

**AISI 1040 ÇELİĞİNDE DEFORMASYON ORANININ
İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİSİ**

2013

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Mahir AKGÜN

**AISI 1040 ÇELİĞİNDE DEFORMASYON ORANININ
İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİSİ**

Mahir AKGÜN

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2013**

Mahir AKGÜN tarafından hazırlanan “AISI 1040 ÇELİĞİNDE DEFORMASYON ORANININ İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Halil DEMİR

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21 / 06 / 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

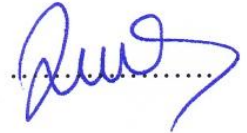
Başkan : Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan SUR (KBÜ)

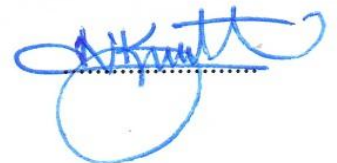


...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mahir AKGÜN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AISI 1040 ÇELİĞİNDE DEFORMASYON ORANININ İŞLENEBİLİRLİĞE ETKİSİ

Mahir AKGÜN

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Halil DEMİR

Haziran 2013, 84 sayfa

Bu çalışmada, sıcak haddelenmiş ve farklı deformasyon oranlarında (%7, 4 ve 3,5) soğuk çekilmiş AISI 1040 çelikler üzerinde işleme deneyleri yapılmıştır. İşleme deneyleri tornalama metoduyla sekiz farklı kesme hızı (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak), dört farklı ilerleme hızı (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) ile dört farklı (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Soğuk çekilmiş çelik parçaların mikroyapıları ve sertlikleri değişmiştir. Değişen mikroyapı ve sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Soğuk çekmenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemek amacıyla, ayrıca sıcak haddelenmiş düşük karbonlu çelikler de tornalama deneylerine tabi tutulmuştur. Sıcak haddelenmiş iş parçalarının sertliğinin düşük ve sünekliğinin yüksek olması kesme kuvvetlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Diğer taraftan soğuk çekilen iş parçalarında ise sertliğin yüksek ve sünekliğin düşük olmasından dolayı kesme kuvvetleri düşük olmuştur.

Anahtar Sözcükler : AISI 1040 çelik, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti.

Bilim Kodu : 708.3.028

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECT OF DEFORMATION RATE ON MACHINABILITY OF AISI 1040 STEELS

Mahir AKGÜN

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Manufacturing Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Halil DEMİR

June 2013, 84 pages

In this study, hot rolled and subsequently cold drawn AISI 1040 steels of various deformation rate (% 3.5, 4 and 7) were subjected to machining tests. The machining tests were carried out through single point turning operations at eight different cutting speeds (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 and 450 m/min), three different feed rates (0.04, 0.08, 0.1 and 0.12 mm/rev) and 0.5 and 1 mm depth of cut without coolant. Cold drawing changed the microstructures and hardness of the steel parts. The effect of different microstructure and hardness on cutting force and surface roughness was investigated. In order to examine the influence of cold drawing on cutting forces and surface roughness, turning tests on hot rolled low carbon steel were also carried out. Hot rolled workpieces resulted in higher cutting forces due to their low hardness and high ductility. On the other hand, cold drawn workpieces led to lower forces due to their higher hardness and low ductility.

Key Words : AISI 1040 steels, surface roughness, cutting forces.

Science Code : 708.3.028

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının ortaya çıkarılmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, tüm gücüyle yardımcı olan, çalışmalarımın hiçbir aşamasında beni yalnız bırakmayan tez danışmanım hocam sayın Doç. Dr. Halil DEMİR’e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen hocalarım sayın Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ, Yrd. Doç. Dr Gökhan SUR’a, Yrd. Doç. Dr Metin ZEYVELİ’ye ve metalografi işlemlerinde yardımlarını esirgemeyen Karabük Üniversitesi İmalat Mühendisliği Arş. Gör. Musa YILDIRIM’a teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarında emeği geçen bütün arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve büyük bir sabır gösteren babama, anneme, kardeşlerime ve küçük kardeşim Canberk AKGÜN’e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
BÖLÜM 3	10
PLASTİK DEFORMASYONUN GENEL İLKELERİ.....	10
3.1. METALİK MALZEMELERDE DEFORMASYON MEKANİZMALARI..	10
3.1.1. Kayma.....	10
3.1.2. İkizlenme	11
3.1.3. Tane Sınırlarının Kayması.....	12
3.1.4. Yayınma Sürünmesi	12
3.2. SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YOLUYLA MUKAVEMET ARTIŞI	12
BÖLÜM 4	16
TALAŞ KALDIRMA ESASLARI VE İŞLENEBİLİRLİK	16

	<u>Sayfa</u>
4.1. GİRİŞ.....	16
4.2. METALLERDE TALAŞ KALDIRMA ESASLARI.....	17
4.2.1. Talaş Oluşum Mekanığı.....	17
4.2.2. Talaş Kaldırmada Isı Oluşumu	19
4.3. TALAŞ BİÇİMLERİ.....	21
4.3.1. Sürekli Talaş	22
4.3.2. Kesici Takımda Yığıntı Talaş.....	22
4.3.3. Dilimli Talaş	23
4.3.4. Süreksiz Talaş.....	23
4.4. KARBONLU VE ALAŞIMLI ÇELİKLERDE İŞLENEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	24
4.4.1. İş Parçası Malzemesinin	24
4.4.2. Sertlik ve Dayanım	25
4.4.3. Sünekliğin Etkisi.....	25
4.4.4. Isıl İletkenlik.....	25
4.4.5. Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Deformasyon Sertleşmesi.....	26
4.4.6. Kalıntılar (İnklüzyonlar).....	26
4.4.6. Kolay İşleme Katkıları.....	26
4.5. KESME KUVVETLERİ	27
4.5.1. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	27
4.5.2. Talaşlı İmalatta Kesme Kuvveti Bağıntıları	28
4.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	31
4.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü Oluşumu.....	32
4.6.2. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler	34
 BÖLÜM 5	35
MATERYAL VE METOD	35
5.1. DENEY MALZEMESİ	35
5.1.1. Deney Malzemelerinin Hazırlanması	35
5.1.2. Mikroyapı İncelemeleri	38
5.1.3. Sertlik Ölçümü.....	40

5.2. DENEY MALZEMESİNİN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ	41
5.2.1. CNC Torna Tezgahı ve Kesici Takım	41
5.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	41
5.2.3. Kesme Kuvveti Ölçüm Cihazı	42
 BÖLÜM 6	 45
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	45
6.1. SERTLİK SONUÇLARI.....	45
6.2. METALOGRAFİK SONUÇLAR.....	46
6.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ SONUÇLARI	48
6.3.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi	52
6.3.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi	57
6.3.2.1. 1 mm Talaş Derinliğinde İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	57
6.3.2.2. 0,5 mm Talaş Derinliğinde İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	62
6.3.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi ..	65
6.3.4. Deformasyon Oranının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi	68
6.4. KESME KUVVETİ SONUÇLARI.....	73
6.4.1. %3,5 Deformasyon Oranında Kesme Hızı ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi	73
6.4.2. Deformasyon Oranı ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi	75
6.4.3. %7 Deformasyon Oranında Talaş Derinliği ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi	76
 BÖLÜM 7	 78
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	78
 KAYNAKLAR	 80
ÖZGEÇMİŞ	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Soğuk şekil değiştirmenin malzemelerin bazı özelliklerine etkisi	13
Şekil 3.2. Soğuk deformasyon öncesi ve sonrası mikroyapı.....	14
Şekil 4.1. Tornalama işleminde şematik olarak talaşın kaldırılışı.....	18
Şekil 4.2. Talaş oluşumu	19
Şekil 4.3. Kesme bölgesindeki ısının dağılımı	20
Şekil 4.4. Talaşlı imalat işleminde oluşan ısının dağılımı.....	21
Şekil 4.5. Kesme dinamometrelerinin tarihsel gelişimi	28
Şekil 4.6. Dik (ortogonal) kesmede hız bileşeni	29
Şekil 4.7. Tornalama işlemi esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni.....	30
Şekil 4.8. Kesici takım talaş açısı ile kesme kuvvetinin değişimi.....	31
Şekil 4.9. İşlenmiş bir yüzeyin karakteri	33
Şekil 4.10. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.....	34
Şekil 5.1. Spectrolab F tipi marka spektral analiz cihazı	36
Şekil 5.2. Metalografi numunelerinin şeffaf reçineye alınması işlemi.....	38
Şekil 5.3. Metkon Gripo 2v marka zımpara ve polisaj cihazı	39
Şekil 5.4. MEIJI marka optik mikroskop.....	39
Şekil 5.5. Numune örneği ve sertlik ölçüm noktaları	40
Şekil 5.6. VRSD 251 marka makro sertlik cihazı	40
Şekil 5.7. Kistler 9121 tip dinamometre	43
Şekil 5.8. Deney düzeneği.....	43
Şekil 5.9. Kesme kuvveti grafiği	44
Şekil 6.1. Deformasyon oranını ve sertlik ilişkisi	46
Şekil 6.2. (Ø21,4 mm) Sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.....	47
Şekil 6.3. (Ø20 mm) Soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü ...	47
Şekil 6.4. (Ø36,4 mm) Sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.....	47

Şekil 6.5. (Ø35 mm) Soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü ...	48
Şekil 6.6. (Ø40,4 mm) Sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.....	48
Şekil 6.7. (Ø39 mm) Soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü ...	48
Şekil 6.8. %7 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev)	52
Şekil 6.9. 240 m/dak kesme hızında oluşan talaşların görüntüleri	53
Şekil 6.10. %4 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev)	54
Şekil 6.11. 330 m/dak kesme hızında oluşan talaşların görüntüleri	55
Şekil 6.12. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev)	56
Şekil 6.13. 150 m/dak kesme hızında oluşan talaş görüntüleri	57
Şekil 6.14. %7 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).....	58
Şekil 6.15. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında oluşan talaş görüntüleri	59
Şekil 6.16. %4 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).....	60
Şekil 6.17. %3,5 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).....	61
Şekil 6.18. %7 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=0,5 mm, v=210 m/dak).....	62
Şekil 6.19. %4 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=0,5 mm, v=210 m/dak).....	63
Şekil 6.20. %3,5 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=0,5 mm, v=210 m/dak).....	64
Şekil 6.21. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (f=0,1 mm/dev, v=210 m/dak)	65
Şekil 6.22. %4 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (f=0,1 mm/dev, v=210 m/dak)	66
Şekil 6.23. Deneylerde elde edilen talaşların görüntüleri	67
Şekil 6.24. %3,5 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (f=0,1 mm/dev, v=210 m/dak)	68
Şekil 6.25. Deformasyon oranına bağlı olarak kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev)	69
Şekil 6.26. Deformasyon oranına bağlı olarak ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak)	70

Sayfa

Şekil 6.27. Deformasyon oranına bağlı olarak ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=0,5$ mm, $f=0,1$ mm/dev)	71
Şekil 6.28. Deformasyon oranına bağlı olarak talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak)	72
Şekil 6.29. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $a=1$ mm).	74
Şekil 6.30. Deformasyon oranı ve esas kesme kuvveti (f_c) ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dk $a=1$ mm).....	75
Şekil 6.31. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak)	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1. AISI 1040 malzemesinin kimyasal bileşimi (%Ağırlık).....	38
Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	42
Çizelge 6.1. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin sertlik değerleri	45
Çizelge 6.2. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.....	49
Çizelge 6.3. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerler	50
Çizelge 6.4. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri	51
Çizelge 6.5. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev $a=1$ mm).	73
Çizelge 6.6. Deformasyon oranı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($v=210$ m/dak, $f=0,1$ mm/dev $a=1$ mm).	75
Çizelge 6.7. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev $v=210$ m/dak).	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

V	: Kesme Hızı (m/dak)
f	: İlerleme Miktarı (mm/dev)
a	: Kesme Derinliği (mm)
r	: Kesici Takım Uç Yarı Çapı (mm)
F	: Kesme Kuvveti (N)
F _c	: Esas Kesme Kuvveti (N)
F _f	: İlerleme Kuvveti (N)
F _r	: Radyal Kuvvet (N)
R _a	: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)
μm	: Mikrometre
N	: Newton
C	: Karbon

KISALTMALAR

AISI	: Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü (American Iron and Steel Institute)
BUE	: Yığıntı Talaş (Built Up Edge)
HRC	: Rockwell C Sertliği (Hardness Rockwell C)
DIN	: Alman Endüstri Normları (Deutch Industrie Normen)
CNC	: Bilgisayarlı Nümerik Kontrol
ISO	: Uluslararası Standard Organizasyonu
CBN	: Kübik Bor Nitrit (Cubic Boron Nitride)
PCD	: Çok Kristalli Elmas (Polycrystallin Diamond)
PVD	: Fiziksel Buhar Biriktirme (Physical Vapour Deposition)
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme (Chemical Vapour Deposition)
SEM	: Tarama Elektron Mikroskobu (Scanning electron microscope)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çeliğe, alternatif malzemeler olmasına rağmen hala otomotiv endüstrisi için en önemli malzeme sınıfını teşkil etmektedir. Bunun ana sebebi, ister oto gövdesi için ister şasi ve tekerlekler gibi yapısal parçalar için bir malzeme olarak özelliklerinin sınırsız değişkenlikte olmasıdır. Çelik malzemelerde, normal çelikten orta ve yüksek mukavemetli çeliğe doğru bir eğilim vardır [1].

Dünyadaki metal üretiminin % 90'ını çelikler ve bu miktarın yaklaşık % 77'sini de düşük karbonlu çelikler oluşturmaktadır. Çelik malzemeler haddeleme veya soğuk çekme işleminden sonra piyasaya arz edilmektedir. Bu nedenle malzemenin mikroyapısı, şekil değiştirme yön ve miktarına bağlı olarak değişikliğe uğramaktadır. Orijinal yapı içerisinde bulunan ikinci faz taneleri ve inklüzyonlar şekil değiştirme (deformasyon) yönünde uzamaktadır. Deformasyon sonucu akma dayanımı, çekme dayanımı ve sertlik artmakta, süneklik düşmektedir. Haddeleme sonucu mikroyapıda meydana gelen değişimlerin kazandırdığı özellikler işlenebilirlik açısından önem kazanmaktadır [2].

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımlar, ürün maliyeti ve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ekonomik ve kaliteli üretim için, kesici takımlar, kesme işlemi esnasında maruz kaldıkları yüksek gerilme, sıcaklık ve sürtünme etkilerine uzun süre dayanabilecek kabiliyette olmalıdır. Talaşlı imalat metodu ile metal ve alaşımlarını şekillendirmenin yaygınlaştığı Endüstri Devrimi'nden günümüze kadar kesici takımlar alanında yapılan çalışmalar, kesici takımların performanslarında kıyaslanamayacak artışları beraberinde getirmiştir. Yeni kesici takım malzemelerinin geliştirilmesi, kesici takımlara kaplamaların uygulanması ve mevcut kesici takımların geometrilerinin ve yapılarının iyileştirilmesi sonucu kesici takımların aşınma dirençleri ve performansları da önemli ölçüde iyileştirilmiştir.

Örneğin, endüstri devriminin ilk günlerinde sertleştirilmiş karbon çeliği bir kesici takımla buhar motorunun bir silindiri işlemek 27,5 gün sürmüştür. O zaman kullanılan kesme hızının yaklaşık olarak 5 m/dak olduğu dikkate alınırsa, aynı işi günümüzde seramik veya kübik bor nitrür (CBN) bir kesici takımla 500 m/dak hatta 1000 m/dak kesme hızı ile işlenerek 100 ve 200 kat gibi daha kısa sürelerde bitirilebilir [3].

Endüstri Devrimi'nin ilk günlerinde kullanılan kesici takımlarla, günümüzde kullanılan kesici takımların performansları arasında kıyaslanamayacak derecede farklar olmasına rağmen, kesici takımlar alanındaki araştırma ve geliştirme faaliyetleri yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bunun da başlıca iki nedeni vardır: Bu nedenlerden birisi; küreselleşen dünyamızdaki zor rekabet şartlarıdır. Birim zamandaki üretim miktarını artırmak ve dolayısıyla maliyeti düşürmek için kesme hızının artırılması çok önemli bir faktördür. Diğer neden ise; endüstriyel ürünler için özellikleri daha iyi olan malzemelerin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır [3].

Talaşlı imalat işleminin maliyeti, endüstriyel ürünlerin maliyetinde önemli bir orana sahip olduğu için iş parçasının işlenebilirlikleri üzerine ve kesici takımların kesme performansların optimize etmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Maliyetin düşürülmesine yönelik yapılan çalışmaların sonucu olarak talaşlı imalat işlemini azaltmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte bu yöntemler oldukça sınırlıdır ve ayrıca talaşlı imalat ile elde edilebilecek iyi bir yüzey kalitesi birçok parça için gereklidir [4].

İşleme araştırmalarının genel amacı, en iyi ürün kalitesi ve en düşük işleme maliyetinin oluşmasını sağlayan uygun kesme şartları için iş parçası-kesici takım etkileşimini araştırmaktır. İşlenebilirlik bir malzemenin takımlama ve işleme süreçleri açısından tasarlanan şekilde (yüzey kalitesi ve tolerans) kolaylıkla kesilebilmesini tanımlamak için kullanılan terimdir. Bir işleme operasyonunda işlenebilirliği ölçmek için kesme kuvveti ve yüzey kalitesi kullanılabilir. Kesme kuvvetleri güç tüketimini ve takım aşınmasını doğrudan etkiledikleri için, bu kuvvetlerin optimize edilmesi önemlidir [5].

Böylelikle güç sarfıyatı ve takım aşınması en az seviyeye indirilebilir. Bununla birlikte, ekonomiklik ve yüzeydeki geometrik bozuklukları gidermek için yüzey pürüzlülüğü değerlerine müracaat edilmektedir [5].

Bu tezin amaçları doğrultusunda AISI 1040 çelik malzeme sıcak haddelenmiş ve (%7, 4 ve 3,5) deformasyon oranlarında soğuk çekilmiş olmak üzere karbür kesici takımlar kullanılarak tornalama metoduyla işleme deneylerine tabi tutulmuştur. Tornalama deneyleri sekiz farklı kesme hızı (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak), Dört farklı ilerleme hızı (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) ile dört farklı (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Gerçekleştirilen çalışmalar giriş, literatür araştırması, plastik deformasyonun genel ilkeleri, talaş kaldırma esasları ve işlenebilirlik, materyal ve metot, deneysel sonuçlar ve tartışma sonuçlar ve öneriler bölümlerinden oluşmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Talaşlı üretimin temel elemanı olan makine, kesici takım ve işlenecek malzeme üzerinde, yıllardır devam eden araştırmalar, talaş kaldırma esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin ve etkilerinin analizi ve doğru olarak ölçülmesini de gerekli hale getirmiştir [6].

Ulusoy yaptığı yüksek lisans çalışmasında, otomotiv sektöründe kullanılan bağlantı rekorlarının imalatı için 11SMnPb37 çeliği yerine Ç1040 çeliği kullanarak en kısa sürede, en kaliteli ve en fazla ürünü daha ucuza üretmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, kesme hızı ve ilerleme değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda belirlenen parametreler doğrultusunda malzemelere bağlı yıllık üretim adetleri bulunmuş avantajlı malzeme ve kesme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Malzeme çeşidine göre kesme hızı, ilerleme hızı, yüzey pürüzlülüğü, üretim süreleri ve yıllık üretim adetleri hesaplanmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ilerleme hızının artmasıyla imalat sürelerinin azaldığı ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Ç1040 çeliği kullanımında takım ömrü azalırken yüzey kalitesi artmıştır. Malzemelere göre yıllık üretim adetleri değerlendirildiğinde ise, Ç1040 çeliği kullanımının daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir [7].

Demir vd. tarafından yapılan çalışmada, sertleştirilebilir paslanmaz takım çeliği Stavax ESR (AISI 420 ESR) işlenebilirliği üzerine çalışma yapmışlardır. Deneyleri tornalama metoduyla altı farklı kesme hızı (160, 200, 240, 280, 320 ve 360 m/dak), dört farklı ilerleme miktarı (0,05, 0,10, 0,15 ve 0,20 mm/dev) ve 1 mm kesme derinliğinde soğutma sıvısı kullanmadan yapmışlardır. En düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin sırasıyla 0,05 ve 0,10 mm/dev ilerleme miktarlarında, 240 ve 280 m/dak kesme hızlarında oluştuğunu belirlemişlerdir [8].

Korkut ve Dönertaş yaptıkları çalışmada, Ç1020 ve Ç1040 çeliklerinde kesme parametrelerini iyileştirmek için işlenebilirlik incelemeleri yapmışlardır. Kesme parametrelerinin değiştirilmesiyle BUE oluşumu ve yüzey pürüzlülüğünün nasıl etkilendiğine incelenmiştir. İşlenebilirlik üzerine kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin etki ettiği, yüzey pürüzlülüğü ve BUE oluşumlarının bu değerlere bağlı olduğu ve Ç1020 çeliğinin Ç1040'a göre daha kolay işlenebildiğini belirlemişlerdir [9].

Demir vd. tarafından yapılan çalışmada, orta karbonlu alaşımlı ve alaşımsız çeliklerde ısıtılma şartlarının ve sertliğin işlenebilirliğe etkisini incelemişlerdir. Deney malzemesi olarak Ç1040 ve mikroalaşımlı 38MnVS6 çeliği kullanmışlar. Deney sonucunda genel olarak her iki malzeme için de kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetleri azaldığını ve 38MnVS6 malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri Ç1040 malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetlerinden daha yüksek olmuştur. 38MnVS6 malzemelerin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Ç1040 malzemelerin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden hem daha düşük hem de daha düzenli bir dağılım sergilemiştir. Bu durum 38MnVS6 malzemenin daha düzenli olan mikroyapısı ve daha yüksek sertliğine atfetmekte [10].

Suresh vd. tarafından yapılan çalışmada, AISI 4340 çeliğinin farklı kesme parametrelerinde sert tornalaması üzerine çalışmışlardır. Kesici takım olarak kaplamalı karbür kesici kullanmışlar. İlerleme miktarı ve talaş derinliğinin kesme kuvvetleri üzerinde etkili olduğunu tespit etmişler ve kesme hızının artmasıyla kuvvetlerinin azaldığı görülmüştür. Kuvvetlerdeki azalma, muhtemelen kayma düzlemi alanındaki sıcaklık artışı nedeniyle meydana gelmiştir [11].

Özçatalbaş vd. yaptıkları çalışmalarda, sıcak haddelenmiş Ç 1050 çeliğine uygulanan tam tavlama ve normalleştirme ısıtılma işlemleriyle malzemenin mikroyapı ve mekanik özelliklerini değiştirmişlerdir. Ç 1050 çeliğine kazandırılan özelliklerin, talaş kökü morfolojisi, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmalarda en düşük sertliğe sahip tavlama numunenin yığıntı talaş yüksekliği ve çıkıntı uzunluğunda artış belirlenmiş ve buna yüzey pürüzlülük

değerlerinde artışa sebep olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülük değeri normalleştirilmiş numunede elde edilmiştir. En düşük kesme hızında tam tavlama numunede en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise normalleştirilmiş numunede elde edilmiştir. Artan kesme hızıyla birlikte tüm numunelerde yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir. En yüksek kesme hızında en düşük yüzey pürüzlülük değeri haddelenmiş numunede elde edilmiştir [12].

Habalı tarafından yapılan doktora tezi çalışmasında, AISI 1040 çeliğini tornalama işleminde kesici takım kaplama malzemelerinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneyler sonucunda, en düşük sıcaklıkların en üst katman olarak TiN uygulanmış üç katlı kaplamaya sahip takımlarla elde edildiği ve bu durumda TiN kaplamasının düşük sürtünme katsayısına sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla sıcaklığın arttığı ve kesme hızının sıcaklık üzerindeki etkisinin ilerlemeden daha fazla olduğu tespit edilmiştir [13].

