

**DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLERİN
TORNALANMASINDA YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ**

**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Mümin AŞÇIOĞLU

**DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLERİN TORNALANMASINDA
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ**

Mümin AŞÇIOĞLU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

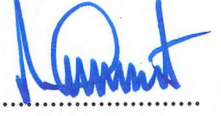
KARABÜK

EYLÜL 2019

Mümin AŞÇIOĞLU tarafından hazırlanan “DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLERİN TORNALANMASINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ” 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 İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/09/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Murat SARIKAYA (SNÜ)



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY (KBÜ)

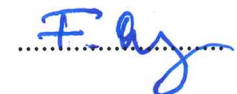


...../...../2019

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.





“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.”

Mümin AŞÇIOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLERİN TORNALAMANSINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Mümin AŞÇIOĞLU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY

Eylül 2019, 73 sayfa

Bu çalışmada, 1.4462 dubleks paslanmaz çeliğinden üretilmiş malzemenin CVD ve PVD kaplamalı kesici takımlarla işlenmesinde kesme parametrelerinin, kesici takım geometrisinin ve soğutma şartlarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneylerde MM, GM ve MS kesici uç geometrilerine sahip karbür takımlar kullanılmıştır. Dubleks paslanmaz çeliğin işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülükleri Mahrsurf M300 pürüzlülük cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca takım mikroskobu ve SEM ile kesici takımların görüntüleri alınmıştır. Kesici takımlarda talaş sıvanmaları görülmüştür.

Dubleks paslanmaz çeliğin soğuk hava ile işlenmesinde üç farklı kesici kenar geometrinde işlemede %3 ila %30 yüzey pürüzlülüklerinde iyileşme görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünü en çok ilerleme miktarı etkilemiştir. Tüm kesme parametrelerinde esas kesme kuvvetinde benzer eğilimler görülmüştür. Soğuk hava

ile işlemede kesme kuvvetlerinde %1 ila %17 arasında bir azalma olmuştur. Yüksek kesme hızlarında CVD kaplamalı kesici takımlar PVD kaplamalı takımlara göre daha iyi performans sergilemiştir. Talaş kaldırma işlemlerinde soğuk hava tabancası kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler : İşlenebilirlik, yüzey pürüzlülüğü, PVD kaplama, CVD kaplama, soğuk hava tabancası, kesme kuvveti

Bilim Kodu : 91438



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS IN TURNING OF DUPLEX STAINLESS STEELS

Mümin AŞÇIOĞLU

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Manufacturing Engineering

Thesis Advisor:

Dr. Mehmet BOY

September 2019, 73 pages

In this study, the effects of cutting parameters, cutting tool geometry and cooling conditions on surface roughness were investigated in the machining of 1.4462 duplex stainless steel material with CVD and PVD coated cutting tools. In the experiments, carbide tools with MM, GM and MS insert geometries were used. Surface roughness in the processing of duplex stainless steel was measured using the Mahrsurf M300 roughness tester. In addition, images of cutting tools were taken using the tool maker microscope and Scanning Electron Microscope (SEM).

In the processing of duplex stainless steel, it was seen that all cutting geometries had adhesion on the cutting tool surface. Surface roughness has most affected the amount of progress. The surface roughness values of 3% to 30% improvement with cold air gun cooling were observed. Similar trends were seen in the main cutting force in all cutting parameters. There was a reduction in the main cutting force of 1 to 17% in

cold air gun cooling. At higher cutting speeds, CVD coated cutting tools were performed better than PVD coated tools. Cold air gun can be used in metal removal applications.

Key Word : Machinability, Surface Roughness, PVD Coating, CVD Coating, Cold Air Gun, Cutting Force

Science Code : 91438



TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının baŐlangıcından bitiŐine kadar her kademesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY'a teŐekkürlerimi sunarım.

ÇalıŐmamın her anında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili eŐim Fatma AŐŐIOĞLU'na tüm kalbimle teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda olan sevgili aileme (annem Güler, babam Hasan ve abim Mehmet'e) teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca KBÜ-BAP-17-YL-247 no'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASINA GİRİŞ	4
BÖLÜM 3	10
PASLANMAZ ÇELİKLER.....	10
3.1. ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER	12
3.2. FERRİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER	13
3.3. MARTENZİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER.....	14
3.4. ÇÖKELME YOLUYLA SERTLEŞEBİLEN PASLANMAZ ÇELİKLER ..	15
3.5. DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLER	15
BÖLÜM 4	19
SOĞUTMA YÖNTEMLERİ.....	19
4.1. KESME SIVILARI	19
4.1.1. Sentetik Yağlar	20

	Sayfa
4.1.2. Yarı Sentetik Yağlar	21
4.1.3. Mineral Yağlar.....	22
4.1.4. Bitkisel Yağlar	23
4.2. HAVA İLE SOĞUTMA	24
4.3. KRİYOJENİK SOĞUTMA	25
4.4. KESME SIVILARININ UYGULAMA YÖNTEMLERİ.....	27
4.4.1. Sıvı Fıskırtma (Geleneksel Soğutma) Yöntemi.....	27
4.4.1.1. Takım dışından soğutma	27
4.4.1.2. Takım içinden soğutma.....	28
4.4.2. Püskürtme Yöntemi	28
4.4.3. Elle Uygulama Yöntemi	29
BÖLÜM 5	30
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	30
5.1. İDEAL YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	32
5.2. DOĞAL YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	32
5.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	33
5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK PARAMETRELERİ.....	34
5.4.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Aritmetik Ortalaması (Ra)	34
5.4.2. Maksimum Profil Yüksekliği (Rmax)	35
5.4.3. Ortalama Pürüzlülük Derinliği (Rz)	35
5.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ	36
BÖLÜM 6	38
MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM.....	38
6.1. İŞ PARÇASI MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ	38
6.2. KESİCİ TAKIM VE TUTUCUSU	39
6.3. CNC TAKIM TEZGAHI	40
6.4. TAKIM AŞINMASININ ÖLÇÜMÜ	40
6.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜMÜ	41
6.6. KESME PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ.....	42
6.7. DENEY SETİNİN OLUŞTURULMASI.....	42

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 7	44
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
7.1. MM KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ	45
7.2. GM KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ	49
7.3. MS KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ	53
7.4. KESME KUVVETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	54
7.5. SONUÇLAR	65
7.6. ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Farklı paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları.....	11
Şekil 3.2. Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı	12
Şekil 3.3. Ferritik paslanmaz çelik mikro yapısı	14
Şekil 3.4. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı	15
Şekil 3.5. Duplex paslanmaz çelik mikro yapısı	16
Şekil 3.6. Schaeffler – Delong diyagramı krom ve nikel eşdeğerlerinin faz yapısındaki etkisi.....	17
Şekil 4.1. Kesme sıvısının etkisi	20
Şekil 4.2. Sentetik yağ dokusu	21
Şekil 4.3. Mineral yağ dokusu.....	23
Şekil 4.4. Bitkisel esaslı yağların ekolojik çevrimi	24
Şekil 4.5. Soğuk hava tabancası	25
Şekil 4.6. Kriyojenik soğutma yöntemleri.....	26
Şekil 4.7. Takım dışından soğutma	27
Şekil 4.8. Takım içinden soğutma	28
Şekil 4.9. Tek kanallı içten MMY sisteminin çalışma şeması	29
Şekil 4.10. Kesme sıvısının elle uygulanması.....	29
Şekil 5.1. Yüzey kalitesini belirleyen faktörler.....	30
Şekil 5.2. Yüzey pürüzlülüğünün geometrisi	31
Şekil 5.3. a) keskin köşeli kesici takım kullanılarak elde edilmiş ideal yüzey pürüzlülüğü modeli, b) Yuvarlak uçlu kesici takım kullanılarak elde edilmiş ideal yüzey pürüzlülüğü modeli	32
Şekil 5.4. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.....	33
Şekil 5.5. Ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerinin tanımlanması	35
Şekil 5.6. Maksimum profil yüksekliğinin grafiksel gösterimi.....	35
Şekil 5.7. Ortalama pürüzlülük derinliği (Rz).....	36
Şekil 6.1. İş parçası malzemesi boyutları	39
Şekil 6.2. Deneylede kullanılan kesici takım geometrileri	39
Şekil 6.3. Kesici uç bağlamada kullanılan dış çap kateri	40

Şekil 6.4. CNC torna tezgahı	40
Şekil 6.5. Takım mikroskobu	41
Şekil 6.6. Soğuk hava tabancası	43
Şekil 6.7. Deney düzeneği	43
Şekil 7.1. MM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	45
Şekil 7.2. Kuru işlemede MM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	46
Şekil 7.3. MM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	47
Şekil 7.4. MM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması	48
Şekil 7.5. Soğuk hava ile işlemede MM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	49
Şekil 7.6. Kuru işlemede GM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	50
Şekil 7.7. GM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	50
Şekil 7.8. GM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	51
Şekil 7.9. GM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması	52
Şekil 7.10. Soğuk hava ile işlemede GM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	53
Şekil 7.11. MS kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	54
Şekil 7.12. Kuru ile işlemede MS geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	54
Şekil 7.13. MS kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri	55
Şekil 7.14. MS kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması	56
Şekil 7.15. Soğuk hava ile işlemede MS geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri	56
Şekil 7.16. MM, GM ve MS kesici uç geometrilerinde ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması	57
Şekil 7.17. MM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	58

Şekil 7.18. MM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	58
Şekil 7.19. MM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanaraj işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması	59
Şekil 7.20. GM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	60
Şekil 7.21. GM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	60
Şekil 7.22. GM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanaraj işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması	61
Şekil 7.23. MS kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	62
Şekil 7.24. MS kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi	62
Şekil 7.25. MS kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanaraj işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması	63
Şekil 7.26. MM, GM ve MS kesici uç geometrileri ile kuru işlemede oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Paslanmaz çelik standartları.....	11
Çizelge 3.2. Yaygın kullanıma sahip dört önemli duplex paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (% - Ağırlık).....	18
Çizelge 3.3. Bazı duplex paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	18
Çizelge 4.1. Kriyojenlerin özellikleri.....	26
Çizelge 6.1. 1.4462 dubleks paslanmaz çeliğin kimyasal içeriği.....	38
Çizelge 6.2. Kaplamalı karbür kesici takımlar için kesme parametreleri	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Cr _{eş}	: krom eşdeğerliliği
Ni _{eş}	: nikel eşdeğerliliği
K	: Kelvin
°C	: Santigrat Derece
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
Rp	: Maksimum profil tepe yüksekliği
Rt	: Maksimum tepe yüksekliği
Rmax:	Maksimum profil yüksekliği
Rz	: Ortalama pürüzlülük derinliği
µm	: micron
Al	: alüminyum
Ar	: argon
Cu	: bakır
H ₂	: hidrojen
He	: helyum
Mo	: molibden
Ni	: nikel

KISALTMALAR

BUE : Kesici kenarda talaş birikmesi

SQL : Minimum miktarda yağlama

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

CNC : Computer Numerical Control (Bilgisayarlı sayısal denetim)

EN : European Norm (Avrupa Normu)

TS : Türk Standardı

MQCL: Minimum miktarda soğutarak yağlama

YMK : Yüzey merkezli kübik

HMK : Hacim merkezli kübik

PAO : Polialfaolefin

ISO : International Organization for Standardization (Uluslararası Standart Teşkilatı)

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Paslanmaz çelikler, yüksek dayanım, korozyon direnci, yüksek sertlik, süneklik, rijitlik, ısıya dayanıklılık gibi birçok özelliğe sahiptir. Ferrit ve östenit yapıya sahip duplex paslanmaz çelikler son yıllarda çok tercih edilen bir paslanmaz çelik türüdür. Bu çelikteki ferrit yapı, mekanik ve gerilmeli korozyon çatlağına karşı dayanımını, östenit yapı ise korozyon direncini ve sünekliği artırır. Bu mekanik özelliklerden dolayı birçok alanda kullanılmakta olup özellikle ince kesitli parçalarda kullanımı diğer paslanmaz çeliklere göre bir avantaj sağlamaktadır [1].

Paslanmaz çelikler işlenebilirliği zor olarak bilinen bir malzeme grubudur. Bu çeliklerin işlenmesinde özellikle sürtünmenin etkisiyle kesici takımın aşırı aşınmalar meydana gelmektedir. Bu malzemelerin işlenmesi sırasında kesici kenarda talaş birikmesi (BUE) ve sürekli talaş oluşumu meydana gelmekte bu durum işlenebilirliği önemli ölçüde etkilemektedir. Bu malzemelerin işlenmesinde diğer bir problem de işleme sırasında meydana gelen termomekanik etki ile oluşan deformasyon sertleşmesidir. Deformasyon sertleşmesi talaş oluşumunu etkilemekte ve titreşime neden olmaktadır. Bu durum işlenen parçanın yüzey bütünlüğünü etkilemekte özellikle yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve kalıntı gerilmelere neden olmaktadır [2].

Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde daha rijit kesici takım ve takım tezgahları kullanarak işleme sırasında oluşan titreşimler önlenmektedir. Paslanmaz çelikler içerdikleri yüksek alaşım elementleri ve östenit yapıdan dolayı sert ve sürekli talaşlar oluşmakta, bu nedenle talaş kırıcıya sahip aşınma direnci yüksek karbür kesici takımlar ile işlenmesi tavsiye edilmektedir. Kesme sırasında oluşan deformasyon sertleşmesini önlemek için düşük ilerleme ve kesme hızları önerilmektedir [3].

Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde deformasyon sertleşmesi ve malzemenin sertliği sürtünmeyi arttırmakta bu da kesme bölgesinde ısı oluşumunu arttırarak kesici takımın aşınmasına, kesme kuvvetlerinin artmasına ve yüzey kalitesinde kötüleşmeye neden olmaktadır. Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde bir diğer öneride kesme sıvısının kullanılmasıdır. Kesme sıvılarının kullanımı ve yüksek takım aşınması üretim maliyetlerini arttırmaktadır. Kesme sıvılarının maliyeti bazen kesici takım maliyetinden çok daha fazla olabilmektedir. Yapılan bir araştırmada Avrupa otomotiv endüstrisinde kullanılan kesici takım maliyeti toplam üretim maliyetinin %2 ila %4'ü iken kesme sıvısı maliyeti toplam üretim maliyetinin %8 ila %18'ini oluşturmaktadır [4].

Metal kesme sıvıları kesme bölgesinde oluşan sıcaklığı ve sürtünmeyi azaltarak takım ömründe ve yüzey kalitesinde iyi bir iyileşme sağlarken, soğutma özelliği ile kalıcı gerilmeleri azaltarak boyutsal hassasiyeti sağlar. Kesme sıvıları, yağlama fonksiyonları ile kesme bölgesinde bir sınır tabaka oluşturarak yüzey pürüzlülük kalitesinin artmasını ve takım aşınmalarının azalmasını sağlamaktadır. Ancak kullanılan kesme sıvıları çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bu olumsuz etkiler, çevre bilinci ve üretimde maliyetleri düşürme isteği kesme sıvılarına alternatif soğutma yöntemlerinin gelişmesine ve araştırılmasına sebep olmuştur. Soğuk hava, kriyojenik soğutma, minimum miktarda yağlama (MQL), bitkisel yağ kullanımı gibi birçok yöntem talaş kaldırma işlemlerinde kullanılmaktadır [5,6].

Bu çalışmada duplex paslanmaz çelik malzemenin farklı kaplamalı karbür takımlarla işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. İşleme sırasında kesme sıcaklığını azaltmak için soğutma sıvısı yerine soğuk hava uygulanmıştır. Böylece ısı oluşumunu azaltarak, hızlı takım aşınması ve talaş yapışması azaltılarak yüzey pürüzlülüğünde bir iyileşme sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışma ile sağlamlık, esneklik ve dayanıklılık gerektiren alanlarda sıklıkla kullanılan bu paslanmaz çelik kalitesinin tornalanmasında uygun kesme parametreleri belirlenmiştir.

Talaş kaldırma teorisi, kesme kuvvetlerinin ve sıcaklıklarının ölçülmesi, işlenebilirlik, ekonomiklik, kesme sıvısı gibi pek çok alanda araştırmalar yapılmış,

bu çalışmalar sonucunda kesici takımlar, kesme hızları, ilerlemeler, takım geometrisi ve soğutma sıvıları geliştirilmiş ve bu gelişmeler metallerin işlenebilirliğine önemli katkıda bulunmuştur. Ancak halen takım ömrü, bitirme yüzey kalitesi gibi pek çok alanda yapılması gereken çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmalarda daha çok östenit yapıya sahip paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile ilgili araştırmaların yapıldığı görülmüştür.



BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASINA GİRİŞ

Dupleks paslanmaz çelik (AISI 1.4462) yüksek mekanik özelliklere ve aşırı derece korozyon direnci yüksek olan bir paslanmaz çelik olup, bu özellikler dolayısıyla kalitenin, hafifliğin, sağlamlığın arandığı her yerde kullanılmaktadır. Bu paslanmazlar AISI 304 ve AISI 316 kalite malzemelere oranla paslanmaya karşı daha yüksek bir direnç gösterip, kimyasal olarak hem östenitik hem de ferritik paslanmaz çelik özellikleri taşırlar.

Yüksek deformasyon sertleşmesi, östenit yapı ve iş parçası sertliği takım aşınmasına, yüksek kesme kuvvet oluşumuna yüksek yüzey pürüzlülük değerlerine neden olmaktadır. Bu problemleri en aza indirmek için işlenecek malzemeye uygun kesme parametrelerinin ve uygun işleme şartlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla literatürde, paslanmaz çeliklerin tornalanmasında kesici takım malzemesi, geometrisi ve kesici takım kaplaması, kesme parametreleri, takım aşınması, yüzey bütünlüğü, kesme kuvvetleri üzerine birçok deneysel, teorik ve analitik çalışma yapılmıştır. Bu bölümde paslanmaz çeliklerin işlenmesinde yapılan çalışmaların özümsemesi ve referans oluşturması için bu çalışmalar incelenmiştir.

Rajaguru ve Arunachalam, süper dupleks paslanmaz çeliklerin kuru tornalanmasında PVD ve CVD ile kaplanmış dört farklı kaplamaya sahip kesici takımların performanslarını araştırmışlardır. Kesici takım performansları, takım aşınması, kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve yüzey bütünlüğü açısından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak MT-TiCN-Al₂O₃ kaplamanın, takım aşınması, kesme kuvveti ve yüzey bütünlüğü açısından diğer kaplamalara nispeten daha iyi performans sağladığı görülmüştür. TiN-MT-TiCN-Al₂O₃ kaplama, diğer kaplanmış takımlar kullanılarak

işlenmiş yüzeylere kıyasla daha yüksek takım aşınması, zayıf yüzey kalitesi ve ayrıca daha az kalıntı gerilmesi sergilemiştir [7].

Hagino ve diğerleri, döküm yöntemi ile üretilen duplex paslanmaz çelik malzemenin beş farklı kesme hızı (40, 70, 100, 130, 160 m/dak), sabit kesme derinliği (0,5 mm) ve sabit ilerleme miktarında (0,2 mm/dev) işlenebilirlik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Kesici takımın kesme kenarında talaş sıvanmasının yüksek kesme hızlarında azaldığını ancak takım aşınmasının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca iş parçaları ile kesici takım kenarı arasındaki difüzyon ve reaksiyonları incelemişlerdir. Zayıf difüzyon ve bir reaksiyon fazı gözlemlemişler ancak bağlanma yeteneğinin zayıf olduğunu tespit etmişlerdir [8].

Krolczyk ve diğerleri, dupleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme koşullarını, kesici takımda oluşan aşınma mekanizmalarını ve kaplamalı karbürlerin takım ömürlerini araştırmışlardır. Kesici takımlarda aşındırıcı (abrasive) ve yapışma (adhesion) aşınması gibi çeşitli mekanizmaların ortaya çıktığı kanıtlamışlardır. Soğutucu yağlama maddesi kullanılmadan işleme yapıldığında, daha uzun takım ömrü elde edildiği ve Al_2O_3 ile kaplanmış olan takımların abrasive aşınmaya karşı daha fazla direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, dupleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Tahmin edilen değerlerin ölçülen değere yakın olduğunu geliştirilen yüzey pürüzlülüğü tahmin modelinin, tornalama işlemi için yüzey pürüzlülüğünü öngörmeye etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir [9,10].

Krolczyk ve diğerleri, soğutma yağları ve emülsiyonlarla oluşan kirliliğin ve ayrıca imalat işlemi sırasında enerji tüketiminin azalmasına yol açacak en uygun işleme stratejisini ve koşullarını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada üç farklı karbür kesici takım kullanılarak boyuna tornalama deneyleri yapmışlardır. Deneyler kuru ve soğutma/yağlamada kullanılarak yapılmış ve yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti bileşenleri ve takım ömrünün ölçümlerini içermektedir. Sonuç olarak uygun şekilde seçilmiş kesici takım kalitesi ve işleme koşullarıyla kuru tornalamanın, sıvılarla

işleme sırasında elde edilenlere kıyasla neredeyse üç kat takım ömrüne neden olduğu görülmüştür. Dupleks paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesici takım ömrünün talaş kontrolü ve kesici takımın aşırı termal ve mekanik yüklerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Enerji tüketimi açısından düşük kesme hızı ile yüksek kesme hızının kombinasyonunu içeren, soğutmasız işleme olduğu sonucuna varmışlardır [11].

Mavi ve Uzun, dupleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametreleri ve kesici takım talaş açısının işlenebilirlik üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneylerde iki farklı geometriye sahip PVD, TiAlN kaplamalı karbür kesici takım, sabit kesme hızı 80 m/dak, iki farklı ilerleme miktarı (0,225-0,3 mm/dev) ve 0,75 – 1 – 1,25 mm kesme derinliği kullanmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda 0,75 mm kesme derinliği, 0,225 ilerleme miktarı ve 15⁰'lik talaş formuna sahip kesici takımla işlemede esas kesme kuvveti ve ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi sonuç elde edilmiştir [12].

Selvaraj ve diğerleri, TiC ve TiCN kaplamalı semente karbür kesici takım kullanılarak dökme dupleks paslanmaz çeliklerin (ASTM A 995 Grade 4A ve ASTM A 995 Grade 5A) kuru tornalanmasında beş farklı kesme hızı (80, 100, 120, 140 ve 160 m/dk), sabit kesme derinliği (0.5 mm) ve üç farklı ilerleme hızında (0.04, 0.08 ve 0.12 mm/devir) işleme deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Bu işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Artan kesme hızının yüzey pürüzlülüğünü belirli bir noktaya kadar düşürdüğünü ve ardından arttığını; yüzey pürüzlülüğü değerinin ilerleme miktarı azaldıkça azaldığını belirtmişlerdir. 4A iş parçası malzemesinin östenit fazında alfa lifi bulunması yüzey kalitesinin iyileşmesine yol açmıştır. Her iki sınıf arasında yüzey kalitesi karşılaştırıldığında, 4A kalite ile 5A kalite iş parçası malzemesinden daha iyi sonuç alınmıştır [13].

Koyee ve diğerleri, EN 1.4462 ve EN 1.4410 dupleks paslanmaz çelik kalitelerinin çok katmanlı kaplamalı karbür uçlarla ıslak ve kuru boyuna tornalanmasında kesme kuvvetlerini, ilerleme ve elde edilen kesme kuvveti, spesifik efektif kesme gücü ve kenar aşınması gibi kesme performansları üzerindeki işlem koşullarının parametrik etkilerini analiz ederek gerçek sonuçlarla karşılaştırmışlardır [14].

