az olmasından kesici takımın kesme işlemi yerine ezme işlemi gerçekleştirmesinden ve çok sık talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğünün titreşimden kolay etkilenmesinden kaynaklanmaktadır [3, 66, 67]. 1 mm'den sonra yüzey pürüzlülüğünün talaş derinliğinden olumsuz etkilenmesi ise; artan talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğünün olumsuz etkilemesinden dolayıdır [53].

Özellikle yüksek ilerleme hızlarında (0,16 – 0,20 mm/dev) talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye artışı ile yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Bu durum titreşimin yüksek ilerleme hızlarında daha fazla meydana geldiğini göstermektedir. Çünkü deneylerde ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetleri dengeli şekilde artmaktadır. Kesme kuvvetlerinde artışlar titreşimi olumsuz etkilemektedir [1].

Ayrıca kesme hızının yükseltilmesi ile beraber talaş derinliğin değiştirilmesi birlik de yüzey pürüzlülüğündeki değişim dengeli bir şekil almaya başlamıştır (Şekil 5.13. c – d – e). Bu durum kesme hızının artması ile meydana gelen titreşimin azaldığının göstergesi olarak kabul edilebilir. Çünkü kesme hızının artışı ile birlikte talaş kaldırma esnasında açığa çıkan ısı miktarı artmaktadır [3, 66, 86]. Isı miktarının artmasına bağlı olarak talaş kaldırma bölgesinde meydana gelen gerilmeler daha kolay yenilmektedir. Ayrıca talaş oluşumu için gerekli olan plastik deformasyonda daha kolay meydana gelmektedir. Bu oluşumlar sayesinde talaş daha rahat bir şekilde oluşacaktır. Bu sayede deneyler sırasında oluşan kesme kuvvetlerinde azalma meydana gelmektedir. Kesme kuvvetlerinde azalma titreşimi olumlu etkilemektedir [1].



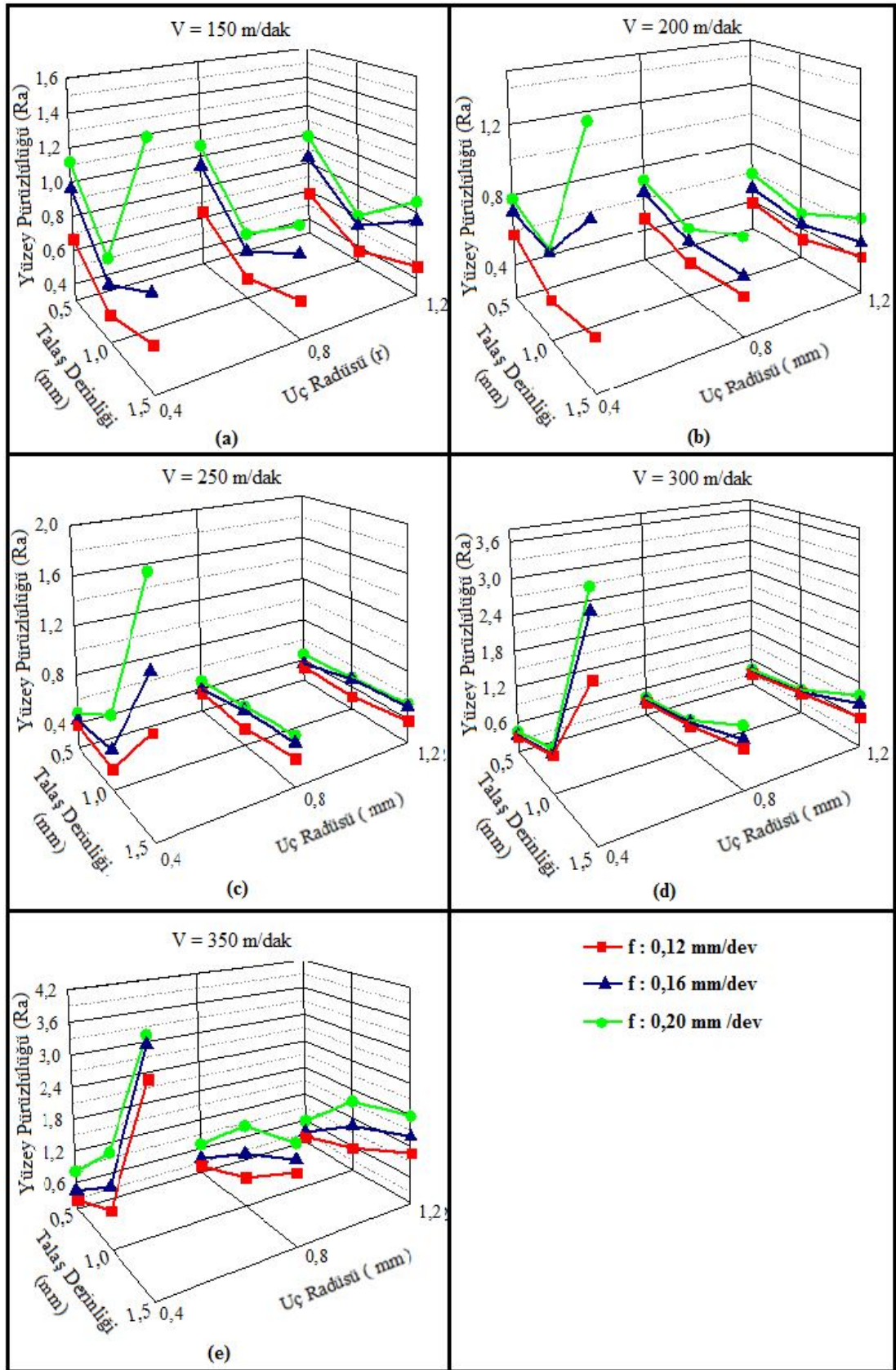
Şekil 5.13. Kaplamalı karbür takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Yüzey pürüzlülüklerinde meydana gelen bu dalgalanmaların küçük talaş derinliklerinde meydana gelmesi verilecek talaş derinliğinin kesici takım uç yarıçapından büyük olması gerektiğinin ve küçük talaş derinliklerinde iş parçası yüzey kalitesinin titreşimden daha kolay etkilendiğinin göstermektedir.

5.2.2. Kaplamasız karbür takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.14’de farklı işleme parametrelerinde yüzey pürüzlülüklerinin talaş derinliğine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafiklerde en düşük yüzey pürüzlülüğü 300 m/dak kesme hızında (Şekil 5.14.d) 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,5 mm talaş derinliğinde 1,2 mm uç yarıçapında 0,298 μm olarak meydana gelmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 350 m/dak kesme hızında (Şekil 5.14.e) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,4 mm uç yarıçapında 4,150 μm olarak meydana gelmiştir.

0,4 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm’den 1,5 mm’ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde % 350’ye varan artışlar gözükmemektedir. Bu durumun sebebi talaş derinliğin artması ile kesici takıma gelen kuvvet miktarında artış meydana gelmesiyle beraber kesici takımda meydana gelen takım kırılmalarıdır. Kesici takımın bu kadar kısa sürede kırılması uçun çok hızlı bir şekilde aşındığını göstermektedir. Bu durum yüzey pürüzlülüklerinin neden bu kadar çok arttığının bir göstergesidir. Aynı kesme parametrelerinde kesici takım uç yarıçapının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış o kadar hızlı olmamıştır (Şekil 5.14 a, b, c, d, e). Bu kesici takım aşınmasında uç radüsü ve talaş derinliği arasında doğru bir bağlandı olduğunun göstergesidir. Kesici takım uç yarıçapı küçüldükçe kesici takımın kesit alanı daralacağı için birim kenar uzunluğu başına düşen basınçta artış meydana gelmektedir [67]. Yada tersi olarak talaş miktarının artması ile kesici takıma gelen kuvvet miktarında artış meydana gelmektedir [3]. Kuvvetlerin bu şekilde artması kesici takımın daha hızlı bir şekilde aşınmasına sebebiyet vermektedir. Kesici takım aşınması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir.



Şekil 5.14. Kaplamasız karbür takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

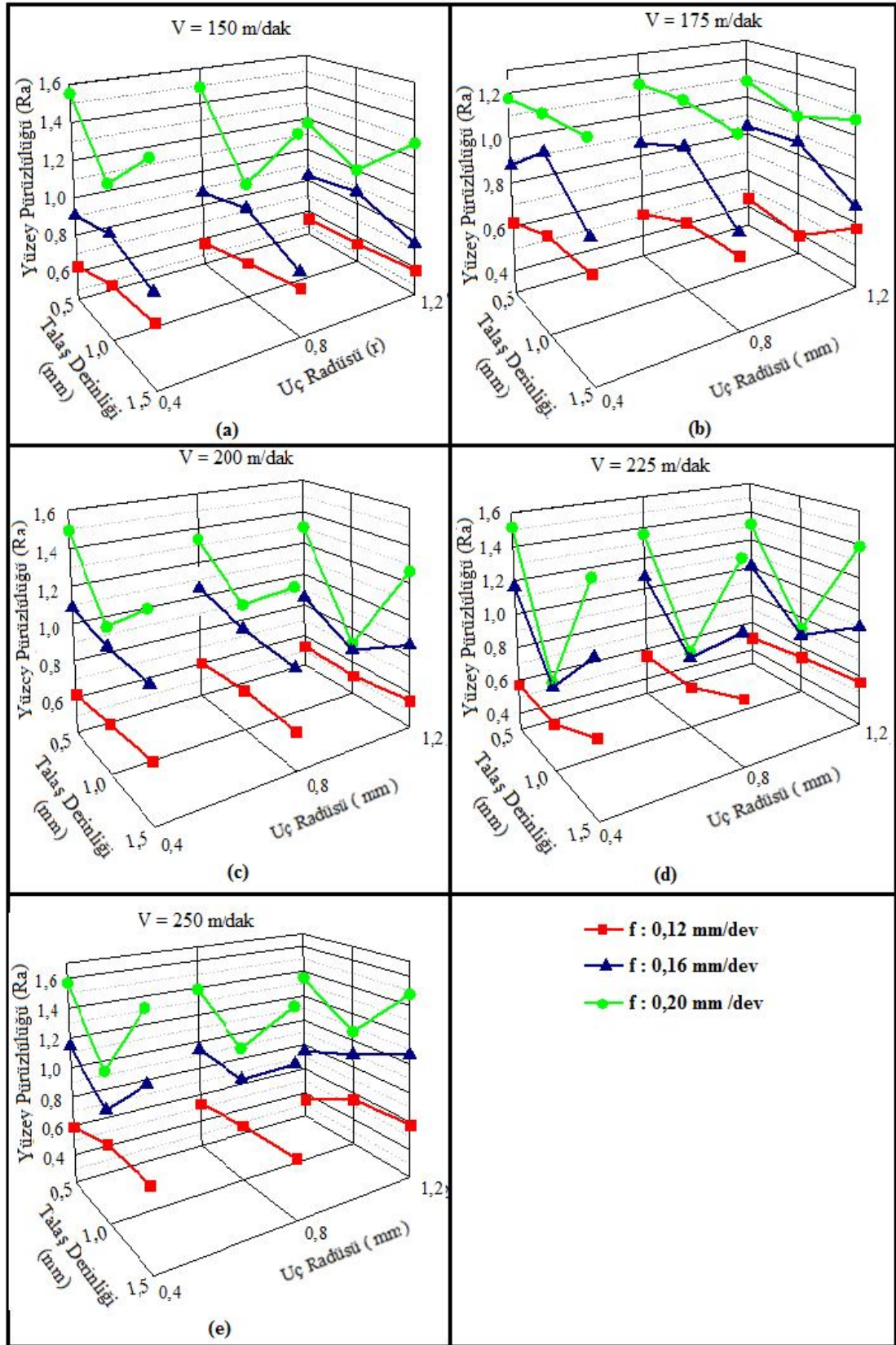
Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülük değerindeki en büyük değişim 300 m/dak kesme hızında (Şekil 5.14.d) 0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,717 μm 'den 3,293 μm 'ye artması ile %359,12 olarak gerçekleşmiştir. En az değişim ise 200 m/dak kesme hızında 0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,8 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm' den 1,5 mm' ye çıkması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,518 μm ' den 0,535 μm ' ye artmasıyla %3,28 olarak gerçekleşmiştir.

5.2.3. Kaplamalı sermet takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.15'de farklı işleme parametrelerinde yüzey pürüzlülüklerinin talaş derinliğine bağlı olarak değişimi verilmiştir.

Şekilde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.15.e) 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,5 mm talaş derinliğinde 1,2 mm uç radüsünde 0,345 μm olarak meydana gelmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.15.e) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,4 mm uç radüsünde 1,688 μm olarak meydana gelmiştir.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülük değerindeki en büyük değişim 225 m/dak kesme hızında (Şekil 5.15.d) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 0,724 μm 'den 1,388 μm 'ye artması ile %91,71 olarak gerçekleşmiştir. En az değişim ise 200 m/dak kesme hızında (Şekil 5.15.c) 0,16 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkması ile yüzey pürüzlülüğünün 1,04 μm 'den 1,041 μm 'ye artmasıyla %0,096 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.15. Kaplamalı sermet takımında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

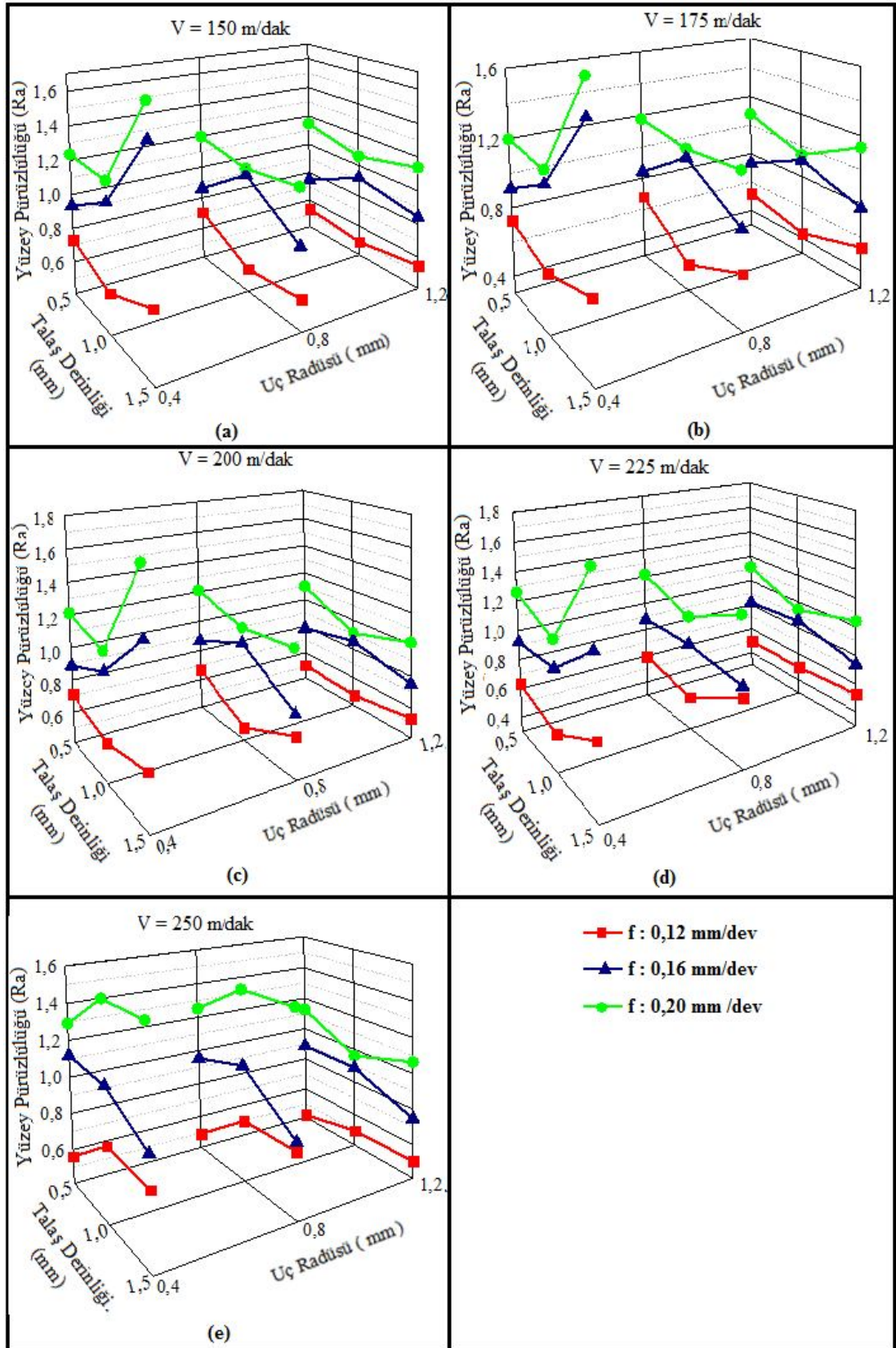
Özellikle 0,20 mm/dev ilerleme hızında talaş derinliğinin 0,5 mm' den 1 mm' ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artış beklenirken azalma meydana gelmiştir. Çünkü; kesici uç yarıçapından daha küçük bir talaş derinliği verildiğinde kesici uç yuvarlak uçlu bir takım gibi davranacak ve radyal yönde kesici takım temas uzunluğu ilerleme yönüne göre daha uzun olacağından radyal kuvvet ilerleme kuvvetinden büyük çıkacaktır. Radyal kuvvetin ilerleme kuvvetinden büyük çıkmasının nedeni talaş derinliğinin uç yarıçapından küçük olmasına bağlıdır. Radyal kuvvet iş parçası ve takımda sehime yol açar, rijitliğe olumsuz etkide bulunur [3, 66, 77]. Talaş derinliğini 1 mm' den 1,5 mm' ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde artışlar meydana gelmeye başlamıştır. Bu olayın 0,20 mm/dev ilerleme hızında daha net bir şekilde oluşması ise talaş kesitinin artmasında dolaylıdır. Talaş kesiti, talaş derinliği ve ilerleme miktarının arttırılması ile büyür. Burada talaş kesitinin büyümesi ile kesme kuvvetinin üç bileşeni de önemli ölçüde değişmektedir [3, 66, 77].

5.2.4. Kaplamasız sermet takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.16'da farklı işleme parametrelerinde yüzey pürüzlülüklerinin talaş derinliğine bağlı olarak değişimi verilmiştir.

Şekil 5.16'daki grafiklerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.16.e) 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,5 mm talaş derinliğinde 1,2 mm uç yarıçapında 0,424 μm olarak meydana gelmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 150 m/dak kesme hızında (Şekil 5.16.a) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,4 mm uç yarıçapında 1,775 μm olarak meydana gelmiştir.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülük değerindeki en büyük değişim 225 m/dak kesme hızında (Şekil 5.16.d) 0,20 mm/dev ilerleme hızında 0,4 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin 1,141 μm 'den 1,739 μm 'ye artması ile %52,46 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.16. Kaplamasız sermet takımda talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülük değerindeki en az değişim ise 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.16.e) 0,16 mm/dev ilerleme hızında 1,2 mm uç yarıçapında talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,888 μm 'den 0,886 μm 'ye düşmesiyle %0,19 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil (5.13, 14, 15, 16)'da görüldüğü gibi uç yarıçapının artması ile yüzey pürüzlülüğü stabil bir şekilde azalırken, talaş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülük değerinin değişmesinde bir stabil bir durum söz konusu değildir.

Ayrıca kesici takımların uç radüsü ve talaş derinliği arasındaki ilişki kesici takımda meydana gelen plastik deformasyonu etkilemektedir. Bu durum literatüre paralel olarak gerçekleşmektedir [66]; talaş derinliği artıkça veya kesici takım uç yarıçapı azatlıkça oluşan plastik deformasyon artmaktadır. Artan plastik deformasyon yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir.

5.3. Kesme Parametrelerinin Esas Kesme Kuvvetine Etkileri

Kesme kuvvetlerinin büyüklüğü takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgilidir [1].Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgahlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır [5, 69, 80, 81].

Esas kesme kuvvetini düşük değerde elde etmek için kesme hızının arttırılması, literatürdeki en yaygın yöntemdir [5, 70, 80].

Deneylerde kesme hızının arttırılması kesme kuvvetlerinin değişimim süreklilik göstermemektedir. Kesme hızının artması ile kuvvetleri belli bir noktaya kadar azalırken belli bir noktadan sonra artmaktadır.

Kesme hızının artırılması ile kesme kuvvetindeki düşüşü kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım-talaş temas uzunluğunun azalması, kısmen artan kesme hızı sonucu

kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla, takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma (akma) dayanımının azalmasıyla açıklanabilir [5].

Kesme hızının artırılması ile esas kesme kuvvetinde artışlar ise; kesme hızının artması ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığıyla BUE'nin ölçüsü azalır [1]. Takım-talaş yüzeyindeki BUE'nin varlığı takım-talaş temas alanını kısaltmaktadır. Bu sebeple azalan sürtünme kuvvetleri de kesme ve ilerleme kuvvetlerinin azalmasına sebebiyet vermektedir [105, 106]. Bundan dolayı artan kesme hızına bağlı olarak azalan BUE ölçüsü kesme kuvvetlerinde artışa sebebiyet vermektedir. Ayrıca yüksek kesme hızları hızlı serbest yüzey aşınmasına ve plastik deformasyonun artmasına sebebiyet vermektedir [66]. Yanak aşınmasının artması boşluk açısını azaltmakta, plastik deformasyon uç yapısının değiştirmektedir. Bunlar meydana gelen sürtünme kuvvetlerini artırmaktadır, sürtünmenin artışına paralel olarak esas kesme kuvveti artmaktadır

İlerleme hızı ve talaş derinliğinin artırılması ile esas kesme kuvvetinde sürekli bir artış meydana gelmiştir. İlerleme hızının ve talaş derinliğinin artması ile kesme kuvvetlerinde sürekli artışlar meydana gelmesinin sebebi; birim zamanda kaldıran talaş miktarının artmasından dolayıdır [3].

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile esas kesme kuvvetinde belli bir değişim gözlenmemiştir. Bunun sebebi olarak ise kesici takım uç yarıçapının düşürülmesi kesici takım uçunun daha sivri bir hale gelmesiyle takımın iş parçasına dalması daha kolay olacağı için daha az kuvvete ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca kesici takım uç yarıçapının azaltılması ile kesici takımda kesit alanında azalma meydana gelmektedir. Kesit alanının daralması ile birim alana düşen sıcaklık miktarında artış olmaktadır [67]. Bu artış takım - talaş ara yüzeyinde meydana gelen bu sıcaklık artış ile takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma (akma) dayanımının azalmasıyla kesme kuvvetinde azalma meydana gelmektedir. Fakat kesici takım kesit alanının daralması ile özellikle plastik deformasyon, mekanik yorulma çatlaklar ve ısıl çatlaklar gibi aşınmalardan daha kolay etkileneceği için oluşan esas kesme kuvvetinde artışlar meydana gelmektedir.

Kesme kuvvetinin düşürülmesi için; ilerleme hızı ve talaş derinliği düşürülebilir, kesme hızı değeri belli bir noktaya kadar artırılabilir ve kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi meydana gelen aşınma duruma göre farklılık göstermektedir. Eğer kesici takımda kontrollü bir aşınma oluşuyorsa kesme kuvvetini düşürmek için uç yarıçapı düşük olan kesici tercih edilebilir.

Kaplamalı karbür (Şekil 5.17), kaplamasız karbür (Şekil 5.18), kaplamalı sermet (Şekil 5.19) ve kaplamasız sermet (Şekil 5.20) takımlar için 3 farklı uç yarıçapı (0,4 - 0,8 - 1,2 mm), üç farklı talaş derinliği (0,5 - 1 - 1,5 mm), 5 farklı kesme hızı (karbür takımlar için: 150, 200, 250, 300, 350 m/dak, Sermet takımlar için: 150, 175, 200, 225, 250 m/dak), 3 farklı ilerleme (0,12 - 0,16 - 0,20 mm/dev) değerlerinde talaş kaldırma esnasında oluşan esas kesme kuvvetleri görülmektedir.

5.3.1. Kaplamalı karbür takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Şekil 5.17'deki grafikte işleme parametrelerinin esas kesme kuvvetine (F_c) etkisi verilmiştir. Grafikte en düşük esas kesme kuvveti (F_c) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 200 m/dak kesme hızında 202,54 N olarak meydana gelmiştir. En yüksek F_c ise 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımda 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 859,52 olarak meydana gelmiştir.

Kesme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.17);

Kesme hızının 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 502,13 N'dan 567,95 N'a çıkması ile %13,10 artmıştır.

Kesme hızının 200 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 296,96 N'dan 330,47 N'a çıkmasıyla %11,28 artmıştır.

Kesme hızının 250 m/dak'dan 300 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 330,47 N'dan 295,19 N'a düşmesiyle %10,68 azalmıştır.

Kesme hızının 300 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 555,28 N'dan 516,78 N'a düşmesiyle %6,94 azalmıştır.

İlerleme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.17);

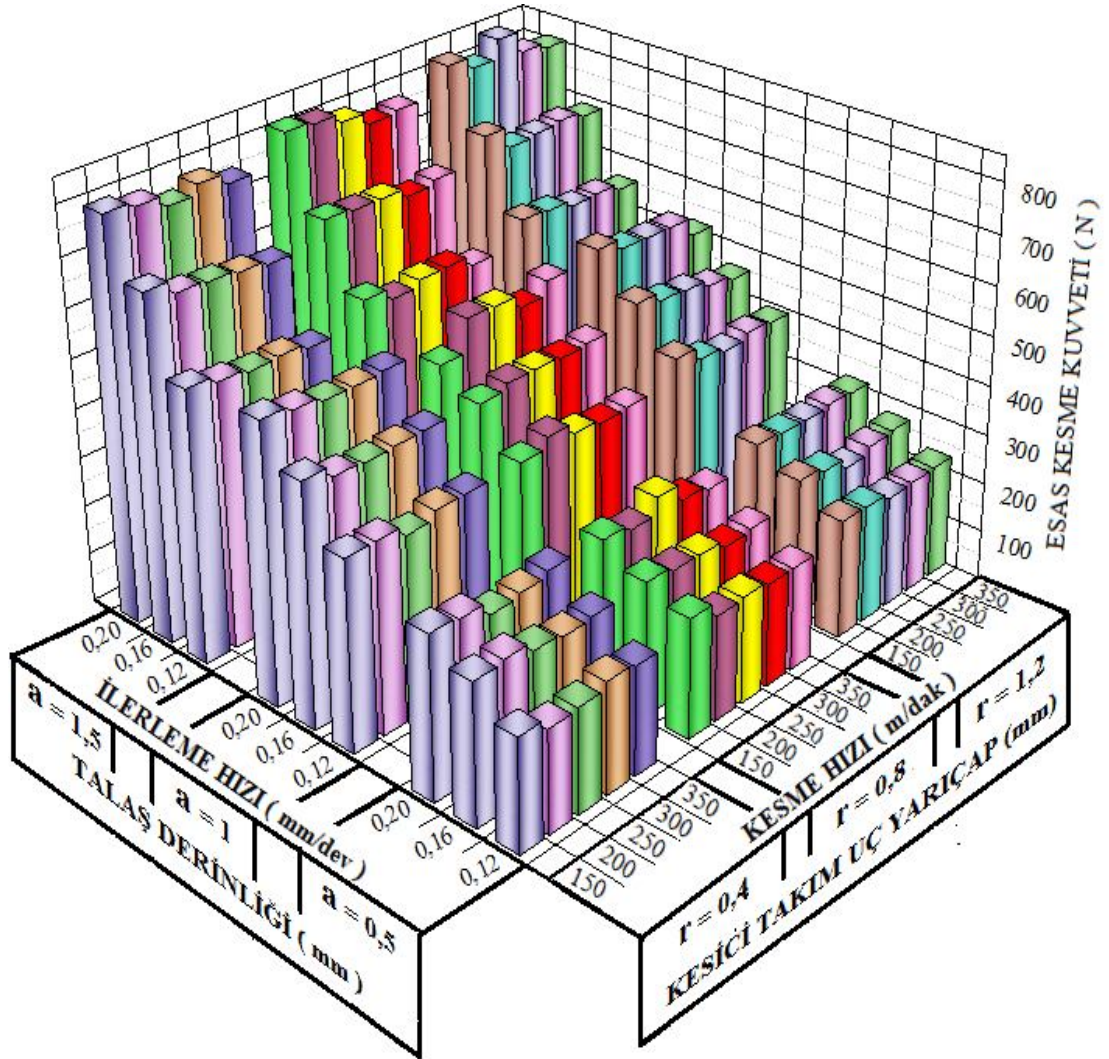
İlerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 200 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 202,84 N'dan 287,42 N'a çıkmasıyla %41,90 artmıştır.

İlerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 255,92 N'dan 330,47 N'a çıkmasıyla %29,13 artmıştır.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.17);

Talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 350 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 286,01 N'dan 566,5 N'a çıkmasıyla %98,07 artmıştır.

Talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 502,13 N'dan 836,12 N'a çıkmasıyla %66,51 artmıştır.



Şekil 5.17. Kaplamalı karbür takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.17);

Uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılması ile 0,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 292,82 N'dan 330,47 N'a çıkmasıyla %12,85 artmıştır.

Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 502,13 N'dan 581,41 N'a çıkmasıyla %15,78 artmıştır.

5.3.2. Kaplamasız karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Şekil 5.18'deki grafikte işleme parametrelerinin esas kesme kuvvetine (F_c) etkisi verilmiştir. Grafikte en düşük F_c kuvveti 0,8 m uç yarıçapına kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 350 m/dak kesme hızında 203,55 N olarak meydana gelmiştir. En yüksek F_c kuvveti ise 1,2 mm uç yarıçapına kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 884,39 N olarak meydana gelmiştir.

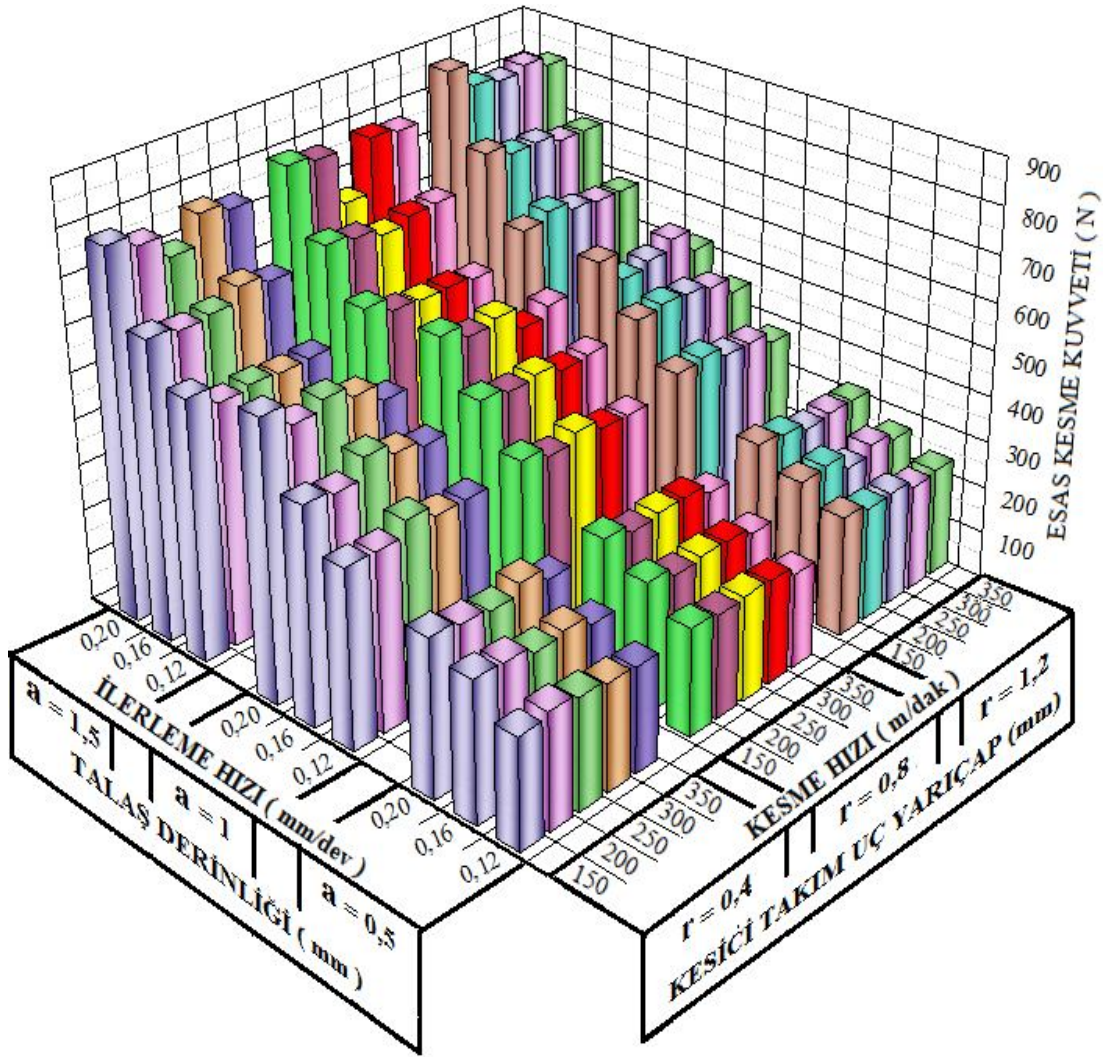
Kesme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.18);

Kesme hızının 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 588,10 N'dan 525,95 N'a düşmesi ile %10,57 azalmıştır.

Kesme hızının 200 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 804,91 N'dan 609,47 N'a düşmesiyle %14,22 azalmıştır.

Kesme hızının 250 m/dak'dan 300 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 690,47 N'dan 807,15 N'a artmasıyla %16,89 artmıştır.

Kesme hızının 300 m/dak'dan 350 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 225,68 N'dan 203,55 N'a düşmesiyle %9,86 azalmıştır.



Şekil 5.18. Kaplamasız karbür takımında kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

İlerleme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.18);

İlerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 300 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 526,67 N'dan 671,59 N'a çıkmasıyla % 27,51 artmıştır.

İlerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1 mm talaş derinliğinde 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 464,07 N'dan 599,55 N'a çıkmasıyla %29,19 artmıştır.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.18);

Talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,16 mm/dev ilerleme hızında 350 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 246,81 N'dan 475,85 N'a çıkmasıyla %92,80 artmıştır.

Talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 350 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 513,84 N'dan 814,46 N'a çıkmasıyla %58,50 artmıştır.

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.18);

Uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılması ile 0,5 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında 200 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 293,51 N'dan 258,83 N'a düşmesiyle %11,82 azalmıştır.

Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 690,47 N'dan 821,58 N'a çıkmasıyla %18,98 artmıştır.

5.3.3. Kaplamalı sermet takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Şekil 5.19'deki grafikte işleme parametrelerinin esas kesme kuvvetine (F_c) etkisi verilmiştir. Grafikte en düşük esas kesme kuvveti 0,4 mm uç yarıçapına kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 225 m/dak kesme hızında 207,35 N olarak meydana gelmiştir. En yüksek esas kesme kuvveti ise 0,4 mm uç yarıçapına kesici takımda 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 832,89 N olarak meydana gelmiştir.

İlerleme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.19);

İlerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 175 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 231,17 N'dan 290,88 N'a çıkmasıyla % 36,47 artmıştır.

İlerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 438,66 N'dan 563,32 N'a çıkmasıyla %28,41 artmıştır.

Kesme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.19);

Kesme hızının 150 m/dak'dan 175 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 209,28 N'dan 237,59 N'a çıkmasıyla %13,52 artmıştır.

Kesme hızının 175 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 290,88 N'dan 262,92 N'a düşmesiyle %9,62 azalmıştır.