Özçatalbaş yaptığı çalışmada, SAE 8620 çeliğinin tornalama metoduyla işlemeye tabi tutmuştur. Talaş oluşum mekanizmasını ve talaş morfolojisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerine etkisini araştırmıştır. Sıcak haddelenmiş çeliğin normalleştirme ve tam tavlama ısı işlemleri ile mekanik özellikleri değiştirilmiştir. Kesme hızının artmasıyla yığıntı talaş boyutu azalmış ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir [14].

Brandon tarafından yapılan çalışmada, AISI 4140 çeliği üzerinde farklı küreselleştirme ısı işlemi ve soğuk deformasyonun işlenebilirlik üzerine etkisi araştırılmıştır. Yüksek kesme hızı ve ilerlemeler miktarında, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması hızlı bir şekilde artmıştır. Takım ucunun körelmesi ve talaş kırıcı formunun deforme olması sonucu uzun ve sürekli talaş oluşmuştur. Tüm kesme hızı ve ilerleme miktarlarında, küreselleştirilmiş + %10 soğuk deforme edilmiş malzemede düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Küreselleştirilmiş + %5 soğuk çekilmiş malzemede en düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Çıkan talaşlar kesik ve kırıklı olduğu için talaş kırıcı takım kullanımı önerilmemiştir [15].

Tekaüt vd. tarafından yapılan çalışmada, AISI 1050 çeliğini tornalama işleminde talaş kırıcı formu ve kesme parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile L32 dikey dizinine göre optimizasyonunu yapmışlardır. Ayrıca, deneysel çalışmaya gerek kalmaksızın tahmini değerlere ulaşmada kullanılabilecek F_c 'nin istatistiksel modelini oluşturmuşlardır. Modelde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında %91,7'lik yüksek derecede bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır [16].

Altinkaya ve Güllü tarafından yapılan çalışmada, AISI 316 Östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde talaş kırıcı formunun takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Deneyler, CVD yöntemiyle üç katman TiN/TiCN/Ti kaplanmış üç değişik talaş kırıcı formu karbür takım kullanılarak, AISI 316 östenitik paslanmaz çelik üzerinde parmak frezeleme ile işlenerek yapılmıştır. Deneyler sonucunda, uygun talaş kırıcı formu, takım ve talaş arasındaki temas uzunluğunu sınırladığı için, talaşı daha çabuk uzaklaştırdığı görülmüştür. Böylelikle ısı oluşumu azalmış ve takımın kaldırabileceği talaş miktarı artmıştır [17].

Çiftçi tarafından yapılan çalışmada, AISI 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzeme üzerinde tornalama yöntemiyle işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Kesici takım olarak, çok katlı kaplanmış sementit karbür takım kullanılmıştır. Deneyler, ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutularak, dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak) soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Deney sonrası elde edilen aşınmış kesici takımlar tarama elektron mikroskopunda (SEM) incelenerek aşınma biçimleri ve mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Artan kesme hızı ile belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti azalmıştır. Ancak belirli bir değerden sonra artış görülmüştür. SEM incelemelerinden aşınmanın kesici takım üzerinde genellikle üç bölgede küçük kırılmalar şeklinde (chipping) olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; a) kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge b) kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve c) burun bölgesidir. Gerçekleşen aşınmaların kesici takım üzerinde oluşan yığıntı talaş (BUE) ile ilişkili olduğu tahmin edilmiştir ve 180 m/dak'ya kadar artan kesme hızıyla azalmıştır [18].

Çoğun ve Özses yapmış oldukları çalışmada, bilgisayar sayısal denetimli takım tezgâhlarında (CNC) takım ilerleme hızı, devir sayısı, tabla ilerlemesi ve paso derinliği gibi parametreleri değiştirerek, bir fabrikanın üretim kısmından seçtikleri parçalar için ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimini incelemişlerdir. Çalışmalarında, devir sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, takım ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini tespit etmişlerdir [19].

Güllü, silindirik taşlama işleminde kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, devir sayısı, taş bileme oranı, taş tane büyüklüğü, taş dokusu ve taş sertliği parametrelerini kullanarak Ç1050, Ç4140 ve Ç8620 malzemeleri için ortalama yüzey pürüzlülük değişimini incelemiştir. Çalışmasında, taş sertliğinin yüzey pürüzlülüğüne etki etmediğini, taş bileme oranı ve tane büyüklüğünün çok etkili olduğunu tespit etmiştir [20].

Gökkaya vd. tarafından yapılan çalışmada, AISI 1030 çeliğini PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla, 2 mm sabit kesme derinliğinde işleyerek, kesme hızı ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. İlerleme miktarının %80 azaltılmasıyla %176, kesme hızının %200 artırılması ile de %13 yüzey pürüzlülüğünde iyileşme sağlanmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğünü TiN kaplı kesici takım ile elde etmişlerdir. Ayrıca kaplamasız sementit karbür kesici takım kullanarak yaptıkları bir başka çalışmada ise, en iyi yüzey pürüzlülük değerini 100 m/dak kesme hızında elde etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünde, ilerleme değerinin %80 azaltılmasıyla %215, kesme hızının %200 azaltılmasıyla %13 iyileşme olduğu görülmüştür [21,22].

Kaçal vd. tarafından yapılan çalışmada, küresel grafitli dökme demirlerin yüksek kesme hızlarında bitirme tornalama metoduyla işlenebilirliğini incelemişlerdir. Deneyleri; ısıtılmış GGG 40 küresel grafitli dökme demirden hazırlanan numunelerle, seramik ve CBN kesici takımlar kullanarak yapmışlardır. Kesme parametreleri olarak, üç farklı kesme hızı (600, 700 ve 800 m/dak) ve dört farklı ilerleme (0,05, 0,08, 0,12, 0,16 mm/dev) değeri kullanmışlardır. En düşük yüzey pürüzlülük değerini seramik kesici ile kesme hızının 600 m/dak ve ilerlemenin 0,05

mm/dev olduğu kesme şartında 0,4 µm olarak ölçmüşlerdir. Isıl işlem görmemiş küresel grafitli dökme demirlerin bitirme tornalanmasında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre taşlama gibi ikincil bir işlemin gerekmediğini belirtmişlerdir [23].

Yeşil yapmış olduğu doktora çalışmasında, vargel tezgâhında düşük karbonlu St 44 çeliğinde haddeme yön ve miktarının işlenebilirlik üzerine etkisini incelemiştir. Bu amaçla çelik, soğuk ve sıcak olarak farklı miktarlarda haddelenmiştir. Deney malzemeleri talaş derinliği sabit tutularak haddeme doğrultusuna paralel, dik ve çapraz yönde işlenmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçmüştür. Soğuk haddelenmiş malzemelerde artan pekleşme hızı, kesme kuvvetlerini düşürürken, sıcak haddelenmiş malzemelerde pekleşme hızı ile kesme kuvvetleri arasında doğrusal bir ilişki kuramamıştır. Soğuk haddelenmiş malzemelerin yüzey pürüzlülüğü sıcak haddelenmiş malzemelerin yüzey pürüzlülüklerine göre bir miktar daha iyidir [2].

BÖLÜM 3

PLASTİK DEFORMASYONUN GENEL İLKELERİ

3.1. METALİK MALZEMELERDE PLASTİK DEFORMASYON MEKANİZMALARI

Metalik malzemelerin plastik deformasyonu en genel olarak belirli bir düzlemlerde ve doğrultularda atomların kayması ile gerçekleşir. Kaymanın kolaylıkla olmadığı durumlarda ise deformasyon ikizlenmesi katkıda bulunabilir. Yüksek sıcaklıklarda ve düşük deformasyon hızlarında çok kristalli metalik malzemelerin deformasyonu ise, tane sınırlarının kayması veya atomların yayınma ile yer değiştirmesi yani yayınma sürünmesi mekanizmaları ile olur. Sonuç olarak, metalik malzemelerin deformasyon mekanizmaları;

- ✓ Kayma,
- ✓ İkizlenme,
- ✓ Tane sınırlarının kayması,
- ✓ Yayınma sürünmesidir.

Metalik malzemelerin elastik veya plastik deformasyona karşı direnci atomlar arasındaki bağ kuvvetlerinden ileri gelmektedir. Plastik deformasyonu gerçekleştiren işlemler, metalik malzemelerin yapısındaki nokta, çizgi ve yüzey hataları gibi yapı hataları ile de ilgilidir [24].

3.1.1. Kayma

Kayma, dislokasyonların hareketi sonucunda atom düzlemlerinin birbirini üzerinde kayması veya ötelenmesi anlamına gelir. Kaymanın meydana gelmesi için kristal

yapılı malzemelerin atom düzlemlerine belirli bir değerin üzerindeki kayma gerilmesinin etkimesi gerekir. Atom düzlemlerine etki eden kayma gerilmesi dislokasyonların üzerinde bir kuvvet oluşturarak onları iter. Malzemede kaymanın meydana gelmesi için bu kuvvetin dislokasyon hareketine karşı olan direnci yenmesi gerekir. Bu da atom düzlemlerine etkiyen kayma gerilmesinin büyüklüğüne bağlıdır [25].

Kayma, oluşan kayma gerilmesinin malzemenin kayma mukavemetini aşması durumunda meydana gelir. Ancak kaymanın meydana gelmesi bazı yön veya doğrultularda kolay, bazı doğrultularda ise zor olur. Kayma olayının dislokasyonların hareketi sonucunda meydana geldiği bilinmektedir. Dislokasyon etrafındaki atomlar kafesteki normal konumlarından farklı yerlerde bulunduklarından, yani denge konumunda olmadıklarından dislokasyonların etrafında bir gerilme veya deformasyon alanı oluşur.

Diğer bir deyişle, kayma atom yoğunluğu en fazla olan düzlemlerde (kayma düzlemi) ve kayma düzlemi üzerinde atomların en sık bulundukları doğrultularda dislokasyonların hareketi ile meydana gelmektedir [24].

3.1.2. İkizlenme

İkizlenme kaymanın zor olduğu durumlarda, düşük sıcaklıklarda veya yüksek deformasyon hızlarında meydana gelen bir plastik değişirme mekanizmasıdır. İkizlenme hem toplam şekil değişimine katkıda bulunur hem de kaymayı kolaylaştıracak şekilde atom düzlemlerini yönlendirir. İkizlenme olayı atom düzlemlerinin ikiz düzlemine paralel doğrultuda hareket etmeleri sonucunda kafes yapısının farklı yönelmiş iki simetrik kısma bölünmesi şeklinde tanımlanır [25].

Diğer bir deyişle ikiz oluşumuyla ötelenmiş ve ötelenmemiş atomlar ikiz düzlemine göre birbirinin aynada aksidir. İkizlenmede atomlar, atomlar arası mesafenin bir kesri kadar hareket eder. İkizlenme her kristal sisteminde belirli düzlemlerde belirli doğrultularda olur [24].

3.1.3. Tane Sınırlarının Kayması

Tane sınırlarının kayması, çok kristalli metalik malzemelerde yüksek sıcaklık ve düşük deformasyon hızlarında meydana gelir. Tane sınırı kayması, tanelerin tane sınırı boyunca kayarak birbirlerine göre yer değiştirmeleri anlamına gelir [25].

Tane sınırlarının kayması ile taneler birbirine göre yer değiştirebilir. Bu olay, taneler yer değiştirirken tane sınırlarının birbiri ile uyum sağlayabilmesinin mümkün olduğu deformasyon şartlarında, yani yüksek sıcaklıklarda ve düşük deformasyon hızlarında olur [26].

Tane sınırı çekme eksenine ile 45° açı yaptığı zaman en fazla kayma olur. Saf metaller üzerinde düşük gerilmeler altında yapılan sürünme deneylerinde toplam deformasyonun yaklaşık %30'unun tane sınırlarının kayması ile oluştuğu ve bu oranın uygulanan gerilme artırıldığında azaldığı belirlenmiştir [24].

3.1.4. Yayınma Sürünmesi

Çok kristalli malzemeler, deformasyon sıcaklığının ergime sıcaklığına yakın olduğu yüksek sıcaklıklarda ve düşük deformasyon hızlarında kaymadan çok, atomların uygulanan gerilme yönünde yer değiştirmesi ile yani yayınma sürünmesi ile şekil değiştirebilirler. Atomların uygulanan gerilme yönünde yayınmaları, atom boşluklarının ise uygulanan gerilmeye dik yönde yayınmaları sonucunda taneler uzayabilir [24].

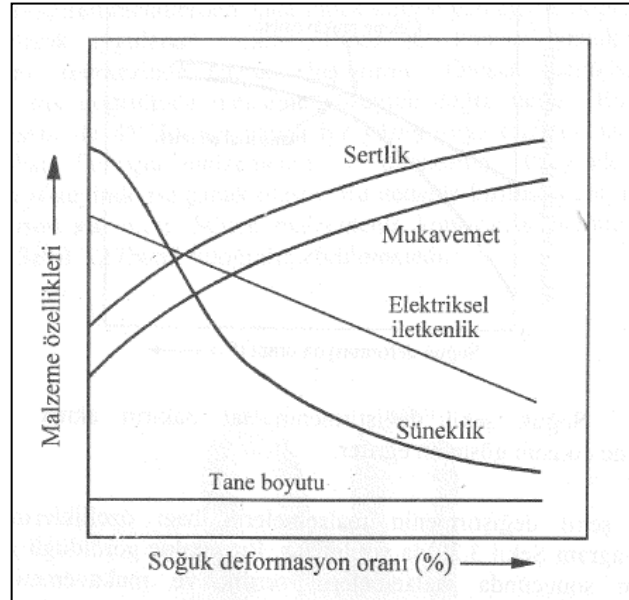
3.2. SOĞUK ŞEKİL DEĞİŞTİRMENİN MALZEMELERİN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Plastik deformasyona maruz kalan bir malzemenin taneleri çarpıtılmış durumda ise, o malzemenin soğuk şekil değişimine uğradığı kabul edilir. Soğuk şekil değiştirme malzemenin kafes yapısına bağlı olan bütün özelliklerini etkiler. Şöyle ki, soğuk şekil değiştirme sonucunda malzemenin çekme mukavemeti, akma mukavemeti ve sertliği artarken, sünekliği azalır. Ancak sertlik ve mukavemet değerlerindeki artış

oranları aynı değildir. İlk %10'luk şekil değişimi sırasında sertlikte meydana gelen artış oranı, mukavemet değerinde meydana gelen artış oranından daha yüksektir [25].

Malzemelerin akma mukavemeti, çekme mukavemetine göre soğuk deformasyona daha duyarlıdır. Bu nedenle, plastik deformasyon oranı arttıkça malzemelerin akma ve çekme mukavemetleri arasındaki fark azalır. Bu durum, büyük oranda plastik deformasyon gerektiren bazı şekil verme işlemlerinde önem kazanır. Örneğin derin çekme işleminde uygulanan gerilmenin, gerekli deformasyonun elde edebilmesi için akma sınırının üzerinde, hasarın önlenmesi içinde çekme mukavemetinin altında tutulması gerekir [25].

Soğuk şekil değiştirmenin malzemelerin bazı özelliklerine etkisini gösteren diyagram Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi, soğuk deformasyon sonucunda malzemelerin sertlik ve mukavemeti artarken, süneklik ve elektriksel iletkenliği azalır, tane büyüklüğü ise pek değişmez. Söz konusu değişimler, malzemenin kafes ve tane yapılarında meydana gelen değişimlere dayandırılarak açıklanabilir [24].



Şekil 3.1. Soğuk şekil değiştirmenin malzemelerin bazı özelliklerine etkisi [25].

Soğuk deformasyon oranı arttıkça malzemenin kafes ve tane yapılarında meydana gelen çarpılma oranı ve dislokasyon yoğunluğu artar. Gerek çarpılma oranı, gerekse

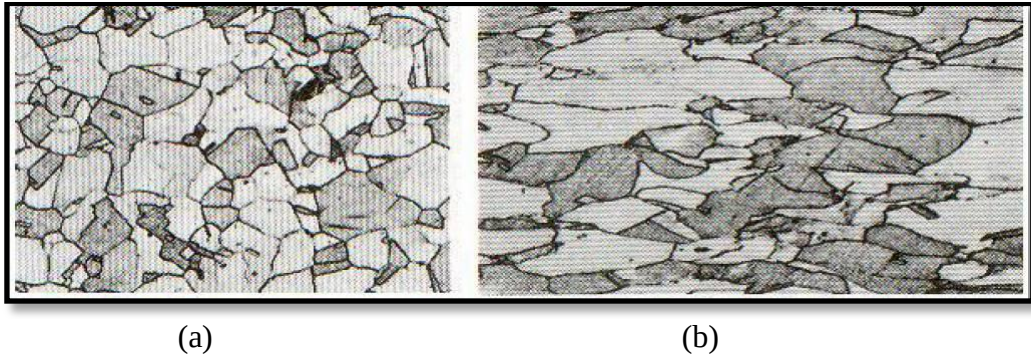
dislokasyon yoğunluğunun artması hem dislokasyon hem de elektron hareketini zorlaştırır. Dislokasyon hareketinin zorlaşması malzemelerin sertlik ve mukavemetinin artmasına, elektron hareketinin zorlaşması da elektriksel iletkenliğinin azalmasına neden olur. Soğuk deformasyon sonucunda malzemelerin sertlik ve mukavemetinin artması deformasyon sertleşmesi olarak adlandırılır. Deformasyon sertleşmesine maruz kalan tek kristalli bir malzemenin mukavemetinde meydana gelen artış aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [25].

$$\Delta\sigma = \alpha Gb\sqrt{\Delta\rho}$$

Denkleme göre;

- $\Delta\sigma$: Malzeme Mukavemetinde meydana gelen artış
 α : Bir sabit (genellikle 0,3 ile 0,6 arasındadır)
 G : Kayma elastiklik modülü
 b : Burgers vektörü
 $\Delta\rho$: Dislokasyon yoğunluğunda meydana gelen artış

Soğuk işlem sonucunda malzemenin taneleri uzar ve belirli kristolografik doğrultuda yönelirler. Tanelerde dislokasyon yoğunluğunun artması yanında birçok atom boşluğu da meydana gelir, aynı zamanda malzemenin yoğunluğunda bir miktar azalma meydana gelir. Şekil 3.2’de (a) ve (b) de sırasıyla soğuk deformasyon öncesi ve soğuk deformasyon sonrası mikroyapılar görülmektedir [24].



Şekil 3.2. (a) Soğuk deformasyon öncesi, (b) Soğuk deformasyon sonrası mikroyapılar [25].

Metalik malzemelerde soğuk işlem miktarı sınırlıdır. Çünkü belirli bir soğuk işlem miktarında malzemenin sünekliği sıfıra iner. Soğuk işlem sırasında atom boşluklarının meydana gelmesi ve bunların yoğunlaşması soğuk işlem miktarı arttıkça artması malzemede çatlaklara sebep olur. Çatlak oluşumunu önlemek ve soğuk işlemle azalan sünekliği arttırmak amacıyla malzeme soğuk işlem sırasında zaman zaman tavlanır [24].

Soğuk şekil değişimine maruz kalan malzemelerin, özellikle tane sınırlarındaki iç enerjisi arttığından bu malzemeler taneler arası korozyona duyarlı hale gelir ve bunun sonucunda korozyona dirençleri azalır. Bu durum korozyon ortamında malzemelerin gerilmeli korozyona uğramasına neden olur. Gerilmeli korozyon, kalıntı veya iç gerilme içeren malzemelerin bazı ortamlarda hızlı korozyona uğraması şeklinde tanımlanır. Gerilmeli korozyonu önlemenin yollarından bir, soğuk şekil değiştirmeden sonra malzemeleri gerilme giderme tavına tabi tutmaktır [25].

BÖLÜM 4

TALAŞLI KALDIRMA ESASLARI VE İŞLENEBİLİRLİK

4.1. GİRİŞ

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. Hammadde üzerindeki fazlalıklar, uygun takım tezgâhı, 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 [27].

Endüstriyel ürünlerin imalatında, talaşlı imalat işlemi, maliyet açısından en önemli faktördür. Çoğu zaman ham madde maliyeti, talaşlı imalatla işleme maliyetinin çok altında kalmaktadır. Talaşlı imalatla kullanılan kesicilerin pahalı olması, asıl neden olarak gösterilebilir. Aynı zamanda hammaddenin, talaşlı imalatla şekillendirilme özelliklerinin yeterli derecede bilinmemesi de maliyetin dolaylı olarak artmasına neden olmaktadır. Öyle ki, uygun seçilmeyen hammadde – takım çifti ve yine uygun seçilmeyen işleme parametreleri nedeniyle, etkili kullanılamayan kesici takım ya da fazla enerji tüketimi ile parça üretimi, parça başına maliyet oranının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, üretim maliyetini azaltmak amacıyla, ham haldeki iş parçasının işlenebilirlik özelliklerini iyileştirmek, kesici takımların kesme performanslarını arttırarak işleme zamanını optimize etmek ve etkili takım ömrünü uzatmak amacıyla çok sayıda çalışma yapılmıştır [27].

Talaşlı imalat, diğer imalat yöntemleriyle kıyaslandığında aşağıdaki nedenlerle daha da önemli hale gelmektedir:

- ✓ Polimer ve polimer esaslı kompozitler başta olmak üzere bütün katı malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilmektedir.
- ✓ Bütün katı malzemeler üzerinde basit olan düz ve dairesel geometriler oluşturulabildiği gibi, birkaç talaşlı imalatı sırasıyla uygulayarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler oluşturulmaktadır.
- ✓ Diğer imalat yöntemlerine göre talaşlı imalatta istenilen ölçülere en yakın toleranslar ve daha iyi yüzey kaliteleri elde edilmektedir.

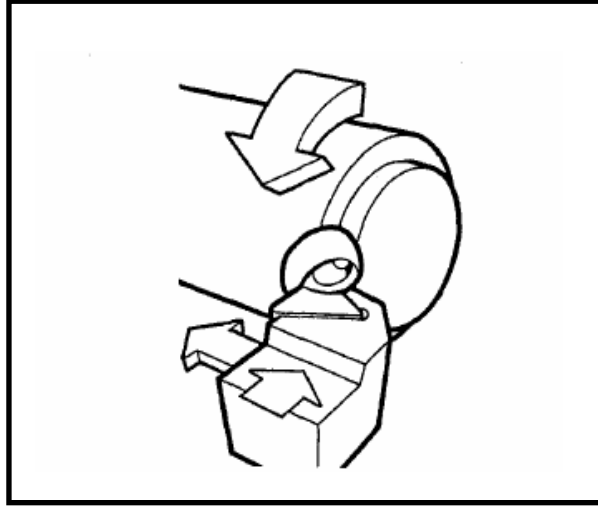
İşlenebilirlik kavramı, evrensel olarak tanımlanmış veya standartlaştırılmış bir terim olmayıp, genel manada iş parçası imalinde kullanılacak malzemenin, talaşlı imalatla şekillendirme işlemi esnasında, insan faktörü ve ortam değişkenlerine bağlı olarak sergilediği davranış olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle “talaş kaldırarak iş parçası malzemesini şekillendirmenin nispi kolaylığı veya zorluğu” olarak tanımlamaktadır [27].

