



**DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AISI 304
PASLANMAZ ÇELİĞİN FREZELENMESİNDE
İŞLEME PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mürsel AVCI

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY**

**DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN
FREZELENMESİNDE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mürsel AVCI

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY**

**KARABÜK
Ocak 2021**

Mürsel AVCI tarafından hazırlanan “DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN FREZELENMESİNDE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY

.....

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 29/01/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ahmet CAN (NEÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan SUR (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim 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.”

Mürsel AVCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN FREZELENMESİNDE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mürsel AVCI

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY

Ocak 2021, 74 sayfa

Bu çalışmada, döküm yöntemi ile üretilmiş AISI 304 paslanmaz çelik aynı ve zıt yönlü düzlem yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuştur. İşleme deneyleri üç farklı kesme hızı (100, 130 ve 160 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,1, 0,15 ve 0,2 mm/ağız) ve sabit kesme derinliğinde (2 mm) kuru ve buharlı soğuk hava işleme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada AISI 304 çeliğinin düzlem yüzey frezelenmesinde kesici takım performansı ve işlenen yüzeyde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri aynı yönlü frezelemede buharlı soğuk hava ile 100 m/dak kesme ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilmiştir. Kesici takımlarda talaş sıvanması (BUE), burun aşınması, yanak aşınması, çentik aşınması ve plastik deformasyon görülmüştür. Buharlı soğuk hava ile frezeleme takım aşınmasının azalmasına katkı sağlamıştır. İş parçasının üretim yönteminden dolayı iş parçasında krom oksit (Cr₂O₃), demir oksit (FeO), mangan oksit (MnO), molibden oksit (MoO₂) gibi kalıntıların olduğu görülmüştür. Bu kalıntılar kesici takımda hızlı aşınmalara

neden olduğundan takım ömürlerinde azalma görülmüştür. Hızlı takım aşınması ve kalıntılar iş parçasının yüzey pürüzlülük değerlerinde değişimlere neden olmuştur.

Anahtar Sözcükler : Paslanmaz elik, Düzlem yüzey frezeleme, Takım aşınması,
Yüzey pürüzlülüğü, Buharlı soğuk hava ile soğutma

Bilim Kodu : 91438



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF MACHINING PARAMETERS IN MILLING OF AISI 304 STAINLESS STEEL PRODUCED BY CASTING

Mürsel AVCI

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Manufacturing Engineering**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Mehmet BOY

January 2021, 74 pages

In this study, AISI 304 stainless steel produced by casting method was performed to up and down milling process. Milling tests were carried out under dry and cold mist air conditions using three different levels of cutting speed (100-130-160 m/min), and feed rate (0.1-0.15-0.2 mm/tooth), and constant cutting depth (2mm). The cutting tool performance and surface roughness in face milling of AISI 304 steel were examined. The lowest surface roughness value was obtained in the down milling with mist cold air at 100 m / min cutting speed and 0.2 mm / tooth. Built-up edge (BUE), nose wear, flank wear, notch wear and plastic deformation were observed in cutting tools. Milling with mist cold air contributed to the reduction of tool wear. Due to the production method of the workpiece, it has been observed that there are residues such as chromium oxide (Cr_2O_3), iron oxide (FeO), manganese oxide (MnO), molybdenum oxide (MoO_2). Since these residues cause rapid tool wear, a decrease in tool life has

been observed. Rapid tool wear and residues have caused changes in the surface roughness values of the workpiece.

Key Word : Stainless steel, Face milling, Wear, Surface roughness, Mist cold air cooling

Science Code : 91438



TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez süresi boyunca desteğini esirgemeyen Arő. Gör. Rüstem BİNALİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımını esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
PASLANMAZ ÇELİKLER.....	5
2.1. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ.....	7
2.1.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler.....	8
2.1.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler	8
2.1.3. Östenitik Paslanmaz Çelikler.....	9
2.1.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler	10
BÖLÜM 3	11
TALAŞ KALDIRMA VE FREZELEME.....	11
3.1. ÇEVRESEL VE YÜZEY FREZELEME.....	11
3.1.1. Frezeleme Yönü.....	12
3.1.1.1. Aynı Yönlü Frezeleme.....	13
3.1.1.2. Zıt Yönlü Frezeleme	14
3.2. TALAŞ OLUŞUMU	15
3.2.1. Sürekli Talaş Oluşumu	16

	<u>Sayfa</u>
3.2.2. Süreksiz Talaş Oluşumu	17
3.2.3. Dilimli Talaş	17
3.2.4. Yığın Talaş	17
3.3. TAKIM AŞINMASI.....	18
3.3.1. Kesici Takımın Aşınmasını Etkileyen Etkenler	19
3.3.2. Aşınma Tipleri.....	19
3.3.2.1. Serbest Yüzey Aşınması	20
3.3.2.2. Krater Aşınması	20
3.3.2.3. Plastik Deformasyon.....	21
3.3.2.4. Çentik Aşınması.....	21
3.3.2.5. Termal Çatlaklar	22
3.3.2.6. Mekanik Yorulma Çatlakları	23
3.3.2.7. Kırılma	23
BÖLÜM 4	25
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	25
4.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜ ÖLÇÜM TEKNİKLERİ	26
4.2. PÜRÜZLÜLÜK PARAMETRELERİ	28
4.2.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı	28
4.2.2. Ortalama Çizgisi	29
4.2.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra)	29
4.2.4. Genlik Dağılım Eğrisi (R _{sk})	29
4.2.5. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	30
BÖLÜM 5	32
LİTERATÜR ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	32
BÖLÜM 6	41
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	41
6.1. DENEY NUMUNELERİ	41
6.2. Kesici Takım ve Takım Tutucular	42
6.3. Takım Tezgâhı	44
6.4. Deney Parametreleri	44

	<u>Sayfa</u>
6.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	45
6.6. Aşınma Miktarı Ölçümü	46
BÖLÜM 7	50
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	50
7.1. Yüzey Pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi.....	50
7.1.1. Aynı yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi.....	50
7.1.2. Zıt yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi.....	54
7.1.3. Aynı ve Zıt yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması	58
BÖLÜM 8	66
SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Çevresel frezeleme yöntemi.....	12
Şekil 3.2. Aynı yönlü frezeleme.....	14
Şekil 3.3. Zıt Yönlü frezeleme.....	15
Şekil 3.4. Talaş oluşumu.....	16
Şekil 3.5. Kesici takım aşınmasının zamana göre değişimi.....	19
Şekil 3.6. Kesici takımda oluşan serbest yüzey aşınması.....	20
Şekil 3.7. Kesici takımda oluşan krater aşınması.....	21
Şekil 3.8. Kesici takımda oluşan plastik deformasyon.....	21
Şekil 3.9. Kesici takımda oluşan çentik aşınması.....	22
Şekil 3.10. Kesici takımda oluşan termal çatlaklar.....	22
Şekil 3.11. Kesici takımda oluşan mekanik yorulma çatlakları.....	23
Şekil 3.12. Kesici takımda oluşan kırılma.....	24
Şekil 4.1. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu.....	28
Şekil 4.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi.....	29
Şekil 4.3. Profil ve genlik dağılım eğrisi.....	30
Şekil 4.4. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörler.....	31
Şekil 6.1. Deneysel çalışmada kullanılan AISI 304 malzemesi.....	41
Şekil 6.2. AISI 304 mikroyapısı (100x).....	42
Şekil 6.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan takım tutucular.....	43
Şekil 6.4. Deneysel çalışmada kullanılan dik işlem tezgahı.....	44
Şekil 6.5. Frezeleme Yönleri.....	45
Şekil 6.6. Yüzey pürüzlülük cihazı.....	46
Şekil 6.7. Takım mikroskobu.....	47
Şekil 6.8. Buhar püskürtmeli soğuk hava tabancası.....	48
Şekil 6.9. Deney düzeneği.....	49
Şekil 7.1. Aynı yönlü kuru frezelemede yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.....	51
Şekil 7.2. 130 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/ağız ilerlemede oluşan yığıntı talaş....	52
Şekil 7.3. Aynı yönlü BSH ile frezelemede yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.....	53

Sayfa

Şekil 7.4. Aynı yönlü frezelemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ..	54
Şekil 7.5. Zıt yönlü kuru frezelemede yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi	55
Şekil 7.6. Zıt yönlü BSH ile frezelemede yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi	56
Şekil 7.7. Zıt yönlü frezelemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	57
Şekil 7.8. Kuru işlemede frezeleme yönlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	58
Şekil 7.9. Buharlı soğuk hava ile işlemede frezeleme yönlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	59
Şekil 7.10. İş parçasının EDX analizi.....	60
Şekil 7.11. Aşınma miktarlarının ölçülmesi	61
Şekil 7.12. Aynı yönlü frezelemede işleme şartlarına göre oluşan takım aşınması ..	62
Şekil 7.13. Aynı yönlü frezelemede oluşan aşınma tipleri.....	63
Şekil 7.14. Zıt yönlü frezelemede işleme şartlarına göre oluşan takım aşınması	64
Şekil 7.15. Zıt yönlü frezelemede oluşan aşınma tipleri	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.1. AISI 304 paslanmaz çelik malzemesinin kimyasal içeriği	41
Çizelge 6.2. Kesici takım ve özellikleri	42
Çizelge 6.3. Takım tutucunun özellikleri	43
Çizelge 6.4. Dik işlem tezgahının bazı özellikleri	44
Çizelge 6.5. Deney parametreleri ve kesici takım özellikleri	45
Çizelge 6.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- O : oksijen
Ra : ortalama yüzey pürüzlülüğü
Al : alüminyum
N : azot
Ti : titanyum
C : karbon
Cr : krom
Si : silisyum
Mo : molibden
Ni : nikel

KISALTMALAR

CNC : Computer Numeric Control (Bilgisayar Nümerik Kontrol)

YT : Yığıntı Talaş

TiN : Titanyum Nitrür

TS : Türk Standartları

AISI : American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)

PCBN : Polycrystalline Cubic Boron Nitride (Çok Kristalli Bor Nitrür)

PVD : Physical Vapor Deposition (Fiziksel Buhar Biriktirme)

MQL : Minimum Quantity Lubrication (Minimum Miktarda Yağlama)

CVD : Chemical Vapor Deposition (Kimyasal Buhar Biriktirme)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

CNC freze tezgâhı malzemelerden talaş kaldırarak hızlı ve kaliteli ürünler oluşturmak için yüksek kesme hızında ve ilerlemelerle çalışabilmektedir. Malzeme teknolojisindeki gelişmelerle yüksek mukavemete sahip malzemeler elde edilmiştir. Bu malzemeler üzerinden talaş kaldırma sırasında uygun kesici takım seçimi maksimum verimliliğin sağlanması için şarttır. Takımın malzemesi ve kesme geometrisinin seçilmesi oldukça önemlidir. Takım uygun seçilse dahi işleme şartları standart dışı ise verimlilik düşer. Yüksek verimliliğin ve ekonomik işleme yapabilmek için işlenecek malzeme ve kesici takım çeşitlerinin her biri ile ilgili teorik çalışmalar yapılması gerekir.

Paslanmaz çelik malzemeleri zor işlenebilirliği olan tipik malzemeler olup işlenebilirliklerinde genelde sürtünmeye bağlı olarak takımın yüksek düzeyde aşınma oluşur. İşleme esnasında yığıntı talaşın (YT) kesici takıma yapışma eğilimi ve sürekli talaşın oluşumu işlenebilirliği olumsuz etkilemektedir. Genelde kötü işlenebilirlik özelliği göstermelerine karşın kendi içinde kolayca işlenebilen ve kolayca işlenemeyen olarak ikiye ayrılmaktadır. Kolayca işlenebilen paslanmaz çelikler martenzitik, östenitik ve ferritik çeliklerine alaşım elemanı olarak yüksek oranda selenyum (%0,15-0,25), sülfür (%0,30-0,50) ve kurşunun ilavesiyle elde edilmektedir. Sülfür ve Selenyum eklenmesi soğuk şekillendirilebilirlik özelliğini ve yüzey pürüzlülüğü iyileşirken, takımın ömrünü de arttırmaktadır. Sülfürün meydana getirdiği çökeltiler düşük sıcaklıklarda kesme düzleminin içerisinde çatlak meydana getirerek gevrek talaş oluşturur, yığıntı talaş meydana gelmesini önler, plastik akışını bozmayarak ve takım-talaş ara yüzeyin de yağlayıcılık görevi görmektedir [1].

Martenzitik paslanmaz çelikleri alaşımında % 12-18 krom ve % 1.2'ye kadar da karbon bulundurur. Temperlenen, düşük karbona sahip ve kolayca işlenen martenzitik

alaşımları kolayca işlenebilen paslanmaz çelik çeşididir. Sülfürün yar alması işlenebilirliğini arttırırken, karbonun artması da sertliğini arttıracığından takımın ömrünü azaltarak işlenebilirliği takımın ömrü yönünden kötüleştirecektir. Genel anlamda yüksek sertlik değeri ve mikro yapıları içerisinde yer alan karbürlerin sebebiyle takımın ömrü, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü yönünden işlenebilirliği kötü olan malzemelerdir. Bu sebeple işlenebilirliklerinde kaplamasız ya da kaplamalı karbür kesici takımları kullanılmaktadır. Bu takımların yüzeyleri aşınmaya karşı dirençli, sert ve işleme sırasında iş parçasıyla kesici takımın etkileşmesini önlemek maksadıyla kimyasal açıdan kararlıdır. Bu kesici takımlara sahip oldukları özelliklerinin daha da iyileştirilmesi maksadıyla yüzeyleri bir ya da daha fazla aşınma direnci gösteren ince bir tabakayla kaplanabilir. Titanyum karbür, Alüminyum oksit (Al_2O_3) ve Titanyum nitrür (TiN) yaygın kullanılan kaplama malzemelerindendir. Bu kaplamaların vasıtasıyla takımın aşınmaya karşı olan direnci arttırılmaktadır [1].

Gelişen teknolojiyle beraber, günümüzde üretilen yeni malzemelerin talaşlı üretim yöntemiyle işlenerek şekillendirilmeleri önem taşımaktadır. Çelik malzemelerinin işlenebilirliği konularında, teorik ve deneysel olarak pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen işlenebilirlik deneylerinin pek çoğunda tornalama metodu kullanılarak takımın ömrü, yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetleri gibi kriterlerin dikkate alındığı görülmüştür. Paslanmaz çeliklerine yönelik işlenebilirlik çalışmalarında, genellikle östenitik paslanmaz çelikleri tercih edilmiş olup yaygın olarak AISI 304 ve AISI 303 paslanmaz çelikleri kullanılmıştır. Paslanmaz çelikler, yüksek çekme mukavemetine, yüksek korozyon direncine ve düşük ısıl iletkenliğine sahiptir. Yüksek düzeyde nikel-krom ihtiva etmesi ve molibden gibi mukavemeti arttıran elementlerin yer alması, işlenebilirliğin olumsuz yönde olmasını etkilemektedir [2].

Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan termomekanik etkiyle meydana gelen deformasyon sertleşmesi talaşın istenmeyen şekilde meydana gelmesine ve titreşimlere sebebiyet verebilmektedir. Bunun yanı sıra, işleme esnasında oluşan yüzeyin üzerinde oluşan deformasyon sertleşmesi ve mekanik oluşumlar malzemenin yüzey bütünlüğünü etkileyerek işlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerinin artmasına ve

kalıntı gerilmelerine sebep olmaktadır [3]. İncelenen araştırmalarda, özellikle kesici takım radüsünün artmasıyla artan deformasyon sertleşmesi nedeniyle işlenen yüzeylerde meydana gelen çekmenin tipi kalıntı gerilmeleri arttırdığı belirtilmiştir [4]. Bu kapsamda, talaş kaldırma mekaniğinin anlaşılması açısından kesme kuvvetleri kilit rol üstlenmektedir. Özellikle, enerji tüketimi ve işleme aşamasındaki kesme parametrelerine göre gerekli gücün belirlenmesinde kesme kuvvetleri önem taşımaktadır [5]. Bunun yanı sıra, tornalama işleminde malzemenin plastik deformasyonu için harcanan enerji ısıya dönüşerek, bu ısı genellikle birinci deformasyon bölgesinde oluştuğu bilinir. Ancak, deformasyon sırasında oluşan sıcaklık, takımın geometrisine ve işleme parametrelerine göre değişim gösteren takım talaş ara yüzeyindeki sürtünme ve kesme kuvvetleri ile yakından alakalıdır. Takım-talaş temas uzunluğu, takımın geometrisi, takımın ömrünü ve işlemin verimliliğini direkt olarak etkilemektedir [6]. Bir diğer husus, kesici takım radüsünün büyük olması kesme bölgesinde kazıma biçimindeki plastik deformasyona sebep olması, kesme kuvvetlerinin önemli miktarda artmasına ve dolayısı ile enerji harcanmasına bağlı işleme maliyetinin artmasına neden olabilmektedir [7]. Özellikle frezeleme işleminde söz konusu olan sıcaklığın değişimleri aşınmaya sebebiyet vermektedir. Bu aşınmanın neticesinde kesici kenara dik çatlaklar oluşarak takımın malzemesi kenardan dışarıya doğru zorlanır. Zorlanma neticesinde takımın malzemesinde aniden kırılma ve kesicinin kullanılamaz duruma gelmesi söz konusudur. İşleme sırasında talaş kalınlıklarının değişmesi de sıcaklığın oluşmasına etkide bulunmaktadır [8].

Paslanmaz çelikler, farklı kimyasal bileşimlerine ve mikroyapıya bağlı olarak yüksek mekaniksel özellikleri, korozyon direncini ve düşük ısı iletkenlikleri sergilemekte ve bu avantajları ile üretim endüstrisinde geniş bir kullanım alanını sağlamaktadır. Paslanmaz çeliklerin yüksek mekanik özellikleri, deformasyon sertleşmesi ve sünekliliği işlenebilirliklerin üzerinde en etkili olan özelliklerdir. Bu çelikler, düşük ısı iletkenliği özellikleri ile işlenebilmesi zor malzemeler sınıfında yer almaktadır. Bu özellikler, yüksek kesme sıcaklığı, kesme kuvveti, takımın hızlı aşınması, takımın kesici kenarına talaş yapışması, zor talaş kırılabilirliği ve kötü yüzey kalitesine neden olmaktadır. Ayrıca döküm yöntemi ile üretilen malzemelerde döküm hataları, boşluklar impuritelere meydana gelmekte bu da işlenebilirliği olumsuz etkilemektedir. Bu amaçla paslanmaz çelik malzemenin farklı kaplamalı karbür takımlarla

işlenmesinde işleme parametrelerinin takımın aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılacaktır. Bu çalışma ile sağlamlık, korozyon ve dayanıklılık gerektiren alanlarda sıklıkla kullanılan bu paslanmaz çelik kalitesinin frezelenmesinde uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Hedefler:

1. Paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde uygun kesme parametrelerini belirlenmek,
2. Düşük yüzey pürüzlülüğünü elde etmek ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreleri belirlemek,
3. Takım aşınmasını etkileyen parametreleri belirlemektir.

BÖLÜM 2

PASLANMAZ ÇELİKLER

Endüstriyel işlemler için paslanmaz çelikler önemli kullanım alanlarına sahiptir ve bu kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumun temel sebebi ise paslanmaz çeliklerin atmosferik koşullar dahil tüm korozif ortamlarda mekanik özelliklerini kaybetmeksizin yüksek korozyon direnci gösterebilmeleridir. Çelikte korozyon ve oksidasyona karşı mukavemeti artıran ve katılması kesin olarak gereken alaşım elementi kromdur. Paslanmaz çelik alaşım elementlerinden olan krom, çelik yapısının ince taneli olmasına yol açar ve kritik soğuma hızını yavaşlatarak şiddetli sertleştirici etkisinde bulunur. Paslanmaz çelikler %12 üzerinde krom oranı ihtiva etmelidir. Paslanmaz çeliklerin, paslanmaz özelliği bu oran sonucunda ortaya çıkmaktadır, içerdikleri krom oranı yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençlerini belirleyen önemli etkenlerin başında gelmektedir [9].

Korozyon etkilerinin fazla olduğu ortamlarda, alaşımsız ve az alaşımlı çelikler korozif etkiler karşısında yeterli dayanımı sağlayamamaktadır, bu nedenle bu uygulama alanlarında öncelikli tercih paslanmaz çelikler olmalıdır. Paslanmaz çeliklerin korozif etkilere karşı dayanımları oldukça yüksektir, bu özelliklerinin yanı sıra, düşük ya da yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirlik, kolay şekil verilebilir olmaları, estetik görünüme sahip olmaları ve çeşitli mekanik özellikler taşıyan türlerinin olması gibi avantajları vardır. Tüketimi hızla artan paslanmaz çelikler, toplumların refah seviyelerinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Tahminen dünya genelinde yaklaşık olarak 20 milyon/ton paslanmaz çelik tüketildiği bilinmektedir. Bunların birçoğu yassı ürün biçiminde olup daha az miktarlardaysa; çubuk, boru, tel, dövme ve döküm parçası olarak üretilerek kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler, diğer çeliklere göre fiyat yönünden pahalıdır, fakat oluşturulan yapılar bakımlarının kolay ve ucuz olması, uzun ömürlü olmaları, tamamıyla geri kazanımının sağlanabilmesi ve çevre dostu olmaları üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle, parçaların ömürleri dikkate alınarak yapılacak

fiyat analizi ve tasarımlarında paslanmaz çeliklerin kullanımının daha ekonomik olduğu görülmektedir [10].

Paslanmaz çelikler içeriklerinde alaşım elementi olarak %12'den fazla oranda krom bulundurmaktadır, bu ise paslanmaz çeliklerin atmosferin olumsuz korozif etkilerinden korunmasının yanı sıra, HNO_3 gibi oksitleyici etkisi olan asitlere karşıda korumaktadır. Ancak sadece krom ihtiva eden paslanmaz çelikler HCl ve H_2SO_4 gibi asitlere karşı direnç gösterememektedir. Paslanmaz çeliklerin bu asitlere karşı dirençli olamamalarının nedeni bu asitlerin malzeme yüzeyine koruyucu etkide bulunan krom oksit tabakasını ortadan kaldırarak, çeliği korumasız bırakmasıdır. Bugün ki endüstride, nikel ve molibden gibi alaşım elementleri içeren ve redükleyici etkiye sahip asitlere karşı da oldukça iyi direnç gösterebilen paslanmaz çeliklerin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Krom elementinin yanı sıra yüksek oranlarda nikel ve molibden gibi alaşım elementlerini de içeren paslanmaz çeliklerin mikroyapıları etkin bir şekilde değişebilir, bu durum paslanmaz çeliklerin kategorizasyonu için de fayda sağlamaktadır.

Günümüz endüstrisinde uygulama sahası bulunan 200'den çok paslanmaz çelik çeşidi olduğu bilinmektedir. Bu çelik türlerinin yanı sıra farklı özelliklere sahip birçok yeni alaşım elementi üretilmektedir ve mevcut alaşımlarda modifiye edilerek bir takım yeni özellikler eklenmektedir. Bazı paslanmaz çelik türlerinde krom oranı %30'a ulaşmaktadır ve bazı türlere de yeni alaşım elementler eklenerek farklı özellikler elde edilmesi ve talaşlı imalat işlemlerinden işlenebilirliklerin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır. Bu alaşım elementlerine örnek verilecek olursa, molibden ve nikel gibi alaşım elementleri korozif direnci artırmakta, karbon, molibden, titanyum, alüminyum ve bakır gibi alaşım elementleri mukavemet dayanımını artırıcı yönde etki etmektedir, selenyum ve kükürt gibi alaşım elementleri ise paslanmaz çeliklerin işlenebilme kabiliyetlerini artırmaktadır. Teknolojideki gelişmeler neticesinde geliştirilen ergitme ve saflaştırma teknikleri ile %0,01'den daha az karbon oranı ihtiva eden ve metal harici katkılardan arındırılmış paslanmaz çelik imalatı mümkün hale gelmiştir [11].