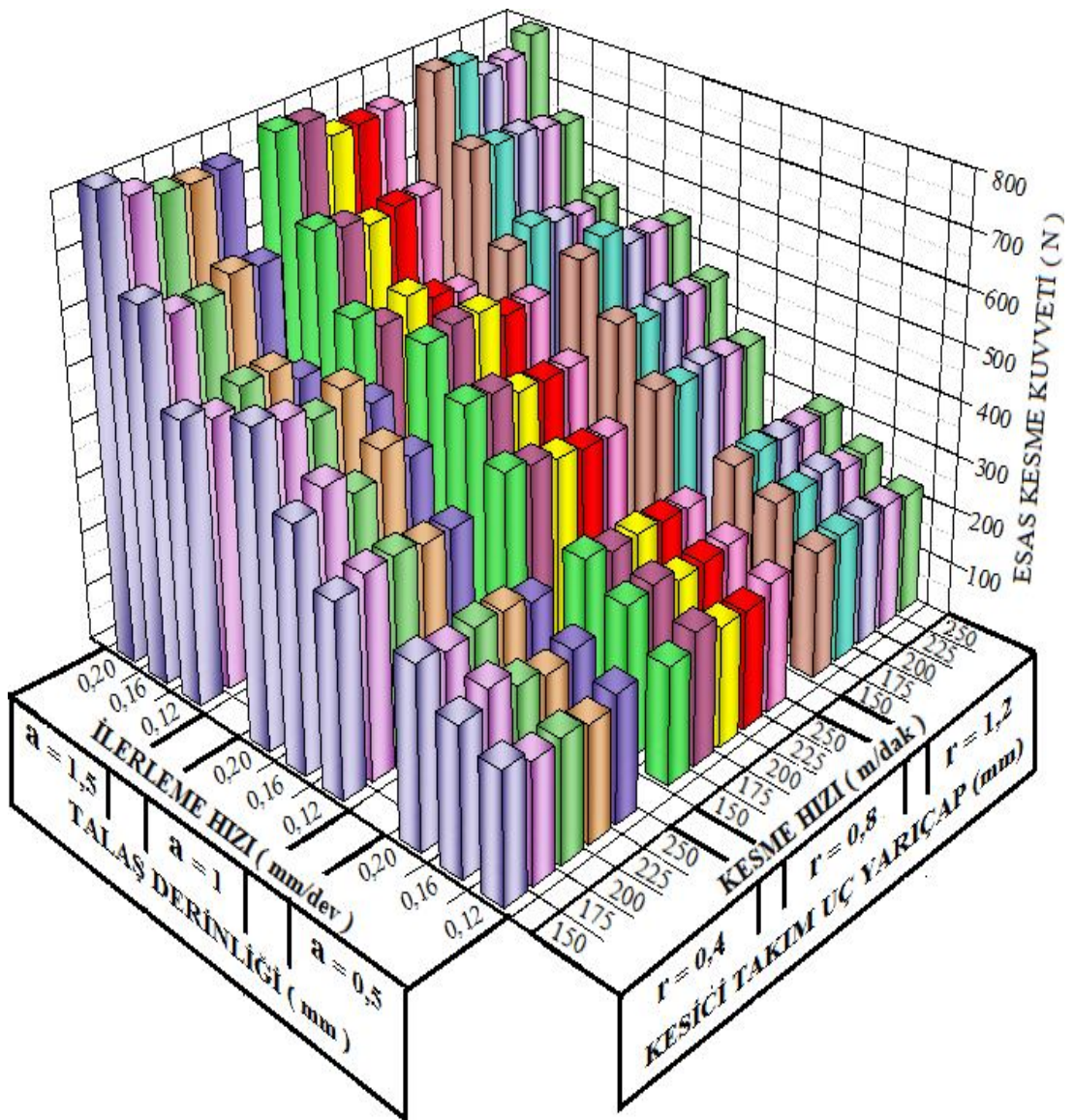
Kesme hızının 200 m/dak'dan 225 m/dak'ya çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 433,33 N'dan 480,01 N'a çıkmasıyla %10,77 artmıştır.

Kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 212,88 N'dan 233,02 N'a çıkmasıyla %9,46 artmıştır.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.19);

Talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,16 mm/dev ilerleme hızında 225 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 248,50 N'dan 480,01 N'a çıkmasıyla %93,16 artmıştır.

Talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 499,92 N'dan 782,38 N'a çıkmasıyla %56,50 artmıştır.



Şekil 5.19. Kaplamalı sermet takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.19);

Uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılması ile 1 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 345,67 N'dan 394,89 N'a çıkmasıyla %14,23 artmıştır.

Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile 1,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 490,61 N'dan 537,86 N'a çıkmasıyla %9,63 artmıştır.

5.3.4. Kaplamasız sermet takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

Şekil 5.20'deki grafikte işleme parametrelerinin esas kesme kuvvetine (F_c) etkisi verilmiştir. Grafikte en düşük esas kesme kuvveti 0,8 m uç yarıçapına kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 200,59 N olarak meydana gelmiştir. En yüksek esas kesme kuvveti ise 0,8 mm uç yarıçapına kesici takımda 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 820,63 olarak meydana gelmiştir.

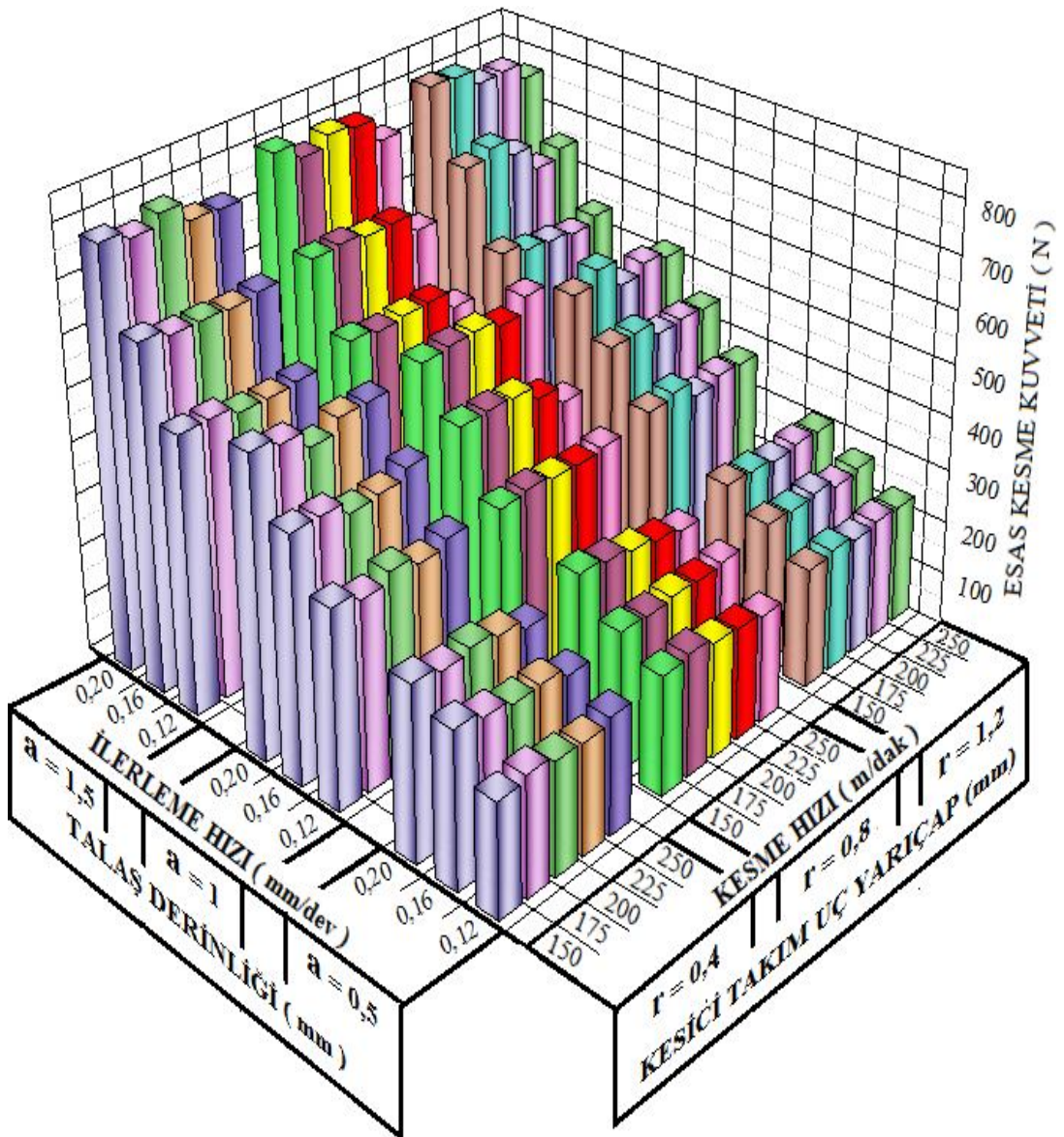
Kesme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.20);

Kesme hızının 150 m/dak'dan 175 m/dak'ya çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 289,77 N'dan 274,93 N'a düşmesiyle %5,13 azalmıştır.

Kesme hızının 175 m/dak'dan 200 m/dak'ya çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 558,33 N'dan 505,38 N'a düşmesiyle %9,49 azalmıştır.

Kesme hızının 200 m/dak'dan 225 m/dak'ya çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1,5 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 673,61 N'dan 624,86 N'a düşmesiyle %7,24 azalmıştır.

Kesme hızının 225 m/dak'dan 250 m/dak'ya çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetinin 448,90 N'dan 482,35 N'a çıkmasıyla %7,45 artmıştır.



Şekil 5.20. Kaplamasız sermet takımda kesme parametrelerinin esas kesme kuvvetine etkisi

İlerleme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.20);

İlerleme hızının 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,5 mm talaş derinliğinde 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 210,90 N'dan 289,77 N'a çıkmasıyla % 37,39 artmıştır.

İlerleme hızının 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 1,5 mm talaş derinliğinde 225 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 624,86 N'dan 789,63 N'a çıkmasıyla %26,36 artmıştır.

Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.20);

Talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 280,10 N'dan 582,04 N'a çıkmasıyla %107,79 artmıştır.

Talaş derinliğinin 1 mm'den 1,5 mm'ye çıkarılması ile 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımda 0,20 mm/dev ilerleme hızında 200 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 505,38 N'dan 785,93 N'a çıkmasıyla %55,51 artmıştır.

Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli değişimler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir (Şekil 5.20);

Uç yarıçapının 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılması ile 0,5 mm talaş derinliğinde 0,16 mm/dev ilerleme hızında 150 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 289,77 N'dan 259,45 N'a düşmesiyle %10,47 azalmıştır.

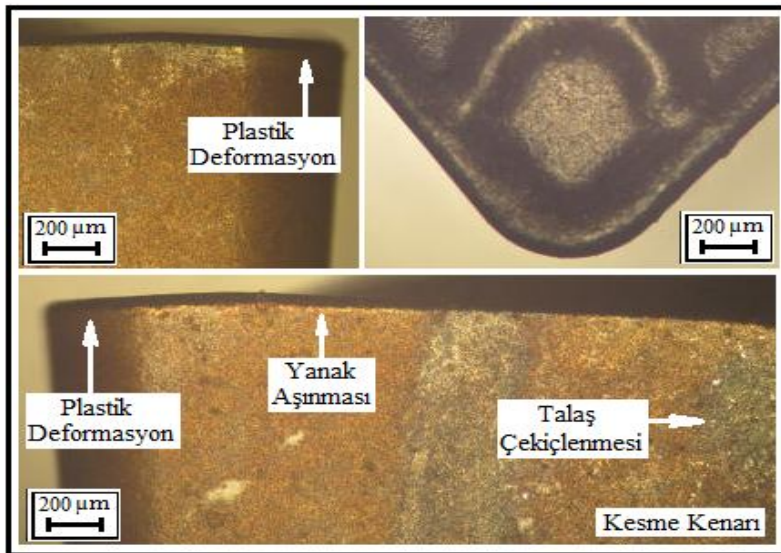
Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile 1 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında esas kesme kuvvetinin 582,04 N'dan 512,87 N'a düşmesiyle %11,89 azalmıştır.

5.4. Kesici Takım Aşınması

5.4.1. Kesici takımlarda meydana gelen aşınma türleri

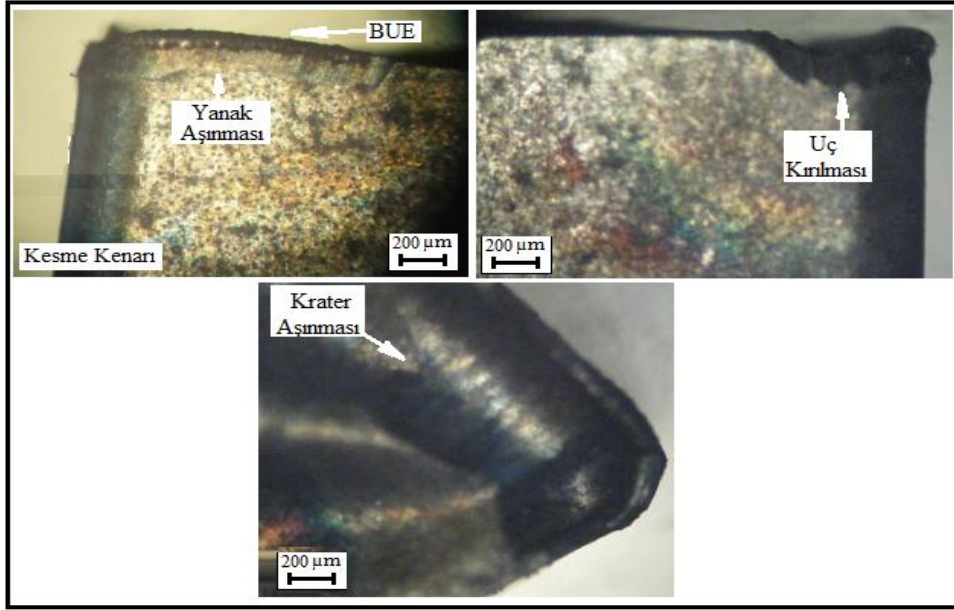
Kesici takımlarda oluşan aşınmalarının değerlendirilmesinde en ağır ortak deney şartları dikkate alınarak inceleme yapılmıştır. Ortak şartların alınmasının sebebi ise kesici takımların aşınmaya karşı gösterdikleri direncin daha kolay ayırt edilmesini sağlamaktır. Ayrıca karbür takımlarda kesme hızının 350 m/dak olması ile farklı bir aşınma tipi meydana gelmemesi de değerlendirmede en ağır deney şartlarının alınmasına gerek kalmadığının göstermektedir. Ortak deney şartları ise 250 m/dak kesme hızı, 0,20 mm/dev ilerleme hızı, 1,5 mm talaş derinliği ve 0,4 mm kesici takım uç yarıçapıdır.

Kaplamalı karbür takımda talaş kaldırma işleminde kesici takımda yanak aşınması, plastik deformasyon ve talaş çekiçlenmesi meydana gelmiştir (Şekil 5.21).



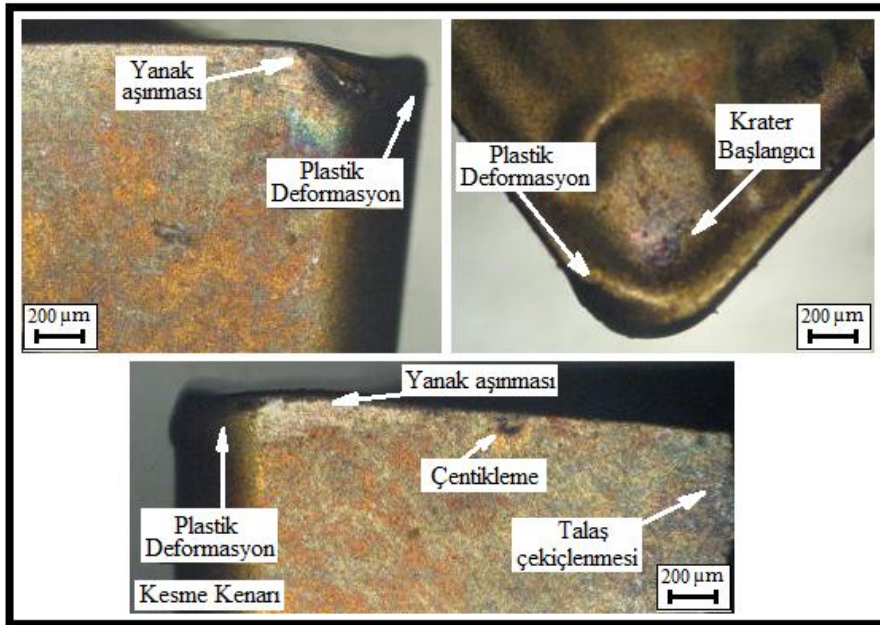
Şekil 5.21. Kaplamalı karbür takım meydana gelen aşınma türleri
 $V = 250$ m/dak, $f = 0,20$ mm/dev, $a = 1,5$ mm, $r = 0,4$ mm

Kaplamasız karbür takımda talaş kaldırma işleminde kesici takımda krater aşınması, yanak aşınması, BUE oluşumu meydana gelmiştir. Özellikle krater aşınmasına bağlı olarak kesici takımda kırılma meydana gelmiştir (Şekil 5.22).



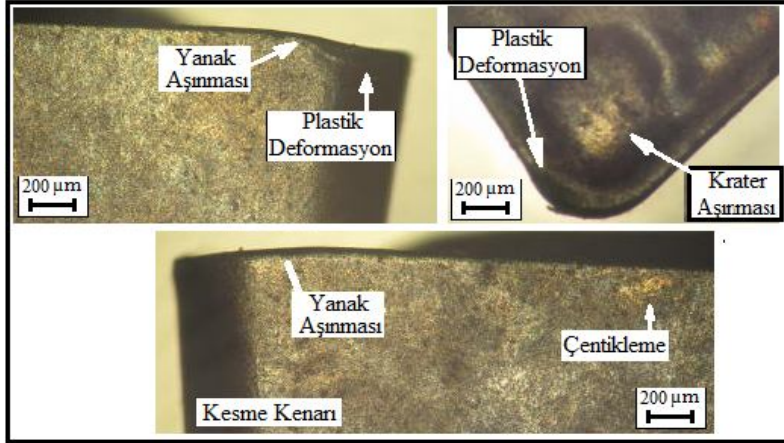
Şekil 5.22. Kaplamasız karbür takım meydana gelen aşınma türleri
 $V = 250 \text{ m/dak}$, $f = 0,20 \text{ mm/dev}$, $a = 1,5 \text{ mm}$, $r = 0,4 \text{ mm}$

Kaplamalı sermet takımında plastik deformasyon, yanak aşınması, talaş çekişleşmesi, çentikleme (kesici kenardan parçacık kopması), ve takım-talaş yüzeyinden parçacık kopması meydana gelmesiyle krater aşınması başlangıcı gözlenmiştir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Kaplamalı sermet takım meydana gelen aşınma türleri
 $V = 250 \text{ m/dak}$, $f = 0,20 \text{ mm/dev}$, $a = 1,5 \text{ mm}$, $r = 0,4 \text{ mm}$

Kaplamasız sermet takımda (Şekil 5.24) plastik deformasyon, yanak aşınması, çentikleme ve krater aşınması başlangıcı gözlenmiştir.

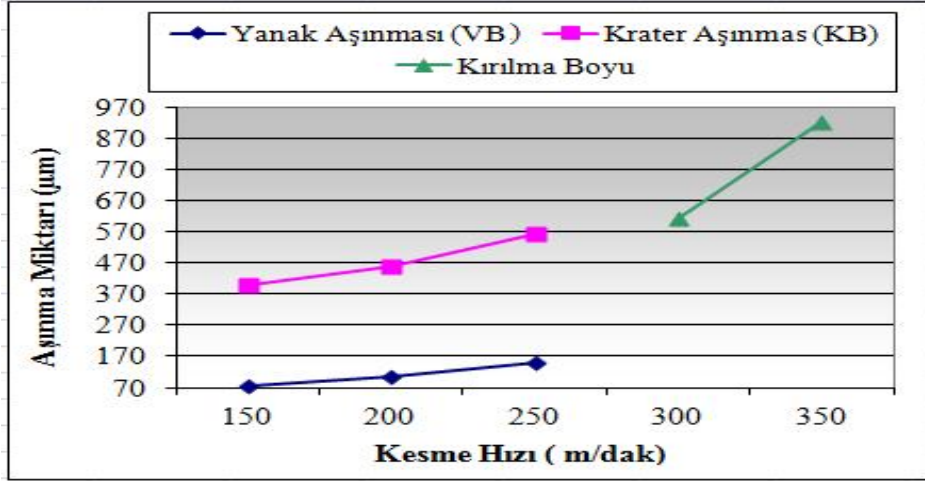


Şekil 5.24. Kaplamasız sermet takım meydana gelen aşınma türleri
 $V = 250$ m/dak, $f = 0,20$ mm/dev, $a = 1,5$ mm, $r = 0,4$ mm

Kesici takımların aşınma performansları yan yüzey aşınması dikkate alınarak incelendiğinde en iyi aşınma direncini kaplamalı karbür takım ($VB = 30 \mu\text{m}$) göstermiştir. Kaplamalı karbür takımı benzer aşınma tipleri meydana gelen kaplamalı sermet ($VB = 37 \mu\text{m}$) ve kaplamasız sermet ($VB = 50 \mu\text{m}$) takımlar izlemiştir. En kötü aşınma performansının ise kırılmanın meydana geldiği kaplamasız karbür ($VB=168 \mu\text{m}$) takım göstermiştir. Kaplamalı karbür takımında ($\text{Ti}(\text{C,N}) + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiN}$) meydana gelen yanak aşınmasının kaplamalı sermet takıma ($\text{Ti}(\text{C,N})$) göre daha az olması; kaplamalı karbür takımın kaplama katman sayısının daha fazla olmasının yanı sıra kaplama katmanı olarak Al_2O_3 bulunmasıdır. Çünkü; $\text{Ti}(\text{CN})$ çok iyi bir yapışma özelliğine ve çok yüksek aşınma direncine sahiptir. Bundan dolayı en içteki kaplama tabakası olarak kullanılabilir. Bu tabakanın üzerine kaplanacak iki veya daha fazla tabaka kesici uca bir kalkan ve ilave olarak aşınma direnci kazandırır [3]. Ayrıca yanak aşınmasını en aza indirmek için Al_2O_3 kaplı bir kalite seçilebilir [66].

Sermet ve karbür takımlar kendi aralarında incelendiğinde; kaplamalı sermet ve kaplamasız sermet takımda benzer aşınma türleri ve benzer aşınma değerleri görülmekteyken, kaplamasız karbür takımda ise kaplamalı karbür takıma göre farklı

alınarak incelenmiştir (Şekil 5.25). Ayrıca Şekil 5.26’da meydana gelen aşınmaların resimleri verilmiştir.



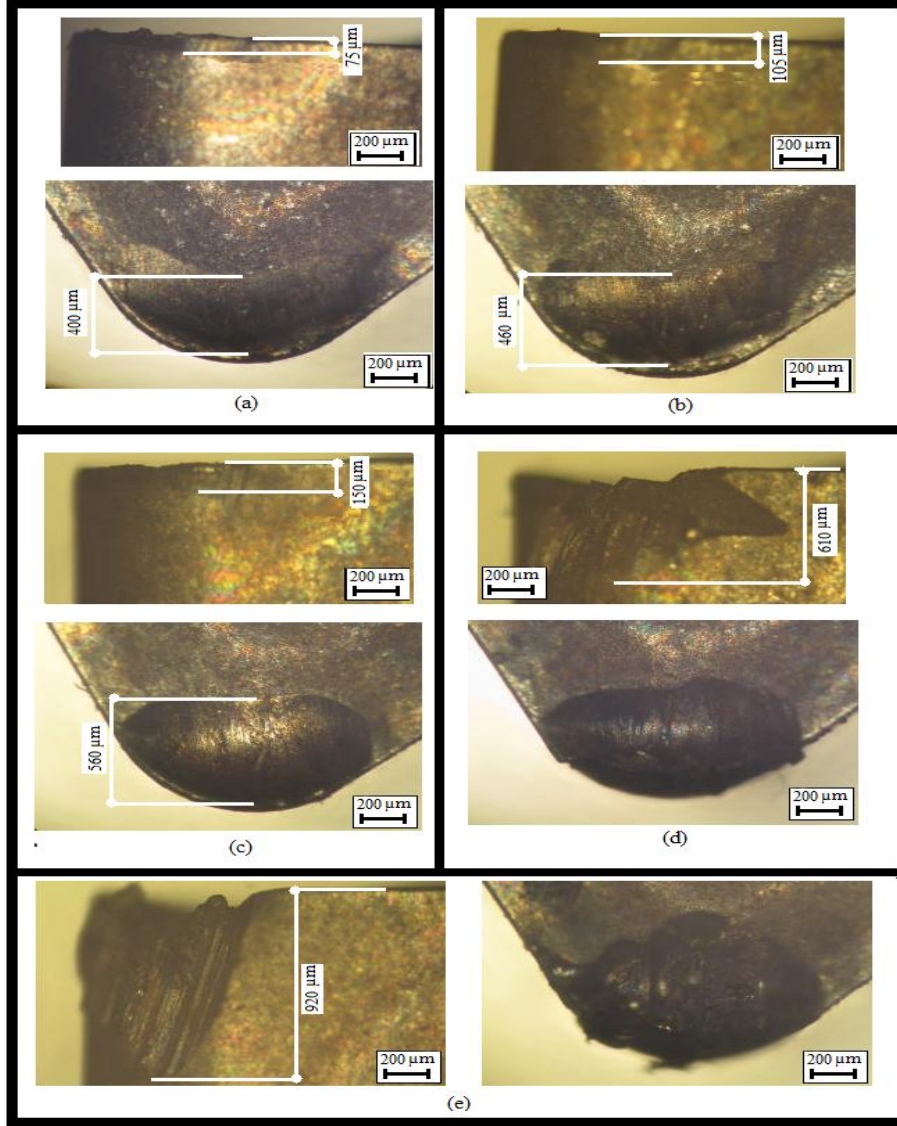
Şekil 5.25. Kaplamsız karbür takımında kesme hızının yanak aşınması, krater aşınması ve kırılma boyuna etkisi

Kesme hızı değerinin arttırılması ile kesici takımdaki yanak aşınması ve krater aşınmasında sürekli bir artış olmuştur. Kesici takımında meydana gelen kırılma nedeni ile 300 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında VB ve KB değerleri ölçülememiştir (Şekil 5.26.d-e). Bunun yerine meydana gelen kırılmanın boyu ölçülerek kesme hızının takım kırılmasındaki etkisi incelenmiştir. 300 m/dak kesme hızında meydana gelen takım kırılmasının boyu 610 μm (Şekil 5.26.d) iken kesme hızının 350 m/dak olması ile takım kırılma boyu %50,81’lik bir artışla 920 μm (Şekil 5.26.e) olmuştur. Kesici takım kırılması kesme hızının artışı ile birlikte buna paralel olarak KB değerindeki artıştan dolayı kesici uçun zayıflaması ile olmuştur.

Kesme hızının değiştirilmesi ile VB değerindeki en büyük artış kesme hızı değerinin 200 m/dak’dan 250 m/dak’ ya arttırılmasıyla VB max değerinin 105 μm ’den (Şekil 5.26.a), 150 μm ’ye (Şekil 5.26.b) çıkması ile meydana gelen artış %42,85 olmuştur.

Ayrıca 150 m/dak kesme hızında (Şekil 5.26.a) çentik aşınması meydana gelmezken kesme hızının artırılması ile çentik aşınması meydana gelmeye başlamış ve kesme hızına paralel olarak çentik boyu artmıştır. 200 m/dak kesme hızında (Şekil 5.26.b)

çentik boyu 200 μm iken kesme hızın %25 artırılması ile 250 m/dak kesme hızında (Şekil 5.26.c) çentik boyu %40 artarak 280 μm olmuştur.



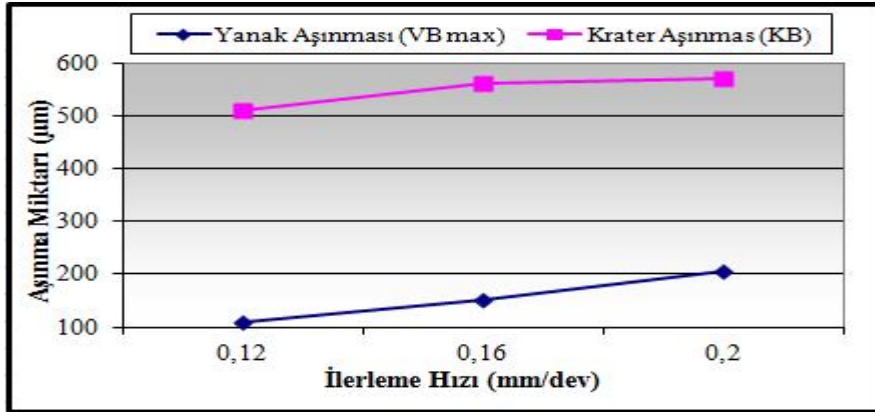
Şekil 5.26. r: 0,8 mm, f: 0.16 mm/dev, a: 1 mm kaplamasız karbür takımla işlemede kesme hızına bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi
a) V=150 m/dak, b) V=200 m/dak, c) V=250 m/dak, d) V=300 m/dak, e) V=350 m/dak

Kesme hızının artırılması ile krater aşınması artmaktadır. Krater aşınmasındaki en büyük değişim ise kesme hızı değerinin 200 m/dak'dan 250 m/dak'ya arttırılmasıyla KB değerinin 460 μm 'den (Şekil 5.26.b), 560 μm 'ye (Şekil 5.26.c) çıkması ile oluşan artış %21.73 olmuştur.

Kesme hızının değişmesi ile artan aşınma değerlerinin değişimi beklenen bir durumdur. Çünkü artan kesme hızı sıcaklığı çok hızlı bir şekilde artırmaktadır. Sıcaklığın takım ömrünün etkileyen en önemli faktör olması kesme hızının neden takım ömrünü olumsuz yönde etkilediğinin yanıtıdır [3].

İlerleme hızının aşınmaya etkisi

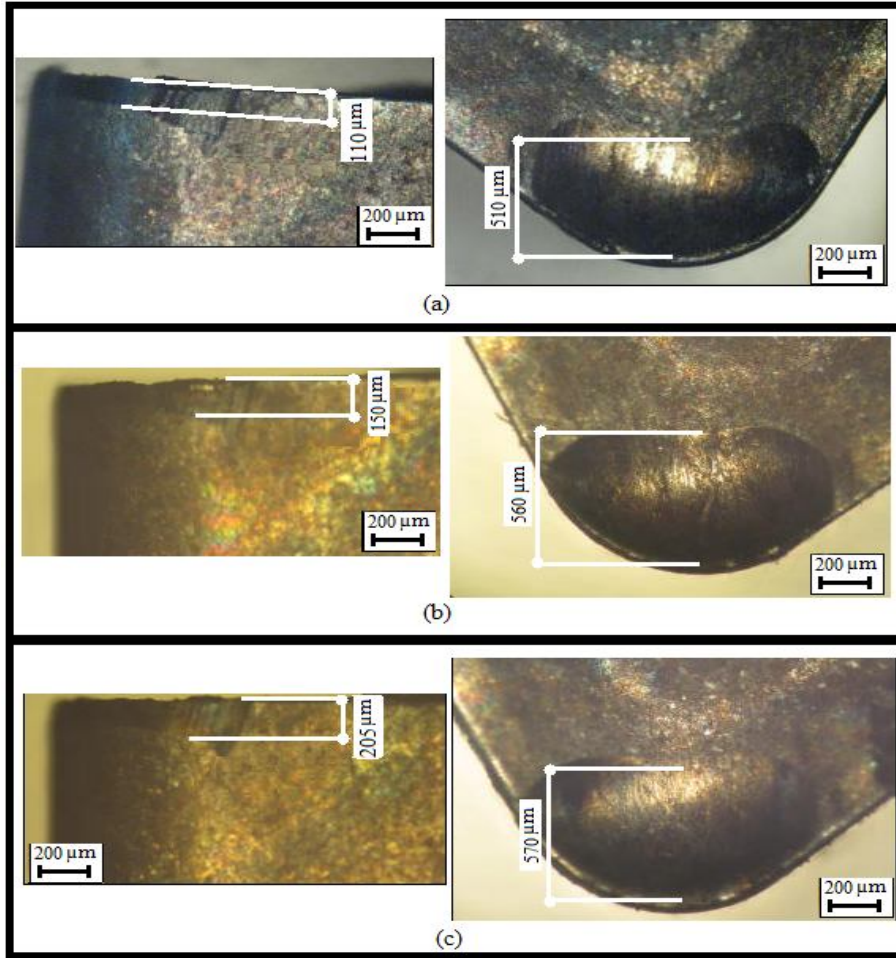
İlerleme hızının artırılması ile VB ve KB değerinde sürekli artış meydana gelmiştir (Şekil 5.27). VB değerinde en büyük değişim ilerleme hızın 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılması ile VB değerinin 150 μm 'den (Şekil 5.28. b), 205 μm 'ye (Şekil 5.28.c) çıkmasıyla %36,66 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.27. Kaplamasız karbür takımda ilerleme hızının yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi

KB değerindeki en büyük değişimde ilerleme hızının 0,12 mm/dev'den (Şekil5.28.a), 0,16 mm/dev'e (Şekil 5.28. b), çıkarılması ile KB değerinin 510 μm 'den 560 μm 'ye artması ile %9,80 olarak gerçekleşmiştir. Değerler incelendiğinde ilerleme hızının artmasından yanak aşınması krater aşınmasına göre daha çok etkilenmektedir.

Ayrıca ilerleme hızının değiştirilmesi meydana gelen çentik boylarında da ilerleme hızıyla doğru orantılı değişme meydana geldiği görülmektedir. 0,12 mm/dev ilerleme hızında çentik boyu hızı 250 μm (Şekil 5.28.a) iken, 0,16 mm/dev ilerleme hızında 280 μm (Şekil 5.28.b), 0,20 mm/dev ilerleme hızında 300 μm 'dir.

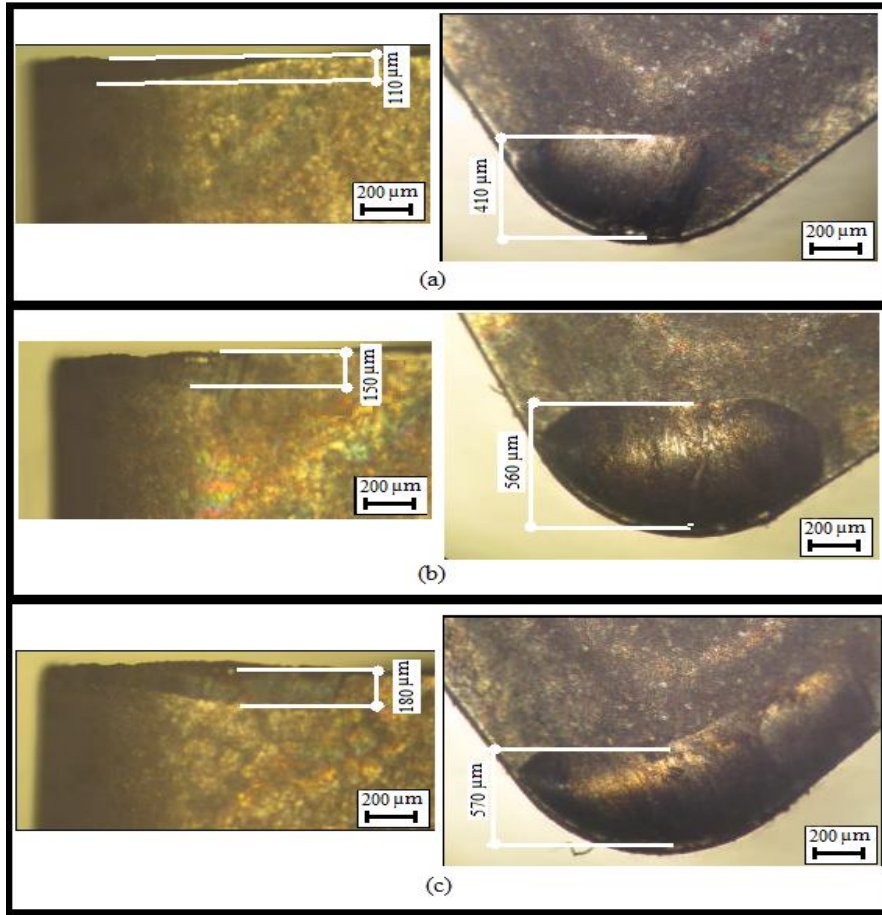


Şekil 5.28. $r: 0,8$ mm, $V:250$ m/dak, a: 1 mm kaplamasız karbür takımla işlemede ilerleme hızına bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi
a) $f:0,12$ mm/dev, b) $f= 0,16$ mm/dev, c) $f=0,20$ mm/dev

İlerleme hızının artmasıyla meydana gelen bütün aşınma tiplerinin değerlerinde artışlar olmaktadır. Fakat bu artışlar kesme hızının değişmesi ile oluşan artışlara göre daha azdır. Bu durum; ilerleme hızının takım aşınmasında kesme hızından daha az etkili olduğunun göstermektedir [66].

Talaş derinliğinin aşınmaya etkisi

Talaş derinliğinin artırılması ile yanak aşınması (VB) ve krater aşınması (KB) artmıştır. Ayrıca kesme hızı ve ilerleme hızının değiştirilmesi ile krater boyu ve yanak aşınmasının boyunda önemli bir değişiklik meydana gelmezken, talaş derinliğinin artışı ile paralel şekilde artmıştır (Şekil 5.29, 30).