Bordinassi ve diğeri, dupleks paslanmaz çeliğin kaplamalı karbür takım ile tormalanmasında kesici takım malzemesi, ilerleme miktarı, kesme derinliği kesme hızı ve kesme sıvısı kullanımının yüzey bütünlüğüne etkisini araştırmışlardır. Deneysel olarak optik mikroskop ve x ışını kırınımı ile mikro yapısal analiz, piezoelektrik dinamometre ile kesme kuvvetleri ölçümleri, yüzey pürüzlülüğü, x ışını kırınım tekniği ile kalıntı gerilme ve mikro sertlik ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak yüksek kesme parametreleri kullanılsa bile, malzemenin mikro yapısında herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Tüm kesme parametreleri birbirleri ile ilişkilendirildiğinde en iyi yüzeysel bütünlüğü 0,1 mm/dev ilerleme miktarı, 110 m/dak kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde elde edilmiştir [15].

Selvaraj ve diğeri, iki farklı nitrojen alaşımlı dubleks paslanmaz çeliğe TiC ve TiCN kaplı karbür kesici takımlar kullanarak kuru tormalama işlemi uygulamışlar elde edilen sonuçları Taguchi yöntemi kullanılarak optimize etmişlerdir. Tormalama işlemlerinde üç farklı ilerleme miktarı (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) kullanmışlardır. Kesme parametrelerini, sinyal/gürültü oranı ve varyans analizi kullanılarak optimize etmişlerdir. Kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve takım aşınması üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetini etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğunu ortaya koymuşlardır. Kesme hızı, takım aşınmasını etkileyen en önemli parametre olarak belirlenmiştir. Tahmin edilen sonuçların %8'lik sapma ile deneysel sonuçlara daha yakın olduğunu tespit etmişlerdir [16].

Junior ve diğeri, ticari olarak SAF 2507 olarak bilinen UNS 32750 alaşımının tormalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve korozyon direncine olan etkisini araştırmışlardır. Farklı kesme hızlarında düşük ve yüksek sıvı basınçlı soğutma koşulları kullanılarak tormalama deneylerini yapmışlardır. Sonuç olarak PVD kaplı kesici uçlarla yüksek basınçlı soğutma altında en uzun takım ömrü, iyi iş parçası pürüzlülüğü ve yüksek korozyon direnci elde etmişlerdir. Kesici takımlarda da çentik ve abrasyon aşınma mekanizmaları görülmüştür [17].

Kumar ve Senthilkumaar, süper dubleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında işleme parametrelerinin yanak aşınması ve talaş morfolojisi üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Tornalama işlemlerinde karbür kesici takım soğutucu olarak sıvı CO₂ kullanmışlardır. Gazla soğutmalı işleme sırasıyla kuru ve ıslak işleme ile karşılaştırmışlardır. MINITAB 15 yazılımı kullanılarak, işleme parametrelerinin optimize edilmiş değerleri yanıt yüzeyi metodolojisi kullanarak tahmin etmişlerdir. Deneysel sonuçlardan, gaz ile soğutmalı işlemede yan kenar aşınmasının azaldığını tespit etmişlerdir [18].

Ghatge ve diğerleri işlenebilirliği arttırmak amacıyla çok katmanlı kaplamalı karbür kesici uç kullanarak dubleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında bitkisel yağ bazlı nano kesme sıvılarının kullanımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Takım talaşı ara yüzündeki takım sıcaklığı, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Hindistan cevizi yağı bazlı kesme sıvısı ile ortalama 2.271 mikron, nim yağı ile 2.279 mikron yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. En düşük takım sıcaklığı 100 m/dak kesme hızı, 0.294 mm/dev ilerleme miktarı, 0.4 mm kesme derinliği ve nim yağı kullanılarak elde edilmiştir. Takım aşınmasının, takım sıcaklığıyla doğru orantılı olduğu, takım sıcaklığı arttıkça, takım yüzeyindeki kaplamanın aşınmaya başladığını ve kesici takım aşınma oranının arttığını belirtmişlerdir. Bu nedenle düşük kesme hızında (100 m/dak) ve yüksek ilerleme hızında (0.294 mm/devir) daha düşük bir takım aşınması gözlemlenmiştir. Bu nedenle, seçilen bitkisel yağ bazlı kesme sıvılarının (hindistan cevizi ve neem yağı), işlenebilirliği ve sürdürülebilirliği arttırmak için mineral yağ için daha iyi bir alternatif sunabileceği açıktır [19].

Maruda ve diğerleri X10CrNi18-8 paslanmaz çeliğin tornalanmasında emülsiyon ve yağ sisi oluşturulmuş koşulların talaş tipi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneylerde kuru işleme, Minimum Miktarda Soğutarak Yağlama (MQCL), Minimum Miktar Yağlama (MQL) yöntemiyle soğutma işlemi uygulamışlardır. MQCL ve MQL koşulları altında, talaş tipinin kısa spiral şeklinde ve kuru işlemeye göre daha geniş olduğu bulunmuştur. Daha fazla emülsiyon ve yağ kütleli akışı arttıkça, karışık talaş oluşumu gözlemlenmiştir. MQCL ve MQL

yöntemiyle soğutma, kuru işleme ile karşılaştırıldığında %2 ila %42 oranında yüzey pürüzlülüğünde azalmaya neden olmuştur [20].

Dhananchezian ve diğerleri, soğutma sıvısı olarak sıvı azot kullanılarak yapılan kriyojenik soğutmanın kesme sıcaklığı, kesme kuvvetleri, pürüzlülük değeri, talaş morfolojisi ve takım aşınması üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu amaçla dubleks paslanmaz çelik (2205) kuru kesme ve kriyojenik soğutma ortamında işlenmiştir. Tornalama işlemi üç farklı kesme hızı (72, 119, 197 m/dak), 0.111 mm/dev ilerleme miktarı ve 1 mm kesme derinliği sabit olacak şekilde yapılmıştır. PVD kaplı Nano-çok katmanlı TiAlN kesici takımla dubleks paslanmaz çelik kriyojenik soğutma altında işlendiğinde, kesme sıcaklığındaki azalmanın %53-58, kesme kuvvetlerindeki azalmanın %30-43 ve pürüzlülük değerlerinin kuru işlemeye kıyasla yaklaşık %18-23 arasındadır. Ayrıca kriyojenik soğutma altında takım aşınmasının azaldığı gözlenmiştir [21].

BÖLÜM 3

PASLANMAZ ÇELİKLER

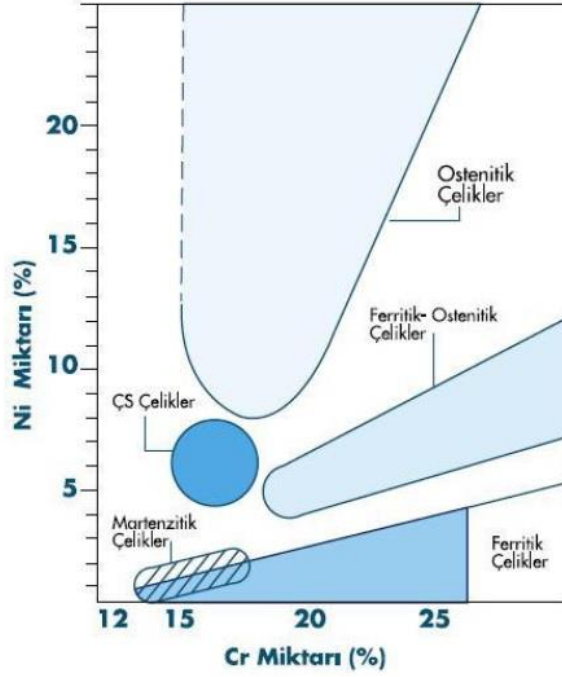
Günümüzde endüstrinin vazgeçilmez metal malzemeleri arasına giren paslanmaz çelikler içerik olarak demir, karbon ve çoğunlukla da nikel ihtiva eden alaşımlardan oluşup başlıca özelliklerini kroma borçludurlar. Endüstride kullanım alanının gün geçtikçe artmasının en önemli özelliği korozif ortamlarda, mekanik özelliklerini yitirmemesi ve yüksek korozyon direnci göstermesidir [22]. Paslanmaz çelikler, en az %12 oranında krom ihtiva ettiklerinde paslanmazlık özelliğini kazanırlar [1].

Paslanmaz çeliklerde kimyasal içerikleri değiştirilerek elde edilen alaşımlarda farklı özellikler elde edilir. Krom miktarı artırılarak veya nikel, molibden gibi alaşım elementleri ilave edilerek korozyon dayanımı artırılabilir [23]. Paslanmaz çeliklerde bu elementler dışında nikel, manganez, azot, bakır, titanyum, silisyum, alüminyum, kükürt, selenyum gibi elementlerde alaşımlama için kullanılmaktadır. Bu elementlerin ilavesiyle olumlu etkiler sağlanabilir [23,24]. Paslanmaz çelikler korozyona karşı olan direnci sayesinde korozyonlu ortamda çalışacak makinelerin, aletlerin ve yapı elemanlarının en önemli malzemesi olma özelliğini kazanmıştır.

Paslanmaz çelikler, özellikleri ve yapılarına göre 5 ana grupta toparlanır;

1. Östenetik paslanmaz çelikler,
2. Ferritik paslanmaz çelikler,
3. Martenzitik paslanmaz çelikler,
4. Çökelme yoluyla sertleşebilen paslanmaz çelikler,
5. Dupleks paslanmaz çelikler'dir [23-25].

Paslanmaz çeliklerin ihtiva ettiği nikel ve krom miktarına göre hangi sınıfta yer aldığı gösterimi Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları (Ç.S: Çökeltilme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar) [23,25].

Uluslararası birçok kuruluş tarafından paslanmaz çeliklerin alaşım standartları belirlenmiştir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından (DIN) Alman normları esas alınarak çelik standartları oluşturulmuş olmasına rağmen en çok kabul görmüş ve kullanılmakta olan Amerikan Demir Çelik Enstitüsü (AISI – American Iron and Steel Institute) ile Avrupa Paslanmaz Çelik Birliğinin (EN – European Stainless Steel Association) hazırlamış olduğu standartlardır. Çizelge 3.1.’de AISI ve EN standartları verilmiştir [24].

Çizelge 3.1. Paslanmaz çelik standartları [24].

	AISI	EN
Östenitik Paslanmaz Çelikler	201	1.4372
	202	1.4373
	204	1.4597
	301	1.4310
	304	1.4301

Çizelge 3.1 (Devam ediyor)

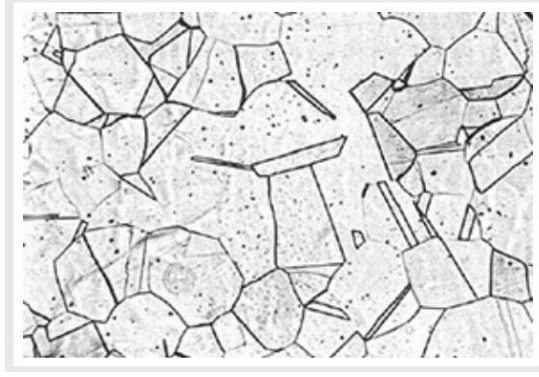
	AISI	EN
Östenitik Paslanmaz Çelikler	310	1.4845
	316	1.4436
	316Ti	1.4571
Ferritik Paslanmaz Çelikler	409	1.4749
	430	1.4016
	446	1.4749
Martenzitik Paslanmaz Çelikler	410	1.4006
	420	1.4021
	420	1.4028
	420	1.4034
Duplex Paslanmaz Çelikler	2205	1.4462
	2304	1.4362
	255	1.4507
Çökeltme Sertleşmeli Paslanmaz Çelikler	630	1.4542
	631	1.4568

Endüstride paslanmaz çelik grupları içerisinde en fazla kullanıma sahip olanlar östenitik paslanmaz çelikler ile ferritik paslanmaz çeliklerdir. Son yıllarda duplex paslanmaz çeliklerin kullanımı da öne çıkmaktadır.

3.1. ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER

Bileşiminde yeterli nikel elementi bulunan paslanmaz çeliklerin içyapıları oda sıcaklığında da östenitik olur [23]. Östenitik paslanmaz çelikler, bileşiklerinde %18 krom ve %8 nikel ihtiva ederler. Paslanmaz çelik üretiminde %70 paya sahip olan çelik grubudur. Östenitik paslanmaz çelikler, diğer çelik türlerine göre korozyon direnci, biçimlendirme ve mekanik özellikler açısından üstünlük göstermektedir [23,24]. Östenitik paslanmaz çelikler, tavllanmış haldeyken manyetik olmadıkları gibi su verme işlemi ile de sertleştirilemezler. Bu durum östenitik paslanmaz çeliklerin oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıklarda da yüzey merkezli kübik (YMK) kafes sistemine sahip içyapılarını korumalarıdır. Dayanımları alaşımlama ve soğuk

şekillendirme ile arttırılabilir [26]. Östenitik paslanmaz çeliğin mikro yapısı şekil 3.2’de verilmiştir.



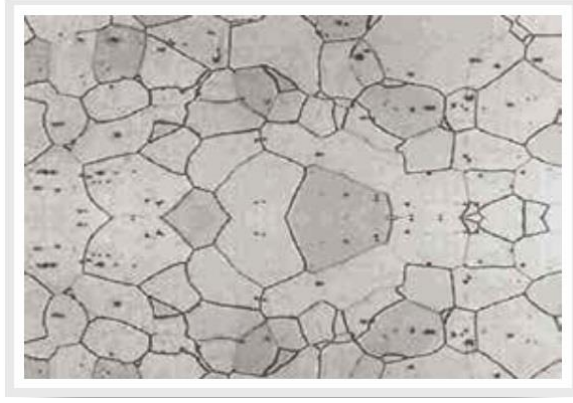
Şekil 3.2. Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı [27].

Östenitik paslanmaz çeliklerin başlıca özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Mükemmel korozyon dayanımına sahiptirler,
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri mükemmeldirler,
- Sünek yapılarından dolayı kolay şekillendirilebilirler,
- Hijyeniktirler, temizlik ve bakım işlemleri kolaydır,
- Yüksek sıcaklıklar da iyi mekanik özelliğe sahiptirler,
- Düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri mükemmeldir,
- Manyetik değildir (Tavlınmış durumda) [23].

3.2. FERRİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER

Ferritik paslanmaz çelikler, %0,1’in altında karbon yüzdesine sahip ve %12-18 arasında krom ihtiva eden çeliklerdir [25]. Oda sıcaklığı ile ergime sıcaklığı arasında hacim merkezli kübik (HMK) kristal kafes sistemine sahiptirler [26]. Şekil 3.3’te Ferritik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı verilmiştir.



Şekil 3.3. Ferritik paslanmaz çelik mikro yapısı [28,29].

Ferritik paslanmaz çelikler, östenitik paslanmaz çeliklerden daha az sünekliğe ve daha yüksek akma dayanımına sahiptirler. Oda sıcaklığında dahi korozyon direncine ihtiyaç duyulan uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıl işlemle sertleştirilemeyen içerisinde düşük karbon oranı olan Fe –Cr alaşımlarıdır [26].

Ferritik paslanmaz çeliklerin başlıca özellikleri:

- Bileşimindeki krom miktarı artırılarak korozyon dayanımı iyileştirilebilir,
- Isıl işlemle dayanımı artırılamaz,
- Manyetikler,
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür [23].

3.3. MARTENZİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER

Martenzitik paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklıklarda sahip oldukları YMK kafese sahip östenitin hızlı soğutma sonucu hacim merkezli tetragonal kafese sahip martenzit yapıya dönüşümü ile elde edilir [30]. Martenzitik paslanmaz çelikler alaşımında %0,1-1 oranında karbon “C” ve %12-17 oranında krom “Cr” içermektedir. Diğer paslanmaz çelik gruplarından ayrılmasını sağlayan en önemli özellikleri; karbon (C) yüzdesinin düşük olması ve ısıl işlem uygulandığında sertleşebilmelerinin mümkün olmasıdır. Martenzitik paslanmaz çeliklerde, karbon çelikleri gibi su verme işlemi sonucunda faz dönüşümü meydana gelerek çok sert bir yapı elde edilir. Atmosferik korozyona karşı dirençlidirler. Krom ve karbon oranları

sertleştirme işlemi sonrasında martenzitik yapı elde edebilmek için dengelenmiştir [23,26]. Martenzitik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı [30].

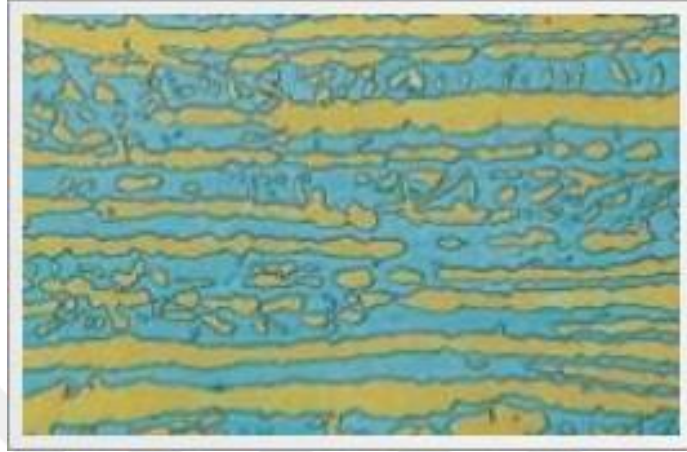
3.4. ÇÖKELME YOLUYLA SERTLEŞEBİLEN PASLANMAZ ÇELİKLER

Bu paslanmaz çelik grubuna yaşlandırma olarak bilinen çökeltme sertleşmesi uygulanabilir. Bu çelikler, östenitik, yarı östenitik veya martenzitik içyapıya sahip olabilirler. Çökeltme olayının gerçekleşebilmesi için önce soğuk şekil verme işlemine tabi tutmak gerekebilir. Çökelti oluşumunun sağlanabilmesi için alaşımın içerisine alüminyum, bakır, niyobyum ve titanyum gibi elementler ilave edilir. Bu alaşımlama sayesinde mukavemetleri 1700 MPa’a kadar çıkabilen paslanmaz çelikler elde edilir. Bu gruptaki çeliklerde iyi tokluk ve süneklik gösterirler. Orta ile iyi derecede korozyon özelliği vardır. Mekanik dayanımları çok yüksektir. Manyetik özelliği bulunur [23,25,26].

3.5. DUPLEX PASLANMAZ ÇELİKLER

Dupleks paslanmaz çelikler alaşımlarında yüksek oranda %18-28 Cr ile orta miktarda %4,5-8 Ni bulunduran çeliklerdir. Nikel oranı en çok %8 olduğundan dolayı bütün içyapısının östenitik olmasına yeterli değildir. İçyapıları, ferrit ve östenit fazlardan oluşması nedeniyle dupleks olarak adlandırılır. İdeal faz dengesi yaklaşık %50-%50 olarak kabul edilmektedir. Bu çeliklerin çoğunluğu %2,5 ile %4

arasında molibden içerir. Dupleks çelikler, iyi mukavemet ve süneklik özelliğini birlikte gösterirler [23,25,26]. Dupleks paslanmaz çeliklerin mikro yapısı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Duplex paslanmaz çelik mikro yapısı [23,30].

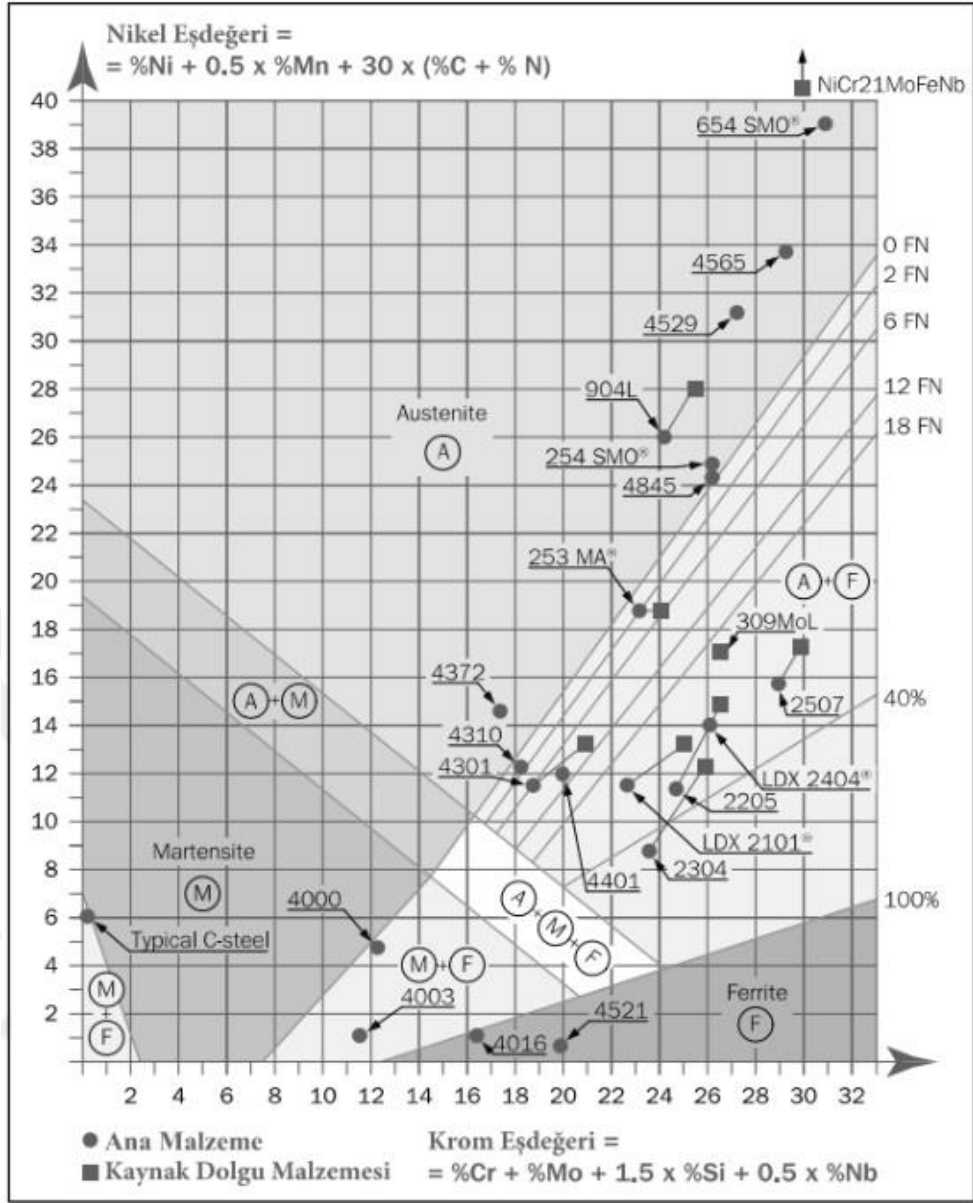
Ferrit ve östenit fazları oranında yüzdeler bazda farklılıklar arttıkça sorunlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin östenit fazındaki artış dayanımı azaltır ve gerilmeli korozyon çatlama direncini olumsuz etkiler. Ferrit fazındaki artış ise tokluğun azalmasına ve genel korozyon direncinin kaybına sebep olabilmektedir. Paslanmaz çeliklerde mikro yapı, Schaeffler-Delong diyagramı (Şekil 3.6) kullanılarak kimyasal bileşimlerinden tespit edilebilmektedir [26].

Ferrit faz yapısını dengeleyen alaşım elementlerine krom eşdeğerleri;

$$(Cr)Krom eşdeğeri = Cr + Mo + 1.5 Si + 0.5 Nb \quad [\% Ağırlık] \quad (3.1)$$

Östenitik faz yapısını dengeleyen alaşım elementlerine nikel eşdeğerleri;

$$(Ni)Nikel eşdeğeri = Ni + 30(C + N) + 0.5 Mn \quad [\%Ağırlık] \quad (3.2)$$



Şekil 3.6. Schaeffler – Delong diyagramı krom ve nikel eşdeğerlerinin faz yapısındaki etkisini gösterir [26].