4.2. METALLERDE TALAŞ KALDIRMA ESASLARI

4.2.1. Talaş Oluşum Mekaniği

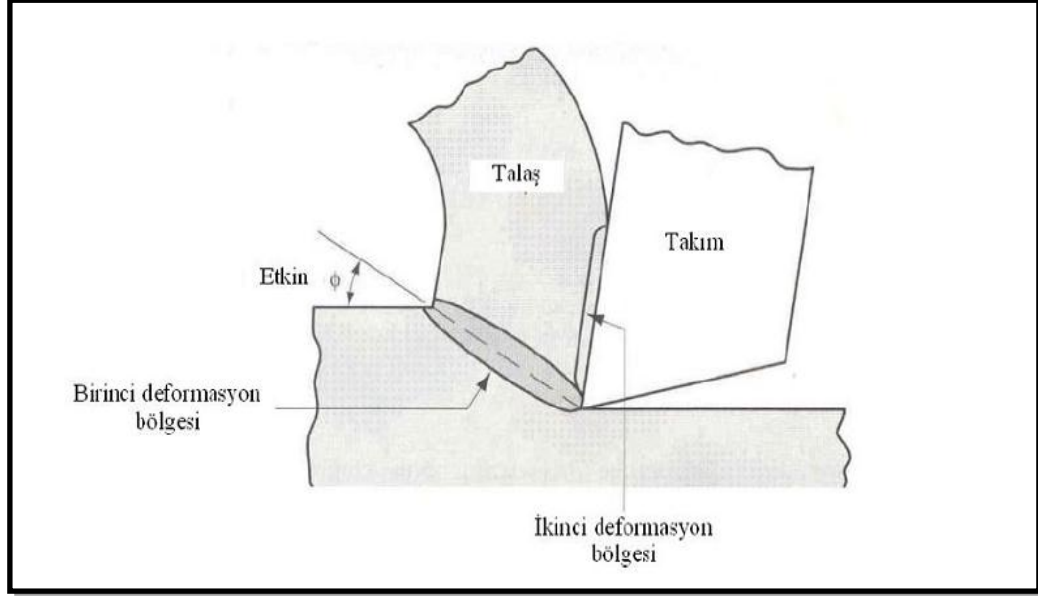
Talaşlı imalat işleminde metotlar farklılık gösterse de (tornalama frezeleme vb.) talaş oluşum mekanizması temelde aynıdır. Bir parça üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için takımın o malzemeye nüfuz etmesi gerekir. Bu da, ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir. Ayrıca takım ucunun kama şeklinde yapılması, kesme olayını kolaylaştıran bir etkidir [28].

Herhangi bir talaşlı imalat yönteminde iş malzemesi yüzeyinden belirli miktarda ki bir talaşın kaldırılması için kesici takımın malzeme içine girerek batması gerekir. Böylece kesme işlemi oluşmaya başlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tornalama işleminde şematik olarak talaşın kaldırılışı [29].

Esas olarak, talaş bölgesel bir kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir. Bu bölge birinci deformasyon bölgesi olarak adlandırılır. Kesici takımın iş parçası ile temasa geçmesiyle öncelikle iş parçasında elastik (geçici) deformasyon oluşur. Devam eden kesme süreci ile daha sonra iş parçasının akma dayanımı geçilir ve iş parçası malzemesi plastik (kalıcı) olarak deformasyona uğrayarak kalıcı olarak şekil değiştirir. Kesici takım ve iş parçasının nispi hareketi ile plastik şekil değiştirmenin devam etmesi esnasında tavlanmış iş parçası malzemesinde yüksek dislokasyon birikmesi meydana gelir. Yüksek dislokasyon birikmesi de iş parçasında deformasyon sertleşmesine neden olur. Deformasyon sertleşmesi bir doyum noktasına ulaştığında iş parçası kaymaya maruz kalır ve deformasyon uğrayan bölge kesici takım talaş yüzeyinden koparılabilir talaşlar şeklinde atılır (Şekil 4.2) [30].

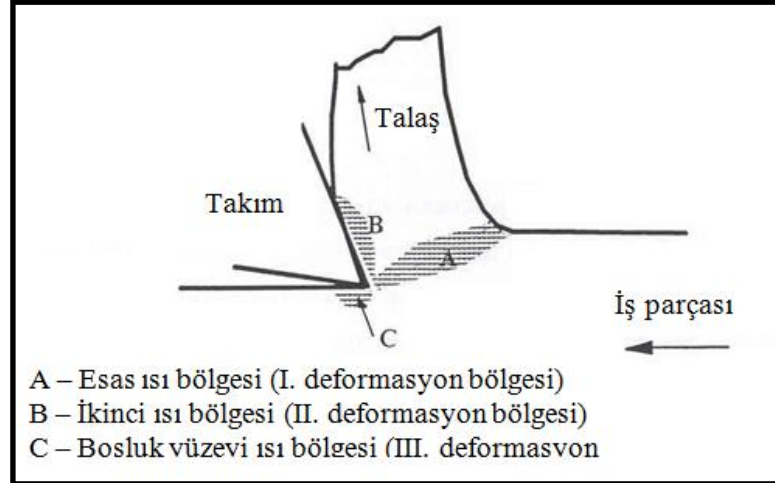


Şekil 4.2. Talaş oluşumu [30].

Talaşlı imalat işlemi esnasında birinci deformasyon bölgesinde ayrılan talaş kesici takım-talaş yüzeyinden geçerek kesme bölgesinden atılır. Talaşın bu bölgeden geçerken kesici takım ile etkileşimi ve davranışı talaşlı imalat performansını önemli ölçüde etkiler. Kayma düzlemi açısının küçük olması veya talaşın kalın olması oluşan talaşın kesici takım talaş yüzeyinden geçerken daha yavaş hareket etmesine neden olur. Bu durum da çıkan talaşın kesici takım ile daha uzun süre temasta kalacağı anlamına gelir. Kesici takım ile daha uzun süre temasta kalan talaş, daha fazla ısının kesici takıma geçmesine neden olur. Daha fazla ısı geçişinden dolayı kesici takımda sıcaklık artışı daha fazla olur ve bu da sonuç olarak kesici takımın aşınma direncini ve dayanımını düşürür [30].

4.2.2. Talaş Kaldırmada Isı Oluşumu

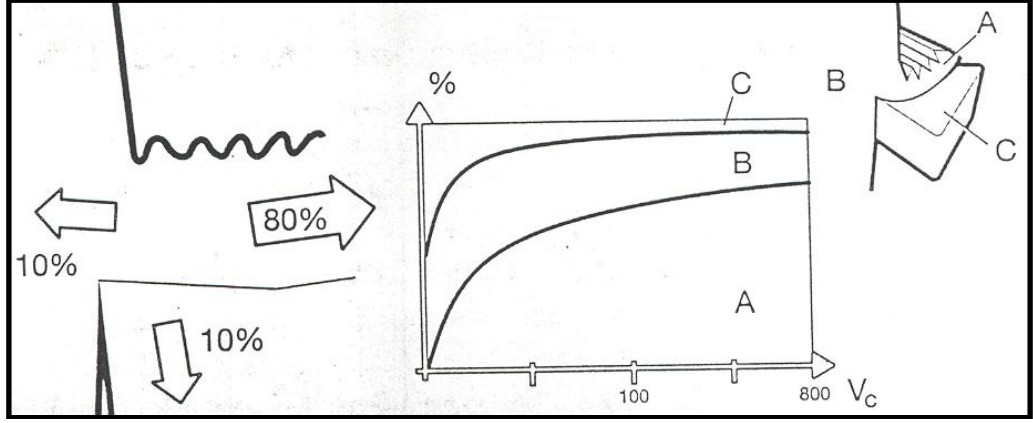
Talaş kaldırmak için uygulanan kuvvetlerden oluşan mekanik enerjinin hemen hemen tamamına yakın bir kısmı uç yakınında çoğunlukla ısıya dönüşür. Bu sebeple kesme bölgesinde ısı oluşumu ve sıcaklık talaş kaldırma işlemindeki diğer bir önemli faktördür (Şekil 4.3). Bu nedenle talaşlı imalatın ekonomik ve teknik yönü ile ilgili problemler doğrudan veya dolaylı olarak bu ısı oluşumu ile ilgilidir [28,30].



Şekil 4.3. Kesme bölgesindeki ısıнын dağılımı [30].

- A - Kayma düzlemi; buradaki plastik deformasyon önemli bir ısı kaynağı olup oluşan ısıнын çoğu talaşta kalır.
- B - Takım-talaş arayüzeyi temas bölgesi; bu bölgede ilave plastik deformasyon oluşur ve kayma hareketinden dolayı ısı oluşumunu önemli derecede etkiler.
- C - Takım yan yüzeyi, burada yeni oluşan iş parçası yüzeyinin takım yüzeyine sürtünmesiyle ısı oluşur. Özellikle bu sürtünme yan yüzey aşınması ile artar.

Metal kesme işleminde oluşan ısıнын çoğu kesme bölgesinden ideal olarak talaşla uzaklaştırılır. Talaştaki ısı, kesici takımı talaş ve takım arasında temas olduğu sürece etkiler. ısıнын çoğu kayma bölgesinden kaynaklanır ve bu nedenle takım ve talaş arasındaki temasın ölçüsü performansı etkiler. Küçük talaş açılardan kaynaklanabilen küçük kayma açıları iş parçasına iletilen ısı miktarını artırabilir. 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 (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Talaşlı imalat işleminde oluşan ısının dağılımı [30].

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. Aşırı sıcaklık, kısa takım ömrü ve kesme hızını sınırlandırmanın ana sebebidir. Kesici takım malzemelerinin geliştirilmesi büyük bir oranda yüksek sıcaklık etkilerine dayanabilmeleri etrafında odaklanmıştır [30].

4.3. TALAŞ BİÇİMLERİ

Talaşlı imalat işleminde kullanılan enerjinin büyük bir bölümü talaş oluşumunda kullanılmaktadır. Talaşlı üretimde, ham malzeme işlenirken elde edilen talaşın tipi genellikle;

- ✓ İşlenen malzemenin cinsi,
- ✓ Kesme hızı,
- ✓ İlerleme/kesme derinliği,
- ✓ Talaş açısı

gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Oluşan talaşların şekli önemli derecede iş parçasının bitirme yüzeyini ve talaşlı imalat işlemini (takım ömrü, titreşim) etkiler. Talaşlı imalat işlemlerinde oluşan talaşlar çok çeşitli olmasına rağmen genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- ✓ Sürekli talaş,
- ✓ Kesici takımda yığıntı talaş (BUE- Built Up Edge)
- ✓ Dilimli veya parçalı talaş,
- ✓ Süreksiz talaş.

Oluşan talaşın esas olarak iki yüzeyi vardır; bir tanesi kesici takım ile temasta olan yüzey ve diğeri de orijinal iş parçası yüzeyinden gelen kısımdır. Kesici takım talaş yüzeyi ile temas eden yüzey parlaktır veya yanmıştır. Bu parlaklık ve yanma, takım yüzeyinden talaş geçerken sürtünme sonucu oluşur. Diğer yüzey ise takımla veya herhangi bir yüzeyle temas halinde değildir. Kayma mekanizması sonucu gerçekleşen kaba bir yüzeye sahiptir [28,30].

4.3.1. Sürekli Talaş

İş parçasından sürekli ve akıcı olarak ayrılan talaş tipidir. Genellikle sünek malzemelerin uygun kesme hızlarında işlenmesiyle elde edilir. Bu şartlar altında kesme etkisinin sabit kaldığı söylenebilir. İşleme süresinde harcanan güç, takım ömrü ve elde edilen yüzey kalitesi yönünden tercih edilen talaş tipidir. Ancak, işçi güvenliği, otomatik çalışmada kontrol problemleri ve çıkan talaşın işlenen yüzeyi çizmesi açısından olumsuz tesirleri söz konusudur [28].

Sürekli talaş, yüksek kesme hızları ve/veya talaş açılarında sünek malzemelerin işlenmesi sonucu oluşur. Talaş oluşumu esnasında malzemenin deformasyonu dar bir kayma bölgesinde gerçekleşir (I. Deformasyon Bölgesi). Sürtünmeden dolayı, sürekli talaş ile takım talaş yüzeyinde bir ikinci deformasyon bölgesi oluşur. Takım-talaş sürtünmesi arttıkça ikinci deformasyon bölgesi kalınlaşır [30].

4.3.2. Kesici Takımda Yığıntı Talaş

Yumuşak ve sünek malzemelerin düşük/orta kesme hızlarında işlenmesi sırasında veya takım kesici kenarının aşınma sürecine girdiği durumlarda oluşur. Çıkan talaş, takımın talaş yüzeyine tam anlamıyla yığılır. Takım kesici ağzı aşırı yüklendiğinden

kısa sürede hasara uğrar. Talaşlı üretimde genellikle istenmeyen bir talaş türüdür [28].

İş parçası malzemesinin kesici takım üzerinde katmanlar şeklinde tedrici olarak birikmesi ile oluşan yığıntı talaş (BUE), talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın ucunda oluşabilir. Yığıntı talaş büyüdükçe kararsız hale gelir ve sonunda devam eden talaşlı imalat işlemi sonucu maruz kaldığı gerilmelere dayanamaz ve kırılarak kesici takımdan ayrılır. Çoğunlukla BUE'nin bir kısmı, kesici takıma temas eden talaş yüzeyi ile uzaklaştırılır kalan kısmı da iş parçası yüzeyinde kalır. BUE'yi azaltmak için önlem alınamadıkça BUE oluşumu ve kırılması işleme esnasında sürekli olarak tekrarlanır. Kesme hızı arttıkça BUE küçülür ve oluşumu yok edilebilir edilir. BUE oluşma eğilimi aşağıdakilerle de azaltılabilir:

- ✓ Talaş derinliği azaltılarak,
- ✓ Talaş açısı arttırılarak,
- ✓ Keskin bir takım kullanılarak,
- ✓ Etkin bir soğutma sıvısı kullanılarak [30].

4.3.3. Dilimli Talaş

Dilimli (parçalı veya homojen olmayan) talaşlar düşük ve yüksek kayma deformasyonuna uğramış bölgelere sahip yarı sürekli talaşlardır. Isıl iletkenliği düşük ve dayanımı sıcaklık artışı ile hızlı bir şekilde azalan metallerde, örneğin titanyum, bu davranış görülür [30].

4.3.4. Süreksiz Talaş

Farklı gerilmelere sahip ve gevrek malzemelerden talaş kaldırılması sırasında talaş sadece kısmen biçimlendirilebileceğinden ilk bozulma bölgesinde kırılma olacaktır ve bu bölgede talaş parçalar ayrılacaktır. Dökme demir, pirinç, çinko ve sert plastik gibi malzemelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkar. Ayrıca dövülebilir malzemelerin düşük kesme hızlarında yüksek ilerlemelerle işlenmesi sırasında da görülür. Akma talaşın sözü edilen sakıncası da söz konusu değildir [28].

Talaş oluşumundaki süreksiz yapıdan dolayı talaşlı imalat esnasında sürekli olarak kuvvetler değişir. Sonuç olarak takım tutucunun bağlama elemanlarının ve takım tezgâhının rijitliği dilimli ve süreksiz talaş oluşan kesme işlemlerinde önemlidir. Bunlar, yeterince rijit değilse, takım tezgâhı titreşime maruz kalır ve bu da iş parçası yüzeyini ve boyutlarının istenilen toleranslar dışına çıkmasına neden olur. Aynı zamanda takım aşınmasını da hızlandırır. Talaşlı imalat işlemlerinden çoğunlukla helis biçimli uzunluğu kısa (1 cm) talaşlar tercih edilir [30].

4.4. KARBONLU VE ALAŞIMLI ÇELİKLERDE İŞLENEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Karbonlu ve alaşımlı çeliklerin işlenebilirliği; operasyon şartlarının yanı sıra, iş parçasının mikroyapısı, kimyasal bileşimi, ikinci faz partiküllerinin dağılımı, mukavemet, süneklik ve sertlik gibi mekanik özellikler, ısı iletkenliği gibi fiziksel özellikleri ile takım ömrü arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır [2].

4.4.1. İş Parçası Malzemesinin Etkisi

Uygun işleme şartlarının belirlenebilmesi için çelik malzemelerde, öncelikle temel malzemenin mekanik, mikroyapı ve kimyasal özellikleri ve bunların işlenebilirliğe etkileri dikkate alınmalıdır.

Karbonlu ve alaşımlı çelik malzemelerde, karbon miktarının artmasıyla temel malzeme mekanik özelliklerinden çekme dayanımı ve sertlik artmakta, darbe dayanımı ve süneklik düşmektedir. Bu durum kesme kuvvetlerini ve takım aşınmasını artırmaktadır.

Karbon oranı %0,15'den az olan çeliklerin yumuşak ve aşırı sünek olmaları, kesici takıma sıvanmalara neden olduğu için işlenebilirlikleri kötüdür. Bu çeliklerin işlenebilirlikleri, pekleşme ile mukavemet seviyeleri yükseltip süneklikleri düşürülerek iyi duruma getirilebilir. Ayrıca sıcak haddeleme, soğuk çekme, normalize (ıslah), tavlama, sertleştirme ve temperleme işlemleri işlenebilirlik üzerinde etkilidir [2].

İyi bir işlenebilirliğin sağlanması ve talaş kaldırma koşullarının optimizasyonu amacıyla en yaygın olarak kullanılan iş parçası malzemeleri araştırılırken malzemeye ilişkili özelliklere ve bu özelliklerin talaş kaldırma işlemini nasıl etkilediğine özellikle dikkat edilmelidir.

4.4.2. Sertlik ve Dayanım

Genellikle, düşük sertlik ve dayanım değerleri işlenebilirlik açısından daha uygundur. Düşük yüzey kalitesine, çapak oluşmasına ve kısa takım ömrüne sebep olan BUE yığılma talaş oluşmasından dolayı problemlere yol açan çok sünek malzemeler bu durumun dışındadır. Soğuk çekme işlemleri ve benzeri yollarla artırılmış sertlik pozitif bir etkiye sahiptir.

4.4.3. Süneklik Etkisi

Düşük süneklik değeri genellikle olumludur ve bir talaş kaldırmada güç tüketimini düşürmektedir. Düşük süneklik, yüksek sertlikle oluşur. İyi işlenebilirlik, genellikle sertlik ve süneklik arasında bir noktadadır. Azalan sertlik ve artan süneklik yığıntı talaş oluşma eğilimini artırmaktadır [2].

Karbonlu çeliklerde, karbon içeriği mekanik özelliklerin yanı sıra, işlenebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek sünekliğe sahip çelikler, %0,15'den daha düşük karbon içeriğine sahiptir. Kesici takıma yapışma ve sıvanma davranışı sergiler. Bu durumdaki çelikler, soğuk çekme ile mukavemeti yükseltilip ve sünekliği düşürülerek işlenebilirliği iyileştirilebilir [2].

4.4.4. Isıl İletkenlik

Yüksek ısı iletkenlik talaş kaldırma işleminde oluşan ısının, süratle kesme bölgesinden uzaklaştırılması demektir. Isının büyük bir bölümünün kesici takımda toplanması takım malzemesi seçimini önemli hale getirmektedir. Talaş kaldırma açısından bakıldığında yüksek değerde termal iletkenlik genellikle faydalıdır.

4.4.5. Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Deformasyon Sertleşmesi

Plastik şekil değiştirme sırasında, metallerin dayanımındaki artış, şekil değiştirme yüzdesine ve malzemenin pekleşme kabiliyetine bağlıdır. Çelik malzemenin işlenmesi sırasında, yüzeyden kaldırılan malzemedeki deformasyon hızı genellikle kesici kenara yakındır. Yüksek pekleşme hızı, kesme kuvvetini artırmakta ve işlenen yüzeydeki ince bir tabakada sertlikte büyük bir artış sağlamaktadır.

İşleme esnasında, östenitik paslanmaz çelikler ve çeşitli yüksek sıcaklık alaşımları yüksek pekleşme hızına, karbonlu çelikler ise oldukça düşük pekleşme hızına sahiptir. Deformasyon nedeniyle sertleşmiş tabakanın kalınlığı, ilerleme değeri ile aynı olursa kesici kenar yüksek gerilmelere maruz kalacaktır. Bu tabakanın kalınlığı ve sertlik düzeyi kesici kenarın deformasyon hızıyla orantılıdır. Büyük bir talaş açısına sahip keskin bir kesici kenarda deformasyon hızı düşüktür. Bu nedenle pozitif bir geometri tabakanın azaltılmasına yardımcı olacak ve bunun sonucu olarak da kesici kenardaki gerilmeler azalacaktır. Bununla beraber deformasyon sertleşmesi yani pekleşme, BUE yığılma talaş oluşumunu engellemek için bir avantaj olabilir [2].

4.4.6. Kalıntılar (İnklüzyonlar)

Malzemenin yapısı içerisinde makro ve mikro düzeyde iki tip kalıntıdan söz etmek mümkündür. Makro kalıntılar, boyutu 150 μm 'den büyük olan kalıntılardır. Bu kalıntılar çok sert aşındırıcı oldukları için ani kırılmalara neden olabilir. Düşük kaliteli çeliklerde bulunan kalıntılar, üst cüruf veya uygun olmayan cüruf alma vb. gibi fırınlama sırasındaki üretimden kaynaklanır. Pek çok ani takım kırılma problemleri, muhtemelen bu tip kalıntılarla açıklanabilir. Mikro kalıntılar, çelik içinde değişik miktarlarda daima mevcuttur [13].

4.4.7. Kolay İşleme Katkıları

Çeliğin işlenebilirliğini geliştirmek için en yaygın metot kükürt ilavesidir. Kolay işlenebilen çeliklerdeki kükürt miktarı, işlenebilirliği iyileştirilmemiş çeliklerdekini on katıdır. Çelikte yeterli miktarda mangan bulunması halinde

mangan ve kükürt mangan sülfata dönüşmektedir. Talaş oluşumu sırasında bu sülfat kalıntıları, düşük dayanımlı düzlemler oluşturacak şekilde plastik deformasyona uğramakta, böylece çatlak oluşumu ve yayılımı için gerekli enerji azalır. Bu durum birinci kayma (kesme) bölgesindeki deformasyonu kolaylaştırmaktadır. Kalıntılar, kayma açısının ve talaş yarıçapının artmasına sebep olurken takım/talaş teması boyunca talaş kalınlığının azalmasına ve işleme sıcaklığında azalmaya sebep olur. Buna ek olarak sülfat takım/talaş ara yüzeyinde bir yağlayıcı gibi görev yapar. Bununla beraber tamamen aynı sülfür muhtevasına sahip aynı tip iki çelik için işlenebilirlik önemli ölçüde farklı olabilir. İşlenebilirlik çelikte alaşım elemanı olarak bulunan kükürtten ayrı kükürt ve kurşun inklüzyonları ile iyileştirilebilir. Aynı zamanda sülfat boyutları, biçimi ve dağılımı da işlenebilirliği tayin eden faktörler arasındadır [13].

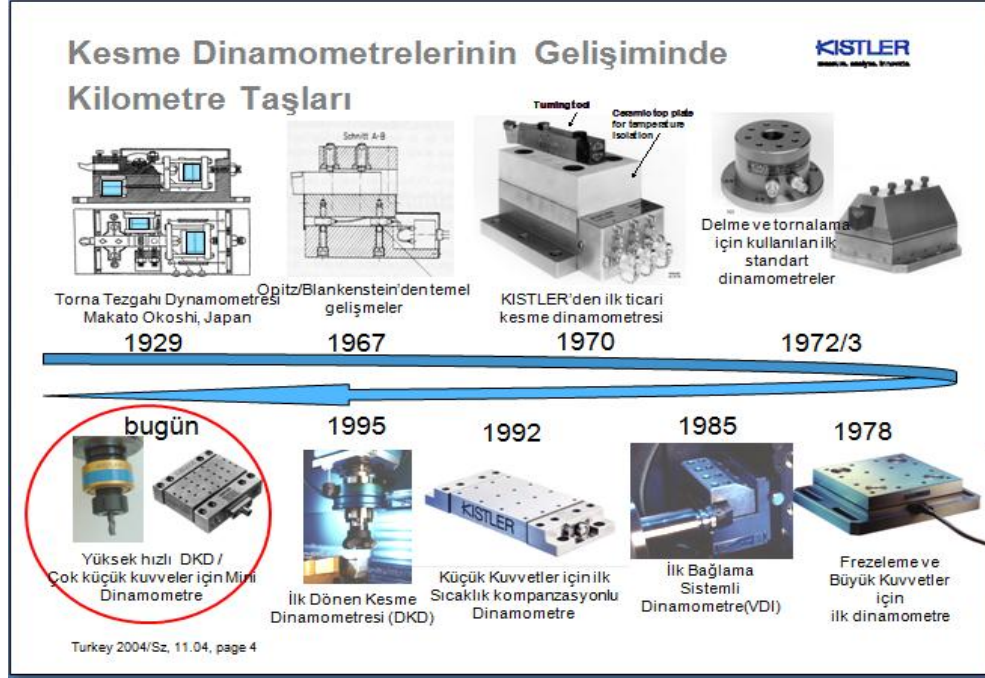
4.5. KESME KUVVETLERİ

Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler talaşlı imalat işleminde üzerinde önemle durulması gereken hususlardan biridir. Takım malzemelerindeki gelişmeler, özellikle 1930'lu yıllarda sert karbürlerin kullanılmaya başlanması ile birlikte, kesme hızları artmış, daha kaliteli yüzeyler elde edilmeye başlanmıştır. Bilimsel gelişmelerle birlikte, talaş kaldırma olayı operatörün kişisel tecrübelerine dayanan ampirik seviyeden bilimsel seviyeye çıkarılmıştır. İmalatın uzun ömürlü, kaliteli, emniyetli ve ekonomik olabilmesi için, etkiyen tüm kuvvetlerin hassas biçimde belirlenmesi gerekir. Bu nedenle kesme kuvvetleri ölçümü son derece önemlidir [28].