Demir alaşımlarının büyük çoğunluğu atmosfer ortamında oksitlenir, çeliklerde bu tür demir alaşımlarıyla benzerlik gösterir ve atmosferde oksitlenmeleri sonucu, malzeme yüzeyinde ‘pas’ diye tabir edilen bir oksit tabakası meydana gelir. Alüminyum ve çinko gibi malzemelerin sahip olduğu yüzeylerde bulunan koruyucu oksit tabaka, oksitlenmenin malzemenin iç kısımlarına doğru ilerlemesine engel olur, fakat bu durum çelikler için geçerli değildir. Paslanmaz eliklerin korozif direnci, ihtiva ettikleri krom oranıyla orantılı olarak artar. Çeliklerin paslanmazlığı hususunda çeşitli araştırma ve çalışmalar yapılmış, bunların sonucu olarak ise çok farklı görüşler ortaya atılmıştır. Bu görüşlerden en çok kabul gören, paslanmaz elik yüzeyinde ince ve sıkı bir yapıya sahip krom-oksit katmanının oluştuğu ve oluşan bu katmanın, çeliğin yapısını oksidasyon ve korozyon gibi olumsuz etkenlerin ilerlemesine karşı engel olduğu görüşüdür. Elektrokimyasal gerilim serisi incelendiğinde kromun, demire nazaran daha az asal bir metal olduğu görülür. Krom ve oksijen arasındaki ilişki çeliğin içeriğinde bulunan kromun koruyucu etkisinin de temel nedenidir. Çeliklerin yüzeyleri bir krom-oksit tabakası ile korunmuyor ise çelikler krom dahi içerse, korozyon ve oksidasyona karşı hassas yapıdadır, bu hal ‘aktif’ olarak adlandırılır. Ancak bu koruyucu tabaka oluşturulduğunda metal korozyon ve oksidasyona karşı dirençli hale gelir, dolayısıyla da elik ‘pasifleşmiş’ olur. Paslanmaz eliğin tür bileşimi ve ortamın aktivitesi pasivite sınırlarını belirleyici etkenlerdir. şartların uygunluğu durumda pasivite kalıcıdır ve paslanmaz çelikte oldukça yavaş korozyon hızı görülür. Pasivite sonucu oluşan koruyucu tabaka kaybolduğunda ve yeniden oluşturulması sağlanamadığında paslanmaz çeliklerde aynı normal karbonlu ve az alaşımlı çelikler gibi korozyonun etkisinde kalabilir [9].

2.1. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ

Paslanmaz eliklerin tamamı demir alaşımlarıdır ve pasifleşme özelliği göstermektedirler. Bu nedenle İngilizce de lekesiz anlamına gelen “stainless” kelimesi ile ifade edilmiştir. Paslanmaz çeliklerdeki pasifleşmeyi sağlayan esas metal “krom” dur. Alaşımı meydana getiren diğer bileşenler paslanmaz çeliğin diğer yapısal özelliklerinin geliştirilmesi içindir. Eğer yüzeyde pasif film oluşmazsa paslanmaz çeliklerde diğer demir alaşımları gibi korozyona uğrayabilir. Kristal yapısına ve mukavemetlenme mekanizmasına bağlı olarak 4 çeşit paslanmaz elik vardır [12].

Bunlar;

1. Martenzitik paslanmaz çelikleri,
2. Ferritik paslanmaz çelikleri,
3. Östenitik paslanmaz çelikleri,
4. Çift fazlı (dubleks) paslanmaz çelikleridir [12].

2.1.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Bu yapıdaki alaşımlar %0,1-1 oranlarında C ve %12-17 oranlarında ise Cr içermektedir. Martensitik paslanmaz çelikleri diğer paslanmaz çeliklerden ayıran en önemli özellikleri; karbon yüzdesinin düşük olması ve ısıtma işlemleri ile sertleşebilmelerinin mümkün olmasıdır. Bu çelikler aynen karbon çelikleri gibi su verme sonucu faz dönüşümü yaparak çok sert bir yapı oluştururlar. Bu çeliklerin korozyon dirençleri, yumuşak çeliklere göre çok yüksek olmasına karşın, östenitik paslanmaz çeliklere göre de daha azdır. % 1 C ihtiva ediyorsa ve uygun şartlarda ısıtma işlemi uygulandığı takdirde çok yüksek derecede sertlikler elde edilebilmektedir. Diğer alaşım maddelerinin az miktarda eklenmesi tokluğu, dayanımı ve korozyon direncini artırır [8].

2.1.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Demir ve krom alaşımından oluşan çeliklerdir. %0,12 civarında karbon, %11-30 civarında Cr ihtiva eder. Bu çeliklere işlenebilirlik ve korozyon dirençlerini arttırmak için diğer alaşım elementleri az miktarlarda katılır. Bu çelikler az miktarlarda karbona sahip oldukları için, normal olarak östenit yapıdan ferritik yapıya dönüşmez. Bu sebeple ısıtma işleminin uygulanamadığı malzemeler olarak bilinmektedir. Buna karşın bu çelikler yüksek sıcaklıklardan hızla soğutulursa küçük karbon miktarları biraz sertleşme sağlamaktadır. Karbon ve azot miktarlarının mümkün olduğunca az tutulması, süneklik, korozyon direnci ve kaynak edilebilirlik özelliklerini artırır [13].

2.1.3. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler, içerisinde %8-25 Ni ve %12-25 Cr ihtiva eden ve paslanmaz türlerinin arasında en geniş kullanılan çeliklerdir. Yüksek korozyon dirençleri ve şekillendirilebilirlikleri nedeniyle üstün pozisyona ve bu sebeple birçok mühendislik uygulamaları için tercih edilen özellikleri barındırır [14]. Östenitik paslanmaz çelikleri içerisinde %10-24 Ni, %16- 26 Cr, %0,40'a kadar karbon ve diğer birtakım özelliklerin geliştirilmesi için ilave edilmiş Mo, Nb, Ti, N ve Ta gibi elementleri ihtiva eder.

Östenitik paslanmaz çeliklerinde soğuma esnasında östenitten ferrit fazına dönüşümü yaşanmadığından su verme yoluyla sertleştirilemez. TS 2535'de, östenitik paslanmaz çelikler "içerisinde korozyon oluşumuna karşı krom, östenitik yapının sağlanması amacıyla da nikel yer alan, oda sıcaklığında manyetik özelliği göstermeyen, ısıl işleme sertleştirilmeye uygun olmayıp soğuk şekillendirmeye uygun olan paslanmaz çeliktir" diye tanımlanır. Bu çeliklerin, şekillendirilebilirliği ve korozyon dirençleri son derece yüksektir. Mukavemeti, yoğun katı eriyik mukavemetlenmesiyle sağlanır ve östenitik paslanmaz çeliklerinin soğuk deformasyonu neticesinde pekleşmesi, ferritik paslanmaz çelik türünden fazla olabilir. Östenitik çeliklerde geçiş sıcaklığının olmaması, düşük sıcaklıklarda darbe özelliklerinin mükemmel düzeyde olmasını sağlamaktadır [12].

Bu çelikler genelde nemli ortamlarda kullanılmaktadır. Krom ve molibden elementlerinin çelik içerisinde artması agresif çözeltilere karşı korozyon dirençlerinde de artırıcı rol oynamaktadır. Bileşimde nikelin artması gerilmeli korozyon çatlamaına karşı riski azaltmaktadır. Östenitik paslanmaz çeliklere ilave edilen alaşım elementlerinin miktarlarına göre genel korozyona, aralık ve çukurcuk korozyonlarına olan dirençlerini yükseltir. Bu durum çeliğin klor ihtiva eden ortamlarında kullanılması durumunda ise daha önemlidir. Aralık ve çukurcuk korozyonlarına karşı dirençleri krom ve molibden element miktarının artmasıyla artmaktadır [15]. Östenitik paslanmaz çeliklerin iç yapılarına göre kararlı ya da yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler olarak iki grup içerisinde incelenir. Yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler soğuk şekillendirme neticesinde iğnemsiz ya da martensitik tipte iç yapıyı sergilerler.

Kararlı östenitik paslanmaz çeliklerse çok yüksek derecelerde soğuk şekil değiştirme neticesinde dahi östenitik iç yapı özelliklerini korumaktadırlar. Bu iki türün arasındaki en bariz farklılık, belirgin bir şekilde çekme diyagramlarından görülmektedir. Kararlı östenitik paslanmaz çeliklerine örnek olarak AISI 304 çeliğinin normal gerilme genişleme diyagramında östenitik davranış sergiler. Çekme diyagramının parabolik değişimine gerilim uygulandıkça şekil değiştirme sertleştirmesinin devam ettiğinin belirtisidir. Buna rağmen AISI 301 paslanmaz çeliği yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler için örnektir [8].

2.1.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Çift fazlı bir iç yapısı olan ve ferrit ya da östenit tanelerinin içerisinde ferrit ihtiva eden bu tip paslanmaz çeliklerinin östenitik paslanmaz çeliklerine göre en önemli üstünlükleri akma mukavemetinin yaklaşık iki kat daha büyük olmaları daha iyi korozyon dirençlerini göstermeleridir. Endüstri uygulamalarında klor ihtiva eden sıvıların kullanılması, kullanılacak malzemelerin arttırılmış mukavemete ve geliştirilmiş korozyon direnci özelliklerine sahip olmalarını gerektirmektedir. Bu çeliklerin tane büyüklüğü 3-10 μ m'ye kadar küçültülebildiğinden, yaklaşık 950°C'de %500 gibi çekme uzaması davranışı sergileyerek süper plastik durumuna gelmektedirler.

Dubleks paslanmaz çelikleri iki farklı fazı (östenit ve ferrit) içerisinde bulundurur. Dolayısıyla ferritik-östenitik ya da ferritik-östenitik paslanmaz çelikleri olarak tanımlanırlar. Ferritik yapıyla mukavemet ve gerilmenin korozyon nedeniyle çatlamaına karşı direnç, östenitik yapıyla da tokluk ve korozyon direncini sağlanmaktadır. Böylece iki fazlı, ince taneli, yüksek mukavemetli ve iyi korozyon dirençli çelik meydana gelmektedir [15]. Modern dublex paslanmaz çeliklerin ısıl işleme uğramış hallerinde yaklaşık olarak -50 °C sıcaklığın altında tokluk kaybı oluşur. Bu çeliklerde ferrit fazının yer alması neticesinde çentik darbe eğrisine gelen sıcaklık ile sünek ve gevrek geçişi sıcaklığını da düşürür. 475°C gevrekliğiyle beraber bu etken dublex paslanmaz çeliklerin kullanım sıcaklıklarında da sınırlayıcı etkiye bulunmaktadır. Dolayısıyla da bu tip çelikler -50 ve 280°C sıcaklıklarının arasında mekanik özelliğini korumaktadırlar [16].

BÖLÜM 3

TALAŞ KALDIRMA VE FREZELEME

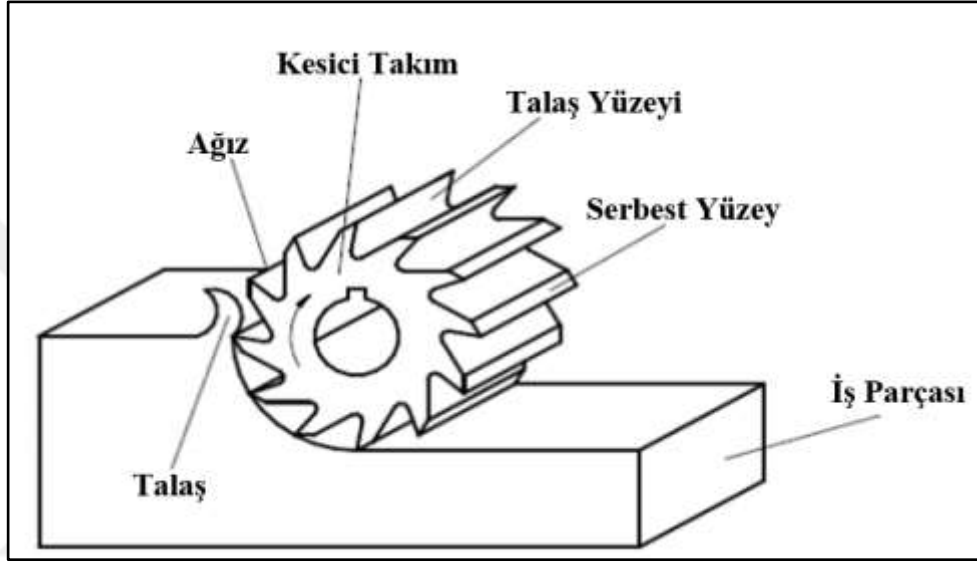
Talaşlı üretim, metal, plastik ve ahşap gibi iş parçası malzemelerinin üzerinden talaş adı verilen malzemenin kaldırılmasıyla şekil verme işlemine denir. Talaş kaldırılması işlemi, keskin ucu olan bir kesici takım ile takım tezgâhı denilen makinelerde gerçekleştirilmektedir. Talaş kaldırma işlemi, takım ile parçaya çeşitli hareketler verilerek gerçekleştirilir. Bu hareketler; ilerleme, kesme ve yardımcı hareket olarak üç çeşide ayrılmaktadır. Kesme hareketi, temel talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilmektedir. İlerleme, parça uzunluğu ya da genişliğinin boyunca işlenmesini gerçekleştiren hareket olarak ifade edilmektedir. Yardımcı hareketse kesici takımın malzemeye göre ayarlanmasını sağlayan harekettir. Genellikle kesme hareketi doğrusal ya da dönme, ilerleme ve yardımcı hareketlerse doğrusal hareketleri oluşturmaktadır. Bu hareketlerin kesici takım ya da malzeme tarafından yapılması, çeşitli talaş kaldırma metotlarını oluşturmaktadır [17].

Frezeleme işleminde, kesici takım dönmekte olup kesme hareketini, iş parçası malzemesi ise ilerleme hareketini gerçekleştirmektedir. Frezeleme takımı çevresinde bulunan kesici dişlerin yardımı ile gerçekleşir. Her bir diş kesme ağızına sahiptir ve buna göre freze takımı çok ağızlı bir takımdır. Frezeleme işleminde, kesme işlemi takım çevresinde bulunan kesici dişlerle yapılırsa çevresel frezeleme, takımının alın yüzeyinde bulunan dişlerle yapılırsa alın frezeleme olarak adlandırılır. Ayrıca kanal ve cep açmalarda hem çevresel hem de alın frezeleme yapan parmak freze takımları da vardır [17].

3.1. ÇEVRESEL VE YÜZEY FREZELEME

Çevresel frezeleme, eksenini yatay konumda yer alan ve silindirik bir takımın çevresinde yer alan kesen ağızlar ile talaş kaldırması şeklindedir. Bu yöntemde takımın her bir ağızı

talaş kaldırma işlemini bağımsız olarak yapar ve bu tornalama yönteminde olduğu gibi oluşur. Fakat burada malzeme ilerleme hareketi yapar ve kesici takım kendi eksenini etrafında döner. Bu sebeple işlem esnasında talaşın kesitinin alanı devamlı değişmektedir. Tornalama yöntemi ile talaş kaldırma işlemine göre daha karmaşık bir talaş kaldırma mekanizmasına sahiptir. Bunun ilk işareti talaş kalınlığının sabit olmayıp değişkenliğidir. Şekil 3.1’de çevresel frezeleme işlemi verilmiştir.



Şekil 3.1. Çevresel frezeleme yöntemi [18].

Yüzey frezeleme işleminde, kesici takımın eksenini, işlenen yüzeye diktir. Kesme işlemi kesici ağızların yan kenarlarıyla gerçekleşmektedir. Simetrik yüzey frezelemede frezenin yatay eksenini, işlenen yüzeyin orta çizgisiyle çakışmaktadır. Şayet iki eksen çakışmıyor ise asimetrik frezeleme işlemi gerçekleşmektedir. Kesici takım çapı iş parçası malzemesinin işlenen yüzey genişliğiyle aynıysa işlem tam kavrama olarak, eğer malzeme genişliği daha küçükse kısmi kavramalı frezeleme olarak ifade edilmektedir. Yüzey frezeleme işlemlerinde, kesici takımın iş parçası malzemesine göre giriş ve çıkış açıları sıfır değildir [18].

3.1.1. Frezeleme Yönü

Frezeleme işlemlerinde, kesici takımın dönüşüne ve tabla ilerlemenin yönüne göre, çevresel frezelemede iki yöntemle talaş kaldırılabilir. Bunlar aynı ve zıt yönlü

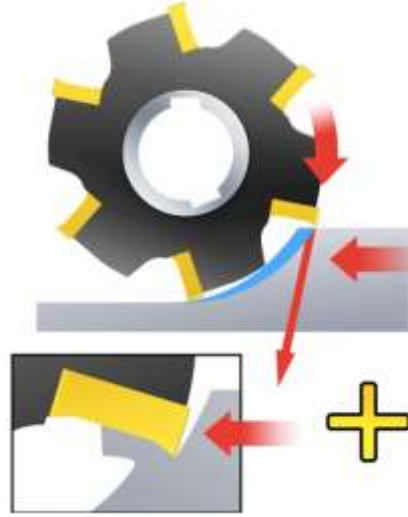
frezeleme yöntemleridir. Her iki yöntemin birbirine göre farklılıkları ve üstün tarafları ile tercih edilme sebepleri bulunmaktadır [18].

3.1.1.1. Aynı Yönlü Frezeleme

Bu işlemde, malzemenin ilerlemesi kesici takımın dönüş yönü doğrultusundadır. Malzemenin her kesici ağzın kaldıracığı, belli miktarda talaş için üstten girerek çoktan az talaşa doğru kesme işlemini yapmaktadır. Kesme esnasında kasicinin ağzları, talaşı üstten kavradığından, parçayı bağlı olduğu yere doğru bastırmaya çalışır. Parçanın sökülmemesi yönünden iyidir. Normal ilerleme yapılırken, kesici ağzların kaldıracığı, devir başına miktar bellidir. Bu miktarı keci ağzlar, parçanın yüzeyinde, en büyük değerden, işlenen yüzey üzerinde sıfır olacak şekilde kaldırmaktadır. Kesici takım, çoktan az talaşa gidişinde başlangıçta bağlı bulunduğu mili esnetmeye çalışır ise de talaşın azalarak bitmesi nedeniyle düzgün bir şekilde dönen kesici takım pürüzsüz yüzeyi ortaya çıkarır (Şekil 3.2).

Aynı Yönlü Frezeleme Yönteminin Özellikleri:

1. Oluşan talaşın tipi virgül ve kırıntı biçimindedir.
2. İşlenmiş yüzey temizdir.
3. Dönen takım aynı yönlü olduğundan malzemeyi sökmeye çalışmaz.
4. Otomatik ilerleme sırasında oluşan yatay kuvvet küçük olduğu için enerji sarfiyatı azdır.
5. Malzemeyi tablaya bastırarak talaş kaldırdığı için titreşim daha az ve yüzey kalitesi daha yüksek olur.
6. Sert yüzeye sahip malzemelerde kesici takım çabuk aşınacağı için takımın ömrü azalır.
7. Tek milli tablaya sahip frezeleme tezgahlarında, somun ile tabla milinin arasındaki boşluk miktarı kadar, kesici takım tablayı iş parçasıyla beraber aniden altına çeker, kesici takım fazla talaş nedeniyle zorlanacağından büyük tehlikeler oluşabilir.
8. Zıt yönlü frezeleme işlemine nazaran daha büyük ilerleme miktarı ve talaş derinliği verilebilir [19].



Şekil 3.2. Aynı yönlü frezeleme [20].

3.1.1.2. Zıt Yönlü Frezeleme

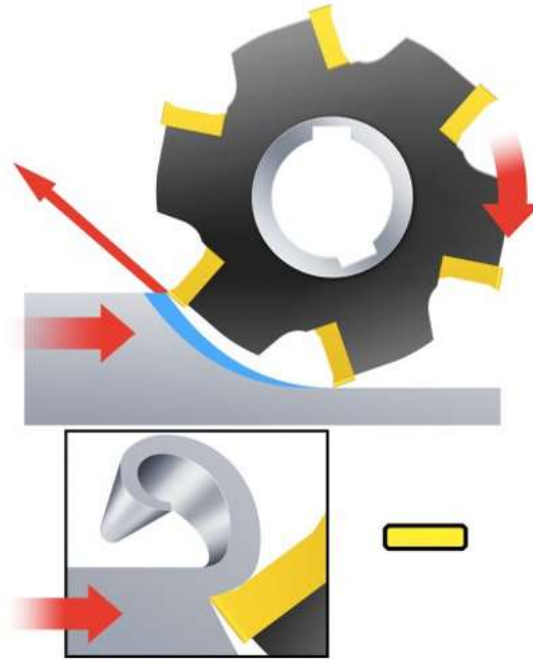
Bu yöntemde malzemenin ilerlemesi, kesici takımın dönme yönüne karşı olduğu durumda gerçekleştirilen frezeleme yöntemidir (Şekil 3.3). Burada kesici takım, malzemeyi boyuna iterek tabladan yukarı kaldırmaya çalışmaktadır. Kesme esnasında, talaş kalınlığı malzemenin üst yüzeyine doğru, düzgün bir şekilde artacağından, kesici takımda zorlanma oluşur. Bu malafa milini esnetmeye çalışır. Dolayısıyla parçanın yüzeyi ilk bakışta görülemeyecek düzeyde dalgalı olur. Malzemenin bağlı bulunduğu bağalama aparatından yukarıya zorlanması, emniyetli biçimde bağlanmasını gerektirmektedir [18].

Zıt Yönlü Frezeleme Yönteminin Özellikleri:

1. Talaşın şekli virgül biçimindedir.
2. Kesici takım malzemeye dalmasında zorlama oluşacağından, malafa esner ve bu nedenle malzemenin yüzeyinde dalga oluşur.
3. Talaş, malzemenin içerisinden dışarısına doğru kopartılarak çıkacağı için iş parçası mengene veya pabuçlardan çıkartılmaya zorlanır.
4. Tabla mili ile somunun arasındaki boşluk hiçbir tehlike teşkil etmez.
5. Kesici takım iş parçasını devamlı olarak yukarı zorladığı için titreşim fazla olmaktadır.

6. Sert yüzeye sahip malzemelerde kesici takım kesme yerine kırarak koparır. Böylece kesici takım ömrü artmaktadır [19].

Özellikle döküm malzemelerinde, kesici takımın ağızları kabuk kısmını kesmez. Ancak kırarak çıkarmaktadır. İyi tarafıysa kesici takım hemen aşınmaz. Tezgâh tabla miliyle somununun arasındaki boşluklar talaşın kaldırılmasını ve ilerlemesini etkilemez. Kuvvete karşı kuvvetle dönen kesici takım, titreşimsiz bir kesme işlemi gerçekleştirir. İlerleme durdurulduğunda, kesici takımda olduğu yerde dönmeye devam eder. Fakat iş parçalarının üzerinde, kesici boşa döndürülmemelidir. Aksi durumda yüzeyin kalitesini etkileyecektir. Zıt yönlü frezelemede çıkan talaşlar; virgül şeklinde olur. Bu sebeple imalat endüstrisinde en çok tercih edilen frezeleme yöntemi bu yöntemdir.

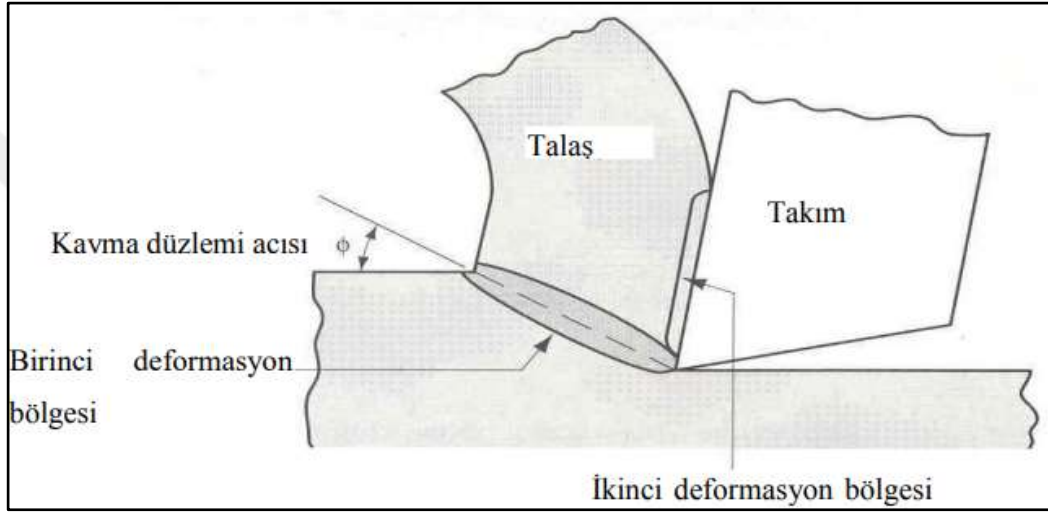


Şekil 3.3. Zıt yönlü frezeleme [20].

