MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATKAPLARIN KESİCİ AĞIZ GEOMETRİSİNİN PASLANMAZ ÇELİKLERİN DELİNMESİ SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SÜLEYMAN ÇİÇEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği
Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Yusuf KAYNAK

İSTANBUL, 2023

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATKAPLARIN KESİCİ AĞIZ GEOMETRİSİNİN PASLANMAZ ÇELİKLERİN DELİNMESİ SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SÜLEYMAN ÇİÇEK

(33043378416)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği
Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Yusuf KAYNAK

İSTANBUL, 2023

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Süleyman ÇİÇEK' in "Matkapların Kesici Ağız Geometrisinin Paslanmaz Çeliklerin Delinmesi Sürecine Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tez çalışması, 2023 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Yusuf KAYNAK (Danışman)
Marmara Üniversitesi ....

Doç. Dr. Murat KIYAK (Üye)
Yıldız Teknik Üniversitesi ....

Dr. Öğr. Üyesi Selim HARTOMACIOĞLU (Üye)
Marmara Üniversitesi ....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …/…/2023 tarih ve …… sayılı kararı ile Süleyman ÇİÇEK'in Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Bülent EKİCİ

ÖNSÖZ

Tez çalışmaları konusunun desteğini ve katkısını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yusuf KAYNAK hocama çok teşekkür ediyorum.

Yüksek Lisans öğrenim hayatı süresince, desteklerini esirgemeyen ve sürekli yanımda olan Aileme çok teşekkür ederim.

Bu çalışma kapsamında malzeme ve deney imkânı sağlayan Torun Bakır Alaşımları Metal San. Ve Tic. A.Ş. ' ye ,Torun Bakır Ar-Ge Merkezine ve Tüm Çalışma Arkadaşlarıma ve yöneticilerime değerli katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Ocak, 2023 **Süleyman ÇİÇEK**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
SEMBOLLER v
KISALTMALAR vi
ŞEKİL LİSTESİ vii
1. GİRİŞ 10
Şekil 1.1. Paslanmaz çeliklerin faz diyagramı [2]. 10
Şekil 1.2. Paslanmaz çeliklerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi [3]. 11
Şekil 1.3. Sıcaklık ile darbe dayanımı değişim eğrisi (a) östenitik, (b) dupleks, (c) ferritik paslanmaz çelikler [1]. 11
1.1 Paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirliği ve yüzey bütünlüğü 12
2. DENEYSEL ÇALIŞMA VE DÜZENEKLER 15
2.1 İş parçası ve Özellikleri 15
2.2 Test ve Analizler 17
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
3.1 Kesici Takım Yuvarlanma Yarıçapının İşleme Performansı ve Yüzey Bütünlüğüne Etkisi 27
3.1.1 İşleme Performansına Etkisi 27
3.1.2 Yuvarlanma Yarıçapının Delik Yüzey Bütünlüğüne Etkisi 30
3.2 Talaş Açısının İşleme Performansı ve Yüzey Bütünlüğüne Etkisi 36
3.2.1 İşleme Performansına Etkisi 36
3.2.2 Delik Yüzey Bütünlüğüne Etkisi 37
4. SONUÇLAR 39

ÖZET

MATKAPLARIN KESİCİ AĞIZ GEOMETRİSİNİN PASLANMAZ ÇELİKLERİN DELİNMESİ SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Paslanmaz çelik malzemelerden imal edilen komponentler endüstriside birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu malzemelerin talaşlı imalat süreçleri malzemelerin sahip oldukları bazı mekanik ve termal özelliklerden dolayı zordur. Diğer taraftan, talaşlı imalat prosesleri dikkate alındığında delik delme süreci doğası gereği bazı ilave zorluklar içermektedir. Isı iletim katsayısı nispeten düşük talaş kırılabilirliği zor olan bu malzemelerin yüksek performansta delinebilmeleri kesici takım özellikleri ile de doğrudan ilişkilidir.

Bu gibi malzemelerin kesici takım performansını etkileyen temel parametrelerden biri de kesici ağızların geometrileridir. Bu geometriler özellikle kesici ağız yuvarlanma yarıçapı ve talaş açısıdır. Tez kapsamında bu parametrelerin kesici takım aşınması, iş parçası delik yüzey kalitesi, topografisi, yüzey altı özellikleri bilhassa da yüzey altı sertliği ve etkilenmiş tabaka kalınlığı gibi parametrelere etkisi araştırılmıştır. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının işlenen parçaların delik yüzey ve yüzeyaltı özelliklerine kayda değer etkilerinin olduğu deneysel çalışma ile ortaya konulmuştur. Özellikle büyük köşe yarıçapına sahip karbür kesici takımlar kullanıldığında, delik yüzey ve yüzeyaltı özelliklerinde önemli değişimler söz konusu olmaktadır. Kesici ağız yarıçapının artması ile delik yüzey ve yüzeyaltında sertleşmenin arttığı ve deforme olmuş tabakanın daha belirgin olduğu görülmektedir. İlaveten, talaş açısındaki değişimin de kesme performansına özellikle de kuvvetlere ve işlenen yüzeyin kalitesine etki ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Talaşlı imalat, Kesici Takım, paslanmaz çelikler, yuvarlanma yarıçapı, talaş açısı

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CUTTING GEOMETRIES OF DRILL BIT ON DRILLING PERFORMANCE OF STAINLESS STEEL

Components made of stainless steel have been commonly used in various industries. Stainless steels are considered as difficult-to-machine materials due to their mechanical and thermal properties. Furthermore, comparing all machining operations, drilling is one of them includes some serious difficulties naturally. Considering heat transfer coefficient and chip breakability of stainless steel, high performance machining of these materials depends on the cutting tools and their geometries.

One of the important parameters that affects the cutting performance of cutting tools are cutting edge geometries. Among all geometries, edge radius and rake angle plays a great role on the performance. Within the scope of this thesis, the effect of those parameters on tool performance namely wear rate is investigated by using experimental approach. Besides, cutting force component induced from these variables also also recorded and presented in this work. The effect of drill bit geometries on surface quality of produced holes including surface quality and topografies are also presented. Furthermore, subsurface aspects, in other words surface integrity aspect of produced holes including micohardness, machininbg-induced layer are also presented. It is obvious that edge radius plays a critical role on surface integrity aspects of stainless steel. Increasing edge radius results in increased hardness on the surface and subsurface of stainless steel. It also alters the thickness of machining induced layer. On the other hand, rake angle of drill bit also influences the surface quality and cutting forces generated during drilling process.

Keywords: Machining, cutting tool, stainless steel, edge radius, rake angle

SEMBOLLER

g : Gram

sn : Saniye

mm : milimetre

m/s : Metre/saniye

N : Newton

Ra : Ortalama aritmetik yüzey pürüzlülüğü (µm)

Rz : Ortalama pürüzlülük derinliği (µm)

T :Sıcaklık (ºC)

C :Karbon

Mo :Molibden

Cr :Krom

Ni :Nikel

HV :Vickers sertliği

γ **:** Eksenel talaş açısı

β : Boşluk açısı

KISALTMALAR

BUE : Talaş Yığılması

ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilatı

CNC : Bilgisayarlı Sayısal Kontrol

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Paslanmaz çeliklerin faz diyagramı [2]. 10

Şekil 1.2. Paslanmaz çeliklerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi [3]. 11

Şekil 1.3. Sıcaklık ile darbe dayanımı değişim eğrisi (a) östenitik, (b) dupleks, (c) ferritik paslanmaz çelikler [1]..... 11

Şekil 1.4. Dubleks paslanmaz çelik maleme mikroyapısı [6] 12

Şekil 1.5. Paslanmaz çelik malzemelerin kesme hızına ve birim zamanda kaldırılan talaş hacmine bağlı olarak takım ömürleri [15] 13

Şekil 1.6. (a) Dubleks paslanmaz çeliğin delinmesinde yığma ağız sorunu, (b) kesici takım ağızında aşınma[6]..... 14

Şekil 1.7. Silici formlu kesici takımla işlenen paslanmazçeliğin yüzey ve yüzeyaltı mikroyapısı (a) v = 100 m/min, f = 0.125 mm/rev and (b) v = 170 m/min, f = 0.25 mm/rev.[30] 14

Şekil 2.1 Deneysel çalışmada kullanılan X2CrNiMoN22-5-3 dubleks paslanmaz çelik alaşım malzemesi..... 15

Şekil 2.2 Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik malzemesinin mikroyapısı ve faz dağılımı. 16

Şekil 2.3 Fanuc CNC dikey işleme merkezi..... 17

Şekil 2.4 Kuvvet ölçüm metodunun görüntülenmesi 18

Şekil 2.5 Kuvvet kuvveti ölçümünden bir görüntü 18

Şekil 2.6 ANCA MX7 Takım Bileme Tezgahı 20

Şekil 2.7 Tasarlanan matkap ve geometrileri 21

Şekil 2.8 Zoller Genius Ölçüm Cihazı 22

Şekil 2.9 Çalışmada kullanılan Tinkap drag finish makinası 22

Şekil 2.10 Keyence dijital optik mikroskop 23

Şekil 2.11 Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı 23

Şekil 2.12 Mitutoyo Surftest Extreme cihazı ile tez kapsamında yapılan ölçüm ham datası 24

Şekil 2.13 Mikro Sertlik Ölçümünde kullanılan cihaz 25

Şekil 2.14 a) Parçaları kesmede kullanılan Kesme Cihazı, b) numuneleri Bakalite Almada kullanılan Cihaz, c) Zımparalama ve Partlama Cihazı 26