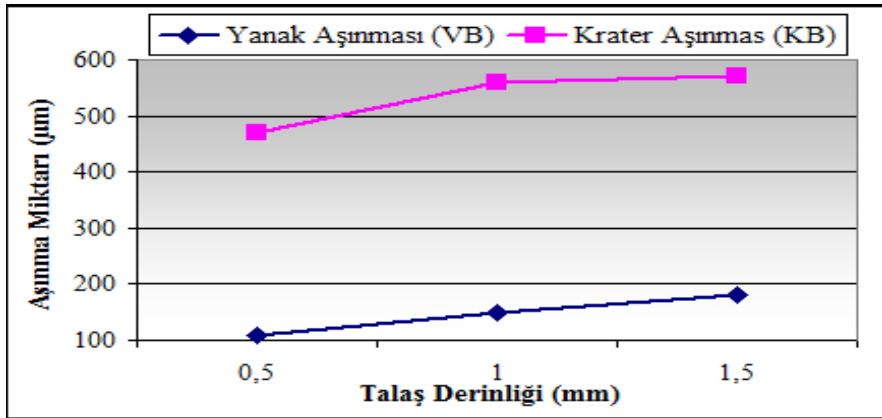
Şekil 5.29. $r: 0,8 \text{ mm}$, $V: 250 \text{ m/dak}$, $f: 0,16 \text{ mm/dev}$ şartlarında kaplamasız karbür takım ile işlemede talaş derinliğine bağlı olarak VB ve KB miktarının değişimi a) a: 0,5mm, b) a: 1mm, c) a: 1,5mm

Talaş derinliğini değiştirilmesi ile VB değerindeki en büyük değişim talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılmasıyla VB değerinin 110 μm'den (Şekil 5.29.a), 150 μm'ye (Şekil 5.29.b) artmasına bağlı olarak %36,36 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5.30).

KB' deki en büyük değişim ise yine talaş derinliğinin 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile KB değerinin 470 μm'den (Şekil 5.29.a), 570 μm'ye (Şekil 5.29.b) artması ile %19,14 olmuştur.

Talaş derinliğinin en etkin rolü oynadığı aşınma değeri ise krater uzunluğu ve yanak aşınması boyu olmuştur (Şekil 5.29.a-b-c). 0,5 – 1 – 1,5 mm derinliğinde meydana

gelen yanak aşınmasının uzunlukları sırası ile 613 μm , 917 μm ve 1125 μm 'dir. Bu durum artan talaş derinliğinin talaş kesitini uzatmasından dolayı olmaktadır. Ayrıca talaş derinliğinin takım ömrüne etkisi kesme hızına ve ilerleme hızına göre az olması Işık'ın yaptığı çalışma ile paralellik göstermektedir [10]. Talaş derinliğinin takım ömrüne etkisinin fazla olmamasına rağmen; artan krater boyu takım ucunu zayıflatacağı için takım kırılmalarında etkin bir role sahip olduğunu göstermektedir.



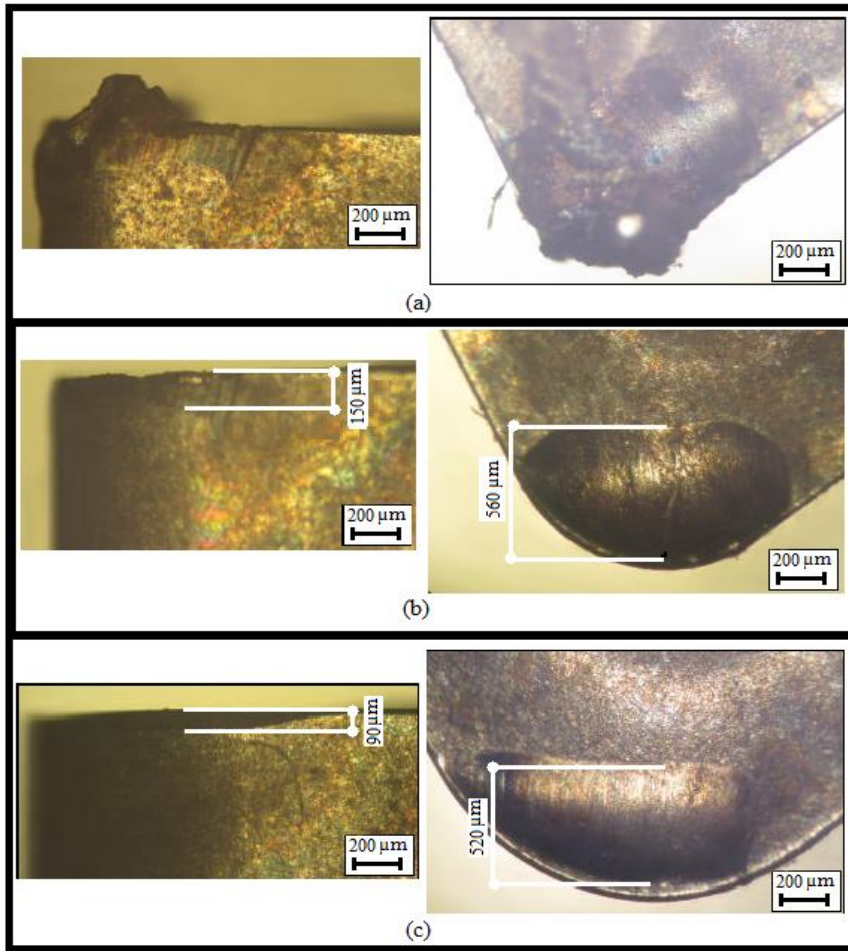
Şekil 5.30. Kaplamasız karbür takımda talaş derinliğinin yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi

Kesici takım uç yarıçapının aşınmaya etkisi

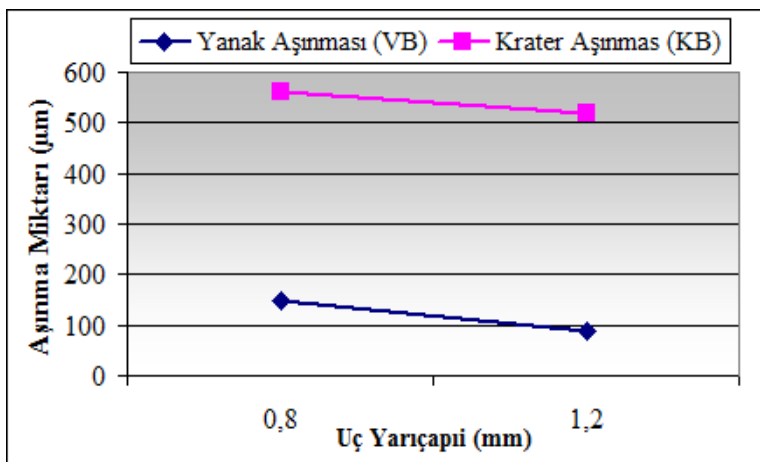
0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımın yan kenarında kırılma meydana gelmiştir. Kırılma sonrası kesici takım kesme işlemini tam gerçekleştirmediği için meydana gelen sürtünmeden dolayı kesici takımda BUE oluşmuştur (Şekil 5.31.a). Bu nedenle 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takım VB ve KB değerleri ölçülmemiştir.

Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile yanak aşınması üniform bir yapıya kavuşmuştur (Şekil 5.31.c).

Kesici takım uç yarıçapı hariç bütün kesme parametrelerinin artırılması ile aşınma miktarında (VB ve KB) artış meydana gelirken uç yarıçapına bu durum tam tersi olarak gerçekleşmiştir. Bu durum kesici takım uç yarıçapının artması ile kesici takımın aşınmaya karşı direncinin arttığının göstermektedir.



Şekil 5.31. V: 250 m/dak, f:0,16 mm/dev, a:1 mm kaplamasız karbür takımla işlemede uç yarıçapının VB ve KB miktarına etkisi
a) r:0,4 mm, b) r: 0,8 mm, c) r: 1,2 mm



Şekil 5.32. Kaplamasız karbür takımında uç yarıçapının yanak aşınması ve krater aşınmasına etkisi

Uç yarıçapının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılması ile yanak aşınmasındaki VB değeri 150 μm 'den 90 μm 'ye düşmüş ve değişme oranı % 40 olarak gerçekleşmiştir. Krater aşınmasındaki KB değeri ise 560 μm 'den 510 μm 'ye düşmüş ve değişme oranı %7,14 olarak meydana gelmiştir (Şekil 5.31.b-c).

5.5. Kesme Parametrelerini Talaş Şekli Üzerine Etkisi

Talaşlı imalatla işlenebilirliği değerlendirmek için talaş şekilleri literatüre bağlı kalarak 12 sınıfa ayrılmıştır [76, 78]. Talaş şekilleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Talaşlı imalatla oluşması istenilen 5 çeşit talaş şekilli vardır;

Düz spiral talaş,
Konik spiral talaş,
Kısa tüp talaş,
Kısa konik helis talaş,
Kısa helis rondela biçimli talaş.

Talaşlı imalatla işleme için kabul edilebilir 4 çeşit talaş şekli vardır;

Uzun konik helis talaş,
Uzun tüp tipi talaş,
Bitişik kavisli talaş,
Kapak kavisli talaş.

Talaşlı imalatla oluşması istenilmeyen 3 çeşit talaş şekli vardır;

Şerit talaş,
Dolaşık talaş,
Helis rondela biçimli uzun talaştır,

Oluşan talaş şekilleri yukarıdaki özelliklere göre değerlendirilmiştir. Oluşan talaşlar istenilen talaş şekli, kabul edilebilir talaş şekli ve istenilmeyen talaş şekli olmak üzere üç sınıfta gruplandırılmıştır. Kullanılan kesici takım malzemesine göre incelenen talaş şekilleri Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Ayrıca deneyler esnasında oluşan talaş şekilleri EK-2’de verilmiştir

Çizelge 5.2. Kaplamalı karbür takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması

		İSTENİLEN TALAŞ ŞEKLİ					KABUL EDİLEBİLİR TALAŞ ŞEKLİ					İSTENİLMEYEN TALAŞ ŞEKLİ				
Talaş Derinliği 1,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 1 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 0,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
		150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak	150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak	150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak
		Uç Radüsü = 0,4 mm					Uç Radüsü = 0,8 mm					Uç Radüsü = 1,2 mm				

Çizelge 5.3. Kaplamasız karbür takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması

		İSTENİLEN TALAŞ ŞEKLİ					KABUL EDİLEBİLİR TALAŞ ŞEKLİ					İSTENİLMEYEN TALAŞ ŞEKLİ				
Talaş Derinliği 1,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 1 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 0,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
		150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak	150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak	150 m/dak	200 m/dak	250 m/dak	300 m/dak	350 m/dak
		Uç Radüsü = 0,4 mm					Uç Radüsü = 0,8 mm					Uç Radüsü = 1,2 mm				

Çizelge 5.4. Kaplamalı sermet takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması

		İSTENİLEN TALAŞ ŞEKLİ					KABUL EDİLEBİLİR TALAŞ ŞEKLİ					İSTENİLMEYEN TALAŞ ŞEKLİ				
Talaş Derinliği 1,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 1 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 0,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
		150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak	150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak	150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak
		Uç Radüsü = 0,4 mm					Uç Radüsü = 0,8 mm					Uç Radüsü = 1,2 mm				

Çizelge 5.5. Kaplamasız sermet takımla iş parçasının bütün deney değişkenlerinde işlenmesiyle oluşan talaş şekillerinin sınıflandırılması

		İSTENİLEN TALAŞ ŞEKLİ					KABUL EDİLEBİLİR TALAŞ ŞEKLİ					İSTENİLMEYEN TALAŞ ŞEKLİ				
Talaş Derinliği 1,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 1 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
Talaş Derinliği 0,5 mm	0,20 mm/dev															
	0,16 mm/dev															
	0,12 mm/dev															
		150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak	150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak	150 m/dak	175 m/dak	200 m/dak	225 m/dak	250 m/dak
		Uç Radüsü = 0,4 mm					Uç Radüsü = 0,8 mm					Uç Radüsü = 1,2 mm				

Çizelgeler incelendiğinde istenilen talaş şekilleri en çok kaplamalı karbür takım da elde edilmiştir. Kaplamalı karbür takımı sırası ile kaplamalı sermet, kaplamasız sermet ve kaplamasız karbür takımlar izlemiştir. Farklı kesici takımlarda farklı şekilde

talaş oluşması kesici takımda meydana gelen aşınmanın talaş şeklini doğrudan etkilediğinin göstermektedir. Kesici takımlarda oluşan aşınma türleri dikkate alındığında talaş şeklinin değişmesine en çok etki eden aşınma türleri sırasıyla kesici uçun kırılması, plastik deformasyon, krater aşınması ve yanak aşınması olmuştur.

Plastik deformasyon etkisi kesici takım geometrisinin değişmesine bağlı olarak oluşan talaşın daha geç kırılmasıyla talaş boyunun uzamasından kaynaklanmaktadır.

Krater aşınmasının etkisi ise takım talaş yüzeyinde oluşan çukurun K_T derinliğinin artması ile oluşan talaş daha erken eğilmeye başladığı için talaş kırılması olması gerekenden daha önce olmasıyla talaş boyunun kısalmasından kaynaklanmaktadır.

Kesme parametrelerinin talaş şekillerine etkileri incelendiğinde en etkin parametreler sırasıyla ilerleme hızı, kesici takım uç yarıçapı, talaş derinliği ve kesme hızıdır.

İlerleme hızının artırılması ile kesici takımın birim zamanda aldığı yol daha fazla olacağı için talaş oluşumu sırasında oluşan gerilmelerde de artış olacaktır, talaş bu gerilmelere dayanamayacağı için talaş kırılmaları daha erken oluşmaya başlamaktadır ve talaş boyunda kısalma olmaktadır.

Kesici takım uç yarıçapının artırılmasıyla buna paralel olarak oluşan talaşın radüsü de büyümektedir. Radüsün daha büyük olması ile talaşta birim alana yüklenen iç enerjide azalma olacaktır. Bu durum talaşın kopma dayanımına daha geç ulaşmasına sebebiyet verdiğinden talaş boyu uzamaktadır. Talaş boyunun uzamasıyla spiral yada helisel talaş şekilleri oluşmaya başlamaktadır.

Talaş derinliğin artırılması ile talaşın kesit alanında artış olacaktır. Soğuk şekillendirme işleminde küçük kesitli parçaların daha kolay şekil aldığı düşünüldüğünde bu sayede oluşan talaşın boyunda artış olacaktır. Kalın kesitli talaşta ise soğuk şekillendirme işlemi daha zor olacağından daha fazla kuvvete ihtiyaç duyacaktır. Oluşan talaş bu kuvvete dayanamadığı için kopma erken gerçekleşmekte ve talaş boyu kısalmaktadır.

Kesme hızının artırılması ile talaş oluşumuna etkisi talaş derinliği ile benzer özellik göstermektedir. Çünkü kesme hızın artırılması ile talaşın kesit alanı azalmaktadır. Bu duruma ek olarak kesme hızının artışı ile artan sıcaklık değerinin talaş oluşumuna olumsuz yönde etkisi vardır. Bu durum ise sıcak talaşın kararlı bir şekil almamasıyla açıklanabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; AISI 6150 ıslah çeliğinin torna tezgahında, kaplamalı karbür kaplamasız karbür, kaplamalı sermet ve kaplamasız sermet takım olmak üzere dört farklı kesici takım malzemesi, üç farklı uç yarıçapı (0,4 – 0,8 – 1,2 mm), beş farklı kesme hızı (karbür takımlar için: 150, 200, 250, 300, 350 m/dak; sermet takımlar için: 150, 175, 200, 225, 250 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,12 – 0,16 – 0,20 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği (0,5 – 1 – 1,5 mm) kullanılarak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, takım aşınması ve talaş oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneysel bulgular neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- En iyi yüzey pürüzlülük değeri kaplamsız karbür takımında, 1,2 mm uç yarıçapında, 300 m/dak kesme hızında, 0,12 mm/dev ilerleme hızında, 0,5 mm talaş derinliğinde 0,298 μm olarak elde edilmiştir.
- Diğer kesici takımlarda ise en iyi yüzey pürüzlükleri sırasıyla; kaplamalı sermet takımında 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 250 m/dak kesme hızında 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,345 μm olarak elde edilmiştir. Kaplamalı karbür takımında 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 250 m/dak kesme hızında 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,398 μm olarak elde edilmiştir. Kaplamasız sermet takımında 1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 250 m/dak kesme hızında 0,12 mm/dev ilerleme hızında 0,424 μm olarak elde edilmiştir.
- En kötü yüzey pürüzlülük değeri 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takım ile 1,5 mm talaş derinliğinde 350 m/dak kesme hızında ve 0,20 mm/dev ilerleme hızında 4,159 μm ile meydana gelmiştir.
- Diğer kesici takımlarda ise en kötü yüzey pürüzlükleri sırasıyla kaplamalı sermet takımında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 250

m/dak kesme hızında 0,16 mm/dev ilerleme hızında 1,688 μm olarak elde edilmiştir. Kaplamasız sermet takımında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 150 m/dak kesme hızında 0,12 mm/dev ilerleme hızında 1,775 μm olarak elde edilmiştir. Kaplamalı karbür takımında 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici takımında 1,5 mm talaş derinliğinde 150 m/dak kesme hızında 0,16 mm/dev ilerleme hızında 1,893 μm olarak elde edilmiştir.

- Yüzey pürüzlülüğüne en etkili parametreler, ilerleme hızı ve kesici takım uç yarıçapı iken en az etkiye sahip parametreler ise talaş derinliği ve kesici takım malzemesinin sebep olduğu görülmüştür.
- İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantı vardır, ilerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmaktadır. İlerleme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli artışlar aşağıdaki gibi olmuştur;

İlerleme hızı %33,33 artırılarak 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılmasıyla en önemli artış 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımında 1 mm talaş derinliğinde 175 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinin 0,452 μm 'den 1,083 μm 'ye çıkmasıyla %139,42 olarak gerçekleşmiştir

İlerleme hızı %25 artırılarak 0,16 mm/dev'den 0,20 mm/dev'e çıkarılmasıyla en önemli artış 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 350 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerini 0,322 μm 'den 0,584 μm 'ye çıkmasıyla %81,36 olarak gerçekleşmiştir

- Kesici takım uç yarıçapı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantı vardır, kesici takım uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülük değeri azalmaktadır. Kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli azalmalar aşağıdaki gibi olmuştur;

Kesici takım uç yarıçapı %100 artırılarak 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla en önemli azalma kaplamasız karbür takımla 1,5 mm talaş derinliğinde 300 m/dak kesme hızında 0,16 mm/dev ilerleme hızında yüzey pürüzlülük değerinin 3,293 μm 'den 0,901 μm 'ye düşmesi ile %72,64 olarak gerçekleşmiştir

Kesici takım uç yarıçapı %50 artırılarak 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla en önemli azalma kaplamalı karbür takımla 1,5 mm talaş derinliğinde 200 m/dak kesme hızında 0,12 mm/dev ilerleme hızında yüzey pürüzlülük değerinin 0,732 μm 'den 0,447 μm düşmesiyle % 61,12 olarak gerçekleşmiştir

- Kesme hızının artışı ile stabil bir azalma yada artış meydana gelmemiştir. Kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünde belli bir kesme hızı değerine kadar azalma meydana gelirken bu değerden sonra kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Bu durum ise kesme hızın belli bir değerden sonra artması ile takım aşınmasının hızlanmasından kaynaklanmaktadır.
- Kesme hızının değiştirilmesi ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli artış ve azalma aşağıdaki olmuştur;

Kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli azalma 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımla 1,5 mm talaş derinliğinden 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 150 m/dak'dan 200 m/dak'ya %33,33 artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,814 μm 'den 0,447 μm 'ye düşerek % 45,04 olarak gerçekleşmiştir

Kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen en önemli artış 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımla 1,5 mm talaş derinliğinden 0,12 mm/dev ilerleme hızında kesme hızının 250 m/dak'dan 300 m/dak'ya %20 artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün 0,936 μm 'den 2,379 μm 'ye çıkmasıyla % 154,07 olarak gerçekleşmiştir.

Talaş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğünde sürekli bir artma yada azalma meydana gelmemektedir. Özellikle yüksek ilerleme hızlarında 0,5 mm talaş derinliğinde yüzey pürüzlülük değerleri yüksek çıkarken talaş derinliğin 1 mm olması ile yüzey pürüzlülüklerinde azalmaktadır ve talaş derinliğinin 1,5 mm olması ile yüzey pürüzlülüklerinde artış meydana gelmeye başlamaktadır.

- 0,5 mm talaş derinliğinde yüzey pürüzlülüğünün kötü çıkması; kesici takım kesme işlemi yerine ezme yada darbeli kesme yapmaktadır. Bu durum kesme kuvvetlerinde dalgalanmaya neden olmuştur. Bu durumdan dolayı titreşim oluşarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği düşünülmektedir.
- 0,8 mm ve 1,2 mm uç yarıçaplı takımlarda 0,5 mm talaş derinliğinde özellikle kaplamasız karbür takımda tırlama meydana gelmektedir. 0,4 mm uç yarıçapında tırlama oluşmaması kesici takım uç yarıçapı büyüdükçe meydana gelen titreşimin arttığını, 0,5 mm talaş derinliğinde tırlama meydana gelmesine karşın 1 mm ve 1,5 mm talaş derinliğinde oluşmaması küçük talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğünün titreşimden daha kolay etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca kaplamsız karbür takımda meydana gelen tırlamanın diğer kesici takımlara göre çok fazla meydana gelmesi kesici takım aşınmasının titreşimi arttırdığını göstermektedir.
- Yüzey pürüzlülüğünün oluşumunda kesici takım uç yarıçapı ile minimum verilecek talaş derinliği arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.
- En düşük esas kesme kuvveti 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımla 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 200,59 N olarak meydana gelmiştir.
- Diğer kesici takımlarda ise en düşük esas kesme kuvveti ise sırasıyla; kaplamalı karbür takımda 0,4 mm uç yarıçapında 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 200 m/dak kesme hızında 202,54 N, kaplamasız karbür takımda

- 0,8 mm uç yarıçapında 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 350 m/dak kesme hızında 203,55 N, kaplamalı sermet takımında 0,4 mm uç yarıçapında 0,5 mm talaş derinliğinde 0,12 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 209,28 N olarak meydana gelmiştir.
- En yüksek esas kesme kuvveti 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımla 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 884,39 N olarak meydana gelmiştir.
 - Diğer kesici takımlarda ise en yüksek esas kesme kuvveti ise sırasıyla; kaplamalı karbür takımında 1,2 mm uç yarıçapında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 250 m/dak kesme hızında 859,52 N, kaplamalı sermet takımında sermet takımında 0,4 mm uç yarıçapında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 832,89 N, kaplamasız sermet takımında 0,8 mm uç yarıçapında 1,5 mm talaş derinliğinde 0,20 mm/dev ilerleme hızında ve 150 m/dak kesme hızında 820,63 N olarak meydana gelmiştir.
 - Kesici takım aşınmasına en etkili parametreler; kesici takım malzemesi ve kesme hızı iken en az etkiye sahip parametreler ise ilerleme hızı ve talaş derinliğidir.
 - Esas kesme kuvvetinde en etkili parametreler; talaş derinliği ve ilerleme hızı iken en az etkiye sahip parametreler ise kesici takım uç yarıçapı ve kesici takım malzemesidir.
 - Esas kesme kuvveti ile ilerleme hızı ve talaş derinliğinin artması ile artan talaş kesitine paralel olarak esas kesme kuvvetinde artış meydana gelmektedir.
 - İlerleme hızının değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli artışlar aşağıdaki gibidir.

0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür kesici takımında 0,5 mm talaş derinliğinde 200 m/dak kesme hızında, ilerleme hızının %33,33 artırılarak 0,12 mm/dev'den 0,16 mm/dev'e çıkarılması ile esas kesme kuvvetinin 202,84 N'dan 287,42 N'a artmasıyla %41,90 olarak meydana gelmiştir.

- Talaş derinliğinin değiştirilmesi ile meydana gelen en önemli artış aşağıdaki gibidir.

0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet kesici takımında 0,20 mm/dev ilerleme hızında 250 m/dak kesme hızında, talaş derinliğinin %100 artırılarak 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkarılması ile esas kesme kuvvetinin 280,10 N'dan 582,04 N'a artmasıyla %107,79 olarak meydana gelmiştir.

- Kesme hızı ve kesici takım uç yarıçapının değiştirilmesi ile kesme kuvvetlerindeki değişim hakkında kesin bir yargıya ulaşılmamıştır. Fakat kesme hızının artması ile esas kesme kuvvetinde genel olarak azalma meydana gelirken, kesici takım uç yarıçapının artışı ile esas kesme kuvvetinde genel olarak artış meydana gelmektedir.
- Kesme hızının artması ile esas kesme kuvvetinin artmasının sebebi; kesici takımlarda meydana gelen yanak aşınma miktarı, plastik deformasyon artması veya BUE oluşumunun azalmasıdır. Yanak aşınmasının artması boşluk açısını azaltmakta, plastik deformasyon artması uç yapısının değiştirmektedir ve BUE azalması takım-talaş temas alanını arttırmaktadır. Bunlardan dolayı meydana gelen sürtünme kuvvetinin artışına bağlı olarak esas kesme kuvveti artmaktadır.
- Kesici takım uç yarıçapının düşürülmesi kesme kuvvetlerinin artması özellikle artan plastik deformasyondan dolayıdır.
- Kesici takım aşınmasına en etkili parametreler; kesici takım malzemesi ve kesme hızı iken en az etkiye sahip parametreler ise ilerleme hızıdır ve talaş derinliği

- Sadece kaplamasız karbür takımında kırılma meydana gelmiştir. Kesici takım kırılmasında krater aşınması yanak aşınmasından daha etkin bir role sahiptir. Kesme parametreleri ağırlaştıkça kesici takım kırılma boylarında artışlar olmuştur.
- Aşınma direnci en yüksek takım ise kaplamalı karbür takım olmuştur. Onu sırasıyla kaplamalı sermet ve kaplamasız sermet takım izlemiştir. Kaplamalı ve kaplamasız sermet takımlarda meydana gelen aşınma tipleri ve aşınma miktarları benzerlik göstermektedir, kaplamalı ve kaplamsız karbür takımlarda ise çok farklı aşınma dirençleri göstermiştir.
- Kesme parametrelerin değiştirilmesiyle yanak aşınması krater aşınmasından daha çok etkilenmektedir. Yanak aşınması boyu ve krater boyunun değişmesine en çok etki eden parametre ise talaş derinliğidir.
- Kesici takım uç yarıçapı dışında bütün kesme parametrelerin arttırılması ile yanak aşınması ve krater genişliğinde artışlar meydana gelirken, kesici takım uç yarıçapının arttırılması ile yanak aşınmasında ve krater genişliğinde azalma olmaktadır.
- İstenilen talaş şekillerinin en çok elde edildiği kesici uç kaplamalı karbür takımdır. Kaplamalı karbür takımını sırası ile kaplamalı sermet ve kaplamsız sermet ve kaplamsız karbür takım izlemiştir.
- Kesici takımında meydana gelen aşınma talaş şeklini doğrudan etkilemektedir. Kesici takımlarda oluşan aşınma türleri dikkate alındığında talaş şeklinin değişmesine en çok etki eden aşınma türleri sırasıyla kesici uçun kırılması, plastik deformasyon, krater aşınması ve yanak aşınmasıdır.
- Kesme parametrelerinin talaş şekillerine etkileri incelendiğinde en etkin parametreler sırasıyla ilerleme hızı, kesici takım uç yarıçapı, kesici takım malzemesi, talaş derinliği ve kesme hızıdır.

- Kaba işleme kaplamalı karbür, orta işleme kaplamalı ve kaplamasız sermet, ince işlemede ise kaplamasız karbür takımın kullanılması uygundur.

Yapılan deneyler sonucu bundan sonraki çalışmalara ışık tutması açısından şu tavsiyeler yapılabilir;

- Yapılan araştırmalarda kesme parametrelerinin esas kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve talaş şekillerine etkileri incelenmiştir. Hem tez süresinin hem de tez kapsamının sınırlılığı sebebiyle deney değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişkiler (kesme kuvvetinin yüzey pürüzlülüğü ile arasındaki ilişki, kesme kuvveti ve takım aşınmasına etkisi, talaş şekillerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi vb.) ve kesme parametrelerinin işleme esnasında oluşan sıcaklık, titreşim ve talaş morfolojisine etkileri araştırılamamıştır. Bu konu çerçevesinde bundan sonra yapılacak olan benzer çalışmalarda bu faktörler göz önüne alınarak boyuna tornalama performansının incelenmesi faydalı olacaktır.
- Bununla birlikte AISI 6150 çeliğinin iç çap tornalama, kanal açma, kesintili tornalama yöntemi kullanılarak da işlenebilirliği araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri I”, *Gazi Kitabevi*, Ankara (2003).
2. Dieter, E.G., Mechanical Metallurgy, *Mc Graw-Hill*, U.S.A., 701-725 (1976).
3. Çev:Çakır, M. Ç., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 1-324 (2006).
4. Korkut, İ., Dönertaş, M.A., Şeker, U., “Üç Boyutlu Dinamometre Tasarımı ve İmalatı”, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, 2 (1-2): 115-116 (2000).
5. Trent, E.M., “Metal cutting”, *Butterworths Press*, London, 1–171 (1989).
6. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 2”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara (2001).
7. Demirok, S., “Çeliklerin farklı sertlik oranlarında işlenebilirliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze , 1-6 (2008).
8. Ebrahimi, A., Moshksar, M.M., “Evaluation of machinability in turning of microalloyed and quenched-tempered steels: Tool wear, statistical analysis, chip morphology”, *Journal of Materials Processing Technology* 209: 910–921, (2009).
9. Lima, J.G., Vila, R.F.A., Abraão, A.M., Faustino, M., Paulo Davimb, J., “Hard turning: AISI 4340 high strength low alloy steel and AISI D2 cold work tool steel”, *Journal of Materials Processing Technology* 169:388–395, (2005).
10. Işık, Y., “Investigating the machinability of tool steels in turning operations”, *Materials and Design* 28: 1417–1424, (2007).
11. Bouacha, K., Athmane, M.Y., Mabrouki, T., François Rigal, J., “Statistical analysis of surface roughness and cutting forces using response surface methodology in hard turning of AISI 52100 bearing steel with CBN tool”, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 28:349–361, (2010).
12. Yiğit, R., Çelik, E., Fındık, F., Köksal, S., “Effect of cutting speed on the performance of coated and uncoated cutting tools in turning nodular cast iron”, *Journal of Materials Processing Technology* 204: 80–88,(2008).
13. Thakur, D.G., Ramamoorthy, B., Vijayaraghavan, L., “Study on the machinability characteristics of superalloy Inconel 718 during high speed turning”, *Materials and Design*, 30: 1718–1725, (2009).

14. Arrazola, P.J., Arriola, I., Davies, M.A., “Analysis of the influence of tool type, coatings, and machinability on the thermal fields in orthogonal machining of AISI 4140 steels”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* , 58: 85–88, (2009).
15. Tekiner, Z., Yeşilyurt, S., “Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless steel”, *Materials and Design* 25: 507–513, (2004).
16. Senthil kumar, A., Raja durai, A., Sornakumar, T., “Machinability of hardened steel using alumina based ceramic cutting tools”, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 21: 109–117, (2003).
17. Qian, L., Hossan, M.R., “Effect on cutting force in turning hardened tool steels with cubic boron nitride inserts”, *Journal of Materials Processing Technology* 191: 274–278, (2007).
18. Horng, J., Liu, N., Chiang, K., “Investigating the machinability evaluation of Hadfield steel in the hard turning with Al₂O₃/TiC mixed ceramic tool based on the response surface methodology”, *Journal of Materials Processing Technology*, 208: 532–541, (2008).
19. Arsecularatnea , J.A., Zhanga, L.C., Montross, C., “Wear and tool life of tungsten carbide, PCBN and PCD cutting tools”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46: 482–491, (2006).
20. Ebrahimi, A., Moshksar, M.M., “Study of machinability in boring operation of microalloyed and heat-treated alloy steels”, *Materials Science and Engineering A* 460–461: 314–323, (2007).
21. Samir, K., Khrais, Y.J., Lin, “*Wear mechanisms and tool performance of TiAlN PVD coated inserts during machining of AISI 4140 steel*”, *Wear*, 262: 64–69, (2007).
22. Lalwani, D.I., Mehta, N.K., Jain, P.K., “Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel”, *Journal of Materials Processing Technology* 206: 167–179 (2008).
23. Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Luis figueira, J., Davim, P., “Machinability investigations in hard turning of AISI D2 cold work tool steel with conventional and wiper ceramic inserts”, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27: 754–763, (2009).
24. Çakır, M.C., Işık, Y., “Investigating the machinability of austempered ductile irons having different austempering temperatures and times”, *Materials and Design* 29: 937–942, (2008).

25. Singh Gill, S., Singh, R., Singh, H., Singh, J., “Wear behaviour of cryogenically treated tungsten carbide inserts under dry and wet turning conditions”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 49: 256 – 260, (2009).
26. Ezugwu , E.O., Wang, Z.M., “Titanium alloys and their machinability a review”, *Journal of Materials Processing Technology* 68: 262-274, (1997).
27. Nalbant, M., Gökkaya, H., Toktaş, İ., Sur, G., “The experimental investigation of the effects of uncoated, PVD- and CVD-coated cemented carbide inserts and cutting parameters on surface roughness in CNC turning and its prediction using arti cial neural Networks”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25: 211–223, (2009).
28. Boubekri, N., R, Jaime., Asfour, S., “Development of an aggregate indicator to assess the machinability of steels”, *Journal of Materials Processing Technology* 134: 159-165, (2003).
29. Tanakaa, R., Yamaneb, Y., Sekiyab, K., Narutakib, N., Shiragac, T., “Machinability of BN free-machining steel in turning”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 47: 1971–1977, (2007).
30. Xavior, M.A., Adithan, M., “Determining the influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel”, *Journal of Materials Processing Technology*, 209: 900–909, (2009).
31. Arrazola, P.J., Arriola, I., Davies, M.A., Cooke, A.L., Dutterer, B.S., “The effect of machinability on thermal fields in orthogonal cutting of AISI 4140 steel”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 57: 65–68, (2008).
32. Sreeramareddy, T.V., Sornakumar, T., Venkataramareddy, M., Venkatram, R., “Machinability of C45 steel with deep cryogenic treated tungsten carbide cutting tool inserts”, *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 27: 181–185, (2009).
33. Stoić , A., Kopać B, J., Cukor, G., “Testing of machinability of mould steel 40CrMnMo7 using genetic algorithm”, *Journal of Materials Processing Technology* 164–165: 1624–1630, (2005).
34. Li, Y.D., Yang, Z.G., Liu, Y.B., Li, S.X., Li, G.Y., Hui, W.J., Weng, Y.Q., “The influence of hydrogen on very high cycle fatigue properties of high strength spring steel”, *Materials Science and Engineering* 489: 373–379, (2008).
35. Sevim, İ., “Effect of hardness to fracture toughness for spot welded steel sheets”, *Materials and Design*, 27: 21–30, (2006).

36. Yang, Z.G., Li, S.X., Liu, Y.B., Li, Y.D., Li, G.Y., Hui, W.J., Weng, Y.Q., “Estimation of the size of GBF area on fracture surface for high strength steels in very high cycle fatigue regime”, *International Journal of Fatigue* 30: 1016–1023, (2008).
37. Boujelbene, M., Bayraktar, E., Tebni, W., Ben Salem, S., “Influence of machining parameters on the surface integrity in electrical discharge machining”, *Archives of Materials Science and Engineering*, 37 (2): 110-116, June (2009).
38. Park, K., and Jung C., “The Effect of Compressive Residual Stresses of Two-stage Shot Peening for Fatigue Strength of Spring Steel”, *Proceedings of The Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference Kitakyushu*, Japan, May 26–31, (2002).
39. Zhang, J.M., Li, S.X., Yang, Z.G., Li, G.Y., Hui, W.J., Weng, Y.Q., “Influence of inclusion size on fatigue behavior of high strength steels in the gigacycle fatigue regime”, *International Journal of Fatigue*, 29: 765–771, (2007).
40. Sevim, I., Eryurek, I., “Effect of fracture toughness on abrasive wear resistance of steels”, *Materials and Design*, 27: 911–919, (2006).
41. Pantoja, L.C., Jaramillo, H.E., Avila, J.A., and de Sánchez, N.A., “Determination of optimal parameters in the hardening and tempering process of SAE 6150 steel as an alternative for the manufacturing of springs”, *11th International Conference on Advanced Materials Rio de Janeiro Brazil* September 20-25.
42. Alp, T., and Wazzan, A., “*The Influence of Microstructure on the Tensile and Fatigue Behavior of SAE 6150 Steel*”, *JMEPEG*, 11:351-359, (2002).
43. Bello, J.M., Fernandez, B.J., Lopez, V., and Ruiz, J. J., Sci, M., “Fatigue performance and residual stresses in laser treated 50CrV4 steel”, *International Journal of Fatigue* 18 (3), 214 April (1996).
44. Gruning, A., Grunert, S., Scholtes, B., Biermann, D., Zabel, A., “Machining residual stresses due to turning of a thermo-mechanically worked flange shaft made of steel SAE 6150 a Review with Application”, *Journal of Heat Treatment and Materials*. 63(5): 245-251 (2008).
45. Karam, Y., Maalawi and Mervat A.Badr, “Design Optimization of Mechanical Elements and Structures: a Review with Application”, *Journal of Applied Sciences Research* 5(2): 221-231 (2009).
46. Übeyli, M., Yıldırım, R.O., Ögel, B., “On the comparison of the ballistic performance of steel and laminated composite armors”, *Materials and Design*, 28: 1257–1262 (2007).