3.2. TALAŞ OLUŞUMU

İş parçası yüzeyinden parça kaldırmak suretiyle yapılan bütün mekanik şekil verme işlemlerinde talaş oluşumu mevcuttur. Bu mekanik şekil verme işlemleri, tornalama, frezeleme, delik delme, vida açma gibi farklı tip ve geometriye sahip takımlarla ve farklı yöntemlerle yapılmasına rağmen temelde talaş oluşum mekanizması aynıdır.

Kesici takımın iş parçasıyla temasıyla birlikte iş parçasında elastik deformasyon meydana gelmektedir. Geçici bir deformasyon durumu olan bu elastik deformasyon, kesici takımın iş parçasında ilerlemeye devam etmesiyle birlikte, iş parçası akma dayanımı geçilir ve plastik deformasyon denilen kalıcı şekil değiştirme başlar. Bu durumun daha da devam etmesiyle biriken dislokasyonlar deformasyon sertleşmesine sebep olur ve deformasyon sertleşmesinin de doyum noktasına ulaşmasıyla birlikte iş parçasında kayma başlar ve talaş oluşur.



Şekil 3.4. Talaş oluşumu [19].

Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, kesme işleminde arzu edilen yüzey kalitesi ve boyut toleranslarının elde edilmesi için önem taşımaktadır. Bununla birlikte kesme işleminin doğru parametrelerde yapıлып yapılmadığı gibi tecrübeye dayalı bilgiler de verebilmektedir. Ayrıca, çıkan talaşın durumuna göre kesme parametrelerinde değişimler yapılması, talaş kırıcılı kesme takımı kullanılması vs. gibi tedbirler almak gerekebilmektedir. Bu nedenle talaş tipleri ve talaş oluşumu, talaşlı imalat işlemlerinde önem taşımaktadır.

3.2.1. Sürekli Talaş Oluşumu

Sünek iş parçası malzemelerinin yüksek kesme hızlarında ve yüksek talaş açısı ile işlenmesinde genelde sürekli talaş oluşmaktadır. Sürekli talaş oluşumu yüzey kalitesine olumlu etki etse de talaşın makineye ve parçaya dolanması

istenilmediğinden pek istenmeyen bir durumdur. Bunu engellemek için takım üzerine talaş kırıcı kanallar açılmıştır, ancak bu da işleme esnasında ısınan ve yumuşayan talaşı kırmaya yetmeyebilir. Bu nedenle genellikle talaşı durdurmak için kesme işlemine ara vermek gerekir ki, bu durumda maliyeti arttırmaktadır [19].

3.2.2. Süreksiz Talaş Oluşumu

Talaşın sürekli kopması ve kırılmasıyla talaşın süreksizleşmesi, işleme esnasında oluşan kuvvetlerde değişimlere neden olur ve eğer takım ve tezgâh yeterince rijit değilse titreşimler oluşmaktadır. Oluşan bu titreşimler işleme kalitesini düşürür, takım aşınmasını hızlandırmaktadır. Süreksiz talaş genelde, kırılğan malzemelerin işlenmesinde, çok yüksek ya da düşük kesme hızlarında, yüksek kesme derinliğinde, düşük talaş açısında ve takım tezgâhının rijitliğinin yetersiz olması durumunda meydana gelmektedir [19].

3.2.3. Dilimli Talaş

Dilimli talaş, parça parça oluşu ve homojen olmayışından dolayı yarı sürekli talaş olarak tarif edilebilir. Titanyum gibi ısı iletkenliği düşük olmasıyla birlikte, sıcaklığın etkisiyle hızlı bir şekilde dayanımı düşen malzemelerin işlenmesinde bu talaş tipi görülmektedir. Şeklinden dolayı testere dişi görünümüne sahiptirler [19].

3.2.4. Yığın Talaş

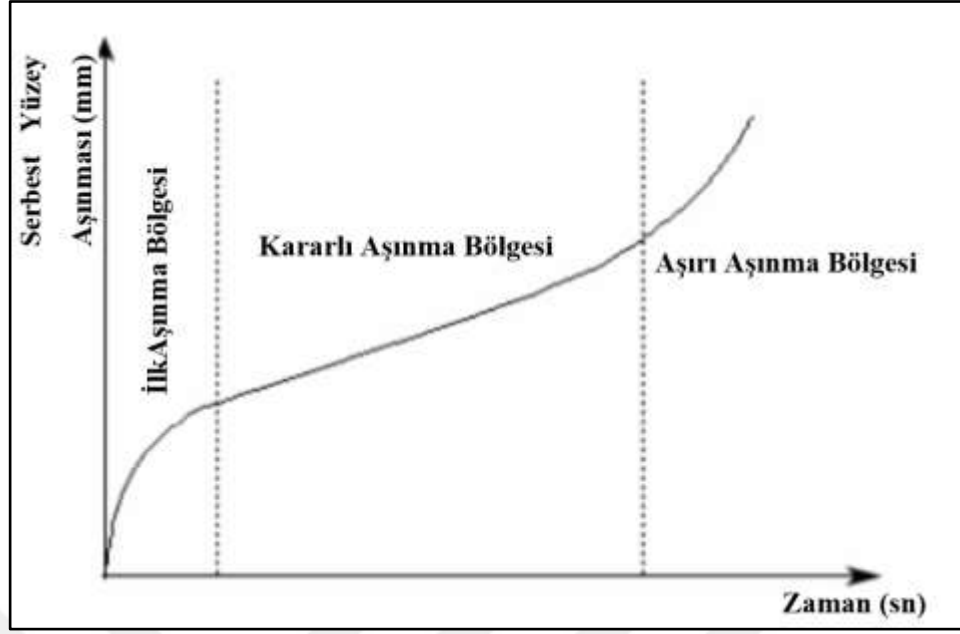
Genellikle sünek malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan bir talaş tipidir. Oluşum nedeni, sünek malzemenin veya kesme işlemi esnasında oluşan sıcaklıkta sertliği azalan malzemenin yüzeyinden koparılan parçaların takım üzerinde birikmesiyle oluşmaktadır. İşleme esnasında, yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir ve kesici takım ucundan koparak takıma zarar verebilmektedir [19].

3.3. TAKIM AŞINMASI

Artan ihtiyaçlar teknolojik olarak değişimi ve ekonomik rekabet ortamını ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için de yeni tip kesici takım malzemeleri araştırılmakta, bu yapılırken de yalnızca kesici takımların iyileştirilme işlemi değil, kaliteli ve iyi imalat, hassas yüzey kalitesi, az güç sarfiyatı ve ekonomikliliğin sağlanması gerekir. Fakat bunlar kesici takımda meydana gelen aşınma tipleri ve kriterlerinin bilinmesi ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması ile gerçekleşir [20].

Aşınma, bir sistemde eş çalışan makine elemanlarında genel olarak ortaya çıkan malzeme kaybı olarak ifade edilir. Talaş kaldırmadaysa aşınma etkili kesme zamanının sona ermesi, bunun da kesici takımın orijinal profilini kaybetmesi ya da takım ile iş parçasının birbiriyle etkileşim yaparak malzeme kaybına neden olmasıdır. Bu durumda istenilen ölçü ve boyutta ürün elde edilmesinin sağlanamaması demektir. Kesici takımların tamamı talaş kaldırma işlemleri esnasında aşınarak kesici takımın ömrü tamamlayıncaya kadar devam etmektedir [21]. Talaş oluşumu sırasında talaş çok yüksek bir basınçla takım yüzeyine basmakta, talaşın akma sırasında takım yüzeylerinde büyük sürtünmeler meydana gelmektedir (sürtünme katsayısı 0,5–1 arasındadır). Gerek işlem sırasında oluşan sürtünmelerden gerekse iş parçası malzemesinin plastik şekil değiştirmesinden ve talaş oluşumundan dolayı yüksek ısı oluşmaktadır. Talaş kaldırma esnasında oluşan sürtünmeler ve sıcaklık, takımın aşınmaya karşı mukavemetini azaltıp, aşınmayı hızlandıran etkenlerdir. Sürtünme, parçadan çıkan talaş ile talaşın takım üzerinde kaydığı talaş yüzeyi arasında ve parçanın işlenmiş yüzeyi ile takımın bu yüzeye bakan yüzeyleri arasında meydana gelmektedir [21].

Takım aşınması işleme zamanı ile artmaktadır. İşleme zamanına göre takım serbest yüzey aşınma grafiği çizildiğinde (Şekil 3.6) bu artımın lineer olmadığı görülür. Buna göre kesici takım serbest yüzey aşınması talaş kaldırılmasının başladığı ilk anda hızlı bir biçimde artmakta, ardından kararlı biçimde devam eder ve kesici takımın ömrünü tamamlamaya yaklaştığı anda tekrardan artmaktadır.



Şekil 3.5. Kesici takım aşınmasının zamana göre değişimi [22].

3.3.1. Kesici Takımın Aşınmasını Etkileyen Etkenler

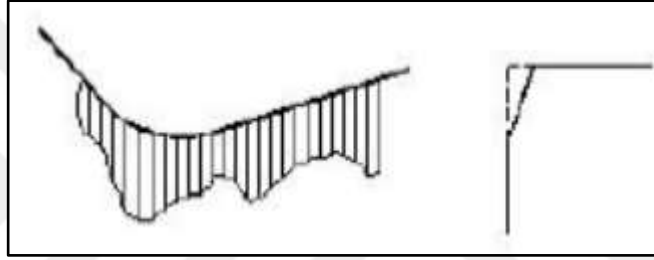
Kesici takımın aşınması, takım malzemesinden koparılan ufak parçacıkların kaybı olması nedeniyle işlenen parça yüzeyi üzerinde de doğrudan olumsuz etkiye sahiptir. Çünkü kesici takımdan parçanın kopması ile takımın körleşmiş olması nedeniyle kesici takım serbest açısı 0° 'ye yaklaşacağından, sürtünme artacak ve kesme işlemi esnasında aşınma bölgesi büyüyecektir. Böylece kesici takımın kesme işlemini yapmasından ziyade malzemeyi zorlayarak sıvama ya da malzeme yüzeyi sertleşmesine neden olmakta, dolayısıyla takım daha da fazla körleşmektedir [23].

3.3.2. Aşınma Tipleri

Takım aşınma tiplerinin sınıflandırılması, gerçekleştirilecek talaş kaldırma işleminin belirlenmesi ve optimize edilmesi açısından son derece önemlidir. Bu durum, işlem ve iş parçası malzemesi için doğru işleme koşulları ve doğru takım seçilmesiyle gerçekleşir [8]. Beş farklı aşınma mekanizmasının biri ya da birkaçının bir araya gelmesiyle, serbest yüzey aşınması, mekanik yorulma çatlakları, plastik deformasyon, krater aşınması, termal çatlaklar, çentik aşınması ve kırılma gibi aşınma tiplerini oluşturur.

3.3.2.1. Serbest Yüzey Aşınması

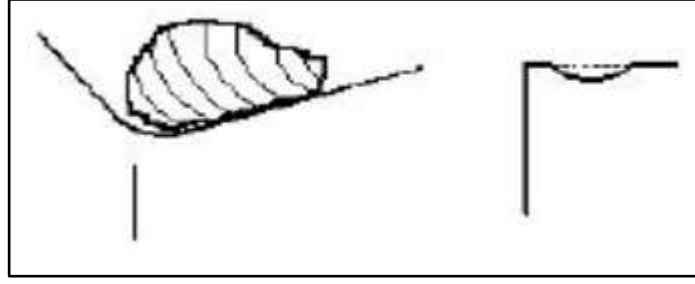
İsminden de anlaşılacağı gibi kesici takımın serbest yüzeyinde abrazyon aşınma mekanizmasından kaynaklanan bir aşınma tipidir. Talaşın oluşumu esnasında ve sonrasında esas kesici kenar, yardımcı kesici kenar ve köşe radüsü iş parçası ile temas durumundadır. Bu tip aşınma genellikle karşılaşılabilecek en yaygın aşınma tipidir. Burada amaç serbest yüzey aşınmasının gelişimini kontrol edilebilir bir düzeyde tutmaktır. Serbest yüzey aşınmasının belirli değerin üzerine çıkması sonucu, yüzey kalitesi kötüleşmektedir. Kesici kenarın şekil değiştirmesi nedeniyle sürtünme artar [17]. Şekil 3.6’da kesici takımda serbest yüzey aşınmasının görünümü verilmiştir.



Şekil 3.6. Kesici takımda oluşan serbest yüzey aşınması [17].

3.3.2.2. Krater Aşınması

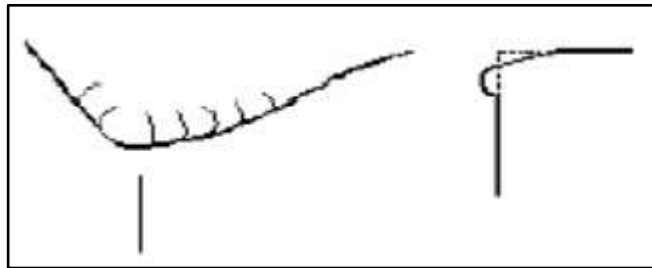
Krater aşınması talaşın yüzeyinde abrazyon ve difüzyon aşınma mekanizmaları sebebiyle oluşmaktadır. Krater, sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinden abrazyon etkisiyle ya da takımla talaş malzemesinin arasında, talaş yüzeyinin en sıcak yerinde meydana gelen difüzyon sebebiyle oluşur. Kızıl sertlik, yüksek sertlik ve malzemelerin (takım- iş parçası) arasındaki minimum afinite krater aşınması oluşumunu minimuma indirir. Krater aşınmasının belirli bir değerin üzerinde olması kesici kenarın geometrisini değiştirerek talaş oluşumunu bozabilir. Krater aşınması kesme kuvvetlerinin doğrultularını değiştirerek kesici kenarın zayıflamasına neden olur [17]. Şekil 3.7’de kesici takımda krater aşınması verilmiştir.



Şekil 3.7. Kesici takımda oluşan krater aşınması [17].

3.3.2.3. Plastik Deformasyon

Plastik deformasyon, kesici kenarın üzerindeki yüksek sıcaklık ve basınç kombinasyonu neticesi olarak oluşur. Yüksek kesme hızı, ilerleme değeri ve sert iş parçası malzemeleri ısı ve basıncın artması demektir. Kesici takım malzemesinin bunlara engel olabilmesi ve plastik şekil değişimine maruz kalmaması için yüksek kızıl sertliğine sahip olması gerekir. Kesici kenarda bu şekilde bir deformasyon oluşması yüksek sıcaklıkların meydana gelmesine, geometrinin deformasyonuna, talaş akışının değişimine neden olacak ve kritik noktaya ulaşına kadar etkisi devam edecektir. Kesici ucun yarıçap boyutu ve uygun kesici takımın geometrisi bu tip aşınmanın önlenmesinde önemli rol oynamaktadır [17]. Şekil 3.8’de kesici takımında plastik deformasyon gösterilmektedir.

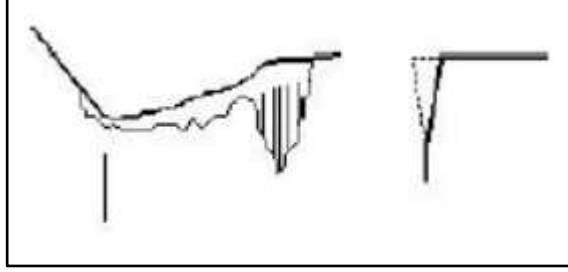


Şekil 3.8. Kesici takımında oluşan plastik deformasyon [17].

3.3.2.4. Çentik Aşınması

Kesici takımın yardımcı kesici kenarında çentik aşınması tipik bir adezyon aşınması olmasının yanı sıra oksidasyon aşınma mekanizmasıyla artabilir. Asıl kesici kenarda çentik oluşması mekanik yüklerin neticesi olup genelde daha sert malzemelerin

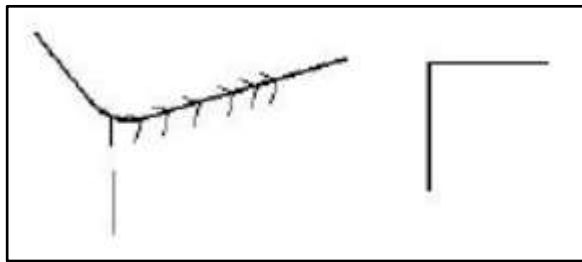
işlenmesi esnasında meydana gelir. Çentik aşınmasının belirli bir değerin üzerine çıkması ince işlemlerde yüzey kalitesini etkileyerek kesici kenarın dayanımını zayıflatır [17]. Şekil 3.9’da kesici takımda çentik aşınmasının görünümü verilmiştir.



Şekil 3.9. Kesici takımda oluşan çentik aşınması [17].

3.3.2.5. Termal Çatlaklar

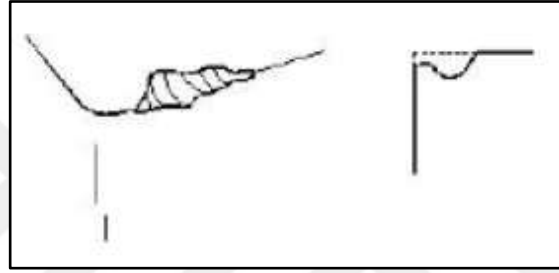
Termal çatlaklar, genellikle ısıl değişiklikler nedeniyle oluşan yorulma aşınmasıdır. Özellikle frezeleme işleminde meydana gelen sıcaklık değişimleri bu tip aşınmanın oluşmasına neden olmaktadır. Termal çatlaklar kesici kenara dik olarak meydana gelerek kesici takım malzemesinin kenarından dışarıya doğru zorlanır. Meydana gelen zorlanma neticesinde kesici takımın malzemesinde ani kırılma ve kesici ucun kullanılamayacak duruma gelmesine neden olur. Kesme sırasında değişken talaş kalınlıkları da sıcaklık değişimlerine etkiye bulunur [8]. Kesme esnasında, kesme sıvısının yanlış uygulanması, metallere talaş kaldırma esnasında zararlı olabilir. Çünkü yanlış kesme sıvısı uygulanması, talaş kaldırma esnasındaki sıcaklık farklarını daha da arttıracaktır [17]. Şekil 3.10’da kesici takımda termal çatlaklar gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Kesici takımda oluşan termal çatlaklar [17].

3.3.2.6. Mekanik Yorulma Çatlakları

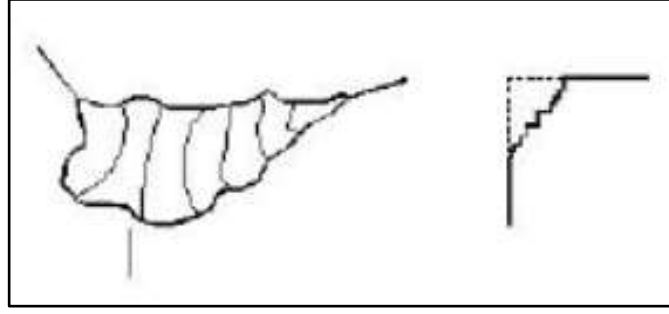
Mekanik yorulma çatlaklarına kesme kuvvetlerinde oluşan ani değişimler neden olur. Kuvvet kendi kendine kırılmaya neden olmayacak büyüklükte olmasının yanı sıra, yükteki sürekli değişim neticesinde meydana gelen kırılmalardır. Kesme işleminin başında ve kesme kuvveti büyüklüğü ve yönündeki değişimler takım ucunun dayanımı ve tokluğundan fazla olması durumunda bu tip çatlaklar gözlenmektedir. Bu tip çatlaklar, termal çatlaklara farklılık göstererek genelde kesici kenara paraleldir [17]. Şekil 3.11’de kesici takımda mekanik yorulma çatlakları gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Kesici takımda oluşan mekanik yorulma çatlakları [17].

3.3.2.7. Kırılma

Kırılma, kesici kenarın ömrünün tamamen sona ermesidir. Kenarın kırılması genelde diğer aşınma tiplerinin son noktasıdır ve en tehlikeli bozulma türüdür. Geometri değişimi, kesici kenar dayanımının zayıflaması, sıcaklık ve kuvvetlerdeki artışlar kesici kenarın kırılmasına zemin hazırlayacaktır. Ağır kesme şartlarında ve yüksek kesme hızlarında kesici kenarın üzerinde meydana gelen çeşitli gerilmelerle kesici ucun mukavemet değerini aştığı zaman kırılmanın oluşması kaçınılmazdır [17]. Şekil 3.12’de kesici takımda kırılma gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Kesici takımında oluşan kırılma [17].



BÖLÜM 4

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşın kaldırılması işlemi sırasında, tezgâha girişlerin ve tezgâhın diğer önemli işlemler ile çıkışlarında göz önüne alınması gerekmektedir. Bunların arasında kesici takımın malzemeleri, işlemesi yapılacak iş parçası malzemesi ve tezgâh rijitliliği sayılabilir. İşlenen malzeme yüzeyinin pürüzlülüğü ve hassasiyeti malzemenin sonuç amacını belirlemesinden dolayı önemli çıkış parametreleridir. Talaşlı üretimde işlenmiş yüzeylerde hassasiyetin sağlanması her daim önemli parametrelerden biri olmaktadır. Yüzeyin hassasiyeti birçok parametreyi içerisinde bulunduran terimdir ve bunlar yüzeyin bitimi ve yüzeydeki çatlakların temizlenmesi, kimyasal değişim, yanma, dönüşüm ve aşırı temperleme biçiminde oluşan termal hasar ve iş parçası malzemesinde oluşan kalıcı çekme gerilmesi olabilir. Bu etmenlerden en önemlisi bitirme yüzeyinin gerçekleştirilmesi olup diğer etmenler ise taşlama işlemleri sonucu oluşan etmenlerle ilgilidir.

Talaş kaldırma işleminin amacı, imalat resminde belirtilen toleranslara göre iş parçalarının istenen geometrik ölçü ve/veya yüzeyin kalitesinde nihai ürün üretilmesidir. Makine parçasında parçanın geometrisi, parçanın boyut ve işlem sonrası oluşan yüzeyin kalitesi işleme kalitesini oluşturmaktadır. Ancak iş parçasının imalat resminde belirtilen ideal ölçüler ile üretimi biten iş parçasının üzerinde boyut, yüzeyin kalitesi ve geometrisi nedeniyle bazı hatalar oluşabilir. Meydana gelen hatalar “tolerans” olarak tanımlanmaktadır ve iş parçasının kullanım yerine göre izin verilen miktardaki değerde olduğu zaman iş parçasının çalışmasına engel olmamaktadır. Bu toleranslar da makine iş parçasının boyutunu ve yüzeyin kalitesini oluşturmaktadır. Toleranslar ne kadar küçük olursa iş parçası yüzeyindeki yüzey kalitesi de o kadar iyi elde edilebilir. İmalat mühendisliği yönünden iş parçalarının kullanım yerine göre ekonomikliği de dikkate alınarak iş parçasının uygun ve istenilen yüzey kalitesinde işlenmesi gerekmektedir [23].

Parçaların işlenmesi sırasında kullanılan her parametre yüzey hassasiyetine etki etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü de oluşan yüzeyin kalitesini belirleyen parametrelerinden birisidir. Bunun yanı sıra ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı, devrin miktarı, çalışma şartları (soğutmalı ve kuru) ve tezgâhın rijitliliği gibi parametreler yüzeyin kalitesini etkileyen esas parametrelerdendir. İşlenmiş malzeme yüzeyinin tribolojik özellikleri, yüzeyin dokusundan birinci düzeyde etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü yalnızca aşınma, yağlama ve sürtünme gibi tribolojinin konularına bağlı değil ayrıca sızdırmazlığı, elektrik ve ısı iletimi gibi farklı alanlarında da dikkate alınması gerekli olan etmendir. Bu sebeple iş parçalarının yüzey pürüzlülüğü değerlerinin elde edilmesi oldukça önem arz etmektedir [24].