Şekil 3.1. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının kesme (itme) kuvvetlerine etkisi 28

Şekil 3.2. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının aşınma oranına etkisi..... 29

Şekil 3.3. Kesici takım yuvarlanma yarıçapına bağlı talaş formları 29

Şekil 3.4. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının yüzey topografisine etkisi 30

Şekil 3.5. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) etkisi 31

Şekil 3.6. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının artitmetik ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) etkisi 32

Şekil 3.7. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının delik yüzey sertliğine etkisi 34

Şekil 3.8. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının etkilenmiş tabaka kalınlığına etkisi.... 35

Şekil 3.9. Kesici takım eksenel talaş açısının kesme (itme) kuvvetlerine etkisi 36

Şekil 3.10. Kesici takım talaş açısının artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) etkisi 37

Şekil 3.11. Kesici takım serbest açısının delik yüzey sertliğine etkisi..... 38

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik iş parçası malzemelerinin kimyasal kompozisyonu 16

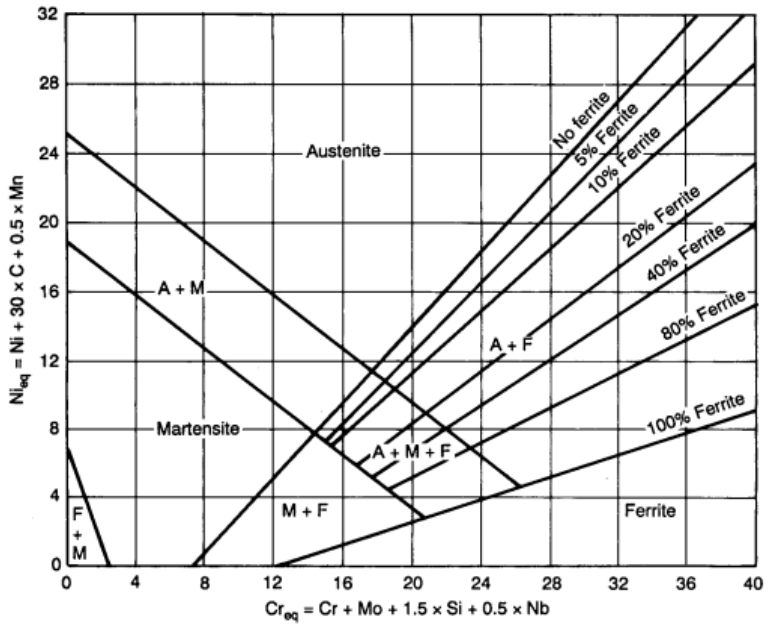
Tablo 2.2. Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik malzemenin mekanik özellikleri 16

Tablo 2.3 Fanuc ROBODRILL alpha-21DLiB CNC dikey işleme merkezi mekanik özellikleri 19

Tablo 2.4. KEYENCE VHX-6000 optik mikroskop teknik özellikleri. 23

1. GİRİŞ

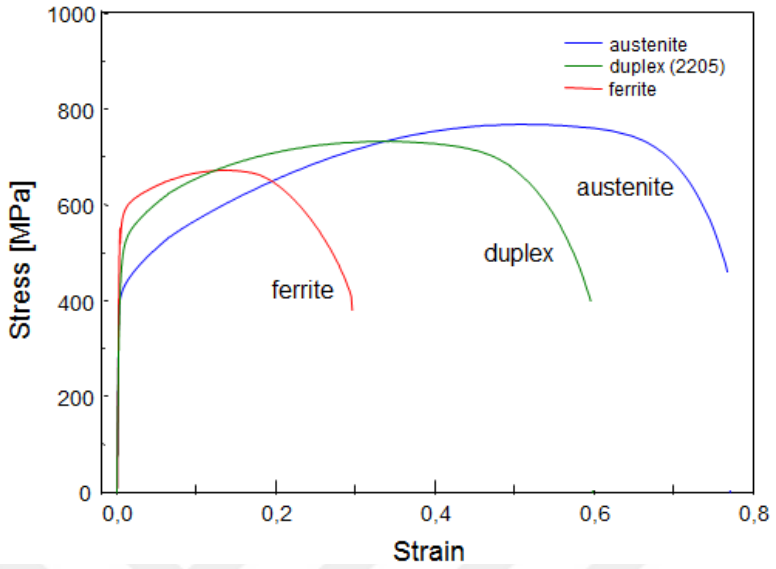
Paslanmaz çelikler bileşimlerinde minimum %12 krom içeren demir esaslı alaşımlardır [1]. Bileşimlerindeki krom, atmosferdeki oksijen ile birleşerek yüzeyde koruyucu krom oksit tabakası oluştur [1]. Bu tabaka su ve havanın parçaya nüfuz etmesini engeller ve korozyon oluşumunu önleyerek üretilen komponentlerin uzun ömürlü olmasını katkı sağlar. Paslanmaz çelikler uzun yıllardır nükleer atık depolama tanklarında, yemek ve içecek endüstrilerinde, petrol ve kimya ürünlerinde, inşaat sektörü olmak üzere hayatın pek çok alanında yaygın olarak kullanılan malzemeler grubundadır [1]. Paslanmaz çelikler kristalografik yapılarına göre martenzitik, ferritik, östenitik, dubleks (çift fazlı) paslanmaz çelikler olmak üzere dört gruba ayrılırlar. Paslanmaz çeliklerin faz diyagramı Şekil 1.1' de gösterilmektedir [2].



Şekil 1.1. Paslanmaz çeliklerin faz diyagramı [2].

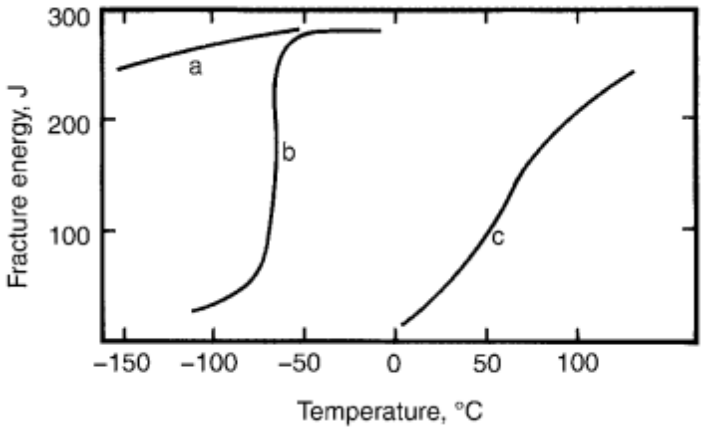
Şekil 1.2' de paslanmaz çeliklerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrileri gösterilmektedir[3]. Östenitik paslanmaz çeliklerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrilerinde belirgin bir akma noktası görülmemektedir [3]. Akma gerilmesi değerlerinin yaklaşık %40'ına ulaşıldığında malzeme deforme olmaya başlar. Malzeme akma gerilmesi değerinin yarı değerinde ulaşıldığında tümüyle elastik davranış sergilerken, bu değerin 2/3'ünden daha düşük değerlerde plastik deformasyon ihmal edilebilir.

Sergilemiş oldukları bu quasi-elastik davranış yüzey merkezli kübik yapı içerisinde çok sayıda kayma bandı yer almasından kaynaklanmaktadır [4].



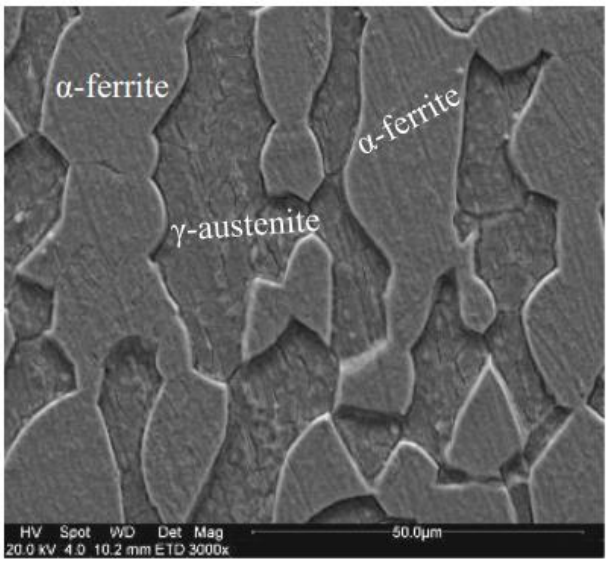
Şekil 1.2. Paslanmaz çeliklerin gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi [3].

Paslanmaz çeliklerin darbe dayanımı– sıcaklık eğrileri Şekil 1.3' de gösterilmektedir [1].Yüksek mukavemet ve yüzde uzama değerine sahip östenitik paslanmaz çelikler birim hücreleri yüzey merkezli kübik yapıda olmaları ve mikroyapılarında bulunan çoklu kayma bandı özellikleri dolayısıyla kriyojenik sıcaklıklarda yüksek tokluk özelliklerini sürdürürler [1, 4].



Şekil 1.3. Sıcaklık ile darbe dayanımı değişim eğrisi (a) östenitik, (b) dupleks, (c) ferritik paslanmaz çelikler [1].