47. Venkatachalapathy, V.S.K., and Rajmohan, B., “Experimental Studies on the Grind-Hardening Effect in Cylindrical Grinding”, *Materials And Manufacturing Processes* 18(2): 245–259, (2003).
48. Lİ, C.S., LİU, X.H., and WANG, G.D., “Simulation on temperature field of 50CrV4 automobile gear bar steel in continuous rolling by FEM”, *Journal of Materials Processing Technology* 120 (1-3): 26-29, 15 January (2002).
49. Ebersbach, G., Fabiana, D., Jehnb, H.A., and Rother, B., “Substrate rotation in PVD processes and effects on the performance of coated tools”, *Surface and Coatings Technology* 74-75 (2): 654-657, October (1995).
50. Rotnik, U., Marolt, M., Manojlović, G., Vehovar, L., Božić, S., “*The Influence Of. Hydrogen In Solid Solutions Of Spring Steel*”, *Metabk*, 43 (2): 77-82 (2004)
51. Pantoja, L.C., Misas, O., Bacca, A., Jaramillo, H.E., De Sánchez, N.A., “Determinacion De Parametros Optimos Del Proceso De Temple Y Revenido Del Acero Sae 6150 Como Alternativa Para La Manufactura De Resortes”, *17^o CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, , Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 15 a 19 de Novembro de (2006).*
52. Schmitt-Thomasa, Kh.G., and Bauberger, A., “*Nondestructive detection of hydrogen in steel by vibration damping*”, *NDT International Volume 21, Issue 5*, Pages 327-332, October (1988).
53. Tekaslan, Ö., Gerger, N., Şeker, U., “Cnc Torna Tezgahında Aısı 304 Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Yüzey Pürüzlülüğünü Sağlayacak Kesme Parametrelerinin Tespiti”, *D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü* 16: 97-104, Eylül (2008).
54. Demir, H., Özlü, B., “Sertleştirilmiş 30MnVS6 Mikroalaşımlı Çeliğin Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından İşlenebilirliğinin Araştırılması”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 25 (1-2) 262 - 271 (2009).
55. Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., “Aısı 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kuru Tornalanabilmesine Kesme Parametrelerinin Etkisi”, *2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, 85-94, 11-12 Kasım (2010)- Balıkesir
56. Çiftçi, İ., “Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Takım Kaplamasının Ve Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 20 (2): 205-209, (2005).
57. Gökkaya, H., Sur, G., Dilipak, H., “Pvd Ve Cvd Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneyisel Olarak İncelenmesi”, *TEKNOLOJİ*, 7 (3): 473-478, (2004).

58. Özer, A., ve Bahçeci, E., “A1S1 410 Martensitik Paslanmaz Çeliklerin Kesici Takım Ve Kaplamasına Bağlı İşlenebilirliği”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 24 (4): 693-698 (2009).
59. Neşeli, S., Taşdemir, Ş., YALDIZ, S., “Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı İle Tornalamada Yüzey Pürüzlülüğünün Tahmin Edilmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, XXII (3), (2009).
60. Uzun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., ve Gök, K., “Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirin Sinterlenmiş Karbür Kesici Takım İle Tornalama İşleminde Takım Performansının İncelenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 22 (4): 739-744, (2007).
61. Altın, A., Gökkaya, H., ve Nalbant, M., “İşleme Parametrelerinden Kesme Hızının Inconel 718 Süper Alaşımın İşlenebilirliğine Etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 21 (3): 581-586, (2006).
62. Çiftçi, İ., “A1S1 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğin Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla İşlenmesi Esnasında Oluşan Takım Aşınması”, *Teknoloji*, 7 (3): 489-495, (2004).
63. Karaoğlu, S., “Az Alaşımlı Çeliklerde Karbon Miktarının Plazma Nitrürasyonu Davranışına Etkisi”, *Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi* 6(2) : 47-52 Mayıs (2004).
64. Çiftçi, İ., Türker, M., Şeker, U., “Evaluation of tool wear when machining SiCpreinforced Al-2014 alloy matrix composites”, *Materials and Design*, 25: 251– 255 (2004).
65. Shaw, M.C., “Metal cutting principles”, *Oxford University Press*, Oxford, (1991).
66. Coromant, S., “Modern metal cutting – A practical handbook”, English Edition, *Sandvik Coromant*, Sweden, I-III: (1994).
67. Çev: Çakır, M.C., “Modern Talaşlı imalat Yöntemleri”, , *Uludağ Üniversitesi Yayınları*, Bursa, (2000).
68. Taşgetiren, S., Aslantaş, K., “Tornada kesme için yeni bir sert metal uç tutucusu tasarımı”, *3. GAP Mühendislik Kongresi*, Şanlıurfa,150-157 (2000).
69. Groover, M.P., “Fundamentals of modern manufacturing”, *Prentice-Hall Inc.*,USA, 251–260, 430–639 (1996).
70. Boothroyd, G., *Fundamental of Metal Machining and Machine Tools*, Singapore, (1987).

71. Martin, S.J., *Principles of Engineering Production*., Hong Kong, (1982).
72. Oxley, P.L.B., *Mechanics of Machining*, England, (1989).
73. Asil Çelik, “İşlenebilirlik ve Kalsiyum Uygulaması”, *Teknik Yayın* 12, (1994).
74. Jawahir, I.S., Oureshi, N., Arsecularatne, A ., “On the Interrelationships of Some Machinability Parameters in Finish Turning With Cermet Chip Forming Tool Insert”, *Int. Journ., Mach. Tools. Manufact.* Vol. 32. No. 5, pp. 709-723, (1992)
75. Yu, X.X., Lee, W.B., “The design and fabrication of an alumina reinforced aluminum composite material”, *Composites: Part A*, 31: 245–258 (2000).
76. TS 10329, “Torna kalemleri-ömür deneyi“, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 40-44 (1992).
77. Akkurt, M., “Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları”, *Birsan Yayınevi*, İstanbul 23-90, (1998).
78. Özçatalbaş, Y., “1050, 4140 ve 8620 Çeliklerinin ısıtılma işlemle değişen mikro yapı ve mekanik özelliklerine bağlı işlenebilirlikleri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara , 1-10 (1996).
79. Lazoğlu, İ., ve Serpengüzel, A., Bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) tezgahlarında takım, parça ve talaş sıcaklıklarının yüksek çözünürlüklü kızılaltı kamera yardımıyla incelenmesi, *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu*, MİSAG 193, İstanbul (2006).
80. Degarmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., “Materials and processes in manufacturing”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 214–652 (1997).
81. Şeker, U., Kurt, A., Çiftçi, İ., “Design and construction of a dynamometer for measurement of cutting forces during machining with linear motion”, *Materials and Design*, 23: 355–360 (2002).
82. ASM Handbook, metals handbook, machining., Ninth Edition, Volume 16.
83. Makine Mühendisliği El Kitabı “Üretim ve Tasarım 2.cilt” yayın no:170.
84. Günay, M., “Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2003).
85. Dönertaş, M.A., “Freze Tezgahında Gerilim Ölçme Esaslı, Bilgisayar Bağlantılı Dinamometrenin Tasarımı ve İmalatı”, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (1999).

86. Zhang, J.H., “Theory and technique of precision cutting”, *Pergamon Press*, Oxford, 1-50 (1991).
87. Neşeli, S., Tornalamada Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri. *Selçuk Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 148, Konya.(2006).
88. Balcı, B. AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Malzemenin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi. *Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 87, Ankara.(2008).
89. Gadelmawla, E.S., Koura, M.M., MaksouD, T.M.A., Elewa, I.M., Soliman, H.H. Roughness Parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123, 133-135.(2002).
90. Bayrak, M., Ç (1020) Ç (1040) ve 9SMNPB28 Çeliklerinin Talaşlı İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Uzman Sistemle Hesaplanan Değerlerinin DeneySEL Değerlerle Karşılaştırılması. *Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 155s, Ankara (2002).
91. Gezgin, A., “Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi”. *Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 112s, Ankara.(2007).
92. Can, A. “AISI 6140 Çeliğinin Sermet, PVD ile TiAIN – CVD ile TiN Kaplanmış kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi”, *Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 123, Ankara. (2003).
93. Işık, Y., Çakır, M.C., “hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi “ *TEKNOLOJİ*, (2001), Sayı 1-2, 111-118 (2001).
94. Erdoğan, M., “Mühendislik alaşımlarının yapı ve özellikleri – Cilt 2, Demir dışı alaşımlar”, Çeviri, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 342–345 (2001).
95. Çiftçi, İ., “Alüminyum esaslı kompozitlerde takviye oranı ve boyutunun mekanik özellikler ve işlenebilirlik üzerine etkisinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1–90 (2003).
96. Çakır, M.Ç., “Talaşlı imalat yöntemlerinin ve kesici takımların tarihsel gelişimi”, *Makine Teknik Dergisi*, 4(1): 1-100 (1996).
97. Avuncan, G.,”Talaş kaldırma ekonomisi ve kesici takımlar”, *Makine Takım AS*, İstanbul, 120-280 (1998).

98. Kandemir, K., “Kesici takım malzemesi olarak kullanılan seramikler” Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-3 (1998).
99. Uyanık, C., “Talaşlı imalatta seramik kesicilerin verimliliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-34 (1997).
100. Özcan, E., CNC Tezgahlarda Kullanılan Kesici Takımlarda Takım Aşınmasının Kesme Performansına Dinamik Etkileri, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 168 s. İstanbul.(2001).
101. Keskin, İ., “Malzeme el kitabı”, *Onursan A.Ş.*, Ankara, (1991).
102. Haron C.H. C., Jawaid A., “The effect of machining on surface integrity of titanium alloy Ti – 6Al – 4V”, *Journal of Materials Processing Technology*, 188 – 192 (2005).
103. Gök, K., Erdem M., Gök, A., “AISI 1006 Çeliğinin Tornalama Sürecinde Kesici Takım Uç Yarıçapının Kesme Sıcaklığı Ve Kesme Kuvveti Üzerindeki Etkisinin Numerik Olarak İncelenmesi”, *TUBAV Bilim Dergisi*, 4(1):1-8, (2010).
104. Özçatalbaş, Y., “Düşük Alaşımli Çelikte Yığıntı Talaş Oluşumunun İşleme Özelliklerine etkisi”, *8.Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*, Sayfa 25, ODTÜ, Ankara, (1998).
105. Aydın, B. ve Özçatalbaş, “Y., AA2014 Alaşımının İşlenebilirliğine Yaşlanma Süresinin Etkisi”, *11.Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*, s. 405-412, İstanbul (2002).
106. Liew, W.Y.H, Hutchingsand, I.M. and Williams, J.A., “The Interaction Between Tool Material Environment and Process Conditions in the Machining of Aluminum Alloys”, *Machining Technology*, 3 (2):286-373, UK, (1999).

EKLER

EK – 1 Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
1.	KAPLAMALI KARBÜR 0,4 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	118,50	95,61	224,01	0,707
2.				0,16	130,96	118,18	280,97	1,046
3.				0,20	149,13	125,83	324,99	1,588
4.			200	0,12	100,11	94,04	202,54	0,634
5.				0,16	136,26	113,53	287,42	0,968
6.				0,20	130,27	129,10	318,91	1,106
7.			250	0,12	104,75	98,18	207,18	0,605
8.				0,16	126,87	111,57	268,82	0,941
9.				0,20	120,98	132,03	292,82	1,098
10.			300	0,12	115,11	98,78	221,01	0,745
11.				0,16	121,67	115,97	260,69	0,848
12.				0,20	131,19	133,07	301,35	1,223
13.			350	0,12	112,79	101,66	215,14	0,571
14.				0,16	125,22	117,67	265,79	0,901
15.				0,20	133,35	138,44	311,65	1,238
16.		1	150	0,12	241,91	94,40	380,94	0,673
17.				0,16	257,12	112,69	486,22	1,062
18.				0,20	274,79	142,16	561,65	1,096
19.			200	0,12	236,68	94,74	381,44	0,658
20.				0,16	266,33	109,63	464,19	0,981
21.				0,20	279,55	135,49	551,23	1,199
22.			250	0,12	224,19	95,28	361,93	0,643
23.				0,16	259,12	115,84	460,43	0,968
24.				0,20	284,06	133,22	541,06	1,380
25.			300	0,12	253,06	90,71	379,14	0,765
26.				0,16	246,66	106,36	463,14	0,993
27.				0,20	267,30	132,61	540,69	1,525
28.			350	0,12	249,16	103,79	378,86	0,794
29.				0,16	271,01	113,26	463,98	1,036
30.				0,20	274,34	136,22	544,74	1,741
31.		1,5	150	0,12	366,86	85,03	548,50	0,860
32.				0,16	417,07	103,08	698,04	1,083
33.				0,20	437,23	110,79	814,09	1,893
34.			200	0,12	348,51	75,50	535,42	0,821
35.				0,16	397,50	100,59	671,36	1,057
36.				0,20	443,75	119,44	804,24	1,515
37.			250	0,12	365,74	77,44	528,27	0,837
38.				0,16	399,89	98,19	667,50	1,285
39.				0,20	417,94	122,36	781,89	1,487
40.			300	0,12	365,04	84,88	531,32	0,871
41.				0,16	418,17	99,96	660,79	1,319
42.				0,20	433,66	111,59	801,29	1,557
43.			350	0,12	351,15	86,98	520,74	1,027
44.				0,16	395,03	102,38	652,88	1,417
45.				0,20	447,01	114,81	779,74	1,859

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
46.	KAPLAMALI KARBÜR 0,8 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	101,42	127,48	238,36	0,680
47.				0,16	111,45	141,45	267,26	1,000
48.				0,20	99,46	135,06	308,47	1,536
49.			200	0,12	81,12	106,43	210,08	0,516
50.				0,16	94,19	130,51	257,60	0,914
51.				0,20	97,83	133,91	296,96	1,049
52.			250	0,12	81,18	108,49	213,70	0,568
53.				0,16	95,13	132,06	255,92	0,898
54.				0,20	125,84	174,96	330,47	1,057
55.			300	0,12	82,58	107,88	206,79	0,709
56.				0,16	90,52	139,73	240,65	0,726
57.				0,20	107,20	159,16	295,19	1,189
58.			350	0,12	84,97	118,07	206,97	0,541
59.				0,16	99,22	155,81	246,40	0,851
60.				0,20	103,35	156,47	286,01	1,203
61.		1	150	0,12	199,95	148,86	381,97	0,530
62.				0,16	202,43	144,60	460,80	0,892
63.				0,20	234,67	178,64	502,13	1,043
64.			200	0,12	235,44	163,89	403,76	0,603
65.				0,16	221,03	164,91	474,29	0,866
66.				0,20	237,59	177,01	567,95	1,106
67.			250	0,12	201,68	145,77	382,02	0,607
68.				0,16	247,29	185,37	473,59	0,916
69.				0,20	249,42	200,39	565,05	1,314
70.			300	0,12	204,54	153,08	373,57	0,671
71.				0,16	231,85	185,13	469,10	0,939
72.				0,20	232,44	195,83	538,67	1,344
73.			350	0,12	213,88	160,30	378,24	0,683
74.				0,16	245,49	200,91	473,41	0,986
75.				0,20	271,49	232,16	566,50	1,458
76.		1,5	150	0,12	349,82	153,60	564,20	0,827
77.				0,16	380,28	172,17	692,88	1,041
78.				0,20	454,17	203,88	836,12	1,619
79.			200	0,12	324,34	143,34	541,91	0,732
80.				0,16	381,92	178,54	687,68	1,018
81.				0,20	439,39	207,57	830,46	1,505
82.			250	0,12	355,31	165,64	555,55	0,617
83.				0,16	386,31	174,90	687,68	1,213
84.				0,20	431,16	195,90	813,16	1,420
85.			300	0,12	368,80	172,24	556,46	0,689
86.				0,16	388,41	173,30	670,55	1,069
87.				0,20	400,87	192,01	789,04	1,267
88.			350	0,12	344,55	155,04	536,44	0,891
89.				0,16	398,55	188,44	680,67	1,188
90.				0,20	415,34	193,79	795,28	1,523

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
91.	KAPLAMALI KARBÜR 1,2 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	88,16	147,98	238,49	0,636
92.				0,16	99,04	170,08	283,03	0,780
93.				0,20	98,80	170,37	317,73	1,261
94.			200	0,12	85,93	148,57	236,35	0,486
95.				0,16	92,70	166,86	271,75	0,737
96.				0,20	93,29	168,51	312,32	0,977
97.			250	0,12	82,05	137,85	224,72	0,398
98.				0,16	83,21	155,97	249,81	0,711
99.				0,20	97,96	173,58	310,10	1,018
100.			300	0,12	86,49	148,89	226,71	0,465
101.				0,16	91,31	156,81	264,66	0,508
102.				0,20	108,29	194,62	315,17	1,129
103.			350	0,12	95,05	168,66	228,29	0,503
104.				0,16	94,80	168,80	269,29	0,744
105.				0,20	106,04	195,13	312,07	1,177
106.		1	150	0,12	210,68	227,31	422,83	0,475
107.				0,16	233,54	242,41	502,51	0,696
108.				0,20	237,32	263,87	581,41	0,933
109.			200	0,12	201,45	208,63	395,63	0,550
110.				0,16	220,00	249,48	483,43	0,630
111.				0,20	230,05	262,49	559,51	0,756
112.			250	0,12	192,41	210,68	385,34	0,534
113.				0,16	210,58	225,19	478,13	0,753
114.				0,20	228,16	265,46	557,10	0,989
115.			300	0,12	206,08	215,31	397,75	0,429
116.				0,16	205,18	229,38	463,44	0,778
117.				0,20	226,91	259,10	555,28	1,003
118.			350	0,12	212,43	234,84	393,03	0,506
119.				0,16	221,07	257,63	452,69	0,788
120.				0,20	221,47	267,67	516,78	1,180
121.		1,5	150	0,12	339,69	227,44	582,45	0,815
122.				0,16	388,30	297,91	726,04	0,955
123.				0,20	411,41	308,18	844,48	1,583
124.			200	0,12	337,60	238,63	577,67	0,448
125.				0,16	330,04	239,37	683,00	0,923
126.				0,20	398,61	307,66	820,85	1,376
127.			250	0,12	324,15	224,05	564,84	0,540
128.				0,16	356,08	236,05	688,61	0,904
129.				0,20	409,48	305,07	859,52	1,315
130.			300	0,12	334,19	239,72	567,35	0,546
131.				0,16	366,05	281,89	694,61	0,798
132.				0,20	391,24	310,20	814,91	0,944
133.			350	0,12	328,88	238,22	554,67	0,568
134.				0,16	369,56	282,84	683,83	1,077
135.				0,20	399,06	319,58	804,36	1,336

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
136.	KAPLAMASIZ KARBÜR 0,4 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	106,89	81,76	233,52	0,664
137.				0,16	133,82	110,35	297,55	0,960
138.				0,20	134,46	113,04	332,96	1,116
139.			200	0,12	110,63	80,59	244,74	0,576
140.				0,16	130,45	114,07	293,51	0,707
141.				0,20	130,91	121,40	322,17	0,779
142.			250	0,12	103,15	83,15	234,72	0,389
143.				0,16	107,69	88,69	277,04	0,432
144.				0,20	121,76	109,46	314,47	0,489
145.			300	0,12	99,02	74,06	226,08	0,349
146.				0,16	118,91	91,97	284,59	0,374
147.				0,20	136,86	109,55	336,41	0,442
148.			350	0,12	90,86	62,69	221,70	0,359
149.				0,16	99,51	78,79	262,70	0,448
150.				0,20	115,66	101,48	309,24	0,808
151.		1	150	0,12	202,09	93,45	381,18	0,451
152.				0,16	213,51	94,99	464,07	0,615
153.				0,20	289,01	125,25	599,55	0,755
154.			200	0,12	184,74	80,30	379,39	0,428
155.				0,16	195,87	88,06	455,40	0,670
156.				0,20	240,67	127,18	553,85	0,678
157.			250	0,12	226,69	87,48	411,50	0,362
158.				0,16	219,16	97,47	498,19	0,503
159.				0,20	236,32	112,03	575,73	0,761
160.			300	0,12	203,61	91,38	386,88	0,698
161.				0,16	227,89	113,57	473,69	0,717
162.				0,20	245,80	130,13	551,86	0,806
163.			350	0,12	206,28	80,94	387,97	0,792
164.				0,16	230,62	116,06	458,88	1,193
165.				0,20	222,51	116,67	514,96	1,785
166.		1,5	150	0,12	304,78	102,29	560,15	0,546
167.				0,16	292,59	101,52	644,82	0,796
168.				0,20	378,18	130,53	798,80	1,528
169.			200	0,12	267,04	103,71	522,28	0,483
170.				0,16	275,14	98,77	634,30	1,030
171.				0,20	336,07	134,92	774,01	1,471
172.			250	0,12	283,50	96,07	530,83	0,936
173.				0,16	338,72	115,72	641,11	1,341
174.				0,20	305,61	120,93	726,23	1,983
175.			300	0,12	265,61	101,28	526,67	2,379
176.				0,16	308,79	126,39	671,59	3,293
177.				0,20	353,94	156,67	789,49	3,619
178.			350	0,12	263,85	91,17	529,72	3,511
179.				0,16	290,33	117,74	655,54	4,018
180.				0,20	342,89	161,92	773,93	4,160

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
181.	KAPLAMASIZ KARBÜR 0,8 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	88,77	113,10	228,93	0,642
182.				0,16	98,63	129,04	278,78	0,937
183.				0,20	107,23	146,12	325,58	1,065
184.			200	0,12	84,72	113,38	220,53	0,477
185.				0,16	89,69	119,59	258,83	0,639
186.				0,20	98,53	134,72	307,03	0,713
187.			250	0,12	87,96	115,00	223,75	0,361
188.				0,16	91,10	126,59	265,58	0,394
189.				0,20	98,64	134,26	314,85	0,469
190.			300	0,12	88,86	120,22	225,68	0,328
191.				0,16	91,45	123,32	262,82	0,361
192.				0,20	101,23	134,50	313,96	0,417
193.			350	0,12	74,62	106,01	203,55	0,333
194.				0,16	83,41	115,95	246,81	0,384
195.				0,20	86,77	124,41	292,27	0,683
196.		1	150	0,12	197,31	133,72	405,49	0,419
197.				0,16	220,97	154,18	493,09	0,580
198.				0,20	243,10	177,92	591,00	0,684
199.			200	0,12	181,44	127,60	384,16	0,397
200.				0,16	214,00	151,93	481,87	0,518
201.				0,20	221,11	166,41	562,06	0,598
202.			250	0,12	201,96	134,84	404,28	0,338
203.				0,16	218,63	156,75	489,46	0,488
204.				0,20	229,33	179,13	574,01	0,523
205.			300	0,12	176,73	123,72	383,53	0,498
206.				0,16	198,37	141,55	470,60	0,557
207.				0,20	197,88	160,23	525,03	0,596
208.			350	0,12	176,87	124,64	382,50	0,647
209.				0,16	205,07	152,63	475,85	1,103
210.				0,20	207,47	156,37	547,06	1,636
211.		1,5	150	0,12	320,02	139,77	580,10	0,513
212.				0,16	325,26	163,75	680,54	0,765
213.				0,20	354,19	183,48	816,91	0,921
214.			200	0,12	285,46	137,53	548,67	0,432
215.				0,16	303,68	162,07	669,33	0,535
216.				0,20	347,47	190,91	804,91	0,741
217.			250	0,12	281,87	133,82	543,71	0,417
218.				0,16	295,61	156,48	651,93	0,532
219.				0,20	307,71	170,90	690,47	0,591
220.			300	0,12	269,70	136,80	545,10	0,764
221.				0,16	294,98	153,97	668,35	0,901
222.				0,20	312,87	181,80	807,15	1,114
223.			350	0,12	246,81	121,09	538,04	1,398
224.				0,16	293,47	150,47	671,77	1,621
225.				0,20	295,86	164,14	798,76	1,907

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
226.	KAPLAMASIZ KARBÜR 1,2 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	99,08	161,30	257,13	0,582
227.				0,16	98,99	161,51	292,98	0,839
228.				0,20	105,28	174,76	334,46	0,988
229.			200	0,12	91,45	146,96	244,99	0,392
230.				0,16	101,58	158,80	296,85	0,487
231.				0,20	100,18	163,69	325,13	0,587
232.			250	0,12	93,48	157,62	245,80	0,333
233.				0,16	87,67	146,32	261,61	0,366
234.				0,20	89,83	160,62	308,38	0,455
235.			300	0,12	87,71	143,27	227,44	0,298
236.				0,16	98,17	164,23	281,47	0,339
237.				0,20	96,79	169,85	314,33	0,396
238.			350	0,12	86,64	146,17	234,44	0,315
239.				0,16	88,13	157,42	264,49	0,322
240.				0,20	101,56	179,12	312,84	0,584
241.		1	150	0,12	195,60	195,93	414,26	0,371
242.				0,16	215,57	223,98	495,78	0,535
243.				0,20	222,40	228,13	588,10	0,600
244.			200	0,12	199,75	195,47	420,22	0,328
245.				0,16	219,41	232,71	503,93	0,427
246.				0,20	201,29	217,90	525,95	0,494
247.			250	0,12	178,94	183,02	397,79	0,314
248.				0,16	189,50	205,96	498,77	0,471
249.				0,20	205,80	234,93	539,94	0,486
250.			300	0,12	183,52	187,24	397,77	0,468
251.				0,16	208,36	226,05	485,92	0,481
252.				0,20	212,68	229,78	562,94	0,527
253.			350	0,12	171,84	191,74	371,80	0,566
254.				0,16	176,19	194,58	451,76	1,026
255.				0,20	200,43	233,56	513,84	1,546
256.		1,5	150	0,12	314,98	200,52	592,98	0,476
257.				0,16	346,62	224,20	733,34	0,751
258.				0,20	398,68	264,51	884,39	0,863
259.			200	0,12	335,34	220,20	611,97	0,417
260.				0,16	334,84	227,47	710,54	0,499
261.				0,20	372,02	247,41	833,03	0,647
262.			250	0,12	317,68	204,99	593,13	0,384
263.				0,16	352,70	243,64	711,43	0,502
264.				0,20	359,05	250,15	821,58	0,525
265.			300	0,12	313,27	224,11	585,77	0,604
266.				0,16	319,01	218,09	693,89	0,838
267.				0,20	356,04	253,85	835,43	0,982
268.			350	0,12	319,23	208,66	584,45	1,071
269.				0,16	321,58	222,32	693,23	1,395
270.				0,20	363,90	269,09	814,46	1,784

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
271.	KAPLAMALI SERMET 0,4 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	112,06	69,85	233,10	0,630
272.				0,16	104,40	95,43	263,73	0,904
273.				0,20	123,09	116,40	323,14	1,553
274.			175	0,12	93,70	75,42	213,14	0,622
275.				0,16	128,23	88,32	290,88	0,879
276.				0,20	115,94	99,35	311,02	1,175
277.			200	0,12	102,82	88,45	217,53	0,619
278.				0,16	103,21	83,26	262,92	1,085
279.				0,20	132,22	112,46	320,63	1,493
280.			225	0,12	88,01	74,42	207,35	0,574
281.				0,16	98,33	88,82	248,50	1,163
282.				0,20	123,95	102,78	316,82	1,515
283.			250	0,12	113,08	82,18	226,48	0,596
284.				0,16	99,47	83,69	261,03	1,145
285.				0,20	121,36	121,40	301,84	1,568
286.		1	150	0,12	176,10	68,56	345,67	0,725
287.				0,16	213,74	104,72	438,66	0,974
288.				0,20	267,30	117,22	563,32	1,217
289.			175	0,12	192,82	66,91	363,34	0,713
290.				0,16	229,50	93,92	470,76	1,051
291.				0,20	242,43	123,33	546,40	1,205
292.			200	0,12	216,89	84,58	363,29	0,661
293.				0,16	218,37	107,03	433,33	1,040
294.				0,20	225,94	116,11	523,45	1,135
295.			225	0,12	177,32	76,17	354,22	0,561
296.				0,16	257,66	106,34	480,01	0,762
297.				0,20	232,51	116,76	549,59	0,788
298.			250	0,12	202,97	74,21	352,64	0,711
299.				0,16	205,61	104,78	441,43	0,922
300.				0,20	214,54	116,20	499,92	1,160
301.		1,5	150	0,12	294,64	65,96	508,21	0,753
302.				0,16	358,55	81,94	671,79	0,889
303.				0,20	436,59	101,53	832,89	1,468
304.			175	0,12	244,25	51,97	484,60	0,721
305.				0,16	307,30	77,79	631,81	0,856
306.				0,20	379,30	124,32	801,72	1,217
307.			200	0,12	321,63	51,72	516,02	0,702
308.				0,16	320,00	81,02	628,83	1,041
309.				0,20	386,75	95,85	782,81	1,365
310.			225	0,12	311,11	72,29	515,76	0,718
311.				0,16	341,71	92,55	653,87	1,113
312.				0,20	393,03	101,96	778,89	1,493
313.			250	0,12	236,87	66,79	478,54	0,722
314.				0,16	362,73	83,30	645,58	1,276
315.				0,20	396,99	102,65	782,38	1,688

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
316.	KAPLAMALI SERMET 0,8 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	79,04	103,51	209,28	0,572
317.				0,16	94,30	120,84	275,24	0,873
318.				0,20	104,46	127,03	316,59	1,491
319.			175	0,12	93,50	104,74	237,59	0,509
320.				0,16	104,74	134,25	281,61	0,861
321.				0,20	98,09	135,54	301,12	1,152
322.			200	0,12	83,13	105,16	215,65	0,606
323.				0,16	93,21	126,91	258,50	1,052
324.				0,20	95,37	126,95	303,18	1,336
325.			225	0,12	85,82	110,53	212,88	0,551
326.				0,16	93,74	120,47	260,78	1,075
327.				0,20	99,76	132,16	296,58	1,356
328.			250	0,12	94,98	108,25	233,02	0,531
329.				0,16	94,33	126,30	263,72	0,938
330.				0,20	92,58	126,44	292,20	1,387
331.		1	150	0,12	204,73	134,97	394,89	0,637
332.				0,16	215,52	145,65	479,19	0,935
333.				0,20	223,68	172,28	551,70	1,063
334.			175	0,12	193,27	131,70	380,83	0,611
335.				0,16	225,30	147,84	473,13	0,957
336.				0,20	231,37	175,54	561,68	1,164
337.			200	0,12	176,93	131,38	365,20	0,627
338.				0,16	199,31	157,61	450,80	0,962
339.				0,20	252,34	177,75	559,55	1,091
340.			225	0,12	160,23	111,56	355,03	0,546
341.				0,16	174,12	127,64	445,97	0,724
342.				0,20	188,91	142,44	530,44	0,761
343.			250	0,12	160,31	116,75	351,08	0,589
344.				0,16	189,47	153,56	444,09	0,906
345.				0,20	204,18	155,22	530,71	1,119
346.		1,5	150	0,12	275,76	113,23	534,78	0,694
347.				0,16	325,74	130,95	662,29	0,776
348.				0,20	359,47	153,39	806,82	1,447
349.			175	0,12	253,63	89,31	499,83	0,616
350.				0,16	301,32	133,79	646,05	0,716
351.				0,20	394,17	134,43	801,62	1,119
352.			200	0,12	301,61	96,23	529,59	0,608
353.				0,16	284,73	112,58	629,17	0,923
354.				0,20	307,33	143,81	761,67	1,319
355.			225	0,12	243,86	107,92	503,85	0,684
356.				0,16	283,57	121,02	640,47	1,048
357.				0,20	325,06	148,47	762,20	1,450
358.			250	0,12	243,59	94,68	490,61	0,605
359.				0,16	276,57	123,13	637,11	1,192
360.				0,20	319,09	154,26	766,77	1,546

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
361.	KAPLAMALI SERMET 1,2 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	77,75	116,35	228,58	0,549
362.				0,16	93,01	149,90	281,44	0,831
363.				0,20	91,33	140,06	313,78	1,169
364.			175	0,12	81,68	126,03	231,82	0,445
365.				0,16	89,90	144,19	274,16	0,841
366.				0,20	96,04	156,41	314,92	1,084
367.			200	0,12	81,76	120,87	232,48	0,531
368.				0,16	92,16	140,32	282,57	0,850
369.				0,20	91,02	153,61	309,06	1,304
370.			225	0,12	84,95	137,54	227,61	0,488
371.				0,16	86,00	138,03	260,35	1,013
372.				0,20	96,97	161,87	305,17	1,312
373.			250	0,12	74,37	118,83	218,68	0,345
374.				0,16	84,72	140,36	261,83	0,745
375.				0,20	90,95	146,02	304,03	1,345
376.		1	150	0,12	169,19	160,08	384,08	0,557
377.				0,16	191,30	189,07	475,08	0,872
378.				0,20	205,65	216,91	561,11	1,000
379.			175	0,12	155,93	149,63	370,09	0,392
380.				0,16	179,79	184,49	452,82	0,863
381.				0,20	228,20	224,20	580,61	0,989
382.			200	0,12	168,12	161,37	381,35	0,517
383.				0,16	187,43	188,13	469,33	0,672
384.				0,20	195,98	202,21	545,34	0,710
385.			225	0,12	158,76	159,38	373,75	0,533
386.				0,16	175,63	186,34	458,21	0,680
387.				0,20	203,66	227,46	544,09	0,724
388.			250	0,12	156,00	167,42	366,93	0,551
389.				0,16	190,74	202,03	458,28	0,891
390.				0,20	211,41	238,22	535,94	1,064
391.		1,5	150	0,12	240,77	159,79	521,45	0,583
392.				0,16	305,47	231,69	680,29	0,729
393.				0,20	311,45	226,78	797,13	1,276
394.			175	0,12	276,02	184,60	544,47	0,576
395.				0,16	304,53	220,72	669,80	0,675
396.				0,20	304,05	222,07	793,26	1,071
397.			200	0,12	267,03	169,26	532,14	0,557
398.				0,16	296,90	226,75	669,50	0,863
399.				0,20	339,02	250,24	756,06	1,264
400.			225	0,12	256,95	178,67	522,29	0,563
401.				0,16	283,29	219,33	658,38	0,901
402.				0,20	319,50	230,97	762,82	1,388
403.			250	0,12	275,15	206,70	537,86	0,579
404.				0,16	258,50	185,61	648,88	1,065
405.				0,20	325,92	242,12	793,38	1,478

EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
406.	KAPLAMASIZ SERMET 0,4 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	91,26	68,66	210,90	0,733
407.				0,16	123,07	96,41	289,77	0,935
408.				0,20	124,14	101,86	323,69	1,236
409.			175	0,12	99,19	71,11	220,89	0,724
410.				0,16	120,76	94,90	274,93	0,913
411.				0,20	118,56	106,33	311,47	1,197
412.			200	0,12	93,94	73,78	208,11	0,711
413.				0,16	106,01	87,07	262,90	0,889
414.				0,20	123,31	106,20	318,93	1,212
415.			225	0,12	90,00	72,41	205,12	0,630
416.				0,16	114,54	93,35	263,58	0,919
417.				0,20	117,14	105,27	307,78	1,262
418.			250	0,12	105,62	82,98	216,24	0,561
419.				0,16	103,54	90,74	247,03	1,119
420.				0,20	104,18	97,11	288,29	1,292
421.		1	150	0,12	193,66	69,92	370,28	0,639
422.				0,16	232,99	102,49	460,97	1,127
423.				0,20	248,33	109,14	563,75	1,242
424.			175	0,12	169,25	71,25	353,27	0,633
425.				0,16	225,43	93,18	460,37	1,103
426.				0,20	235,54	115,27	549,57	1,179
427.			200	0,12	202,51	71,17	372,17	0,643
428.				0,16	210,50	85,19	436,78	1,039
429.				0,20	227,13	108,84	517,07	1,153
430.			225	0,12	192,65	79,50	354,90	0,546
431.				0,16	221,39	98,32	441,10	0,962
432.				0,20	221,06	114,17	542,27	1,141
433.			250	0,12	213,39	77,42	369,34	0,808
434.				0,16	221,64	102,03	459,94	1,108
435.				0,20	249,57	118,79	542,71	1,534
436.		1,5	150	0,12	304,06	64,54	523,02	0,794
437.				0,16	347,39	87,02	653,37	1,593
438.				0,20	377,86	96,08	795,83	1,775
439.			175	0,12	303,62	66,71	523,68	0,737
440.				0,16	343,19	80,21	639,84	1,576
441.				0,20	371,32	89,79	780,80	1,765
442.			200	0,12	286,43	75,08	508,36	0,729
443.				0,16	347,75	75,18	639,37	1,381
444.				0,20	394,24	110,86	802,07	1,751
445.			225	0,12	289,50	75,14	507,34	0,776
446.				0,16	314,75	79,90	636,61	1,277
447.				0,20	380,37	99,60	765,91	1,740
448.			250	0,12	303,03	65,89	511,61	0,801
449.				0,16	347,39	96,56	642,56	0,964
450.				0,20	355,36	100,49	762,65	1,549

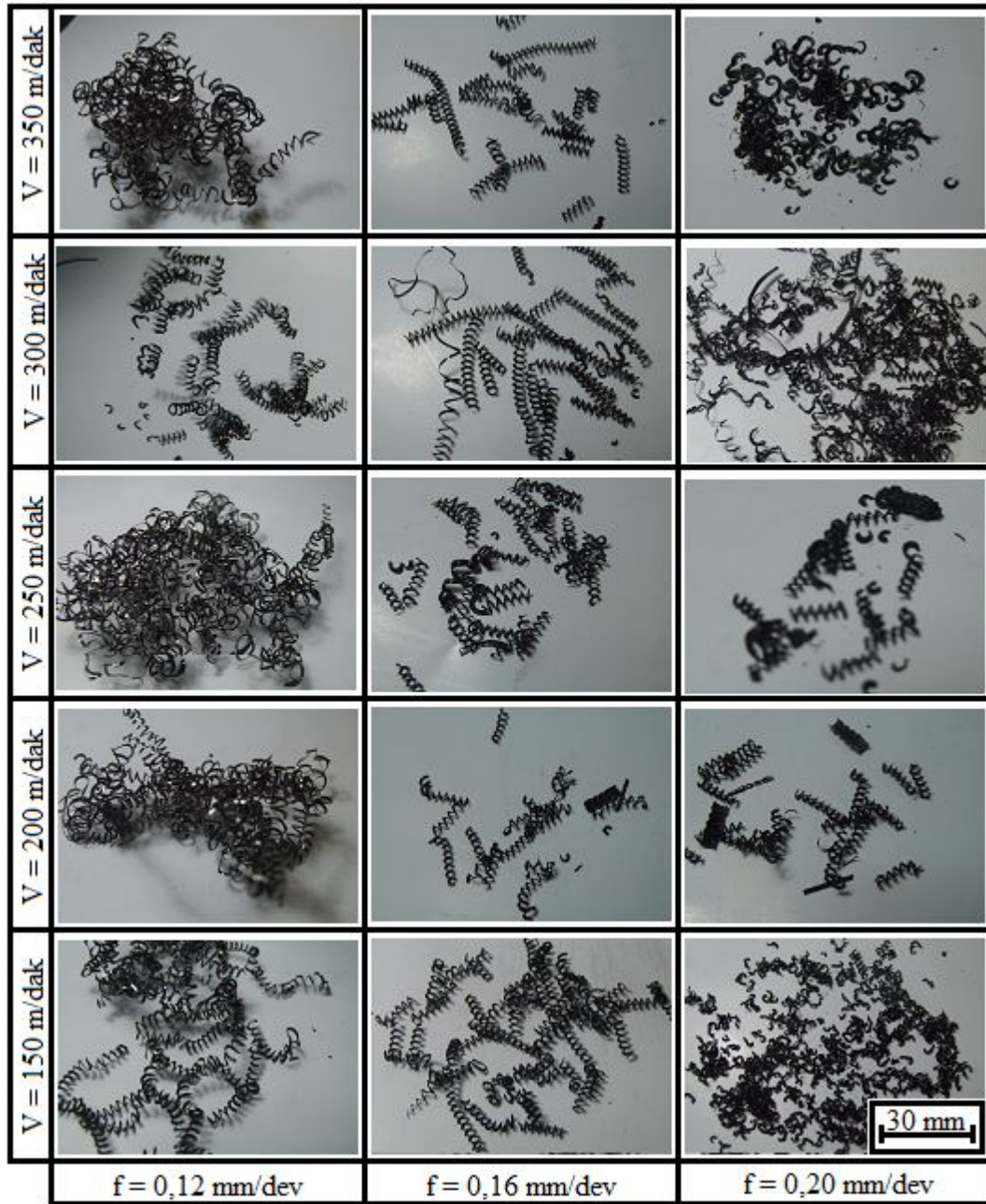
EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
451.	KAPLAMASIZ SERMET 0,8 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	85,41	102,03	221,53	0,705
452.				0,16	86,88	104,94	259,45	0,860
453.				0,20	109,96	145,93	323,58	1,195
454.			175	0,12	98,89	111,64	228,72	0,680
455.				0,16	82,23	103,77	255,33	0,843
456.				0,20	105,99	131,42	314,64	1,176
457.			200	0,12	78,63	95,03	214,95	0,668
458.				0,16	93,53	116,00	259,76	0,866
459.				0,20	96,53	122,04	303,31	1,208
460.			225	0,12	78,37	95,66	209,30	0,594
461.				0,16	90,40	113,24	255,86	0,876
462.				0,20	86,23	116,00	291,80	1,215
463.			250	0,12	69,99	90,44	200,59	0,493
464.				0,16	92,88	117,60	260,57	0,953
465.				0,20	82,61	110,14	280,10	1,253
466.		1	150	0,12	159,21	103,30	364,30	0,544
467.				0,16	218,26	144,99	478,86	1,105
468.				0,20	226,88	161,67	560,26	1,142
469.			175	0,12	173,18	111,88	369,62	0,452
470.				0,16	221,50	149,20	480,41	1,083
471.				0,20	228,22	165,57	564,71	1,134
472.			200	0,12	166,69	111,03	362,87	0,489
473.				0,16	213,39	146,51	476,70	1,022
474.				0,20	251,00	186,12	566,36	1,114
475.			225	0,12	164,14	111,67	358,48	0,521
476.				0,16	182,38	130,33	448,90	0,894
477.				0,20	225,69	164,89	552,07	1,083
478.			250	0,12	176,25	123,37	363,88	0,747
479.				0,16	222,33	158,75	482,35	1,053
480.				0,20	255,33	177,16	582,04	1,469
481.		1,5	150	0,12	277,39	102,34	534,63	0,590
482.				0,16	295,19	117,54	655,63	0,879
483.				0,20	369,68	152,01	820,63	1,198
484.			175	0,12	286,35	116,85	526,08	0,615
485.				0,16	305,48	119,43	658,69	0,856
486.				0,20	325,18	134,25	791,43	1,168
487.			200	0,12	281,51	111,25	531,30	0,663
488.				0,16	288,86	118,30	650,88	0,789
489.				0,20	366,70	153,77	811,97	1,159
490.			225	0,12	291,48	122,59	532,76	0,756
491.				0,16	298,92	121,83	651,67	0,832
492.				0,20	370,46	153,86	803,84	1,282
493.			250	0,12	258,13	105,23	498,21	0,766
494.				0,16	270,51	123,63	616,31	0,814
495.				0,20	343,41	153,30	759,27	1,487

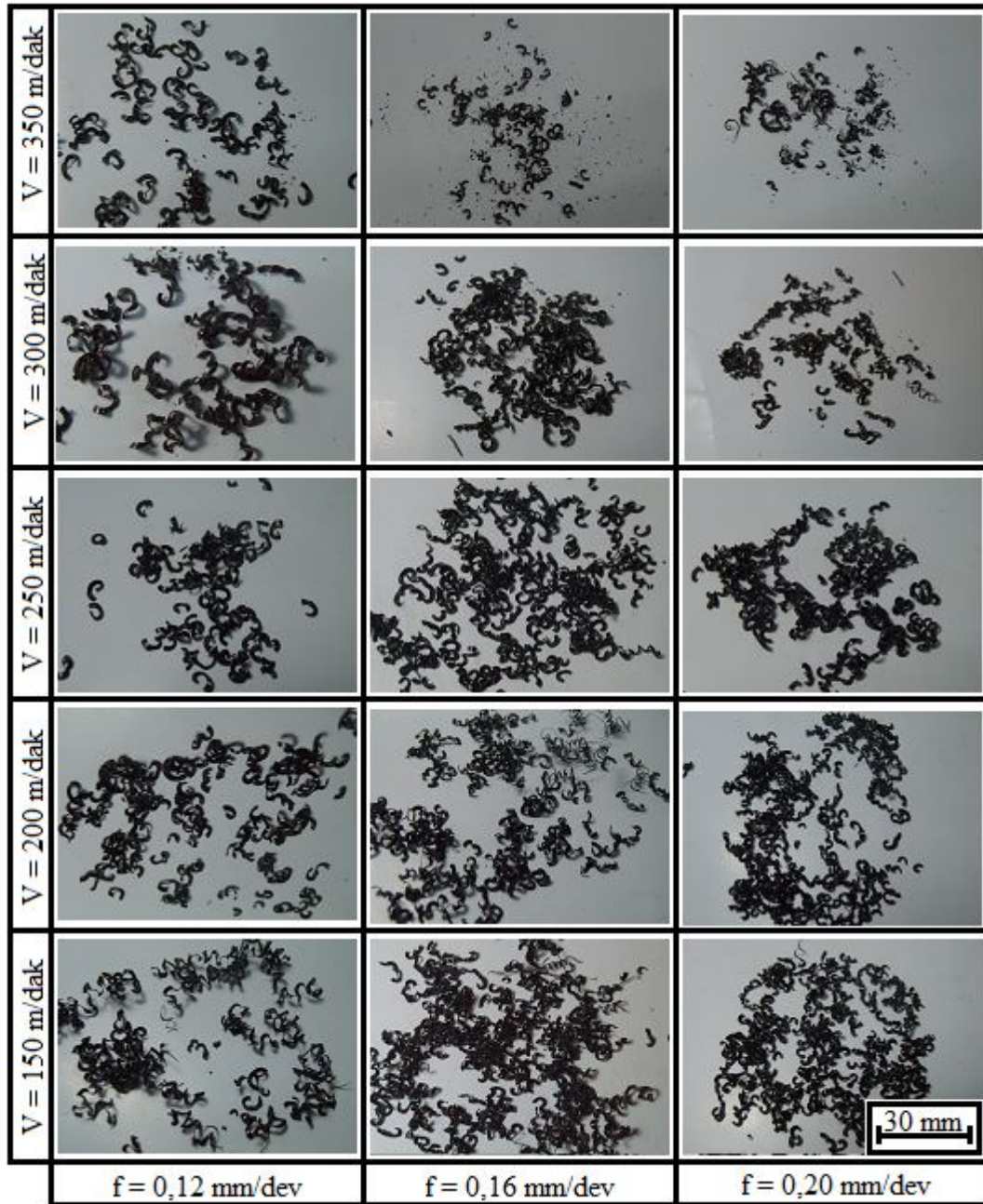
EK – 1 (Devam) Deneysel sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	Kesme Derinliği mm	Kesme hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Ff	Fr	Fc	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) μm
496.	KAPLAMASIZ SERMET 1,2 mm UÇ YARIÇAPI	0,5	150	0,12	72,42	109,61	224,09	0,538
497.				0,16	87,88	138,67	271,99	0,745
498.				0,20	90,34	143,08	309,14	1,145
499.			175	0,12	79,41	120,94	231,42	0,521
500.				0,16	84,03	128,21	266,40	0,733
501.				0,20	87,85	141,16	304,63	1,078
502.			200	0,12	75,63	129,17	219,61	0,507
503.				0,16	83,99	135,40	271,49	0,785
504.				0,20	86,40	134,82	295,94	1,099
505.			225	0,12	84,91	130,29	225,58	0,498
506.				0,16	79,88	128,43	256,66	0,820
507.				0,20	89,09	148,13	302,51	1,113
508.			250	0,12	79,87	124,86	222,73	0,424
509.				0,16	86,21	139,85	263,38	0,888
510.				0,20	87,94	140,43	298,42	1,128
511.		1	150	0,12	170,09	171,06	377,09	0,496
512.				0,16	186,26	195,87	466,99	0,921
513.				0,20	192,00	206,45	533,97	1,059
514.			175	0,12	173,26	176,92	386,93	0,432
515.				0,16	183,81	181,80	469,29	0,908
516.				0,20	209,58	226,64	558,33	0,941
517.			200	0,12	150,45	156,17	354,93	0,478
518.				0,16	163,02	159,71	442,29	0,854
519.				0,20	194,03	218,19	505,38	0,909
520.			225	0,12	164,22	166,27	367,95	0,497
521.				0,16	163,63	168,48	445,60	0,855
522.				0,20	174,24	205,68	524,87	0,939
523.			250	0,12	148,94	147,00	363,72	0,501
524.				0,16	173,83	191,87	440,78	0,886
525.				0,20	177,40	205,74	512,87	0,962
526.		1,5	150	0,12	277,55	181,00	552,99	0,549
527.				0,16	316,81	188,18	689,90	0,842
528.				0,20	328,97	236,54	819,61	1,140
529.			175	0,12	266,02	167,22	536,79	0,541
530.				0,16	328,90	207,29	707,04	0,777
531.				0,20	314,88	237,61	815,70	1,131
532.			200	0,12	253,23	165,76	530,76	0,533
533.				0,16	298,89	182,71	673,61	0,751
534.				0,20	328,98	239,15	785,93	1,012
535.			225	0,12	239,67	169,19	522,99	0,527
536.				0,16	260,17	197,33	624,86	0,736
537.				0,20	309,33	217,09	789,63	1,040
538.			250	0,12	256,82	188,51	535,77	0,507
539.				0,16	252,55	209,31	643,47	0,748
540.				0,20	286,91	218,60	758,06	1,064

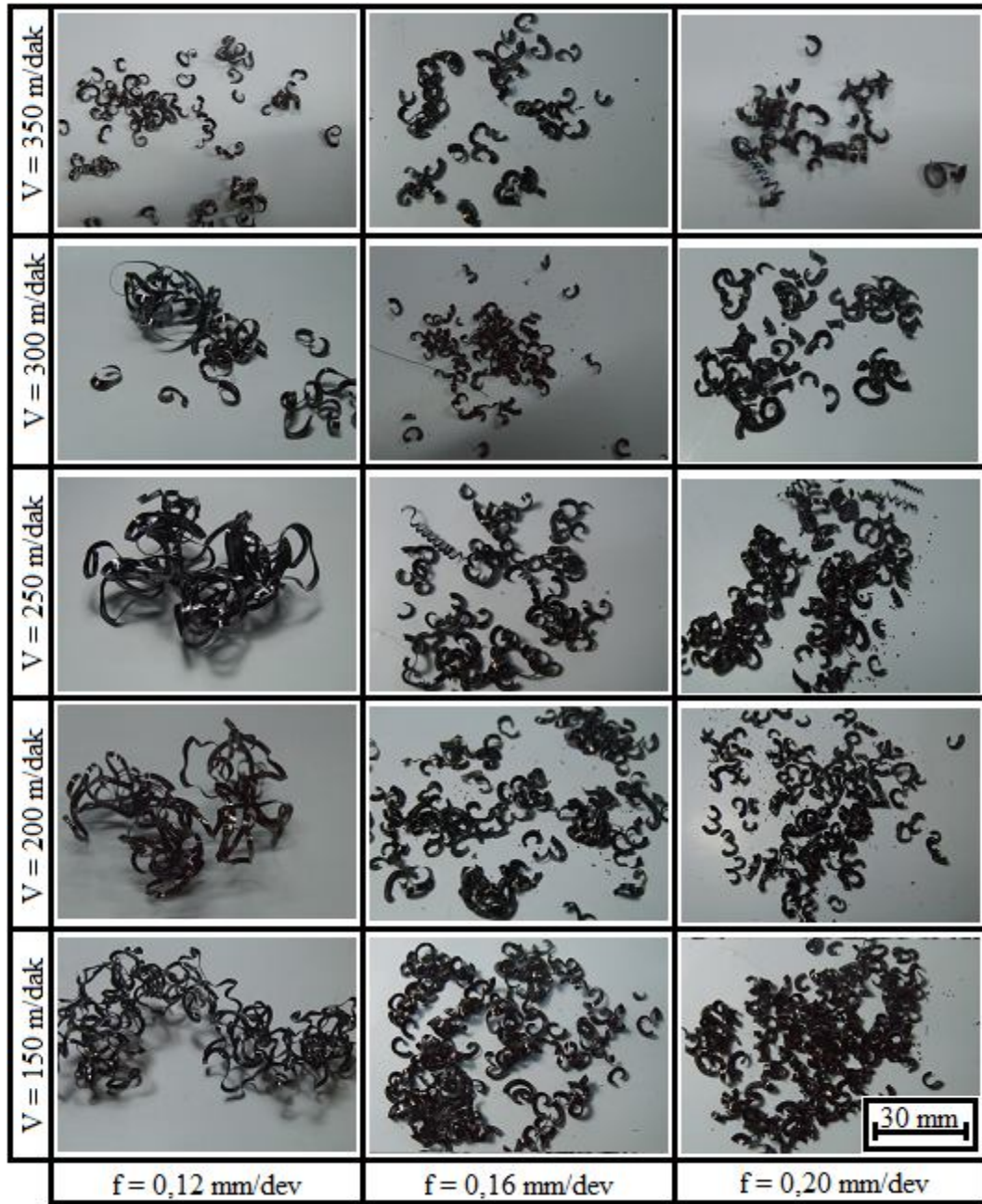
EK – 2 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



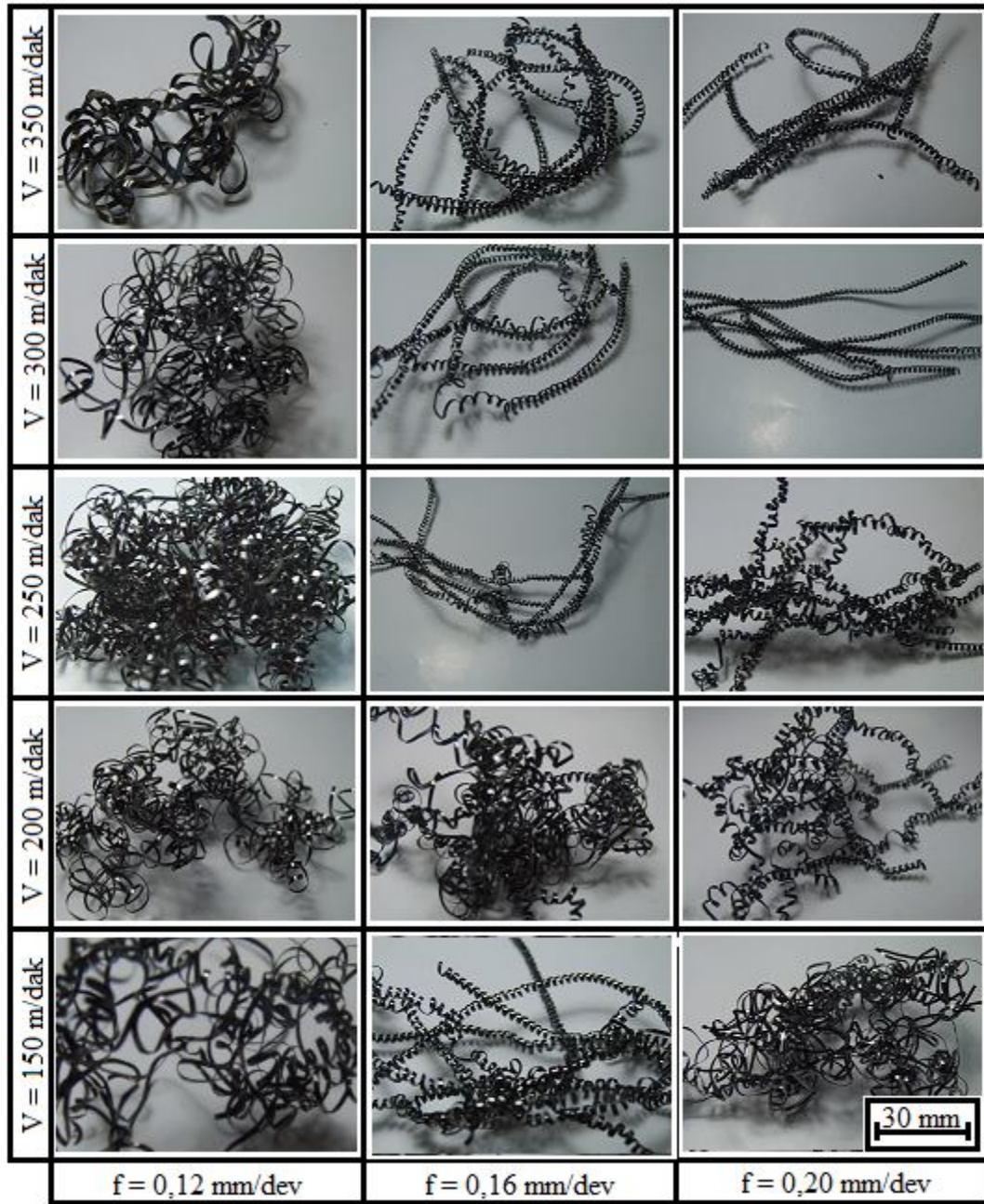
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



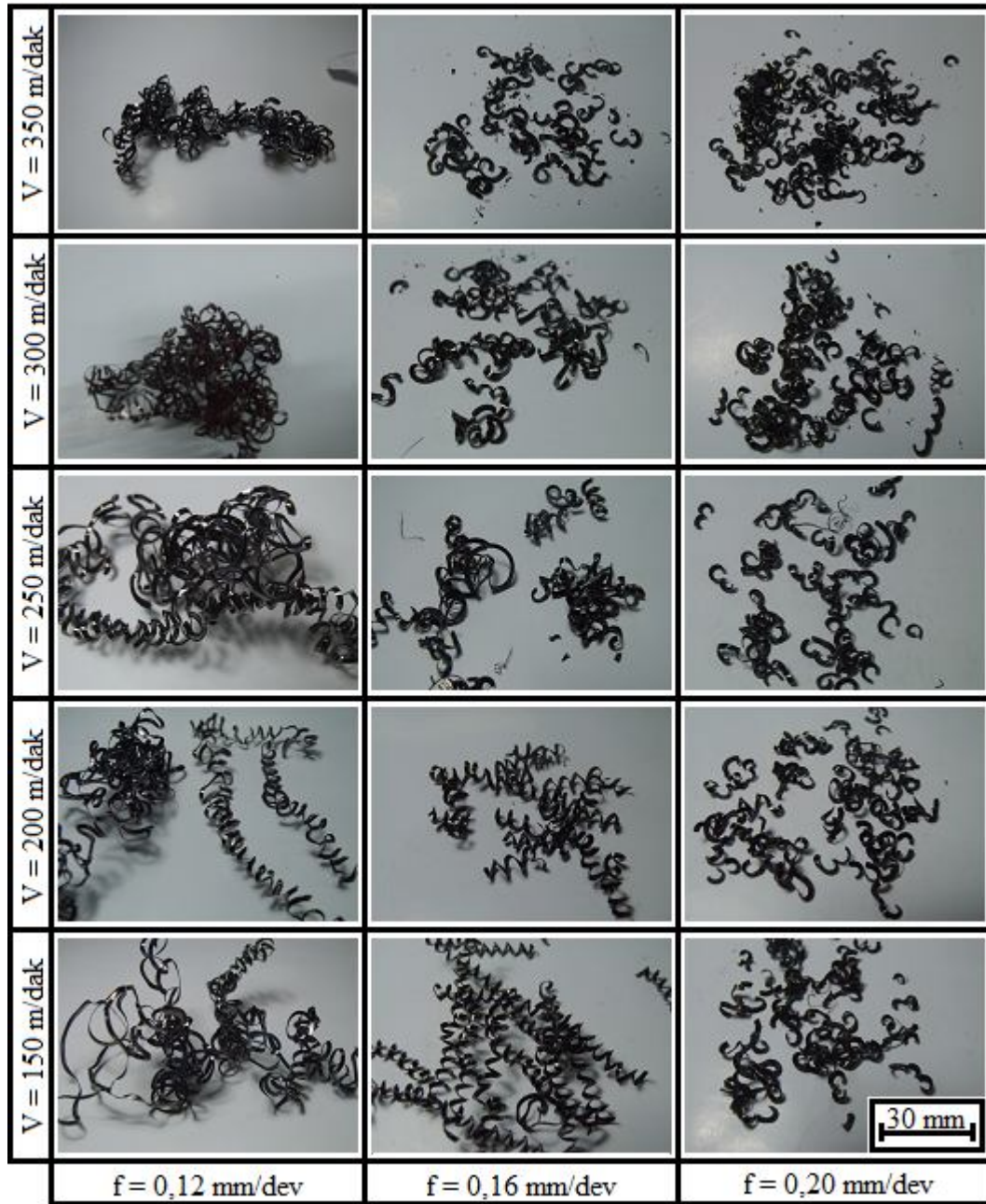
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



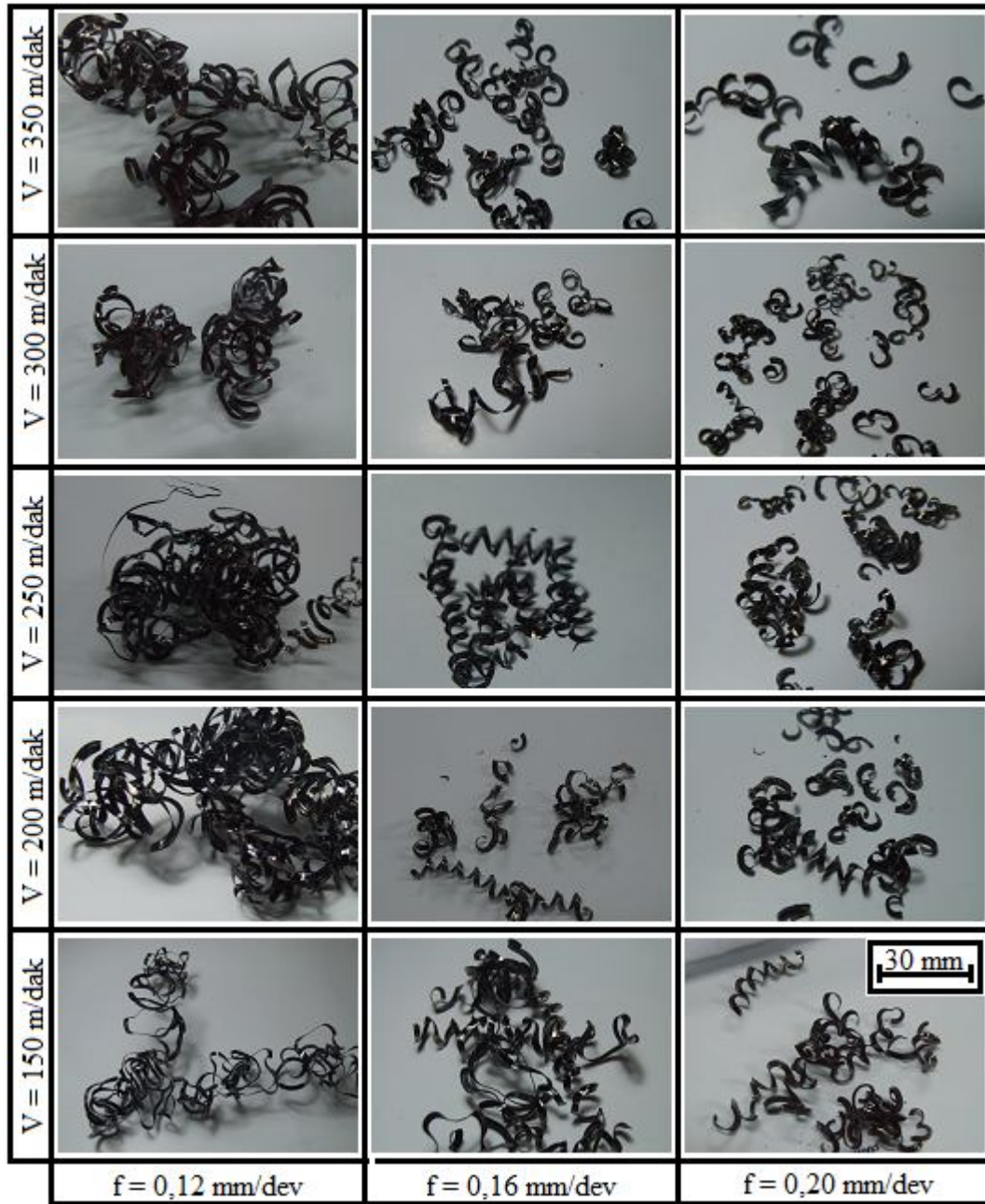
EK – 2 (Devam) 0,8mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



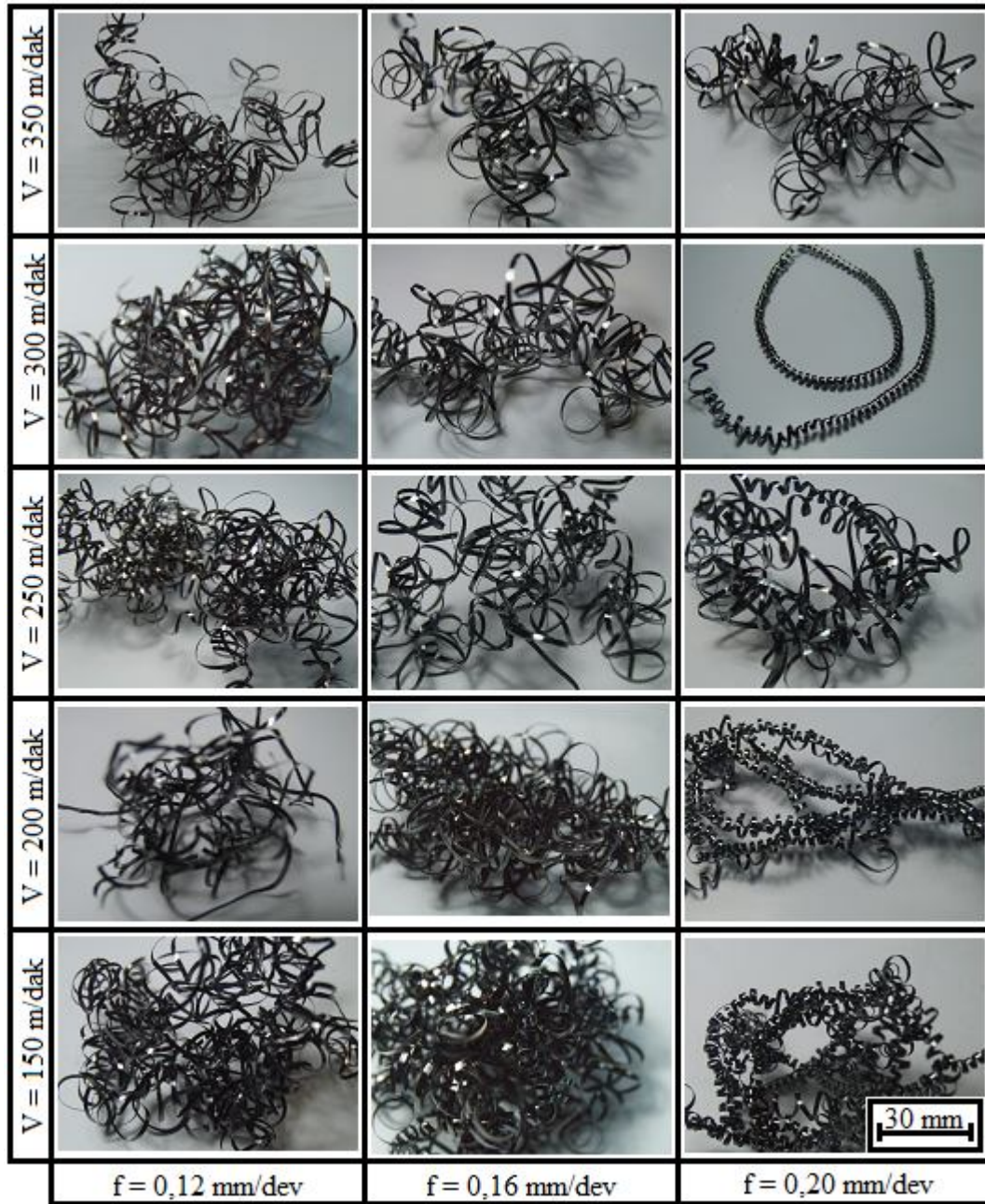
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



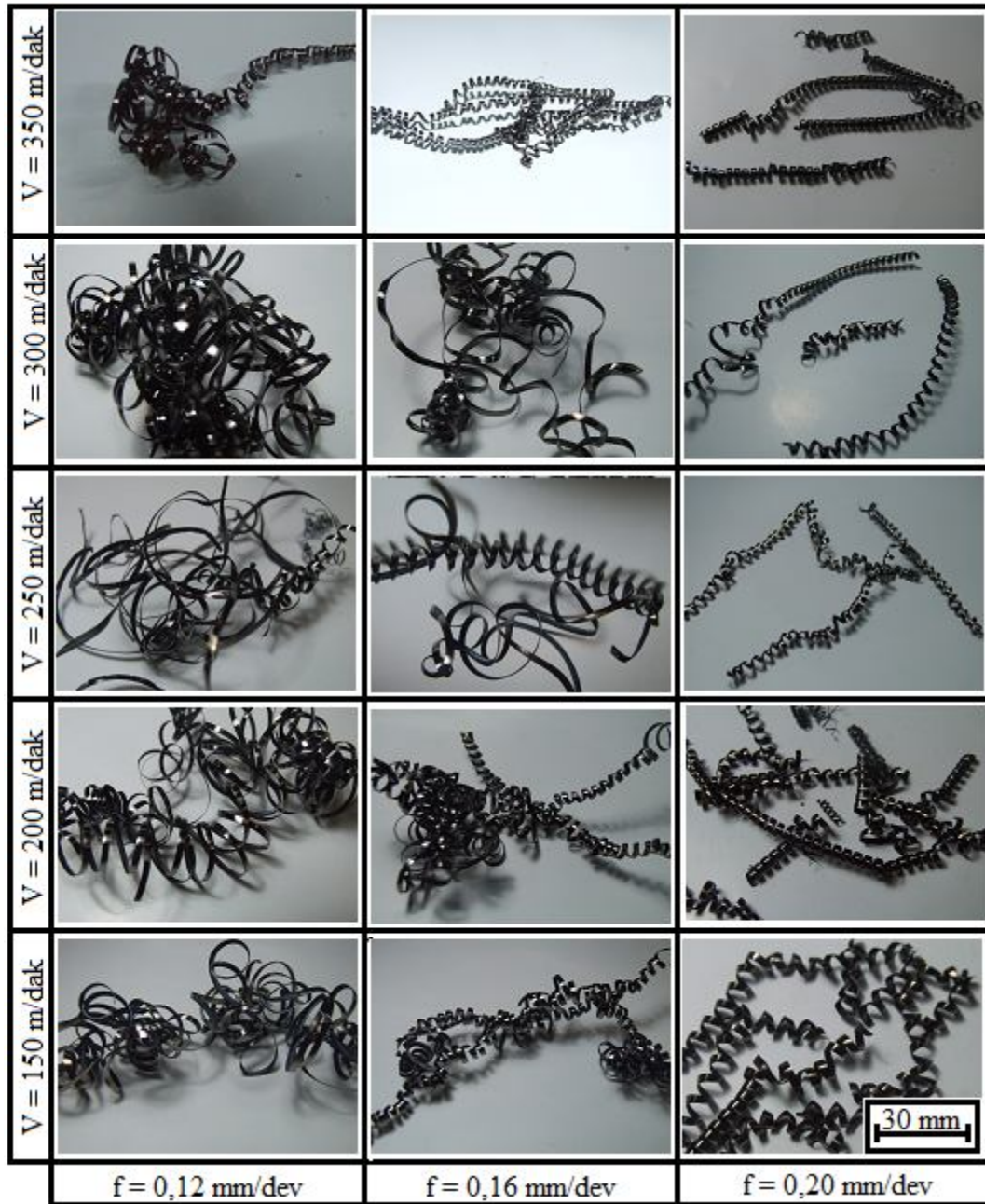
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