Yüzey pürüzlülüğü, işleme yapılması için kullanılan imalat yöntemleri ile ve bunları etkileyen parametreler ile meydana gelen, genellikle başka düzensizlikler ile sınırlanan, küçük aralıklara sahip yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımdan ya da imalat esnasında oluşan diğer sorunlardan ortaya çıkan yüzeyin düzensizlikleri, yüzey pürüzlülüğü olarak tanımlanmaktadır. Talaş kaldırma işleminin amacı, iş parçası malzemelerine yalnızca biçim vermek için değil, iş parçası malzemelerinin geometrisi, boyutu ve yüzeyi bakımından imalat resminde belirtilen belirli bir doğruluk derecesine göre üretiminin yapılmasıdır. Bu duruma işlem kalitesi adı verilmektedir. İş parçası malzemesinin geometrisi, boyutu ve yüzeyin doğruluğunu içeren yüzey kalitesi, talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğindedir [25].

Boyutsal kalite, iş parçası malzemesinin gerçek boyutları arasında izin verilen sapmalardanır. Bu sapmalar boyutsal toleranslarla ifade edilmektedir. Boyut toleransları üretim kalitesine ve boyut büyüklüğüne göre belirlenmektedir. İş parçası geometrisinin kalitesi, izin verilen biçim ve konum sapmalarını ihtiva etmektedir. Bunlar, ideal silindirik şekle, yüzeye ve eksenel sapmalara göre üç gruba ayrılır [26].

4.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜ ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Yüzey pürüzlülük değeri incelenecek yüzey özelliği bilinen bir yüzey ile kıyaslanmasıyla, izleyici problemler vasıtasıyla ya da optik cihazlar vasıtasıyla ölçüm yapılması sonucu belirlenmektedir.

Temas yöntemi: Yüzeyin üzerinde gezdirilen probun sürtünme katsayısıyla bilinen bir yüzeye göre verilerin kıyaslanması temeline dayanmaktadır.

Mekanik yöntem: Minimum 500 g ağırlığındaki çelik bilyenin kullanılmasıyla yüzeyde; yüzeyin içerisine doğru bilyenin bir mikronluk yer değiştirmesiyle gerçekleştirilen yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi tekniğidir.

Hidrolik yöntem: Belirli eğim ve uzunluğa sahip düzlemde ve belirli bir hacme sahip yağ damlasının akış süresiyle pürüzlülük değerinin arasında kurulan ilişkiyle pürüzlülük değerinin ölçülmesi temeline dayanmaktadır.

Elektron mikroskobu yöntemi: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçebilme yeteneğine sahip olmasına karşın ölçüm boyutunun küçük olması zorunluğu ve görüntünün kopyalanması gibi problemler yöntemi kısıtlamaktadır.

Yüzey dinamometresi yöntemi: İki yüzeyin arasındaki sürtünmenin katsayısı, malzemelerin pürüzlülük değerlerine bağlıdır. İki parçanın birbirinin üzerinde kaydırılır ve uygulanan kuvvet, dinamometreyle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü hakkında bilgi edinilebilmektedir.

X ışını yöntemi: Mikroskobik ortamda yüzey düzensizliklerine küçük açılar ile gönderilen X ışınlarıyla 0,00254–0,0508 µm arasındaki yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülebilmektedir.

Replika yöntemi: Parçanın üzerindeki konumu nedeni ile ölçümü gerçekleştirilecek yüzeye ulaşılamadığı durumlarda yüzeye selüloz-asetat filminin aseton ile yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenen yüzeye bastırılmasıyla eldesi sağlanan maske, yüzey karakteri hakkında yaklaşık olarak %80 oranında bilgi vermektedir.

Elektro fiber optik yöntem: Yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılacak iş parçası malzemesi X, Y düzleminde hareket eden tablaya bağlanmasıyla yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcıyla malzeme yüzeyine dik olacak şekilde ışın gönderilmektedir. Malzeme yüzeyi pürüzlülüğüne göre dağılım sağlayan ışınlar fiber optik algılayıcılara

bağlanmış olan foto algılayıcılar ile değerlendirilerek pürüzlülük değeri bulunmaktadır [27].

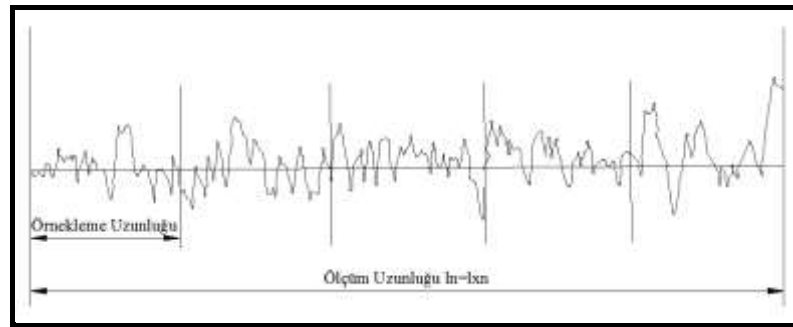
İzleyici uçlu cihazlar: Sivri izleyici ucun parçanın üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilir ve hareket sırasında meydana gelen titreşimlerin büyütülmesiyle hareketli bir şeridin üzerine aktarılması ya da elektronik cihazlar yardımı ile yorumlanmasına dayanmaktadır. İzleyici ucun ince olması ölçüm sırasında doğruluk yönünden önemli olduğundan genelde iğne (izleyici uç) olarak 90° uç açısına ve $4-12 \mu\text{m}$ yarıçapına sahip iğneler kullanılmaktadır [28].

Optik yöntem: Yüzeyin üzerine yansıtılan ışının geliş açısıyla yansıma açısı aynı olmalıdır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörler ile ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

4.2. PÜRÜZLÜLÜK PARAMETRELERİ

4.2.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı

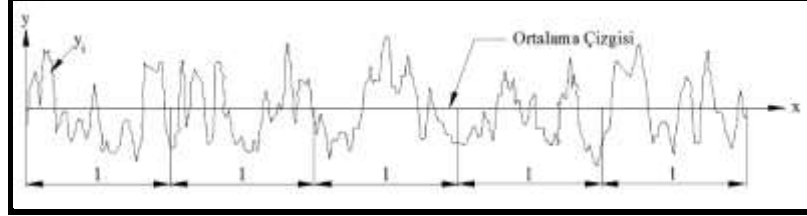
Şekil 4.1’de “l” ile belirtilen örnekleme uzunluğu kesici takımın ilerlemesini temsil edebilecek büyüklüğü değerinde seçilmelidir. Profilin üstünde değerlendirilmesi yapılan bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesiyle l_n ile belirtilen ölçüm uzunluğu meydana gelir [28].



Şekil 4.1. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [28].

4.2.2. Ortalama Çizgisi

Ölçme uzunluğu içerisinde profilin üstünde ve altında kalan alanların eşit olduğu yerinden geçen bir doğruya denir [29]. Şekil 4.2’de tipik yüzey pürüzlülüğünün üzerinde ortalama çizgisinin görünümü verilmiştir.



Şekil 4.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [28].

4.2.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra)

Şekil 4.3’te görüldüğü üzere ortalama çizgisinin üstünde ve altında meydana gelen mutlak yükseklik değerlerinin, aritmetik ortalamasının değeridir. Kalite kontrolde dünya genelinde kabul gören yüzey pürüzlülüğü parametresidir. Bu parametrenin ifade edilmesi ve ölçülmesi oldukça kolaydır.

Matematiksel ifadesi aşağıdaki biçimde tanımlanabilir [30].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (4.1)$$

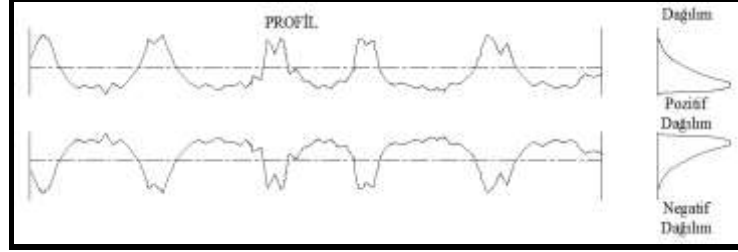
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (4.2)$$

4.2.4. Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk)

Şekil 4.3’te görüldüğü üzere bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgisine göre simetrisini belirten dağılımın eğrisidir. Rq ve Ra değeri aynı olan profilleri ayırt etmeyi sağlayan değişkendir. Matematiksel ifadesiyse aşağıda verilen denklemler gibidir [30].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{+\infty} y^3 p(y) dy \quad (4.3)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} (\sum_{i=1}^N 1 Y \cdot 1^3) \quad (4.4)$$

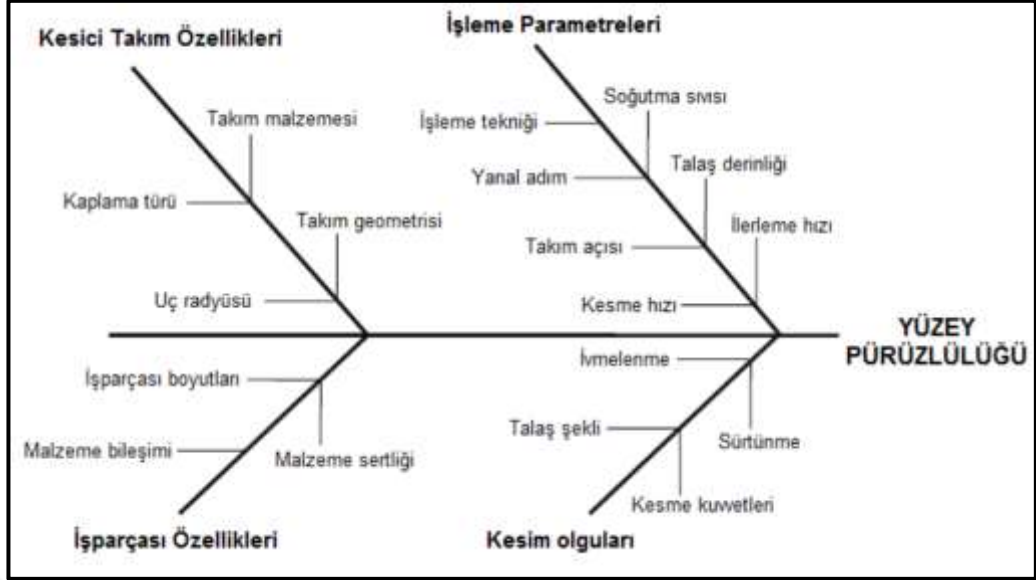


Şekil 4.3. Profil ve genlik dağılım eğrisi [28].

4.2.5. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

1. Kesici ucun üzerinde talaş yapışması,
2. Takımın ve malzeme arasında oluşan titreşim,
3. Takımın ve malzemenin elastik deformasyonu,
4. İş parçası malzemesinin talaş kaldırılan yüzeyinde 100 pm'lik derinlikteki kimyasal ve fiziksel özellikleri,
5. Kesme kenarı pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesici kenarında meydana gelen aşınma ve izler,
6. Talaş plastik akışıdır.

Taşalı imalat işlemi esnasında yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörlerin şematik görünümü Şekil 4.4'teki gibi balık kılıçığı diyagramı ile ifade edilebilir.



Şekil 4.4. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörler [31].

BÖLÜM 5

LİTERATÜR ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Paslanmaz çeliklerin talaşlı üretimi, şekillendirilmelerinde olduğu gibi yüksek mukavemetleri, pekleşme özellikleri ve süneklikleri nedeniyle karbon çeliklerine oranla daha zordur. Türlerin arasında büyük farklılıklar bulunmakla birlikte, daha yüksek güç, düşük kesme hızı ve kısa takım ömrünün yanı sıra, kesme esnasında meydana gelen yüzey kalitesi sorunları ve kesici takımın üstünde malzeme birikmesi sorunları ortaya çıkabilmektedir. Paslanmaz çeliklerin kesme işlemi sırasında titreşimlerin engellenebilmesi için takım tezgâhı ve kesici takım rijitliği büyük önem taşımaktadır. Özellikle östentik ve yüksek alaşımlı türlerdeki sert ve sürekli talaş meydana geldiği için, talaş kırıcısı takımlar tavsiye edilmektedir. Birçok uygulamada, aşınma dayanımları daha iyi olan karbür bazlı kesici takımlar tercih edilmektedir. Kesilmekte olan malzeme yüzeyinde meydana gelebilecek pekleşmenin engellenebilmesi için bazı durumlara dikkat edilmesi gereklidir. Kesici takımın kesme öncesinde yüzey üzerinde hafif temasla hareketi, yüzeyin hemen altındaki katmanda ezilmeye ve pekleşmeye, yüzeyin parlatılmasına ve kesici takımın daha yüzeye temas etmeden yanmasına neden olabilir. Bunun yanı sıra iş parçası malzemesinde bir önceki esnasında meydana gelebilecek pekleşme, karbon çeliklerine göre daha düşük ilerleme ve kesme hızlarıyla önlenebilir [10].

Paro ve ark., hazırlamış oldukları ve “X5 CrMnN 1818 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde; yüksek azot miktarı içeren paslanmaz çeliklerin çok yüksek mukavemete sahip olduğunu belirtmişlerdir. Normal bir X5 CrMnN 18 18 paslanmaz çeliğinin kopma gerilmesi 660 MPa’iken, N ilaveli paslanmaz çeliğinin kopma gerilmesinin yaklaşık olarak 3000 MPa’ya kadar çıktığını tespit etmişlerdir. Azotun, mevcut yapının içindeki dislokasyon hareketine karşı engel oluşturduğu belirlenmiştir. Tane boyutu sertliği, paslanmaz çeliğe yüksek mukavemeti sağlamıştır. İçinde farklı miktarlarda N ihtiva eden iki adet X5 CrMnN 18 18 malzemesinin üzerinde deney

yapmışlardır. Malzemelerin birisinde %0,91 oranında N bulunmakta olup diğerindeyse %0,57 oranında azot yer almaktadır. Ortak işleme parametreleri (ilerleme hızı 0,24 mm/dev, kesme hızı 60 m/dk ve kesme derinliği 1,6 mm) uygulanmış ve takımın ömrüyle beraber, yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. %0,91 içerikli paslanmaz çeliğinde takımın ömrü 30 dk ölçülürken, %0,57 içerikli paslanmaz çelikteki takımın ömrü 10 dk olarak belirlenmiştir. Kesme hızının artmasıyla her iki malzemedeki kesici takımın ömrünün azaldığını belirtmişlerdir [32].

Chien ve Tsai 17-4PH paslanmaz çeliklerin işlenmesinde en uygun kesme şartlarının sağlanması ve takım aşınması tahmini için, teorik ve sistematik bir alt yapının hazırlanmasını hedef almışlardır. 17-4PH paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında optimum kesme şartlarının belirlenmesi için takım yanak aşınmasını ön geren bir tahmini model geliştirilmişler ve BPN metodu, çalışılacak model için kullanılmışlardır. GA yöntemini, modeli optimize etmek ve TM metodunu her iki model için sırayla optimum kesme parametrelerinin bulunması için kullanılmışlardır. 6 mm ve 90 mm boylarında örnekler sırayla işlenmiştir. Ön görülen model takım yanak aşınması davranışını izleyebilme kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Değişik sınırlamalarla maksimum talaş kaldırma oranı ile uygun kesme şartları tespit edilmiş. Sıvanma, öngörülen modelden hesaplanmış. Paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletim katsayılarına sahip olması, işlenebilirliğinin zor olmasına ve sıvanmanın meydana gelmesine sebep olduğu belirtilmiştir. Sıvanmanın olmasının, takım aşınma oranı ve işlenen yüzeyin kalitesinin düşmesine sebep olduğu ön görülmüştür. Bu çalışmada GA metodu, problemlerin en uygun şekilde çözümü için geniş çapta kullanılmışlardır [33].

Tekiner ve Yeşilyurt'un hazırlamış olduğu ve "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Tornalanmasında Oluşan Sese Bağlı Kesme Parametrelerinin Araştırılması" adını verdikleri bu çalışmada; AISI 304 çeliklerin işlenmesi esnasında en uygun kesme şartları ve parametrelerin belirlenmesi için proses esnasındaki ses hedeflenmiş. Bu çalışmada 30 mm çapında, 200 mm boyundaki örnek, CNC torda işlenmiş. 2.5 mm talaş derinliğinde 150 mm boy işlenmiş. 120 – 135 – 150 - 165 ve 180 m/dk kesme hızları ve 0,2-0,25 ve 0,30 mm/dev ilerleme miktarları kullanılmış. İşlemenin sesi bir bilgisayara kayıt edilmiş. En iyi ilerleme ve kesme hızının oranı; yanak aşınmasına, talaş şekline, yüzey pürüzlüğüne ve işlenen parçanın güç tüketimine göre

hesaplanmıştır. Elde edilen ideal kesme parametreleri ve kesme işlem sesi karşılaştırılmış. Bu yolla sese bağlı olarak 165 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme miktarı en iyi sonucu vermiş ve bu değerlere göre işlem sesi doğrulanmıştır [34].

Saeed N. Ghali ve arkadaşları yaptıkları çalışmada karbon çeliklerine bor ilavesinin mekanik özelliklere etkisini incelemiştir. Yapılan deneyde %0,3-0,6 arası karbon içeren AISI 1536 çeliğini kullanılmıştır. Sonuçlar şöyledir: %0,0023 oranına kadar bor ilavesi akma ve kopma dayanımını yüksek oranda arttırdığı bildirilmiştir. %0,0023 oranından daha fazla bor ilavesi akma ve kopma dayanımının daha az oranlarda arttırmakta olduğu belirtilmiştir. Bor elementinin çeliklerde etkili olduğu oran %0,003 oranına kadar olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni bor elementinin taneler arasına çökelen bir element olması ve α fazında çok az oranda ($< \%0,003$) çözülmesi olduğu bildirilmiştir. Çelik içerisinde bor elementinin etkisini arttırmak için titanyum eklemek gerektiği belirtilmiştir. Bunu nedeni titanyumun nitrojen ile bor elementinden daha fazla bağ kurma eğilimi göstererek TiN yapısını oluşturması olduğu belirtilmiştir. Bor ilavesi 1536 orta karbonlu çeliğinde akma ve kopma mukavemetini arttırdığı gibi çeliğin sünekliğini de arttırdığı bildirilmiştir. Araştırma da su ile sertleştirilme yapılmış bor içermeyen ve sırasıyla %0,00066, % 0,0023 ve %0,0055 oranlarında bor içeren çeliklerin sertlik değerleri sırasıyla 352 HV, 360 HV, 372 HV, 400 HV değerinde olduğu belirtilmiştir. Bor ilavesinin çeliğin sertliğini arttırmasının nedenini östenit tane sınırlarına çökerek tane sınırlarını ayırması ve çekirdek sınırlarında ferrit ayrışmasına neden olduğu belirtilmiştir. Böylelikle ferrit oluşumu düşük sıcaklıklarda oluşan diğer yapılara oranla yavaşladığı bildirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen veriler, %0,0023 oranında bor ilavesi akma ve kopma dayanımını keskin bir şekilde arttırmakta olduğu belirtilmiştir. Bu orandan daha fazla bor ilavesi ise daha düşük bir oranda akma ve kopma dayanımının artmasına neden olduğu belirtilmiştir [35].

Das ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bor elementi ilave edilmiş ve interkritik tavlama uygulanmış 9Cr-Mo çeliğinin sürünme davranışını incelemiştir. Elde ettikleri verilere göre, bor ilave edilmiş ve edilmemiş çelikte de martenzit yapı oluşturulmuştur ve bunların mikro yapıları incelendiğinde tane sınırlarında çökeltiler görülmüştür. Bor ilave edilmiş olan çelikte tane sınırlarında bulunan çökeltilerin daha

küçük olduğu tespit edilmiştir. Sürünme dayanımı incelendiğinde 600 C⁰ de ve 100 MPa ve 120 MPa gerilme uygulanan numunelerde bor içeren numunenin sürünme ömrü 120 MPa gerilmeye 3414 saat olurken bor ilave edilmemiş numunede bu süre 425 saat sürmüştür. 100 MPa gerilme uygulandığında ise bor ilave edilmiş numune ömrü 10102 saat olurken bor içermeyen numune de bu süre 1474 saat olmuştur [36].

Liew ve ark., PCBN (Çok Kristalli Bor Nitrür) takım kullanarak sertleştirilmiş AISI 420 paslanmaz çelik malzemeyi işlemişlerdir. Deneyle sonuçunda, kesici takım malzemesinin iç yapısındaki gözeneklerin, malzemenin sünekliğinin ve bağlayıcıların mukavemetinin malzemenin kırılma dayanımı üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir [37].

Endrino ve ark., AISI 316 paslanmaz çeliğinin WC parmak frezeyle talaşlı işlenmesinde PVD yöntemiyle kaplanmış AlCrN (Alüminyum Krom Nitrür), AlCrNbN (Alüminyum Krom Niyobyum Nitrür), ince taneli AlTiN (Alüminyum Titanyum Nitrür) ve nano yapılı AlTiN kesici takımlarda oluşan takım aşınmalarını araştırmışlardır. Minimum takım aşınma değerinin nano yapılı AlTiN kaplamalı takımda olduğunu, nano yapılı AlTiN kaplamalı takımın ince taneli AlTiN kaplamalı takıma göre hemen hemen iki kat takım ömrüne sahip olduğunu görmüşlerdir [38].

Kumar ve ark., alümina seramik malzemeli kesici takım kullanarak martenzitik paslanmaz çelik malzemeleri talaşlı işlemiş, takım üzerindeki serbest yüzey, krater ve çentik aşınmalarını incelemişlerdir. Serbest yüzey aşınmasının takım ömrünü düşük hızlarda etkilediğini, çentik ve krater aşınmalarının ise takım ömrünü yüksek hızlarda etkilediğini belirlemişlerdir [39].

Nalbant ve Yıldız, AISI 304 paslanmaz çelik malzemelerin frezelenmesinde, kriyojenik soğutmanın kesme kuvvetleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kriyojenik soğutma ve kuru işleme karşılaştırıldığında, maksimum kesme kuvvetleri kriyojenik soğutma kullanıldığında elde etmişlerdir [40].

Biermann ve ark., X5CrNi18-10 AISI 304 çeliğinin mikro frezeleme yönteminde farklı kaplama malzemelerinin kesici takımın aşınması ve yüzeyin pürüzlülüğüne

etkilerini incelemişlerdir. Kaplama malzemesi olarak; CrN, TiN, AlCrN, AlTiN ve TiAlN kullanmışlardır. TiAlN ve AlCrN kaplamalar, en az takım aşınması, AlTiN kaplama en az yüzey pürüzlülüğü vermişlerdir [41].

Xavior ve Adithan, AISI 304 paslanmaz çelik malzemelerin WC kesici takım ile tornalanması esnasında kesme sıvılarının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek için bir deneysel çalışma yaparak, hindistan cevizi yağını, emülsiyon ve katkısız kesme sıvılarının performansları ile karşılaştırmışlardır. Hindistan cevizi yağı, takım aşınmasını azaltmakta ve yüzey kalitesini iyileştirmede diğer kesme sıvılarından daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. [42].

Chiffre ve ark., AISI 316L östenitik paslanmaz çelik malzemelerin HSS takımlarla raybalanmasında iki nozül aracılığıyla iki farklı şekilde MQL yöntemini kullanmışlardır. Delik ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülüğü açısından MQL yönteminin yüksek kalite sağladığı ve iki nozülün de iş parçasına uygulandığı durumda daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür [43].