Dubleks paslanmaz çelik malzemeler hem alfa ferrit yapının hem de gama östenit yapının özelliklerini içinde barındırırlar ve bu sayede mükemmel mekanik özelliklere sahip olurlar [5]. Dubleks paslanmaz çelik malzemenin mikroyapısı Şekil 1.3'de görülmektedir. Bu sayede yüksek korozyon dayanımı, diğer paslanmaz çeliklere göre çok daha güçlü tokluk ve kaynak edilebilirliğie sahiptirler.



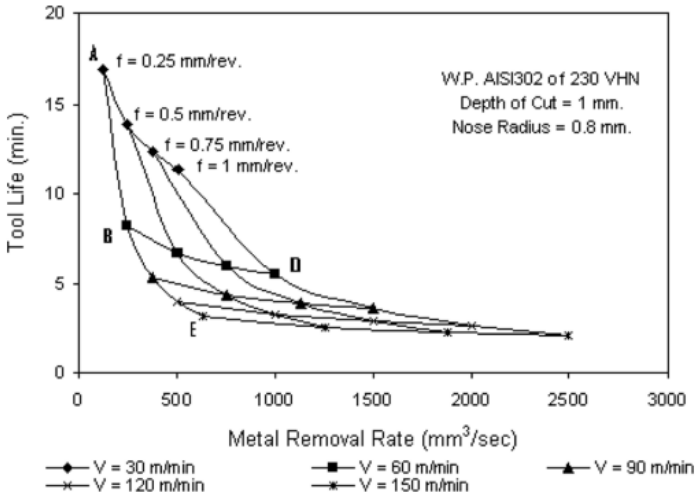
Şekil 1.4. Dubleks paslanmaz çelik maleme mikroyapısı [6]

1.1 Paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirliği ve yüzey bütünlüğü

Paslanmaz çelik malzemeleri diğer çelik malzemelerine nispeten işlenebilriği daha düşük olan malzemelerdir[7]. İlaveten dubleks paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilriği ise diğer paslanmaz çelik malzemelere nazaran daha düşüktür. Bunun temel nedei ise; düşük ısı iletim katsayısı, yığma ağız sorunu ve pekleşmedir[8]. Metal dışı partiküllerin malzemede çok olması kesici takımda aşırı aşınmalara da neden olmaktadır. Diğer taraftan malzemede krom elementinin arttırılmış olması östenit fazın azalmasına ve ferrit fazın artmasına neden olmaktadır[9]. Diğer taraftan dubleks paslanmaz malzemelerin işlenmesinde talaş takım arayüzünde artan mekanik ve termal yükler, yığma ağız sorununun artmasına neden olmaktadır[10].

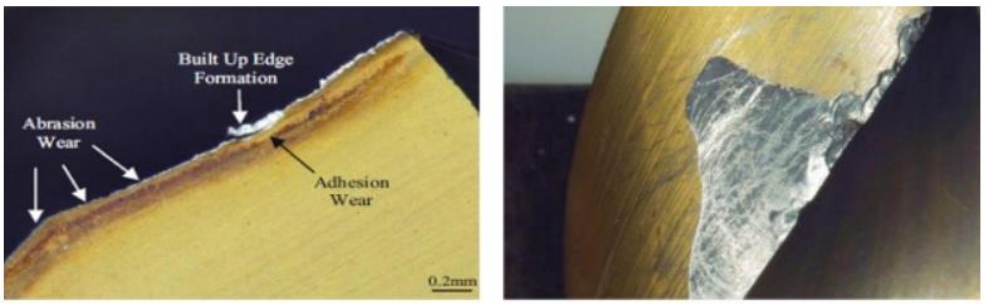
Diğer taraftan paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilriğine yönelik literatürde kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilriğinde tornalama[11, 12] başta olmak üzere frezeleme[13], delik delme[14] gibi talaşlı imalat süreçlerinde işlenebilirik konusu ele alınmıştır. İşlenebilirlik pespektifinden en çok üzerinde çalışma

yapılan konuların başında kesici takımda meydana gelen aşınma olmuştur. El-Tamim ve arkadaşları [15] yaptıkları çalışmada 302 paslanmaz çelik malzemenin takım ömrü üzerinde kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada farklı kesme hızları, birim zamanda kaldırılan talaş hacimleri ve ilerleme değerleri için takım ömürlerini ortaya koymuşlardır. Elde edilen verilerin sonuçları özet olarak Şekil 1.5'de sunulmuştur. Yapılan optimzasyon çalışması ile bu malzemelerin işlenmesinde takım ömürlerinin 42 dakikaya kadar ulaşabildiği gösterilmiştir.



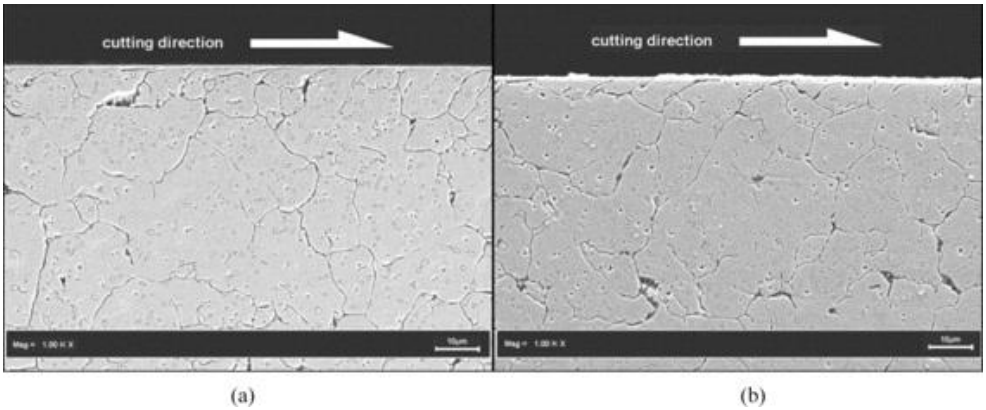
Şekil 1.5. Paslanmaz çelik malzemelerin kesme hızına ve birim zamanda kaldırılan talaş hacmine bağlı olarak takım ömürleri [15]

Diğer taraftan Xavior ve arkadaşları[12] yaptıkları çalışmada paslanmaz malzemelerin işlenmesinde ilerleme oranının yüzey kalitesini önemli oranda etkilediği kesme hızının ise takım aşınmasını etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca dubleks paslanmaz çeliklerin delinmesi sürecinde kesici takımda yığma ağız sorunu ve kesici ağızda aşınma ve kırılma sorunları (Şekil 1.6) ile karşılaşılmaktadır. Takım aşınması ve işlenen parçanın yüzey kalitesinin arttırılması için literatürde farklı çözümler ortaya konulmuştur. Bunların başında matkap uçlarının kaplanması gelmektedir[16]. Özellikle PVD kaplama ile paslanmaz çelik malzemelerin delinmesi sürecinde monolayer[17] TiN/MoN ve TiAlN/MoN nano çok katmanlı kaplamaların yüksek performans gösterdiği literatürde vurgulanmıştır[18]. İlaveten, kriyojenik soğutucu[19] ve MQL ve farklı kesme sıvıları kullanılarakta paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirlik performansının iyileştirilmesi çalışmaları yapılmıştır[20-22].



Şekil 1.6. (a) Dubleks paslanmaz çeliğin delinmesinde yığma ağız sorunu, (b) kesici takım ağızında aşınma[6]

Literatürde paslanmaz çeliklerin delinmesi sürecinde yüzey bütünlüğünün analizine ve incelenmesine yönelik çalışmalarda yapılmıştır[23, 24]. Ancak bu çalışmalarda yoğun olarak odaklanılan parametreler kesme koşulları[25] ve kesme parametreleri olmuştur. Ayrıca yüzey bütünlüğünün paslanmaz çelik malzemenin kalıcı deformasyonuna etkisi de literatürde araştırılmıştır[26]. Kesici takım geometrisinin paslanmaz çelik malzemelerinde oluşturduğu kalıntı gerilemeler de literatürde çalışılan konulardandır[27-29]. Kesme parametrelerinin ve kesici takım ağız geometrisinin mikroyapıya etkisi Kurniavan ve arkadaşları tarafından çalışılmıştır [30]. Yapılan çalışmalarda deforme olmuş bir tabakanın oluştuğu görülmektedir (Şekil 1.7). Sadece yüzey mikroyapı değil yüzey kalitesinin de kesme parametreleri ve koşulları ile değişkenlik gösterdiği literatürde vurgulanmıştır[31, 32].



Şekil 1.7. Silici formlu kesici takımla işlenen paslanmazçeliğin yüzey ve yüzeyaltı mikroyapısı (a) v = 100 m/min, f = 0.125 mm/rev and (b) v = 170 m/min, f = 0.25 mm/rev.[30]

2. DENEYSEL ÇALIŞMA VE DÜZENEKLER

2.1 İş parçası ve Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan iş parçası 105 x 90 x 40 mm boyutlarında X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462) dubleks paslanmaz çelik alaşım malzemesidir. Bu malzemelerin Kistler 9129AA tipi sabit dinamometreye bağlanabilmesi için ISO 2768-m standartlarına göre toleranslandırılan teknik resime göre üretilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan dubleks iş parçaları aşağıda Şekil 2.1.'de görülmektedir.