4.5.1. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Talaşlı imalat işleminin bilimsel analizin de kesme kuvvetlerinin bilinmesi gerekir. Bu yüzden çeşitli hesaplama yöntemleri geliştirmiş ama talaşlı imalat işleminde kuvvetlerin ve gerilmelerin yönlerinin ve büyüklüklerinin doğru olarak bilinmemesi, malzeme özelliklerinin farklı olması ve bunun gibi çeşitli bilinmeyen etkenler nedeniyle yeterli doğrulukta kesme kuvvetlerinin hesaplama yöntemleriyle belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle kesme kuvvetlerinin ölçülmesi üzerinde çalışmalar yapılmış ve 20. yüzyılın başlarından itibaren bu alanda çalışmalara ağırlık

verilerek çeşitli dinamometreler geliştirilmiştir. Kesme dinamometrelerinin tarihsel gelişimi (Şekil 4.5) [30].

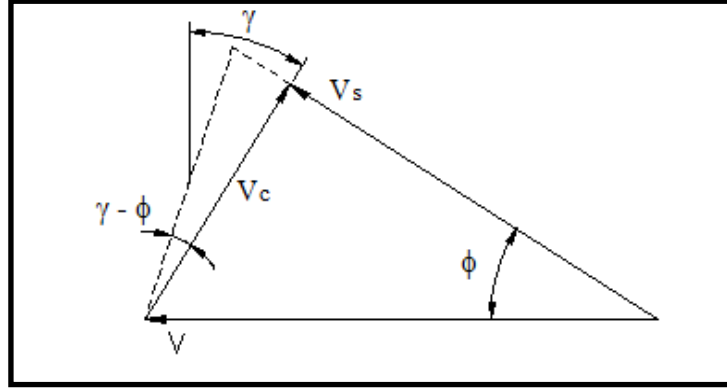


Şekil 4.5. Kesme dinamometrelerinin tarihsel gelişimi.

Kesme kuvvetleri, işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici takım geometrisine göre değişir.

4.5.2 Talaşlı İmalatta Kesme Kuvveti Bağlılıkları

Talaş kaldırma sırasında üç hız meydana gelir. Bu hızlar, hem tasarım hem de üretim açısından önemlidir. Bunlar; kesme hızı (V), talaş hızı (V_c) ve kesilme hızı (V_s) (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Dik (ortogonal) kesmede hız bileşeni [28].

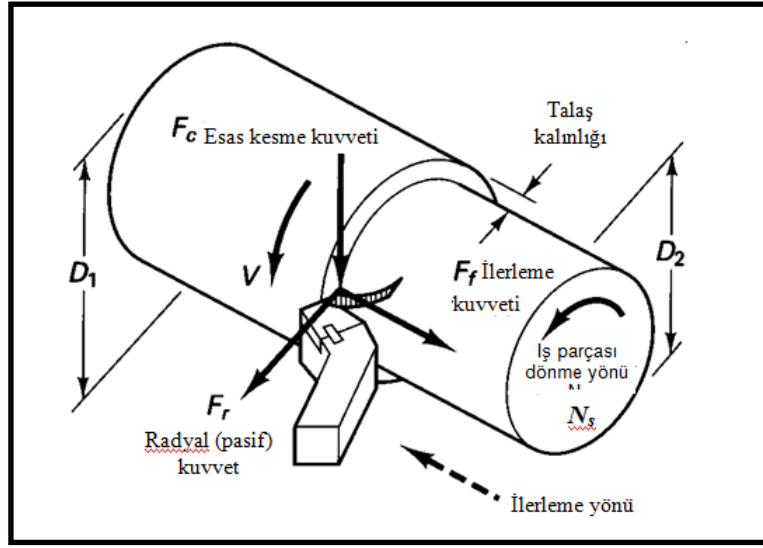
Kesme hızı, kesme kuvveti F_c 'ye paralel olarak oluşturulan takımın bağıl hızıdır. Talaş hızı, takımın talaş yüzeyine paralel olarak talaşın takıma göre bağıl hızıdır. Kesilme hızı ise talaş kesilme (kayma) düzlemine paralel olarak oluşan talaşın iş parçasına göre bağıl hızını ifade eder [28].

Şekil 4.6'da hız üçgeninden; talaş hızı, kesme hızı v kesilme hız vektörlerinden aşağıdaki bağıntılar yazılabilir:

$$V_c = \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi - \gamma)} V \quad \quad V_s = \frac{\cos(\gamma)}{\cos(\phi - \gamma)} V$$

Kuvvet bağıntılarını çıkarabilmek için, talaş serbest olarak, malzemeden izole edilmiş gibi dengede düşünülerek incelenir. Takım yüzeyinde elde edilen kuvvet bileşenleri, takım yüzeyindeki sürtünme katsayısının ve sürtünme kuvvetinin hesaplanmasına da olanak sağlar.

Geliştirilen bütün dinamometrelerdeki esas, yük altında kesici takımın elastik sapmasıdır. Şekil 4.7'de tornalama esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni görülmektedir.



Şekil 4.7. Tornalama işlemi esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni [30].

F_c : Kesme kuvveti, kesici uca dik olarak takım talaş yüzeyine etki eder. Bu genellikle üç kuvvet bileşeninin en büyüğüdür.

F_f : İlerleme kuvveti, kesici takım üzerine, iş parçası eksenine paralel olarak etki eder.

F_p : Pasif kuvvet, kesici takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan kuvvet olup kesici takım ekseninde etki eder. En küçük kuvvet bileşenidir.

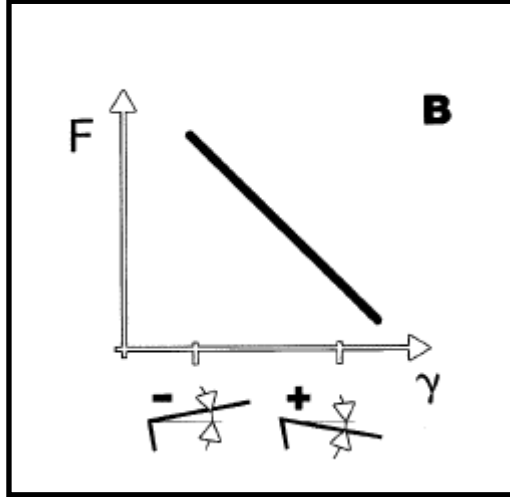
Bileşke kuvvet bu üç kuvvetin vektörel olarak toplanması ile elde edilir ve şu şekilde hesaplanır:

$$R = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad (4.1)$$

Esas kesme kuvveti veya teğetsel kuvvet olarak isimlendirilen F_c , daha ziyade tornalama ve frezeleme operasyonlarında, özellikle güç ihtiyacını belirlemek için önemlidir.

Pasif veya radyal kuvvet diye isimlendirilen diğer kuvvetler F_p , delik büyütme işlemlerinde etkilidir. Eksenel veya ilerleme kuvveti olarak isimlendirilen F_f ise delme işlemlerinde büyük öneme haizdir [28].

Kesme kuvvetleri takım geometrisinden de etkilenir (en fazla talaş açısından). Artan talaş açısı hem kesme kuvvetini hem de ilerleme kuvvetini azaltır ancak kesici ucun dayanımı azaldığı için kırılmaya neden olabilir. Artan talaş açısıyla azalan kesme kuvvetlerindeki azalma görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kesici takım talaş açısı ile kesme kuvvetinin değişimi [28].

Kesme kuvvetleri, ilerleme hızı ve talaş derinliğindeki artışla doğru orantılı olarak artar [31].

4.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaş kaldırarak şekillendirme işlemlerinde; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısı faktörlerin ve kesici takım ve iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Anma (nominal) yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir [31].

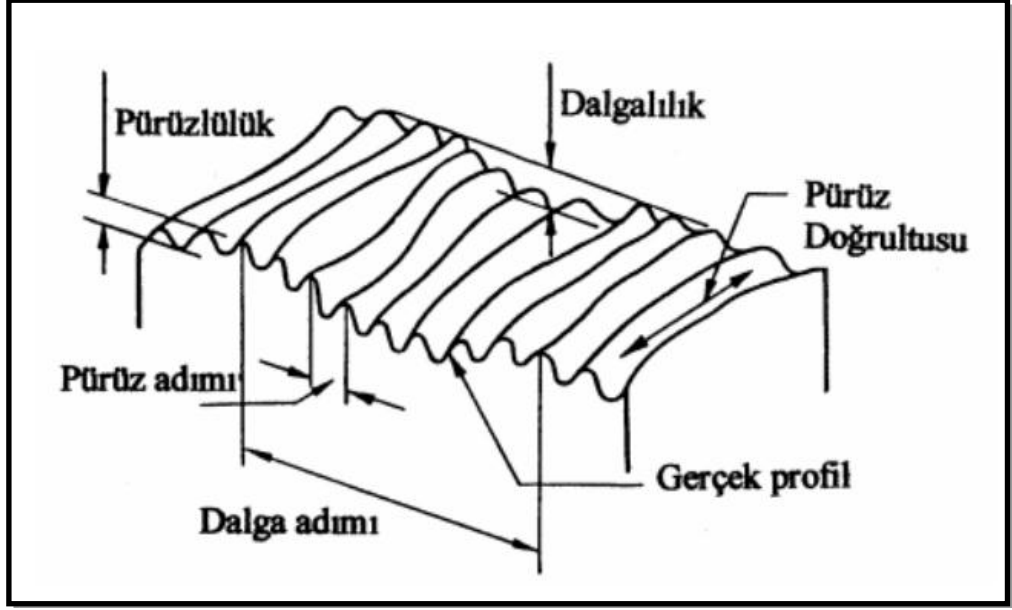
Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat metotları ile ve başka etkilerle ortaya çıkan, mutlak tarzda genellikle başka düzensizliklerle sınırlanan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımdan veya üretim sürecindeki diğer problemlerden kaynaklanan yüzey düzensizlikleri pürüzlülük olarak tanımlanır.

Pürüzlülük çapraz ilerleme izleri ile diğer düzensizlikleri kapsar. Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometri, boyut ve yüzey bakımından parça resminde gösterilen belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Buna işlem kalitesi denilmektedir. Parçanın geometri, boyut ve yüzey doğruluğunu kapsayan yüzey kalitesi, günümüzde talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğidir. Boyut kalitesi, parçanın gerçek boyutları arasında müsaade edilen sapmalardır. Bu sapmalar boyut toleransları ile ifade edilir. Boyut toleransları imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre tayin edilirler. Geometri kalitesi, müsaade edilen şekil ve konum sapmalarını içerir. Bunlar ideal silindirik şekle göre sapmalar, ideal yüzeye göre sapmalar ve eksensel sapmalar olmak üzere üç gruba ayrılır [32].

4.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü Oluşumu

Yüzey pürüzlülüğü standartlara göre yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Düz bir yüzey denildiğinde dalgasız, pürüzsüz denildiğinde dalgalı, fakat gözle bakıldığında veya tırnakla kontrol edildiğinde, pürüzlülükleri fark edilemeyen yüzeyler anlatılmak istenir. Doğrultu, yüzey pürüzlerinin referans alınan bir alın yüzeyine göre durumunu belirler. Yüzey geometrileri, işleme metoduna bağlı olarak değişir [33].

İmalat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sadece boyutsal tamlığın ölçülmesi yeterli olmayıp, birbiri ile ilişkili, hatta ilişkili olmayan yüzeylerin pürüzlülüklerinin ve durumlarının da ölçülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bir parça da yüzeyin pürüzlülük değeri bu parçanın yorulma ömrü ve aşınma direncini etkiler. İşlenen yüzeylerde dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tip yüzey sapması meydana gelir, Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. İşlenmiş bir yüzeyin karakteri [32].

Malzemelerin işlenmesi anında kullanılan her bir parametre yüzey hassasiyetini etkilemektedir. İşlenmiş bir yüzeyin yapısı, kalite açısından en önemli kıstaslardan birisidir.

Farklı metotlarla işlenen aynı malzemelerin yüzey pürüzlükleri sayısal değer olarak aynı olmasına rağmen bazen bunların aşınma, korozyon, sürtünme ve yorulma dirençlerinin farklı oldukları bilinmektedir. Çünkü yüzeydeki işleme izlerinin yönleri ve dağılımları da performansı etkiler. Bu nedenle işlenecek parçaların bazılarında yüzey pürüzlükleri değerinin yanında işleme metodunun da belirtilmesi istenir. Kaliteli işlenmiş bir yüzey; korozyon direncini, yorulma mukavemetini ve sürtünme ömrünü önemli derecede artırır. Ayrıca pürüzlülük; yüzey sürtünmesine sebep olan temas, aşınma, ışık yansıtma, ısı iletimi, yağ filminin tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Bu yüzden yüksek veya istenen kaliteyi yakalamak için uygun bir yüzey pürüzlülük değeri yakalamak gerekir.

Uygulamada, genellikle ideal pürüzlülük şartlarına ulaşmak mümkün değildir. Normalde gerçek pürüzlülükte en etkili pürüzlülük tipi doğal yüzey pürüzlülüğüdür. Doğal yüzey pürüzlülüğüne sebep olan en önemli faktörlerden biri yığıntı talaş

oluşumudur. İdeal yüzey pürüzlülüğü, geometrik hesaplamalarla elde edilen ve aşağıda verilen eşitlikle elde edilir [33].

$$Ra = 0,064 \times f^2 / 8r \quad (4.2)$$

Denkleme göre;

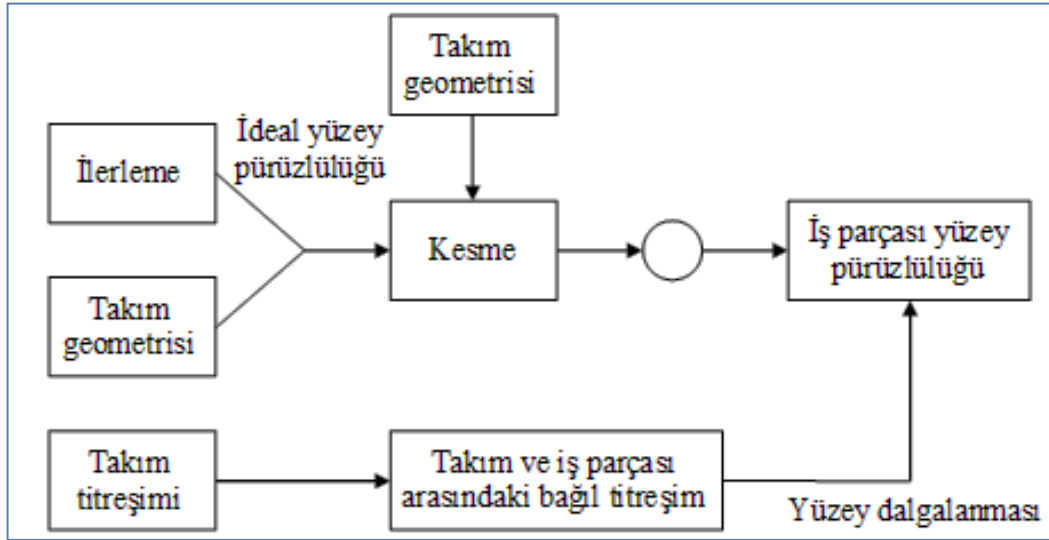
Ra :Ortalama yüzey pürüzlülüğü

f :İlerleme miktarı

r :Kesici takım uç yarı çapı

4.6.2. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Bütün talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç iş parçasında istenilen geometri ve hassas bir bitirme yüzeyi oluşturmaktır. Talaşlı imalat işlemleriyle elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu faktörler Şekil 4.10’de verilmiştir.



Şekil 4.10. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler [34].

Talaş kaldırma işlemlerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerini etkileyen faktörler ve bunların her birinin yüzey pürüzlülüğüne katkıları oldukça karmaşıktır. Bu karmaşık yapıya rağmen, kısmen yüzey pürüzlülüğünün kontrolü, öncelikli olarak üç önemli

talaş kaldırma değişkeni olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği için uygun değerler seçilerek sağlanabilir. Genel olarak, talaş derinliği ve ilerleme miktarının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü miktarı artarken, buna zıt olarak kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır [33].

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. DENEY MALZEMESİ

5.1.1. Deney Malzemelerinin Hazırlanması

Bu çalışmada AISI 1040 çeliği deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Deney malzemeleri Saka Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş olmak üzere hizmet alımı yapılarak temin edilmiştir. Malzemelerin kimyasal bileşiminin analizi için Spectrolab F tipi marka spektral analiz cihazı kullanılmıştır (Şekil 5.1). Bu çalışmada kullanılan AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Spectrolab F tipi marka spektral analiz cihazı.

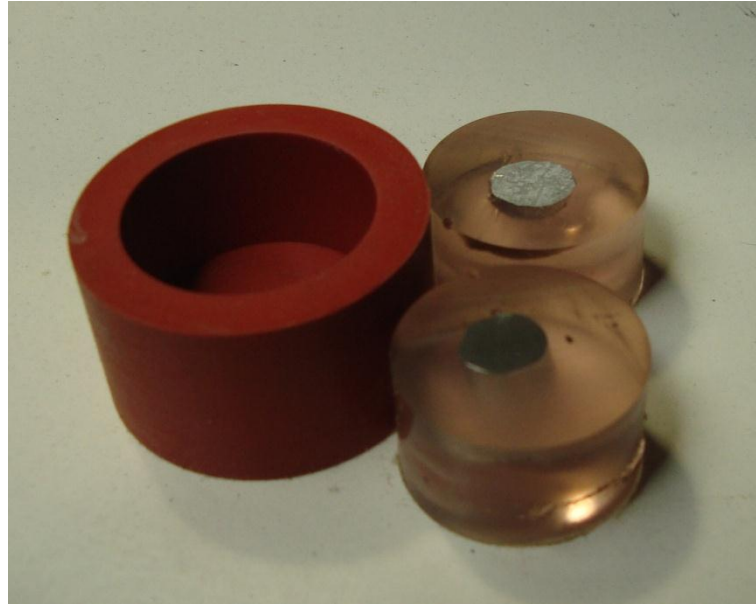
Çizelge 5.1. AISI 1040 malzemesinin kimyasal bileşimi (% Ağırlık).

C	Mn	Si	S	P	Cu
0,39	0,701	0,206	0,033	0,016	0,045

Deney malzemeleri sıcak haddelenmiş (250 mm x Ø40,4, Ø36,4 ve Ø21,4 mm) ve soğuk çekilmiş (250 mm x Ø39, Ø35 ve Ø20 mm) olmak üzere universal torna tezgâhında, 0,5 mm derinliğinde talaş kaldırılarak muhtemel salgı giderilmiş ve alın yüzeyleri işlenerek bu yüzeylerden birine punta deliği açılmıştır.

5.1.2. Mikroyapı İncelemeleri

Deney malzemelerindeki deformasyon oranı farklılıklarının meydana getirdiği yapısal değişikliklerin gözlenebilmesi amacıyla hadde yönünde ve hadde yönüne dik parçalar alınmıştır. Alınan parçalar silikon kalıp içerisinde şeffaf reçineye gömülmüştür (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Metalografi numunelerinin şeffaf reçineye alınması işlemi.

Daha sonra alınan parçalar metalografi numune hazırlama işlemlerine tabi tutulmuş Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarında bulunan METKON GRIPO 2V marka zımpara ve polisaj cihazı ile hazırlanan numuneler 180, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 numaralı zımpara kâğıtları ile zımparaladıktan sonra elmas pasta içeren keçe ile parlatma işlemine tabii tutulmuştur (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Metkon Gripo 2v marka zımpara ve polisaj cihazı.

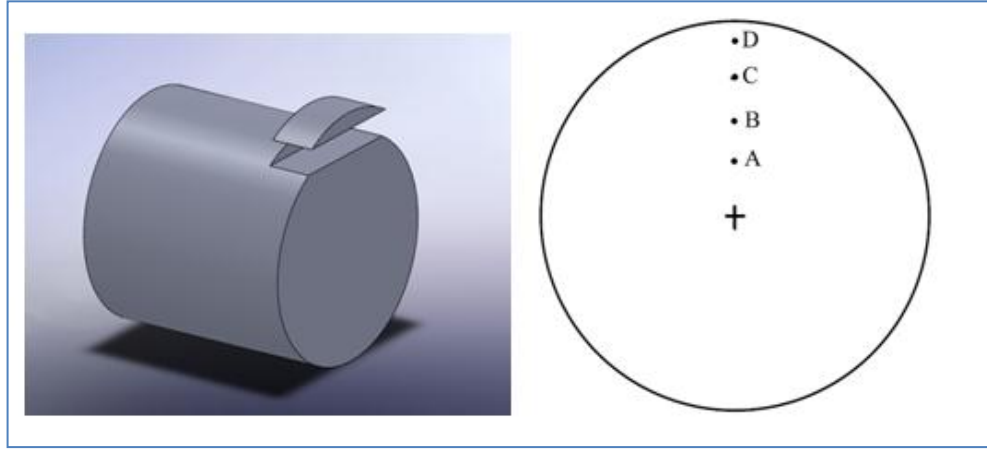
Optik mikroskopla inceleme öncesinde reçineye alınan parçalar %2 nital ile dağlanmıştır. Hazırlanan metalografi numuneleri Şekil 5.4'deki 4X-100X büyütme kapasitesine sahip MEIJI marka optik mikroskop ile incelenmiştir.



Şekil 5.4. MEIJI marka optik mikroskop.

5.1.3. Sertlik Ölçümü

Sertlik ölçümü için malzemeler işlenmeden önce hadde yönünde 5 mm kesilmiştir. Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü Malzeme Laboratuvarında bulunan AFFRI sistem VRSD 251 marka makro sertlik cihazında numuneler üzerinde içten dışa 4 farklı noktada Rockwell C sertlik değerleri alınmıştır (Şekil 5.5). Sertlik cihazı Şekil 5.6’de görülmektedir.



Şekil 5.5. Numune örneği ve sertlik ölçüm noktaları.



Şekil 5.6. VRSD 251 marka makro sertlik cihazı.

5.2. DENEY MALZEMESİNİN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Deney malzemelerinin, işlenebilirlik ölçütleri olarak kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü temel alınmıştır. Tornalama sırasında oluşan radyal kuvvet (F_r), ilerleme kuvveti (F_f) ve esas kesme kuvveti (F_c) deneysel olarak ölçülmüştür. Ancak, değerlendirmelerde tornalamada güç sarfıyatı açısından birinci derecede öneme sahip olan F_c kuvveti dikkate alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde ise ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri esas alınmıştır.