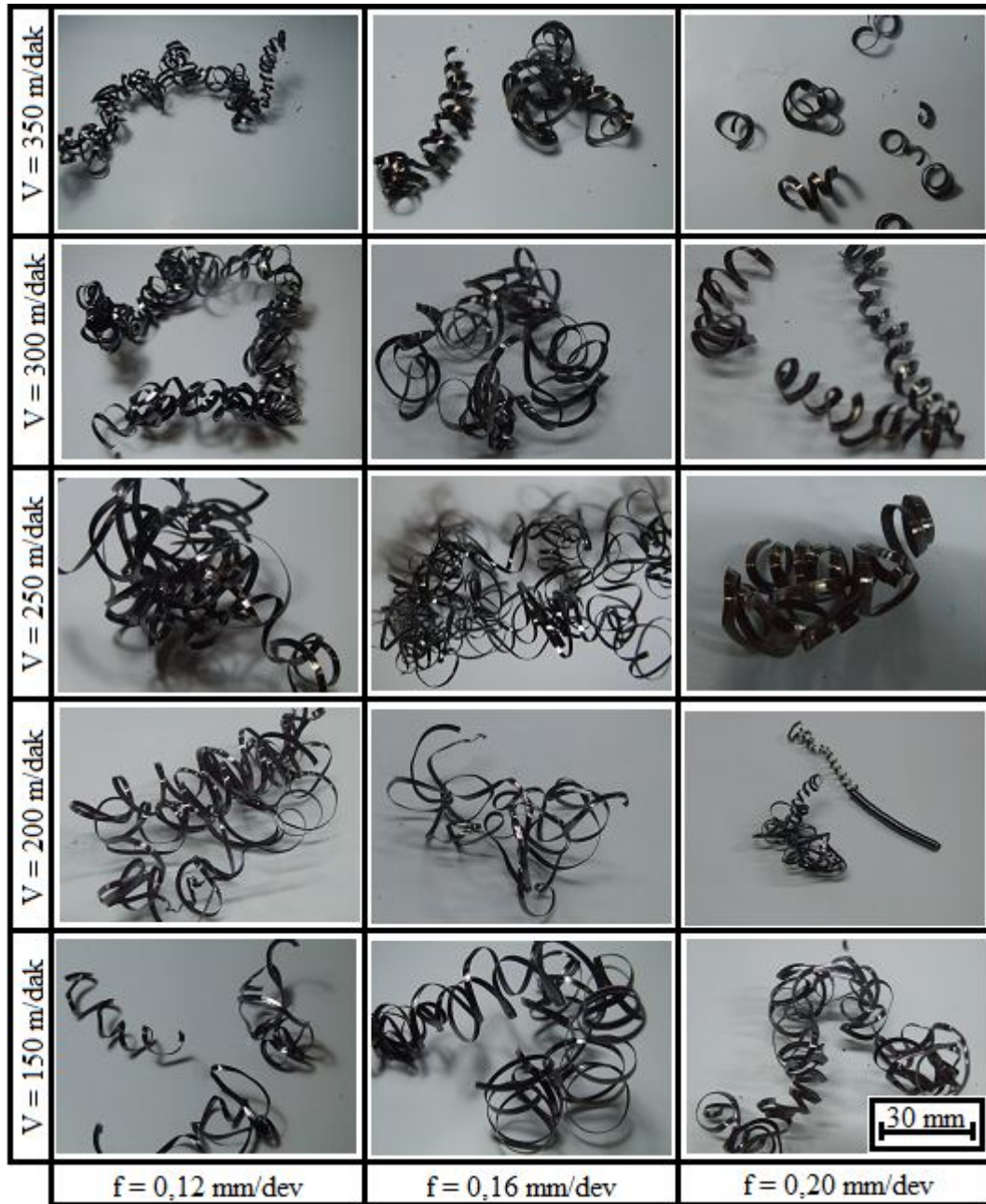
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



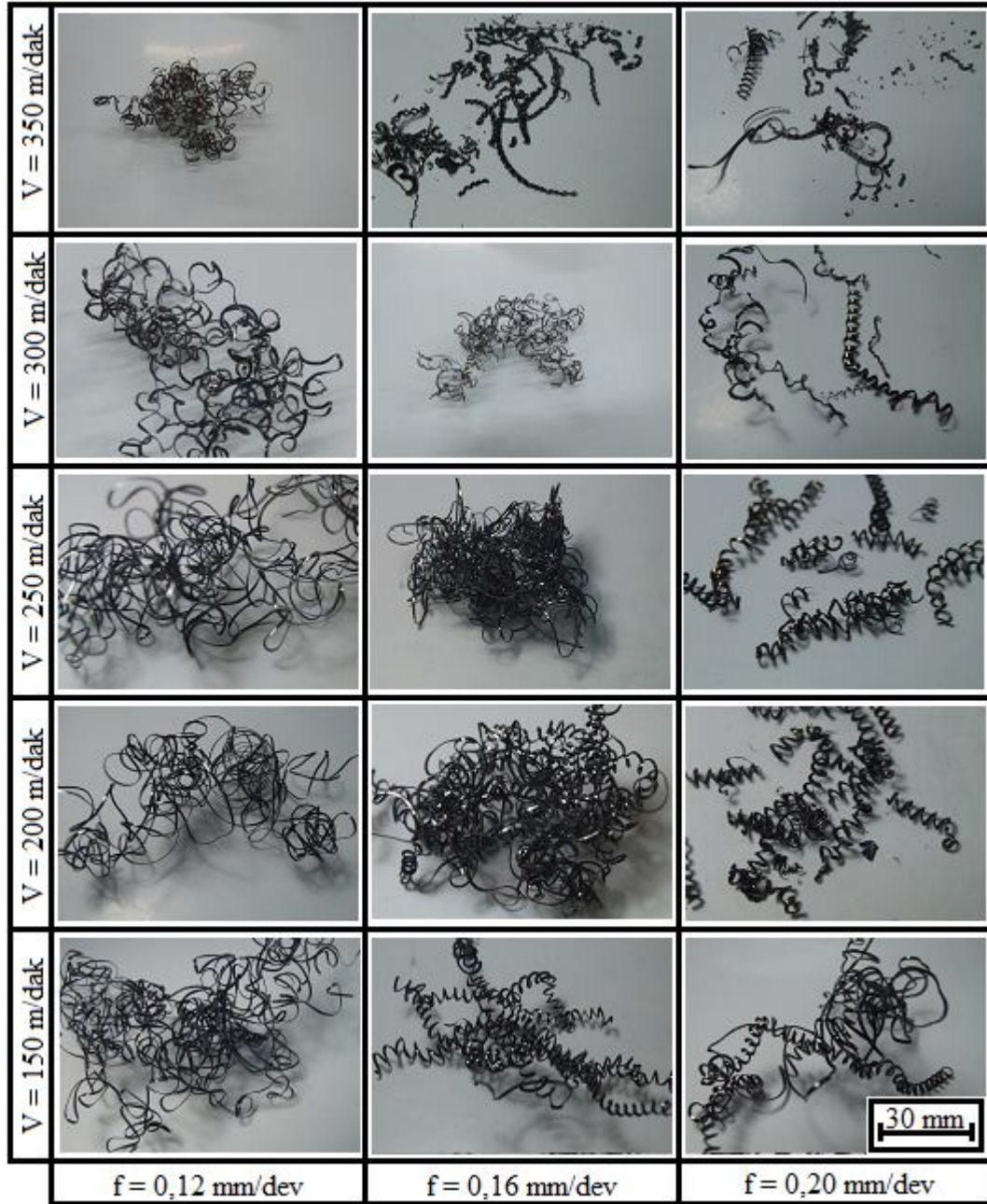
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



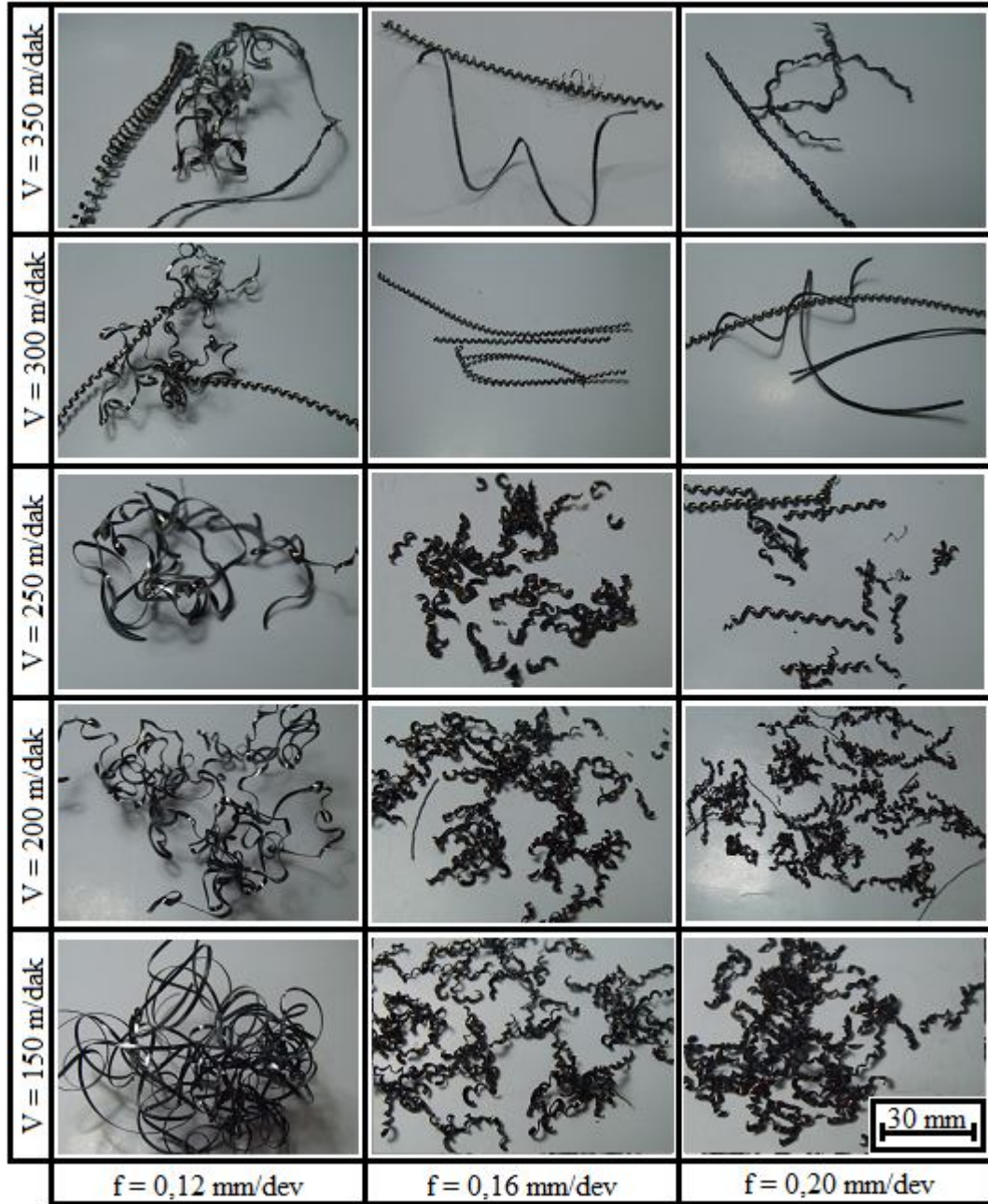
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür takımında 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



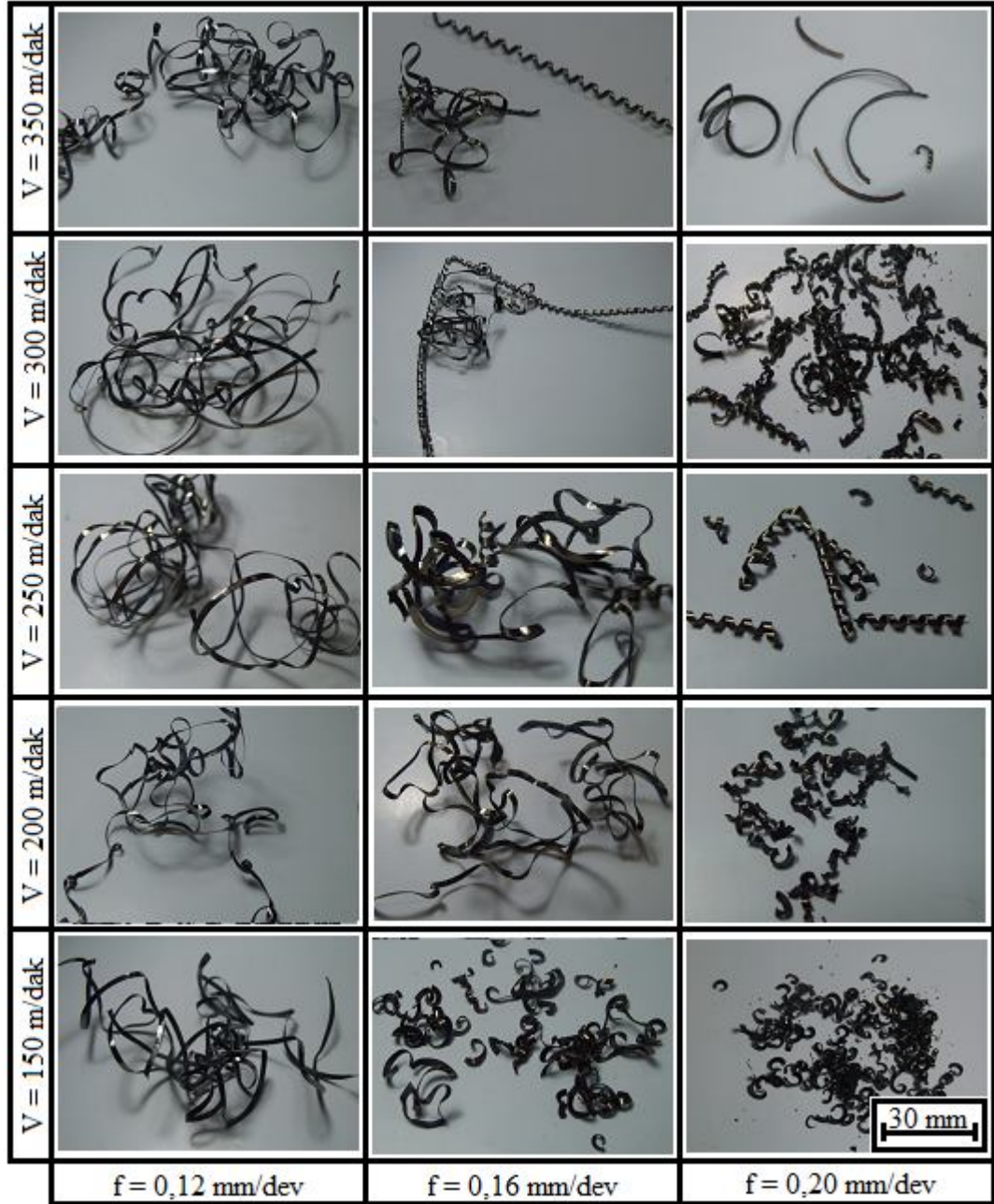
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



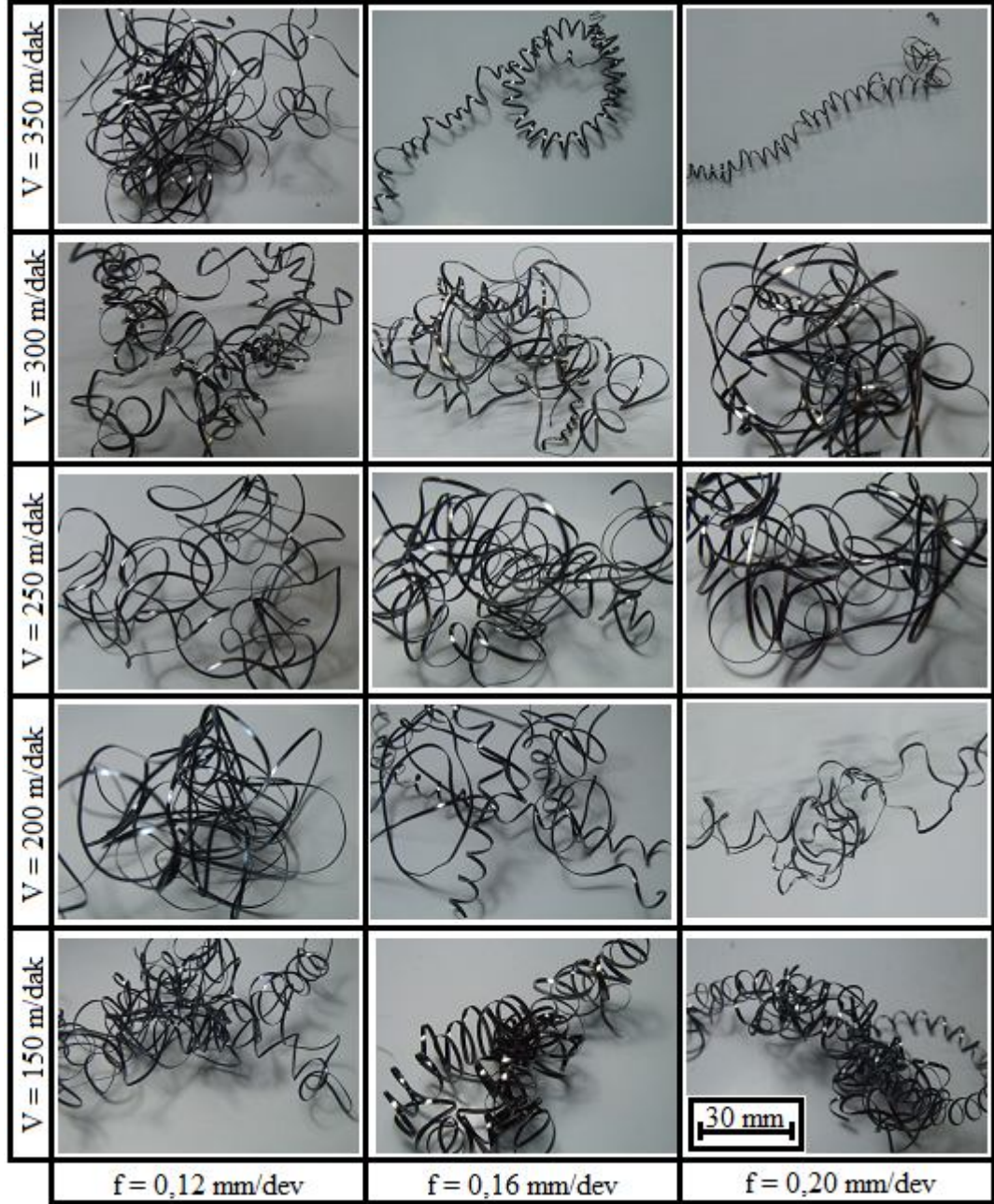
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



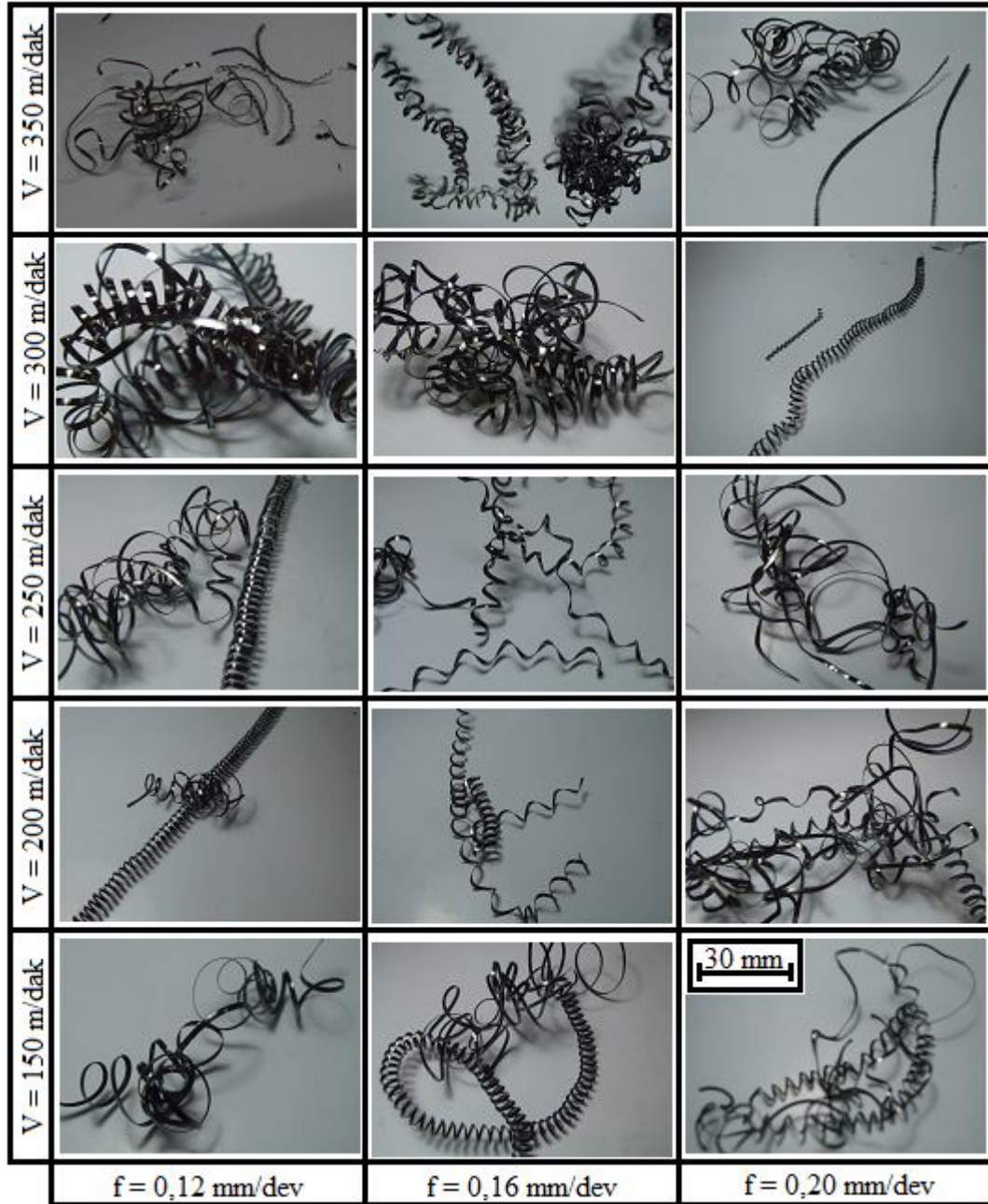
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



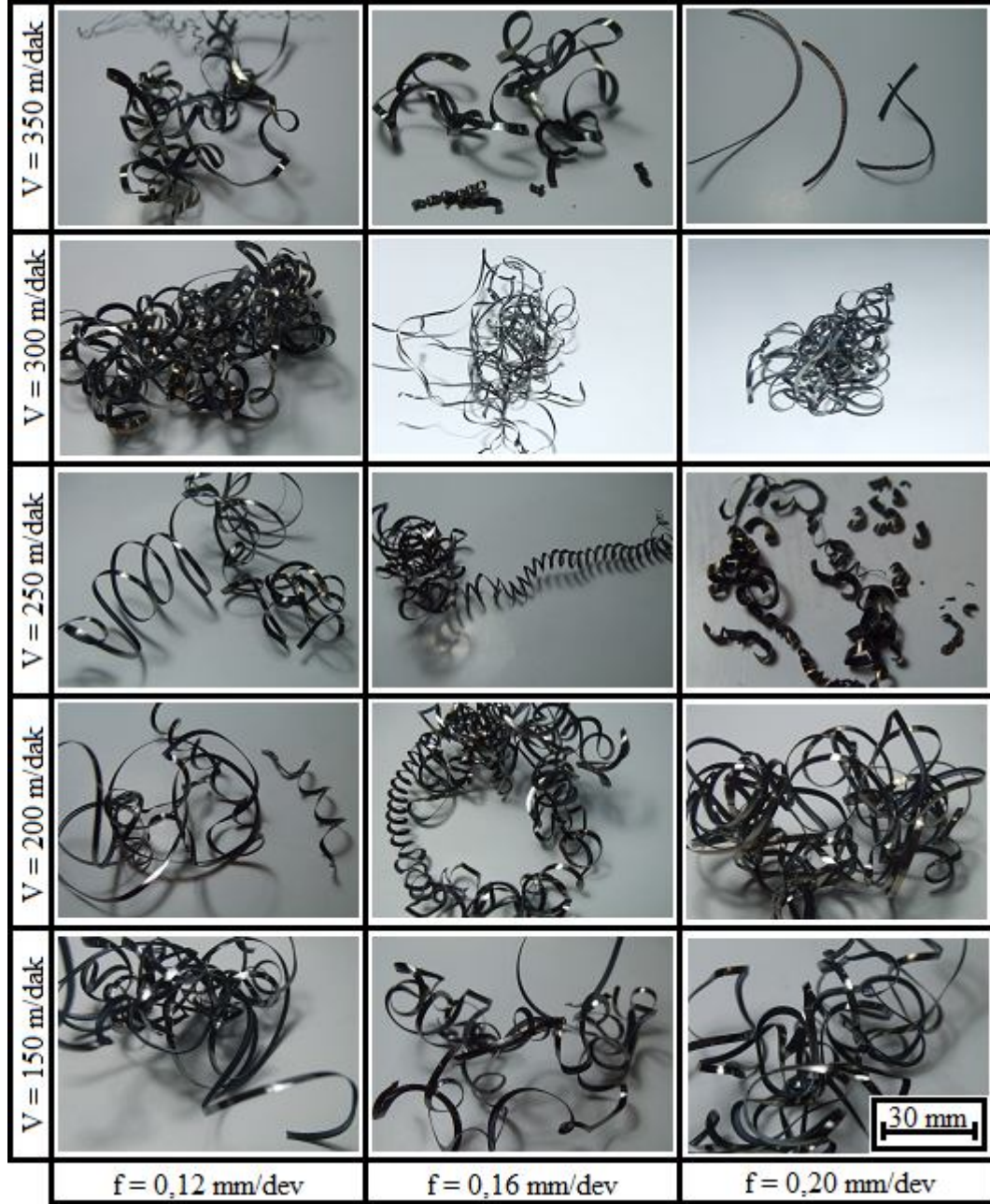
EK – 2 (Devam) 0,8mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



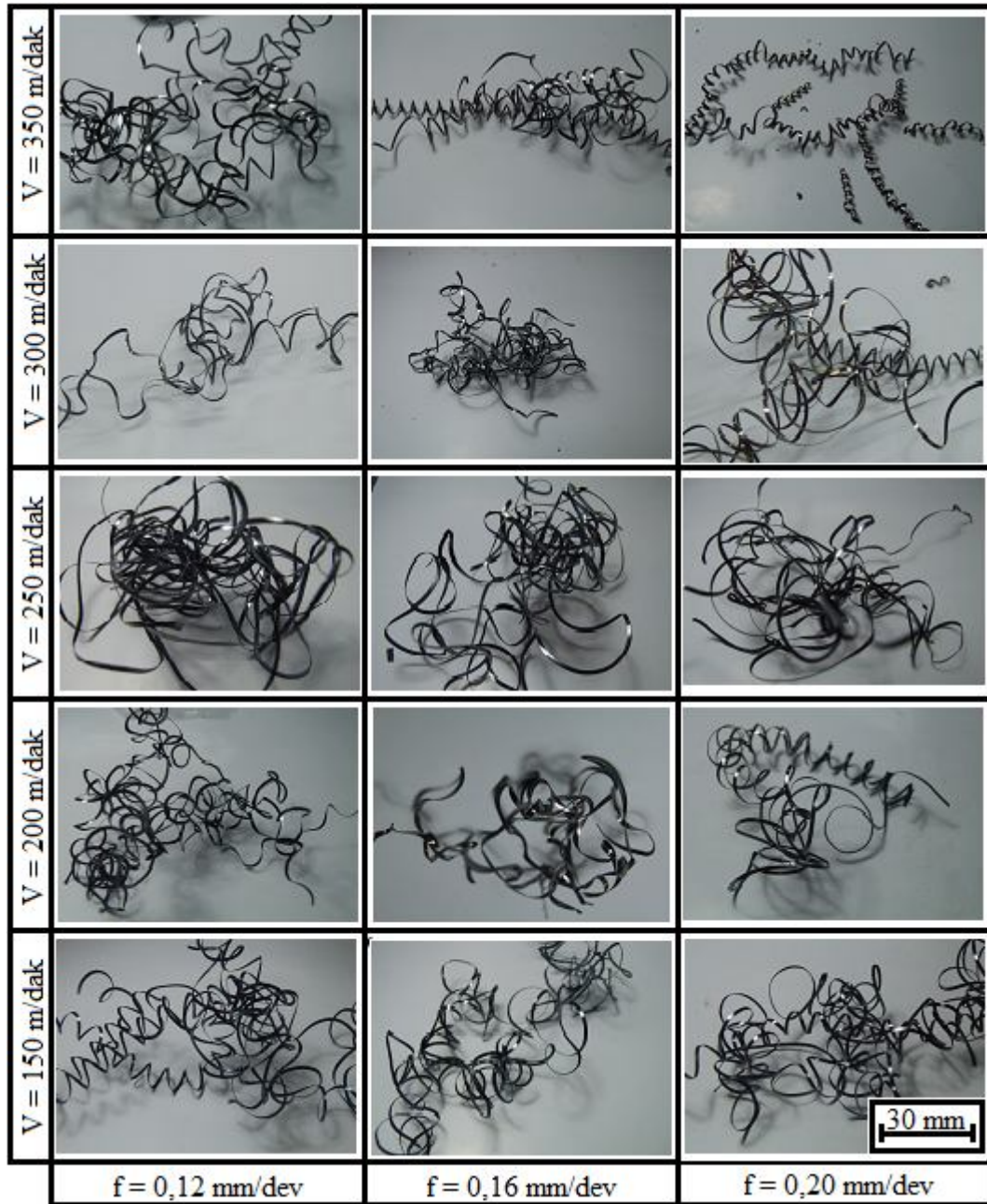
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



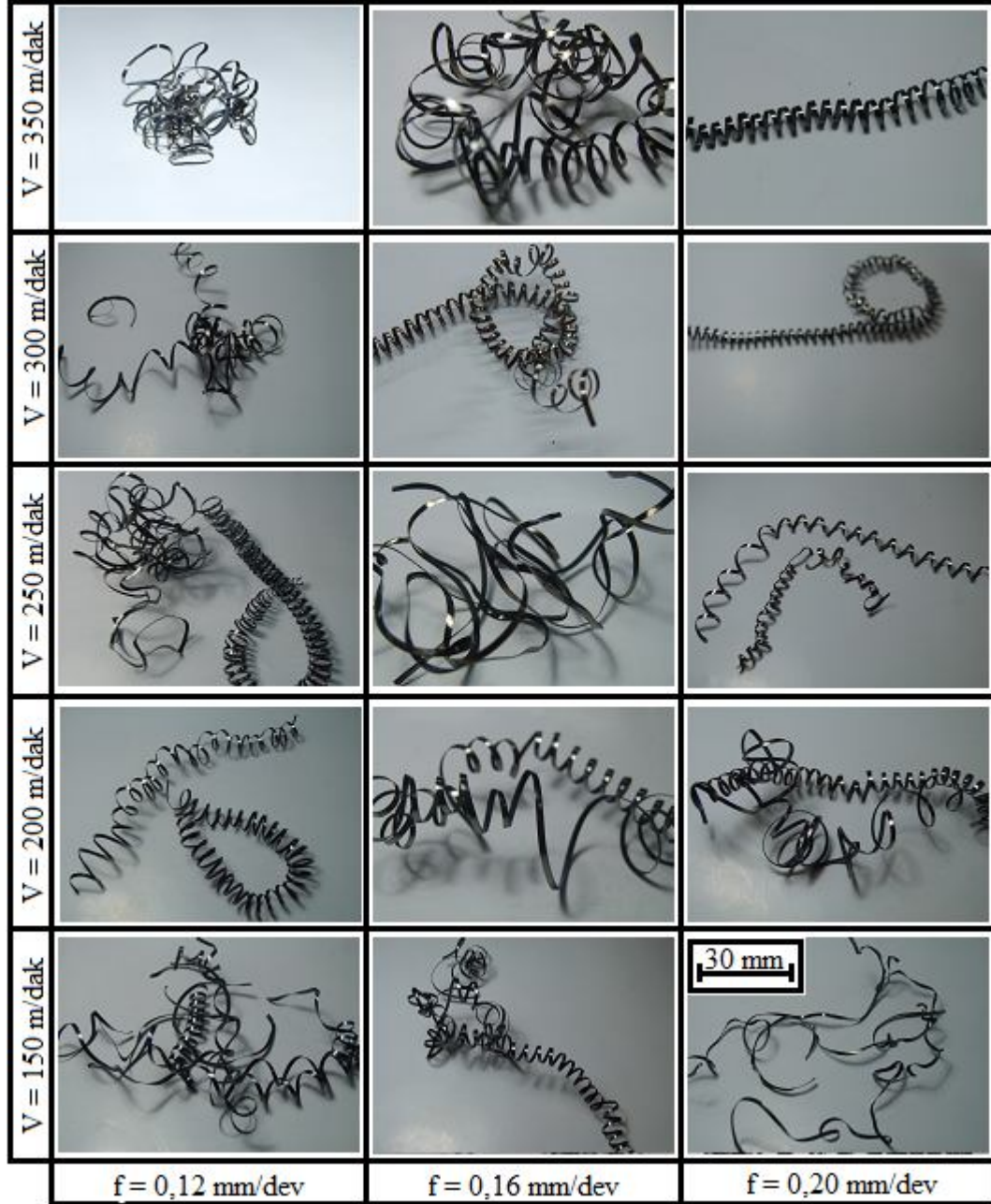
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



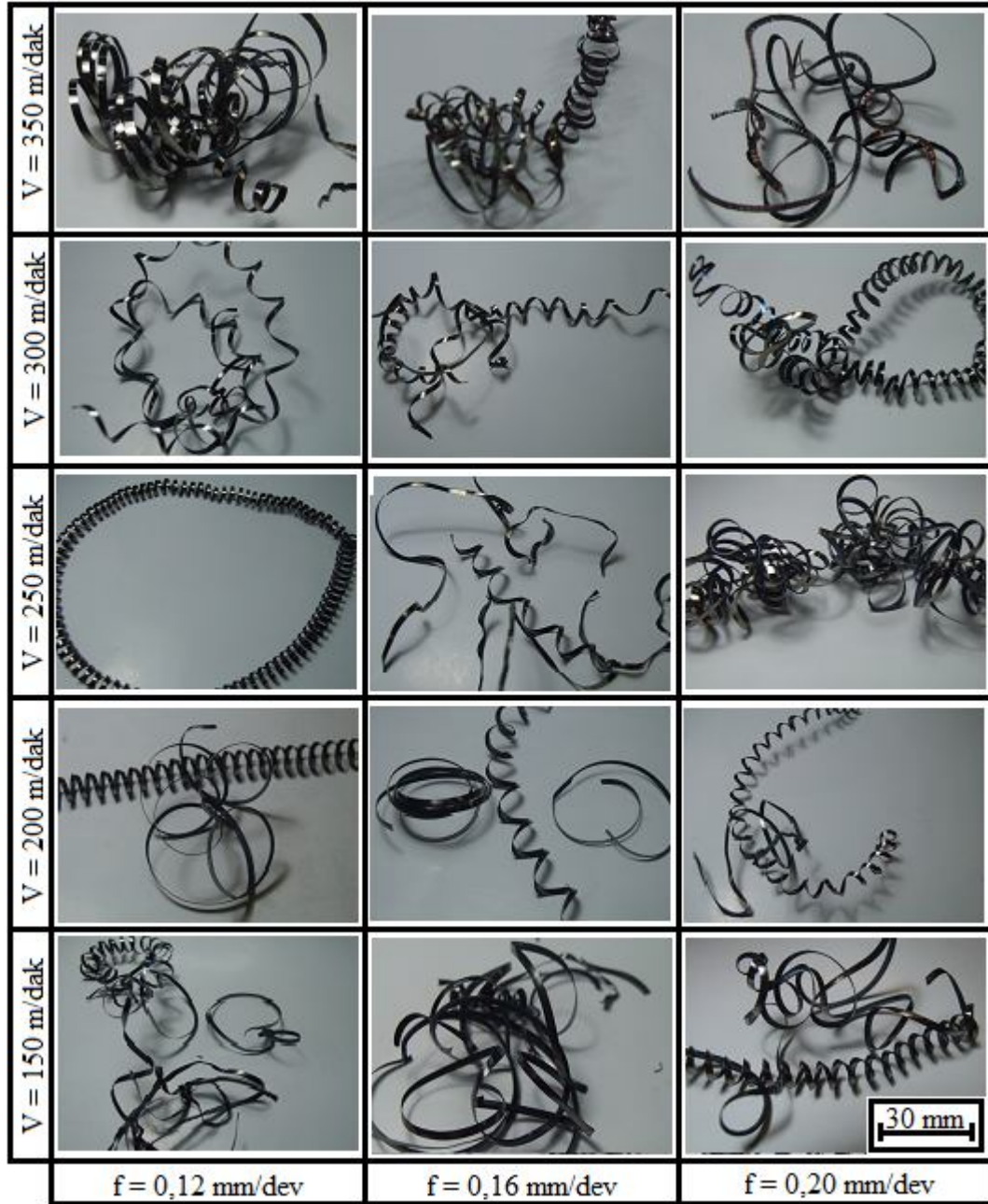
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