Dupleks paslanmaz çelik grubu mukavemet ve korozyon özelliklerinin ikisinin de bulunmasına ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır. Yaygın olarak kullanılan dört dupleks paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Yaygın kullanıma sahip dört önemli dupleks paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (%-Ağırlık) [1,26,31].

Sınıfı	EN No	Cr	Ni	Mo	Mn	N
2304	1.4362	21.5 – 24.5	3 – 5.5	0.05 – 0.6	2.5	0.05 – 0.2
LDX 2101	1.4162	21.5	1.5	0.3	2	0.22
2205	1.4462	21 – 23	4.5 – 6.5	2.5 – 3.5	2	0.14 – 0.2
2507	1.4410	24 -26	6 – 8	3 - 5	1.2	0.24 – 0.32

Duplex paslanmaz çeliklerin yüksek mukavemete sahip olmalarının nedenleri; İyapılarında ferrit yapının varlığı, küçük tane boyutu, sert ikincil östenit oluşumudur. Bunların yanı sıra arayer ve yerelan çözelti sertleşmesi de yüksek mukavemetin sağlanmasında etkilidir [26]. Çizelge 3.3.'te bazı dupleks paslanmaz çeliklere ait mekanik özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Bazı dupleks paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri [1,24].

Sınıf	EN No	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)	Çentik Darbe Direnci (J)
2304	1.4362	400	630 – 800	25	60
2205	1.4462	460	640 – 840	25	60
2507	1.4410	530	730 – 930	20	60

Duplex paslanmaz çeliklerin birçok kullanım alanı mevcuttur. Özellikle deniz ve tuzlu su ortamında çalışacak makine ve ekipmanların yapımında tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra petrokimya tesislerinde, yağ sanayisinde, kimya sanayisinde, nükleer reaktörlerde, sıcak su tanklarında ve ısı dönüştürücülerde olmak üzere endüstrinin çok geniş alanında kullanılmaktadır [1-26].

BÖLÜM 4

SOĞUTMA YÖNTEMLERİ

Metal malzemelerin talaşlı imalat yöntemleriyle işlenmesi esnasında karşılaşılan olumsuzluklardan biri de kesme sırasında oluşan ısıdır. Kaliteli yüzey elde etmek ve istenilen toleranslarda ölçü tamlığı sağlamak için farklı soğutma yöntemleri kullanılmaktadır.

Talaşlı imalatta kullanılan soğutma yöntemlerinden bazıları şunlardır;

1. Kesme sıvıları ile soğutma
2. Hava ile soğutma
3. Kriyojenik soğutma

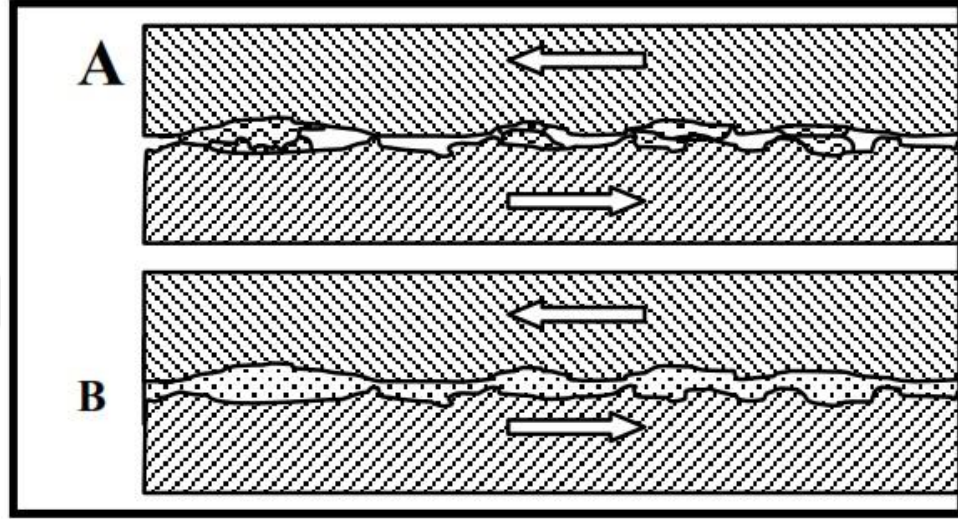
4.1. KESME SIVILARI

Kesme sıvısı; metal malzemelerin yüzeyinden talaş kaldırma işleminde, kesici ve iş parçasını soğutmak ve yağlamak amacıyla kullanılan sulu karışımlar veya çeşitli kimyevi maddelerin karışımı olan sıvı olarak tanımlanabilir. Kesme sıvılarından talaş kaldırma işlemi esnasında yerine getirmesi beklenen 3 önemli özellik vardır. Bunlar;

- Soğutma özelliği,
- Yağlama özelliği,
- Talaşların işleme bölgesinden uzaklaştırılmasıdır.

Talaş kaldırma işleminde, takımın temas noktasında sürtünme ve talaşın deformasyonu sonucu yüksek sıcaklık oluşmaktadır. Bu sıcaklık nedeni ile kesici ısınmakta, aşınması artmakta ve buna bağlı olarak takım ömrü azalmaktadır. Kesme sıvısı, bu olumsuzlukları azaltmak için takımın soğumasını sağlamaktadır. Ayrıca işlenen parçanın yüzey kalitesini iyileştirir ve çıkan talaşların uzaklaşmasına yardımcı olur [32].

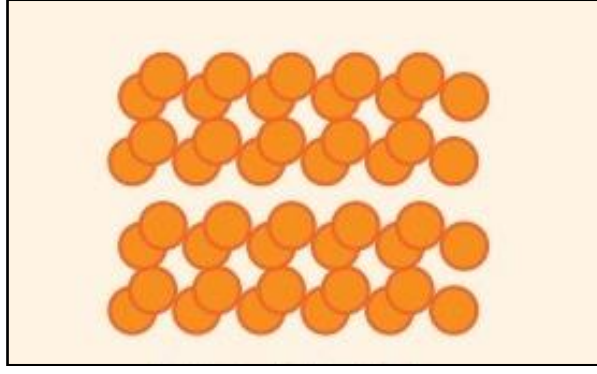
Birbirleri üzerinde iki yüzey, yağlamanın olmadığı bir ortamda kayarsa yüzeylerdeki pürüzler birbirlerine sürtünmektedir (Şekil 4.1.A). Malzemenin sürtünmesi sonucu parçalar aşınarak malzemeden koparlar. Kesme sıvısı yağlama özelliği sayesinde, iş parçası ve takım yüzeylerini birbirinden ayırarak aralarındaki aşınmayı azaltır (Şekil 4.1.B) [32,33].



Şekil 4.1. Kesme sıvısının etkisi [32].

4.1.1. Sentetik Yağlar

Sentetik yağlar, petrol esaslı olmayan kimyasal sentez yöntemleriyle elde edilir. Kimyasal proste sentetik yapıyı meydana getirecek hidrokarbon moleküller boyut ve şekil bakımından birbirinin aynı olacak biçimde tasarlanır (Şekil 4.2). Başlıca sentetik temel yağlar; Polialfaolefin (PAO), Alkali aromatik, Polybutenler, Polyester, Polialken glikol, Fosfat esterdir [34].



Şekil 4.2. Sentetik yağ dokusu [34].

Sentetik yağların avantajları;

- Düşük sıcaklıkta kolay akış
- Yüksek sıcaklıklarda incelmeden çalışabilme
- Yüksek aşınma önleyicilik kabiliyeti
- Oksidasyona karşı yüksek dayanım
- Daha uzun ömürlü olması
- Yüksek basınca karşı dayanıklılık
- Enerji tasarrufu olarak sıralanabilir [34].

Dezavantajları;

- Aşırı çalkalanma durumunda köpüklenme ve tanecik halinde (sprey şeklinde) havada yayılması,
- Havada tanecik (sprey) halinde kalmasının sağlık nedenlerine yol açması,
- Makineden kaçan yağların sentetik soğutma sıvısının yapısını çok çabuk bozması şeklinde sıralanabilir [38].

4.1.2. Yarı Sentetik Yağlar

Yarı sentetik yağlar, çözülebilen yağlar gibi su bazlı yapıdadır. %5 ile %20 arasında değişen oranlarda mineral yağın, su içinde emülsiyeye edilmesiyle, mikroemülsiyon meydana getirirler [41]. Kalan kısmını ise emülsiyeye ediciler ve su oluşturur. Islatma ajanları, korozyon önleyiciler ve biosit katkıları eklenebilir. Suyun sürekli fazda

yağın ise dağılan fazda bulunduğu mikro emülsiyonlar su içinde yağ mikro emülsiyonları olarak adlandırılırlar [38,41].

Yarı sentetiklerin avantajları; Hızlı bir şekilde ısıyı dağıtırlar, temizdirler ve bozulmaya karşı dirençlidirler. Pas önleme ve yağlayıcılık özellikleri sentetik sıvılara göre daha iyidir. Ağır operasyonlarda sergilediği yağlayıcılık özelliği iyidir. Çözünebilen yağlara göre üstün ısılatma ve soğutma kabiliyetleri vardır. Yüksek hızlarda ve yüksek ilerlemelerde çalışma imkanı sunarlar. Vizkoziteleri çözünebilen yağlara göre daha düşük olduğu için daha iyi çökeltme ve temizleme özelliğine sahiptirler. Yarı sentetikler küf ve bakteriye karşı daha iyi dayanım sağlarlar. Saf yağlara ve çözünebilen yağlara oranla daha az yağ içerdiklerinden daha az duman ve yağ spreyi oluştururlar [41].

Yarı sentetiklerin dezavantajları; suyun sertliği yarı sentetik yağların kararlılığını oldukça etkiler. Bazı durumlarda ise sert su tortularına sebep olur. İçerisine ilave edilen temizlik katkı maddeleri sebebiyle daha kolay köpük oluşumu gerçekleşir [38].

4.1.3 Mineral Yağlar

Mineral yağlar, ham petrolün arıtılması sonucunda elde edilen hidrokarbonlardır. Talaşlı imalatta kullanılan temel sıvı olması nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Mineral yağların özellikleri kimyasal zincirlerinin uzunluğuna, yapısına ve rafine edilme derecesine bağlıdır. Mineral yağlar saf veya karışım halinde kullanılabilir. Saf mineral yağların yağlama ve korozyon dayanım özellikleri iyi olmasına rağmen soğutma özelliği iyi değildir [35].

Mineral Yağların dokusu (Şekil 4.3), Sentetik yağların dokusuna (Şekil 4.2) göre daha düzensiz halde bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Mineral yağ dokusu [34].

Mineral yağların geri kazanımlarının zor ve maliyetli olması, çevreyle teması halinde zararlı etkilerinin olması ve mineral yağ çeşitlerinden aromatik yağların insan sağlığına zararlı olmasından dolayı kullanılamaması mineral yağların dezavantajları arasındadır.

4.1.4. Bitkisel Yağlar

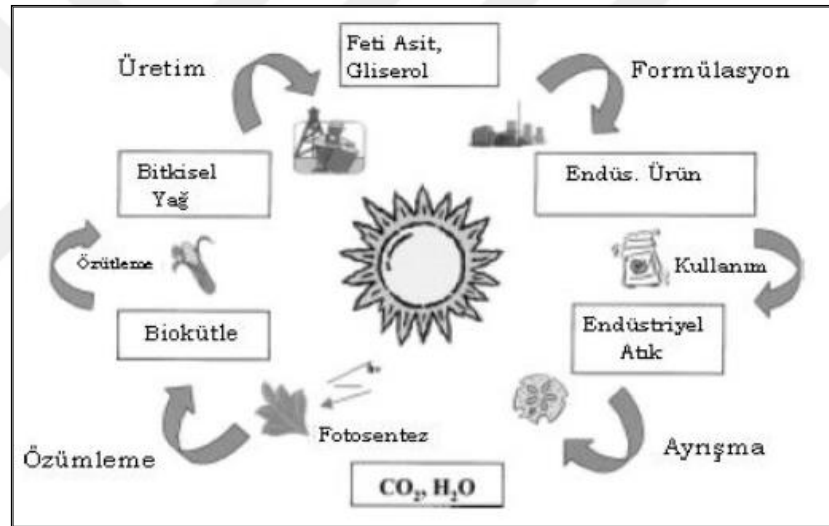
Mineral ve sentetik yağların olumsuz etkilerinin olması araştırmacıları insan sağlığına ve çevreye zararı olmayan bitkisel yağlara yöneltmiştir. Bitkisel yağların kanserojen etkileri bulunmamakla birlikte, mineral yağlar gibi kaynakları sürekli tükenmemektedir. Bitkisel yağ kaynakları sürekli kendi kendini yenileyebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı bitkisel yağlar üzerindeki ilgi artmıştır [36].

Bitkisel yağlar, yağlayıcılık özelliği dikkate alındığında mineral yağlardan daha iyi olmamakla birlikte benzer özellikler gösterir. Bitkilerin tohumlarından elde edilen yağlar, yağlayıcılığı arttıran doğal feti asitleri ve bileşikleri içerirler. Kolza tohumu ve kanola yağının yüksek polar özelliklerinden ötürü metal yüzeylere yapışma ve kaplama özelliğinin iyi olması en çok tercih edilen bitkisel yağ çeşidi yapmaktadır [36].

Bitkisel yağların avantajları; kanserojen etkisinin bulunmaması, doğal kaynak olması, bitkilerin tohumlarından elde edilmesi ve kaynaklarının üretimle her yıl yenilenmesi şeklinde sıralanabilir.

Bitkisel yağların dezavantajları olarak oksitlenme kararlılığının düşük olması ve oksitlenme kararlılığı artırmak için maliyeti yüksek katkı maddelerine ihtiyaç duyması şeklinde sıralanabilir.

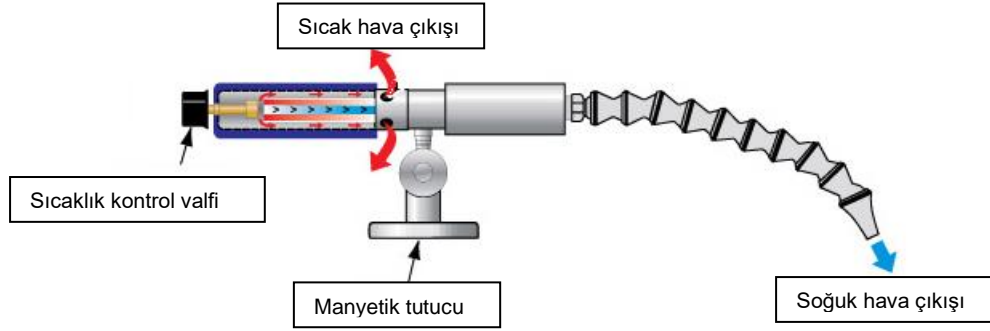
Karışımlarının içerisinde bulunan korozyon önleyici, koku giderici vb. katışıklar çevreye zararlı maddeler olsa da bunların geri dönüşüm maliyetleri yüksek olmamaktadır (Şekil 4.4) [37].



Şekil 4.4. Bitkisel esaslı yağların ekolojik çevrimi [37].

4.2. HAVA İLE SOĞUTMA

Talaşlı imalatta kuru işleme sonucu oluşan ısıdan dolayı kesici takımların ömrü en aza inmektedir. Hava soğutucu sistem temiz ve soğuk hava akımı sağlar. Bu işlem sessiz olup içerisinde hiçbir hareketli parça barındırmadığından dolayı aşınma riski bulunmamaktadır [45]. Hava soğutucu sistem diğer soğutma sistemlerinden daha temiz bir ortamda soğutma gerçekleştirmeye imkan verir. Talaşlı imalatta kesme işleminde ortaya çıkan ısıyı yok ederek kullanılan kesici takımın ömrünü uzatmaya yardımcı olur.



Şekil 4.5. Soğuk hava tabancası.

Avantajları; üretim verimliliğini artırır, yanmayı engeller, kesici takımların ömrünü uzatır, kırılma riskini azaltır, temiz bitmiş parçalar sağlar, sessizdir, kompakt ve taşınabilir yapıya sahiptir, soğutucu madde maliyeti yoktur, kimyasal madde içermez şeklinde sıralanabilir.

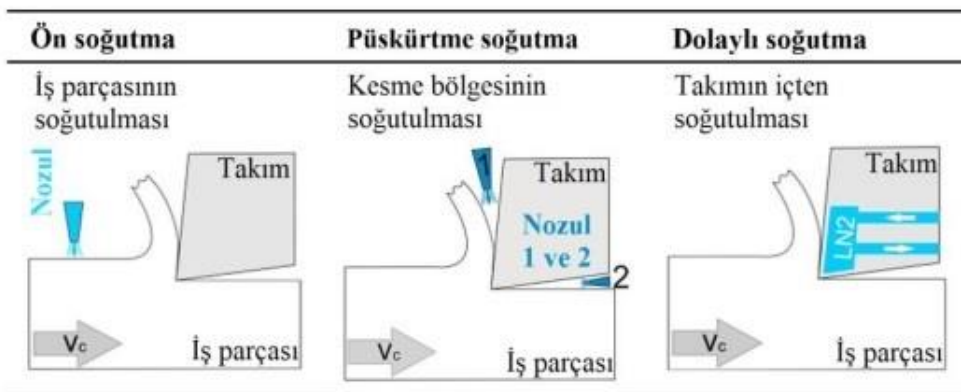
4.3. KRİYOJENİK SOĞUTMA

Kriyogeni, çok düşük sıcaklıklar teknolojisi ve bilimi olarak bilinir. Çalışma yapılan ortam sıcaklığı kriyojenik bir sıcaklıkta (120 K'in altındaki sıcaklıklar) ve bu sıcaklıkta soğutma yapılıyorsa bu işlemlere kriyojenik soğutma denilmektedir. Sıfırın altındaki sıcaklıklarda soğutma yapabilmek için kullanılan soğutucu akışkanlara kriyojen denilmektedir. Kriyojenlerin temel özelliği atmosfer şartlarında gaz halinde bulunup termodinamik işlemler sonucu yoğuşma sıcaklık noktasının altına düşerek sıvı forma geçmesidir [39].

Çizelge 4.1. Bazı kriyojenlerin özellikleri [39,40].

Madde	1 atm basınçta kaynama verileri		Donma verileri		Sıvı özellikleri		
	Normal Kaynama °C	Buharlaştırma gizli ısı h_{fg} , kJ/kg	Donma noktası °C	Füzyon gizli ısı h_{if} , kJ/kg	Sıcaklık °C	Yoğunluk ρ , kg/m ³	Özgül ısı C_p , kJ/kgK
Helyum	-268,9	22,8	-	-	-268,9	146,2	22,8
Hidrojen	-252,8	445,7	-259,2	59,5	-252,8	70,7	10
Azot	-195,8	198,6	-210	25,3	-195,8	809	2,06
Argon	-185,9	161,6	-189,3	28	-185,6	1394	1,14
Oksijen	-183	212,7	-218,8	13,7	-183	1141	1,71
Metan	-161,5	510,4	-182,2	58,4	-161,5	423	3,49
Karbon dioksit	-78,4	230,5 (atm 0°C)	-56,6	-	0	298	0,59
Propan	-42,1	427,8	-187,7	80	-42,1	581	2,25

Talaşlı imalat esnasında farklı kriyojenik soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. İş parçasının soğutulduğu ön soğutma, kesme bölgesinin çift nozul kullanılarak soğutulduğu püskürtme soğutma ve Kesici takım içerisindeki kanallar vasıtasıyla kesicinin soğutulduğu dolaylı soğutmadır. Şekil4.6'da bu yöntemler görselleştirilmiştir.



Şekil 4.6. Kriyojenik soğutma yöntemleri [42].

4.4. KESME SIVILARININ UYGULAMA YÖNTEMLERİ

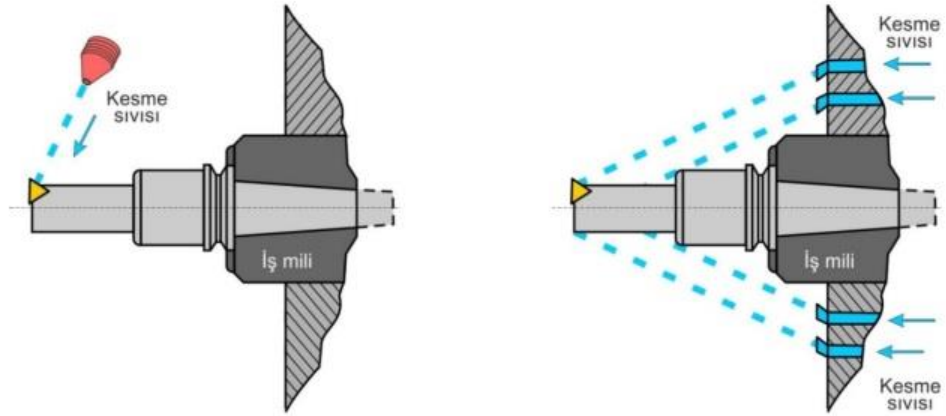
Soğutucuların uygulanmasında temel olarak üç yöntem bulunmaktadır. Bunlar sıvıyı fişkirtme (geleneksel soğutma), sis püskürtme ve elle uygulamadır [43].

4.4.1. Sıvı Fişkirtme (Geleneksel Soğutma) Yöntemi

Sıvı fişkirtme yöntemi, genellikle bir depodan motor yardımıyla iş parçası ve kesici takım üzerine sıvı gönderilerek (akıtılarak) gerçekleştirilmektedir. Gelişen teknolojiye ve üretime cevap verebilmek için yapılan kesici takımlarla ilgili çalışmalar neticesinde yeni kesici takımlar üretilmiştir. Bununla birlikte sıvı fişkirtme yönteminde de takım dışından olduğu gibi takım içerisinden de soğutma yapılabilir hale gelmiştir.

4.4.1.1 Takım dışından soğutma

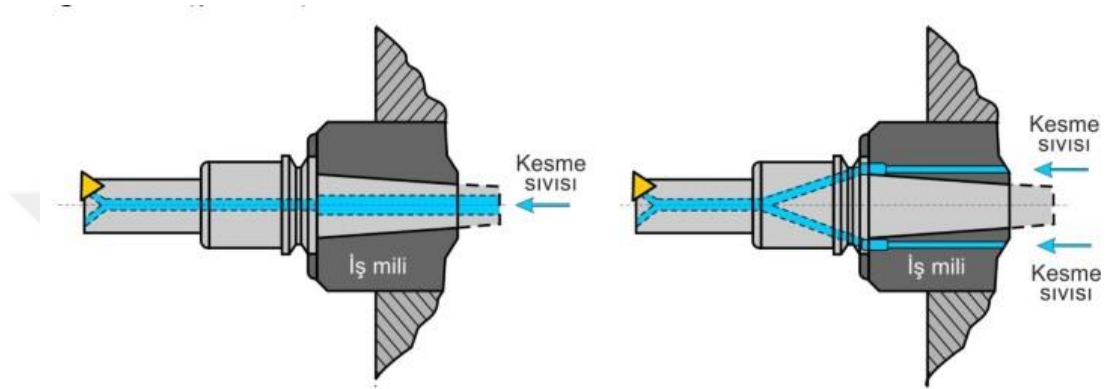
Kesici takım dışından soğutma yönteminde sıvı, düşük basınçta akıtılabilir veya yüksek basınçta sıvı akışı sağlanır. Soğutucu sıvı genellikle esnek borularla veya sabit boru yardımıyla ucundaki nozulun yönlendirilmesiyle kesme bölgesine etkili bir şekilde uygulanması sağlanır. Nozulun, kesme bölgesine ve iş parçasına gelecek şekilde ve kesici takımın önünü kaplayacak şekilde kesme sıvısını uygulamasını sağlayacak konumda ayarlanmalıdır [43].