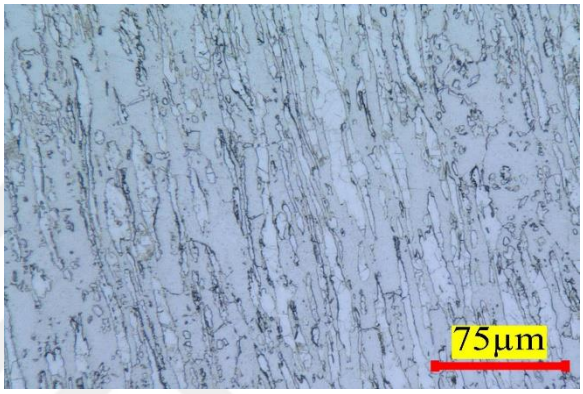
Şekil 2.1 Deneysel çalışmada kullanılan X2CrNiMoN22-5-3 dubleks paslanmaz çelik alaşım malzemesi

Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik iş parçasının kimyasal kompozisyonu Tablo 2.1.'de sunulmuştur. Ayrıca bu malzemenin optik mikroskop altında elde edilen mikroyapısı ve faz dağılımı (faz dağılımı için dijital optik mirkoskobun içinde bulunan standartlara göre faz dağılımı yapan yazılım kullanılmıştır.) Şekil 2.2.'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik iş parçası malzemelerinin kimyasal kompozisyonu

Alaşım Elementi	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	N	Cu	Co
%	<0,03	<,035	<0,015	<1	<2	21-23	4,5-6,5	2,5-3,5	0,018	0,1-0,22	0,08	0,03





Ferritik faz (siyah): % 45
Östenitik faz (kırmızı): % 55

Ferritik faz (gri)
Östenitik faz (beyaz)

Şekil 2.2 Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik malzemesinin mikroyapısı ve faz dağılımı.

Tablo 2.2. Deneysel çalışmada kullanılan dubleks paslanmaz çelik malzemenin mekanik özellikleri

Mekanik Özellik	**Değeri**
Akma Mukavemeti (MPa)	514
Çekme Mukavemeti (MPa)	737
Sertlik (BHN)	212
Uzama (%)	41

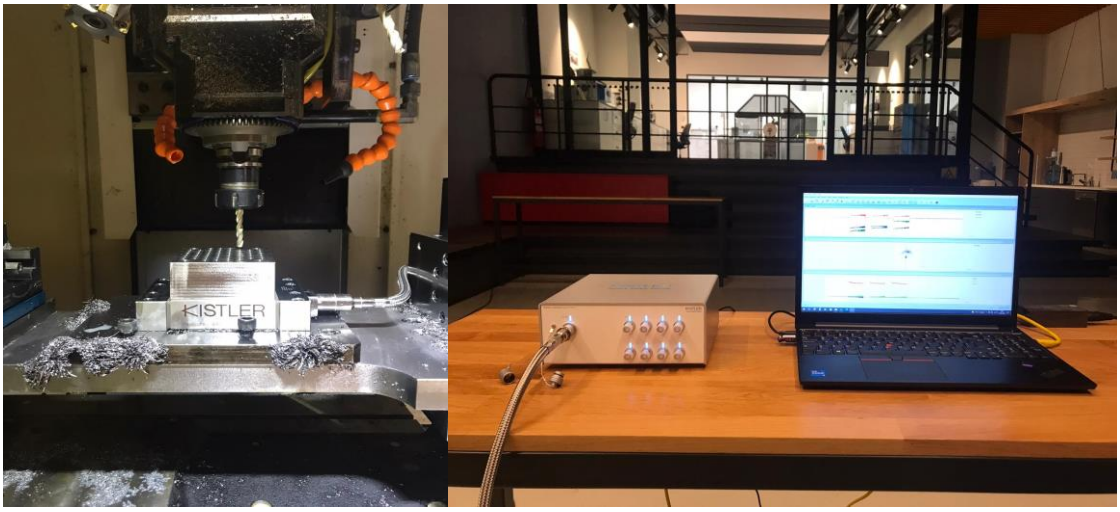
2.2 Test ve Analizler

Bu çalışmada tüm talaş kaldırma testleri Fanuc ROBODRILL Alpha-D21LiB5 CNC dikey işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir. İşleme merkezinin fotoğrafı Şekil 2.3'te sunulmuştur. Tez çalışması süresince sabit işleme parametreleri kullanılmıştır. Kesme hızı (V_C =*50* m/dak), ilerleme oranı (f= 0.1 mm/dev) ve ilerleme hızı (F_n=*200* mm/dak) kullanılmıştır. Kesme süresince dışarıdan kesme sıvısı verilmiştir. Matkapların içerisinden kesme sıvı verilmemiştir.

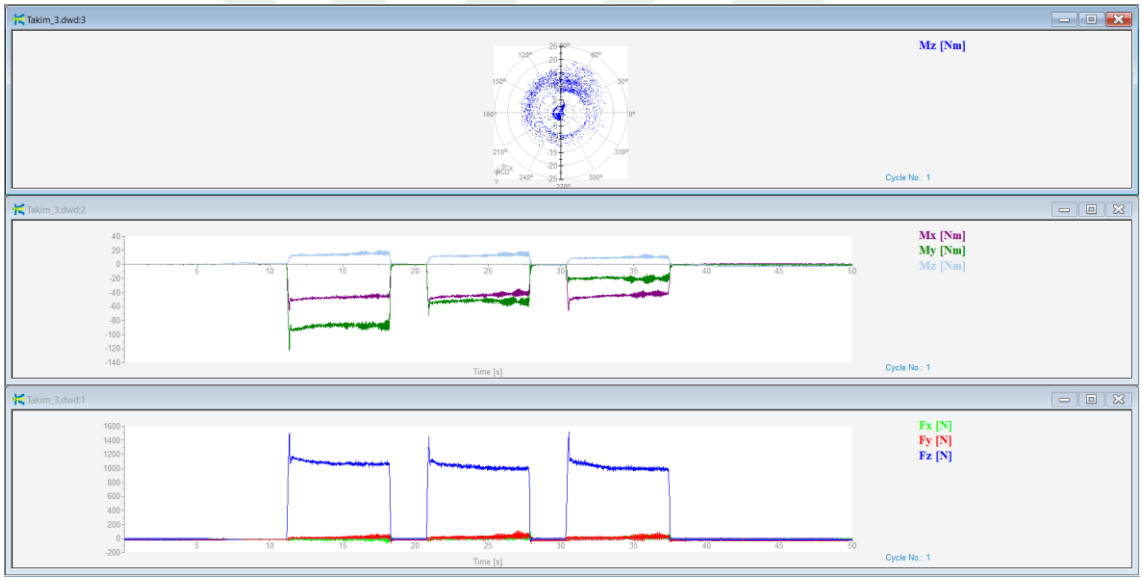


Şekil 2.3 Fanuc CNC dikey işleme merkezi

Delik delme operasiyonlarında Fx, Fy, Fz kesme kuvvetleri 10 kN'a kadar ölçüm yapabilen ve 0-70 °C sıcaklık aralığında çalışabilen Kistler 9129AA tipi dinamometre kullanılarak ölçülmüştür ve elde edilen ölçümler ve datalar Dynoware yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Kistler 9129AA ve ölçüm sistemi Şekil 18'de sunulmuştur.



Şekil 2.4 Kuvvet ölçüm metodunun görüntülenmesi



Şekil 2.5 Kuvvet kuvveti ölçümünden bir görüntü

Tablo 2.3 Fanuc ROBODRILL alpha-21DLiB CNC dikey işleme merkezi mekanik özellikleri

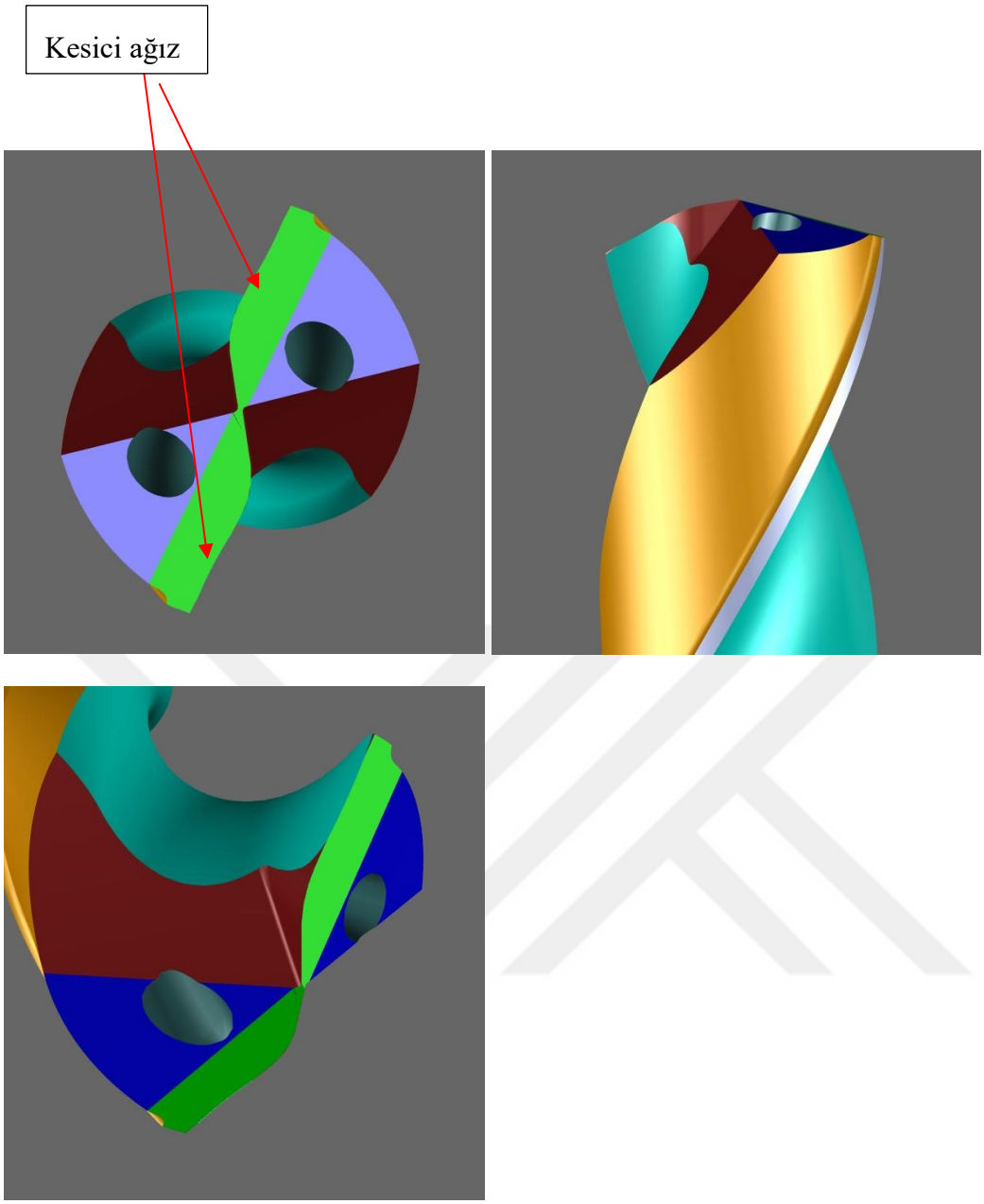
X/Y/Z	Mm	700 x 400 x 330
Maksimum takım boyu	Mm	250
Maksimum takım çapı	Mm	80
Tabla boyutu	Mm	850 x 410
Maksimum tabla yüklemesi	Kg	300
Maksimum takım ağırlığı	Kg	3
İş mili hızı	Devir	10000
İş mili torku	Nm- KW	80 – 14.2
Boştaki eksen hızları	m/ dak.	54
Takım adedi		21
Takım tutucu		BT30/ SK30 DIN 69871A
Programlanabilir ilerleme hızı	mm/dak.	30000
Boyutlar	m	2.165 x 2.65 x 2.85