Hosokawa ve ark., AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin kesme sıvısı olarak biyolojik olarak çözünebilen kesme yağının MQL yöntemi kullanılarak dışarıdan tahrikli döner takım ile tornalanmasında meydana gelen sıcaklıkları incelemişlerdir. Araştırmacılar, MQL yöntemi etkisinin takım dönüş hızı ile ilişkili olduğunu görmüşlerdir. MQL kullanımının, takımın dönüş hızının çok küçük ya da büyük olduğu durumlarda sıcaklığa bir etki göstermediğini gözlemlemişlerdir [44].

Zerti ve arkadaşları (2019), AISI 420 temperlenmiş paslanmaz çelik malzemenin tornalanması işleminde yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve gücü minimuma indirmek, verimliliği en üst düzeye çıkarmak için modelleme ve çok amaçlı optimizasyon çalışmaları yapmışlardır. Çalışmalarında kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı gibi işleme parametrelerinin çıktı parametreleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda işleme deneylerinde Taguchi deney tasarımı ile işleme deneylerini gerçekleştirmiş, varyans analizi (ANOVA), CYM (Cevap Yüzey Metodu) ve Yapay Sinir Ağı yaklaşımlarıyla deney sonuçlarının modellemesini yapmışlardır [45].

Özbek ve arkadaşları, AISI 316 ve AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirliğini değerlendirebilmek amacıyla kaplamasız tungsten kesici takımları kullanarak tornalama deneyleri yapmışlardır. AISI 316 ve AISI 304 çelik malzemelerin işlenebilirliğini takımın aşınması, temel kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünün yönünden değerlendirmişlerdir. Deney neticeleri AISI 316 çeliğinin işlenmesi sırasında kesici takımın daha fazla aşındığını tespit edilmiş ve AISI 316 çeliğinde ise daha yüksek kesme kuvvetini ve yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemişlerdir [46].

Altinkaya ve Güllü, takma uçlu parmak frezeyle, AISI 316 paslanmaz çelik malzemenin işlenmesi esnasında kesici ucun talaş kırıcı formunun kesici kenar üzerindeki aşınma ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları işleme deneylerinde, kesme derinliğini değiştirmeden üç farklı kesme hızı değeri için talaş kırıcı formları farklı üç kesici takım kullanmışlardır. Yaptıkları deneysel çalışmalar sonucunda ERGC kodlu kesici takım ile diğer kesici takımlara nazaran daha iyi aşınma miktarı ve yüzey pürüzlülük değerleri elde etmişlerdir [47].

Gürbüz ve arkadaşları, farklı talaş kırıcı formların ve farklı kesici kenar formlarının, talaşlı işleme esnasında kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmada AISI 316L paslanmaz çelik malzeme için CVD kaplı sementit karbür kesici takımlar kullanmışlardır. Farklı kesici kenar ve talaş kırıcı formuna sahip üç farklı takım için de kesme hızındaki artışla beraber kesme kuvvetlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Genellikle maksimum kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini MR kodlu kesici takımında, minimum kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini ise QM kodlu kesici takımında elde etmişlerdir. Üç farklı talaş kırıcı ve kesici kenar formu için, kesme hızında ki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü, lakin talaş derinliği ve ilerleme miktarındaki artış ile beraber yüzey pürüzlülüğünün arttığını gözlemlemişlerdir [48].

Abdullah ve ark., tıbbi uygulamada kullanılan paslanmaz çeliğin yüzey kalitesi üzerine takım uç radüsü, kesme hızı ve ilerleme hızlarının etkilerini araştırmışlardır. AISI 316L östenitik paslanmaz çeliği, talaş derinliği sabit kalarak (0,4 mm) üç farklı uç radüsü (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), üç farklı kesme hızı (100, 130, 170 m/dak) ve üç farklı

ilerleme miktarı (0,1, 0,125 ve 0,16 mm/dev) ile işlenmiştir. Deney sonuçlarında takım uç radüsü, ilerleme hızı ve kesme hızının yüzeyin pürüzlülüğü üzerine farklı etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri (0,225 μm) en düşük ilerleme hızında (0,1 mm/dev) 1,2 mm uç radüslü takımla elde edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri (1,838 μm) ise en yüksek ilerleme hızında (0,16 mm/dev) 0,4 mm uç radüslü takımla elde edilmiştir. ANOVA analizi, kesme hızının uç radüsü ve ilerleme hızıyla kıyaslandığında, yüzey pürüzlülüğünün üzerinde baskın bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir. İlerleme hızının azalmasıyla yüzey pürüzlülüğü de azalmıştır. Uç radüsünün artmasıyla maksimum kesilmemiş talaş kalınlığının azalması sayesinde büyük uç radüsü küçük uç radüsünden daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağlamıştır [49].

Özek ve ark., AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinde tornalama deneyleri yaparak kesme, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin yüzeyin pürüzlülüğü, kesici takımın yan yüzeyin aşınması ve takım-talaş ara yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneylerde, üç farklı kesme hızı (100, 150, 200 m/dak), üç farklı ilerleme (0,1, 0,2, 0,4 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği (0,5, 1, 2 mm) kullanılmıştır. Deneylerin sonucunda, kesme hızının artmasıyla takım-talaş ara yüzeyi sıcaklığı ve kesici takım yan yüzeyi aşınmasının azaldığı; ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin azalması ile yüzey pürüzlülüğünde iyileşme olduğunu belirtmişlerdir [50].

Selvaraj ve Chandramohan, AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesinin TiC ve TiCN kaplamalı tungsten karbür takımlar ile kuru işleme şartlarında tornalanmasında kesme, ilerleme miktarı ve talaş derinliği gibi işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğünün üzerindeki etkilerini araştırmak için ortogonal bir dizi, S/N oranı ve Varyans analizi kullanmışlardır. Taguchi tekniği kullanılarak deney planı yapılmıştır. Analiz sonuçları, yüzey pürüzlülüğünün üzerinde ilerleme miktarının %51,84, kesme hızının %41,99 ve talaş derinliğinin %1,66 oranında etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü analizindeki deneysel değerlerle tahmini değerleri karşılaştırmak için doğrulama deneyleri yapılmıştır [51].

Hossein ve Yahya, TiN/TiCN/TiN kaplı karbür takımın AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesindeki davranışlarını incelemişlerdir. Östenitik paslanmaz çeliklerde

sık görülen yığıntı talaş bu çalışmada çoğunlukla 190 m/dak kesme hızı ve 0,075 mm/dev ilerleme miktarı değerlerinde oluşmuştur. Çalışma sonucunda maksimum takım ömrü için optimum kesme şartları $V_c = 150$ m/dak ve $f = 0,075$ mm/dev olarak belirlenmiştir [52].

Korkut ve ark., AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin sementit karbür takımlar ile tornalama yöntemiyle işlenmesi sırasında optimum işleme parametrelerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Deneylerde 120 m/dak, 150 m/dak ve 180 m/dak olmak üzere üç değişik kesme hızı kullanılarak takımın aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün üzerinde kesme hızı etkisi araştırılmıştır. Çalışma neticesinde kesme hızının 180 m/dak'ya kadar artmasıyla takım aşınmasının azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmıştır [53].

Tekaslan ve ark., AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin farklı işleme parametrelerinde tornalandıktan sonra, işlenmesine göre içerisinde nasıl bir kalıcı gerilme meydana geldiğini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Deney numuneleri, 250 mm boyunda, 61 mm çapında hazırlanmış ve beş farklı kesme hızı (50, 75, 100, 125, 150 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,15, 0,2, 0,25 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliği (1,5 ve 2 mm) kullanılarak CNC torna tezgâhında işlenmiştir. Numuneler üzerinde meydana gelen kalıcı gerilmeler, katman kaldırma yöntemi kullanılarak tespit edilmiş ve en uygun işleme parametrelerinin 75 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 1,5 mm talaş derinliği olduğu belirlenmiştir. Tornalama işlemi sonunda deney numunelerinin yüzeylerinde maksimum – 876,69 MPa ile -136,71 MPa'lık basma kalıcı gerilmelerinin meydana geldiğini belirlemiştir. Yüzeydeki basma kalıcı gerilmelerin, katman kaldırılmasıyla 0,0465 mm derinlikten sonra çekme kalıcı gerilmelerine dönüştüğü belirtilmiştir [54].

Yeyen ve ark., çalışmalarında AISI 303 paslanmaz çelik malzemelerinin işlenmesinde kesme hızı ve ilerleme hızının, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün üzerinde etkilerini araştırmışlardır. Deneyleri dört değişik kesme hızı (120, 150, 180 ve 210 m/dak) ve üçdeğişik ilerleme hızında (0,20, 0,24 ve 0,30 mm/dev) yapılmış, talaş derinliğiyse 2,5 mm olarak ele alınmıştır. Ayrıca çalışmalarında AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerle AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerinin işlenebilirliği

kıyaslanmıştır. Deneysel sonuçlara göre AISI 303 çeliğinin işlenmesi esnasında AISI 304 çeliğine göre %19 daha fazla kesme kuvvetleri meydana gelmektedir. Yüzey pürüzlülüğündeki artışta %51 olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçlarının literatürle uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir [55].

Kuram çalışmasında, AISI 304 paslanmaz çeliğinin frezelenmesi deneyinde değişik kaplanmış kesici takımların performansını araştırmıştır. Deneylerde tek katlı TiCN, TiAlN, AlTiN ve iki katlı AlTiN + TiN ve TiCN + TiN olarak 5 değişik kaplamaya sahip karbür kesici takımlar seçilmiş ve kesici takımların aşınmasına, kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülüğünü dikkate alarak değerlendirilmiştir. TiCN + TiN kaplanmış kesici takımlar ile en düşük serbest yüzey aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü elde etmiştir. En yüksek takım aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü ise AlTiN kaplamaya sahip kesici takımlarla elde etmiştir. En düşük F_x ve F_y kuvvetlerini TiAlN kaplamalı kesici takımlarla ölçmüştür. EDX analizinin neticesinde kesici takımlarda yapışma olduğunu ve kaplama malzemesinin kalktığını gözlemlemiştir. AISI 304 paslanmaz çelik malzemesinin frezelenmesi deneylerinde en kötü performansı ise AlTiN kaplanmış kesici takımın gösterdiğini belirtmiştir [56].

Talaş kaldırma teorisi, kesme kuvvetleri ve sıcaklıklarının ölçülebilmesi, işlenebilirlik, ekonomiklik ve kesme sıvısı vb. birçok alanda yapılan araştırmalar neticesinde kesici takımlar, kesme hızları, ilerleme miktarları, kesici takımın geometrisi ve kesme sıvıları geliştirilmiş ve gelişmeler metallerin işlenebilirliği için önemli katkılarda bulunmuştur. Fakat halen kesici takımın ömrü, bitirme yüzeyi kalitesi gibi birçok alan için yapılması gereken çalışmalara gereksinim vardır. Yapılan çalışmalarda daha çok östenitik yapıya sahip paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile ilgili araştırmaların yapıldığı görülmüştür.

BÖLÜM 6

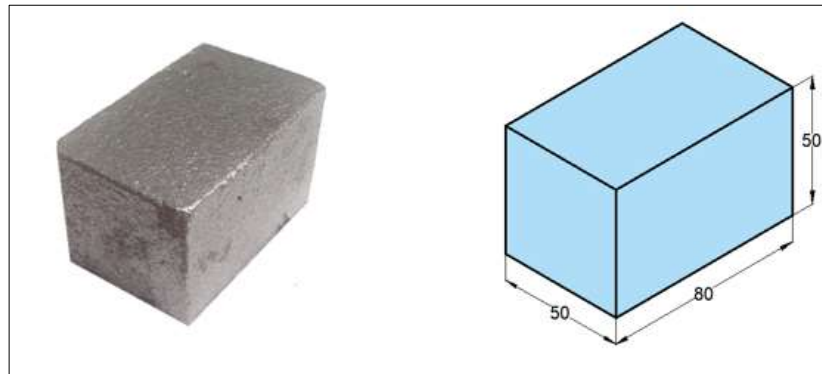
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. DENEY NUMUNELERİ

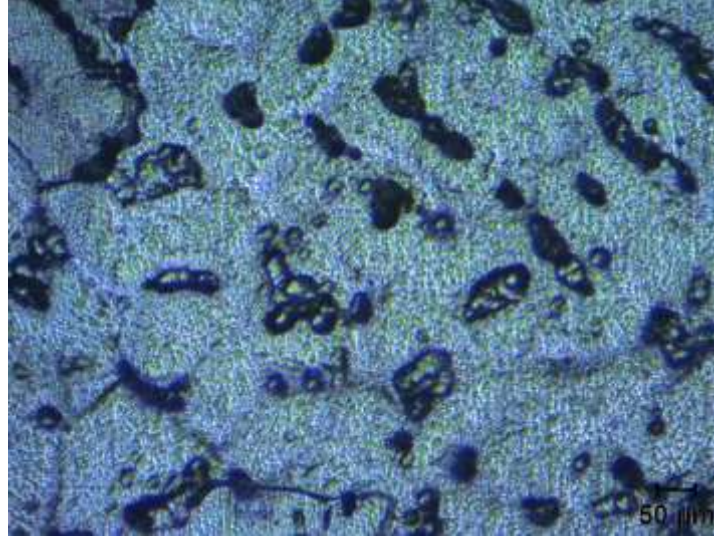
Deneylerde kullanılan AISI 304 kalitesindeki paslanmaz çelik döküm malzemesi Temper Döküm firmasından temin edilmiştir. Malzemenin spektral analizi, makro sertlik ölçümü ve mikroyapısı Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsünde analiz edilmiştir. Malzemenin kimyasal içeriği Çizelge 6.1’de verilmiştir. Malzemenin dış yüzeyinden (cürufli kısım) yapılan makro sertlik ölçümlerinde sertlik değerleri 28 ila 31 HRc olarak ölçülürken parçanın iç yüzeyindeki sertlik 120 Hv ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan 50x80x50 mm ebatlarında deney numunesinin şematik görünümü ve görseli Şekil 6.1’de, mikroyapı Şekil 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. AISI 304 paslanmaz çelik malzemesinin kimyasal içeriği.

AISI 304 %					
Cr	Ni	Mn	Si	C	V
17,383	8,478	1,182	1,065	0,062	0,069
Cu	P	S	Mo	Al	Fe
0,321	0,034	0,015	0,431	0,003	70,84



Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan AISI 304 malzemesi.



Şekil 6.2. AISI 304 mikroyapısı (100x).

6.2. Kesici Takım ve Takım Tutucular

AISI 304 paslanmaz çeliğin frezelenmesinde Korloy firması tarafından ticari olarak üretilen XNKT 080508 PNER ML PC5300 kaplamalı sementit karbür kesici uç kullanılmıştır. Kesici uçlar PVD yöntemiyle TiAlN kaplamaya ve M30 ISO kalitesine sahiptir. Kesici uça ait özellikler Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Kesici takım ve özellikleri.

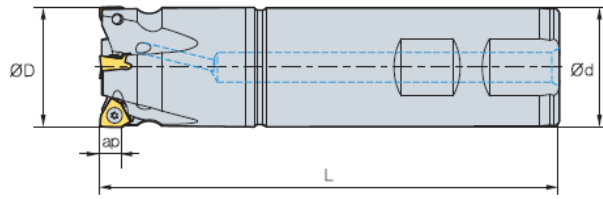
Kesici uç geometrsi	l	d	t	r	d1	a
	8,2	10	5,5	0.8	4,5	2,9

Deneylerde kullanılan kesici uçları bağlayabilmek için EM90 XN08 D32 C32 L150Z2 kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Seçilen takım tutucu ile yüzey frezeleme, çevresel frezeleme, kanal frezeleme slot frezeleme, helisel frezeleme gibi birçok yapılabilmektedir. Takım tutucuya ait bilgiler Çizelge 6.3’te gösterilmiştir. Aynı zamanda bu takım tutucuyu freze tezgahına daha rijit ve hassas bir şekilde

bağlayabilmek için B011.10.32-65 BT40 Veldon tutucu kullanılmıştır. Takım tutucu ve veldon tutucu ait şekiller Şekil. 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Takım tutucunun özellikleri.

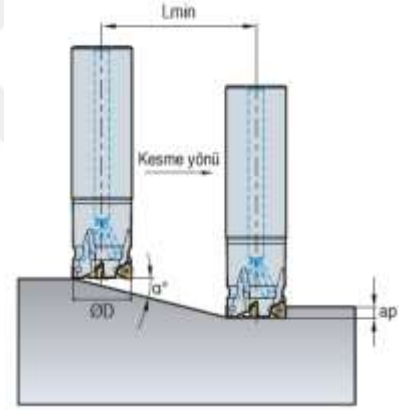
D (mm)	32
d (mm)	32
L (mm)	150
Ağız sayısı	2
Ap max (mm)	8
Rampalama açısı (α^0)	13
Rampalama uzunluğu, Lmin. (mm)	34,7



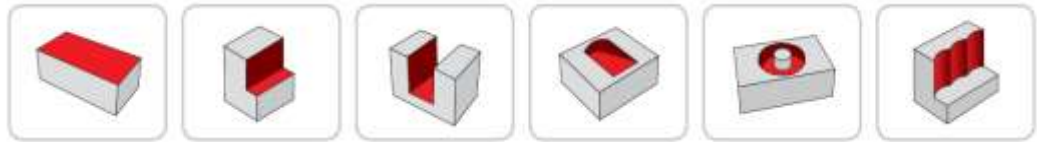
a)



b)



c)



d)

Şekil 6.3. Deneysel çalışmalarda kullanılan takım tutucular a) Takım tutucu b) Veldon tutucu c) Rampalama d) Frezeleme yöntemleri

6.3. Takım Tezgâhı

Deneysel çalışma Karabük Üniversitesi TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Laboratuvarında yer alan dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.4). Deneysel çalışmada kullanılan tezgâhın bazı özellikleri Çizelge 6.4’te verilmiştir.



Şekil 6.4. Deneysel çalışmada kullanılan dik işlem tezgâhı.

Çizelge 6.4. Dik işlem tezgâhının bazı özellikleri.

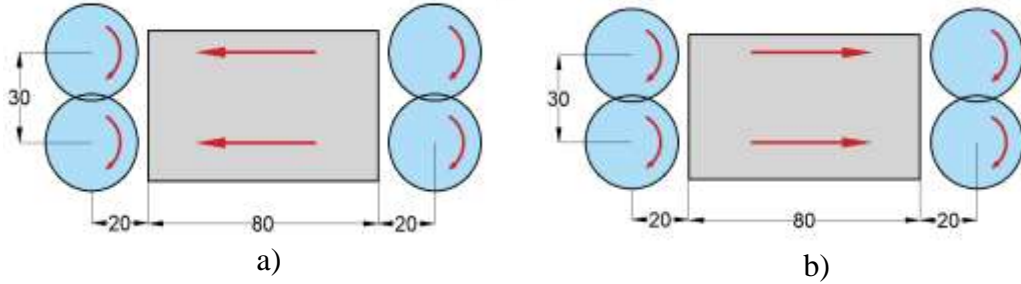
Model	Taksan TMC-500 V Dik İşleme merkezi
Kontrol tipi	Fanuc O-M serisi
X eksen hareketi	500 mm
Y eksen hareketi	500 mm
Z eksen hareketi	450 mm
Devir sayısı	60-6000 dev/dak
Motor gücü	10 HP (7,5 kW)
X-Y-Z hızlı ilerleme	15-15-12 m/dak
Kesme ilerlemesi	1-4000 mm/dak

6.4. Deney Parametreleri

Deneysel çalışmalarda üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme hızı, iki farklı frezeleme yönü ve sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Kullanılan deney parametreleri Çizelge 6.5’te verilmiştir. Deneylerde uygulanan frezeleme yönleri Şekil 6.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Deney parametreleri ve kesici takım özellikleri.

Kesme Şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takım	Kaplamalı (TiAlN) sementit karbür
Kesme Hızı (m/dak.)	100, 130, 160
Kesici ağız başına ilerleme miktarı (mm/ağız)	0,1-0,15-0,2
Talaş derinliği (mm)	2
Kesici takım çapı (mm)	32
Kesme boyu (mm)	160
Kesici ağız sayısı (adet)	2
Kesici takım tutucu çapı (mm)	Ø32
Malzeme sertliği (Hv)	120
Kesme yöntemi	Yüzey frezeleme



Şekil 6.5. Frezeleme Yönleri a) aynı yönlü b) zıt yönlü.

6.5. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülük değerleri Mahr marka MarSurf M 300 tipi yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri Çizelge 6.6'da verilmiştir. Yüzey pürüzlülük cihazının görseli ise Şekil 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.

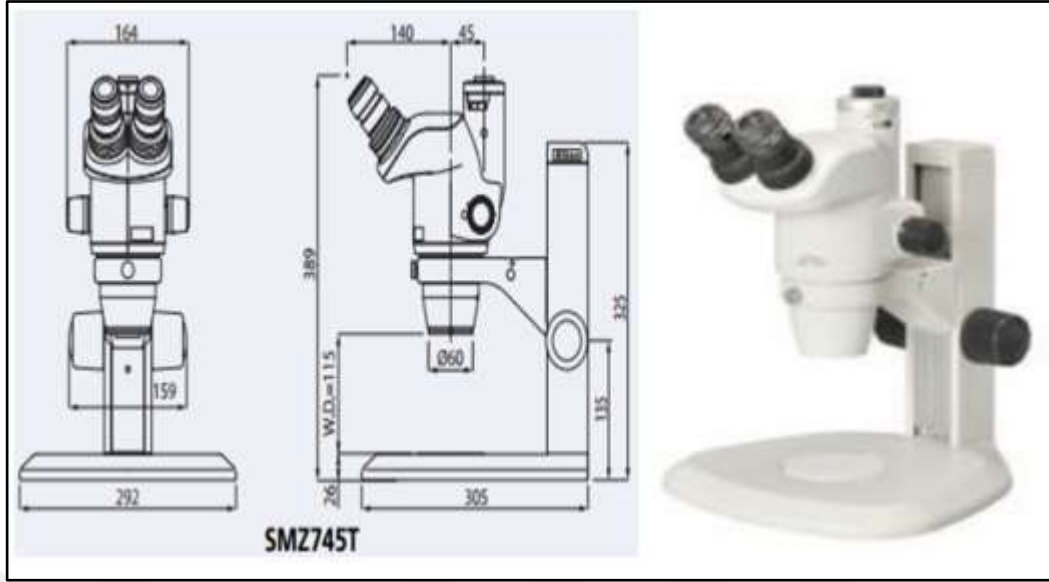
Ölçme Prensibi	Tarama ucunun yöntemi
Girdiler	Endüktif destekli prob
Ölçüm aralığı μm	350-180-90
Temas hızı	0,5 mm/s
Taramanın ucu	2 μm
Ölçümün kuvveti	0,7 mN
Kalibrasyon İşlevi	Dinamik
İşletim Sıcaklık Aralığı	+5 °C± 40 °C
Depolama için Sıcaklık Aralığı	-15 °C± 55 °C
Ağırlık Tahrik ünitesi	Yaklaşık 300 g
Ağırlık Ölçüm aleti	Yaklaşık 1 kg



Şekil 6.6. Yüzey pürüzlülük cihazı.