Şekil 4.7. Takım dışından soğutma [43].

4.4.1.2. Takım içinden soğutma

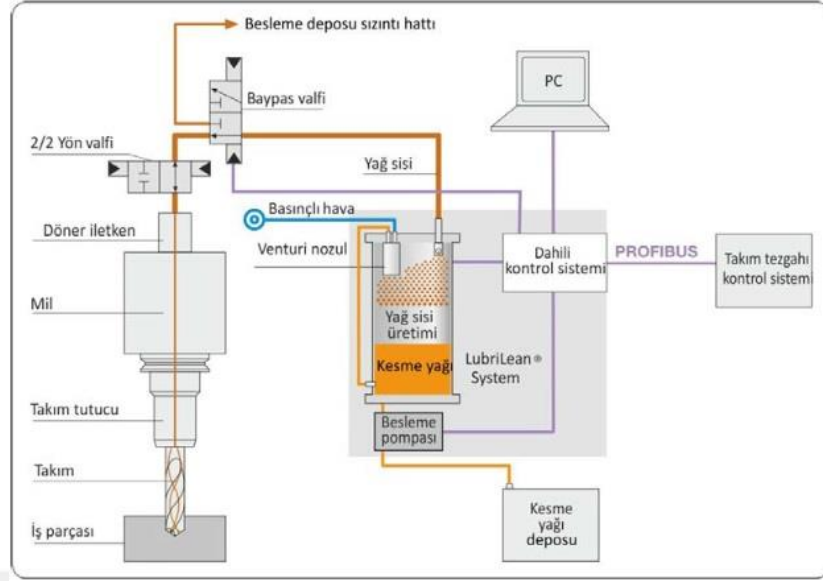
Bu uygulamada soğutucu, yüksek basınçla kesici takım içerisindeki soğutucu yoluna verilir. Birçok tezgah için 13 bar'lık basınç standarttır. Kesme işleminin türüne ve malzemenin cinsine göre daha yüksek basınçlarda da soğutucu sıvı gönderilmektedir. Şekil 4.8' de takım içinden soğutma uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Takım içinden soğutma [43].

4.4.2. Püskürtme Yöntemi

Talaşlı imalatta kullanılan soğutma yöntemlerinden bir diğeri de sis püskürtmedir. Sis, aspiratörle veya doğrudan basınçla oluşturularak kesme bölgesine püskürtülür. Aspiratörlü sistemde hava akımı içerisinde yağ olan açık bir tüpün ucuna yönlendirilerek vakum yapması sağlanır. Bu sayede tüpün içerisindeki yağ damlacıklarının hava akımına karışması sağlanmış olur. Doğrudan basınç uygulamasında basınçlı hava, yağa yönlendirilerek sis oluşması sağlanır. Hava-yağ sisi minimum miktarda yağlama (MMY) ya da yaklaşık kuru işleme sistemlerinde de uygulanmaktadır. Şekil 4.9' da tek kanallı içten minimum miktarda yağlama sistemine ait bir şema verilmiştir [43].



Şekil 4.9. Tek kanallı içten MMY sisteminin çalışma şeması [43].

4.4.3. Elle Uygulama Yöntemi

Yağdanlık, sıkılabilir şişe veya fırça gibi malzemeler kullanılarak yapılan bu uygulama, kesme hızlarının düşük olduğu ve sürtünmenin sorun olduğu işlemlerde yağlamayı sağlayabilmek için kullanılır. Bu yöntemin seri imalat işlemlerinde kullanılması zordur. Küçük atölyelerde ve üretim miktarının az olduğu işlemler için uygulanabilir.



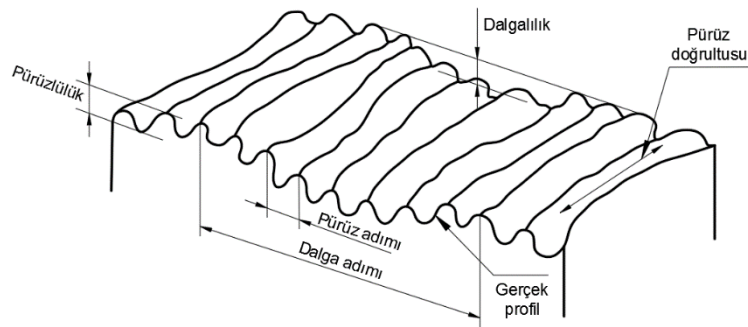
Şekil 4.10. Kesme sıvısının elle uygulanması [44].

BÖLÜM 5

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Parça üzerinde yapılan talaşlı imalat işlemlerinin temel amaçlarından birisi de istenilen geometri ve yüzey kalitesini elde etmektir. Fakat uygulanan talaşlı imalat yöntemine, işleme koşuluna ve kesici takım seçimine bağlı olarak yüzeylerde istenmeyen izler meydana gelmektedir. Parça yüzeyinde oluşan düzensiz izlere yüzey pürüzlülüğü ismi verilmektedir [46].

Seçilen işleme metoduna göre talaş kaldırılan parça yüzeylerinde belirli bir yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmaz bir durumdur [47]. Talaş kaldırma işlemi uygulanan yüzeylerde, dalgalılık ve pürüzlülük şeklinde iki tür düzensizlik meydana gelmektedir. Şekil 5.1’de parça yüzeyinde meydana gelen düzensizlik çeşitleri (dalgalılık ve pürüzlülük) ve yüzey kalitesini belirleyen faktörler gösterilmiştir. Dalgalılık, geometrik sapmalar grubuna dahil olduğundan yüzey kalitesi ile pürüzlülüğünü tayin eder [48].



Şekil 5.1. Yüzey kalitesini belirleyen faktörler [48].

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi işleminde çoğunlukla ortalama yüzey pürüzlülüğü kullanılmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü sembolünün ifade şekli

“Ra” dır. Hesaplama işleminde denklem 5.1.’de ki formül kullanılarak hesaplama yapılmaktadır [49].

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |z(x)| dx \quad (5.1)$$

Denklem 5.1.’de yer alan hesaplama elemanları;

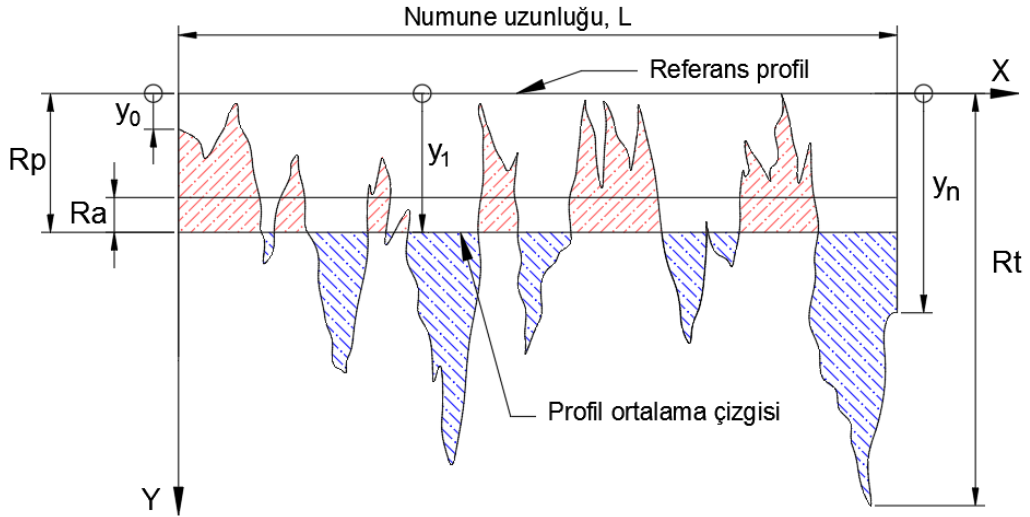
Ra : Ortalama yüzey pürüzlülüğü,

L : Örnekleme uzunluğu,

Z : Ortalama yüzey pürüzlülük yüksekliği miktarı,

X : Profil yönü.

Standart yüzey pürüzlülüğünün değerlendirmesi, Şekil 5.2’de gösterildiği gibi işlenen yüzeye dik bir kesitte, belirlenmiş olan numune uzunluğu (L) boyunca, belirlenmiş bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre belirlenmektedir.



Şekil 5.2. Yüzey pürüzlülüğünün geometrisi [48,50].

Rp : Maksimum profil tepe yüksekliği,

Rt : Maksimum tepe yüksekliği,

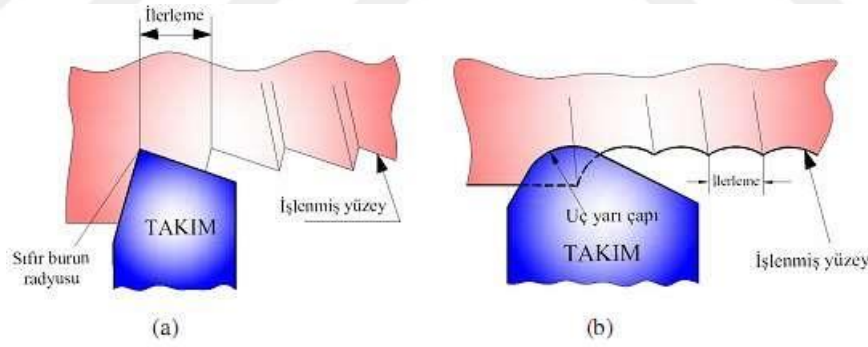
Ra : Ortalama yüzey pürüzlülüğüdür.

Talaş kaldırma işlemi sonrasında oluşan yüzey pürüzlülüğü, bağlı olduğu birçok faktörün etkisiyle değişmektedir. Kesici takım geometrisi ve ilerleme hızına bağlı olarak gerçekleşen yüzey pürüzlülüğüne “ideal yüzey pürüzlülüğü” ve talaş kaldırma esnasında, düzensizliklerin sonucu oluşan “doğal yüzey pürüzlülüğü” olarak iki farklı tanımlamayla değerlendirilebilmektedir [48].

5.1. İDEAL YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Kesici takım hataları, tezgahın titreşimi, vuruntular, kesiciye yapışan talaş yığılması (BUE) vb. faktörler minimuma indirilmesi, kullanılan kesicinin şekli ve geometrisinin, ilerleme ve kesme hızının en uygun halinin verilmesi ile sağlanabilen en iyi yüzey pürüzlülüğü “ideal yüzey pürüzlülüğünü” vermektedir [48,51].

Tornalama işlemlerinde kullanılan keskin ve yuvarlak köşeli kesici takımlarla yukarıda belirtilen ideal şartlar sağlandığında ortaya çıkan ideal yüzey pürüzlülüğü şekil 5.3’de gösterilmiştir [48].



Şekil 5.3. a) Keskin köşeli kesici takım kullanılarak elde edilmiş ideal yüzey pürüzlülüğü modeli, b) Yuvarlak uçlu kesici takım kullanılarak elde edilmiş ideal yüzey pürüzlülüğü modeli [48].

5.2. DOĞAL YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Doğal yüzey pürüzlülüğü, kesme işlemindeki düzensizliklerin sonucunda ortaya çıkmaktadır [52]. Kesici kenarda yığıntı talaş oluşumu doğal yüzey pürüzlülüğünün oluşmasındaki en temel nedenlerdendir. Bununla birlikte iş malzemesinin

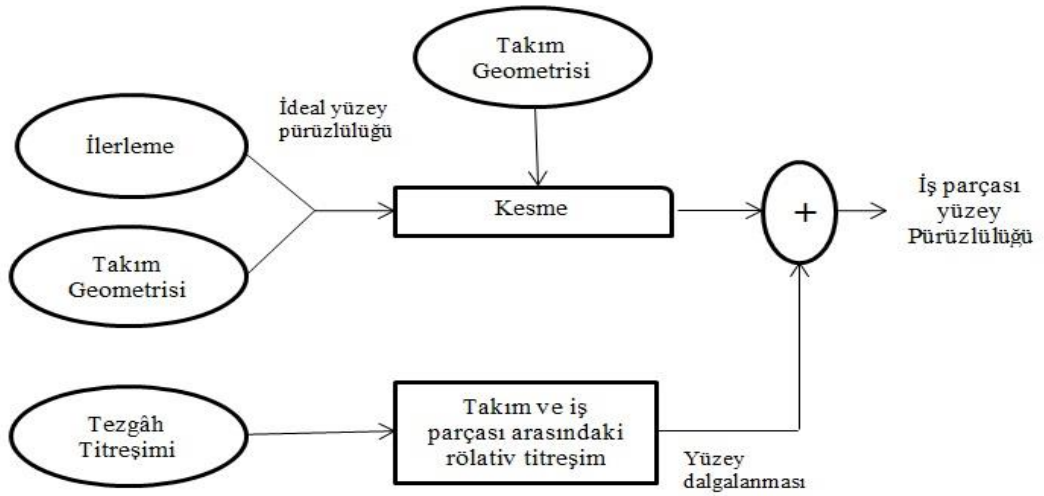
yapısındaki hasarlar, takım tezgahı, çalışma ortamı, tırlama veya tezgah titreşimi gibi nedenlerde doğal yüzey pürüzlülüğünün oluşmasına katkı sağlarlar [48-52].

5.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kesici takımla yapılan işleme sonucu elde edilen yüzeyde oluşan pürüzlülüğü etkileyen faktörler vardır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Takım tezgahının rijitliği,
- Kesici takım tutucusunun rijitliği,
- Kesici takım aşınmaları,
- Kesici takım geometrisinin yanlış seçilmesi,
- İşleme parametreleri,
- İşleme koşulları,
- İş parçasının mekaniksel özellikleri,
- Kesme sıvısının etkileri,

Yüzey pürüzlülüğüne etkisi olan faktörler Şekil 5.4'te şematik olarak gösterilmiştir. Bitmiş yüzeylerde pürüzlülüğü etkileyen faktörler üç kısımda ele alınmaktadır. Bunlar; takım geometrisi, kesici takım – iş arasında kendiliğinden oluşan titreşim ve ilerlemedir.



Şekil 5.4. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler [48,52,53].

5.4. YÜZEY PÜRÜZLÜK PARAMETRELERİ

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi işleminde kullanılan birden çok parametre mevcuttur. Bu parametrelerden bazıları;

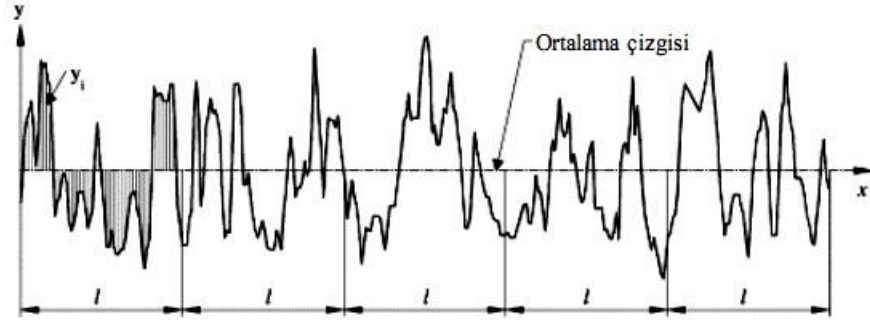
Talaşlı imalat işlemi sonucu örnekleme boyu yüzeyinde meydana gelen girinti ve çıkıntıların alan olarak eşitlendiği orta eksenin üst ve alt kısımlarında kalan alanların aritmetik olarak ortalamasını veren çizgiler arası mesafe “Ra” olarak, orta eksenin alt ve üst kısmında oluşan sapmaların geometrik ortalama değeri “Rq” (RMS) olarak, değerlendirmede kullanılan aralıkta bulunan en yüksek çıkıntısı ile en derin girintisinin beşer adetinin mutlak değerlerinin ortalaması “Rz” olarak, değerlendirme aralığındaki filtre edilmemiş pürüzlülüğün en yüksek çıkıntısı ile en derin girintisi arasındaki mesafe “Rmax” (Ry) olarak ve filter edilmiş pürüzlülüğün en yüksek tepesi ile en derin girintisi arasındaki mesafe de “Rt” şeklinde adlandırılmaktadır. Bu parametrelerin dışında yüzey pürüzlülüğü ile ilgili çok fazla parametre bulunmaktadır [54].

5.4.1. Ra: Yüzey Pürüzlülüğünün Aritmetik Ortalaması (μm)

Merkez ortalama çizgisi (CLA) ismiyle de bilinen ve standart hale getirilmiş olan aritmetik ortalama pürüzlülük değerleri kalite kontrolünde kullanılmaktadır. Şekil 5.5'te gösterildiği gibi ortalama çizgisinin alt ve üst kısmında kalan pürüzlülüklerinin mutlak yükseklik aritmetik ortalamasıdır. Ra parametresinin tanımlanması ve ölçülmesi kolaydır. Profildeki hassas değişimlerin belirlenmesi hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bu pürüzlülük parametresinin matematiksel olarak ifadesi aşağıda formülde verildiği gibidir [54,55].

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (5.2)$$

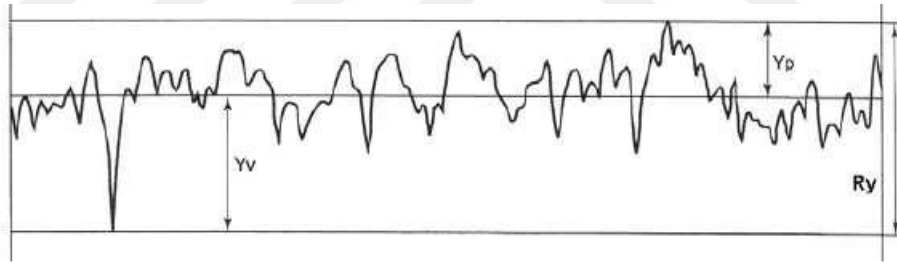
$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (5.3)$$



Şekil 5.5. Ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerinin tanımlanması [54,55].

5.4.2. Rmax: Maksimum Profil Yüksekliği (µm)

Maksimum profil yüksekliği: Rmax ya da Rt olarak ifade edilmektedir [54]. Yüzey üzerinde kabul edilen örnekleme boyunda ki en yüksek tepe ve en derin vadi arasındaki dikey mesafedir [56]. Maksimum profil yüksekliği (Rt) Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Maksimum profil yüksekliğinin grafiksel gösterimi [57].

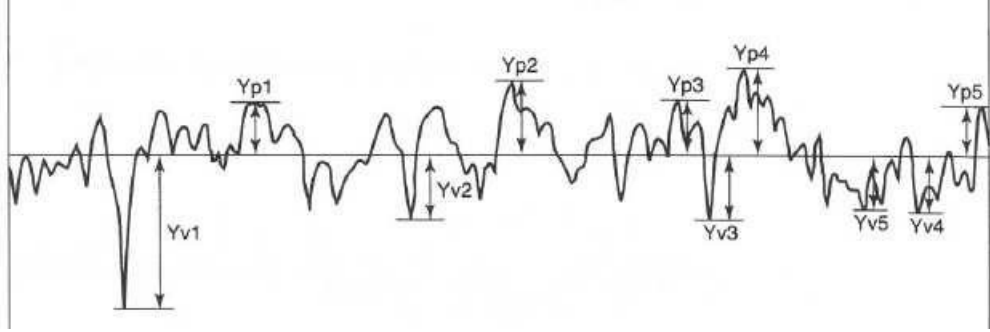
Maksimum profil yüksekliği (yüzey pürüzlülüğünün derinliği) aşağıdaki formülle hesaplanır [57].

$$R_t = Y_p + Y_v \quad (5.4)$$

5.4.3. Rz: Ortalama Pürüzlülük Derinliği (µm)

Bu parametre Ra'dan daha iyi yüksek tepe ve çukurları tanımlayabildiğinden dolayı daha hassas ölçüm yapmaktadır. Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), Rz'yi

“Örnekleme profili boyunca en yüksek beş tepe ve en derin beş çukurun ortalaması” şeklinde tanımlanmaktadır [54,57].



Şekil 5.7. Ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) [57].

Ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (5.5)$$

5.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ

Talaşlı imalat işlemi uygulanan parçaların yüzey pürüzlülüğünün tespitinde çok çeşitli ölçme tekniği kullanılmaktadır. Bu metotların bazıları aşağıda verilmiştir [46,58].

Optik metot: İşlenen parça yüzeyine belirli açı ile ışının yansıtılması, yansıtılan ışının yansımalarının ve dağılımının optik sensörler yardımıyla ölçülmesiyle yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesini sağlayan metottur.

Temas metodu: İşlenen parça yüzeyinde bir prob hareket ettirilir. Yüzey üzerinde hareket ettirilen probtan elde edilen değer ile malzemenin kabul edilen sürtünme katsayısı karşılaştırılarak yüzey pürüzlülük değeri belirlenir.

Mekanik metot: Ölçümü yapılacak yüzey üzerinde 500 gr veya üzerinde bir bilyenin 1 mikron yüzeyin içine batırılmasıyla elde edilen yüzey pürüzlülüğü metodudur.

Hidrolik metot: Ölçümü yapılacak yüzey üzerine belirlenen miktarda yağ damlatılarak akış süresi aracılığıyla yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi yöntemidir.

X ışını metodu: Misroskobik ortamda işlenen yüzeylere küçük açılar ile X ışını gönderilmesiyle 0,00254-0,0508 μm arasında bulunan yüzey pürüzlülük değerlerini ölçebilmektedir.

Replika metodu: Ölçümü yapılacak yüzeye erişilemeyen durumlarda kullanılan bir yöntemdir. Yüzeye selüloz ve asetat karışımından oluşan bir film yerleştirilir. Yerleştirilen filme aseton uygulanarak yumuşaması sağlanır. Yüzeyin üzerindeki şekillerin film üzerine çıkması sağlanarak film üzerinden ölçme işlemi gerçekleştirilir.

BÖLÜM 6

MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

6.1. İŞ PARÇASI MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ

Yapılan deneysel çalışmada iş parçası malzemesi olarak $\varnothing 50 \times 250$ mm ebatlarında 1.4462 dubleks paslanmaz çelik kullanılmıştır. Dubleks paslanmaz çelik aşırı derecede korozyona karşı dayanıklı bir paslanmaz çelik kalitesidir. 4462 kalitesindeki bu paslanmazlar 304 ve 316 kalite malzemelere oranla paslanmaya karşı daha yüksek bir direnç gösterip, kimyasal olarak hem östenitik hem de ferritik paslanmaz çelik özellikleri taşırlar. Bu kalitedeki diğer çeliklere göre daha sert olup, kopmaya karşı dirençleri daha yüksektir. Dubleks paslanmaz Türkiye’de ve dünyada son zamanlarda kullanımı büyük bir artış gösteren bir paslanmaz çelik kalitesidir. Sağlamlık, esneklik ve dayanıklılık gerektiren alanlarda sıklıkla kullanılan bu kalite, pompa millerinde, tekne şaftlarında, pervane yapımında, özel hidroelektrik santrallerinde, gıda sektöründe, kimya sektöründe ve makine üretiminde kullanılmaktadır [59].

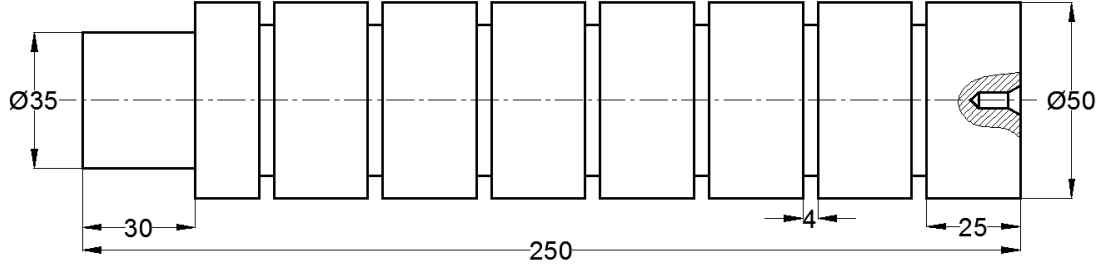
Deneysel çalışmada kullanılan 1.4462 dubleks paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. 1.4462 dubleks paslanmaz çeliğin kimyasal içeriği [60].