Çalışmada kullanılan matkap uçları Toolroom yazılı kullanılarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Akabinde tasarlanan matkaplar ANCA MX7 takım bileme tezgahında üretilmiştir. MX7 tezgahının fotoğrafı Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6 ANCA MX7 Takım Bileme Tezgahı

ANCA Toolroom yazılımı kullanılarak tasarlanan matkapların tasarım sonrası üç boyutlu görüntüsünden bir örnek Şekil 2.7'de sunulmuştur.



Şekil 2.7 Tasarlanan matkap ve geometrileri

Üretilen matkapların geometrik ölçümleri Zoller Genius ölçüm cihazında ölçülmüştür. Tüm açı ve geometrilerinin ölçümü bu cihazile gerçekleştirilmiştir. Zoller Genius cihazı görseli Şekil 2.8'de görülmektedir.



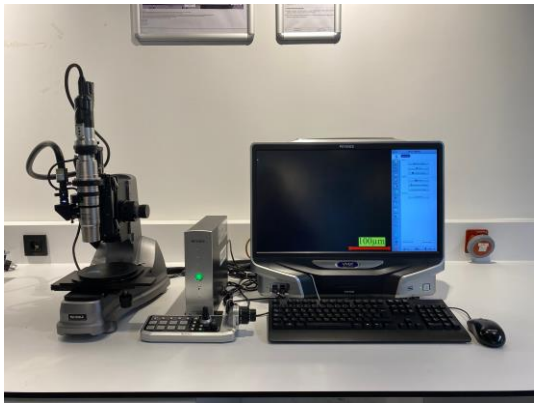
Şekil 2.8 Zoller Genius Ölçüm Cihazı

Üretilen matkapların yuvarlanma yarıçaplarını istenilen değere getirebilmek için Drag Finish makinası kullanılmıştır. Bu çalışmada sabit devir sayısında ve farklı sürelerde drag finish operasyonu yapılarak matkap uçlarında farklı yarıçaplar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan drag finish makinası Şekil 2.9'da sunulmuştur. Matkaplarda 20,30,40 ve 50 µm köşe yuvarlanma yarıçapları oluşturulmuştur.



Şekil 2.9 Çalışmada kullanılan Tinkap drag finish makinası

Kesici takımın aşınmaları ve işlenen parçaların deliklerindeki yüzey topografileri almak için KEYENCE VHX-6000 digital mikroskop kullanılmıştır. Optik mikroskop fotoğrafı Şekil 2.10'da sunulmuştur. Cihazda kullanılan KEYENCE software yazılımı teknik özellikleri Tablo 2.4'de sunulmuştur.



Şekil 2.10 Keyence dijital optik mikroskop

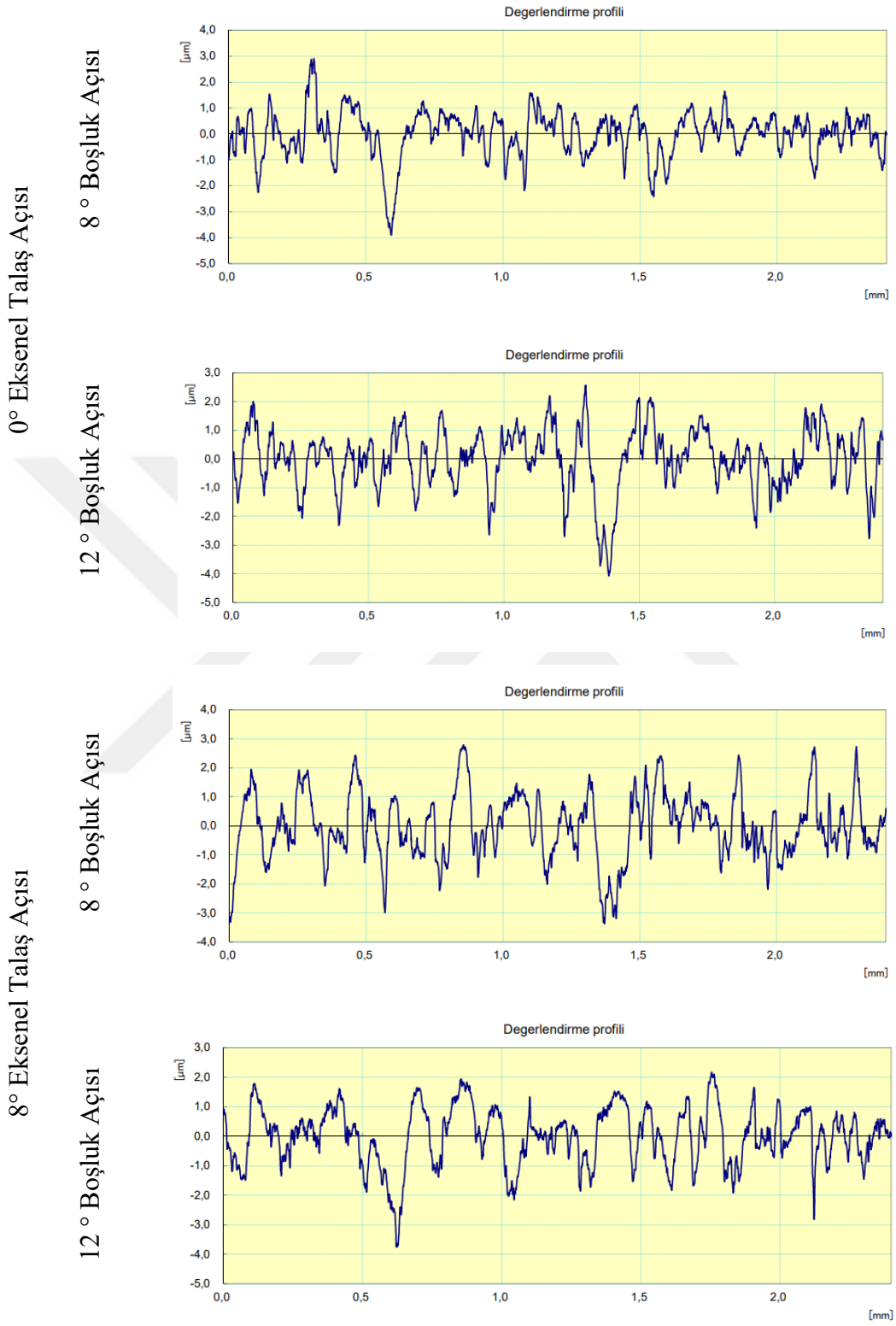
Tablo 2.4. KEYENCE VHX-6000 optik mikroskop teknik özellikleri.

Büyütme	250x-2500x
Işık Kaynağı	LED
X,Y Z stage	Manuel motorize
Yönler	(WxDxH) 550 x 200 x 470 cm
Kamera	18 MP
Büyütme	250x-2500X

Deneysel çalışma ile üretilen deliklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde Şekil 2.11' de görüntüsü sunulan Mitutoyo Surftest Extreme SV-3000 CNC yüzey pürüzlülük ve aynı zamanda form ölçümleri yapabilen ekipman kullandı. Yüzey pürüzlülük ölçüm işlemleri üçer kez tekrarlanmış olup, ortalama değerleri dikkate alınmıştır. Yapılan ölçümlere örnek olarak Şekil 2.12'de bazı ham datalar sunulmuştur.