5.2.1. CNC Torna Tezgahı ve Kesici Takım

Deneylerde kullanılan iş parçaları Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı CNC Atelyesinde bulunan FANUC kontrol ünitesine sahip olan Johnford TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgahında işlenmiştir. CNC torna tezgâhının gücü 10 KW olup, tezgah iş mili değişken kademesiz hıza sahip ve 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir. Kesici takım olarak Kennametal firması tarafından ticari kalitede üretilen CNMG 120408 kodlu ve KU30T kalitesinde karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımlar PCLNR-2525-M12 kodlu takım tutucuya mekanik olarak bağlanmıştır.

5.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Deney malzemelerine uygulanan tornalama işlemi sonucunda elde edilen işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlülük ölçümleri Mahr Perthometer M1 tipi cihazı yardımıyla yapılmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

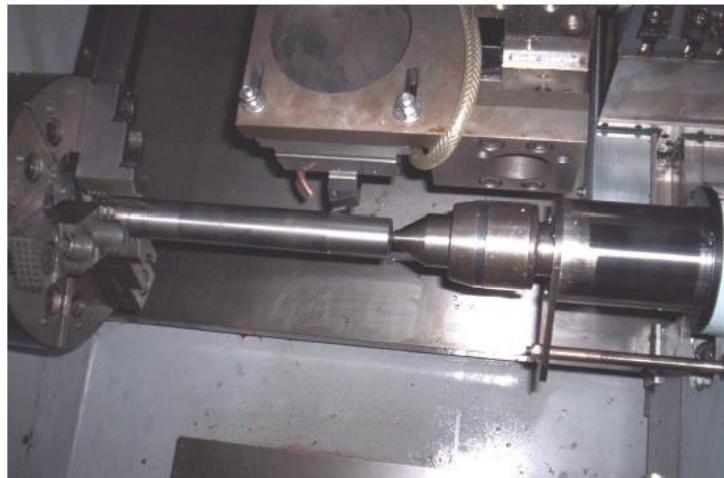
Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri.

Model	Perthometer M1 (Mahr)
Tarama hızı (m/sn)	0,5
Tarama kuvveti (mN)	0,75
İğne uç yarı çapı (μm)	2
Örnekleme uzunluğu (λ) (mm)	0,25-0,8-2,5
Ölçme uzunluğu (L) (mm)	1,75-5,6-17,5
Ölçüm aralıkları (μm)	100-150
Profil çözünürlüğü (mm)	12
Filtre	Gaussian

Ölçümler iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve işleme alanında üç farklı yüzeyde ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sonucu bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri hesaplanmıştır.

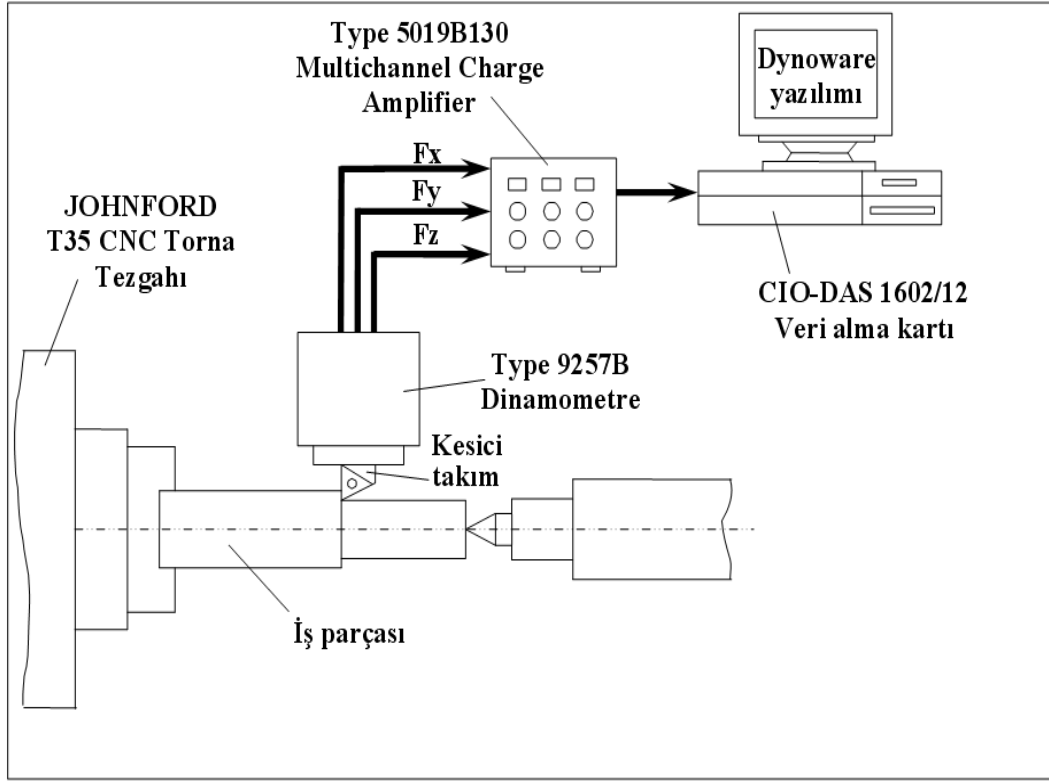
5.2.3. Kesme Kuvveti Ölçüm Cihazı

Talaş kaldırma esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni olan; esas kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_f) ve radyal kuvveti (F_r) “KISTLER 9121 B” tipi piezoelektrik dinamometre ile ölçülmüştür (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Kistler 9121 B tip dinamometre [35].

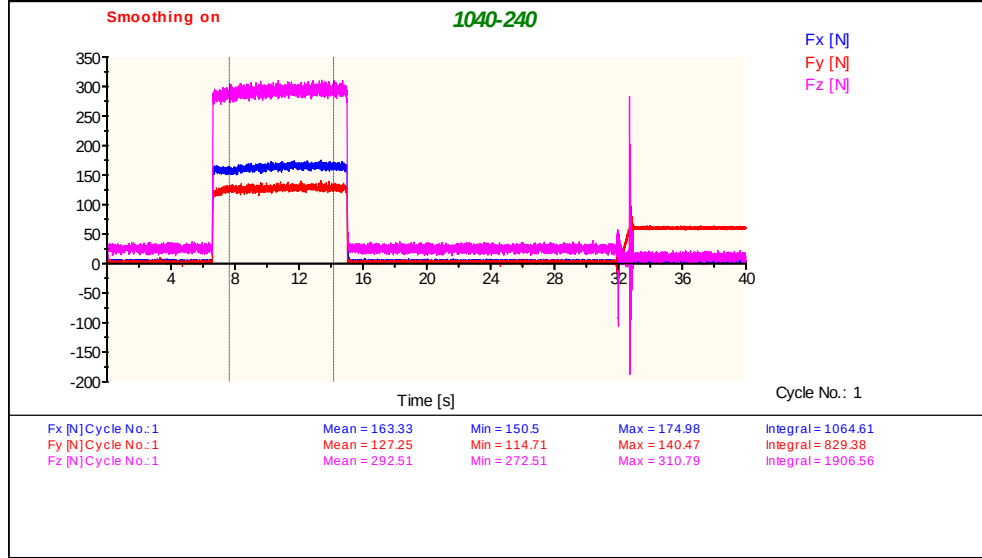
İşlenebilirlik kriterlerinden biri olan kesme kuvvetini belirlemede kullanılan ölçme sistemi; üç kuvvet bileşenini (x Fr, y Ff, z Fc) aynı anda ölçebilen dinamometre, üç kanallı yük-amplifikatörü, dinamometreye bağlanabilen uç bağlama aparatı, ölçüm bilgilerinin analizi için program (Dynoware), bilgisayara bağlantı için ISA tipi A/D kartı ve ara bağlantı kablolarından oluşmaktadır. Deney düzeneği Şekli 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8. Deney düzeneği [35].

Yük amplifikatörü, kuvvet sensöründen her yönde gelen (x , y , z) voltaj sinyalleri ayrı ayrı değerlendirebilmektedir. Analog kuvvet sensörlerinin ürettiği sinyallerin analogdan sayısala dönüştürücünün algılama kapasitesinin altında bir değere sahip olabilir, ancak bu tip veri kayıpları önlenmektedir. Aynı zamanda, 3 kanallı ve mikroişlemci kontrollüdür. Dinamometreden gelen sinyalleri yükselterek voltaj cinsinden çıkış vermektedir. İstenilen parametreler cihaz üzerindeki tuşlar vasıtasıyla ayarlanabilmekte, LCD ekran ve LED göstergelerden okunabilmesinin yanı sıra cihaz üzerinden RS232 C ve IEEE-488 arayüz çıkışları sayesinde bilgisayara aktarılmıştır.

Her bir deneyde elde edilen değerler Newton cinsinden hesaplanıp ortalaması alınarak, her deney için esas kesme kuvveti F_z (F_c), ilerleme kuvveti F_x (F_f) ve radyal kuvvet F_y (F_r) olarak belirlenmiştir. Elde edilen kesme kuvvetleri grafiklerinden bir örnek şekil 5.9'de görülmektedir.



şekil 5.9. Kesme kuvveti grafiği.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

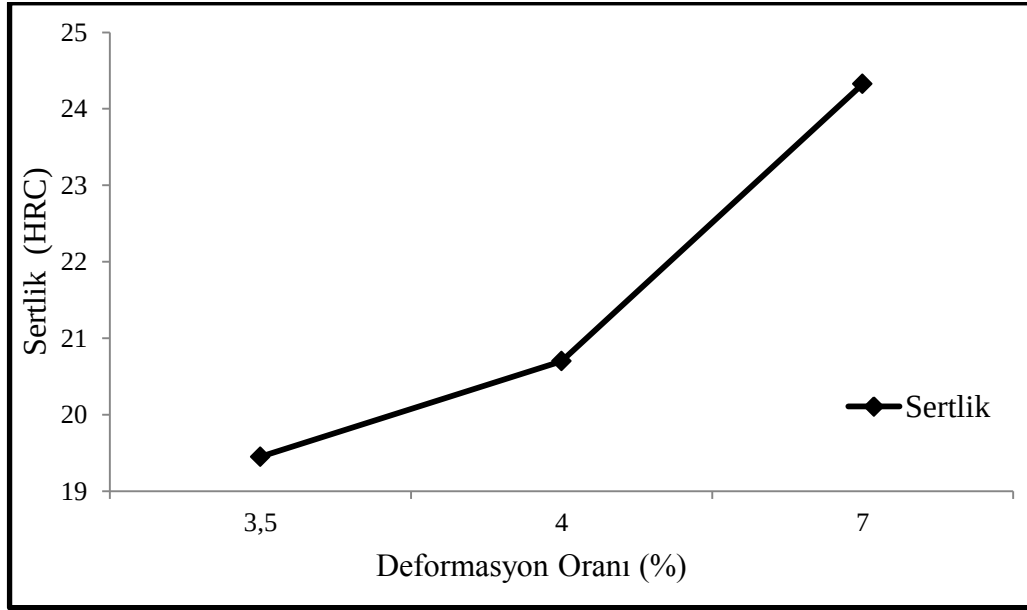
6.1 SERTLİK SONUÇLARI

Metaller soğuk çekme işlemine maruz bırakıldıkları zaman sertleştikleri, mukavemetlerinin arttığı ve sünekliklerinin azaldığı görülür. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin sertliği Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin sertlik değerleri.

Deney Malzemeleri		Sertlik (HRC)				
		A	B	C	D	Ortalama
	Ø21,4 mm Sıcak Çekilmiş	16,2	9	13,7	15,8	13,675
%7 Deformasyon oranı	Ø20 mm Soğuk Çekilmiş	20,5	21,7	22	25,1	22,325
	Ø36,4 mm Sıcak Çekilmiş	14,6	8,9	11,6	14	12,275
%4 Deformasyon oranı	Ø35 mm Soğuk Çekilmiş	19,3	21,2	21	21,3	20,7
	Ø40,4 mm Sıcak Çekilmiş	10,7	8,7	6,1	5,5	7,75
%3,5 Deformasyon oranı	Ø39 mm Soğuk Çekilmiş	16,2	21	25	15,7	19,45

Oda sıcaklığında farklı deformasyon oranlarında yapılan soğuk deformasyon, kristallerin ve tane sınırlarının deforme olmasına neden olur. Taneler şekil verme yönünde uzar. Soğuk çekilmiş malzemelerin yapılarındaki uzamalar Şekil 6.3, 6.5 ve 6.7’de görülmektedir. Deformasyon oranının artmasıyla dislokasyon yoğunluğu da artar. Yoğunluk artışı dislokasyon hareketini zorlaştırdığı için malzemenin sertliği ve mukavemeti artar. Deformasyon oranının artmasıyla sertlik değerlerinin artışı Şekil 6.1’de görülmektedir.



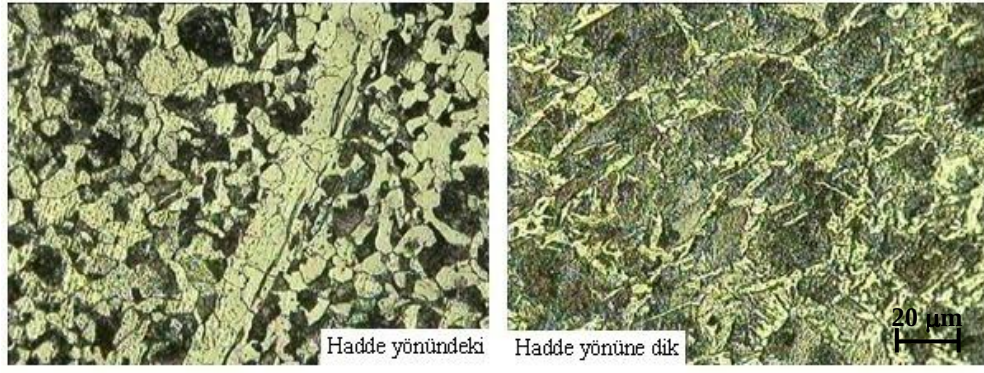
Şekil 6.1. Deformasyon oranı ve sertlik ilişkisi.

6.2. METALOGRAFİK SONUÇLAR

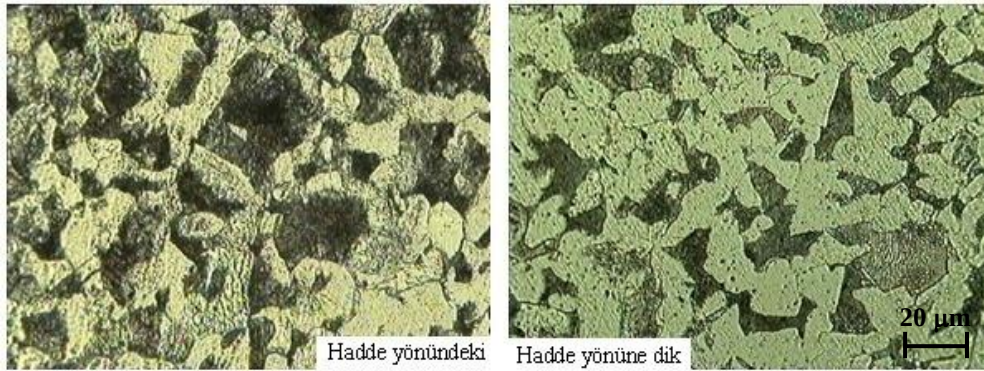
Farklı çaplardaki deney malzemelerinde deformasyon oranının meydana getirdiği yapısal değişikliklerin gözlenebilmesi amacıyla hadde yönünde ve hadde yönüne dik parçalar alınmıştır. Alınan parçaların mikroyapı görüntüleri her bir çap için Şekil 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Ø21,4 mm sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.



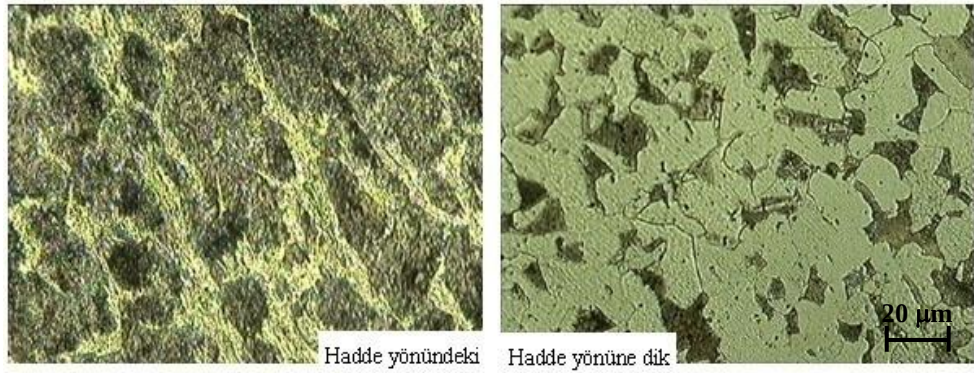
Şekil 6.3. Ø20 mm soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.



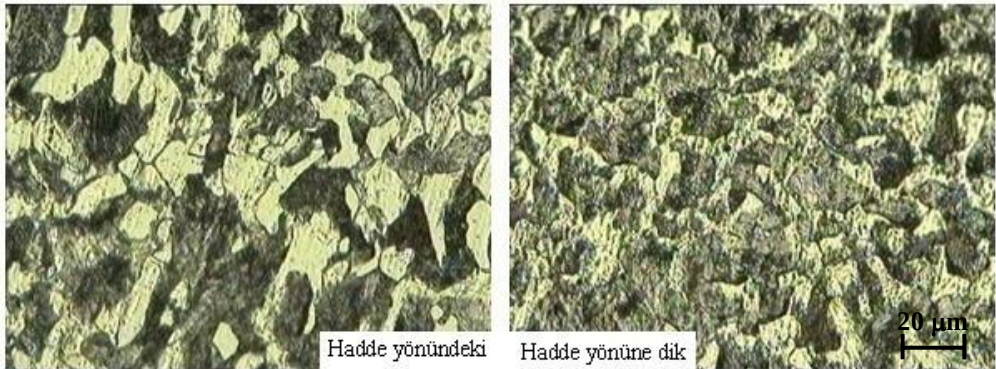
Şekil 6.4. Ø36,4 mm sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.5. Ø35 mm soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.6. Ø40,4 mm sıcak haddelenmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.7. Ø39 mm soğuk çekilmiş deney malzemesinin mikroyapı görüntüsü.

6.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ SONUÇLARI

Bu çalışmada AISI 1040 çelik malzeme sementit karbür kesici takımlar kullanılarak tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Deneyler sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri Çizelge 6.2, 6.3 ve 6.4 verilmiştir.

Çizelge 6.2. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

No	Kesme Hızı (m/dk)	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Raort (μm)
Ç1040-Sıcak haddelenmiş Ø21,4 mm							
1	150	1	0,1	0,561	0,446	0,521	0,516
2	180	1	0,1	0,643	0,516	0,572	0,577
3	210	1	0,1	0,626	0,478	0,548	0,550
4	240	1	0,1	0,512	0,42	0,482	0,471
5	270	1	0,1	0,766	0,785	0,795	0,782
6	330	1	0,1	0,824	0,764	0,77	0,786
7	390	1	0,1	0,752	0,747	0,751	0,750
8	450	1	0,1	0,743	0,750	0,751	0,748
9	210	0,5	0,04	0,325	0,33	0,298	0,317
10	210	0,5	0,08	0,422	0,42	0,431	0,424
11	210	0,5	0,12	0,541	0,549	0,537	0,542
12	210	1	0,04	0,682	0,695	0,691	0,689
13	210	1	0,08	0,751	0,699	0,732	0,727
14	210	1	0,12	0,823	0,775	0,795	0,797
15	210	0,5	0,1	0,564	0,412	0,456	0,477
16	210	1,5	0,1	1,52	1,615	1,652	1,595
17	210	2	0,1	1,712	1,817	1,768	1,765
Ç1040-Soğuk çekilmiş Ø20 mm							
18	150	1	0,1	1,079	1,137	1,21	1,142
19	180	1	0,1	0,987	1,015	1,145	1,09
20	210	1	0,1	0,968	1,038	1,128	1,044
21	240	1	0,1	0,565	0,623	0,475	0,554
22	270	1	0,1	0,791	0,776	0,726	0,765
23	330	1	0,1	0,616	0,588	0,668	0,782
24	390	1	0,1	0,759	0,764	0,770	0,765
25	450	1	0,1	0,775	0,778	0,785	0,780
26	210	0,5	0,04	0,567	0,375	0,507	0,483
27	210	0,5	0,08	0,496	0,493	0,524	0,504
28	210	0,5	0,12	0,327	0,307	0,35	0,328
29	210	1	0,04	0,538	0,697	0,698	0,644
30	210	1	0,08	0,846	0,6	0,698	0,714
31	210	1	0,12	0,99	0,964	0,917	0,957
32	210	0,5	0,1	0,583	0,576	0,580	0,579
33	210	1,5	0,1	1,512	1,717	1,633	1,62
34	210	2	0,1	2,157	2,221	1,913	2,097

Çizelge 6.3. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

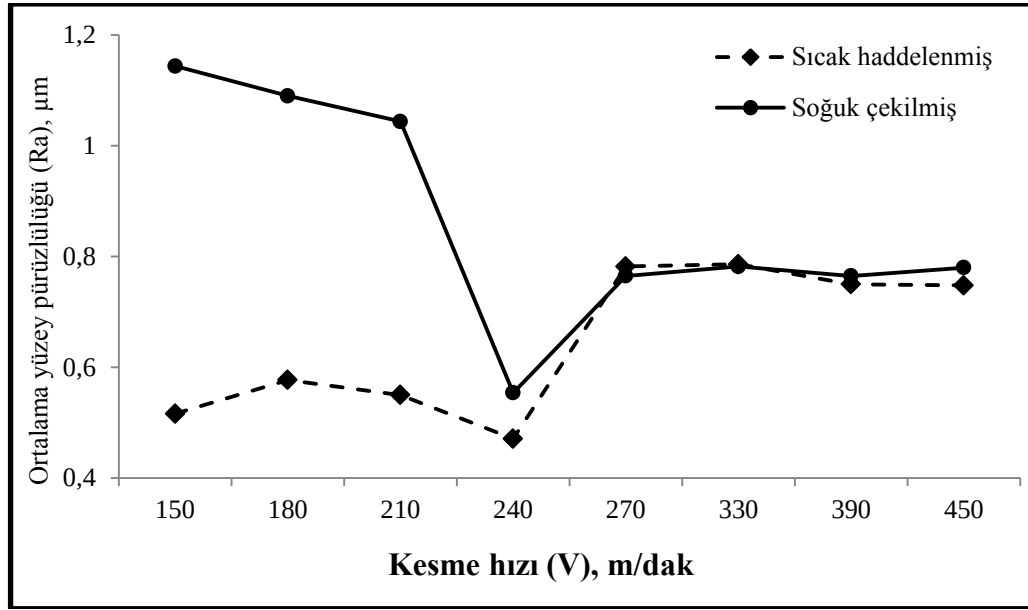
No	Kesme Hızı (m/dk)	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Raort (μm)
Ç1040-Sıcak haddelenmiş Ø36,4 mm							
1	150	1	0,1	1,261	1,391	1,370	1,340
2	180	1	0,1	1,163	1,430	1,260	1,284
3	210	1	0,1	0,490	0,552	0,553	0,531
4	240	1	0,1	0,571	0,539	0,471	0,526
5	270	1	0,1	0,567	0,411	0,416	0,465
6	330	1	0,1	0,473	0,467	0,451	0,463
7	390	1	0,1	0,471	0,548	0,506	0,508
8	450	1	0,1	0,440	0,479	0,470	0,463
9	210	0,5	0,04	0,312	0,341	0,327	0,326
10	210	0,5	0,08	0,368	0,369	0,375	0,370
11	210	0,5	0,12	0,812	0,414	0,583	0,603
12	210	1	0,04	0,687	0,702	0,695	0,694
13	210	1	0,08	0,828	1,018	0,952	0,932
14	210	1	0,12	1,454	0,947	1,341	1,247
15	210	0,5	0,1	0,680	0,635	0,712	0,675
16	210	1,5	0,1	0,738	0,912	0,987	0,879
17	210	2	0,1	1,871	1,760	1,652	1,761
Ç1040-Soğuk çekilmiş Ø35 mm							
18	150	1	0,1	1,735	1,749	1,455	1,646
19	180	1	0,1	1,645	1,666	1,693	1,668
20	210	1	0,1	1,000	1,015	0,806	0,940
21	240	1	0,1	0,615	0,766	0,559	0,646
22	270	1	0,1	0,960	1,013	0,887	0,953
23	330	1	0,1	0,343	0,420	0,357	0,373
24	390	1	0,1	0,555	0,615	0,564	0,578
25	450	1	0,1	0,586	0,587	0,542	0,571
26	210	0,5	0,04	0,316	0,437	0,450	0,401
27	210	0,5	0,08	0,368	0,511	0,497	0,458
28	210	0,5	0,12	0,414	0,801	0,552	0,589
29	210	1	0,04	0,687	0,702	0,715	0,701
30	210	1	0,08	0,828	1,018	0,950	0,932
31	210	1	0,12	1,454	0,947	1,115	1,172
32	210	0,5	0,1	0,571	0,910	0,726	0,735
33	210	1,5	0,1	0,70	0,785	0,730	0,738
34	210	2	0,1	0,581	0,634	0,574	0,596