Malzeme	C	P	S	Mn	Si	Cr	Mo	Ni
1.4462	0,03 mak.	0,035 mak.	0,015 mak.	2 mak.	1 mak.	21 ≈ 23	2,5 ≈ 3,5	4,5 ≈ 6,5

Deneysel çalışmada kullanılan iş parçası malzemesini ayna punta arasında bağlayabilmek için punta deliği açılmış ve parçanın bir tarafına $\varnothing 35 \times 30$ mm boyutları kademe oluşturulmuştur. İş parçasına 25 mm aralıklarla 4 mm genişliğinde kanallar açılmıştır. Her bir işleme parametresinde bu 25 mm’lik kısımlar farklı kesme

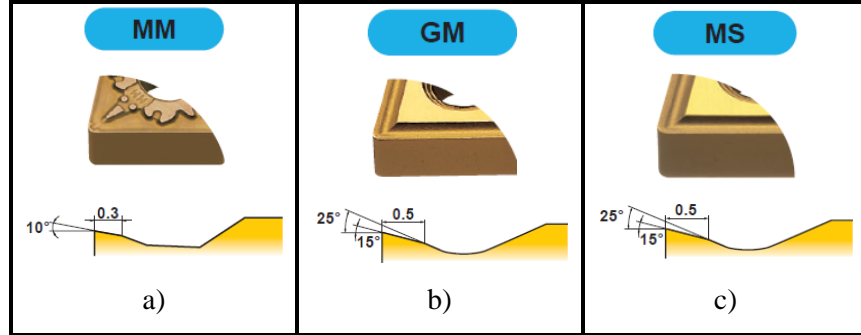
parametreleri ile işlenmiştir. Tornalama deneylerinde kullanılan numunelerinin resmi Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. İş parçası malzemesi boyutları.

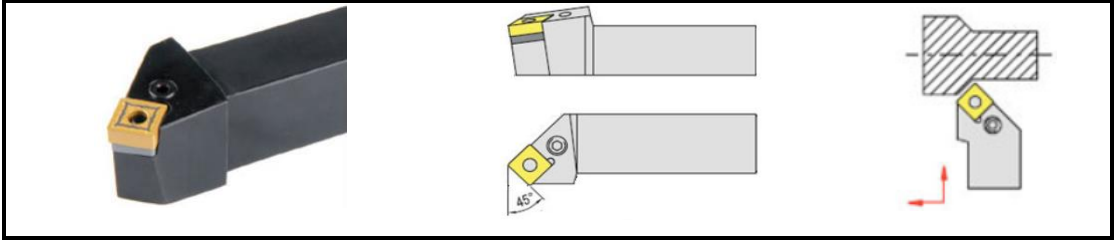
6.2. KESİCİ TAKIM VE TUTUCUSU

İşlenebilirlik deneylerinde Mitsubishi firması tarafından ticari olarak üretilen SNMG 120408 MM MC7025, SNMG120408 GM MC7025 ve SNMG120408 MS VP10RT, ISO kodlu üç farklı kaplamalı sementit karbür kesici takım kullanılmıştır. MM, GM, MS kullanılan kesici takımların geometrisini ifade etmekte olup Şekil 6.2’de gösterilmiştir. MC7025 CVD kaplama kalitesini, VP10RT PVD kaplama kalitesini belirtmektedir.



Şekil 6.2. Deneylerde kullanılan kesici takım geometrileri a) MM, b) GM, c) MS.

Tornalama deneylerinde kullanılan kaplamalı karbür kesici takımların geometrileri üretici firmanın önerileri doğrultusunda seçilmiştir. Kesici takımları bağlamak için PSSNR 2525 M12 ISO kodlu dış çap tornalama kateri kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan katere ait bilgiler Şekil 6.3’te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Kesici uç bağlamada kullanılan dış çap kateri

6.3. CNC TAKIM TEZGAHI

Talaş kaldırma deneyleri Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü CNC atölyesinde bulunan “Johnford TC-35” sanayi tipi CNC torna tezgahında yapılmıştır. Kullanılan takım tezgahının bazı özellikleri şunlardır: Tezgah gücü 10 kW, devir sayısı maksimum 4000 dev/dak, hidrolik ayna çapı 250 mm, taret takım adedi 12, ölçü hassasiyeti 0,001 mm ve işletim sistemi Fanuc’tur. Kullanılan CNC takım tezgahı Şekil 6.4’da gösterilmiştir.

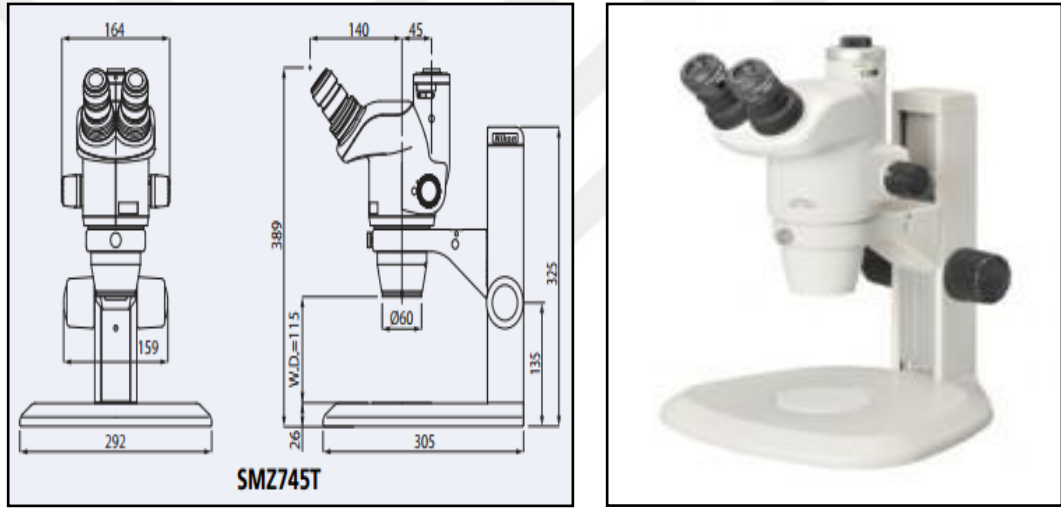


Şekil 6.4. CNC torna tezgahı.

6.4. TAKIM AŞINMASININ ÖLÇÜMÜ

Tornalama 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 yapılabilir. Mevcut takım mikroskobu ile 100X'e kadar büyütme yapılabilir. Takım mikroskobu 0,01 mm hassasiyetinde X ve Y yönünde hareket eden milimetrik tablaya sahiptir. Kesici takımında 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 6.5'te gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takımların her birinin talaş yüzeyleri ve yan yüzeylerinin görüntüleri alınarak incelenmiştir.



Şekil 6.5. Takım mikroskobu.

6.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜMÜ

İşlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için Marsurf M300 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için cut-off uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu da 5,6 mm olarak alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) ve on nokta yüksekliği (Rz) ölçülmüştür. İş parçası farklı kesme parametrelerinde işlendikten sonra her bir parametre için en az beş farklı bölgeden yüzey pürüzlülük ölçümü yapılmış ve elde edilen verilerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

6.6. KESME PARAMETRELERİNİN SEÇİMİ

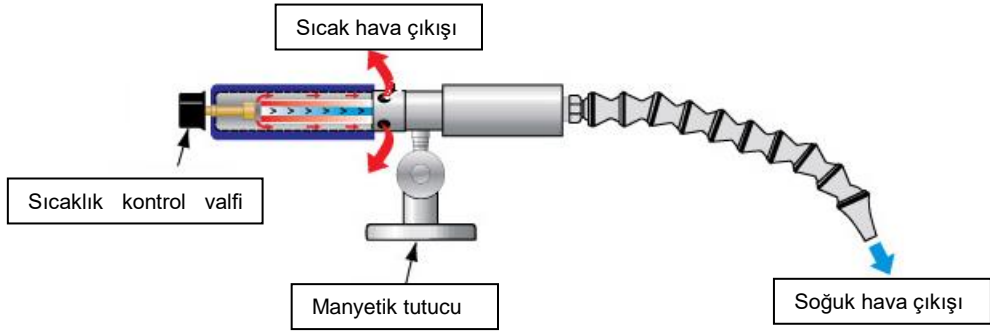
Dubleks paslanmaz çeliğin tornalamasında kullanılacak kesme parametreleri, literatür araştırması ve üretici firmanın katalog değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Kaplamalı kesici takımlar için dört farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı ve 1,5 mm sabit kesme derinliği belirlenmiş ve belirlenen parametreler Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Kaplamalı karbür kesici takımlar için kesme parametreleri.

Sıra No	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme (mm/dev)	Kesme Derinliği (mm)
1	100	0,15	1,5
2	100	0,20	
3	100	0,25	
4	100	0,30	
5	120	0,15	
6	120	0,20	
7	120	0,25	
8	120	0,30	
9	160	0,15	
10	160	0,20	
11	160	0,25	
12	160	0,30	
13	200	0,15	
14	200	0,20	
15	200	0,25	
16	200	0,30	

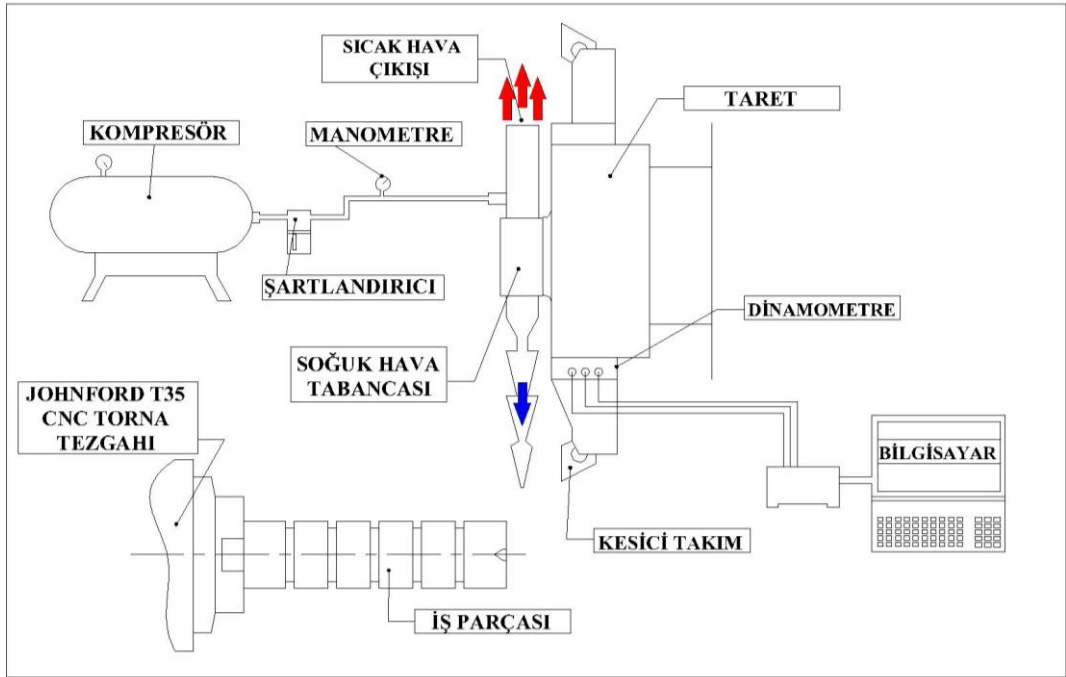
6.7. DENEY SETİNİN OLUŞTURULMASI

Kurulan bu sistemin esası, dubleks paslanmaz çeliğin farklı kesme parametrelerinde kuru ve hava ile soğutarak işleminde soğutma sisteminin yüzey kalitesi yüzey pürüzlülüğüne etkisini içermektedir. Deneyler ilk olarak kuru işleme şartlarında belirlenen kesme parametrelerinde işlenmiştir. Daha sonra aynı kesme parametreleri kullanılarak 6 bar hava basıncında soğuk hava tabancası kullanılarak işleme yapılmıştır. Şekil 6.6’da deneylerde kullanılan soğuk hava tabancası gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Soğuk hava tabancası.

Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için her bir deney sonrası tezgah durdurularak, kesme hızı, ilerleme ve kullanılan kesici takımın kesici kenarı değiştirilmiş ve deneylerde aynı işlemler tekrarlanarak deneyler tamamlanmıştır. Oluşturulan deney düzeneği Şekil 6.7’de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Deney düzeneği.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

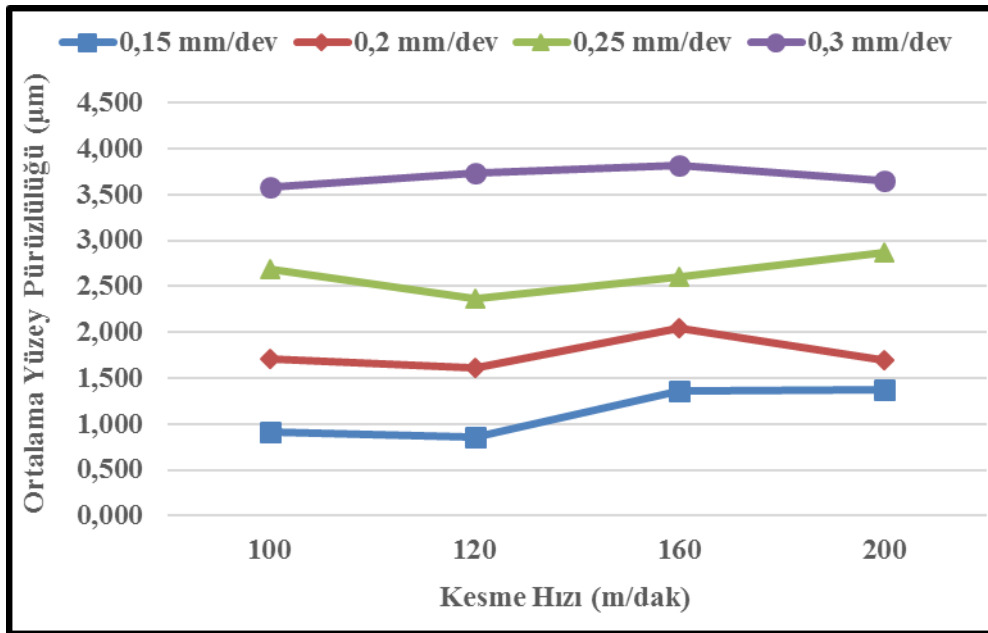
İşlenebilirlikte yüzey pürüzlülüğü en önemli kalite özelliklerinden biri olup işlenen parçaların sürtünme, aşınma ve yorulma ömrünü etkilemektedir. Bu çalışmada dört farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri için optimum kesme parametreleri araştırılmıştır. Kesici takım geometrisinin, kaplama tipinin, kuru işleme ve soğuk hava ile işlemenin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi incelenmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde ve değerlendirilmelerinde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değeri dikkate alınmıştır. Her bir kesme parametresi ile işlenen parçaların yüzeylerinden ölçümler alınmış ve ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Deney No	MM		GM		MS	
	Kuru	Hava	Kuru	Hava	Kuru	Hava
1	0,912	1,020	1,121	0,885	1,028	0,919
2	1,715	1,535	1,537	1,371	1,593	1,237
3	2,685	2,362	2,739	2,381	2,595	2,282
4	3,478	3,265	3,742	3,145	3,607	3,551
5	0,852	0,920	1,180	1,139	1,181	0,927
6	1,618	1,434	1,735	1,491	1,640	1,503
7	2,373	1,873	2,669	2,285	3,085	2,710
8	3,739	3,420	3,764	3,386	3,584	3,373
9	1,365	1,010	1,039	0,965	1,556	1,088
10	2,045	1,745	2,274	1,610	1,735	1,656
11	2,606	2,415	2,677	2,477	2,572	2,337
12	3,815	3,624	3,598	3,456	3,792	3,539
13	1,379	1,091	1,081	0,946	1,122	0,997
14	1,701	1,612	1,918	1,681	1,791	1,438
15	2,870	2,759	2,808	2,333	3,272	2,669
16	3,648	3,389	3,596	3,620	3,771	3,598

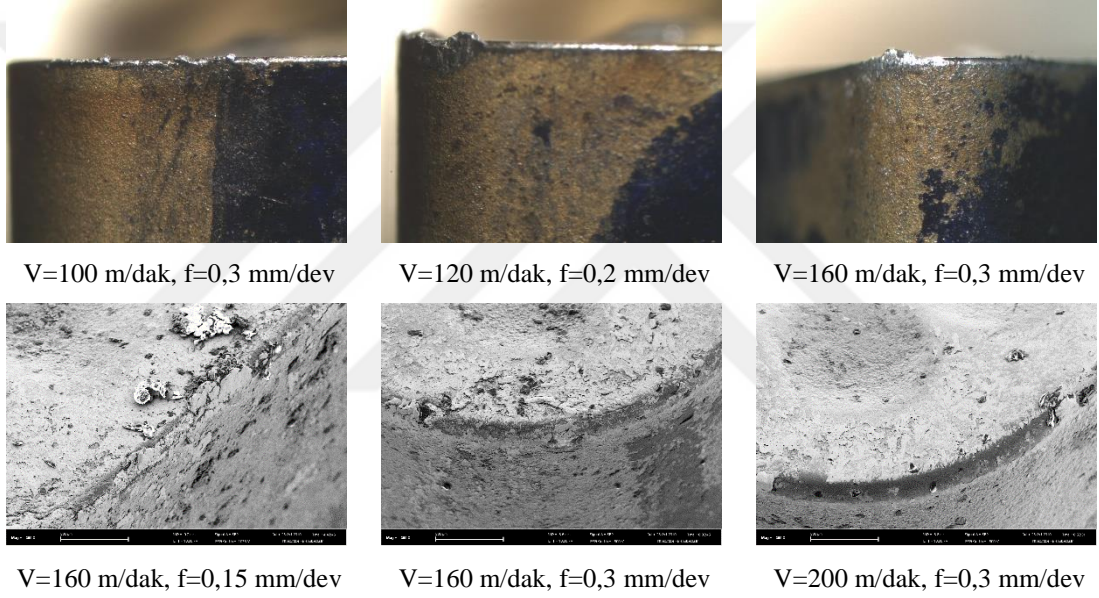
7.1. MM KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ

Yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden parametre ilerleme miktarı olduğundan dört farklı ilerleme miktarı seçilmiştir. Şekil 7.1’de dubleks paslanmaz çeliğin MM kesici geometrisine ve MC7025 CVD kaplamalı kesici takım ile kuru olarak işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü genel olarak kesme hızındaki artışla düşer. Ancak bu çalışmada elde edilen bulgular bu eğilimi destekler nitelikte değildir. Kesme hızının 100 m/dak kesme hızından 120 m/dak kesme hızına çıkması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde bir azalma görülmüştür. Kesme hızının 160 m/dak’ya çıkması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde tekrar bir artış gözlemlenmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 120 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme miktarında elde edilmiştir. Düşük ilerleme miktarları aynı zamanda iş parçası ve kesici takım üzerindeki mekanik ve ısıl etkileri de azaltır. İlerleme miktarındaki artışla birlikte bütün kesme hızlarında yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bu durum yüzey kalitesinin ilerlemeye bağlı olarak değiştiğini ve ilerleme miktarındaki artışla birlikte Ra değerinde de bir artış olduğunu göstermektedir. Teorik yaklaşımlarda da ortalama yüzey pürüzlülüğünün ilerleme miktarının artmasıyla arttığı bilinmektedir (Şekil 7.1).



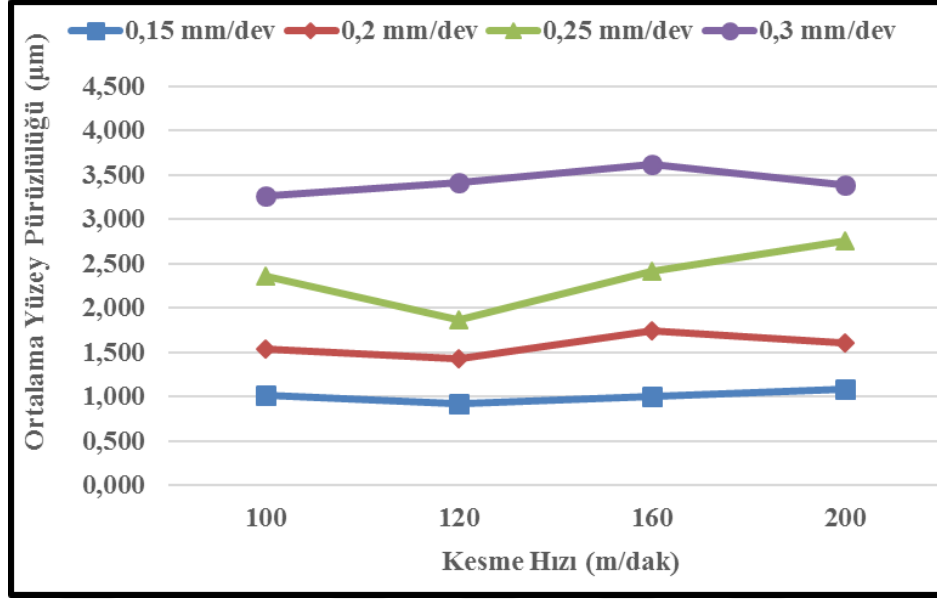
Şekil 7.1. MM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri.

Özellikle 120 m/dak kesme hızından 160 m/dak kesme hızına çıktığında yüzey pürüzlülük değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Bu yüksek yüzey pürüzlülük değerleri kesme hızının artması deformasyon sertleşmenin artması olarak açıklanabilir. Deformasyon sertleşmesi takım aşınmasını da etkilemektedir. Tornalama esnasında kesici takımın aşınmış bölgelerine yapışan talaş yeni oluşan yüzeyle daha çok temas etme eğilimindedir. Bu durum da yüzey pürüzlülüğünü artırır. Talaş yapışması paslanmaz çelikleri işlemede karşılaşılan en büyük problemlerden biridir. MM geometri ile kuru işlemede kesici takımda oluşan sıvanmalara ait optik ve SEM görüntüleri Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



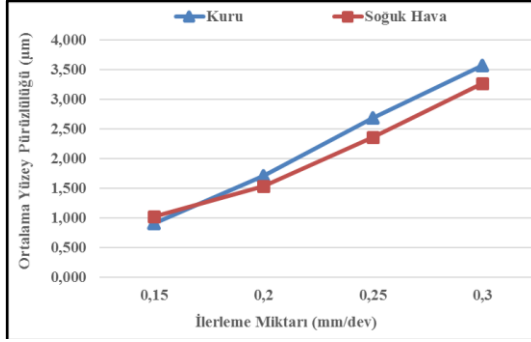
Şekil 7.2. Kuru işlemede MM geometrili kesici takımda oluşan talaş yapışması görüntüleri.

Dubleks paslanmaz çeliğin soğuk hava tabancası kullanarak yapılan talaş kaldırma işleminden sonra elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre değişimleri Şekil 7.3’de gösterilmiştir.

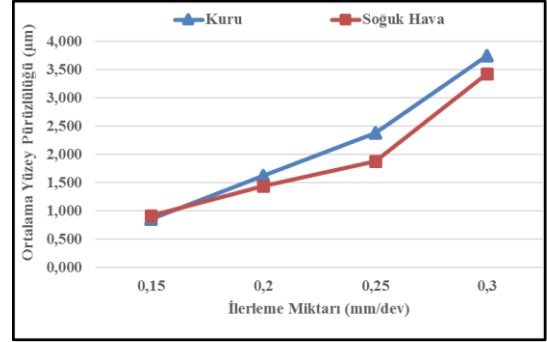


Şekil 7.3. MM kesici uç geometrisi ile soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri.