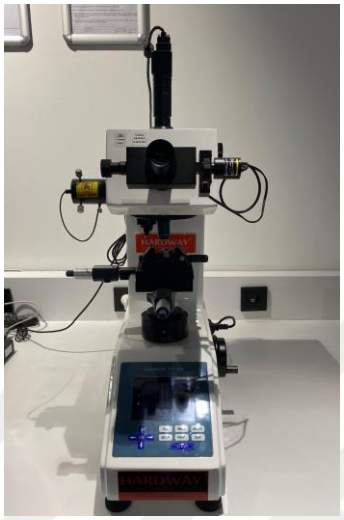


Şekil 2.11 Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı



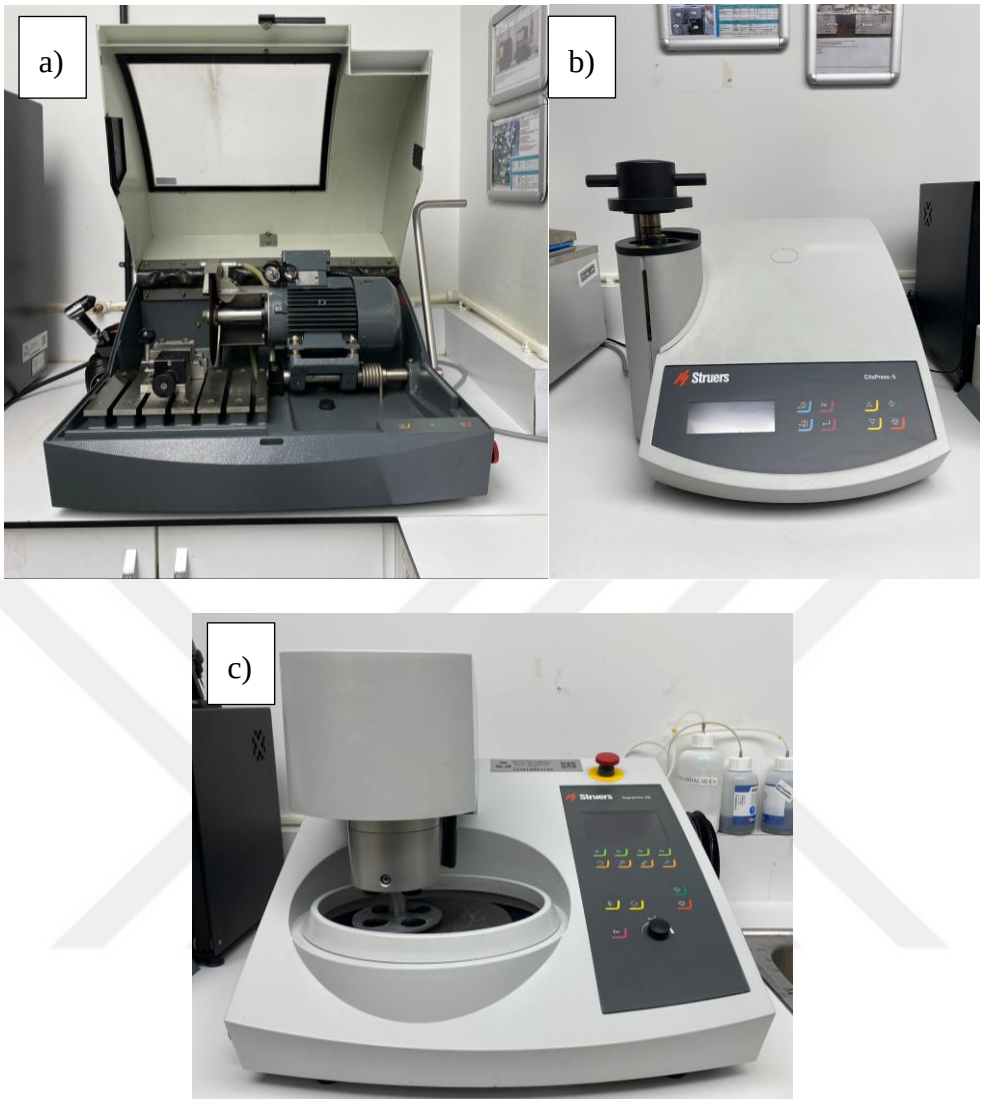
Şekil 2.12 Mitutoyo Surftest Extreme cihazı ile tez kapsamında yapılan ölçüm ham datası

Delik yüzey ve yüzeyaltı sertlikleri vicker sertlik ölçümü yapabilen için HARDWAY MHVD 1000IS model mikrosertlik cihazı kullanıldı. Mikrosertlik testleri ISO 6507-1 standartlarına uygun şekilde uygulanmış ve analiz edilmiştir. Vickers yöntemiyle yapılan ölçümlerde 50 g yük 15 saniye uygulama süresi tercih edilmiştir. Sertlik cihazının fotoğrafı Şekil 2.13'de görülmektedir.



Şekil 2.13 Mikro Sertlik Ölçümünde kullanılan cihaz

Metalografik analiz işlemleri için numuneleri kesme, bakalite alma ve zımparalama ve parlatma operasyonları gerçekleştirilmiştir. Metalografik numunelerin kesilme işlemleri Struers Hassas Numune Kesme Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kesilen ve bakalite alınan numunelerin zımparalama ve parlatma işlemleri Struers Zımparalama ve Parlatma Cihazında yapılmıştır. İlgili cihazların fotoğrafları Şekil 2.14'de sunulmuştur.



Şekil 2.14 a) Parçaları kesmede kullanılan Kesme Cihazı, b) numuneleri Bakalite Almada kullanılan Cihaz, c) Zımparalama ve Partlama Cihazı

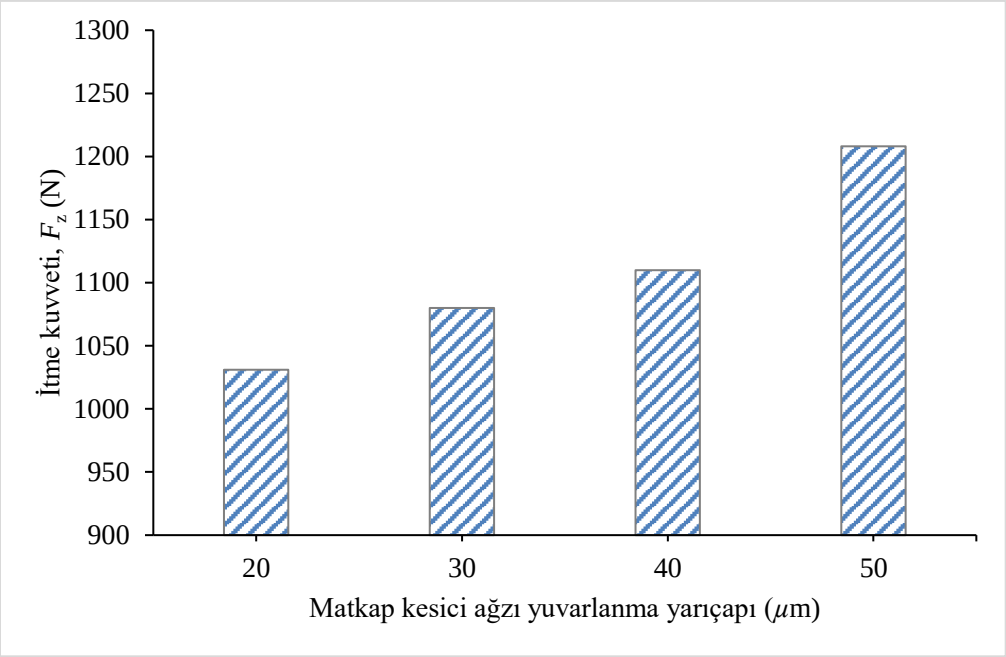
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Kesici Takım Yuvarlanma Yarıçapının İşleme Performansı ve Yüzey Bütünlüğüne Etkisi

Bu bölümün 3.1.1. alt bölümünde kesici takım köşe yarıçapının delik delme sürecinde dubleks paslanmaz çelik malzemenin işlenebilme performansına diğer bir ifade ile kesme kuvvetleri ve aşınmaya etkisi incelenmiştir. 3.1.2.'de ise yuvarlanma yarıçapının yüzey bütünlüğü karakteristiklerine etkisi incelenmiştir.