6.6. Aşınma Miktarı Ölçümü

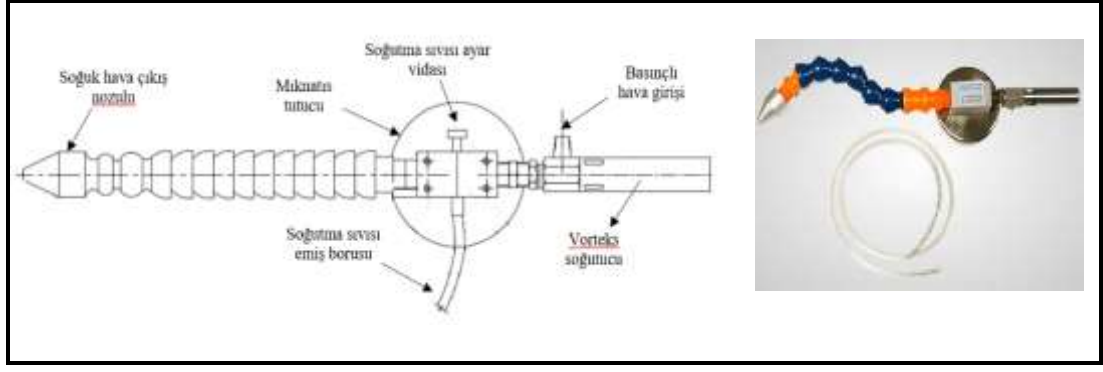
Frezeleme deneyleri sonrasında kesici takımlarda oluşan aşınmalarını ve talaş sıvanmasını incelemek için Nikon SMZ 745T model bir takım mikroskobu kullanılmıştır. Takım mikroskobu 0,67-50X zoom büyütme ve 115 mm uzunluğunda bir çalışma mesafesine sahiptir. Ekstra optik lensler kullanılarak 3,35-300X'e kadar büyütme yapılabilmektedir. Mevcut takım mikroskobu ile 100X'e kadar büyütme yapılabilmektedir. Takım mikroskobu 0,01 mm hassasiyetinde X ve Y yönünde hareket eden milimetrik tablaya sahiptir. Kesici takımda oluşan aşınmalar mikroskoba yerleştirilen bir kamera ile bilgisayar ortamına aktarılmakta ve bu görüntüler Clemex Captiva 6.0 bilgisayar yazılımı kullanılarak takımlar incelenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Takım mikroskobu Şekil 6.7'da verilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takımların her birinin talaş yüzeyleri ve yan yüzeylerinin görüntüleri alınarak incelenmiştir.



Şekil 6.7. Takım mikroskobu.

6.7. Basınçlı Hava Soğutma Sistemi

Soğutma sıvılarının maliyet, çevre ve insan sağlığı gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır. Günümüzde soğutma sıvılarının kullanımını azaltmaya yönelik bir birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma Nex Flow marka Frigid-X Sub-Zero Vortex Buharlı soğutma sistemi kullanılmıştır. Vorteks tüpe giren basınçlı havanın sıcaklığı dağıtım tüpündeki sıvıyı yaklaşık 5 derece C⁰'ye kadar düşürerek soğutma sıvısını "buğu" şeklinde basınçlı soğutulmuş hava ile dışarıya atar. Bu soğutma ile %20'ye kadar daha az soğutucu/yağlayıcı kullanılarak daha hızlı üretim oranları ve iyileştirilmiş kalite sağlanabilir. Ayarlama vidası, ile gereken buhar miktarını kontrol edilir. Basit kullanım, ayar vidası dışında hareketli parçaların olmaması, uzun ömür, düşük maliyetli işletim ve sıfır bakım anlamına gelir. Bu soğutma sistemi Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



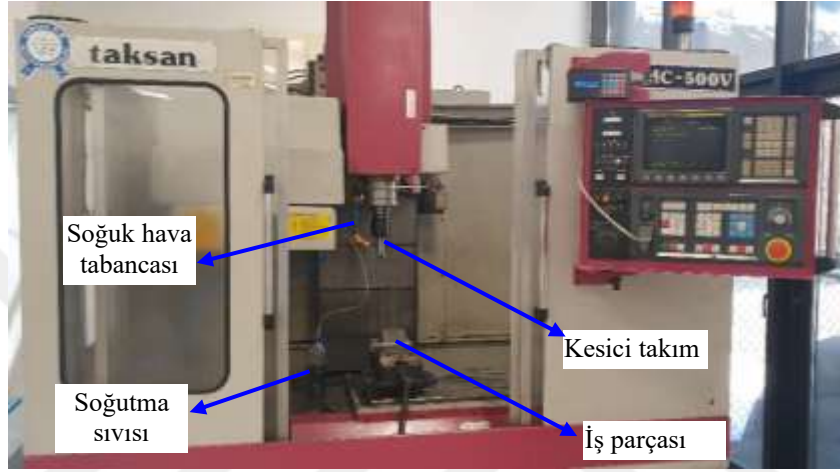
Şekil 6.8. Buhar püskürtmeli soğuk hava tabancası.

Deneylede %5 karışım oranında K 102 Force, yarı sentetik soğutma sıvısı kullanılmıştır. Son teknoloji formülasyonlarla imal edilmiş, yeni teknoloji makinelerin gereksinimlerini karşılayan pas ve bakteri oluşumu ve buna bağlı olarak meydana gelen kokuşma sorunlarını kesin olarak çözen bir üründür. Sert sularda da mükemmel emülsiyon kararlılığını sağlayan ürünler EP (Aşırı Basınç) katılarıyla takviye edilmiştir. En zor işlemlerde çok yüksek takım ömrünü ve mükemmel yüzey düzgünlüğünü garanti etmektedir. Yüksek devir hızlarında (>6000 devir/dk) köpürmeyen ürünler özel seçilmiş katkı malzemeleriyle uzun hazne ömrünü sağlamaktadır. Tornalama, frezeleme vb. her türlü kesme ve delme işlemlerinin yanı sıra yüksek konsantrasyonlarda diş açma, tığ çekme, rayba çekme gibi işlemlerde de başarıyla kullanılabilen sıvıdır.

6.8. Deney Düzenegi

Deney sistemi, döküm yöntemiyle üretilmiş AISI 304 paslanmaz çeliğin farklı kesme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava ile işleminde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne ve kesici takım performansına etkisinin araştırılmasını içermektedir. Deneyleler ilk olarak kuru işleme şartlarında belirlenen kesme parametrelerinde karbür kesici takımlar ile aynı ve zıt yönlü frezeleme yöntemiyle işlenmiştir. Daha sonra aynı kesme parametreleri kullanılarak 6 bar hava basıncında soğuk hava tabancası kullanılarak soğutma sıvısı buhar şeklinde kesme bölgesine gönderilerek frezeleme işlemleri tekrardan yapılmıştır. Deneylelerde belirli bir standart sağlayabilmek adına her bir deney sonrası tezgâh durdurulup, kesme hızı, ilerleme ve kullanılan kesici takım değiştirilmiş ve deneylelerde aynı şartlarda tekrarlanarak işleme

yapılmıştır. Frezeleme işleminden sonra işlenen yüzeylerin altı farklı yerinden yüzey pürüzlükleri ölçümleri yapılmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Daha deneylerde kullanılan kesici takımlar takım mikroskobu ile incelenerek görüntüleri alınmıştır. Elde edilen veriler analiz edilerek ilgili sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulan deney düzeneği Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Deney düzeneği.

BÖLÜM 7

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, döküm yöntemi ile üretilen AISI 304 paslanmaz çeliğin frezelenmesinde üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme miktarı ve iki farklı frezeleme yönü ve sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar soğutma sıvısı kullanılmadan kuru ve buharlı soğuk hava şartlarında yapılmış ve işleme sonrası oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması incelenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

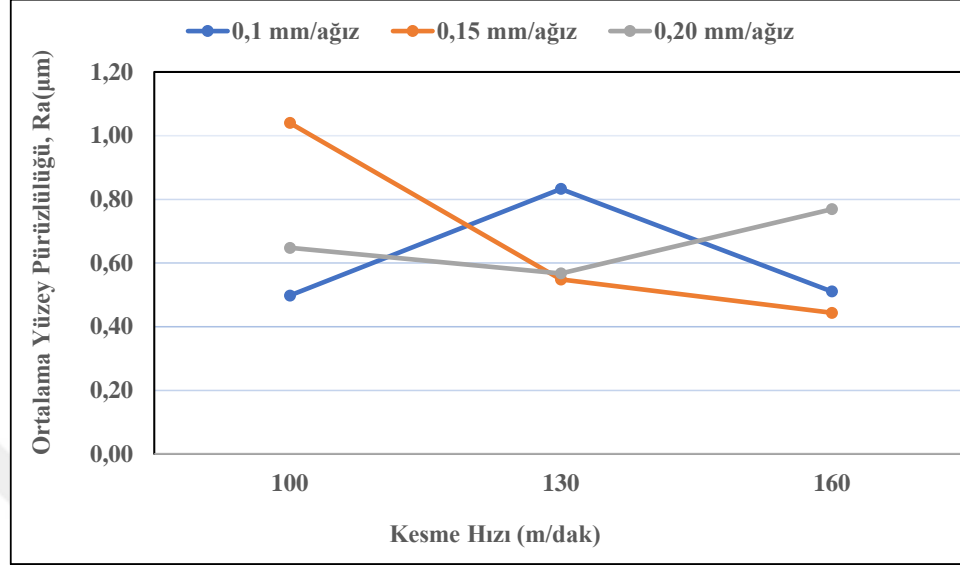
7.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1.1. Aynı yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada, iş parçası farklı işleme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava (BSH) ile aynı yönlü frezelenmiş ve işlenen yüzeylerin altı farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonrasında elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanmıştır. Kuru ve BSH işlemede elde edilen sonuçların grafikleri ayrı ayrı oluşturularak bir değerlendirme ve her iki işleme şartı için tek bir grafik oluşturularak bir karşılaştırma yapılmıştır. AISI 304 paslanmaz çeliğin aynı yönlü kuru frezelenmesinde elde edilen ortalama Ra değerlerinin grafikleri Şekil 7.1’de verilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametrelerden birisi ilerleme miktarıdır. Hem teoride hem de literatürde ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı ifade edilmektedir. Aynı zamanda kesme hızının artmasıyla da yüzey pürüzlülüğünde bir iyileşme beklenir. Ancak Şekil 7.1’deki grafik incelendiğinde ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişimin çok farklı olduğu görülmektedir. Aynı yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında en düşük yüzey pürüzlülüğü 0,15 mm/ağız ilerleme miktarı ve 160 m/dak kesme hızında elde edilirken

en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı ilerleme miktarında 100 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.



Şekil 7.1 Aynı yönlü kuru frezelemede yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

0,1 mm/ağız ilerleme miktarında kesme 100 m/dak kesme hızından 130 m/dak çıktığında Ra değerinde yaklaşık %52'lik bir artış olmuştur. Aynı ilerleme miktarında kesme hızının 160 m/dak çıkmasıyla Ra değeri 0,51 µm'a düşmüştür.

0,15 mm/ağız ilerleme miktarında 100 m/dak kesme hızında en yüksek pürüzlülük değeri (1,04 µm) elde edilmiştir. Bu pürüzlülüğündeki bu değişime kesici takımında oluşan yığıntı talaşın (BUE) neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 7.2). Kesici takımında oluşan yığıntı talaş iş parçası malzemesinden çok sert olduğu için aktif olarak kesme işlemi yapar. Düzensiz bir yapıda olması nedeniyle de yüzey pürüzlülük değerini artırır. İlave olarak, kırılması durumunda kesici takımdan da bir parça koparır [59]. Kesme hızının 130 ve 160 m/dak'ya çıkmasıyla Ra değerlerinde sırasıyla %89 ve %24'lük bir azalma meydana gelmiştir. Buradaki azalmalar kesme hızının artması ile yığıntı talaş eğiliminin azalmasıyla açıklanabilir.

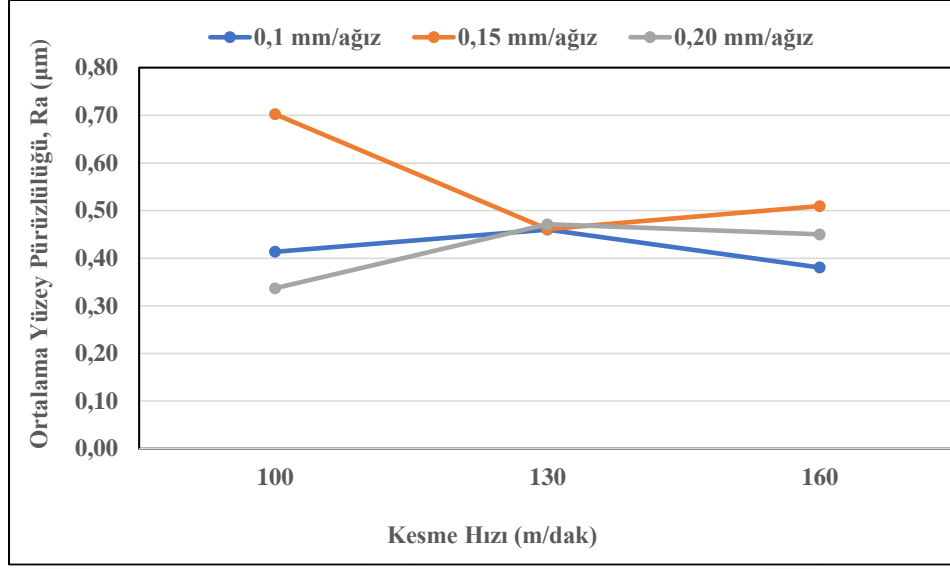


Şekil 7.2. 130 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/ağız ilerlemede oluşan yığıntı talaş.

0,2 mm/ağız ilerleme miktarında 100 m/dak kesme hızında Ra değeri 0,648 μm olarak ölçülmüştür. Kesme hızının 100 m/dak'dan 130 m/dak'ya çıktığında Ra değerinde %14'lük bir azalma olmuştur. Kesme hızı 160 m/dak çıktığında Ra değeri bir önceki parametreye göre %26'lık artış göstererek 0,769 μm 'a çıkmıştır. Yüzey pürüzlülüğündeki bu artışa kesici takımında oluşan aşınmanın ve kırılmaların neden olduğu düşünülmektedir.

AISI 304 paslanmaz çeliğin aynı yönlü buharlı soğuk hava (BSH) ile frezelenmesinde elde edilen ortalama Ra değerlerinin grafikleri Şekil 7.3'te verilmiştir. Şekil 7.3'teki grafik incelendiğinde BSH ile işlemede yüzey pürüzlülüğü değeri en düşük 100 m/dak kesme ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,15 mm/ağız ilerleme hızında elde edilmiştir. BSH ile işlemede de yüzey pürüzlülük değerlerinde kesme hızı ve ilerleme miktarına göre farklılık göstermektedir. Üç farklı ilerleme miktarında 100 m/dak kesme hızında elde edilen pürüzlülük değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

0,1 mm/ağız ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında Ra değeri 0,414 μm iken, kesme hızı 130 m/dak çıktığında Ra değeri %41'lik bir artışla 0,702 μm çıkmış ve kesme hızının 160 m/dak yükselmesiyle Ra değeri 0,337 μm 'a düşmüştür. Ra'daki bu düşüş kesme kuvvetlerindeki ve talaş yapışmasındaki azalmaya atfedilebilir. 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde pürüzlülük değerleri, 0,1 mm/ağız ilerlemedeki değerlere yakın olup grafikte benzer bir eğilim göstermektedir.



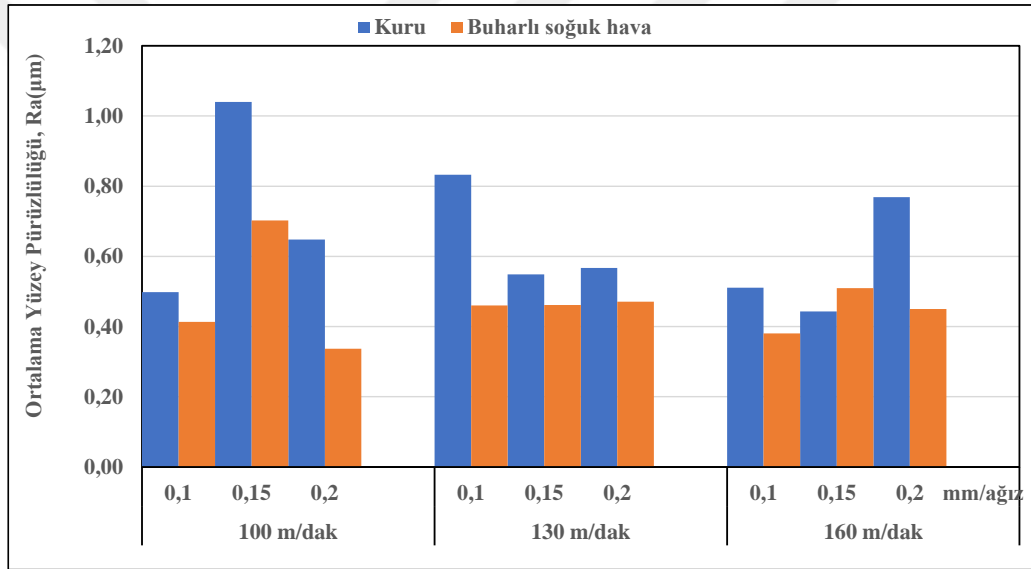
Şekil 7.3 Aynı yönlü BSH ile frezelemede yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

0,15 mm/ağız ilerlemede 100 m/dak kesme hızından 130 m/dak kesme hızına çıkıldığında Ra değerinde %40'lık bir azalma meydana gelmiş ve kesme hızı 160 m/dak çıktığında pürüzlülük değeri 0,51 µm yükselmiştir. Bu yükselişe kesme hızındaki artışın takım aşınmasını hızlandırmasına ve tezgâhta titreşimin artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

0,2 mm/ağız ilerlemede elde edilen pürüzlülük değerleri diğerleri yakın ya da daha düşüktür. Trent ve Wright, bunun nedeni östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde yüksek ilerleme miktarlarında kesici takımlarda oluşan hasarın azaldığını ve yüzey pürüzlülüğünde bir iyileşmeye neden olduğu belirtilmişlerdir [60].

Şekil 7.4'te aynı yönlü frezelemede kuru ve BSH ile işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. BSH ile işleme şartlarında elde edilen Ra değerlerinin kuru işleme ile elde edilen Ra değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. BSH ile işleme şartlarında Ra değerlerinde kuru işlemeye göre %16 ila %48 arasında bir iyileşme sağlanmıştır. En iyi iyileşme %48'lik bir azalışla 100 m/dak kesme ve 0,2 mm/ağız ilerlemede gerçekleşmiştir. 100 m/dak kesme hızında 0,1 mm/ağız ilerlemede kuru işlemeye göre %17, 0,15 mm/ağız ilerlemede kuru işlemeye göre %32'lik bir iyileşme meydana gelmiştir. 130 m/dak kesme hızında ilerlemenin her bir seviyesinde sırayla %45, %16 ve %17'lik bir azalma görülmüştür.

160 m/dak kesme hızında ise 0,1 mm/ağız ilerlemede %26, 0,2 mm/ağız ilerlemede %41'lik azalma görülürken, %26 0,15 mm/ağız ilerlemede %15'lik bir artış görülmüştür. Buradaki artışın iş parçasının yüzeyinin sert olmasına ve bu sertliğin değişkenlik göstererek titreşime neden olduğu düşünülmektedir. BSH iş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeyi azaltmakta ve yağlama yapmaktadır. Kesme gölgesinde sıcaklığın azalması takım aşınmasını, talaş sıvanmasını ve kesme kuvvetlerini azaltmakta ve yüzey pürüzlülüğünde bir iyileşme meydana gelmektedir. Yüksek kesme hızlarında takım aşınması artar ve yüzeyi kötüleştirir. Ancak bazen sıvanmanın düzgün gerçekleşmesi veya aşınmanın düzenli olarak takım ucu düzleştirilmesi de pürüzlülüğü azaltabilir.



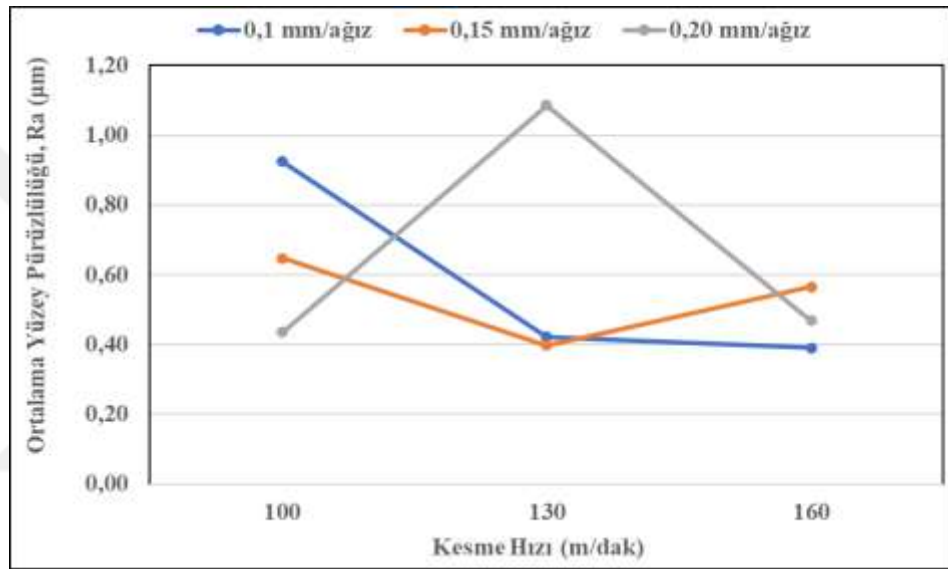
Şekil 7.4. Aynı yönlü frezelemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

7.1.2. Zıt yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi

Deneysel çalışmada, iş parçası farklı işleme parametrelerinde kuru ve buharlı soğuk hava (BSH) ile zıt yönlü frezelenmiş ve işlenen yüzeylerin altı farklı noktasından ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonrasında elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanmıştır. Kuru ve BSH işlemede elde edilen sonuçların grafikleri ayrı ayrı oluşturularak bir değerlendirme ve her iki işleme şartı için tek bir grafik oluşturularak bir karşılaştırma yapılmıştır. AISI

304 paslanmaz çeliğin zıt yönlü kuru frezelenmesinde elde edilen ortalama Ra değerlerinin grafikleri Şekil 7.5'te verilmiştir.

Zıt yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülüklerinde aynı yönlü frezelemedeki gibi düzensizlikler söz konusudur. Zıt yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında en düşük yüzey pürüzlülüğü 0,15 mm/ağız ilerleme miktarı ve 130 m/dak kesme hızında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilmiştir.



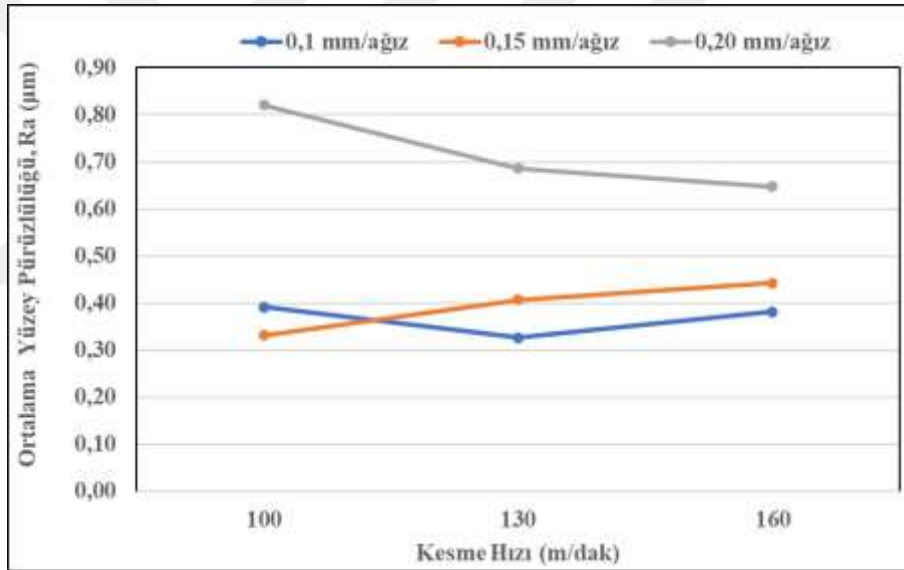
Şekil 7.5. Zıt yönlü kuru frezelemede yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

0,1 mm/ağız ilerleme miktarında 130 m/dak ve 160 m/dak kesme hızlarının Ra değerleri sırasıyla 0,421 µm ve 0,391 µm'a düşmüştür. Ra'daki bu azalma literatürde beklenen bir durumdur. 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında kesme hızı 130 m/dak kesme hızına çıktığında Ra değerinde bir azalma meydana gelirken 130 m/dak'dan 160 m/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiştir. 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında 100 m/dak ve 160 m/dak kesme hızında elde edilen Ra değerleri (0,436 µm ve 0,468 µm) birbirlerine çok yakın olarak ölçülürken 130 m/dak kesme hızında en yüksek Ra değeri ölçülmüştür.