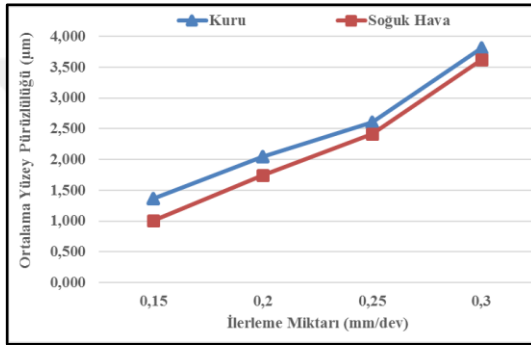
Soğuk hava tabancası kullanarak yapılan tornalama işleminde en düşük yüzey pürüzlülüğü 120 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. Kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinde bir azalma meydana gelmekte bu durum yüzey pürüzlülüklerinin azalmasına neden olmaktadır. Ancak yüzey pürüzlülük değerlerinde değişimler görülmektedir. Bunun nedeni işleme yaparken iş parçasına talaşlar sarılmakta olup yüzey kalitesinin kötüleşmesine sebep olmaktadır. Hem kuru hem de soğuk hava ile işlemede zaman zaman talaş kontrolünde problemler yaşanmaktadır. Özellikle kesme hızlarındaki artışla birlikte talaş kontrolü daha da güçleşmektedir. Aynı zamanda soğuk hava elde etmek için kullanılan hava tabancasına iş parçasından çıkan talaşlar temas etmektedir. Temas eden talaşlar soğuk hava nozulunun pozisyonunu değiştirmekte ve dolayısıyla soğuk hava kesme bölgesine iletilmemekte bu da verimi düşürmektedir. Kuru ve soğuk hava ile işleme ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin birbiri ile karşılaştırıldığı grafikler Şekil 7.4'te gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde soğuk hava ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %4 ila %26 arasında bir azalma olduğu görülmektedir. Bu iyileşme soğuk hava ile işleminin avantajını ortaya koymaktadır.



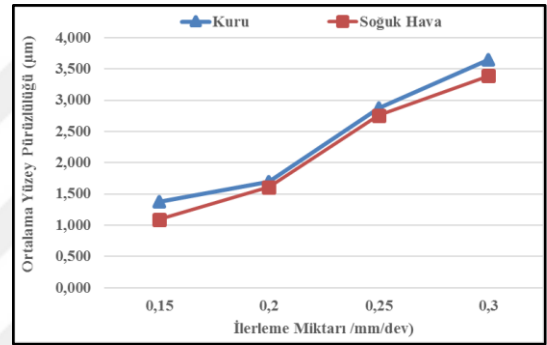
a) 100 m/dak kesme hızı ile işleme



b) 120 m/dak kesme hızı ile işleme



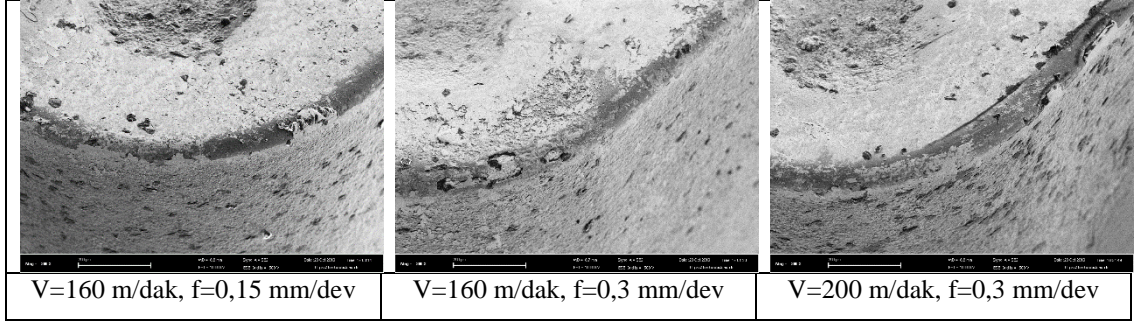
c) 160 m/dak kesme hızı ile işleme



d) 200 m/dak kesme hızı ile işleme

Şekil 7.4. MM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması.

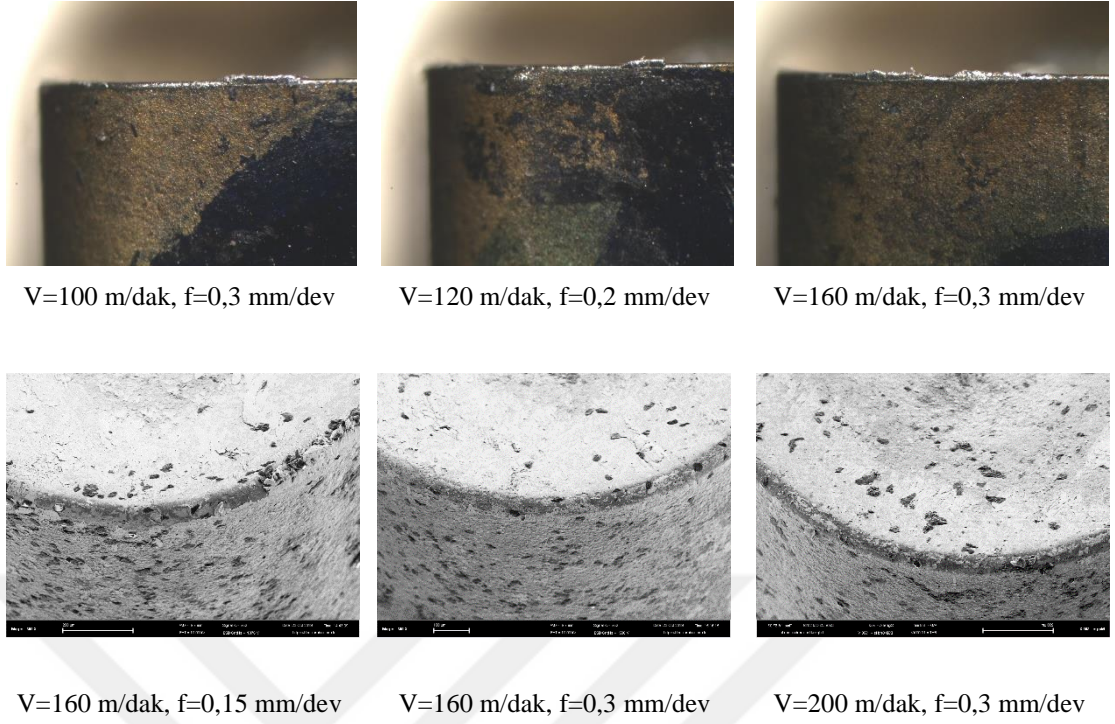
Soğuk hava iş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeyi azaltarak kesme gölgesinde sıcaklığın azalmasına neden olmaktadır. Azalan sıcaklıkla plastik deformasyon ve talaş oluşumu değişmekte kesme kuvvetlerinin azalmasına neden olmaktadır. Kesme kuvvetlerindeki bu azalma yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmektedir. Kesme sıcaklığının azalması ile talaş sıvanması ve takım aşınması da azalmaktadır. Bu da yüzey pürüzlülüğünde azalmaya neden olmuştur. MM geometri ile soğuk hava ile işlemede kesici takımda oluşan sıvanmalara ait SEM görüntüleri Şekil 7.5'te gösterilmiştir. Şekil 7.2 ve Şekil 7.5'te ki görüntüler karşılaştırıldığında soğuk hava ile işlemede kesici takımda talaş sıvanmasında bir azalma görülmektedir.



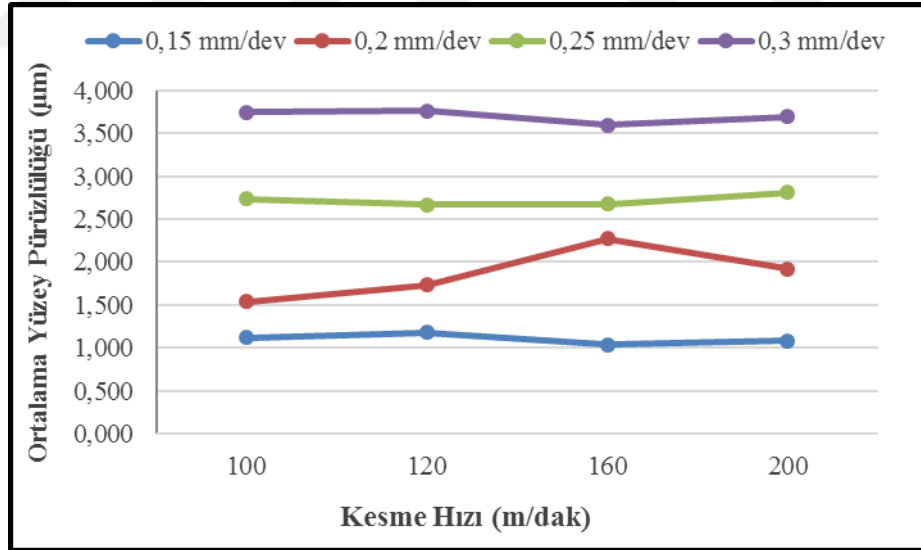
Şekil 7.5. Soğuk hava ile işlemede MM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri.

7.2. GM KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ

Dubleks paslanmaz çeliğin GM kesici takım geometrisi ve MC7025 CVD kaplamalı kesici takımlarla işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre değişimleri Şekil 7.7’de gösterilmiştir. GM kesici takım geometrisi ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri (R_a) MM geometrisi ile elde edilen pürüzlülük değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni GM geometrisi farklı talaş kırıcı forma sahip olduğundan talaş sarmasına yol açarak yüzeyin kötüleşmesine sebep olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülüğü 160 m/dak kesme hızında ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. 0,15 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızları arttığında yüzey pürüzlülüğünde bir azalma olmuştur. Kesme hızının artması kesme sıcaklığını arttırarak malzemenin plastik deformasyonu kolaylaştırmakta bu da kesme kuvvetlerini düşürmektedir. Kesme kuvvetinin düşmesi ile kesici takımın iş parçasına dalması değişmekte ve dolayısıyla yüzeyde oluşan derinlikler azalmaktadır. Bu durum pürüzlülüğü düşürmektedir. GM geometri ile kuru işlemede kesici takımında oluşan sıvanmalara ait optik ve SEM görüntüleri Şekil 7.6’da gösterilmiştir.



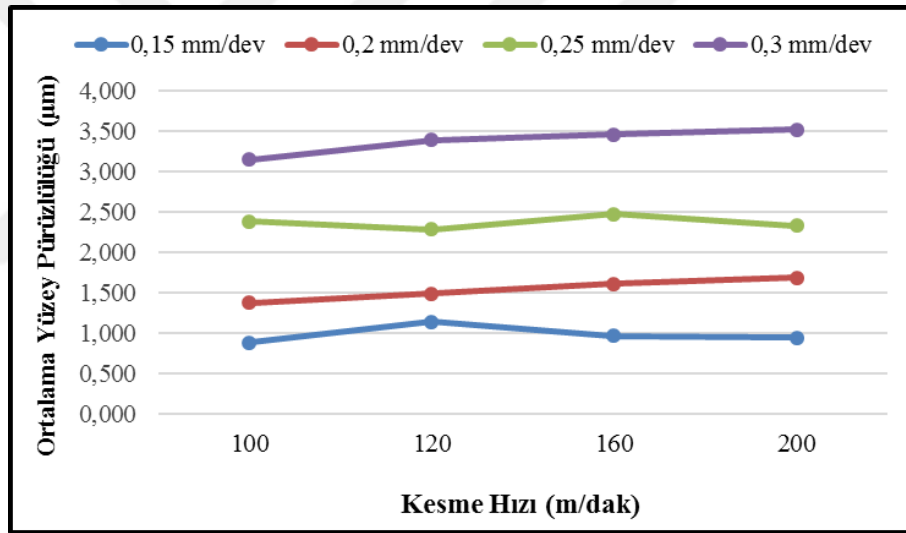
Şekil 7.6. Kuru işlemede GM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri



Şekil 7.7. GM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri.

Özellikle yüksek kesme hızlarında kesici takımlarda deformasyonlar yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmuştur. İş parçası malzemesinin mukavemetli bir çelik olması ya da ilerleme miktarı arttığında kaldırılan talaş hacmi artmakta bu da kesme kuvvetlerini arttırmaktadır.

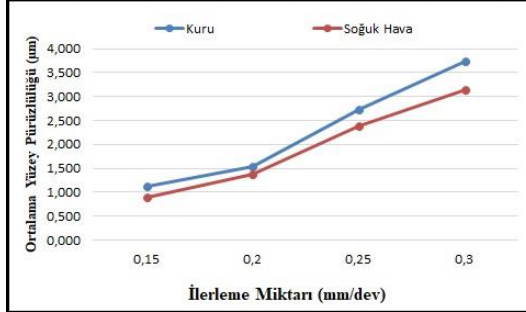
Dubleks paslanmaz çeliğin soğuk hava tabancası kullanarak yapılan talaş kaldırma işleminden sonra GM geometri ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre değişimleri Şekil 7.8’de gösterilmiştir. Soğuk hava tabancası kullanarak yapılan işlemede en düşük yüzey pürüzlülüğü 120 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. Kesme hızı 100 m/dak’dan 200 m/dak kesme hızına kademeli olarak çıktığında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde fazla bir değişim görülmemiştir. Dupleks paslanmaz çeliğin bu geometri ile işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok fazla bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak 0,2 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızının 120 m/dak kesme hızından 160 m/dak kesme hızına çıkması ile yüzey pürüzlülük değerinde %30’luk bir artış görülmüştür.



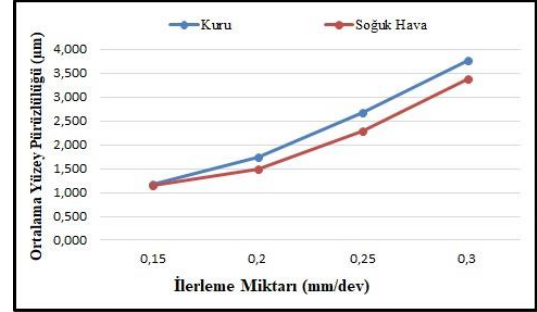
Şekil 7.8. GM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey Pürüzlülükleri.

Bu geometride hem kuru hem de soğuk hava ile işlemede talaş kontrolünde daha fazla problemler yaşanmıştır. Kuru ve soğuk hava ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin birbiri ile karşılaştırıldığı grafikler Şekil 7.9’da gösterilmiştir. Kuru ve soğuk hava ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbiri ile karşılaştırıldığında, soğuk hava ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %3 ila %29 arasında bir azalma olduğu görülmektedir. Bu iyileşme soğuk hava ile işlemenin avantajını ortaya koymaktadır.

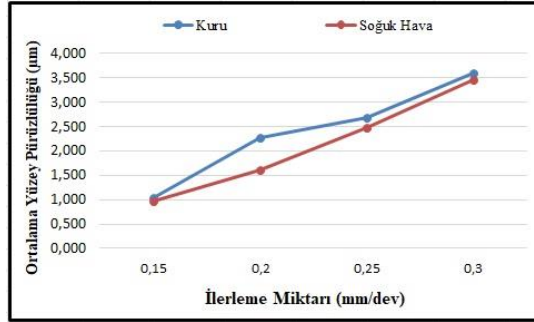
Tüm kesme hızlarında 0,15 mm/dev ilerleme miktarında en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiş ve elde edilen değerler birbirlerine yakındır.



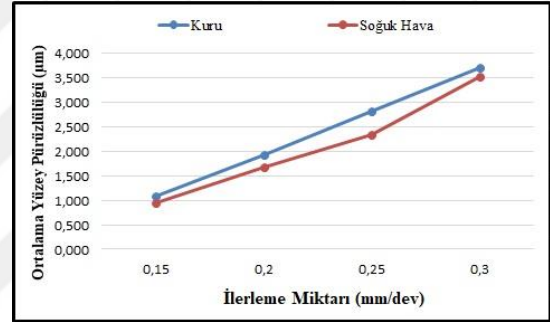
a) 100 m/dak kesme hızı ile işleme



b) 120 m/dak kesme hızı ile işleme



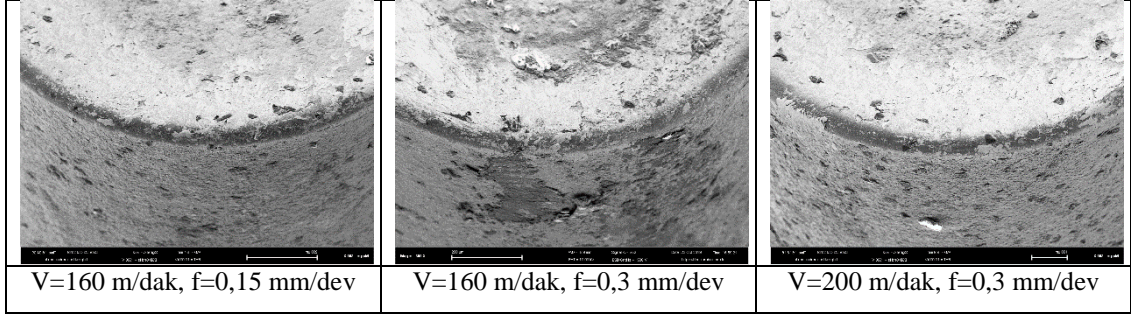
c) 160 m/dak kesme hızı ile işleme



d) 200 m/dak kesme hızı ile işleme

Şekil 7.9. GM kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması.

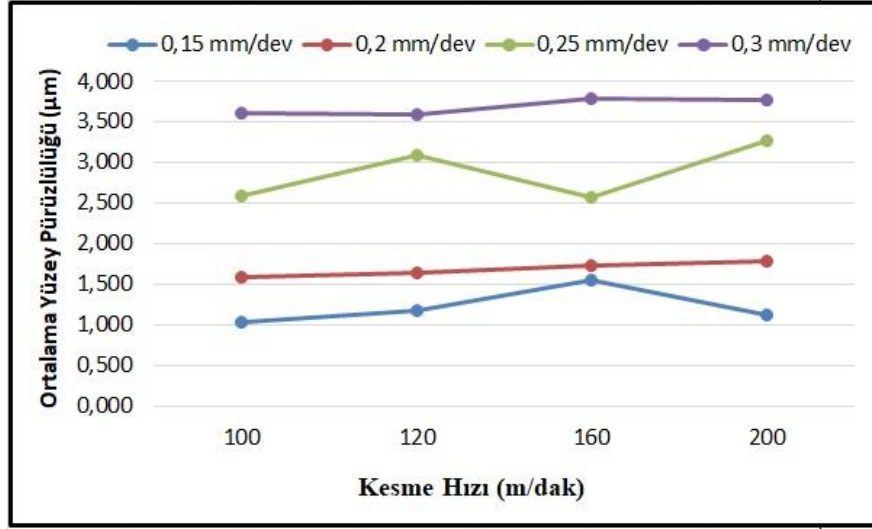
MM geometri ile soğuk hava ile işlemede kesici takımında oluşan sıvanmalara ait SEM görüntüleri Şekil 7.10'da gösterilmiştir. Şekil 7.6'da ve Şekil 7.10'da ki görüntüler karşılaştırıldığında soğuk hava ile işlemede kesici takımında talaş sıvanmasında bir azalma görülmektedir.



Şekil 7.10. Soğuk hava ile işlemede GM geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri.

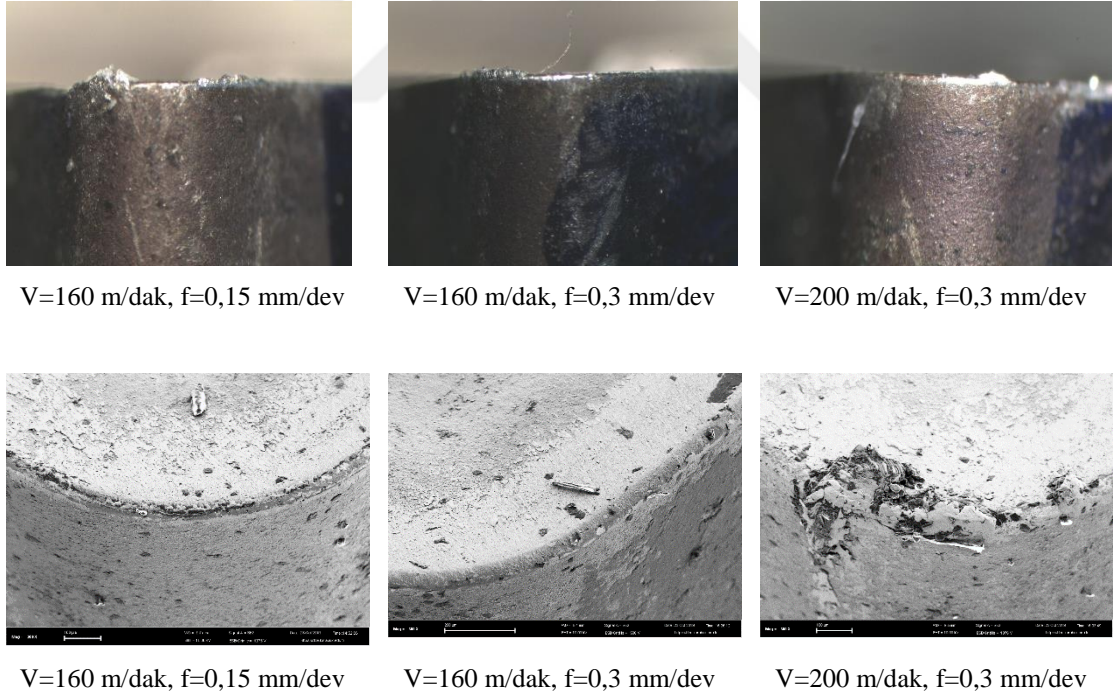
7.3. MS KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ İLE İŞLENMEDE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİ

Dubleks paslanmaz çeliğin MS kesici takım geometrisi ve VP10RT PVD kaplamalı kesici takımlarla işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre değişimi Şekil 7.11’de gösterilmiştir. MS kesici takım geometrisi ile GM geometrisinin talaş açıları aynıdır. Tek farklılık kesici takım kaplamasıdır. En düşük yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme hızında ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. 0,15 mm/dev ilerleme ve 200 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülüğünde bir azalma görülmüştür. Genel olarak bakıldığında ilerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülük değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Kesme hızının artması kesme sıcaklığını artmasına neden olmaktadır. PVD kaplamaların termal iletkenlikleri CVD kaplamadan daha düşük olması ve kaplama tabakasının yüzeyden kalkarak iş parçası ile parçası malzemesi ile daha kolay reaksiyona girmesine neden olmaktadır. Bu da talaş sıvanmasını arttırmaktadır.



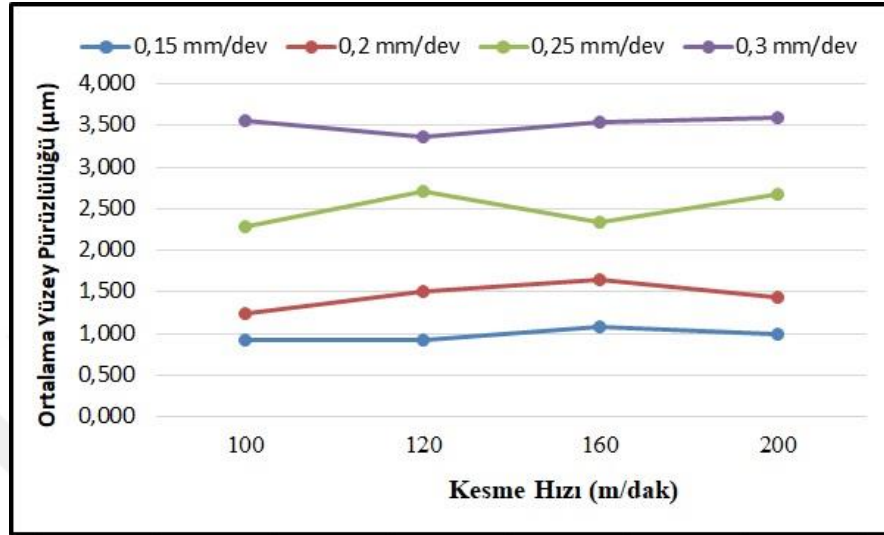
Şekil 7.11. MS kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri.