3.1.1 İşleme Performansına Etkisi

Delik delme testlerinde dört farklı yuvarlanma yarıçapı değerlinde olan matkaplar kullanılmıştır. Diğer değişkenlerin sabit tutulduğu deneysel çalışmada delik delme sürecinde matkap uçlarının kesici ağız yuvarlanma yarıçaplarının kesme kuvvetlerine etkileri incelenmiş ve analiz edilmiştir. Şekil 3.1.'de elde edilen deneysel sonuçlar sunulmuştur. Çalışmada her test 3 kez tekrar edilmiş olup, Şekil'de sunulan sonuçlar bu üç deneyin ortalama değerleridir. Şekilde de görüldüğü üzere elde edilen kuvvet aralıkları 1031 N ile 1208 N aralığındadır. Kesici ağız yuvarlanma yarıçapı yaklaşık %18'lık bir etki oluşturmuştur. Bu değer kesici takım yuvarlanma yarıçapının kesme kuvvetleri üzerindeki etkisini net olarak ifade etmektedir. Matkap uçlarında özellikle endüstriyel uygulamalarda paslanmaz çelik malzemelerin delinmesi sürecinde farklı yuvarlanma yarıçaplarının kullanıldığı bilinmektedir. Kuvvet perspektifinden incelendiğinde küçük yarıçapların kesme kuvvetlerini azalttığı büyük yarıçapların ise kesme kuvvetlerini arttırdığı net olarak görülmektedir. Bunun yanında özellikle 20,30 ve 40 µm lik yuvarlanma yarıçaplarında değişimin çok büyük olmadığı ancak yuvarlanma yarıçapı 50 µm'ye ulaştığında ise değişimin net olduğu görülmektedir. Diğer taraftan ilgili yuvarlanma yarıçaplarında kesici takım ağız birikintisinin durumu ve takımlarda deneysel çalışma sonucunda aşınma olup olmadığı ise Şekil 3.2'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yuvarlanma yarıçapından bağımsız olarak deneysel çalışmada kullanılan kesme parametrelerinin de etkisiyle matkap uçlarında ağız birikintisi (BUE) olduğu net olarak görülmektedir. Ağız birikintilerinin matkap ucu yuvarlanma yarıçapındaki değişime paralel olmadığı görülmektedir. Oluşan yığma ağızların işlenen malzeme olan dubleks paslanmaz çelik malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri ile doğrudan ilgili olduğu değerlendirilmiştir.

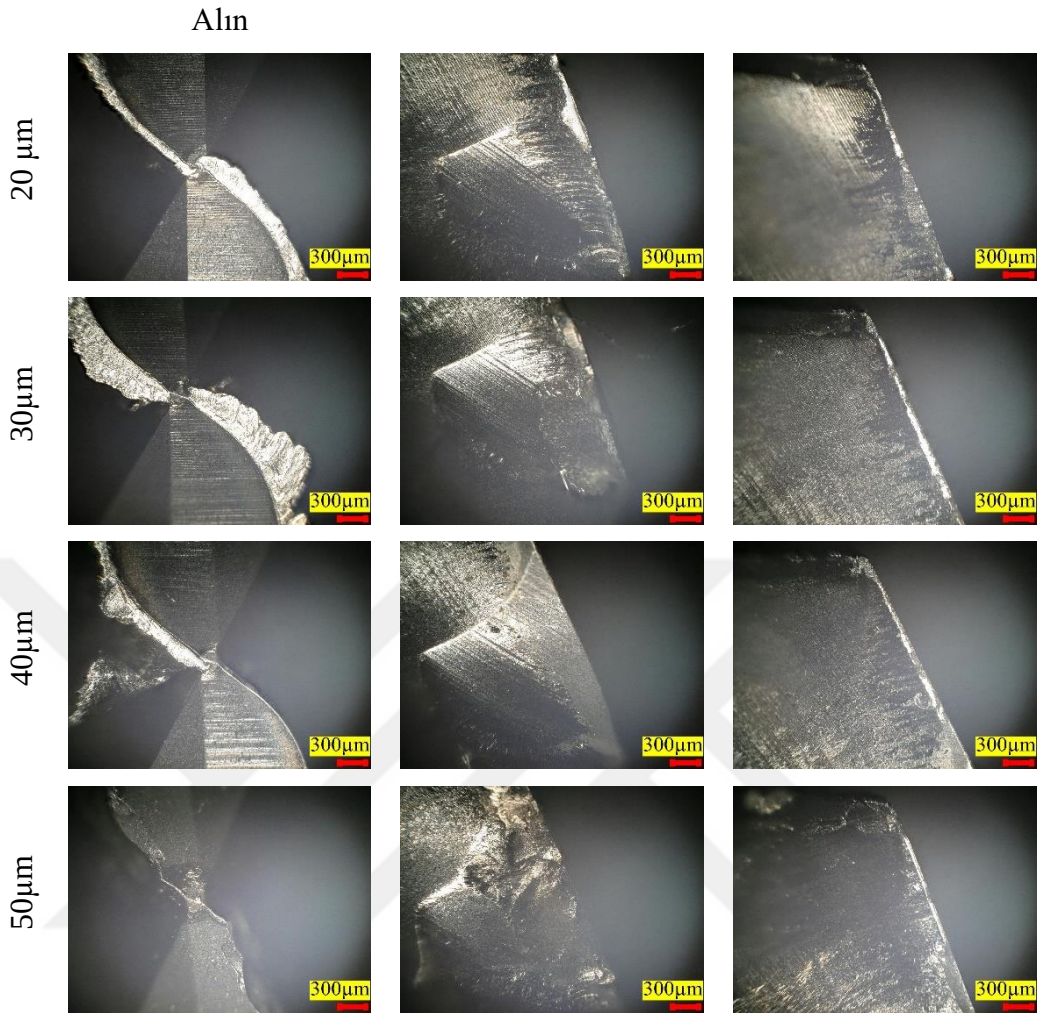


Şekil 3.1. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının kesme (itme) kuvvetlerine etkisi

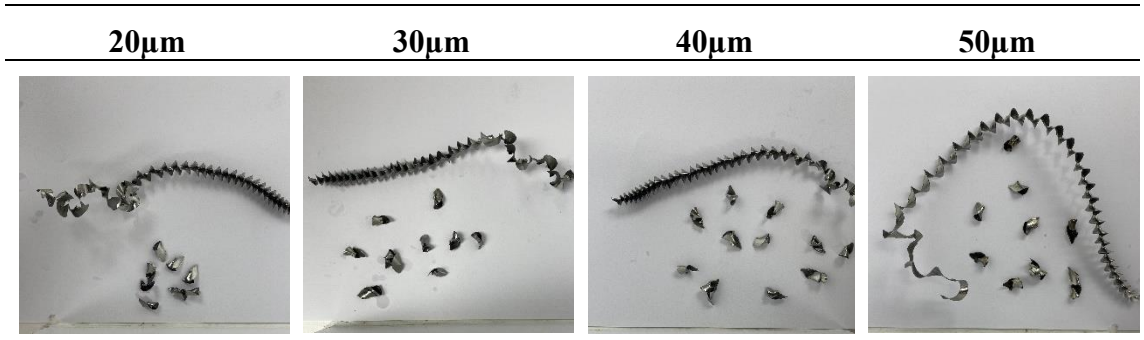
İlaveten deneysel çalışma esnasında kesme sıvısının doğrudan Ayrıca elde edilen fotoğraf görüntüleri incelendiğinde de kesici ağız bölgesinde lokal aşınmaların da olduğu net olarak görülmektedir. Ayrıca 50 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucunun ağız bölgesinde lokal aşınmaların ve bunun sonunda kırılmaların olduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak kesme kuvvetlerinde de artış olduğunu değerlendirmek mümkündür.

Elde edilen bulgular genel anlamda literatürdeki farklı deneysel çalışmalar ile örtüşmektedir[33, 34]. Literatürde özellikle büyük pasolarda yuvarlanma yarıçaplarındaki artışa bağlı olarak özellikle ilerleme kuvetleri başta olmak üzere, kesme kuvvetlerindeki artışlara vurgu yapılmıştır[35].

Kesici takım yuvarlanma yarıçağına bağlı olarak oluşan talaşlar ve formları Şekil 3.3'de sunulmuştur. Şekilde görüldüğü üzere sürekli spiral talaş oluşumu söz konusu. Genel anlamda değerlendirildiğinde kesici takım yuvarlanma yarıçapının talaş oluşumuna etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte kısa talaşların da oluştuğu ancak bu talaşların matkap ucunun ilk girişinde oluştuğu görülmüştür.



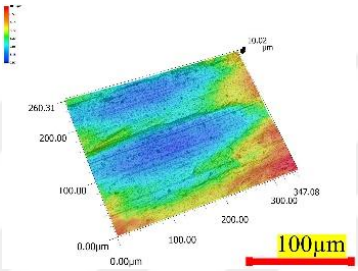
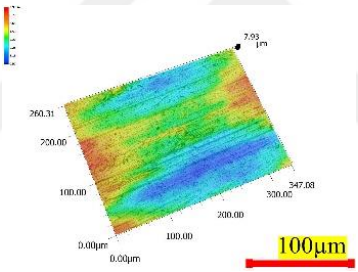
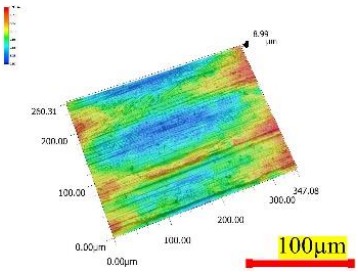
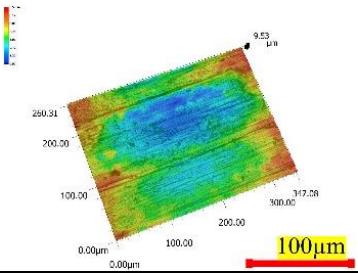
Şekil 3.2. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının aşınma oranına etkisi