Çizelge 6.4. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğine göre ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

No	Kesme Hızı (m/dak)	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)	Ra1 (μm)	Ra2 (μm)	Ra3 (μm)	Raort (μm)
Ç1040-Sıcak haddelenmiş Ø40,4 mm							
1	150	1	0,1	2,891	2,703	2,578	2,724
2	180	1	0,1	1,756	1,785	1,763	1,768
3	210	1	0,1	1,581	1,611	1,595	1,595
4	240	1	0,1	0,647	0,650	0,652	0,649
5	270	1	0,1	0,515	0,521	0,518	0,518
6	330	1	0,1	0,412	0,415	0,407	0,411
7	390	1	0,1	0,395	0,400	0,383	0,392
8	450	1	0,1	0,480	0,482	0,475	0,479
9	210	0,5	0,04	0,440	0,447	0,557	0,481
10	210	0,5	0,08	0,589	0,600	0,603	0,597
11	210	0,5	0,12	0,791	0,695	0,659	0,727
12	210	1	0,04	1,379	1,218	1,270	1,271
13	210	1	0,08	1,457	1,465	1,463	1,416
14	210	1	0,12	1,615	1,643	1,652	1,636
15	210	0,5	0,1	0,710	0,697	0,733	0,713
16	210	1,5	0,1	0,746	0,826	1,05	0,874
17	210	2	0,1	2,126	1,456	1,875	1,819
Ç1040-Soğuk çekilmiş Ø39 mm							
18	150	1	0,1	2,155	2,213	1,987	2,118
19	180	1	0,1	1,899	1,716	1,932	1,849
20	210	1	0,1	2,044	1,726	1,579	1,783
21	240	1	0,1	1,612	1,515	1,551	1,559
22	270	1	0,1	0,841	0,750	0,792	0,794
23	330	1	0,1	0,687	0,695	0,641	0,634
24	390	1	0,1	0,671	0,659	0,579	0,636
25	450	1	0,1	0,406	0,438	0,462	0,435
26	210	0,5	0,04	0,413	0,415	0,407	0,411
27	210	0,5	0,08	0,612	0,532	0,535	0,559
28	210	0,5	0,12	0,876	0,701	0,692	0,756
29	210	1	0,04	1,871	1,865	1,874	1,870
30	210	1	0,08	1,723	1,727	1,730	1,726
31	210	1	0,12	1,664	1,673	1,682	1,672
32	210	0,5	0,1	1,005	0,706	1,256	0,989
33	210	1,5	0,1	1,227	1,638	1,373	1,412
34	210	2	0,1	1,887	2,045	1,911	1,947

6.3.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 21,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 20$ mm, %7 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve farklı kesme hızlarında (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak) yapılan deneylerde kesme hızının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.8).



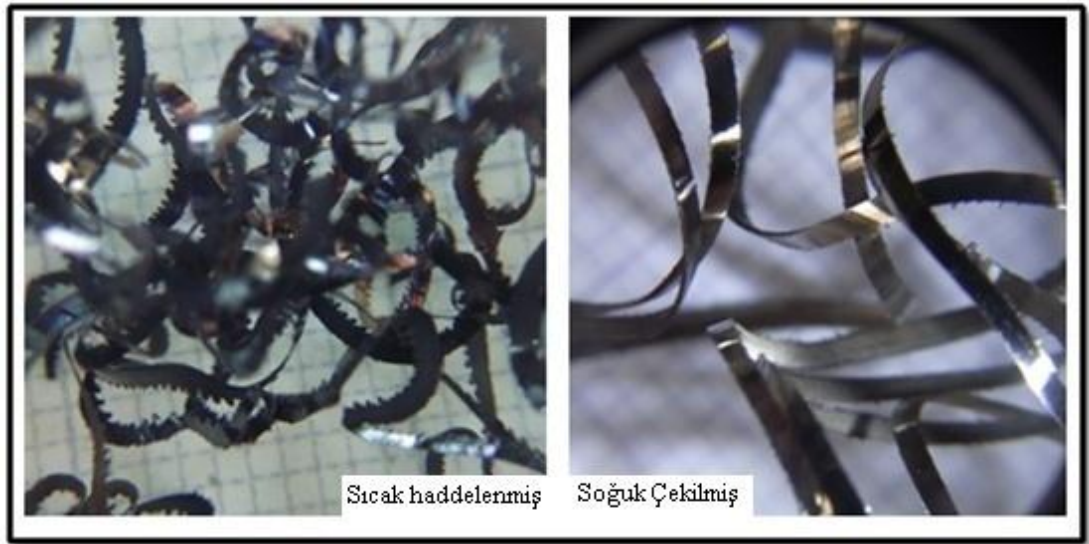
Şekil 6.8. %7 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=1\text{mm}$, $f=0,1$ mm/dev).

En yüksek yüzey pürüzlülük değerinin soğuk çekilmiş deney malzemesinde 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde $1,142 \mu\text{m}$ olduğu görülmüştür. Kesme hızının (240 m/dak) arttırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %51 oranında bir düşüş görülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 240 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde $0,554 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 150, 180 ve 210 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde çok fazla bir değişim görülmemektedir (Şekil 6.8). Ancak 240 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri azalarak $0,471 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Her iki deney malzemesinde de 240 m/dak kesme hızından sonra yapılan deneylerde yüzey

pürüzlülük değerinin tekrar artış eğilimine geçtiği görülmektedir. Yapılan deneylerde en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri, en düşük kesme hızında (150 m/dak) oluşmuştur. Düşük kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün yüksek çıkması BUE oluşumu ile açıklanabilir.

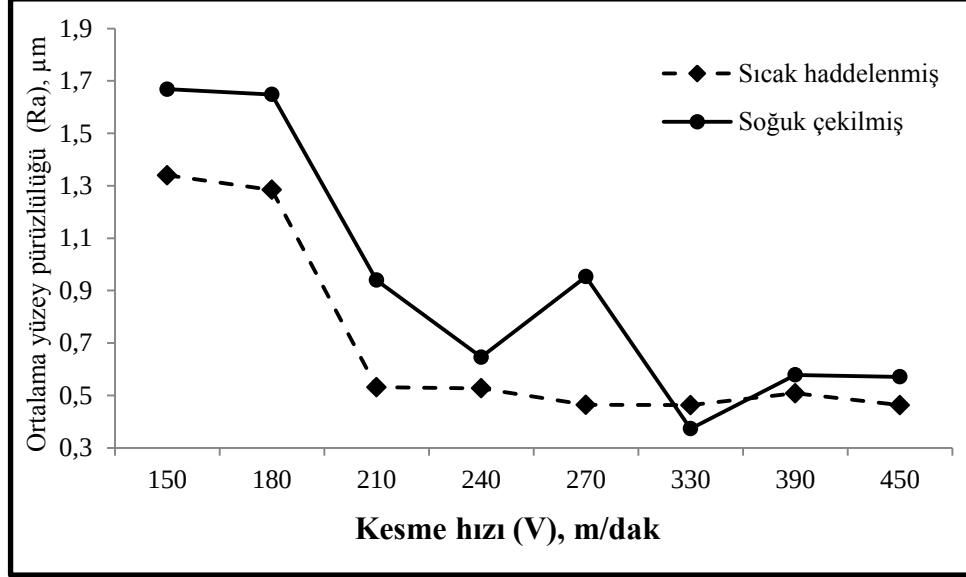
Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerin azalması, yüksek kesme hızlarında oluşumu azalan BUE ile açıklanabilir. İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan BUE kararsız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini artırır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve kararsız olması durumunda yüzey pürüzlülük değeri daha da artarak, kötü bir yüzey oluşur. Kesme hızının artmasıyla BEU oluşumu azaldığı için yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha az bir etkiye sahip olur ve yüzey pürüzlülük değeri azalır. Artan kesme hızıyla BUE'nin azalması sıcaklık artışıyla açıklanabilir. 240 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde elde edilen talaşların görüntüleri Şekil 6,9'da görülmektedir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinin 240 m/dak kesme hızında işlenmesiyle elde edilen talaşın pütürlü olduğu ve soğuk çekilmiş malzemede yapılan deneylerde elde edilen talaşın ise daha düzenli olduğu görülmektedir.



Şekil 6.9. 240 m/dak kesme hızında oluşan talaşların görüntüleri.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 36,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 35$ mm, %4 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme

parametreleri talaş derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve farklı kesme hızlarında (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak) yapılan deneylerde kesme hızının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. %4 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev).

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri soğuk çekilmiş deney malzemesinin 150 m/dak kesme hızı ile işlenmesinde 1,668 μm olduğu görülmüştür. Kesme hızının (180, 210, 240 m/dak) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri düzenli olarak azalmıştır. Ancak 270 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinde bir artış olmuştur. Buradaki artış yüksek kesme hızlarında kesici takım ucunda meydana gelen küçük kırılmalar (chipping) ile açıklanabilir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 330 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,373 μm olarak belirlenmiştir. Her iki malzemedeki yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri yaklaşık olarak %31 oranında aynı değerdedir.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 1,34 μm olarak ölçülmüştür (Şekil 6.10). Kesme hızlarındaki artışla yüzey pürüzlülük değeri 330 m/dak kesme hızını kadar azalmış ve en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,463 μm olarak ölçülmüştür. 330

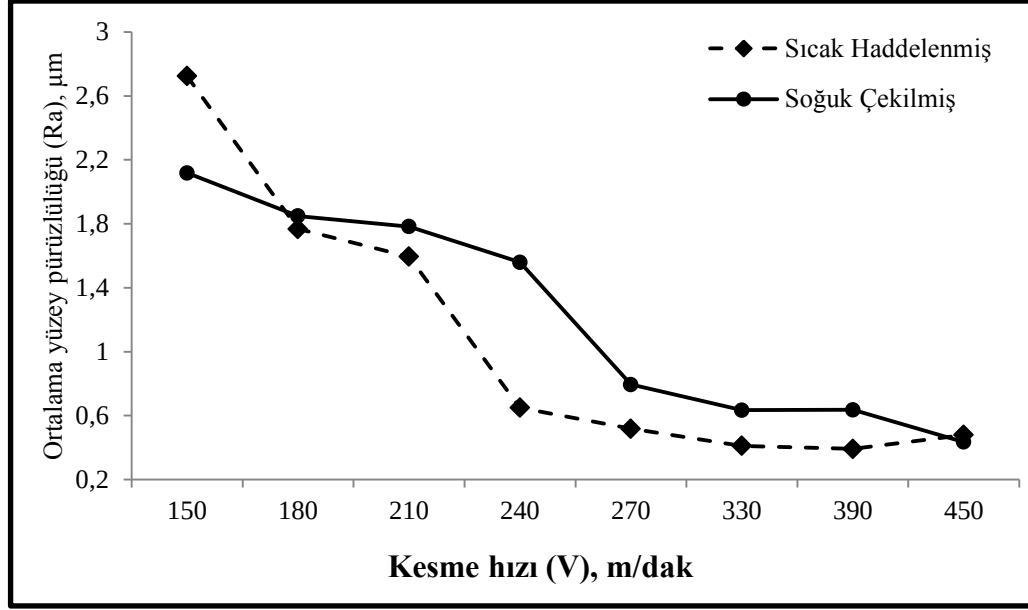
m/dak kesme hızında yapılan deneylerde elde edilen talaşların görüntüleri Şekil 6.11’da görülmektedir.



Şekil 6.11. 330 m/dak kesme hızında oluşan talaşların görüntüleri.

Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemelerinin 330 m/dak kesme hızında işlenmesiyle elde edilen talaşların sürekli talaş olduğu görülmektedir.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 40,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 39$ mm, %3,5 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve farklı kesme hızlarında (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak) yapılan deneylerde kesme hızının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=1\text{mm}$, $f=0,1\text{ mm/dev}$).

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri soğuk çekilmiş deney malzemesinde 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 2,118 μm olduğu görülmüştür. Kesme hızının (180, 210 ve 240 m/dak) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri düzenli olarak azalmıştır. Kesme hızının (270 m/dak) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri %77 oranında azalarak yüzey pürüzlülük değeri 0,779 μm olmuştur. 330 ve 390 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde çok fazla bir değişim görülmemektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 450 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,435 μm olarak belirlenmiştir.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde ise en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 150 m/dak kesme hızında 2,724 μm olarak ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük değeri 390 m/dak kesme hızına kadar düzenli olarak azalmıştır. Yüzey pürüzlülük değerlerinde çok fazla bir değişim görülmemektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 390 m/dak kesme hızında yapılan deneyler 0,392 μm olarak belirlenmiştir.

150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde elde edilen talaşların görüntüleri Şekil 6.13'da görülmektedir. Elde edilen talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı iş parçasına talaşlar sarma yaparak yüzey pürüzlülük değerini etkileyebilir.

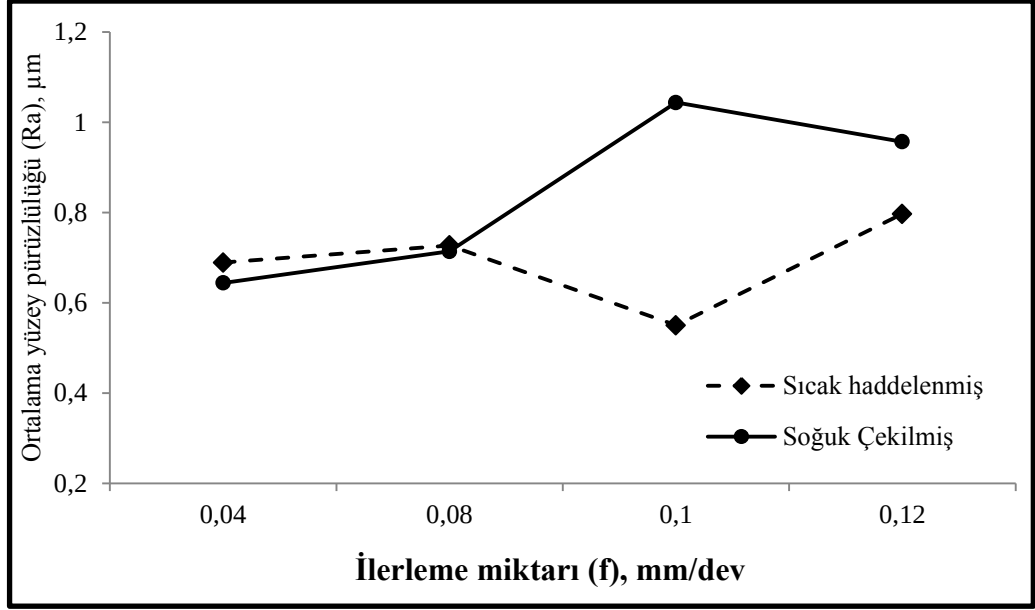


Şekil 6.13. 150 m/dk kesme hızında talaş görüntüleri.

6.3.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi

6.3.2.1. 1 mm Talaş Derinliğinde İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 21,4$ mm) ve Soğuk çekilmiş ($\varnothing 20$ mm, %7 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. %7 deformasyon oranında İlerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,644 µm olduğu belirlenmiştir. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri de artmıştır. İlerleme miktarının (0,1 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %40 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,044 µm olarak elde edilmiştir. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalma eğilimine geçtiği görülmektedir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri 0,689 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,08 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,550 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %25 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,797 µm olarak belirlenmiştir.

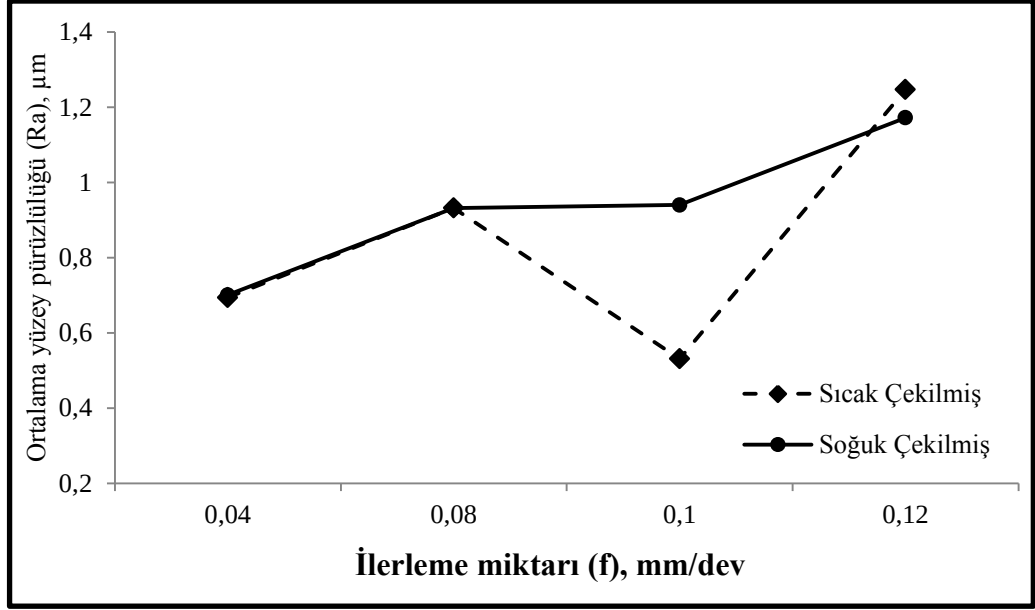
Bazı ilerleme miktarlarında yüzey pürüzlülük değerlerinde ani artışlar görülmektedir. Bunun nedeni işleme esnasında çıkan talaşın sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 6.15). İş parçasına talaşlar sarma

yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasına sıkışması ile iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olmuştur.



Şekil 6.15. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında oluşan talaş görüntüleri.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 36,4$ mm) ve Soğuk çekilmiş ($\varnothing 35$ mm, %4 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.16).



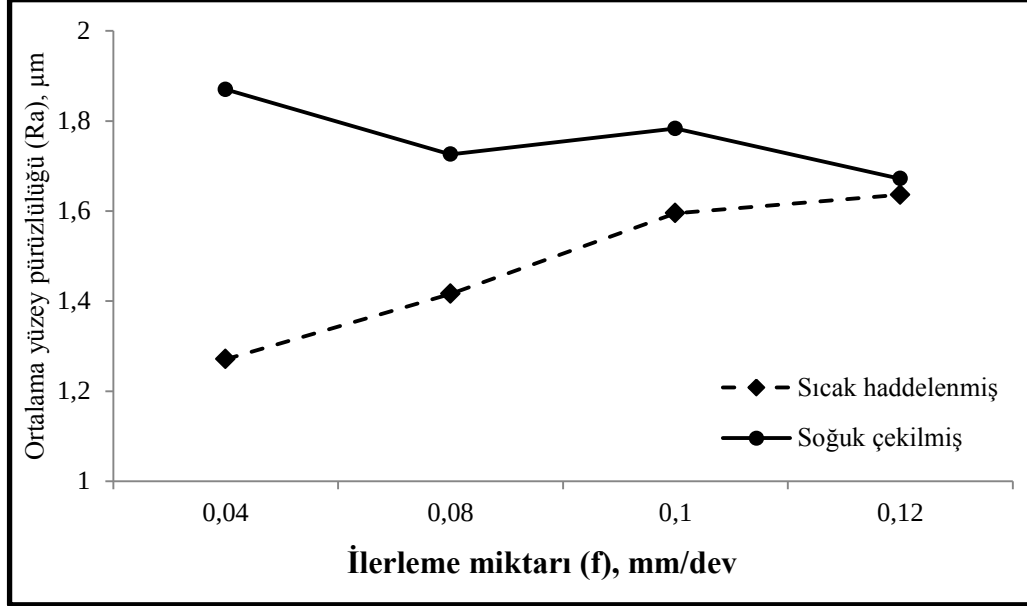
Şekil 6.16. %4 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,701 µm olduğu belirlenmiştir. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri de artmıştır. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %47 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,172 µm olduğu görülmüştür.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri 0,694 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,08 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,531 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %55 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,247 µm olarak belirlenmiştir.

Sıcak haddelenmiş (Ø40,4 mm) ve Soğuk çekilmiş (Ø39 mm, %3,5 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında

(0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.17).



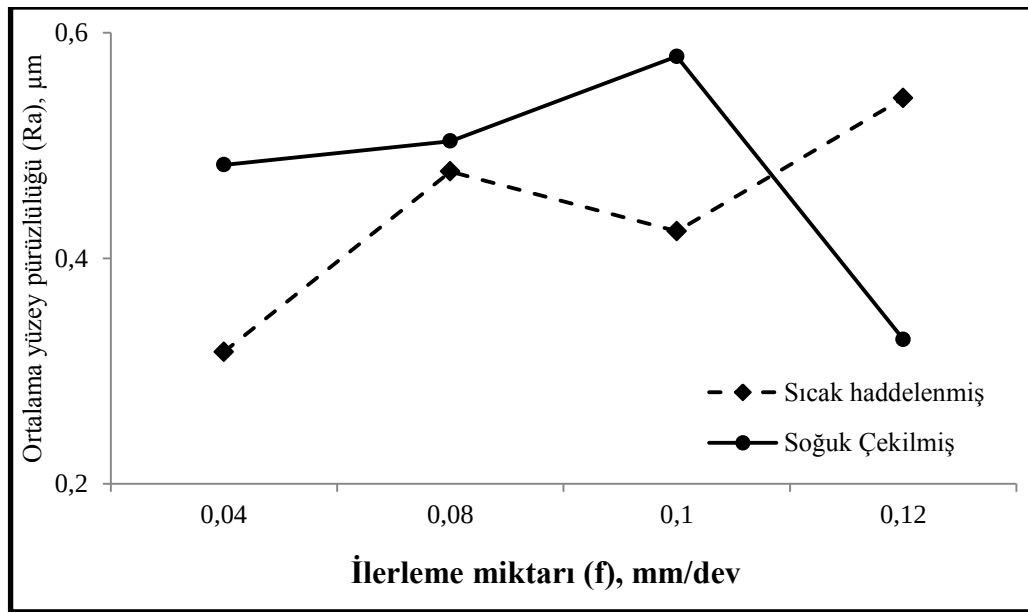
Şekil 6.17. %3,5 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,870 µm olduğu belirlenmiştir. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. İlerleme miktarının (0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinde çok fazla bir değişim görülmemektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,672 µm olduğu görülmüştür.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,271 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,636 µm olarak belirlenmiştir.

6.3.2.1. 0,5 mm Talaş Derinliğinde İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 21,4$ mm) ve Soğuk çekilmiş ($\varnothing 20$ mm, %7 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 0,5 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.18).