MS geometri ile kuru işlemede kesici takımında oluşan sıvanmalara ait optik ve SEM görüntüleri Şekil 7.12’de gösterilmiştir.



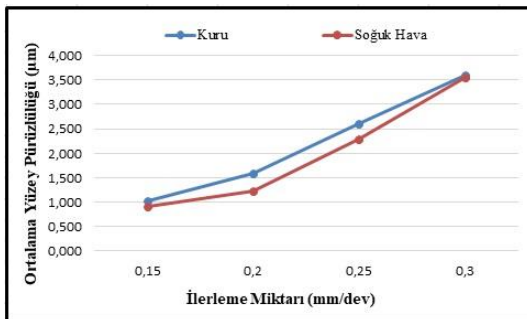
Şekil 7.12. Kuru işlemede MS geometrili kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri.

Dubleks paslanmaz çeliğin soğuk hava tabancası kullanarak yapılan talaş kaldırma işleminden sonra elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre değişimleri Şekil 7.13’de gösterilmiştir.

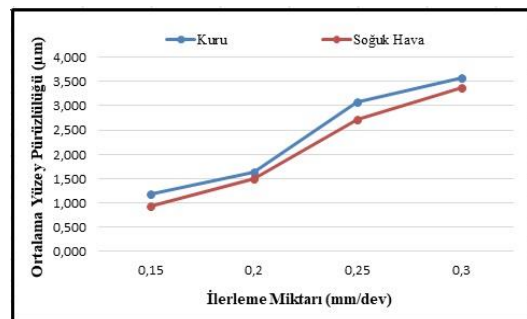


Şekil 7.13. MS kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan yüzey pürüzlülükleri.

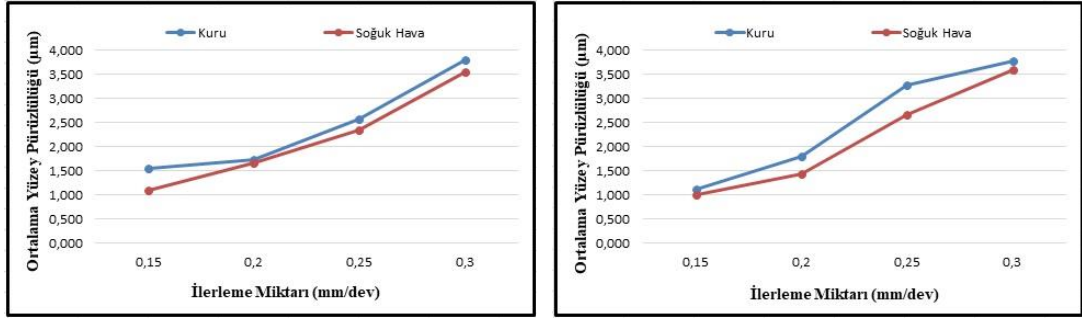
Kuru ve soğuk hava ile işleme birbiri ile karşılaştırıldığında, soğuk hava ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %4 ila %30 arasında bir azalma olduğu görülmektedir (Şekil 7.14). Soğuk hava kullanılarak yapılan işlemede de kuru işlemeye benzer kesme hızının artması ile talaş yapışmalarının olduğu gözlemlenmiştir. Bu geometride ile işlemede de talaş kontrolünde problemler yaşanmıştır.



a) 100 m/dak kesme hızı ile işleme



b) 120 m/dak kesme hızı ile işleme

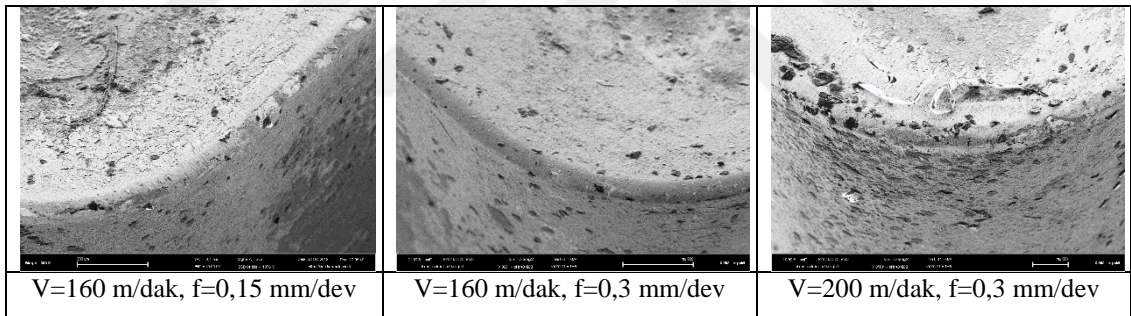


c) 160 m/dak kesme hızı ile işleme

d) 200 m/dak kesme hızı ile işleme

Şekil 7.14. MS kesici uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması.

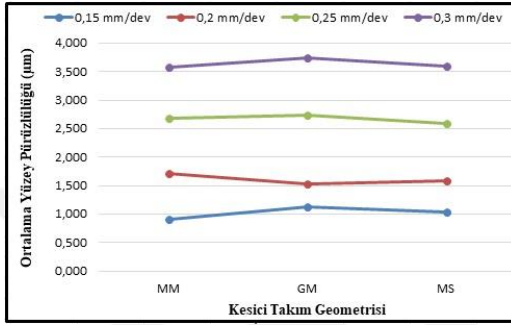
MS geometri ile soğuk hava ile işlemede kesici takımında oluşan sıvanmalara ait SEM görüntüleri Şekil 7.15'te gösterilmiştir. Şekil 7.12'de ve Şekil 7.15'de ki görüntüler karşılaştırıldığında soğuk hava ile işlemede kesici takımında talaş sıvanmasında bir azalma görülmektedir.



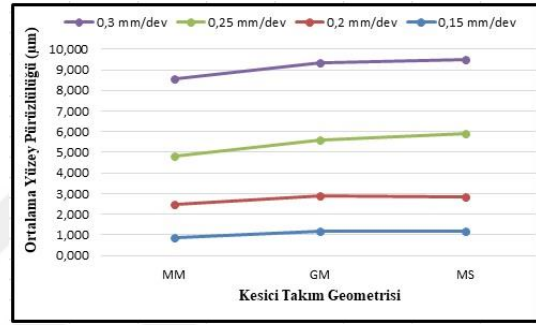
Şekil 7.15. Soğuk hava ile işlemede GM geometri kesici takımında oluşan talaş yapışması görüntüleri

MM, GM ve MS kesici uç geometrilerinde elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin ilerleme miktarına göre değişimlerini gösteren Şekil 7.16'de gösterilmiştir. GM ve MS geometrileri birbirleri ile aynı olup sadece kaplama yöntemlerinde farklılık vardır. MM geometri 10^0 lik talaş açısına sahipken diğer geometriler 25 lik talaş açısına sahiptir. Genel olarak PVD ve CVD kaplamalı kesici takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, PVD kaplamalı takımla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde bir azalma görülmüştür. Bu azalma kaplama yöntemi ile ilgili olup PVD kaplamalı takımların kaplama kalınlıkları CVD takımlara göre daha azdır. Bu kesici kenarın keskinlik derecesini arttırmakta ve malzemenin daha

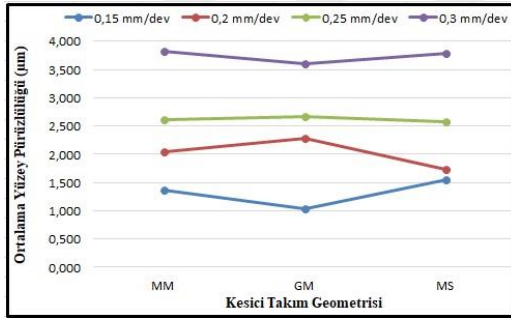
kolay kesilmesi sağlamaktadır. Bazı kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü değerlerinde değişimler görülmektedir. Bunun nedeni işleme esnasında sürekli talaş oluşumu ve talaş kırıcı geometrisinin talaşı kıramamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İş parçasına talaşlar sarma yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasında sıkışması ile iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olmuştur.



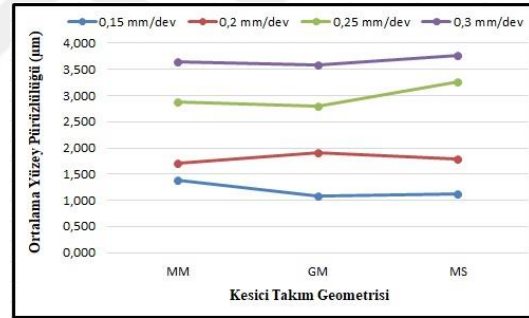
a) 100 m/dak kesme hızı ile işleme



b) 120 m/dak kesme hızı ile işleme



c) 160 m/dak kesme hızı ile işleme

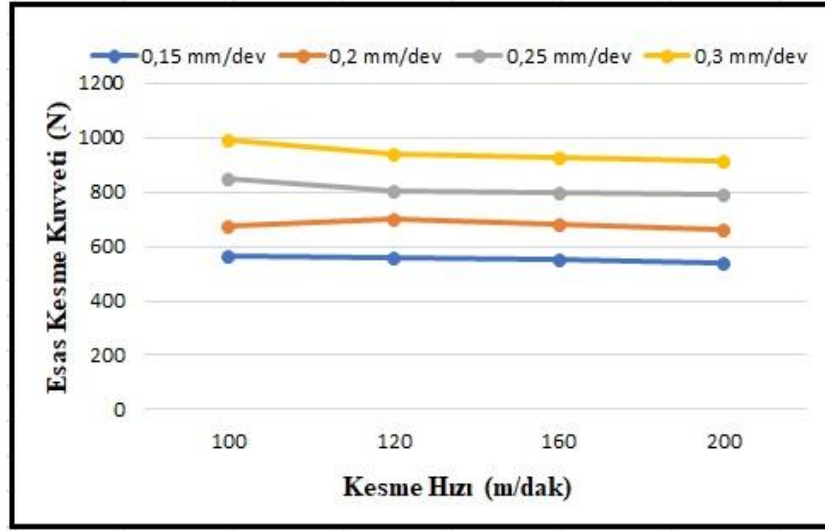


d) 200 m/dak kesme hızı ile işleme

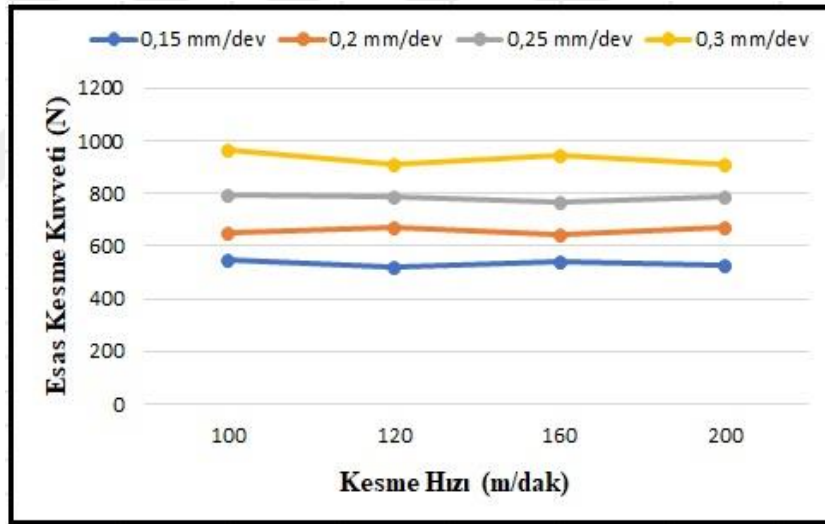
Şekil 7.16. MM, GM ve MS kesici uç geometrilerinde ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılması.

7.4. KESME KUVVETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dubleks paslanmaz çeliğin üç farklı kesme geometrisi, dört farklı kesme hızı ve dört farklı ilerleme miktarında kuru ve soğuk hava ile işlenmesinde oluşan kesme kuvvetlerini gösteren grafikler Şekil 7.17 ve Şekil 7.18'te gösterilmiştir.



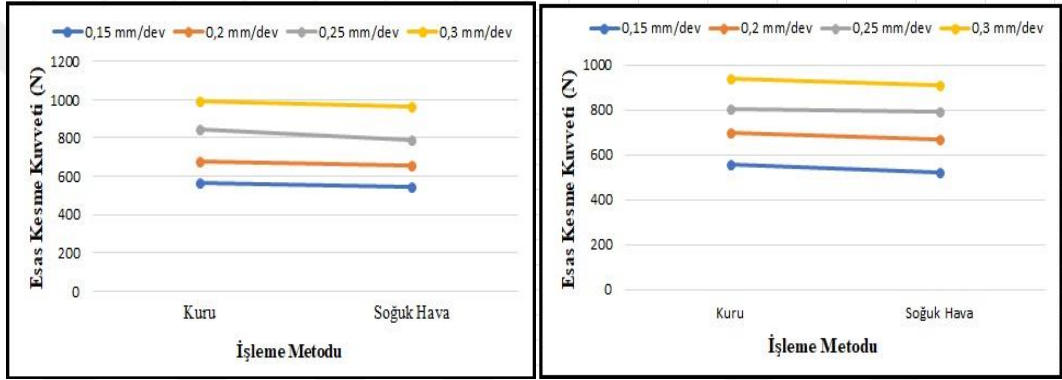
Şekil 7.17. MM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.



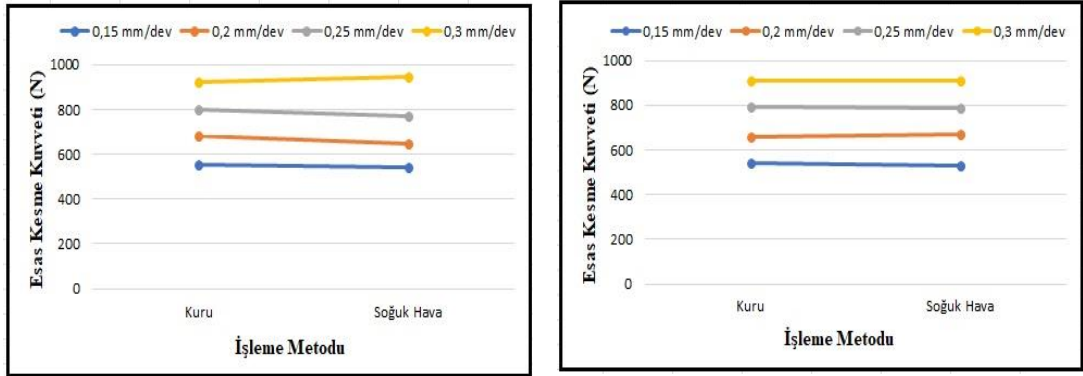
Şekil 7.18. MM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.

Şekil 7.17 ve Şekil 7.18'deki grafikler incelendiğinde kuru ve soğuk hava kullanılarak yapılan işleme deneylerinde elde edilen esas kesme kuvvetlerinde elde değerler birbirine paralellik arz etmektedir. Kuru ve Soğuk işlemede en düşük kesme kuvveti değerleri 0,15 mm/dev ilerleme miktarı ve 200 m/dak kesme hızında elde edilirken en büyük esas kesme kuvveti değerleri 0,3 mm/dev ilerleme miktarı ve 200 m/dak kesme hızlarında elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinde bir azalma görülmektedir. Kesme hızıyla birlikte

kesme kuvvetlerindeki azalma malzemenin talaş kaldırma bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla takım-talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma (akma) dayanımının azalmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, azalan sürtünme kuvvetleri de kesme kuvvetinin azalmasına sebep olur. İlerleme hızının artmasıyla birlikte ölçülen esas kesme kuvveti değerlerinde belirgin bir şekilde artış görülmektedir. Bu durumun ilerleme miktarındaki artışla birlikte talaş kesitinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Talaş kesitinin artması takım-talaş temas boyunu artırmaktadır. Böylece kesici takım yüzeyinde oluşan sürtünmeler daha geniş bir alanda etkili olmaktadır.



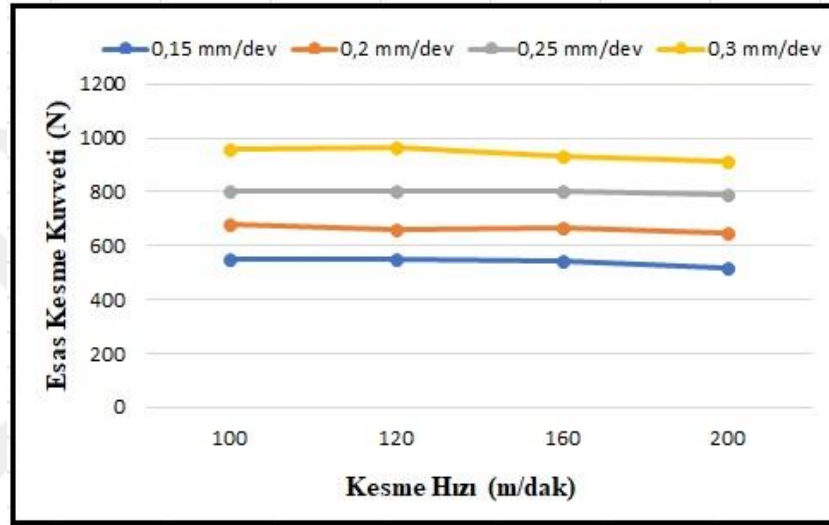
a) 100 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri b) 120 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri



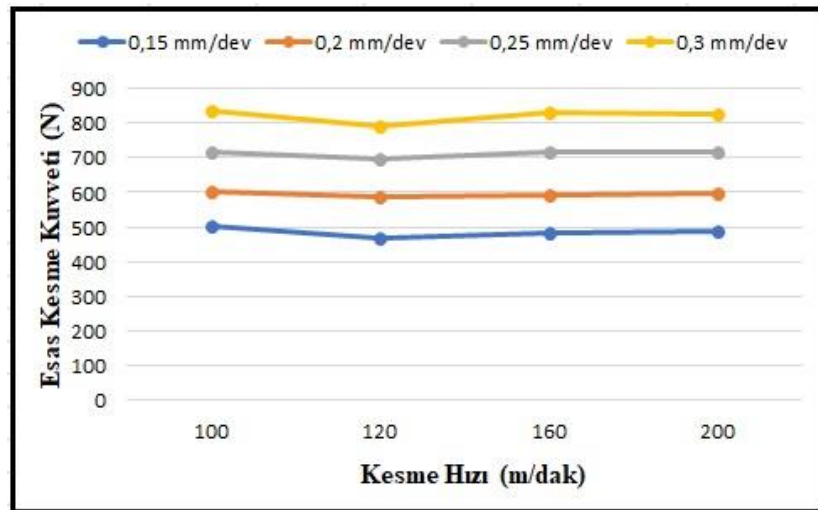
c) 160 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri d) 200 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

Şekil 7.19. MM uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması.

GM kesici geometrisine sahip kesici takımla kuru ve soğuk hava kullanılarak yapılan işleme deneylerinde elde edilen esas kesme kuvvetlerinde elde değerler Şekil 7.20 ve Şekil 7.21’de grafiklerde gösterilmiştir. Her iki işleme yönteminde elde edilen kesme kuvvetlerinde fazla bir değişim görülmemiştir. Daha önce bahsedildiği gibi kesme hızının artması ile esas kesme kuvvetlerinde %5’e yakın bir azalma görülürken, ilerleme miktarının artması ile esas kesme kuvvetlerinde %13 ila %20 arasında bir artış görülmüştür.

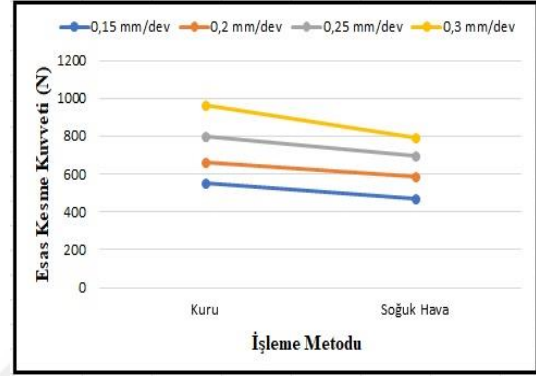
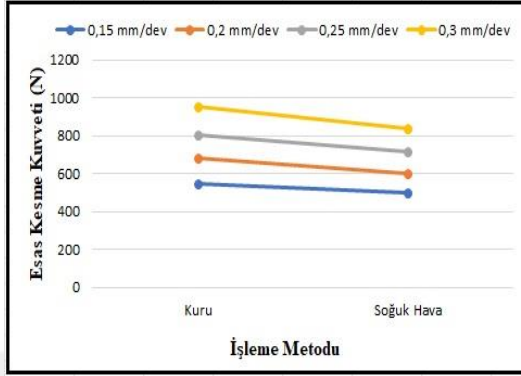


Şekil 7.20. GM kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.



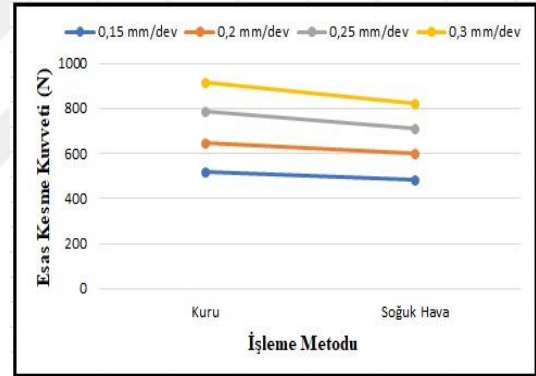
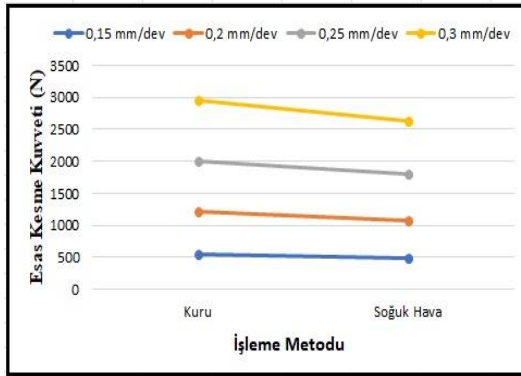
Şekil 7.21. GM kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.