Talaşlı imalatta işleme zamanını azaltmak ve verimliliği artırmak için ilerleme miktarının yüksek olması istenir. Genellikle ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülük

değeri artar. Östenitik paslanmaz çelikler ise bu genel kuralın dışında kaldığı için yüksek ilerleme hızları yüzey pürüzlülük değerlerini azaltmaktadır.

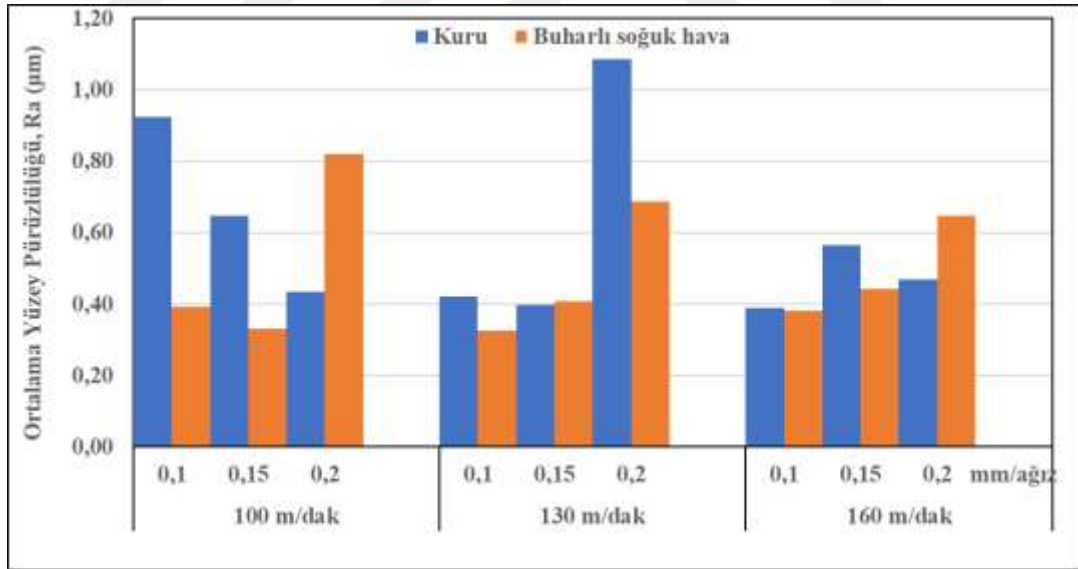
AISI 304 paslanmaz çeliğin zıt yönlü buharlı soğuk hava (BSH) ile frezelenmesinde elde edilen ortalama Ra değerlerinin grafikleri Şekil 7.6’te verilmiştir. Şekil 7.6’teki grafik incelendiğinde en düşük yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme hızında elde edilmiştir. BSH ile işlemede de yüzey pürüzlük değerlerinde ilerleme miktarı arttıkça genellikle pürüzlülük değerlerinin arttığı ve literatürle paralellik göstermektedir. 0,1 ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarlarında elde edilen pürüzlülük değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 7.6. Zıt yönlü BSH ile frezelemede yüzey pürüzlüğünün kesme hızına göre değişimi.

0,1 mm/ağız ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında Ra değeri 0,414 µm iken, kesme hızı 130 m/dak çıktığında Ra değerinde %20’lik bir azalma ve kesme hızının 160 m/dak yükselmesiyle Ra değerinde %20’lik bir artış görülmüştür. 0,15 mm/ağız ilerlemede kesme hızının sırasıyla 130 ve 160 m/dak’ya çıkmasıyla Ra değerlerinde %18 ve %8’lik bir artış görülmüştür. 0,2 mm/ağız ilerlemede kesme hızının artmasıyla pürüzlülük değerlerinde bir azalma görülmesine rağmen en yüksek pürüzlülük değerleri bu işleme parametresinde elde edilmiştir.

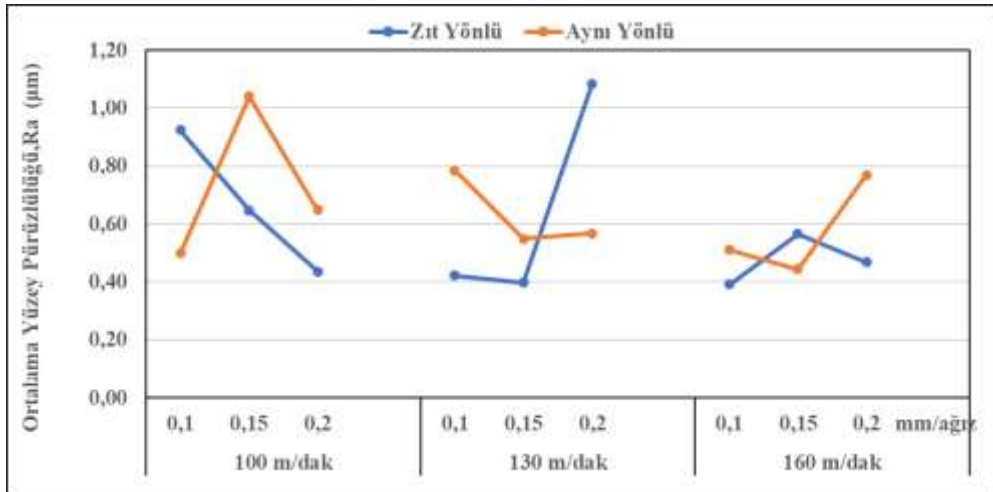
Şekil 7.7’te zıt yönlü frezelemede kuru ve BSH ile işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. BSH ile işleme şartlarında elde edilen bazı Ra değerlerinin kuru işleme ile elde edilen Ra değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. BSH ile işleme şartlarında Ra değerlerinde kuru işlemeye göre %2’ile %136 arasında bir iyileşme sağlanmıştır. En iyi iyileşme %136’lık bir azalışla 100 m/dak kesme ve 0,1 mm/ağız ilerlemede gerçekleşmiştir. 100 m/dak kesme hızında 0,15 mm/ağız ilerlemede kuru işlemeye göre %95’lik azalma, 0,2 mm/ağız ilerlemede kuru işlemeye göre %47’lik bir artış meydana gelmiştir. Buradaki değişimin parçanın üst yüzeyindeki sert cüruf tabakasından kaynaklandığı ve sertliğin değişkenlik gösterdiği düşünülmektedir. BSH’nın bu parametrede yetersiz kaldığı görülmüştür. Benzer artışlar %2 ile 130 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/ağız ilerlemede ve %28 ile 160 m/dak kesme hızı 0,2 mm/ağız ilerlemede gerçekleşmiştir. 130 m/dak kesme hızında 0,1 ve 0,2 mm/ağız ilerlemede sırayla %29 ve %58’lik bir azalma görülmüştür. 160 m/dak kesme hızında ise 0,1 mm/ağız ilerlemede %2, 0,15 mm/ağız ilerlemede %28’lik azalma görülmüştür.



Şekil 7.7. Zıt yönlü frezelemede kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

7.1.3. Aynı ve Zıt yönlü frezelemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması

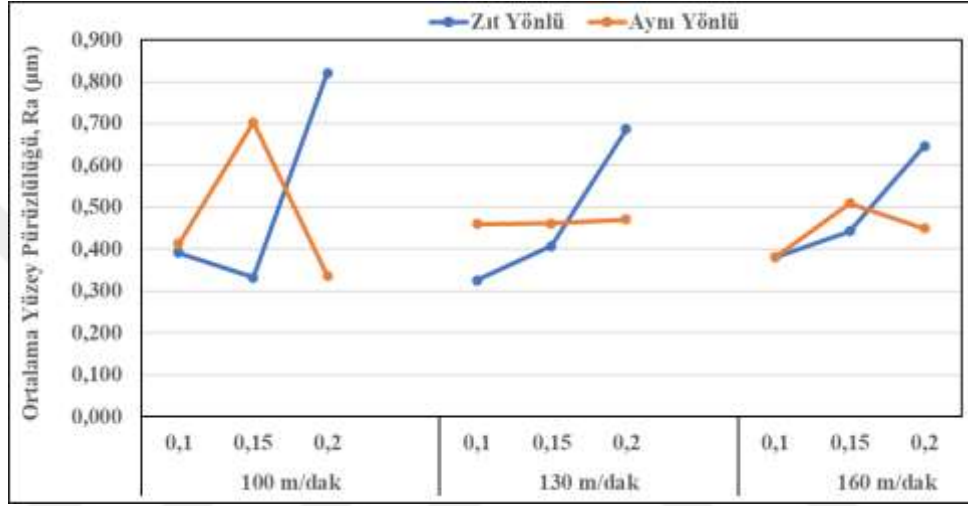
Şekil 7.8’de aynı ve zıt yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Kuru işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/ağız ilerlemede zıt yönlü frezeleme ile elde edilmiştir. Aynı yönlü frezelemede sadece 100 m/dak kesme hızı 0,15 mm/ağız, 130 m/dak kesme hızı 0,2 mm/ağız ve 160 m/dak, 0,15 mm/ağız kesme parametrelerinde zıt yönlü frezelemeye göre düşük Ra değerleri elde edilmiştir. Aynı yönlü frezelemede elde edilen Ra değerleri oldukça yüksektir. Literatürde genelde aynı frezeleme ile iyi yüzey pürüzlüğü elde edilebileceğinden bahsedilmektedir. Aynı yönlü frezelemede kesici takım çok talaştan az talaşa hareket eder. Döküm yöntemi ile üretilen AISI 304 çeliğinin yüzeyi sert yapıdaki cürufa sahip olması, paslanmaz çelik malzemenin mukavemeti ve işlerken oluşan talaş sıvanması takım aşınmasını hızlandırabilir. Sert yüzey kesme kuvvetlerini artırırken, takım aşınması ve yapışma yüzey kalitesini kötüleştirmektedir. Aynı yönlü frezelemede elde edilen kötü yüzey sebepleri bunlardan kaynaklanabilir.



Şekil 7.8. Kuru işlemede frezeleme yönlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

Şekil 7.9’da aynı ve zıt yönlü frezelemede BSH işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. BSH ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/ağız ilerlemede zıt yönlü

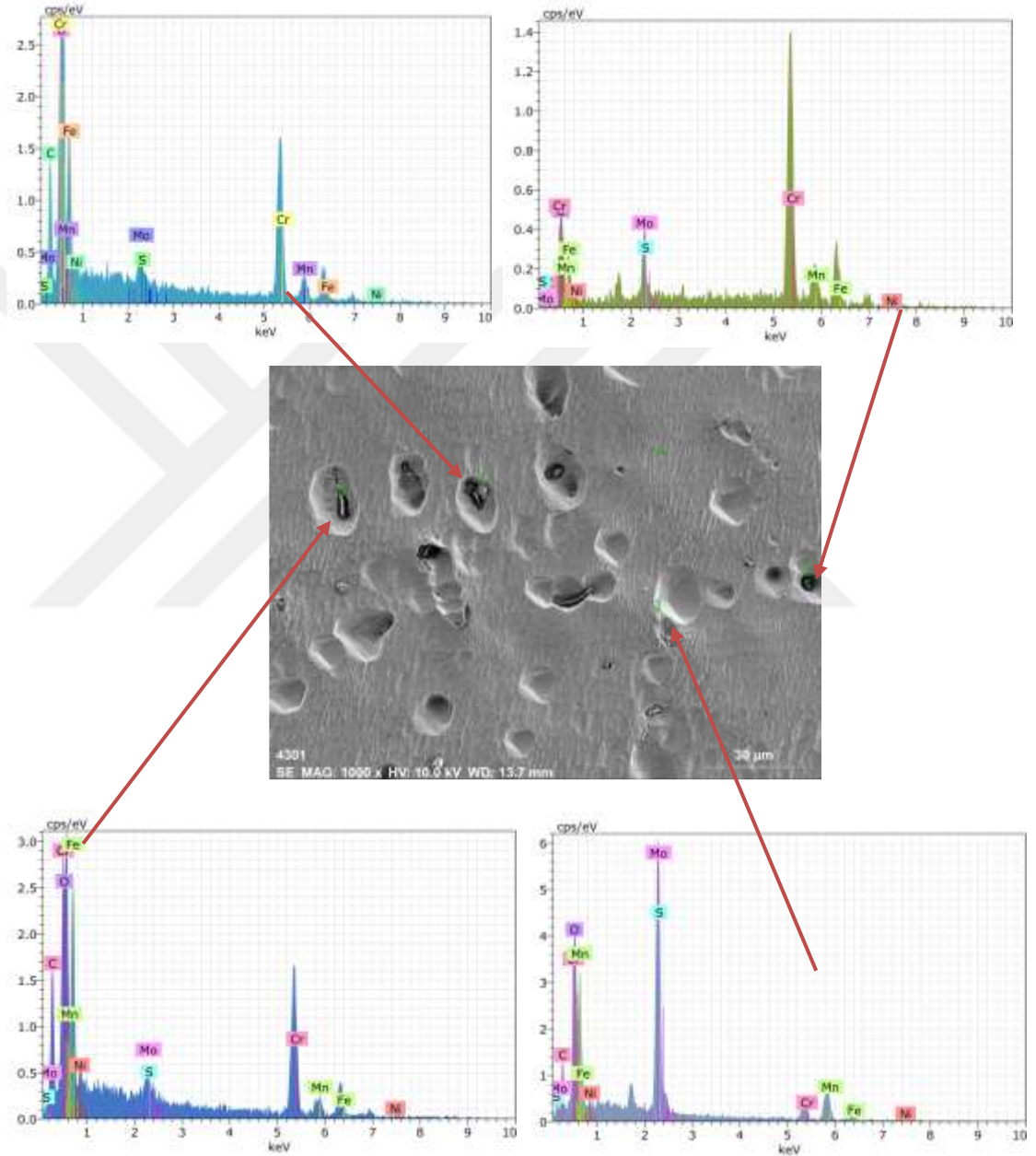
frezeleme ile elde edilmiştir. Tüm kesme hızlarında 0,1 ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilen pürüzlülük değerleri aynı yönlü frezeleme ile elde edilen pürüzlülük değerlerinden düşüktür. Yüksek ilerlemede (0,2 mm/ağız) tüm kesme hızlarında aynı yönlü frezeleme ile işlemede elde edilen pürüzlük değerleri zıt yönlü frezelemenden daha düşüktür. Aynı yönlü frezelemede talaş kesiti azaldığından dolayı yüksek ilerleme değerlerinde işleme yapılabilir.



Şekil 7.9. Buharlı soğuk hava ile işlemede frezeleme yönlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenmesinde uygulanan aynı ve zıt yönlü frezeleme işlemlerinde hem kuru hem de BSH ile işleme elde edilen yüzey pürüzlüklerindeki değişimlerin bir diğer nedeninde iş parçasının döküm yöntemi üretilmesinden kaynaklandığı görülmektedir. İş parçası malzemesine yapılan EDX analizi Şekil 7.10'da gösterilmiştir. Döküm işleminden sonra döküm soğuma hızı düşük ve normal çevre şartlarında gerçekleştiğinden dolayı tane yapılarının büyüdüğü farklı inklüzyonların ve reoksidasyon kalıntılarının oluştuğu görülmektedir. Reoksidasyon kalıntısı döküm sürecinin herhangi bir aşamasında sıvı metalin hava ile teması sonucunda oluşan kalıntı parçacıklar. Yani bu kalıntılar hem ergitme hem pota işlemleri hem de sıvı metalin kalıba dökümü sırasında oluşuyor olabilir. O nedenle döküm sürecinde sıvı metalin havayla temasını her aşamada minimize etmek, bu kalıntıların miktarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. İş parçasının EDX analizi incelendiğinde krom oksit (Cr_2O_3), demir oksit (FeO), mangan oksit (MnO), molibden oksit (MoO_2) gibi kalıntıların olduğu görülmektedir. Bu kalıntıların yapısı

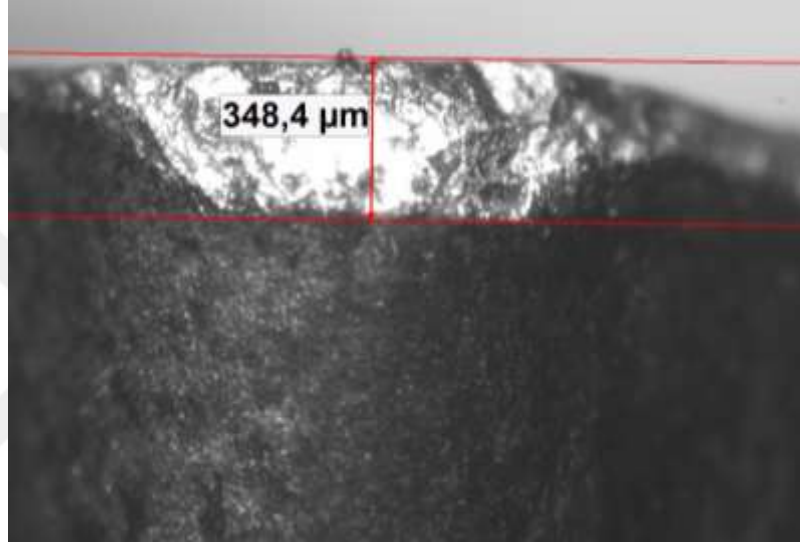
çok sert olduğundan kesici takımın hızlı aşınmasına ve işleme sırasında kesme kuvvetlerinin değişmesine neden olarak yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirmektedir. Ayrıca iş parçasının dış yüzeyindeki sert cüruf tabakasının sertliği 28 ila 31 HRc arasında değişmekte ve bu sertlik değişimleri de yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir.



Şekil 7.10 İş parçasının EDX analizi.

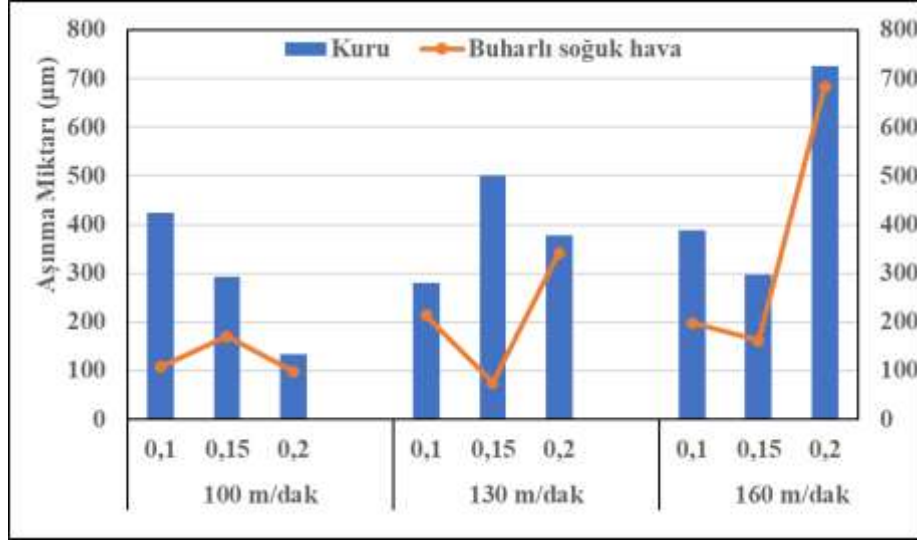
7.2. KESİCİ TAKIM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

AISI 304 paslanmaz çeliği üç farklı kesme hızı (80, 120, 160 m/dk) ve üç farklı ilerleme hızı (0,1- 0,15- 0,2 mm/ağız) kullanılarak gerçekleştirilen deneysel çalışma sonunda her bir kesici takımında oluşan burun aşınmaları takım mikroskobu ile ölçülmüştür. Her deney şartında her bir kesici uç ile toplam 8 cm³ talaş kaldırılarak kesici takımlarda oluşan aşınmalar ölçülmüştür (Şekil 7.11).



Şekil 7.11. Aşınma miktarlarının ölçülmesi (130 m/dak, 0,15 mm/ağız, BSH ile zıt yönlü frezeleme)

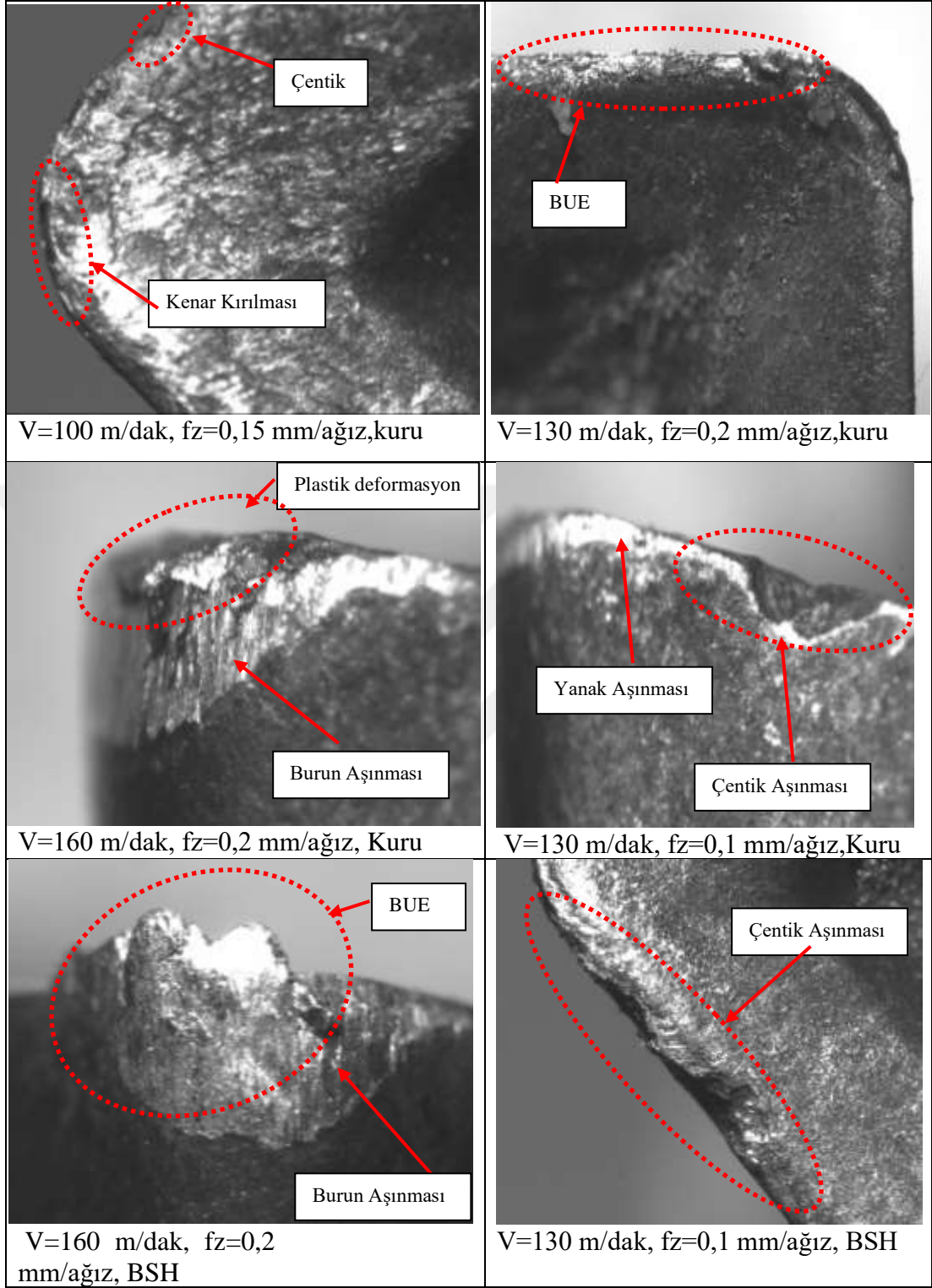
Şekil 7.12’de aynı yönlü frezelemede kuru ve BSH ile işlemede kesici takım oluşan aşınmaların işleme parametrelerine göre değişimi gösterilmiştir. Aynı yönlü frezelemede en düşük aşınma miktarı BSH ile işlemede 130 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında olurken en yüksek aşınma miktarı ise 160 m/dak kesme hızı ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında kuru işlemede oluşmuştur. Tüm kesme parametrelerinde BSH ile işlemede kuru işlemeye göre takım aşınmalarında bir azalma görülmektedir. Kuru işlemede kesici takımında oluşan aşınmaları düzenli olduğu söylenemez. Bunun nedeni iş parçasında oluşan reoksidasyon kalıntılarında kaynaklanmaktadır.