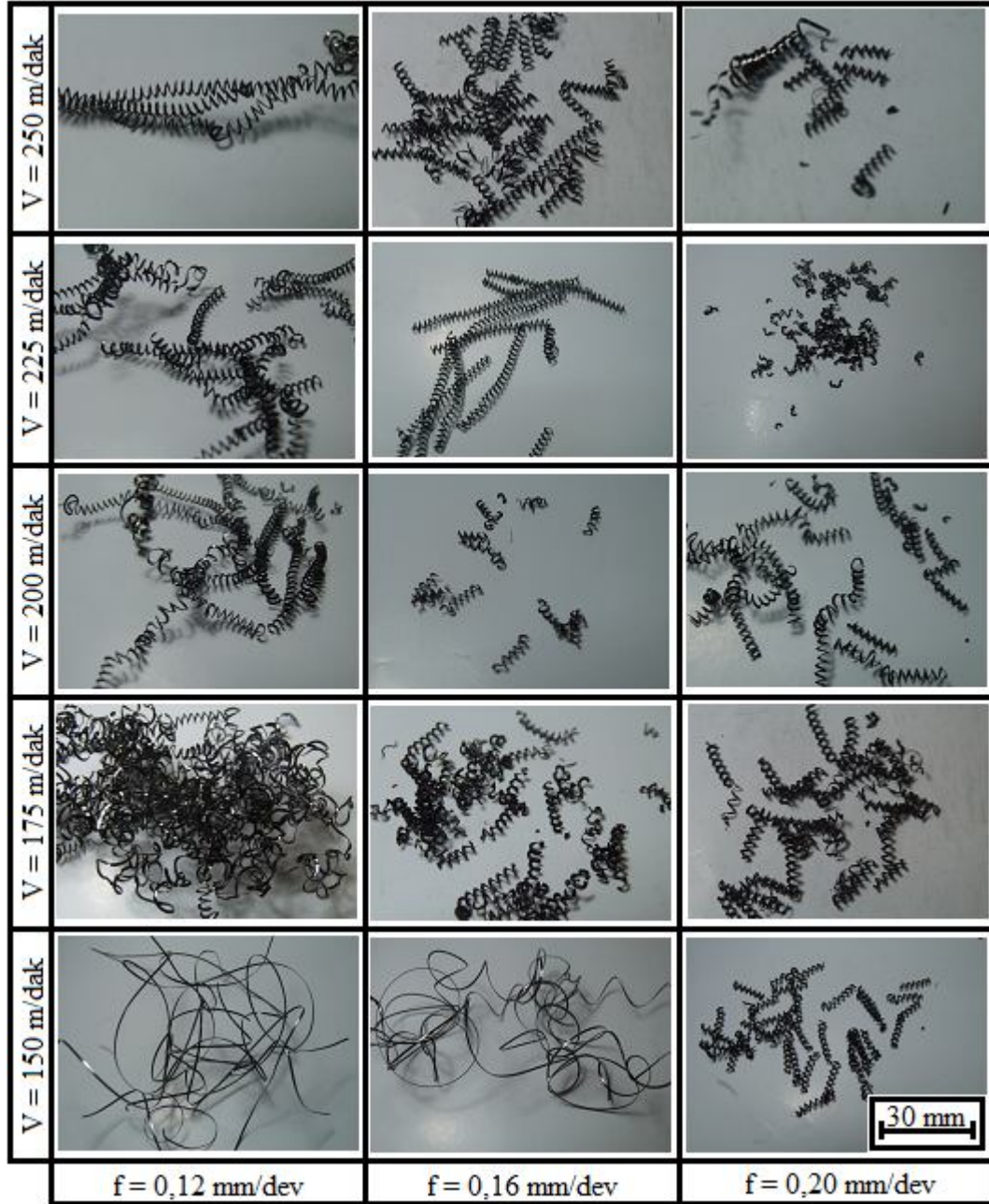
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımında 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



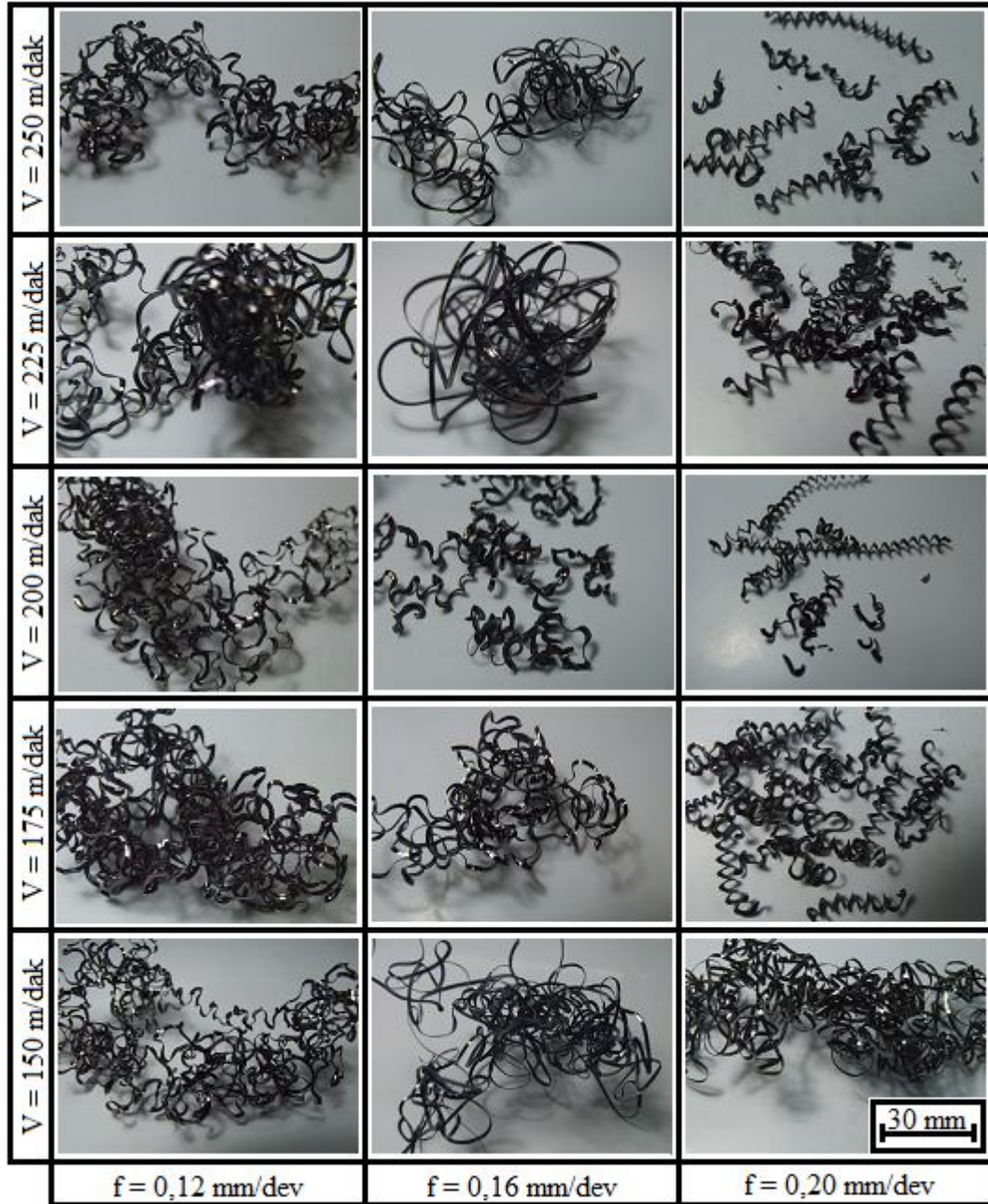
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız karbür takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



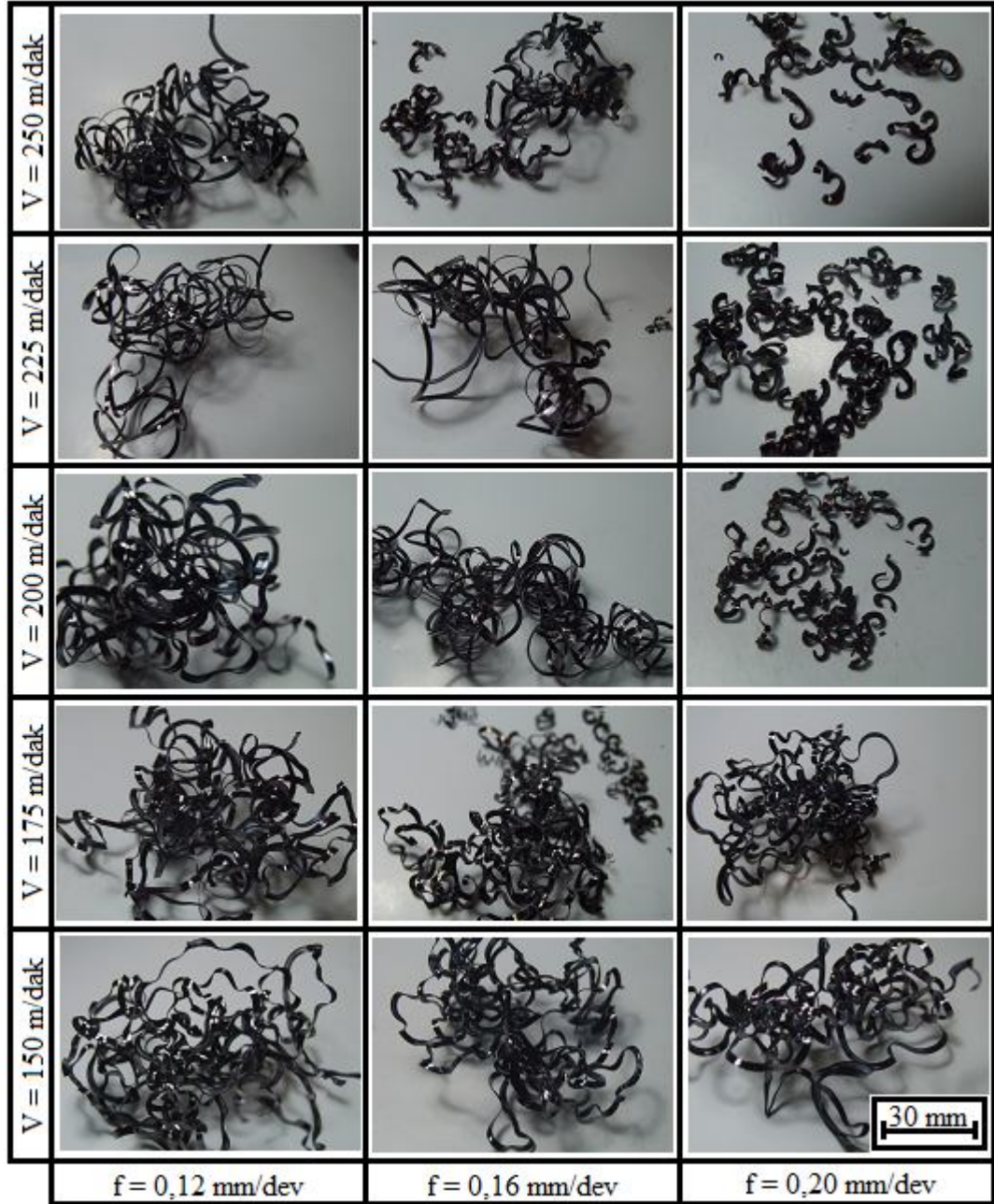
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



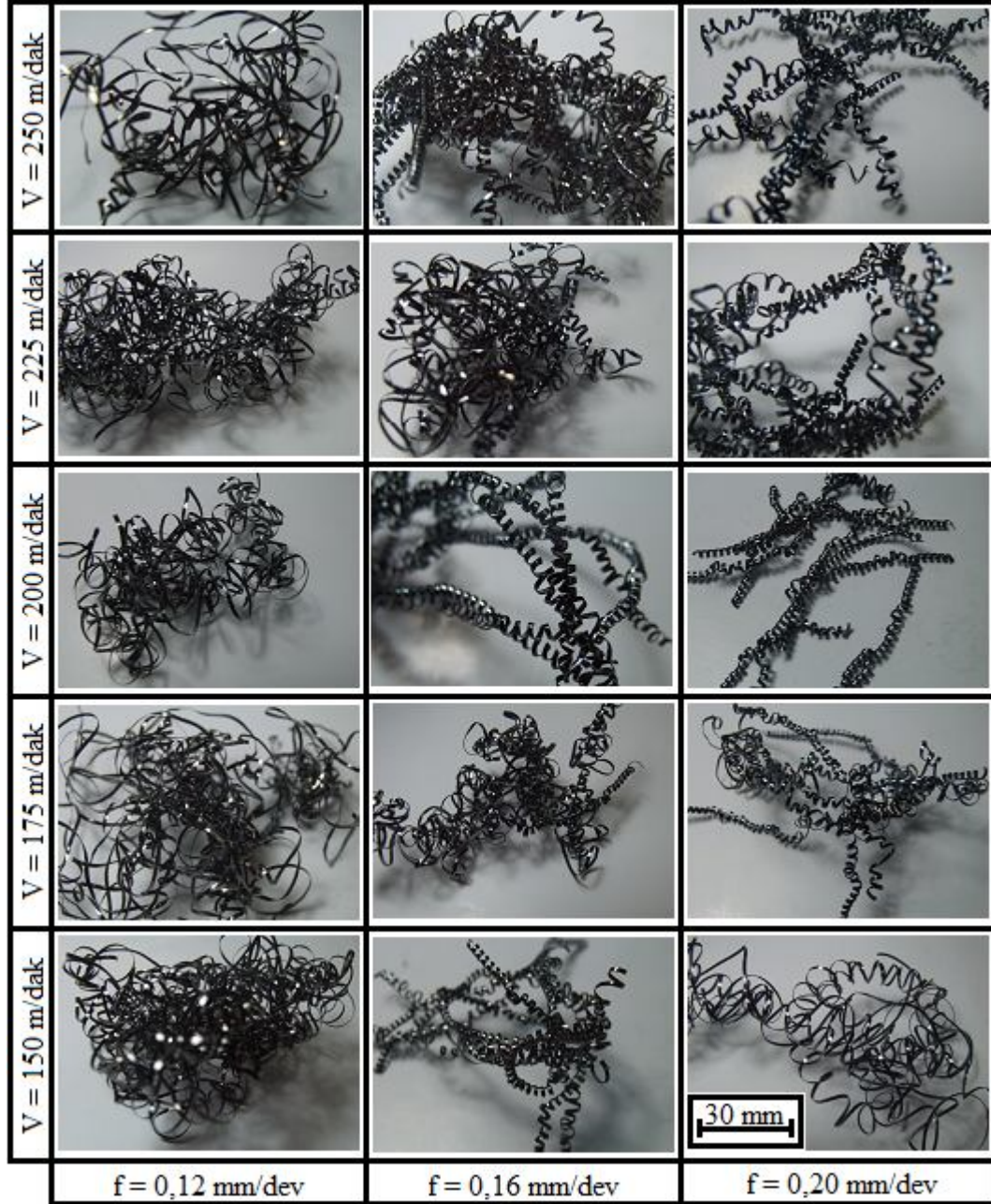
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



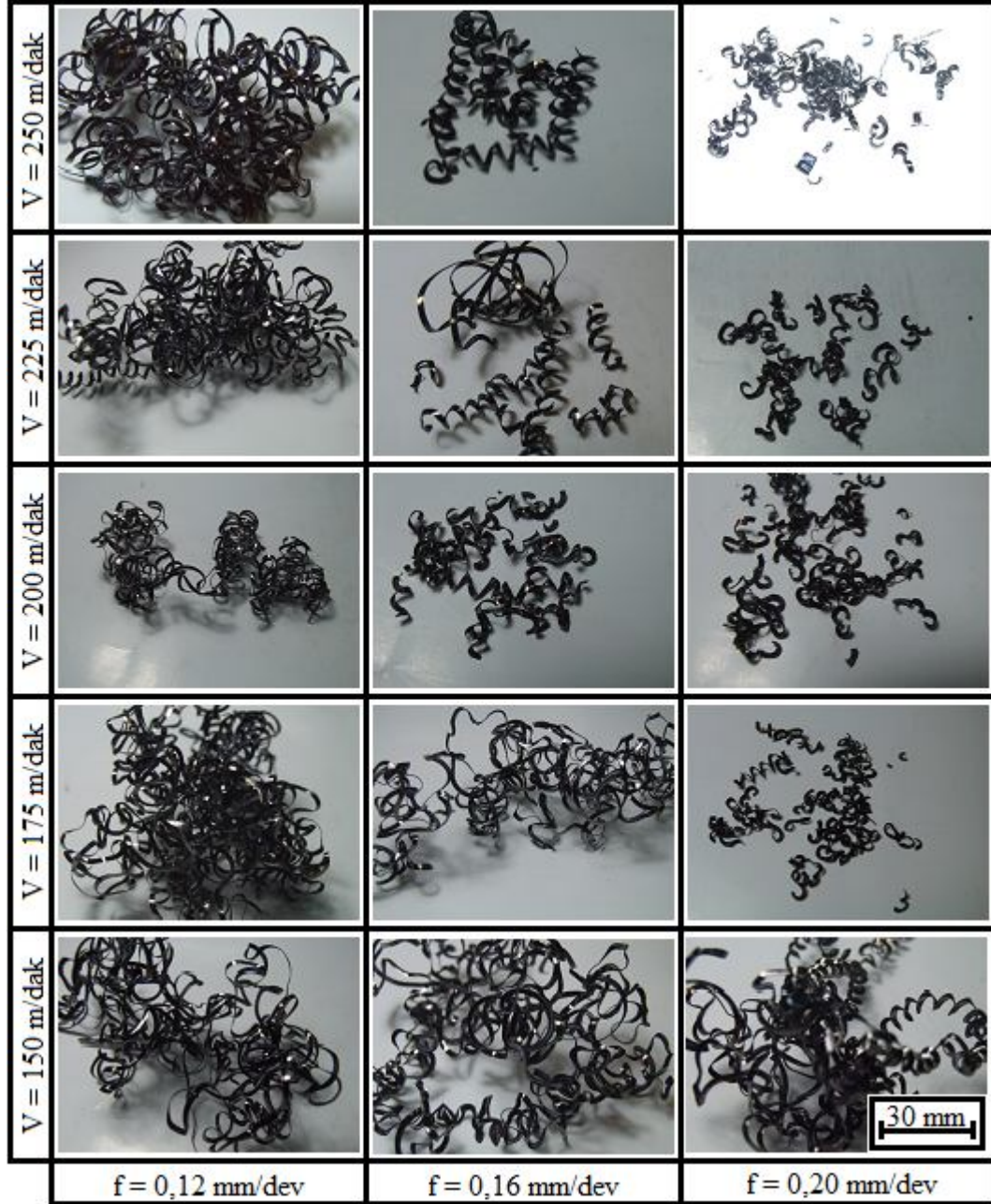
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



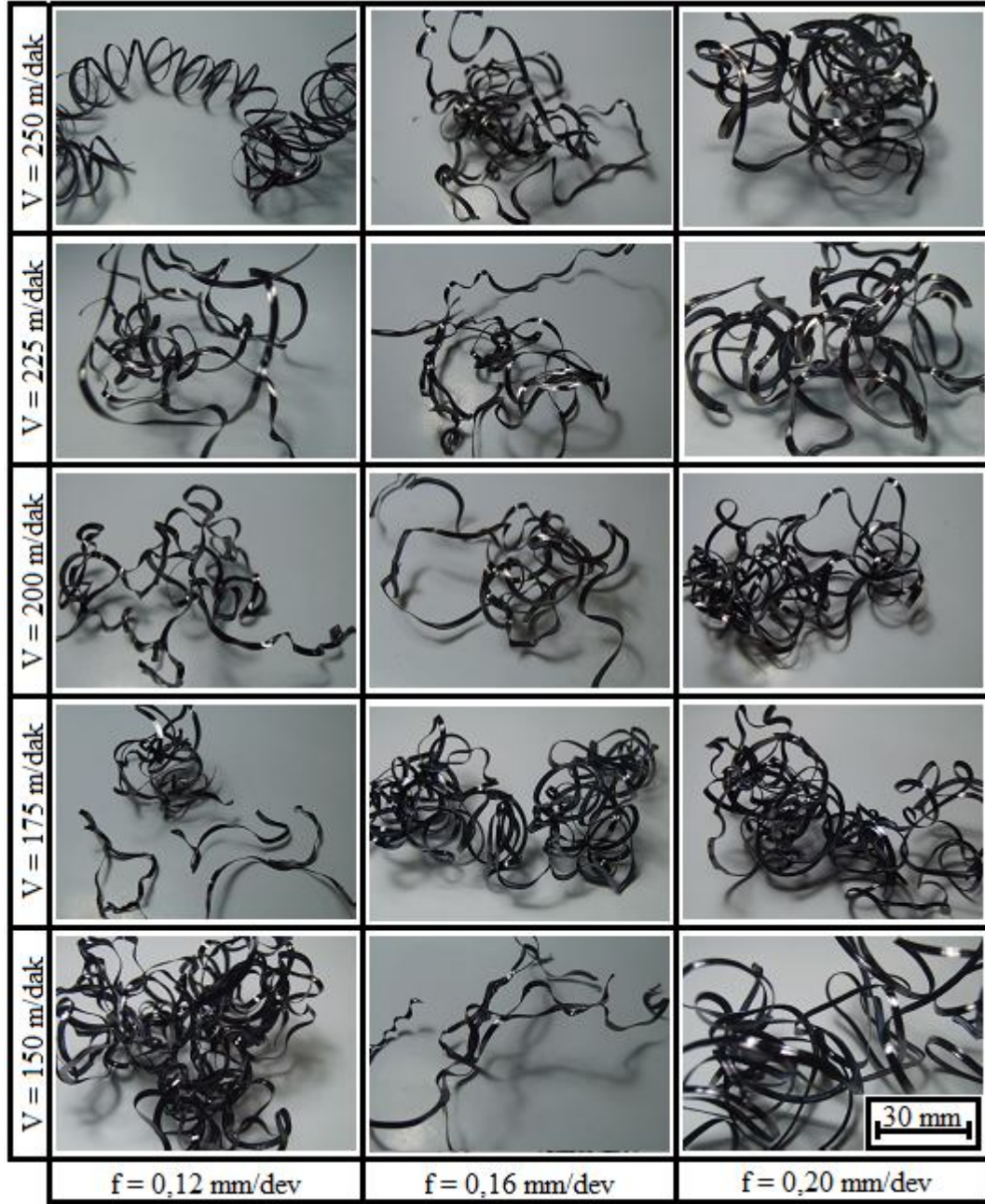
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



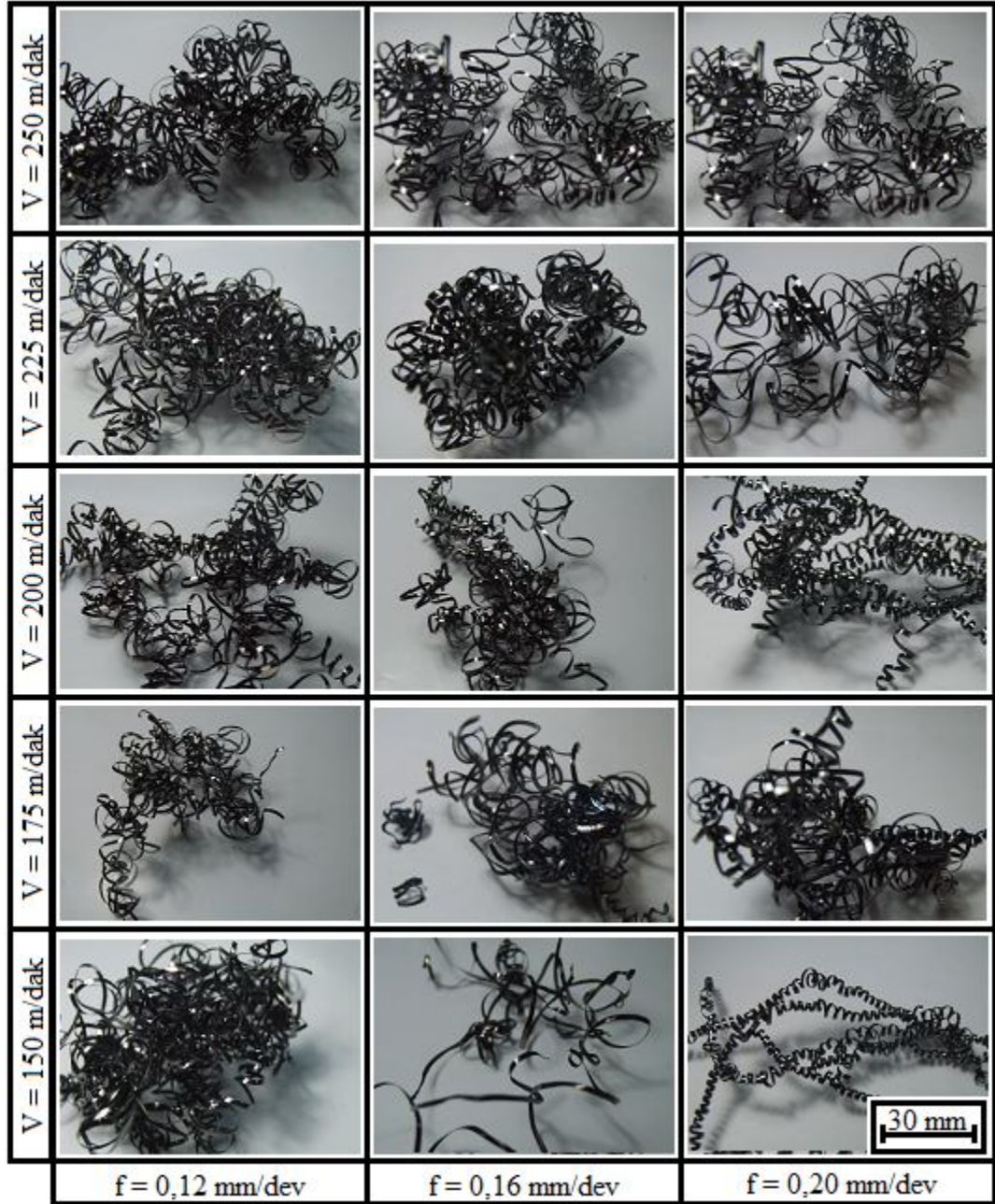
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



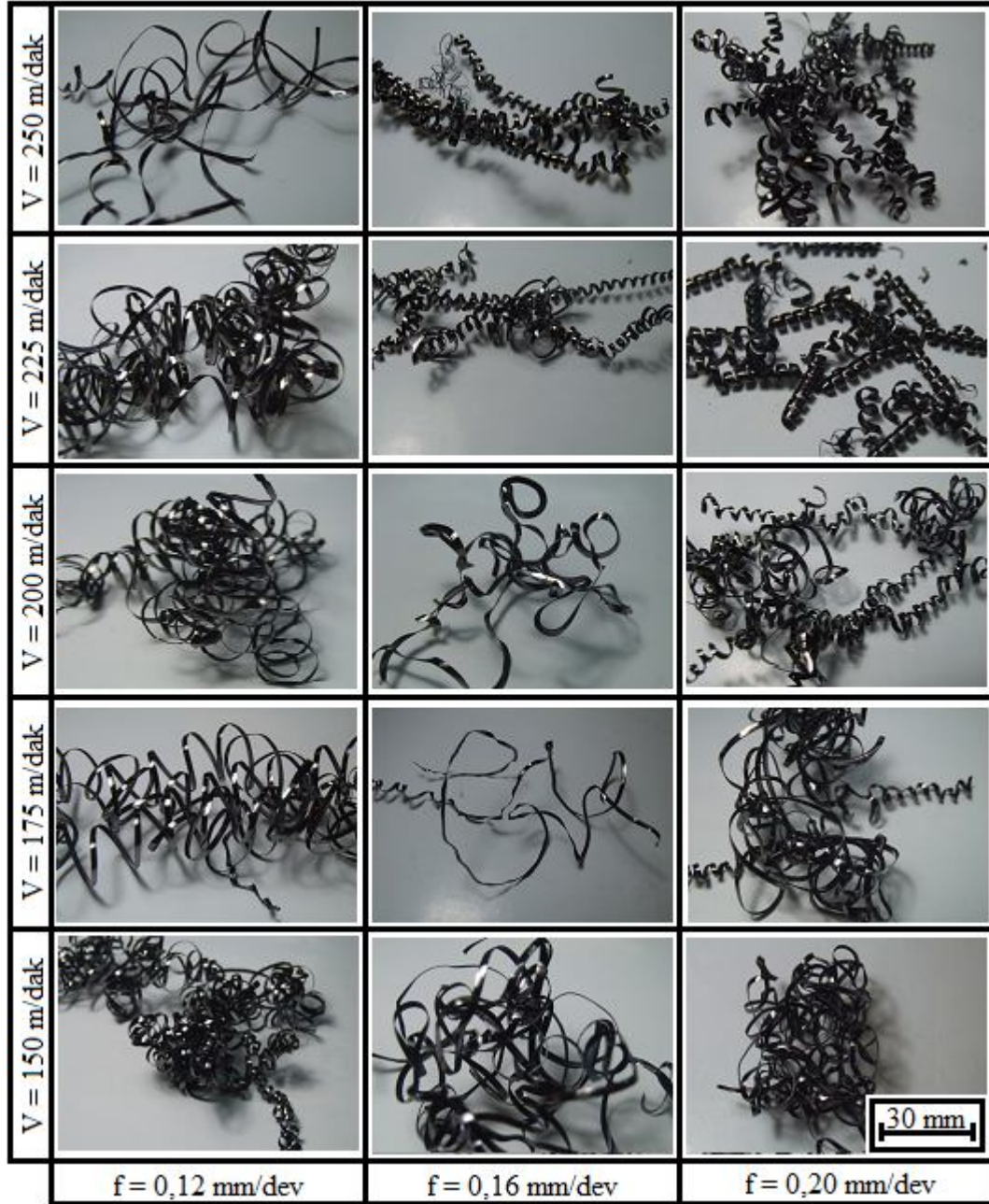
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



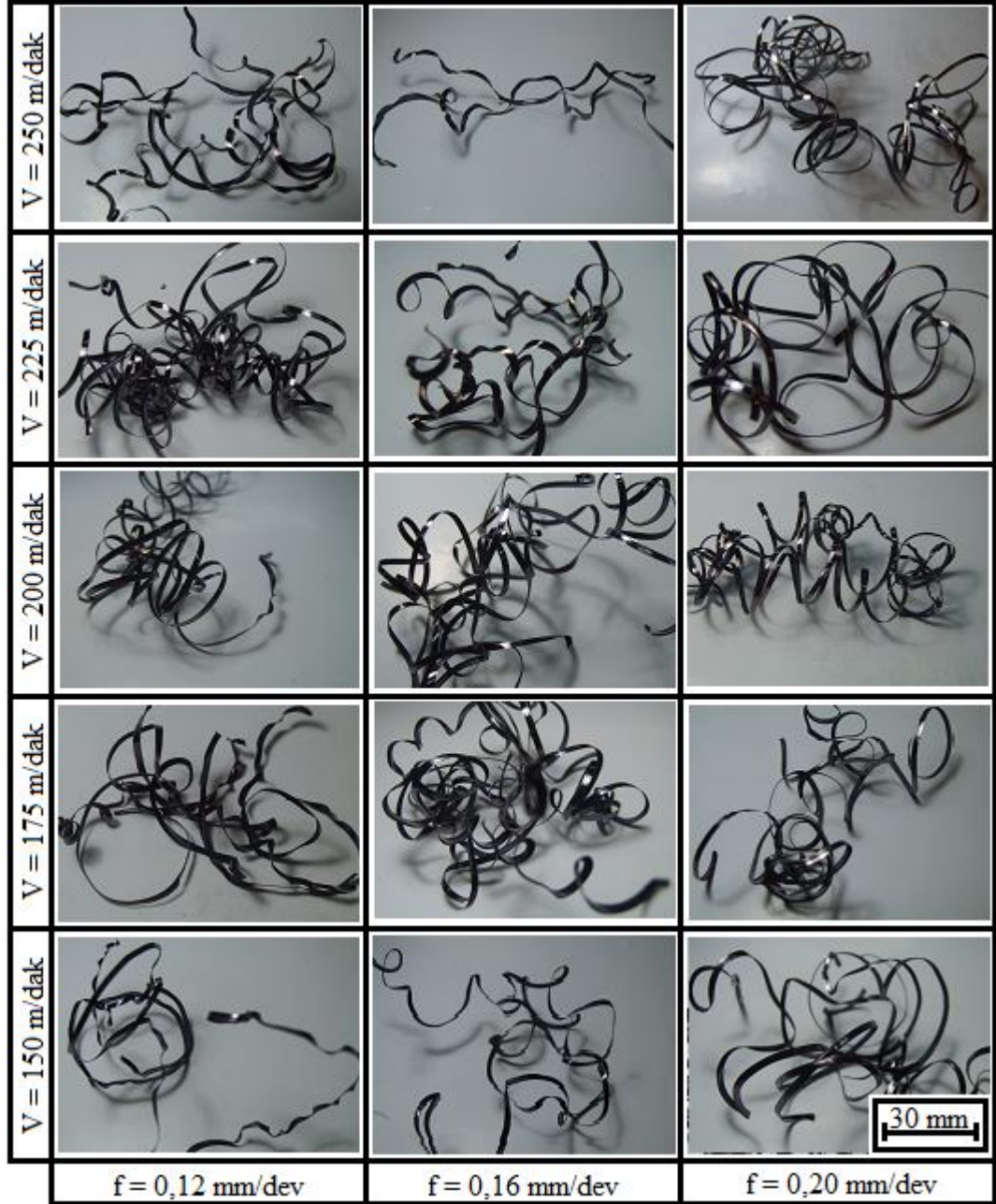
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