Şekil 7.22’de dubleks paslanmaz çeliğin GM geometri ile kuru ve soğuk hava işlenmesinde elde edilen esas kuvvetleri birbirleri ile karşılaştırıldığında %7 ila %17 arasında bir azalma görülmüştür.



a) 100 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

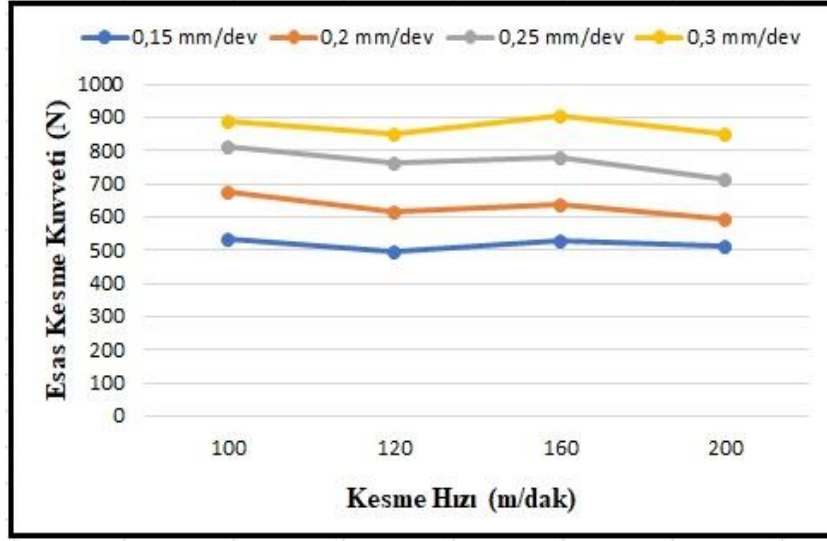
b) 120 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri



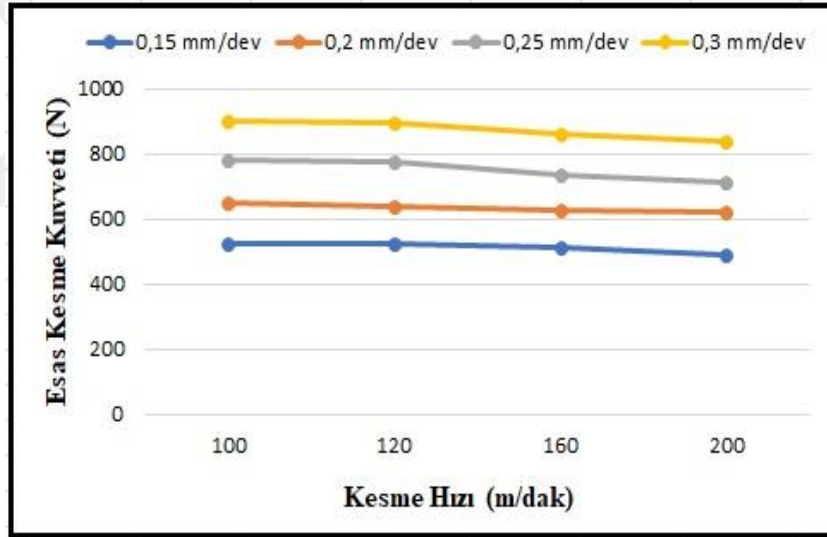
c) 160 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

d) 200 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

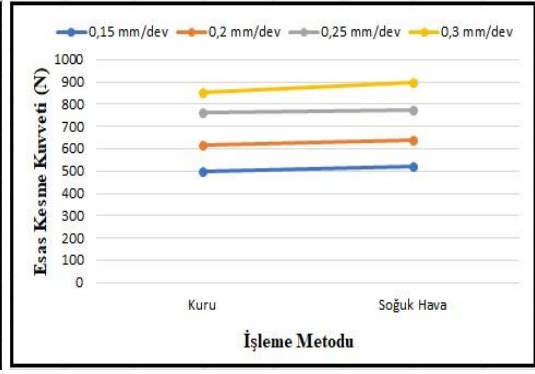
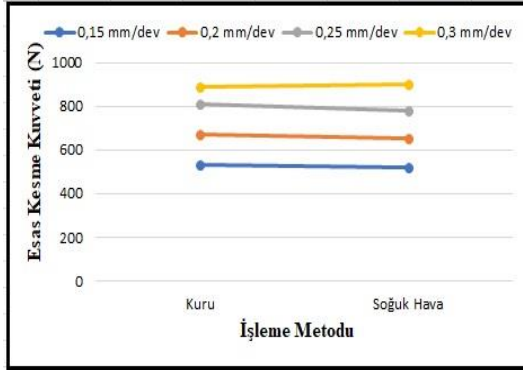
Şekil 7.22. GM uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması.



Şekil 7.23. MS kesici uç geometrisi ile kuru işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.

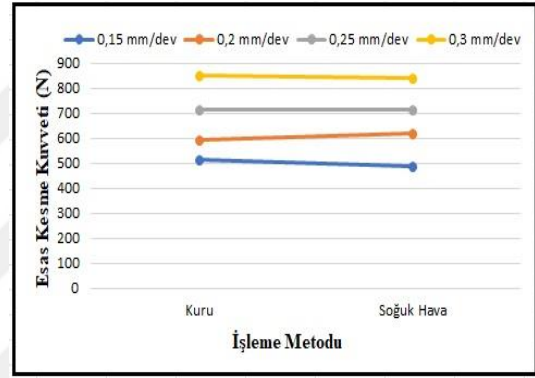


Şekil 7.24. MS kesici uç geometrisi ile soğuk hava ile işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre değişimi.



a) 100 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

b) 120 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri



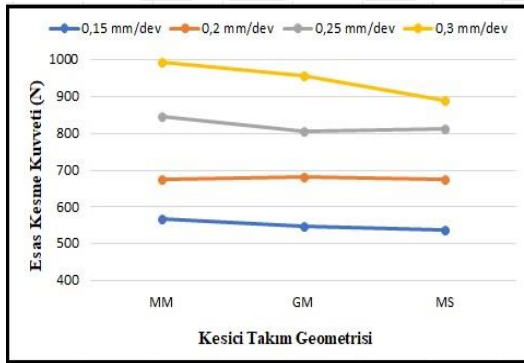
c) 160 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

d) 200 m/dak kesme hızı ile işlemede oluşan kesme kuvvetleri

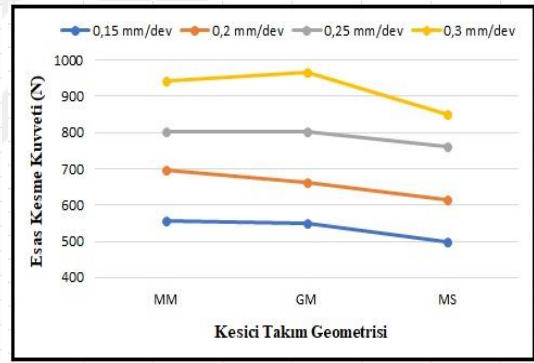
Şekil 7.25. MS uç geometrisi ile kuru ve soğuk hava kullanarak işlemede oluşan esas kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına göre karşılaştırılması.

Şekil 7.26'de ki grafiklerde MM, GM ve MS kesici kenar geometrisine sahip kesici takım ile kuru işlemede elde edilen esas kesme kuvvetinin ilerleme miktarına göre değişimleri gösterilmiştir. Esas kesme kuvveti değerleri incelendiğinde en yüksek değerler MM kesici kenar geometrisiyle, en düşük değerler ise MS kesici kenar geometrisi ile elde edilmiştir. Bu durumu, talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetlerini etkileyen en önemli etkenlerden birisi olan takım/talaş temas uzunluğu ile açıklamak mümkündür. Takım/talaş temas uzunluğunun kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu farklılığın temel sebebi talaş açısından kaynaklanmakta olup talaş açısı bu temas bölgesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Talaş açısı arttıkça takım/talaş temas uzunluğu küçülür ve talaş açısı azaldıkça ise takım/talaş temas uzunluğu artar. Takım temas uzunluğunun artması kesme kuvvetlerini azaltırken, takım/talaş sürtünmesi de kesme

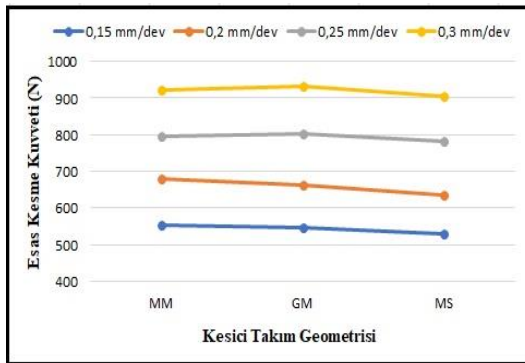
kuvvetlerini arttırmaktadır. Soğuk havanın takım talaş sürtünmesini azaltarak kesme kuvvetlerinde bir azalmaya neden olduğu düşünülmektedir. Deneylerde kullanılan kesici takımlara ait kesici kenar geometrileri incelendiğinde MM (10^0), GM (25^0) - MS (25^0) talaş açılarına sahiptir. En düşük esas kesme kuvvetleri MS geometri ile elde edilirken, en büyük değerler MM uç geometrisi ile elde edilmiştir. Bu kesici geometriler incelendiğinde MM 0,3 mm GM ve MS 0,5 mm kesici kenar düzlüğüne (talaşın kesici takımla ilk temas ettiği düzlük) sahiptir. Daha büyük kesici kenar düzlüğü talaş/takım temas alanını büyütürken küçük kesici kenar uzunluğu talaş/takım temas alanını küçültmektedir. Bu küçülen talaş/takım temas uzunluğu, kesme kuvvetleri ve ısı oluşumunun azalmasına yardımcı olur [61]. Ancak bu çalışmada tam tersi bir durum söz konusu olmuştur. Bu durum büyük talaş açısına ve kaplama yöntemine atfedilebilir. GM ve MS geometri aynı talaş ve talaş açısına sahip olmasına rağmen MS geometri ile daha düşük kesme kuvvetleri elde edilmiştir.



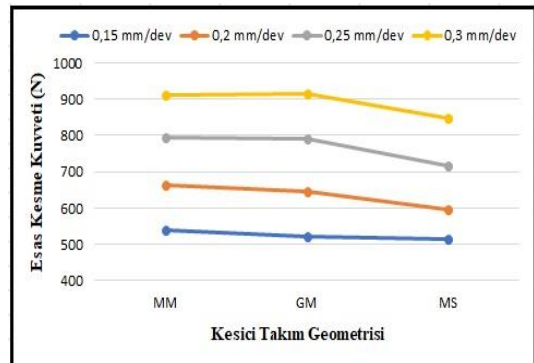
a) 100 m/dak



b) 120 m



c) 160 m/dak



d) 200 m/dak

Şekil 7.26. MM, GM ve MS kesici uç geometrileri ile kuru işlemede oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi a) 100 m/dak, b) 120 m/dak, c) 160 m/dak, d) 200 m/dak.

7.5. SONUÇLAR

Dubleks paslanmaz çeliklerin kuru ve soğuk hava, farklı kesici takım geometrileri ve kesme parametreleri ile işlenmesinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerindeki etkilerini belirlemek amacı ile yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Deneylerde kullanılan üç farklı takım geometrisinden MM geometrisiyle en iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.
- İlerleme hızının iş parçası yüzey pürüzlülük değerini önemli derecede etkilediği görülmüştür. İlerlemenin 0,15 mm/dev olduğu durumda yüzey pürüzlülük değerinin düşük, 0,3 mm/dev olduğu durumda en yüksek değerlerini aldığı gözlenmiştir.
- Yüzey pürüzlülüğüne ilerlemenin etkisinin, kesme hızının etkisinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- İlerleme miktarının artması, kesme bölgesindeki yükü arttırdığı gibi, aynı zamanda daha fazla ısı artışına ve takımın daha kolay deforme olmasına yol açmıştır.
- Kesme hızının artması ile tüm kesme parametrelerinde esas kesme kuvvetinde azalmalar görülmüştür.
- Yüksek kesme hızlarına çıkıldıkça kesici takımlarda talaş sıvanmasının daha fazla olduğu görülmektedir.
- CVD kaplamalı takımlar, PVD kaplamalı takımlardan daha iyi bir performans sergilemiştir.
- Hava ile soğutarak işlemede genel olarak %3 ila %30 arasında tüm kesici geometrilerinde yüzey pürüzlülüğünde kuru işlemeye göre bir azalma görülmüştür.

7.6. ÖNERİLER

Aşağıda verilen önerilerin çalışılan bu konunun tamamlayıcısı olacağı ve diğer araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

- Soğuk hava ile işlemenin takım ömrü ve aşınması üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Farklı sertliklerde üretilen paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ve kesici takım performansları incelenebilir.
- Farklı soğutma ve yağlama sistemleri ile işlemede takım performansları araştırılabilir.
- Takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması çalışmaları yapay sinir ağları (ANN), genetik algoritma ve sonlu elemanlar gibi teknikler kullanılarak modellenabilir ve optimize edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Kısasöz, A. ve Karaaslan A., “Dubleks paslanmaz çeliklerde oluşan yüksek sıcaklık fazlarına genel bir bakış”, *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi*, 162.Sayı, 57-61 (2012).
2. Outeiro, J.C., Umbrello, D., and 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).
3. Aran, A., ve Temel, M.A., “Paslanmaz çelik, üretimi, kullanımı, standartları”, İstanbul (2004).
4. Yıldırım, Ç.V., Kıvak, T., ve Erzincanlı, F., “Minimum Miktarda Yağlama Tekniğinin Tornalama Ve Frezeleme İşlemlerindeki Uygulamaları Üzerine Bir Derleme”, *2. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu (IISS’15)*, Karabük, Türkiye (2015).
5. Çetin, M. H., ve Özçelik B., “AISI 304 çeliklerin tornalanmasında ep katkılı karma bitkisel esaslı kesme sıvılarının performansı”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 26, No 3, 581-589 (2011).
6. Özçatalbaş, Y., ve BAŞ, A., “Tornalamada hava püskürtme ile soğutmanın kesme kuvvetleri ve takım ömrüne etkilerinin araştırılması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 21, No 3, 451-455 (2006)
7. Rajaguru, J., and Arunachalam, N., “Coated tool performance in Dry turning of super duplex stainless steel”, *Procedia Manufacturing*, 10, pp.600–611 (2017).
8. Hagino, M., Takemura, A., Fujita, T. Usuki, H. and Ikuta, A., “Cutting characteristics of Duplex Stainless cast steel X2CrNiMoN25-7-3”, *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 7, 300-306 (2017).
9. Krolczyk, G.M., Nieslony, P. and Legutko, S., “Determination of tool life and research wear during duplex stainless steel turning”, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15, 347 – 354 (2015).
10. Krolczyk, G.M., Legutko, S., and Gajek, M., “Predicting the surface roughness in the dry machining of duplex stainless steel (DSS)”, *Metalurgija* 52, 259 – 262 (2013).

11. Krolczyk, G.M., Nieslony, P. and Wojciechowski, S., “Dry cutting effect in turning of a duplex stainless steel as a key factor in clean production” *Jornual of Cleaner Production*, 142, 3343 – 3354 (2017).
12. Mavi, A. ve Uzun, G., “Dubleks 1.4462 paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerine etkisi”, *GÜ J Sci, Part C* 5(3), 177–184 (2017).
13. Selveraj, D.P., Chandramohan, P., “Influence of cutting speed, feed rate and bulk texture on the surface finish of nitrogen alloyed duplex stainless steels during dry turning”, *Engineering*, 453 – 460 (2010).
14. Koyee, R.D., Heisel, U., Schmauder, S. and Eisseler, R., “Experimental investigation and multiobjective optimization of turning duplex stainless steels,” *International Journal of Manufacturing Engineering*, vol. 2014, Article ID 921081, 13 pages (2014).
15. Bordinassi, E.C., Stipkovic, M.F., Batalha, G.F., Delijaicov, S. and Lima, N.B., “Superficial integrity analysis in a super duplex stainless steel after turning” *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Volume 18 Issue 1-2, September–October (2006).
16. Selveraj, D.P., Chandramohan, P. and Mohanraj, M., “Optimization of surface roughness, cutting force and tool wear of nitrogen alloyed duplex stainless steel in a dry turning process using Taguchi method”, *Measurement* 49, 205–215 (2014).
17. Junior, C.A. de O., Diniz, A.E. and Bertazzoli, R., “Correlating tool wear, surface roughness and corrosion resistance in the turning process of super duplex stainless steel”, *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.*, 36:775–785 (2014).
18. Kumar, K.S. and Senthilkumaar, J.S., “Analysis of flank wear and chip morphology when machining super duplex stainless steel in a gas cooled environment” *International Journal of Engineering and Technology* (IJET), Vol 5 No 6 5045-5056 (2014).
19. Ghatge, D.A, Ramanujam, R., Sudhakar Reddy B. and Vignesh M. “Improvement of machinability using eco-friendly cutting oil in turning duplex stainless steel”, *Materials Today: Proceedings* 5, 12303–12310 (2018).
20. Maruda, R.W., Legutko, S., Krolczyk, G.M. and Raos, P. “Influence of cooling conditions on the machining process under mql and mql conditions” *Tehnički Vjesnik* 22, 965-970 (2015).
21. Dhananchezian, M., Rishaba Priyan, M., Rajashekar, G. And Narayanan, G.S., “Study the effect of cryogenic cooling on machinability characteristics during turning duplex stainless steel 2205” *Materials Today: Proceedings* 5, 12062–12070 (2018).

22. Gözütok, E., “Paslanmaz çeliklerin TIG kaynağında argon-hidrojen gaz karışımının birleştirmelerin mekanik ve mikroyapı özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2016).
23. Aran, A. ve Temel, M.A., “Paslanmaz çelik yassı mamuller, üretimi, kullanımı, standartları”, *Sarıtaş Teknik Yayın* No: 1, Baskı 2, İstanbul (2004).
24. Palabıyık, O., “Soğuk deformasyonun AISI 304 ve AISI 204Cu kalite paslanmaz çeliklerin mikro yapılarına, mekanik özelliklerine ve korozyon davranışlarına etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2013).
25. Özbek, N.A., “AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takıma uygulanan kriyojenik işlemin takım ömrü üzerine etkilerinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2013).
26. Yıldırım, D., “2205 Dupleks paslanmaz çelik ile S355J2 genel yapı çeliğinin birleştirilebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon (2018).
27. İnternet: ACinox, “Östenitik paslanmaz çelikler”, www.acinox.com.tr/ostenitik-paslanmaz-celikler (2019).
28. İnternet: ACinox, “Ferritik paslanmaz çelikler”, www.acinox.com.tr/ferritik-paslanmaz-celikler (2019).
29. İnternet: ACinox, “Martenzitik paslanmaz çelikler”, www.acinox.com.tr/martenzitik-paslanmaz-celikler (2019).
30. İnternet: Matmetal, “Dupleks paslanmaz çelikler”, www.matmetal.com/Icerik.aspx?ID=16 (2019).
31. İnternet: Logo Metal, “Duplex paslanmaz çelikler”, www.logometal.com.tr/duplex.html (2019).
32. Demir, H., Ulaş, H.B., Zeyveli, M., “Talaşlı Üretimde Kullanılan Kesme Sıvılarından İstenen Özellikler” 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük (2009).
33. İnternet: BAYLAN, O., “Kesme Sıvıları”, www.metaluzmani.com/kesme-sivilari/ (2019).
34. İnternet: SPEEDOL, “Sentetik Endüstriyel Yağlar”, www.speedol.com.tr (2019).

35. Yücel, E., Günay, M., Ayyıldız, M., Erkan, Ö., Kara, F., “Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının İnsan Sağlığına Etkileri Ve Sürdürülebilir Kullanımı”, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11)*, Elazığ, 116-121 (2011).
36. Zimmerman, J.B., “Formulation Evaluation of Emulsifier System For Petroleumand Bio-Based Semi-Synthetic Metalworking Fluids”, *Doctor of Philosophy in the College of Engineering at the University of Michigan* (2003).
37. Çetin, M.H., “Bitkisel Esaslı Kesme Sıvılarının Tornalamadaki Performansının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, Gebze, 37-39 (2010).
38. Lowe Waster Reduction Center, “Cutting Fluid Management: Small Machining Operations” (2003).
39. Karabuğa, A., “Azot sıvılaştırma prosesinin enerji ve ekserji analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 9-24 (2016).
40. Çengel, Y. A., Boles M. A., “Termodinamik, Mühendislik Yaklaşımıyla”, Çeviri Editörü, Ali Pınarbaşı, İzmir, Tablo A-3, 888 (2011).
41. Gündoğdu, H.E., “Kesme sıvılı ve kuru talaşlı işlemenin iş parçası ve kesici takım üzerindeki etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
42. Uçak, N., ve Çiçek, A., “Talaşlı İmalat Süreçlerinde Kriyojenik Soğutma Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma”, *5th international symposium on innovative Technologies in Engineering and Science*, 29-30 September 2017, (ISITES2017), Baku-Azerbaycan (2017).
43. Çakır, A., “AA7075 ve AA 2024 alüminyum malzemelerine delik delinmesinde soğutma yöntemlerinin işleme performansına etkilerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2015).
44. İnternet: Forakim Endüstriyel Kimyasallar, “LPS Tapmatic Tricut Kesme Sıvısı”, <http://www.forakim.com/lps-tapmatic-tricut-kesme-delme-sivisi> (2019).
45. TMMOB Makina Mühendisleri Odası aylık ayın organı, *Mühendis ve Makina* Cilt:51, Sayı:610 (2010).
46. Güllü, A., “Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (1995)*.

47. Tekaslan, Ö. Gerger, N. ve Şeker U., “CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16: 97 – 104 (2008).
48. Bakırcıoğlu, B., “Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği üzerinde farklı kesici kenar formlarının etkisinin karşılaştırmalı olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2013).
49. Smith, G.T., “Cutting tool technology industrial handbook”, *Spinger – Verlag London Limited* (2008).
50. Özçatalbaş, Y., “Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı :1 s. 47-52 (2002).
51. Çini, A., “Inconel 718 malzemesinin tornalama işleminde yüksek basınçlı jet soğutmanın yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon (2010).
52. Neşeli, S., “Tornalamada takım geometrisi ve tirlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2006).
53. Cheung, C.F., and Lee, W.B., “A theoretical and experimental investigation of surface roughness formation in ultra-precision diamond turning”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* (2000).
54. Arafat, M., “CNC delme işleminde delme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü açısından optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri (2009).
55. Aslan, N., “Ti-6AL-4V alaşımının işlenmesinde kriyojenik soğutmanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon (2012).
56. İnternet: Sandvik coromant, “İş parçası yüzeyi ölçümü”, <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/materials/pages/workpiece-surface-measurement.aspx> (2019).
57. Arıtaşı, A., “Dönen takma uçlu kesici takımlarla talaşlı şekillendirmede işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2008).
58. İnternet: Balıkesir.edu.tr, “Yüzey pürüzlülüğü ölçümü”, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf> (2019).

59. İnternet: Barış paslanmaz, “Dubleks (1.4462) Paslanmaz Çelikler”, http://www.barispaşlanmaz.com/dubleks-1-4462-paşlanmaz-celik_506.html (2019).
60. İnternet: Birçelik, “Dubleks (1.4462) Paslanmaz Çelikler”, <https://bircelik.com/tr/kategori/dubleks-1-4462-> (2019).
61. Gürbüz, H., Kafkas, F., Şeker, U., “AISI 316 L Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Takım Kesici Kenar Formu Ve Talaş Kırıcı Formlarının Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi”, *Batman Üniv. Yaşam Bil. Der.*, Cilt1, Sayı 2, 173-184 (2012).



ÖZGEÇMİŞ

Mümin AŞÇIOĞLU, 1989 yılında Bursa’da doğdu. İlkokul ve lise (Bursa Tophane Anadolu Meslek Lisesi) öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Lise yaz stajını öğrenci değişimi projesiyle Almanya’da tamamladı. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği Anabilim Dalında yüksek öğrenim hayatına başladı. 2012 yılında Teknik Öğretmen ünvanı ile mezun oldu. 2013 yılında Ali Osman Sönmez Endüstri Meslek Lisesinde ücretli öğretmen olarak iş hayatına başladı. 2014 yılında Çalışma Bakanlığı tarafından yapılan sınavda başarılı olarak “C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı” unvanını aldı. Şubat 2015 yılında askerlik görevini Kars ilinde tamamladı. 2014–2016 yılları arasında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Programında, mühendislik tamamlama eğitimini alarak “İmalat Mühendisi” unvanını aldı. 2016 yılında Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde Teknik Öğretmen olarak göreve başladı ve halen aynı kurumda çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Aşağınohutlu Mahallesi Sakarya Caddesi No:24 D:4

MERKEZ / YOZGAT

Tel : (537) 612 09 02

E-posta : muminascioglu@gmail.com