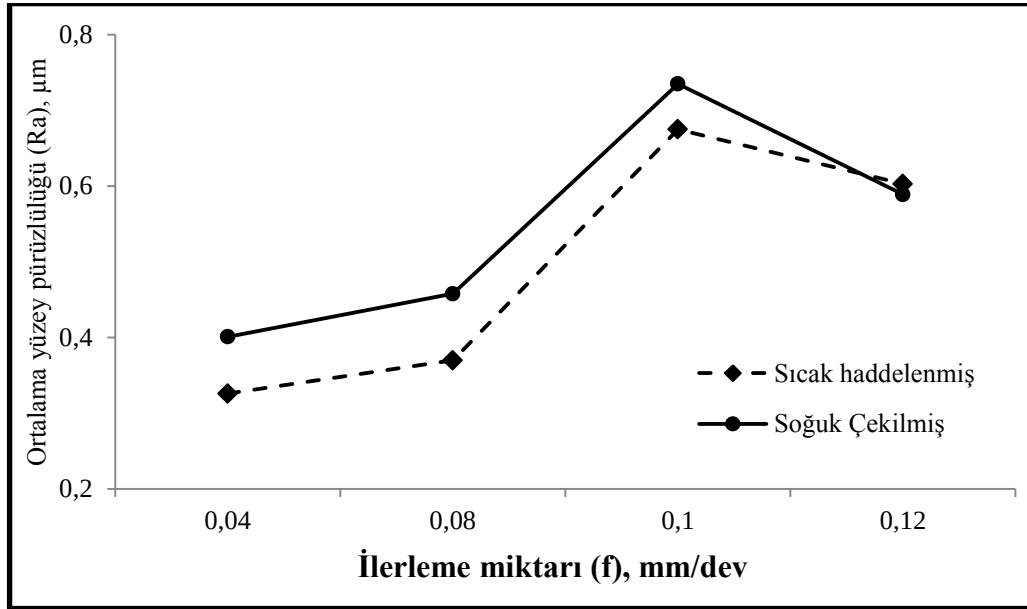
Şekil 6.18. %7 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=0,5$ mm, $v=210$ m/dak).

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde ilerleme miktarının 0,04 mm/dev'den 0,08 mm/dev artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,879 μm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %55 oranında bir artış görülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,328 μm olduğu görülmüştür.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,317 μm olarak ölçülmüştür (Şekil 6.18). İlerleme miktarının (0,08 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri

artmıştır. Yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde azalmıştır. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %23 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,542 μm olarak belirlenmiştir.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 36,4$ mm) ve Soğuk çekilmiş ($\varnothing 35$ mm, %4 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 0,5 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.19).

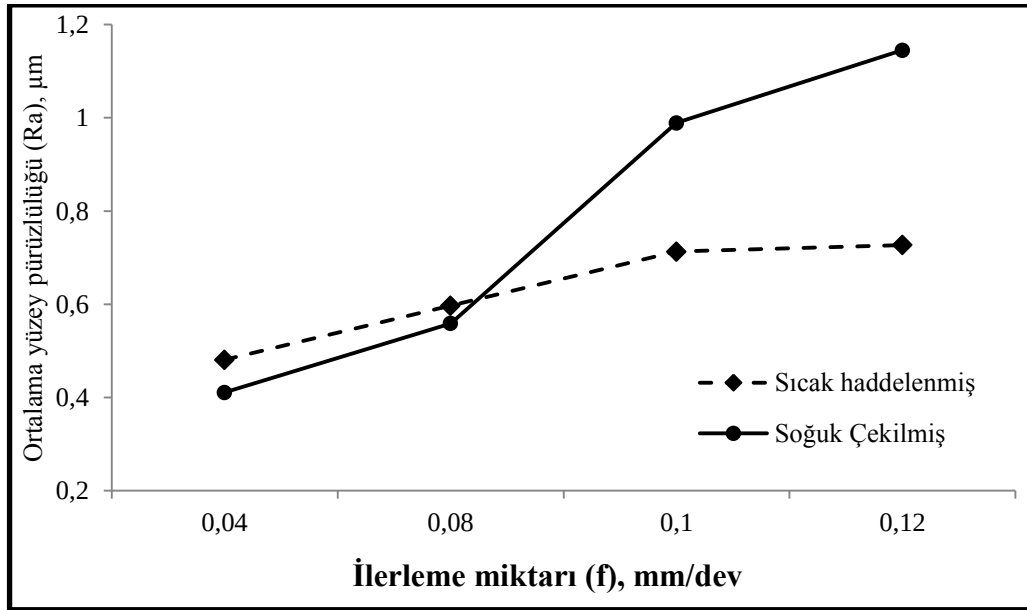


Şekil 6.19. %4 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=0,5$ mm, $v=210$ m/dak).

Her iki deney malzemesinde de en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilmiştir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 0,326 μm 'dir. Soğuk çekilmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri ise 0,401 μm olarak belirlenmiştir. İlerleme miktarının (0,08 ve 0,1 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri de artmıştır. Soğuk çekilmiş deney

malzemesinde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,735 μm olarak belirlenmiştir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde de en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,675 μm olarak belirlenmiştir. İlerleme miktarının (0,12 mm/dev) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalma eğilimine geçtiği görülmektedir.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 40,4$ mm) ve Soğuk çekilmiş ($\varnothing 39$ mm, %3,5 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 0,5 mm, kesme hızı 210 m/dak ve ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde ilerleme miktarının, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.20).



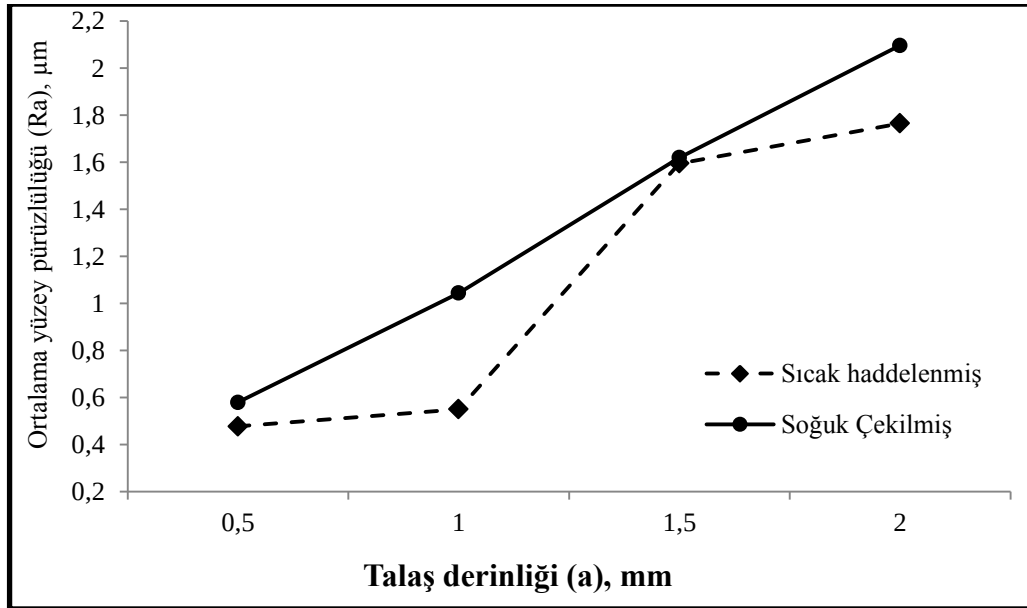
Şekil 6.20. %3,5 deformasyon oranında ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=0,5$ mm, $v=210$ m/dak).

Her iki deney malzemesinin 0,04 mm/dev ilerleme miktarında işlenmesinin sonucunda en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 0,481 μm olarak ölçülmüştür. Soğuk çekilmiş deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 0,411 μm 'dir. İlerleme miktarındaki artışa bağlı olarak

yüzey pürüzlülük değerleri de artmıştır. Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,756 μm olarak belirlenmiştir. Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde de en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,727 μm olarak ölçülmüştür.

6.3.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 21,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 20$ mm, %7 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri kesme hızı 210 m/dak, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve talaş derinliklerinde (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) yapılan deneylerde talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.21).



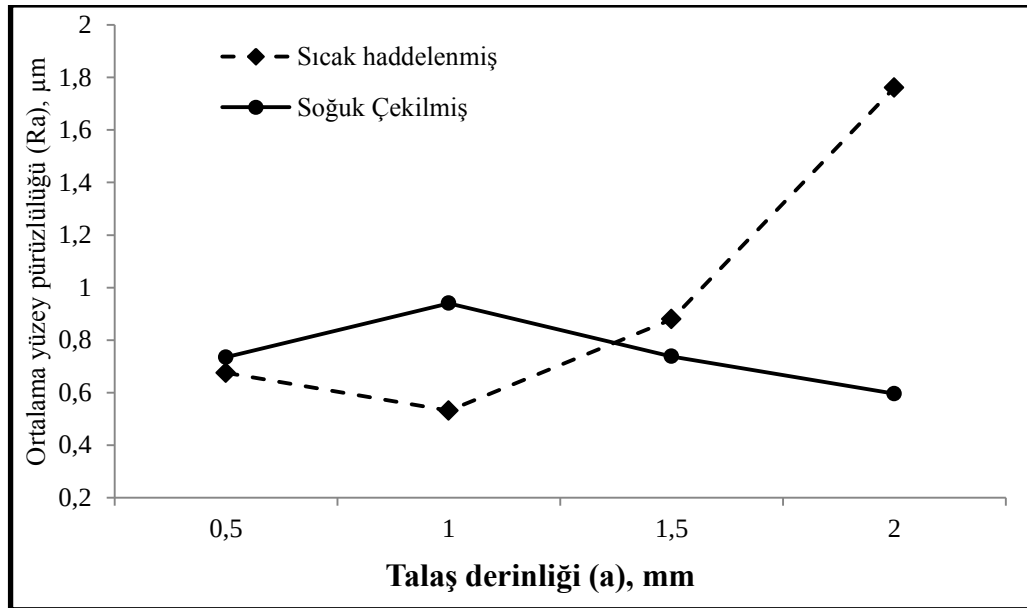
Şekil 6.21. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak).

En düşük yüzey pürüzlülük değeri sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,477 μm olarak belirlenmiştir. Talaş derinliğinin (1, 1,5 ve 2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri düzenli olarak artmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %129

oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 1,765 μm olarak ölçülmüştür.

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,879 μm olarak belirlenmiştir (Şekil 6.23). Talaş derinliğinin (1, 1,5 ve 2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri düzenli olarak artmıştır Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %122 oranında bir artış görülmüştür En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 2,097 μm olarak ölçülmüştür.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 36,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 35$ mm, %4 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri kesme hızı 210 m/dak, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve talaş derinliklerinde (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) yapılan deneylerde talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.22).



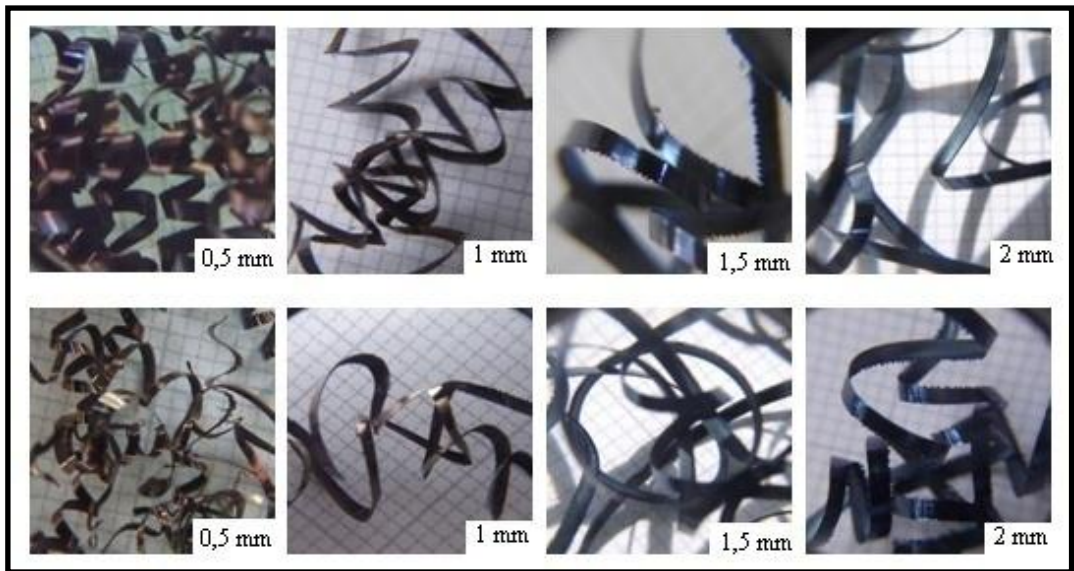
Şekil 6.22. %4 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak).

En düşük yüzey pürüzlülük değeri sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 1 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,531 μm olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğinin (1,5 ve 2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Talaş derinliğinin (2

mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %123 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 1,765 μm olarak ölçülmüştür.

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde 1 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 0,940 μm olarak belirlenmiştir. Talaş derinliğinin (1,5 ve 2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %34 oranında bir azalma görülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,596 μm olarak ölçülmüştür.

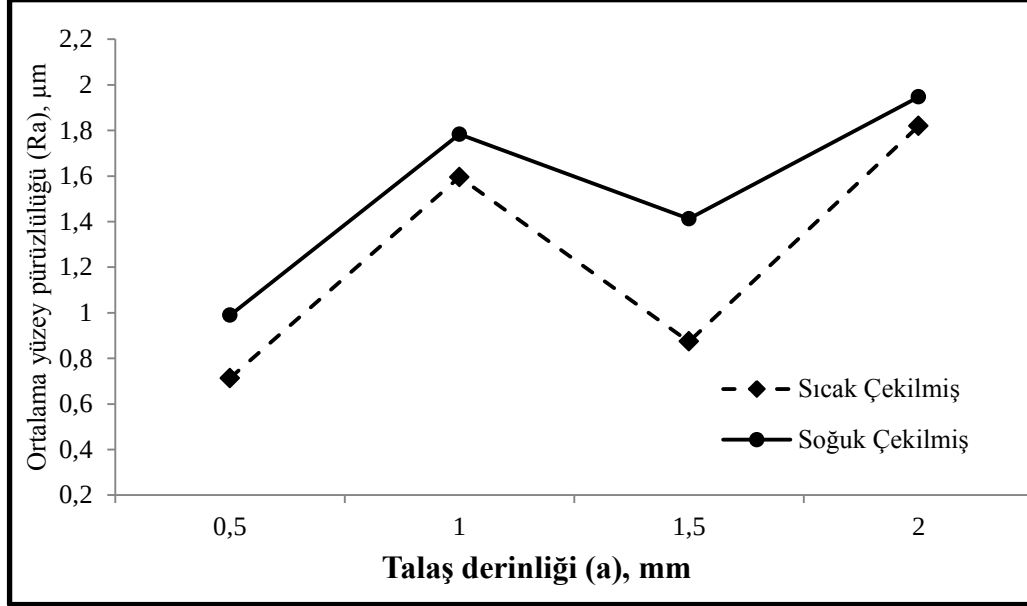
Bazı ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülük değerlerinde ani artışlar görülmektedir. Bunun nedeni işleme esnasında çıkan talaşın sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 6.23). İş parçasına talaşlar sarma yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasına sıkışması ile iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olmuştur.



Şekil 6.23 Deneylerde elde edilen talaşların görüntüleri.

Sıcak haddelenmiş ($\varnothing 40,4$ mm) ve soğuk çekilmiş ($\varnothing 39$ mm, %3,5 deformasyon oranında) deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri kesme hızı 210 m/dak, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve talaş

derinliklerinde (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) yapılan deneylerde talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.24).



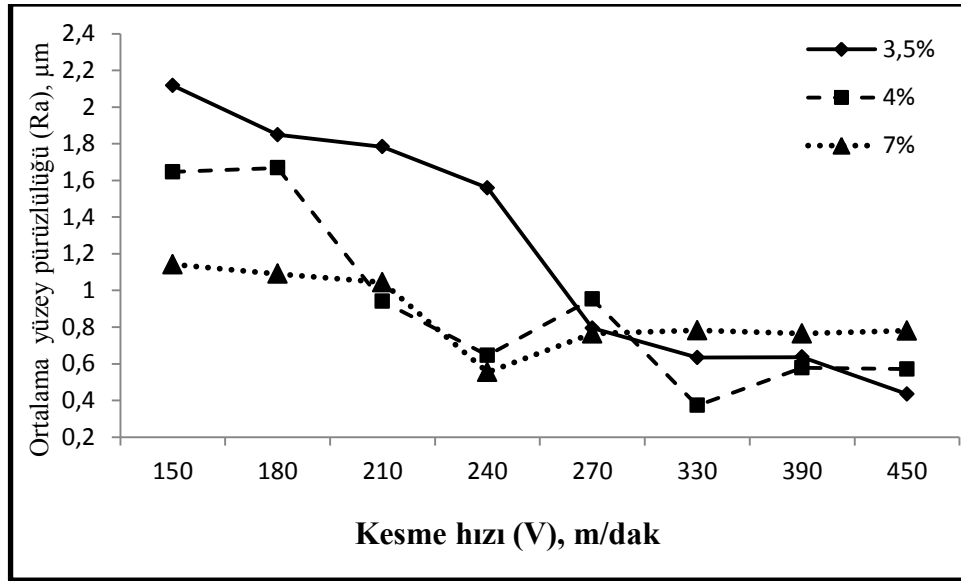
Şekil 6.24 %3,5 deformasyon oranında talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak).

En düşük yüzey pürüzlülük değeri sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,713 µm olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğinin (1 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %110 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 1,819 µm olarak ölçülmüştür.

Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,989 µm olarak belirlenmiştir (Şekil 6.24). Talaş derinliğinin (1 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde %96 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 1,947 µm olarak ölçülmüştür.

6.3.4. Deformasyon Oranının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Değerlendirilmesi

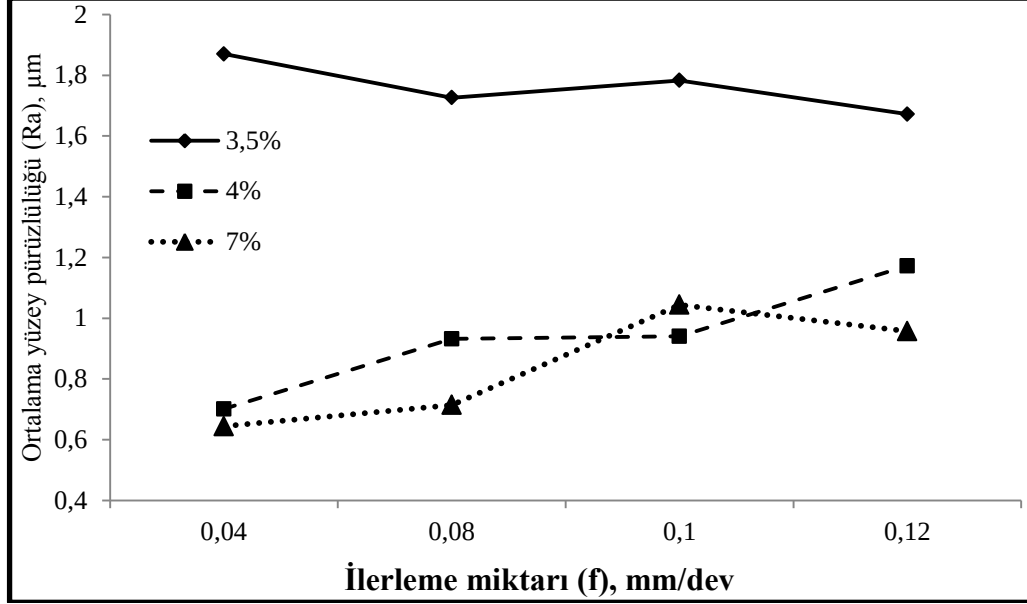
Deformasyon (%3,5, %4 ve %7) oranına bağlı olarak kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek için deney malzemeleri tornalama metoduyla işlemeye tabi tutulmuştur. İşleme parametreleri talaş derinliği 1 mm, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve farklı kesme hızlarında (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak) yapılan deneylerde deformasyon oranına bağlı olarak kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir (Şekil 6.25).



Şekil 6.25. Deformasyon oranına bağlı olarak kesme hızı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, f=0,1 mm/dev).

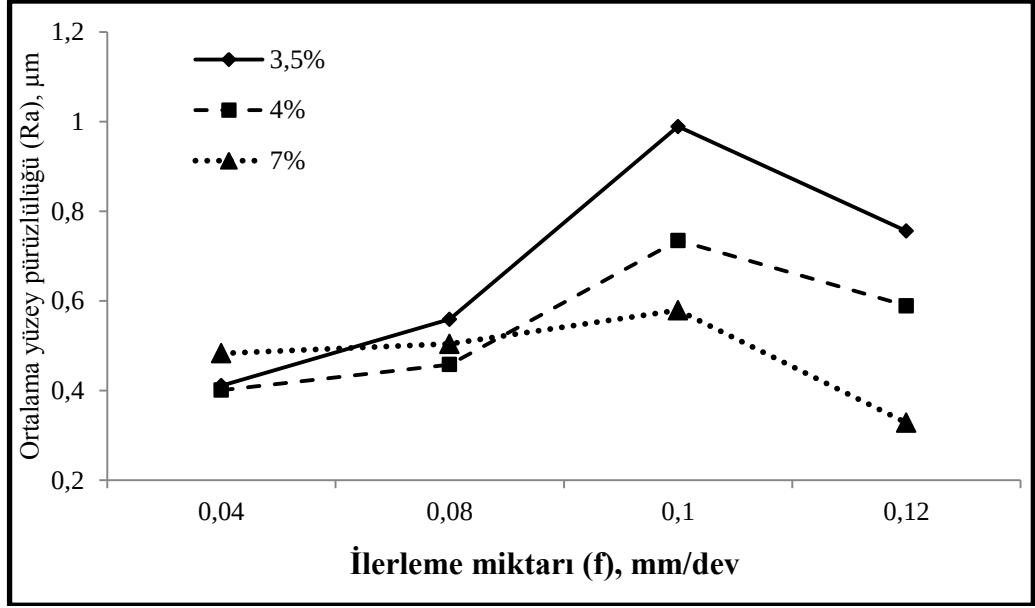
En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri bütün deformasyon (%3,5, %4 ve %7) oranlarında, 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde elde edilmiştir. Ayrıca 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde deformasyon oranındaki (%3,5, %4 ve %7) artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Kesme hızının (180, 210 ve 240 m/dak) artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Deformasyon oranındaki artışa bağlı olarak artan sertliğin işlenebilirliğe olumlu etkisi olmuştur. Ancak yüksek kesme hızlarında yapılan deneylerde deformasyon oranının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi ortadan kalkmıştır ve yüzey pürüzlülük değerleri fazla değişiklik göstermemektedir. En iyi yüzey pürüzlülük değeri deformasyon oranının %4'de olduğu deney malzemesinde 0,373 µm olarak belirlenmiştir.

Şekil 6.26, 6.27’de 210 m/dak kesme hızında, (0,5 ve 1 mm) talaş derinliklerinde ve farklı ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) yapılan deneylerde deformasyon oranına bağlı olarak ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir.



Şekil 6.26. Deformasyon oranına bağlı olarak ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi (a=1mm, v=210 m/dak).