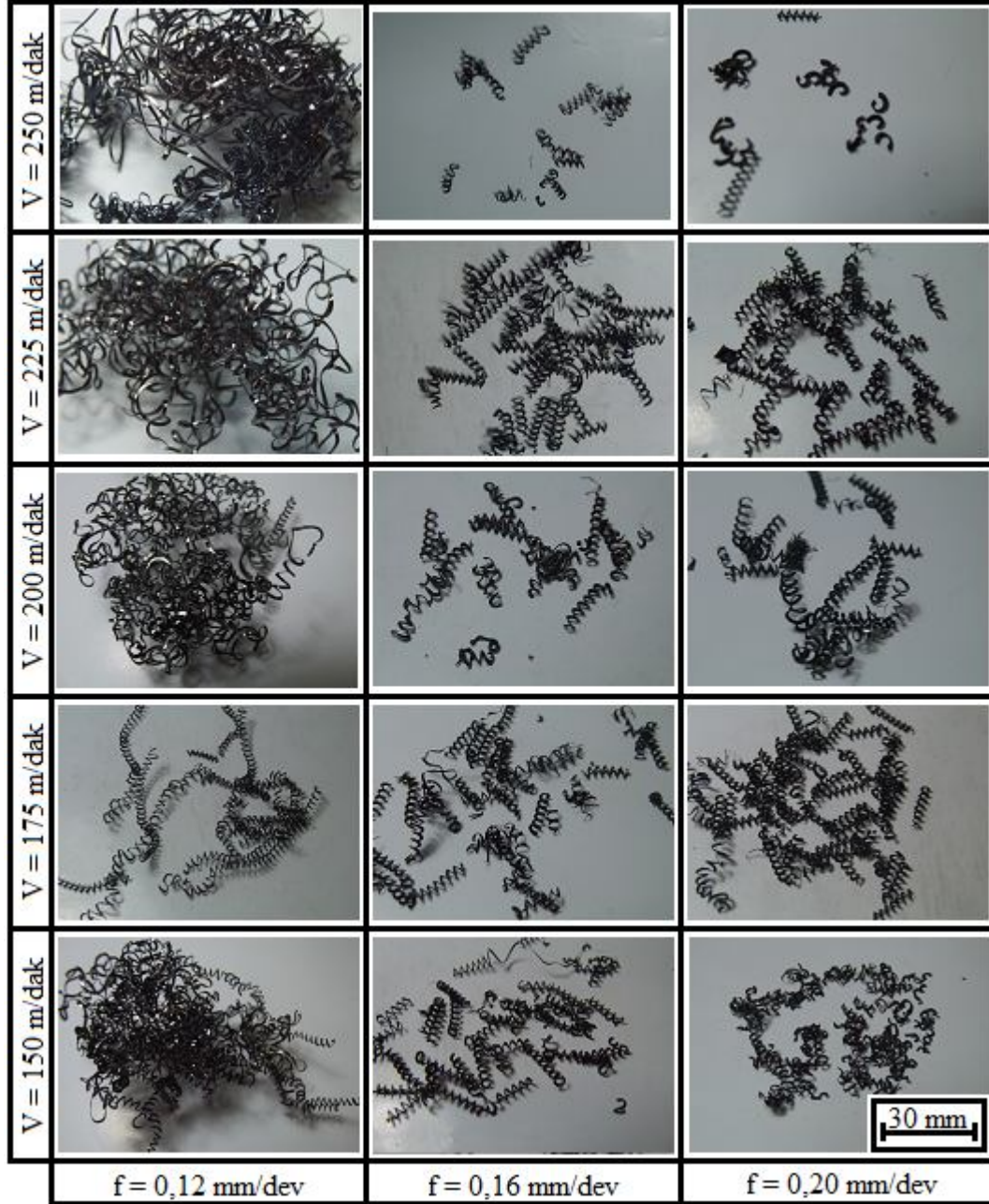
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



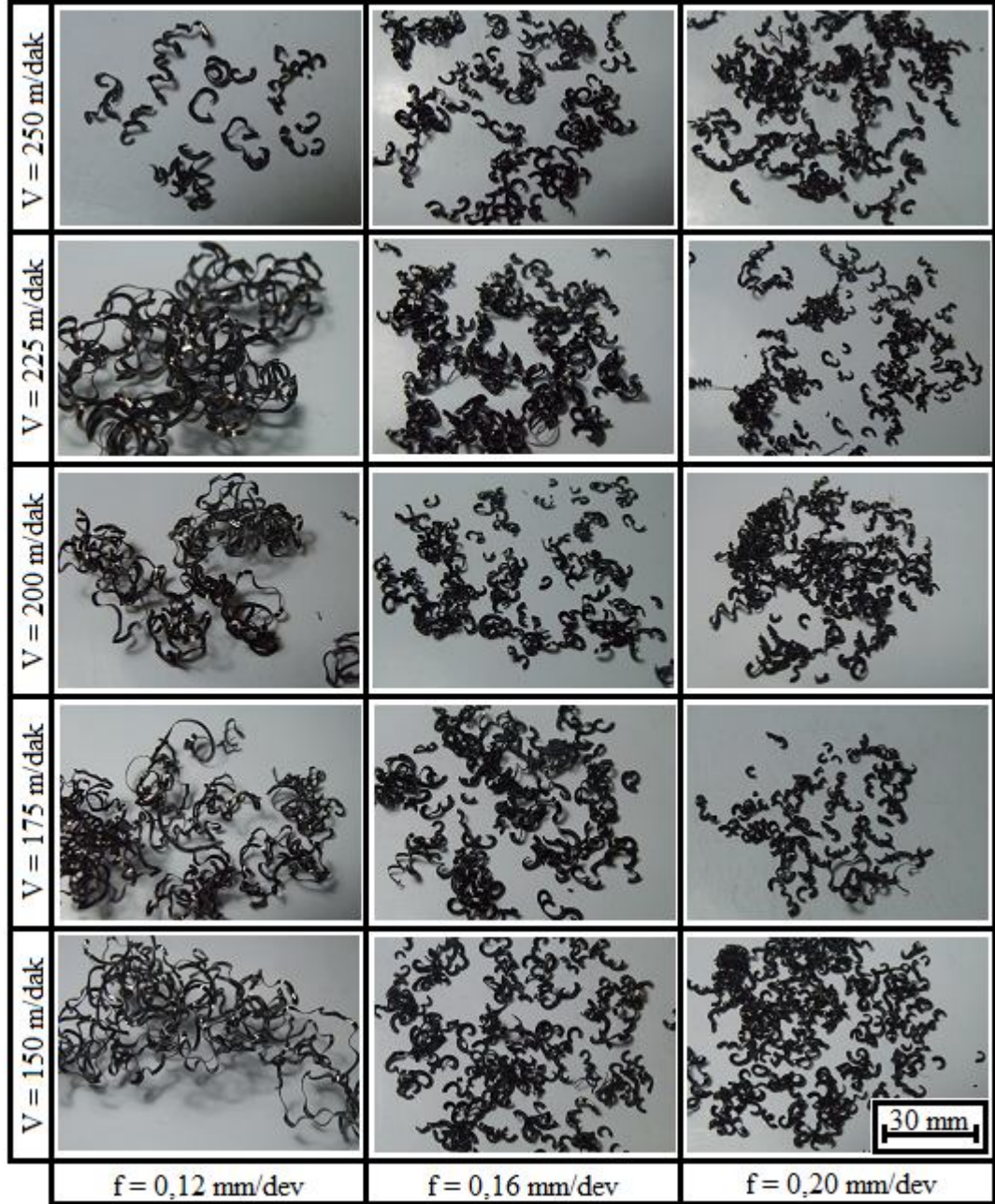
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamalı sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



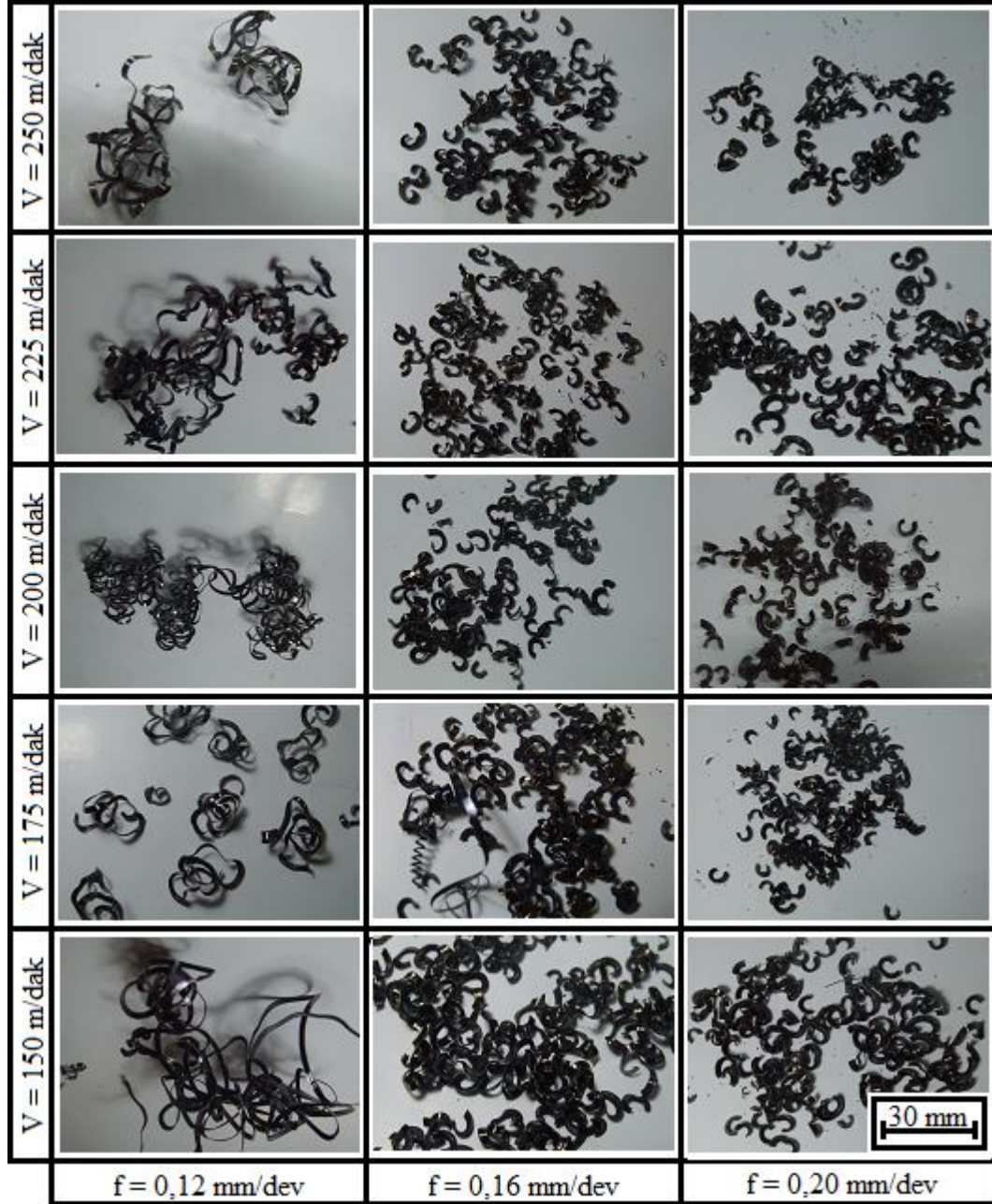
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



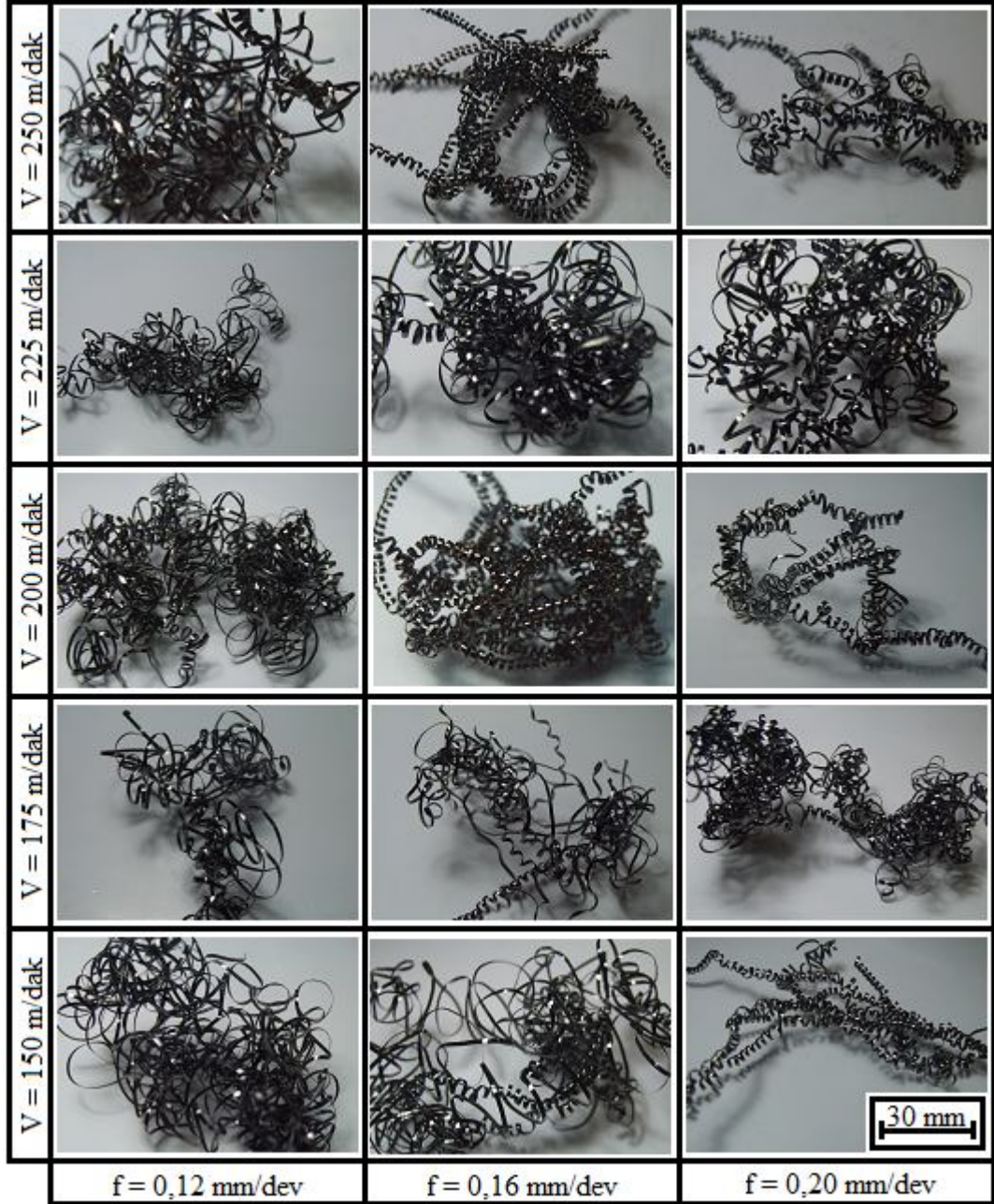
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımında 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



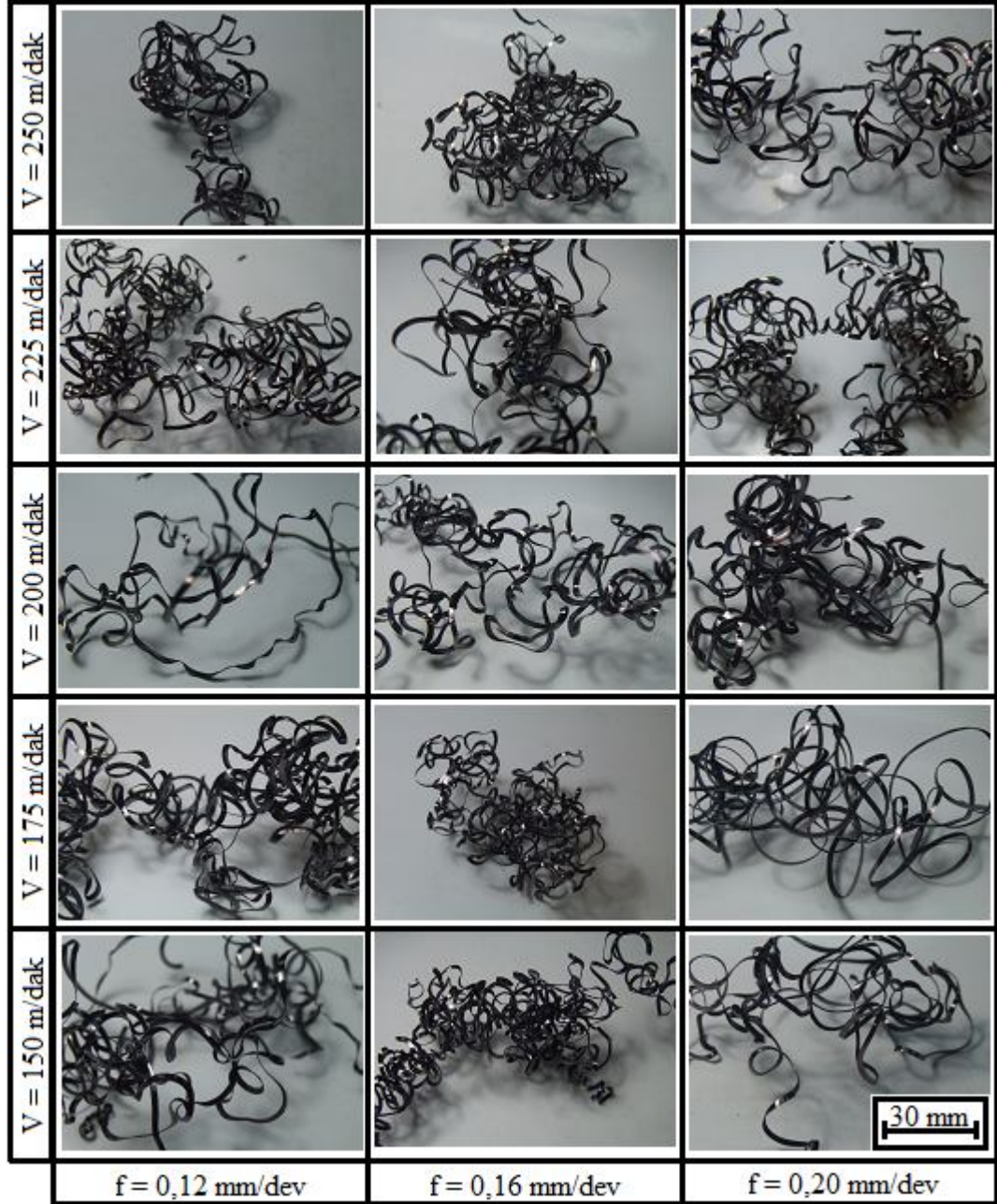
EK – 2 (Devam) 0,4 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



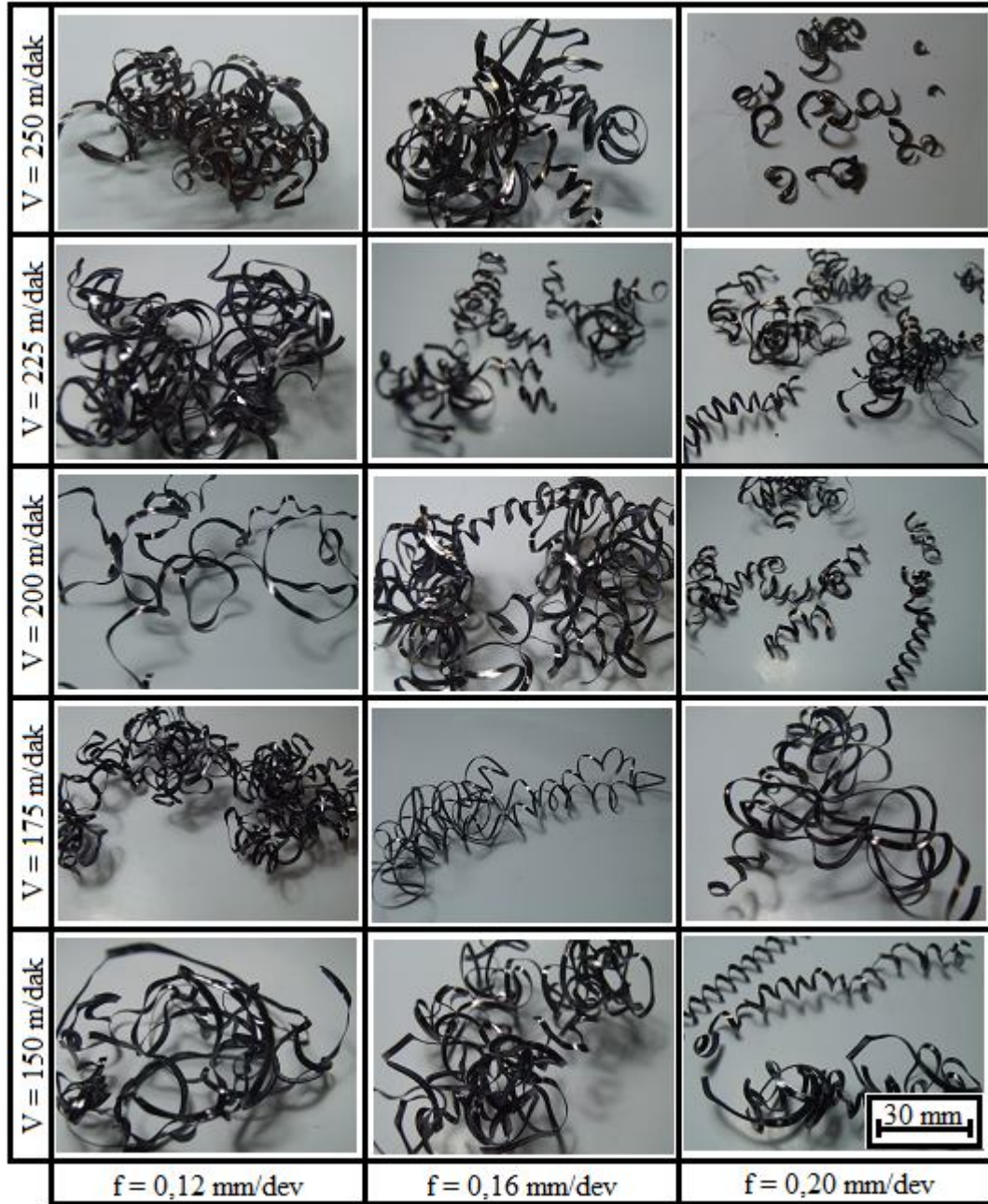
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



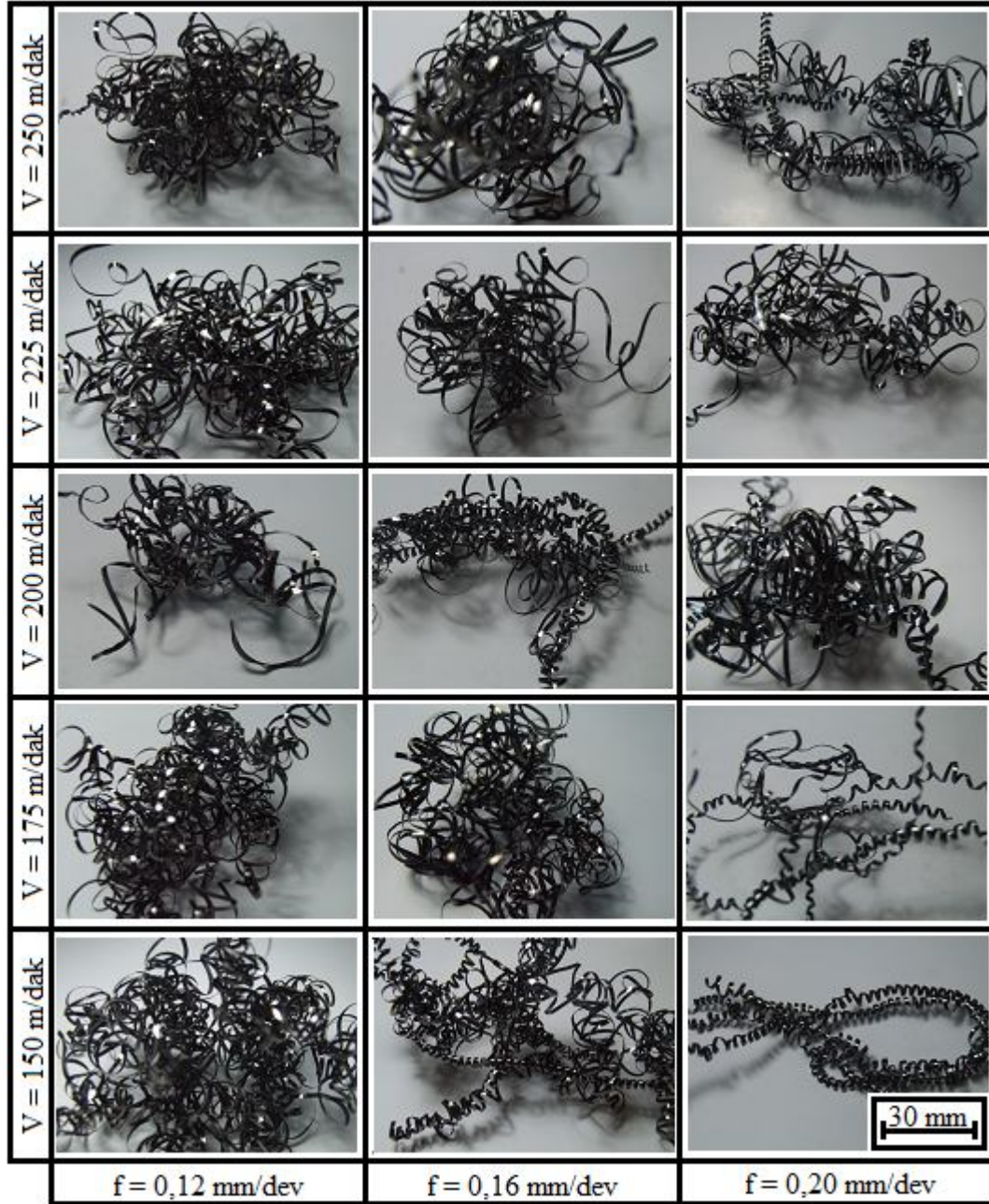
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



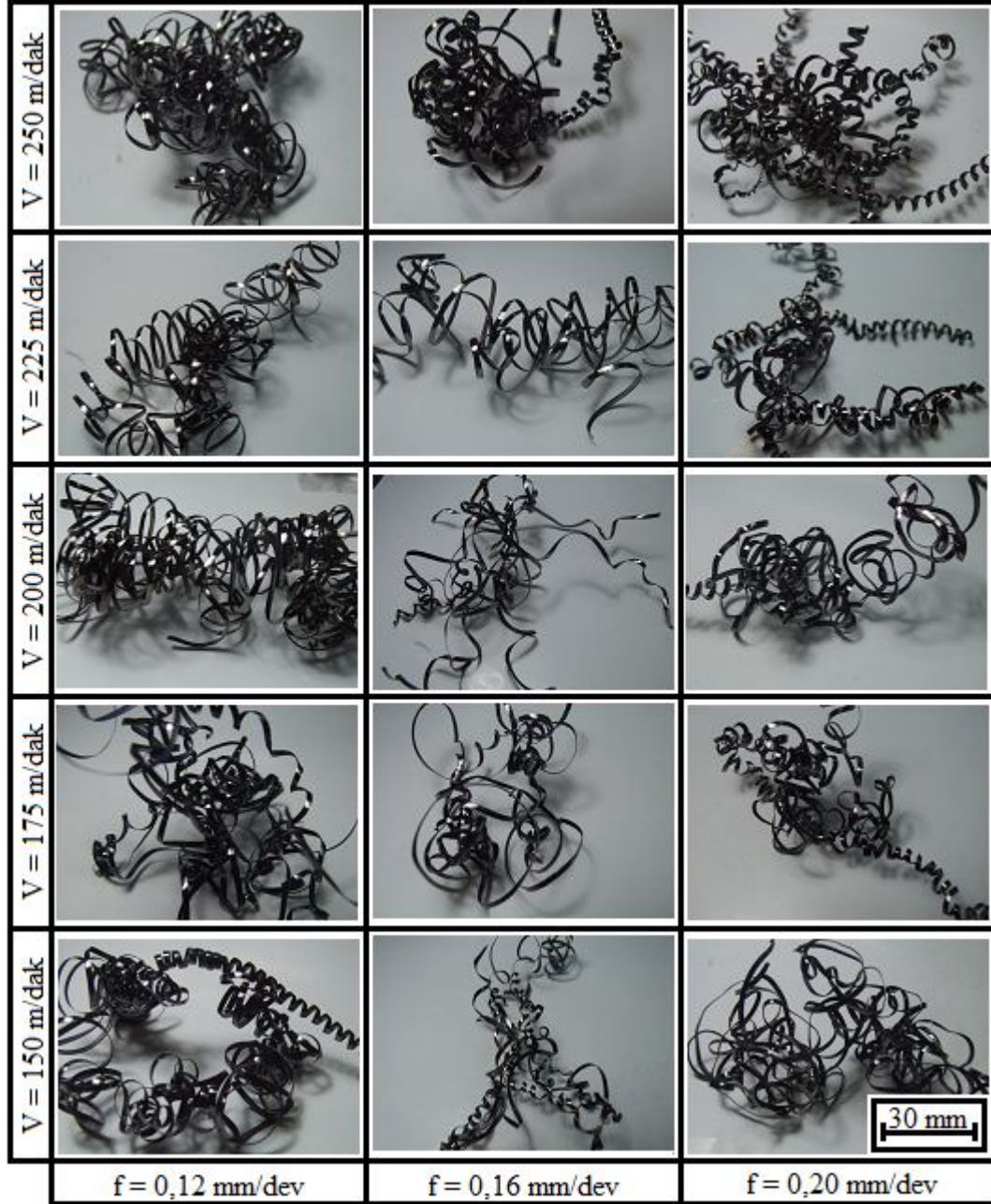
EK – 2 (Devam) 0,8 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



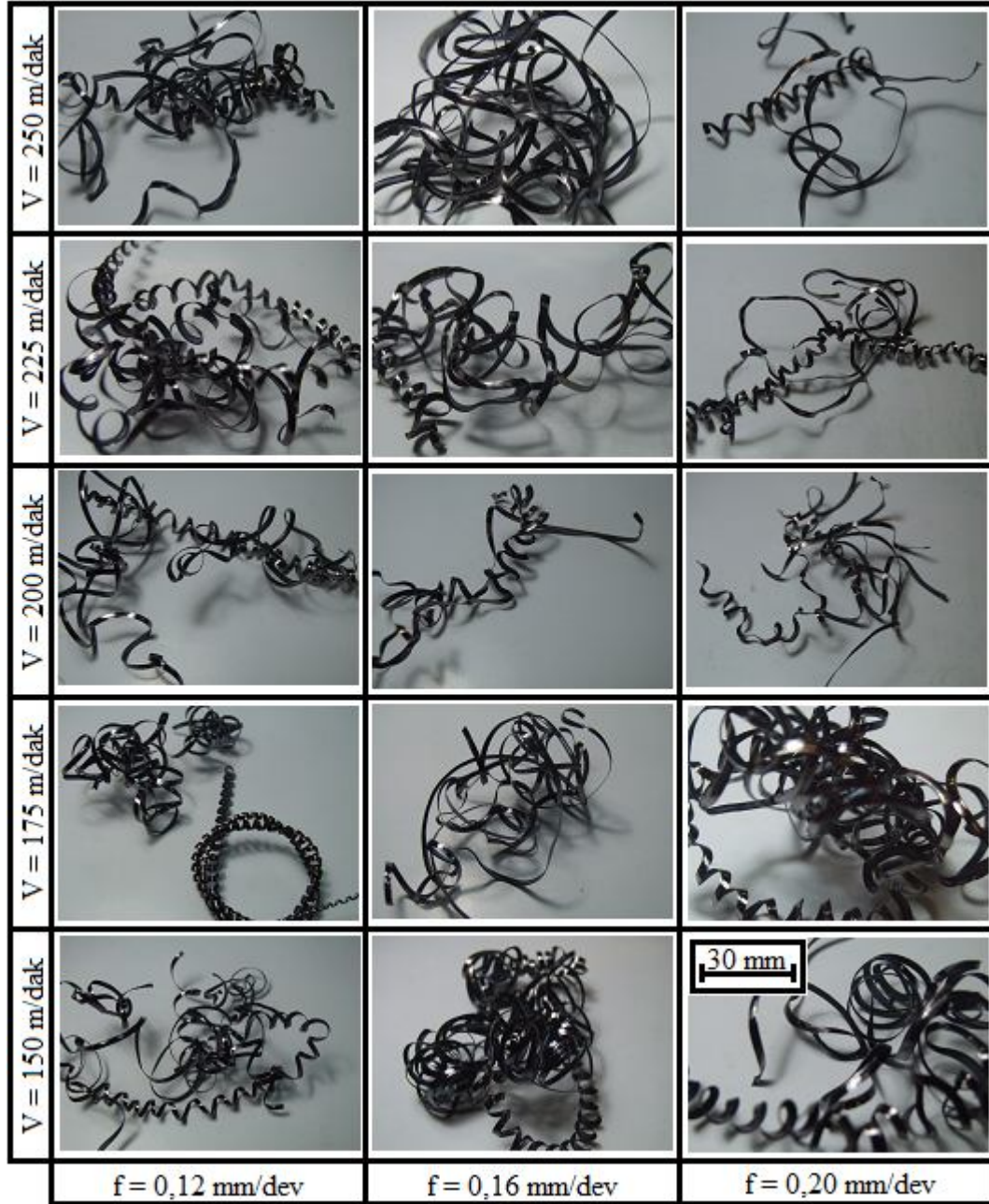
EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 0,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 1 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



EK – 2 (Devam) 1,2 mm uç yarıçapına sahip kaplamasız sermet takımda 1,5 mm talaş derinliğinde oluşan talaş şekilleri



EK – 3 AISI 6150 malzeme sertifikası



KALİTE BELGESİ

NO / Number	102504	TARİH / Date	17.06.2008
MÜŞTERİ / Customer	AKÇELİK DEMİR ÇELİK SAN.ve TİC.	SİPARİŞ NO / Order Number	805011-35/1
DÖKÜM NO / Heat Number	082266	SİPARİŞ MİKTARI / Order Quantity (kg)	30.000
KALİTE / Quality	50CrV4	SEVK MİKTARI / Delivery Quantity (kg)	
BOYUT / Size (mm)	40	BOY / Length (mm)	6500
L / C NO			

Kimyasal Analiz (Pota, % Ağırlık), Optik Emisyon Spektrometresi (ARL 4460) ile /
Chemical Analysis (Ladle, Weight %), With Optical Emission Spectrometer (ARL 4460) :

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	Sn	B	Ti	N
0.50	0.31	0.78	0.009	0.006	1.06			0.15						

SERTLİK / Hardness (EN ISO 6506-1)

311 HB

Teslim Şekli / Delivery

Sıcak Şekillendirme / Hot Rolled - [Ezme Oranı(20:1)]

EN 10060

Kuntlama / Shot Blasted

Doğrultma / Straightened

% 100 Yüzey Çatlak Test (Circoflux) / % 100 Surface Crack Tested

EN 10221 Klas A

% 100 Ultrasonic Test (İç Hata) / % 100 Ultrasonic Tested

1 mm. Eşdeğer Hata Çapı / Eq. Defect 1 mm Ø

% 100 Analiz Kontrolü / % 100 Spectral Tested

Bu malzeme AT900-4400 cihazı ile %100 radyoaktif testten geçirilmiş hurda ile üretilmiştir.

This material is produced from 100% radioactive tested scrap with AT900-4400.

Ürün / Kütük numunelerinden analiz kontrolü yapılmıştır. (Product/Ladle chemical analysis is performed.)

Çelik Yapım Metodu / Method of Steel Making

Elektrik Ark Ocağı / Electric Arc Furnace

Döküm Metodu / Casting Method

Sürekli Döküm / Continuous Casting

İsmail İrfan AYHAN

Kalite Müdürü / Quality Manager

Bu belge yukarıda tanımlanan malzeme için islek imzalı olarak düzenlenmiştir. Çoğaltılmış kopyaların güvenilirliğinden CEMTAS sorumlu değildir.

This certificate is issued originally signed for the material described above. CEMTAS does not take any responsibility for the non-authorized copies.

Yukarıdaki malzemenin test edildiği ve sipariş şartlarına uygun olduğu onaylanmıştır. Kuşku durumunda, geçerli belge olarak CEMTAS'ın kayıtlı kopyası basırlmalıdır.

We hereby confirm that above mentioned material has been tested and the results meet the order requirements. In case of doubt, the original copy at CEMTAS should be consulted as authoritative text.

Organize Sanayi Bölgesi A.O.S. Bulvarı No: 3 16159 BURSA Tel : 0.224.243 12 30 Fax: 0.224. 243 13 18 2.005-F03 Rev.2

ONAY / Approval



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BİLGİN, Musa
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.06.1985 /Polatlı
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (446) 226 66 03 / 195
 Faks : 0 (446) 226 66 01
 e-mail : mbilgin@erzincan.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Eğitim Bölümü	2007
Lise	Polatlı Endüstri Meslek Lisesi /CNC Bölümü	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-....	Erzincan Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2008-2008	M.K.E Silah Fabrikası	Teknik Ressam
2007-2008	M.K.E Gazi Fişek Fabrikası	Teknisyen

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. BİLGİN M., ULAŞ H. B., TANDIROĞLU A. “Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu (M.Y.O.) Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Makine Programı Öğrencilerinin Bölüm Tercih Sebepleri, Sosyo-Ekonomik Durumları, Mezun Olduklarında Çalışmak İstedikleri Alanlar ve Bu Alanda Aldıkları Eğitimin Yeterliliği”, *II. Uluslararası VI. Ulusal Meslek Yüksek Okulları Sempozyumu*, Kuşadası, 25-27 Mayıs 2011(UMYOS 2011)

2. ÇETİN M., BİLGİN M., ULAŞ H. B., TANDIROĞLU A., “Kaplamasız Sermet Takımla AISI 6150 Çeliğinin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, **Electronic Journal of Vocational Colleges**, 1(1):211 – 221, (2011)

Hobiler

Tasarım Programları, Bilgisayar teknolojileri, Seyahat