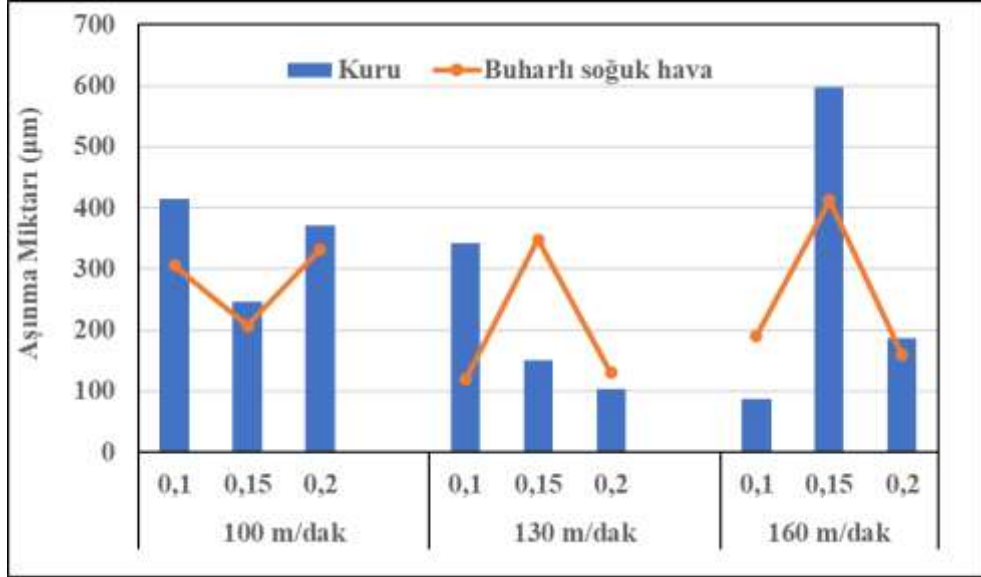
Şekil 7.12. Aynı yönlü frezelemede işleme şartlarına göre oluşan takım aşınması.

Aynı yönlü frezelemede kuru işlemede kesici takımda oluşan aşınma mekanizmaları ve tipleri incelendiğinde abrasive aşınma sonucunda kesici takımlarda burun aşınması ve yanak aşınması ile adhesive aşınma sonucunda da kesici kenarlarda yığıntı talaş oluşumu görülmüştür. Aynı zamanda kesici kenarlarda çentik oluşumu ve mikro kırılmalar görülmüştür. Çiftçi tarafından yapılan çalışmada kesici uçtaki kırılmalarda adhesive aşınma mekanizmasının etkin olduğu açıkça görülmektedir [61]. Yüksek hızı ve ilerleme miktarında da plastik deformasyon gözlemlenmiştir. Aynı yönlü frezelemede BSH ile işlemede de benzer aşınma mekanizmaları ve tipleri görülmüştür (Şekil 7. 13).

Şekil 7.14'te zıt yönlü frezelemede kuru ve kesici takım oluşan aşınmaların işleme parametrelerine göre değişimi gösterilmiştir. Zıt yönlü frezelemede en düşük aşınma miktarı BSH ile işlemede 130 m/dak kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında olurken en yüksek aşınma miktarı ise kuru işlemede 160 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında oluşmuştur. Bazı kesme parametrelerinde BSH ile işlemede kuru işlemeye göre takım aşınmalarında bir azalma görülürken bazı parametrelerde bir artış görülmüştür. Takım aşınmasındaki bu değişikliklerin iş parçasının yüzeyindeki farklı sertliklerden ve iş parçasının yapısındaki kalıntılardan oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca BSH sisteminin yetersizliğini göstermektedir.

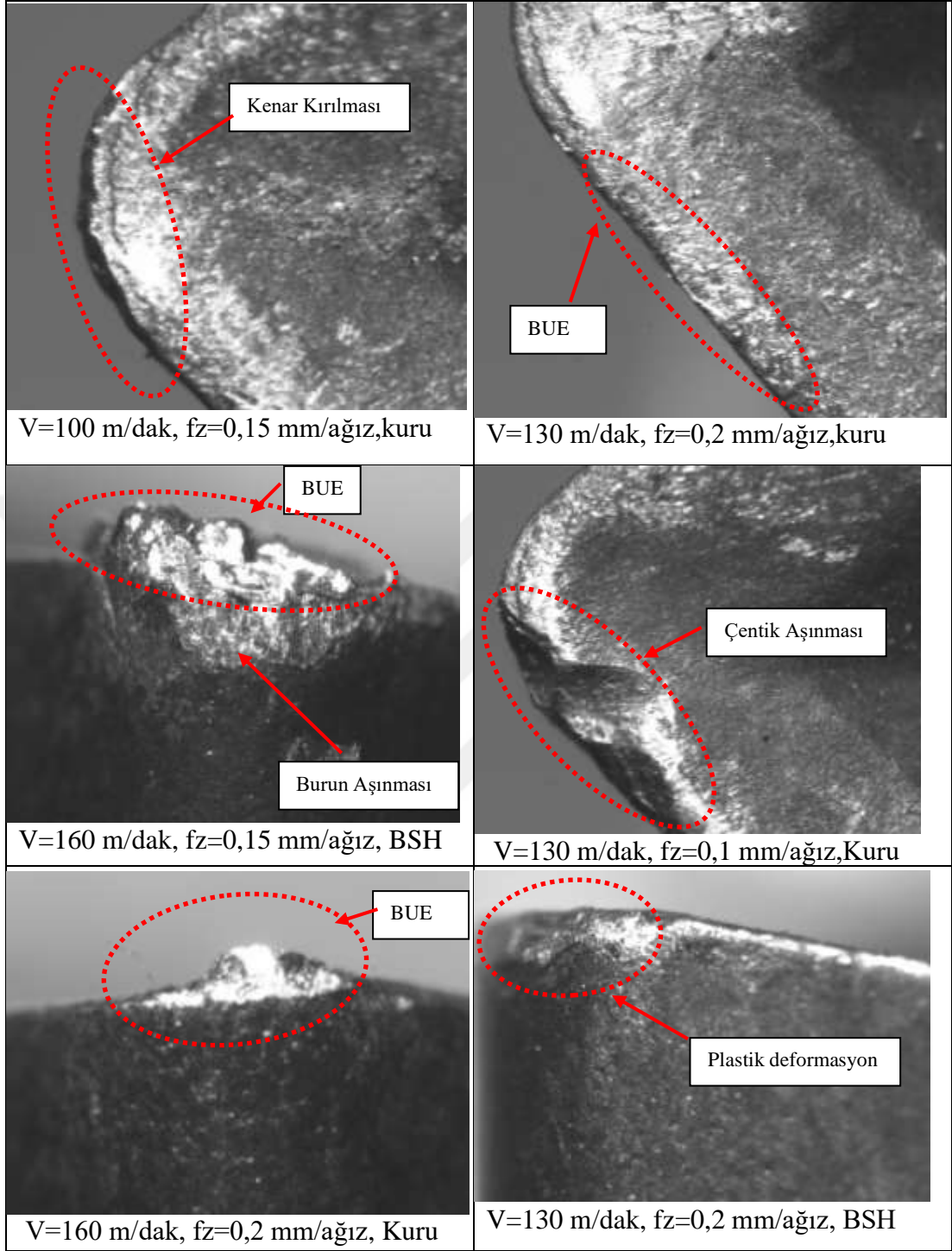


Şekil 7.13. Aynı yönlü frezelemede oluşan aşınma tipleri.



Şekil 7.14. Zıt yönlü frezelemede işleme şartlarına göre oluşan takım aşınması.

Şekil 7.14'te AISI 304 paslanmaz çeliğin zıt yönde kuru ve BSH ile frezelenmesinde oluşan aşınma tiplerinin aynı yönlü frezelemede oluşan aşınma tipleri ile benzer oluşturduğu görülmektedir. Kesme işlemi sırasında artan kesme hızı ile artan ısının ve basıncın etkisi, kesici takımın daha fazla aşınmasına ve aşınma mekanizmalarının oluşumunun hızlanmasına neden olmaktadır. İlerleme miktarındaki artışın takım ucundaki sıcaklığı arttırdığı ve aşınmayı kolaylaştırdığı ikinci bir sebep olarak söylenebilir. Talaşlı imalat işlemlerinde iş parçasının, takım talaş yüzeyine yayılarak yapışması yığıntı talaş olarak ifade edilmektedir. Yığıntı talaş çoğunlukla sünek malzemelerin işlenmesinde meydana gelmektedir. Paslanmaz çelik malzemesinin sünek özelliği nedeniyle talaşlı imalat işlemlerinde iş parçası malzemesi ile kesici takım arasından çok güçlü bir yapışma eğilimi göstermektedir. Çiftçi tarafından yapılan bir çalışmada AISI 304 ve AISI 316 paslanmaz çelikler kaplamalı sementit karbürlerle tormalanmasında kesici takımlarda oluşan aşınmalar SEM ile incelenmiştir. SEM fotoğraflarından kesici takımın yan yüzey ve çentik aşınmalarına ilave olarak yeni işlenmiş iş parçası ile temas eden ikinci kesme kenarında da adhesiv aşınma mekanizmasının neden olduğu aşınmalar görülmüştür [61].



Şekil 7.15. Zıt yönlü frezelemede oluşan aşınma tipleri.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. SONUÇLAR

Döküm yöntemi ile üretilmiş AISI 304 çeliğinin kuru ve buharlı soğuk hava ile düzlem yüzey frezelenmesi işleminde kesme hızının ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sabit 2 mm talaş derinliği (a_p) alınarak işleme yapılmıştır. İşlenebilirlik deneylerinde üç farklı seviyede kesme hızı (100, 130,160 m/dak) ile üç farklı seviyede ilerleme miktarı (0,1, 0,15, 0,2 mm/ağız) olarak kullanılmıştır. Deney numunesi belirlenen parametrelerde işlenmiş ve işleme sonrası işlenen yüzeyde yüzey pürüzlülükleri ile kesici takım aşınmaları incelenmiştir.

Deneysel sonuçlarda elde edilen bulgular aşağıda belirtilmiştir.

- Aynı yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında en düşük yüzey pürüzlülüğü 0,15 mm/ağız ilerleme miktarı ve 160 m/dak kesme hızında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı ilerleme miktarında 100 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.
- Aynı yönlü frezelemede BSH ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,15 mm/ağız ilerleme hızında elde edilmiştir.
- Aynı yönlü frezelemede üç farklı ilerleme miktarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.
- Zıt yönlü frezelemede kuru işleme şartlarında en düşük yüzey pürüzlülüğü 0,15 mm/ağız ilerleme miktarı ve 130 m/dak kesme hızında elde edilirken en yüksek

yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilmiştir.

- Zıt yönde buharlı soğuk hava ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü aynı kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme hızında elde edilmiştir.
- Frezeleme yönlerinin etkisi karşılaştırıldığında BSH ile işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/ağız ilerlemede zıt yönlü frezeleme ile elde edilirken, kuru işlemede en düşük yüzey pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/ağız ilerlemede zıt yönlü frezeleme ile elde edilmiştir.
- Aynı yönlü frezelemede en düşük aşınma miktarı BSH ile işlemede 130 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında olurken en yüksek aşınma miktarı ise 160 m/dak kesme hızı ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında kuru işlemede oluşmuştur.
- Tüm kesme parametrelerinde basınçlı soğuk hava ile işlemede kuru işlemeye göre takım aşınmalarında bir azalma görülmektedir.
- Kesici takımlarda abarativ ve adhesive aşınma mekanizmaları sonucunda yığıntı talaş (BUE), burun aşınması, yanak aşınması ve plastik deformasyon, çentik aşınması, kesici kenarda mikro kırıklar görülmüştür.
- Zıt yönlü frezelemede en düşük aşınma miktarı BSH ile işlemede 130 m/dak kesme hızında 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında olurken en yüksek aşınma miktarı ise kuru işlemede 160 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında oluşmuştur.
- Aynı yönlü frezelemede en düşük aşınma miktarı BSH ile işlemede 130 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/ağız ilerleme miktarında olurken en yüksek aşınma miktarı ise 160 m/dak kesme hızı ve 0,2 mm/ağız ilerleme miktarında kuru işlemede oluşmuştur.
- Buharlı soğuk hava aynı yönlü frezelemenin kesici takım aşınmasının azalmasına katkı sağlamıştır.
- En fazla kesici takım aşınmaları kuru işleme şartlarında oluşmuştur.

- İş parçasında oluşan krom oksit (Cr_2O_3), demir oksit (FeO), mangan oksit (MnO), molibden oksit (MoO₂) gibi kalıntılar hızlı takım aşınmasına neden olmuştur. Hızlı takım aşınmaları sonucunda yüzey pürüzlük değerlerinde değişimler görülmüştür.

8.2. ÖNERİLER

Aşağıdaki önerilerin bu konunun tamamlayıcısı olacağı ve diğer çalışmalara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

- Farklı soğutma sistemleri ile işlemenin takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Farklı paslanmaz çelik kalitelerinin işlenebilirliği ve kesici takım performansları incelenebilir.
- Farklı kesici takım malzemeleri ve kesici takım geometrilerinin paslanmaz çelikler üzerindeki etkisi incelenebilir, modellenilebilir ve optimize edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Özer, A. ve Bahçeci, E., "AISI 410 martensitik paslanmaz çeliklerin kesici takım ve kaplamasına bağlı işlenebilirliği", *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 24(4), 693-698 (2009).
- [2] Sandvik Coromant Co. Inc, Modern Metal Cutting-A Practical Handbook, *Sandvik*, Sweden (1997).
- [3] Outeiro, J. C., Umbrello, D. ve M'Saoubi, R., "Experimental and numerical modelling of the residual stresses induced in orthogonal cutting of AISI 316L steel", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, (46), 1786-1794 (2006).
- [4] Nasr, E., Ng, G. ve Elbestawia, M. A., "Modelling the effects of tool-edge radius on residual stresses when orthogonal cutting AISI 316L", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, (47), 401-411 (2007).
- [5] Kamely, M. A., ve Noordin, M. Y., "The impact of cutting tool materials on cutting force", *World Academy of Science Engineering and Technology*, (75), 904-907 (2011).
- [6] Korkut, İ., Boy, M., Karacan, İ. ve Şeker, U., "Investigation of chip-back temperature during machining depending on cutting parameters", *Materials and Design*, (28), 2329-2335 (2007).
- [7] Dogra, M., Sharma, V. S., ve Dureja, J., "Effect of tool geometry variation on finish turning—A Review", *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 4(1), 1-13 (2011).
- [8] Çakır, M. C., "Modern Talaşlı İmalatın Esasları, *Vipaş A. Ş.*, Bursa (1999).
- [9] Kaluç, E. ve Taban, E., "Paslanmaz Çelikler, Geliştirilen Yeni Türleri ve Kaynak Edilebilirlikleri", *TMMOB Makine Mühendisleri Odası* (2007).
- [10] Aran, A. ve Temel, M. A., "Paslanmaz Çelik, Üretimi, Kullanımı, Standartları", *Sarıtaş Teknik Yayın*, İstanbul (2004).
- [11] Arslan, B., "AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenmesinde farklı talaş kirici formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Konya, 41-43 (2019).

- [12] Askeland, D. R., "The Science and Engineering of Materials", Ankara (2000).
- [13] Güventürk, F., "Çelik El Kitabı", *Güven Çelik San. ve Tic. Ltd. Şti. Yayınları*, İzmir (1990).
- [14] Stenbacka, N., "Shielding gas technology when welding ordinary and high alloyed stainless steels", *Aga Gas AB*, 83-90 (1995).
- [15] Kaluç, E. ve Tülbentçi, K., "Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği", *Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi*, Kocaeli (1995).
- [16] Develi, K., "Östenitik paslanmaz çeliklerin mig kaynağında argon hidrojen karışımının mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 25-26 (2003).
- [17] Akkurt, M., "Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi Cnc Takım Tezgâhları ve Üretim Otomasyonu", *Birsan Yayınevi*, İstanbul (2010).
- [18] Taylan, F., "Sert malzemelerin frezelenmesinde takım aşınma davranışlarının belirlenmesi", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta (2009).
- [19] İnternet: uslularhadde.com, <https://uslularhadde.com/frezeleme-nedir>. (20.12.2020).
- [20] İnternet: www.sandvik.coromant.com, <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/milling/pages/up-milling-vs-down-milling.aspx>. (22.12.2020).
- [21] Şahin, A., "Sertleştirilmiş mikroalaşımli çeliğin (30MnVS6) farklı kesicilerle işlenmesinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 33-48 (2013).
- [22] Ateş, S., "Sertleştirilmiş P20 çeliğinin kübik bor nitrür (CBN) kesici takımlarla yüksek hızlarda frezelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale (2006).
- [23] Gezgin, A., "Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2007).
- [24] Şeker, H., "Takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemi ile tahmin edilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2010).
- [25] Şahin, Y., "Talaş Kaldırma Prensipleri I", *Gazi Kitabevi*, Ankara (2003).
- [26] Çoğun, 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).
- [27] Tekaut, İ., "Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2008).
- [28] Şirin, E., "AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin frezede işlenebilirliğinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).

- [29] Bayrak, M., "Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü*, Ankara (2002).
- [30] Gadelmavla, E. S. ve Koura, M. M., "Roughness parameter", *Journal of Material Processing Technolog*, (123), 133-145 (2002).
- [31] Özses, B., "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü*, Ankara (2002).
- [32] Bruschi, S., Ghiotti, A. ve Bordin, A., "Effect of the process parameters on the machinability characteristics of a CoCrMo alloy", *Key Eng. Mater.*, 1976-1983 (2013).
- [33] Hamamcı, M., "Yüksek hızlı işlemede kesme parametrelerinin yüzey kalitesi", Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri (2012).
- [34] Paro, J., Hänninen, H. ve Kauppinen, V., "Tool wear and machinability of X5 CrMnN 18 18 stainless steels", *Journal of Materials Processing Technology*, 14-20 (2001).
- [35] Chien, W.T. ve Tsai, C.S., "The investigation on the prediction of tool wear and the determination of optimum cutting conditions in machining 17-4PH stainless steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 340-345 (2003).
- [36] Tekiner, Z. ve Yeşilyurt, S., "Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless steel", *Materials & Design*, 507-513 (2004).
- [37] Ghali, N. S., El-Faramawy, H. S. ve Eissa, M. M., "Influence of Boron additions on mechanical properties of carbon steel", *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 995-999 (2012).
- [38] Das, C. R., Albert, K. S., Swaminathan, J., Bhaduri, A. K. ve Murty, B. S., "Effect of Boron on creep behaviour of inter-critically annealed modified 9Cr-1Mo Steel", *Procedia Engineering*, 402-407 (2013).
- [39] Liew, W. Y. H., Ngoi, B. K. A. ve Lu, Y. G., "Wear Characteristics of PCBN Tools in the Ultra-Precision Machining of Stainless Steel at Low Speeds", *Wear*, 265-277 (2003).
- [40] Endrino, J. L., Fox-Rabinovich, G. S. ve Gey, C., "Hard AlTiN, AlCrN PVD Coatings for Machining of Austenitic Stainless Steel", *Surface and Coatings Technology*, 6840-6845 (2006).
- [41] Kumar, A. S., Durai, A. R. ve Sornakumar, T., "The Effect of Tool Wear on Tool Life of Alumina-Based Ceramic Cutting Tools While Machining Hardened Martensitic Stainless Steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 151-156 (2006).
- [42] Nalbant, M. ve Yıldız, Y., "Effect of Cryogenic Cooling in Milling Process of AISI 304 Stainless Steel", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 72-79 (2011).
- [43] Biermann, D., Steiner, M. ve Krebs, E., "Investigation of Different Hard Coatings for Micromilling of Austenitic Stainless Steel", *Procedia CIRP*, 246-251 (2013).

- [44] Xavior, M. A. ve Adithan, M., "Determining the Influence of Cutting Fluids on Tool Wear and Surface Roughness during Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 900-909 (2009).
- [45] Chiffre, L. D., Tosello, G., Piska, M. ve Müller, P., "Investigation on Capability of the Reaming Process Using Minimal Quantity Lubrication", *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 47-54 (2009).
- [46] Hosokawa, A., Ueda, T., Onishi, R., Tanaka, R. ve Furumoto, T., "Turning of Difficult-to-Machine Materials with Actively Driven Rotary Tool", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 89-92 (2010).
- [47] Zerti, A., Yallase, M., Meddour, I., Belhadi, S., Haddad, A. ve Mabrouki, T., "Modelling and multi-objective optimization for minimizing surface roughness, cutting force, and power, and maximizing productivity for tempered stainless steel AISI 420 in turning operations", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technolog*, 135-157 (2019).
- [48] Özbek, N., Çiçek, A., Gülesin, M. ve Özbek, Ö., "AISI 304 ve AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi", *Journal of Polytechnic*, 43-49 (2017).
- [49] Altinkaya, E. ve Güllü, A., "AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde talaş kırıcı formunun takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Politeknik Dergisi*, 13-17 (2008).
- [50] Gürbüz, H., Kafkas, F. ve Şeker, U., "AISI 316L çeliğin işlenmesinde kesici takım kesici kenar formu ve talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Batman University Journal of Life Sciences*, 173-184 (2012).
- [51] Abdullah, M. F., Sulong, A. B., Chua, I. H., Che Haron, C. H. ve Ghani, J. A., "Effect of insert nose radius and machining parameters on the surface roughness of stainless steel 316L"» *Key Engineering Materials*, 51-54 (2010).
- [52] Özek, C., Haşçalık, A., Çaydaş, U., Karaca F. ve Ünal, E., "Turning of AISI 304 austenitic stainless steel", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 117-121 (2006).
- [53] Selveraj, D. P. ve Chandramohan, P., "Optimization of surface roughness of AISI 304 austenitic stainless steel in dry turning operation using taguchi design method", *Journal of Engineering Science and Technology*, 293-301 (2010).
- [54] Hossein-El-Abou, K. A. ve Yahya, Z., "High-speed end-milling of AISI 304 stainless steels using new geometrically developed carbide inserts", *Journal of Materials Processing Technology*, 596-602 (2005).
- [55] Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. ve Şeker, U., "Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel", *Materials and Design*, 303-305 (2004).
- [56] Tekaslan, Ö., Gerger, N. ve Şeker, U., "AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin farklı kesme parametreleri ile tornalama işleminden sonra oluşan kalıcı gerilmelerin araştırılması", *Gazi Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 443-452 (2009).
- [57] Yeyen, H. E., Korkut, İ., Turgut, Y. ve Çiftçi, İ., "AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey

- pürüzlülüğü üzerindeki etkileri", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)* (2009).
- [58] Kuram, E., "AISI 304 paslanmaz çeliğinin frezelenmesinde farklı kaplama malzemelerinin takım aşınmasına, kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri", *Politeknik Dergisi*, 433-443 (2016).
- [59] Balcı, B., "AISI 304 östentik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2008).
- [60] Trent, E. M. ve Wright, P. K., "Metal Cutting, Fourth Edition", *Butterworth-Heinemann* (2000).
- [61] Çiftçi, İ., "Machining of austenetic stainless steel using CVD multi-layer coated cemented carbide tools", *Tribology International*, 39, 565-569 (2006).



ÖZGEÇMİŞ

Mürsel AVCI İlk ve orta öğrenimini Yedi Eylül İlköğretim Okulu Efeler/AYDIN ilinde tamamladı. Liseyi de aynı şehirde bulunan Emel Mustafa Uşaklı Anadolu Lisesi sayısal bölümünden mezun oldu.2010 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği bölümünde öğrenime başlayıp 2015 yılında mezun oldu. 2015 Eylül ayında Aydın Efeler 'de bulunan EYS Metal San. Ve Tic. Ltd. Şti. firmasında iş hayatına atıldı.2017 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmektedir. 2020 Mayıs ayından beri yine Aydın Efeler 'de bulunan ORGE GRUP A.Ş firmasında çalışma hayatına devam etmektedir.