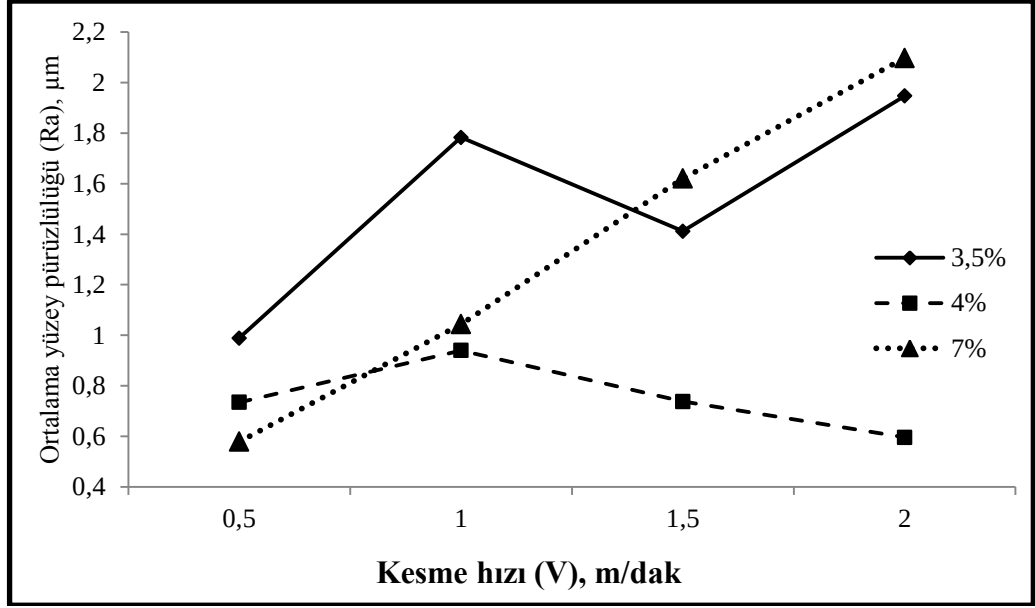
En yüksek yüzey pürüzlülük değeri %3,5 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde, 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 1,870 µm olarak ölçülmüştür. Ayrıca deformasyon oranının (%4 ve %7) artmasıyla 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmüştür. %4 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,701 µm olarak ölçülmüştür. %7 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,644 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri deformasyon oranının %7’de olduğu deney malzemesinde 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,644 µm olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.27. Deformasyon oranına bağlı olarak ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($a=0,5$ mm, $f=0,1$ mm/dev).

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri %3,5 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde, 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneyler 0,989 μm olarak ölçülmüştür. Ayrıca deformasyon oranının (%4 ve %7) artmasıyla 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmüştür. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. %4 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,735 μm olarak ölçülmüştür. %7 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,1 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,579 μm olarak ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri deformasyon oranının %7’de olduğu deney malzemesinde 0,12 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,328 μm olarak belirlenmiştir.

Şekil 6.28’da kesme hızı 210 m/dak, ilerleme miktarı 0,1mm/dev ve talaş derinliklerinde (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) yapılan deneylerde talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülük değerine etkisi incelenmiştir



Şekil 6.28. Deformasyon oranına bağlı olarak talaş derinliği ve yüzey pürüzlülük değeri ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak).

En düşük yüzey pürüzlülük değerleri bütün deformasyon (%3,5, %4 ve %7) oranlarında, 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde elde edilmiştir. Ayrıca 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde deformasyon oranındaki (%3,5, %4 ve %7) artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. %3,5 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde $0,989 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. %4 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde $0,735 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. %7 deformasyon oranıyla soğuk çekilen deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde $0,579 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri %7 deformasyon oranında, 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde $2,097 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir.

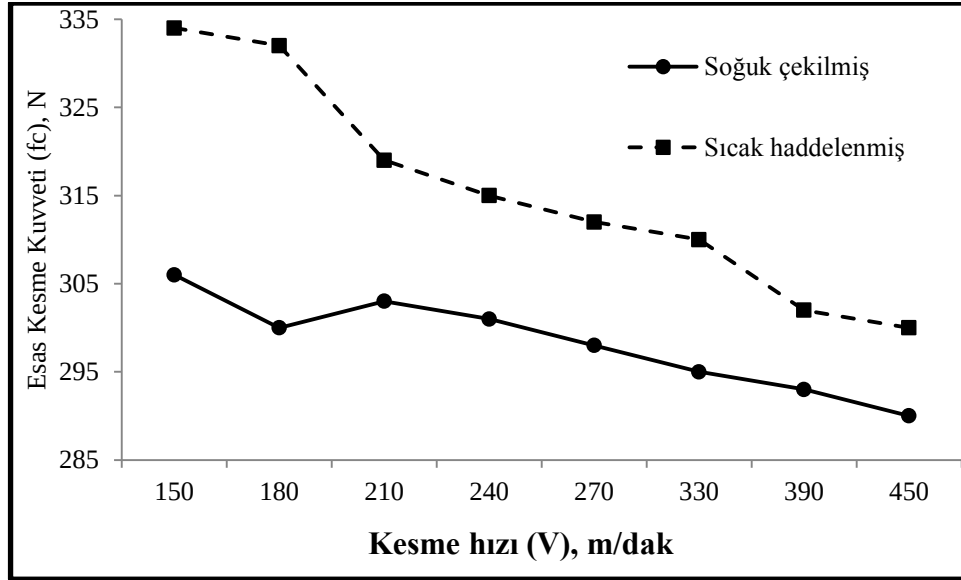
6.4. KESME KUVVETİ SONUÇLARI

6.4.1. %3,5 Deformasyon Oranında Kesme Hızı ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi

Kesme hızının esas kesme kuvveti F_c (N) değeri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemeleri ilerleme miktarı 0,1 mm/dev, talaş derinliği 1 mm ve farklı kesme hızlarında (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dak) tornalama metoduyla işleyeme tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerde kesme hızının esas kesme kuvveti F_c (N) değerleri üzerindeki etkisi Çizelge 6.5 ve Şekil 6.29’de verilmiştir.

Çizelge 6.5. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev $a=1$ mm).

Deney Malzemesi	Kesme Hızı (m/dak)							
	150	180	210	240	270	330	390	450
(Ø40,4 mm) Sıcak haddelenmiş (F_c)	334	332	319	315	312	310	302	300
(Ø39 mm) Soğuk çekilmiş (F_c)	306	300	303	301	298	295	293	290



Şekil 6.29. %3,5 deformasyon oranında kesme hızı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $a=1$ mm).

En yüksek esas kesme kuvveti değeri sıcak haddelenmiş deney malzemesinde 150 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde 334 N olarak ölçülmüştür. Kesme hızının artmasıyla esas kesme kuvveti değerleri azalmıştır. Kesme hızının (270 m/dk) artmasıyla esas kesme kuvveti değerinde % 4 oranında bir düşüş görülmüştür. En düşük esas kesme kuvveti değeri 270 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde 312 N olarak ölçülmüştür.

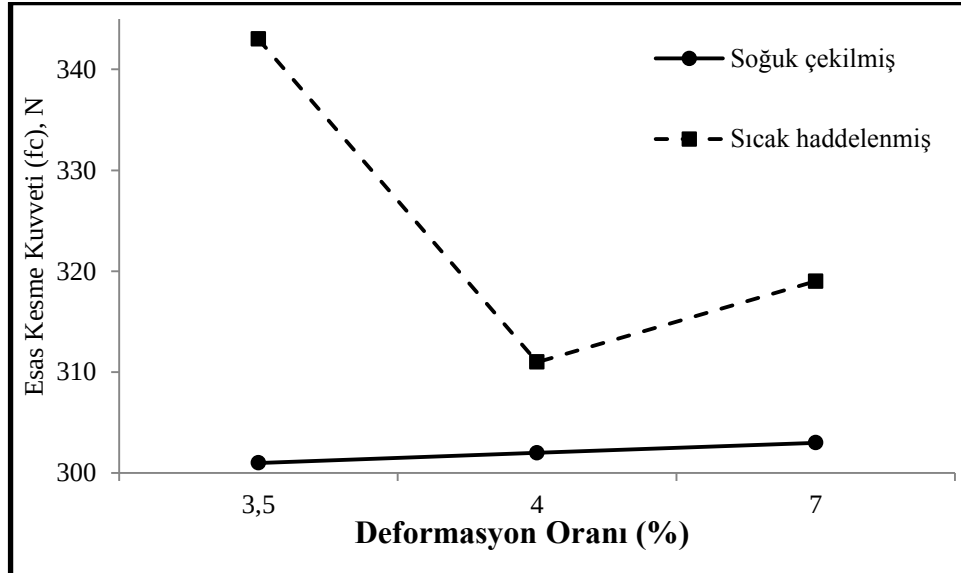
Soğuk çekilmiş deney malzemesinde en yüksek esas kesme kuvveti değeri 150 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde 306 N olarak ölçülmüştür (Şekil 6.30). Kesme hızının artmasıyla esas kesme kuvveti değerleri azalmıştır. Kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin düşüşü kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım-talaş temas uzunluğunun azalması ve kısmen de artan kesme hızı sonucu kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla, takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma dayanımının azalmasıyla açıklanabilir [36]. Kesme hızının (270 m/dk) artmasıyla esas kesme kuvveti değerinde % 3 oranında bir düşüş görülmüştür. En düşük esas kesme kuvveti değeri 270 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde 298 N olarak ölçülmüştür.

6.4.2. Deformasyon Oranı ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi

Deformasyon oranının esas kesme kuvveti F_c değeri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, soğuk çekilmiş deney malzemeleri kesme hızı 210 mm/dak, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve talaş derinliği 1 mm’de tornalama metoduyla işleyeme tabi tutulmuştur. Ayrıca deformasyon oranının etkisini kıyaslamak için sıcak haddelenmiş deney malzemelerinde deneyler yapılarak esas kesme kuvvet değerleri ölçülmüştür. Yapılan deneylerde deformasyon oranının esas kesme kuvveti F_c değerleri üzerindeki etkisi Çizelge 6.6’da ve Şekil 6.30’de verilmiştir.

Çizelge 6.6. Deformasyon oranı ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($v=210$ m/dak, $f=0,1$ mm/dev $a=1$ mm).

Deney Malzemesi	Deformasyon Oranı (%)		
	3,5	4	7
Sıcak haddelenmiş (F_c)	343	311	319
Soğuk çekilmiş (F_c)	301	302	303



Şekil 6.30. Deformasyon oranı ve esas kesme kuvveti (f_c) ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dk $a=1$ mm).

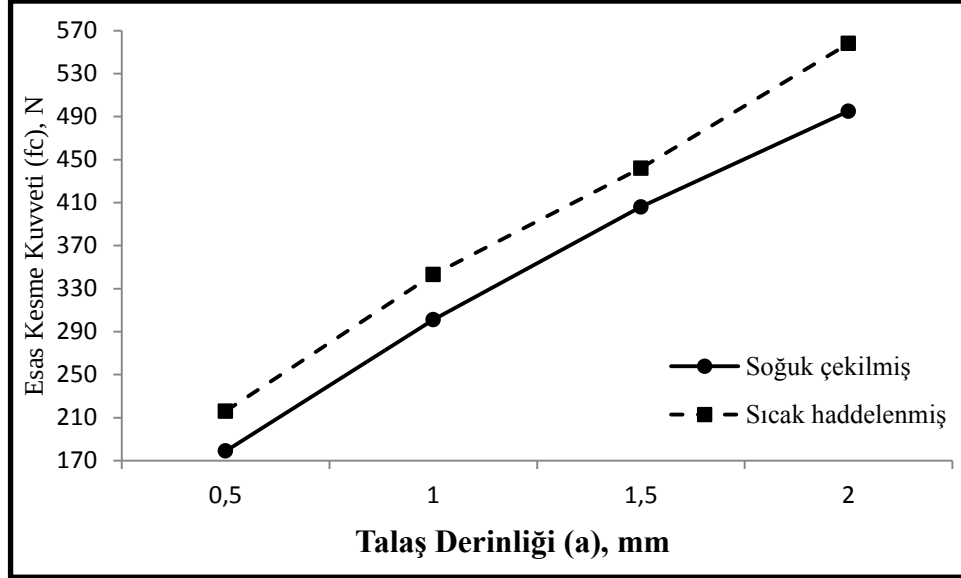
En yüksek kesme kuvveti değeri sıcak haddelenmiş (Ø40,4 mm) deney malzemesinde yapılan deneylerde 343 N olarak ölçülmüştür. %3,5 deformasyon oranında deney malzemesinin soğuk çekilmesiyle sertliği artmıştır. Sertliği artan deney malzemesinin işlenmesiyle elde edilen esas kesme kuvveti değerinde yaklaşık olarak %12 oranında bir azalma görülmüştür. Esas kesme kuvvet değeri 301 N olarak ölçülmüştür. Deformasyon oranının artmasıyla esas kesme kuvveti değerleri azalmıştır. Ancak soğuk çekilmiş deney malzemelerinin işlenmesiyle elde edilen esas kesme kuvveti değerlerinde çok fazla bir değişim görülmemektedir. Sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemeleri karşılaştırıldıklarında soğuk çekilmiş deney malzemelerinin işlenmesiyle elde edilen esas kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmektedir. En düşük esas kesme kuvveti değeri %3,5 deformasyon oranında soğuk çekilen deney malzemesinin işlenmesiyle 301 N olarak ölçülmüştür.

6.4.3. %7 Deformasyon Oranında Talaş Derinliği ve Esas Kesme Kuvveti Değeri İlişkisinin Değerlendirilmesi

Talaş derinliğinin esas kesme kuvveti F_c değeri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, sıcak haddelenmiş ve soğuk çekilmiş deney malzemeleri kesme hızı 210 m/dak, ilerleme miktarı 0,1 mm/dev ve talaş derinliğinde (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) tornalama metoduyla işleyeme tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerde kesme hızının esas kesme kuvveti F_c değerleri üzerindeki etkisi Çizelge 6.7’de ve Şekil 6.31’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev $v=210$ m/dak).

Deney Malzemesi	Talaş Derinliği (mm)			
	0,5	1	1,5	2
(Ø21,4 mm) Sıcak haddelenmiş (F_c)	216	343	442	558
(Ø20 mm) Soğuk çekilmiş (F_c)	179	301	406	495



Şekil 6.31. %7 deformasyon oranında talaş derinliği ve esas kesme kuvveti ilişkisi ($f=0,1$ mm/dev, $v=210$ m/dak).

En düşük esas kesme kuvveti değeri soğuk çekilmiş deney malzemesinde 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 179 N olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla esas kesme kuvveti değerleri artmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla esas kesme kuvveti değerinde %176 oranında bir artış görülmüştür. Buradaki artış talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak talaş kesitindeki artışla açıklanabilir. En yüksek esas kesme kuvveti değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 495 N olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğine bağlı olarak oluşan talaş kesit alanı esas kesme kuvveti değerini belirleyen en önemli değişkenlerden birisidir. Dolayısıyla artan talaş kesiti esas kesme kuvvetini artıran neden olarak düşünülebilir.

Sıcak haddelenmiş deney malzemesinde ise en düşük esas kesme kuvveti değeri 0,5 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 216 N olarak ölçülmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla talaş kesitindeki artışa bağlı olarak esas kesme kuvvetleri artmıştır. Talaş derinliğinin (2 mm) artmasıyla esas kesme kuvveti değerinde %158 oranında bir artış görülmüştür. En yüksek esas kesme kuvveti değeri 2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 558 N olarak ölçülmüştür.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı deformasyon oranlarında (% 3,5, 4 ve 7) sıcak ve soğuk haddelenmiş AISI 1040 çeliği işleme deneylerine tabi tutulmuştur. Deneyler tornalama metoduyla kesme parametresi olarak sekiz farklı kesme hızı (150, 180, 210, 240, 270, 330, 390 ve 450 m/dk). Dört farklı ilerleme hızı (0,04, 0,08, 0,1 ve 0,12 mm/dev) ile dört farklı (0,5, 1, 1,5 ve 2 mm) talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Soğuk haddelemede uygulanan deformasyon oranlarına bağlı olarak deney malzemelerinin mikroyapıları ve sertlikleri değişmiştir. Malzemelerdeki mikroyapıların ve sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- ✓ Deformasyon oranına bağlı olarak soğuk çekilmiş malzemelerin sertliği artmıştır. %7 deformasyon oranıyla soğuk çekilmiş malzemede sertlik artışı en yüksek olmuştur.
- ✓ Metalografik incelemelerde farklı deformasyon oranlarında soğuk çekilen malzemelerin tanelerinin hadde yönünde uzadığı görülmüştür.
- ✓ Artan sertlikle birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde bir miktar azalma görülmüştür. Ancak, önemli bir derecede etkisi olmamıştır.
- ✓ Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri %4 deformasyon oranıyla soğuk çekilen malzemede 330 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,373 μm olarak ölçülmüştür.

- ✓ Sabit kesme hızı ve ilerleme miktarında talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri ve kesme kuvvetleri artmıştır.
- ✓ Genel olarak en yüksek kesme kuvvetleri (F_c) sıcak haddelenmiş malzemelerin işlenmesinde ölçülmüştür. 150 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 334 N olarak ölçülmüştür ve kesme hızının arttırılmasıyla kesme kuvvetleri azalmıştır.
- ✓ Deformasyon oranına bağlı olarak artan sertliğin etkisiyle soğuk çekilmiş malzemelerde yapılan deneylerde, esas kesme kuvveti (F_c) Sıcak haddelenmiş malzemelerde yapılan deneylerde elde edilen değerlerden küçük çıkmıştır. Sertlik artışı kesme kuvveti değerlerinde düşüşe neden olmuştur.

Daha sonra yapılacak olan çalışmalara örnek teşkil etmesi açısından öneriler aşağıda verilmiştir:

- ✓ Talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlarla deneyler tekrar edilebilir.
- ✓ Farklı kesme hızları, farklı ilerleme miktarlarında ve talaş derinliklerinde deneyler yapılabilir.
- ✓ Kesici takım üzerinde oluşan BUE tarama elektron mikroskopunda (SEM) incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Gündüz, S., Kaçar, R. and Gülenç, B., “The effect of the cooling rate on the yield behaviour in Ti, V, Al interstitial free steels”, ***Pamukkale University Journal of Engineering Science***, 7 (1): 199-205 (2001).
2. Yeşil, H., “Düşük karbonlu çelik malzemelerde haddeme yön ve miktarının işlenebilirlik üzerine etkileri”, Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 5-80 (2003).
3. Çiftçi, İ., Korkut İ., Çevik, E., Demir H. ve Şeker U., “Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım” ***Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi***, 11 (2): 129-135 (2008).
4. Davim, J. P. and Baptista, A. M., “Relationship between cutting force and pcd cutting tool wear in machining silicon carbide reinforced aluminium”, ***Journal of Materials Processing Technology***, 103 (3): 417-423 (2000).
5. Davim, J. P., “A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments”, ***Journal of Materials Processing Technology***, 116 (2-3): 305-308 (2001).
6. Günay, M., “Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 40-49 (2003).
7. Ulusoy, A., “Orta karbonlu ve otomat çeliklerinde kesme hızının işlenebilirlik üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kütahya, 1–45 (2008).
8. Demir, H., Ulaş, B. ve Zeyveli, M., “Stavax Esr çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi”, ***5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu***, Karabük, 1270-1273 (2009).
9. Korkut, I., Dönertaş, M.A., “The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool – chip contact length during face milling”, ***Materials and Design***, 28 (1): 308-312 (2007).

10. Demir, H., Çiftçi, İ., Türkmen, M. ve Gündüz, S., “Orta karbonlu alaşımlı ve alaşımsız çeliklerde ısıtım şartlarının ve sertliğin işlenebilirliğe etkisi”, **Fırat Üniversitesi 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11)**, Elazığ, 1-15 (2011),
11. Suresh, R., Basavarajappa, S., Samuel, G.L., “Some studies on hard turning of AISI 4340 steel using multilayer coated carbide tool”, **Measurement** **45**, 1872–1884, (2012).
12. Özçatalbaş, Y., Ercan, F. ve Türker, M. “Ç1050 Çeliğinde Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerin Talaş Morfolojisi İle İşleme Özelliklerine Etkisi” 9. **Uluslar Arası Metalurji Ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı**, İstanbul, 319-324 (1997).
13. Habalı, K., “Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 83–104 (2003).
14. Özçatalbaş, Y., “Düşük Alaşımlı Çelikte Yığıntı Talaş Oluşumunun İşleme Özelliklerine Etkisi”, **9. Uluslar Arası Makine Tasarım Ve İmalat Kongresi Bildiriler Kitabı**, Ankara, 25-34 (1998).
15. Brandon, F.C., “Annealing Aids Machinability Of AISI 4140”, **Metal Progress**, 9 (1): 103-106 (1970).
16. Tekaüt, İ., Günay, M. ve Şeker, U., “Tornalama işleminde talaş kırıcı formun ve kesme parametrelerinin Taguchi yöntemi ile optimizasyonu”, **6. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Elazığ, 127-131 (2011).
17. Altınkaya, E. ve Güllü A., “AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde talaş kırıcı formunun takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, **Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi**, 11 (1): 13-17 (2008).
18. Çiftçi, İ., “Machining of austenetic stainless steel using CVD multi-layer coated cemented carbide tools”, **Tribology International** 39 (2): 565-569 (2006).
19. Coğun, C. ve Özses, B., “ Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, **Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak. Der.** 17 (1): 59-75 (2002).
20. Güllü, A., “Silindirik taşlama işleminde taş ve işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin deneysel araştırılması”, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi**, 12 (3): 5-14 (1999).

21. Gökkaya, H., Sur, G. ve Dilipak H., “PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi.” *Teknoloji Dergisi*, 7 (3): 473-478 (2004).
22. Gökkaya, H., Sur, G. ve Dilipak, H., “Kaplamaşız sementit karbür kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi.” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 59-64 (2006).
23. Kaçal, A., Gülesin, M. ve Melek, F., “GGG 40 küresel grafitli dökme demirlerin ince tornalama operasyonlarında kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi”, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 11 (3): 229-234 (2008).
24. Kayalı, E.S. ve Ensari, C., “Metallere Plastik Şekil Verme İlke Ve Uygulamaları”, İstanbul, 10-60 (2000).
25. Savaşkan, T., “Malzeme Bilgisi Ve Muayenesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Trabzon, 30-80 (2004).
26. Dieter G E., “Workability Testing Techniques”, *ASM International*, Ohio, 10-50 (2003).
27. Sur, G., “Karma takviyeli alüminyum matrisli kompozitlerin üretimi, mekanik özellikler ve işlenebilirliklerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 100-154 (2008).
28. Şeker, U., “Takım tasarımı ders notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 1-133 (1997).
29. Özdemir, H., “Tornalama işleminde kesme kuvveti ölçümünde kullanılacak dinamometre tasarımı ve üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 5-56 (2006).
30. Çiftçi, İ., “Takım tasarımı ders notları”, *Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi*, Karabük.
31. Atakök, G., “Kesme kuvvetleri, sıcaklık, titreşim, ses ve yüzey pürüzlülüğün ölçülmesi, optik-koordinat ölçme, tersine mühendislik ders notları”, *Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, İstanbul, 1-20 (2003).

32. Korucu, S., “Hidrolik kopya aparatı yardımı ile elde edilen parçalarda yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-54 (1996).
33. Neşeli, S., “Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi” Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 34-51 (2006).
34. Cheung, C.F. and Lee, W.B., “A theoretical and experimental investigation of surface roughness formation in ultra-precision diamond turning”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 40 (2): 979-1002 (2000).
35. Kurt, A., “Talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve mekanik gerilimlerin deneysel olarak incelenmesi ve matematiksel modellerinin oluşturulması”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-30 (2001).
36. Demir, H. ve Özlü B., “Düşük soğutma hızlarında soğutulmuş 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi” **Teknoloji Dergisi**, 11(4): 297-303 (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Mahir AKGÜN, 1990 yılında Yozgat'ın Yerköy ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Ankara Malazgirt ilköğretim okulunda, Ortaöğrenimini ise Ankara Gazi Teknik Lisesi CNC bölümünde tamamladı. 2007 yılında Yükseköğrenime başladığı Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim öğretmenliği programından 2011 yılında iyi bir derece ile mezun oldu. Aynı yıl İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde öğrenimine devam etmektedir.

İletişim Bilgileri:

Adres : Gökçek Mah. Seramik Sok. Küçük Konut Sitesi
26/7 Fatih Sincan/ANKARA
Tel : (545) 664 1847
E-posta : akgun.mahir@hotmail.com