Şekil 3.3. Kesici takım yuvarlanma yarıçapına bağlı talaş formları

3.1.2 Yuvarlanma Yarıçapının Delik Yüzey Bütünlüğüne Etkisi

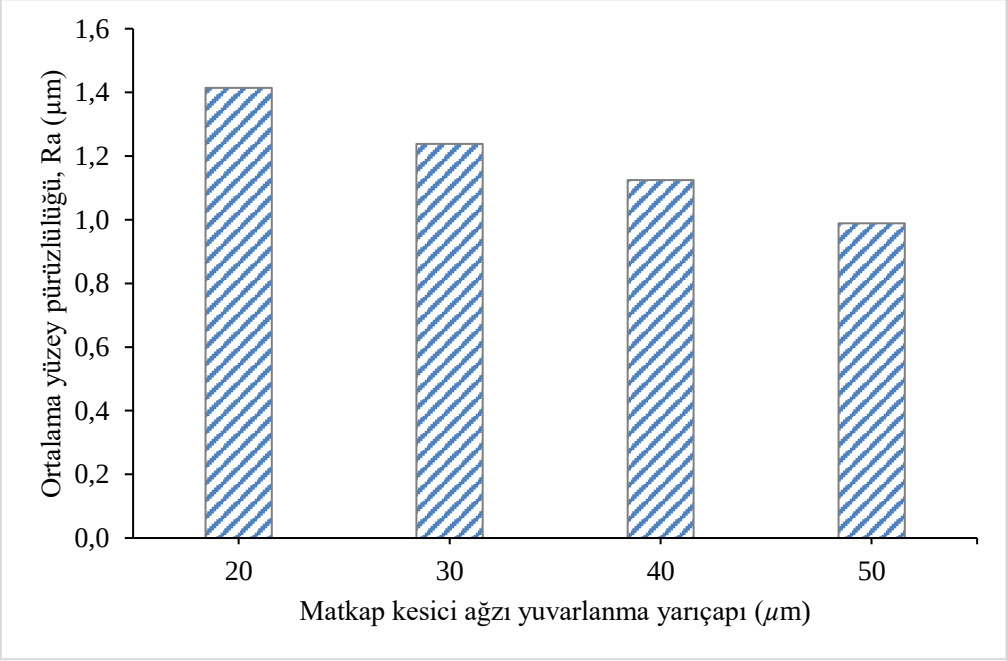
Delik delme süreçlerinde özellikle paslanmaz malzemelerin talaşlı imalatıyla elde edilen komponentlerde yüzey kalitesi konusunda kısıtlar olmaktadır. Bu kısıtlar nedeniyle elde edilen deliklerin yüzey özellikleri dikkatli şekilde incelenmektedir. Çalışmada sadece yüzeylerin pürüzlülüğü değil, aynı zamanda yüzey topografileri (Şekil 3.4) ve karakteristikleri de inceleme konusu olmuştur.

Kesici takım yuvarlanma yarıçapı	Delme sonucunda elde edilen deliğin yüzey topografisi
20µm	
30µm	
40µm	
50µm	

Şekil 3.4. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının yüzey topografisine etkisi

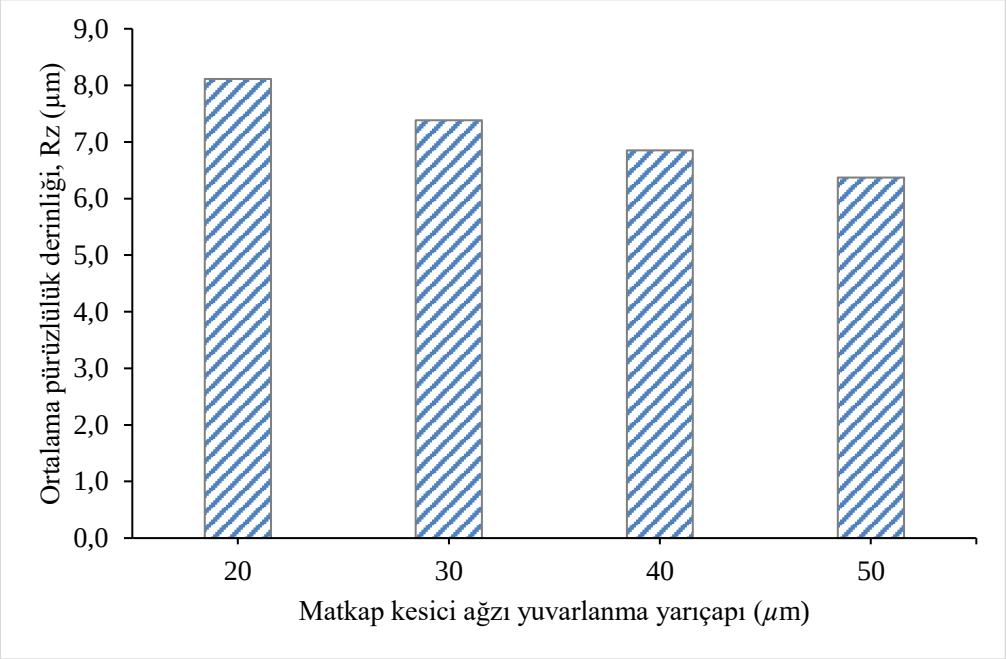
Deliklerin yüzey topografileri incelendiğinde matkap ucu yuvarlanma yarıçapının delik yüzey topografilerine önemli etki ettiği görülmektedir. 20 µm yuvarlanma yarıçapında yüzeyde dalğalanma fazla iken büyüyen yuvarlanma yarıçaplarında dalğalanmanın azaldığı görülmektedir. Özellikle 30 ve 40 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap uçlarıyla delinen deliklerin yüzey topografileri çok daha düzgün ve tepe ile çukurlar arasındaki farklılıkların minimize olduğu görülmektedir. 50 µm de tektat bir artışın olduğu görülmekle birlikte bu artışın kesici takım ağız bölgesindeki lokal kırılmadan kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Topografi verilerini destekleyen ve sayısal olarak ölçülmüş olan artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ise Şekil 3.5'de sunulmuşur. Şekilde görüldüğü üzere en küçük yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucu ile delinen deliklerin artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerlerinin en yüksek olduğu, en büyük yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucu ile delinen deliklerin aritmetik ortalama yüzey değerinin ise en düşük olduğu görülmektedir. Benzer sonuçların ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) sonuçlarındada olduğu Şekil 3.6'da teyit edilmiştir. Dolayısı ile daha büyük yarıçaplar ile delik yüzeylerinin daha az pürüzlü olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) etkisi

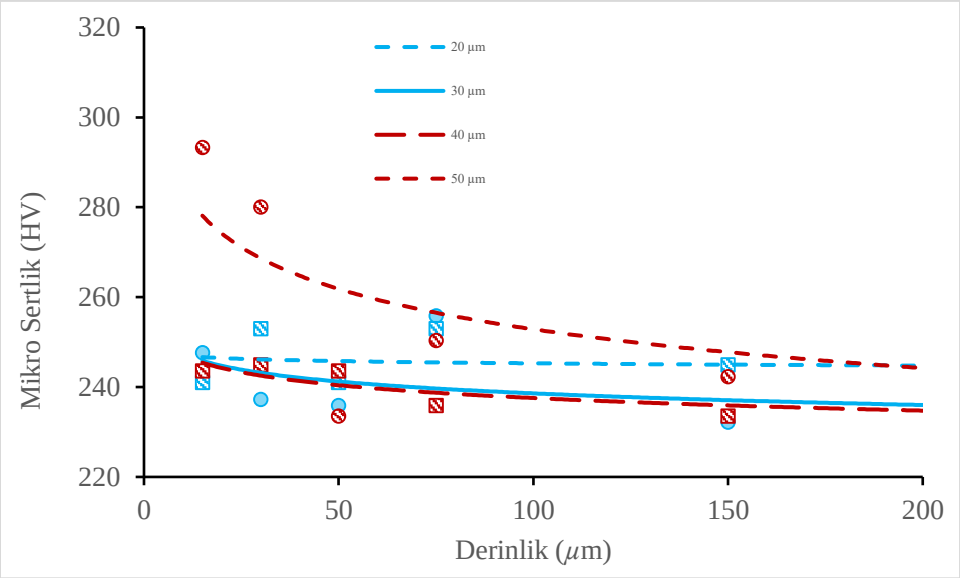
Gerek yüzey topografileri gerek se her iki yüzey pürüzlülük (Ra ve Rz) değerleri dikkate alındığında matkap uçlarının yuvarlanma yarıçaplarının dubleks paslanmaz çelik malzemesinde oluşturulan delik yüzey kalitelerine etkisinin olduğu görülmektedir. Sayısal olarak değerlendirildiğinde ise bu etkinin 20 µm yuvarlanma yarıçapında 1.4 µm Ra değeri verirken 50 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucu ile yüzey pürüzlülüğünün yaklaşık olarak 0.99 µm'ye kadar düştüğü görülmektedir. Dolayısı ile yaklaşık olarak yüzey pürüzlülüğünde %30'luk bir azalma sağlanmış olmaktadır. Benzer sonuçların Rz pürüzlülük değeri içinde geçerli olduğu görülmektedir.



Şekil 3.6. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının artitmetik ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) etkisi

Yüzey bütünlüğü karakterizasyonunda önemli parametrelerden biri ise oluşturulan deliğin yüzey ve yüzey altı sertliğidir[36, 37]. Özellikle dubleks paslanmaz çelik malzemelerde yüzey altı sertliğinin talaşlı imalat süreçleri ile değişimi ayrı bir önem arz etmektedir[38]. Bu malzemeler pekleşme davranışı gösterebilen malzemelerdir[39]. Dolayısı ile talaş kaldırma sürecinde maruz kaldıkları mekanik ve termal etki ile malzeme yüzeyinde kayda değer bir deformasyon söz konusu olabilmektedir[40]. Bu durum ise deliğin yüzey ve yüzeye yakın bölgelerinde pekleşme kaynaklı sertliklerde önemli artışlara sebebiyet verebilmektedir[41].

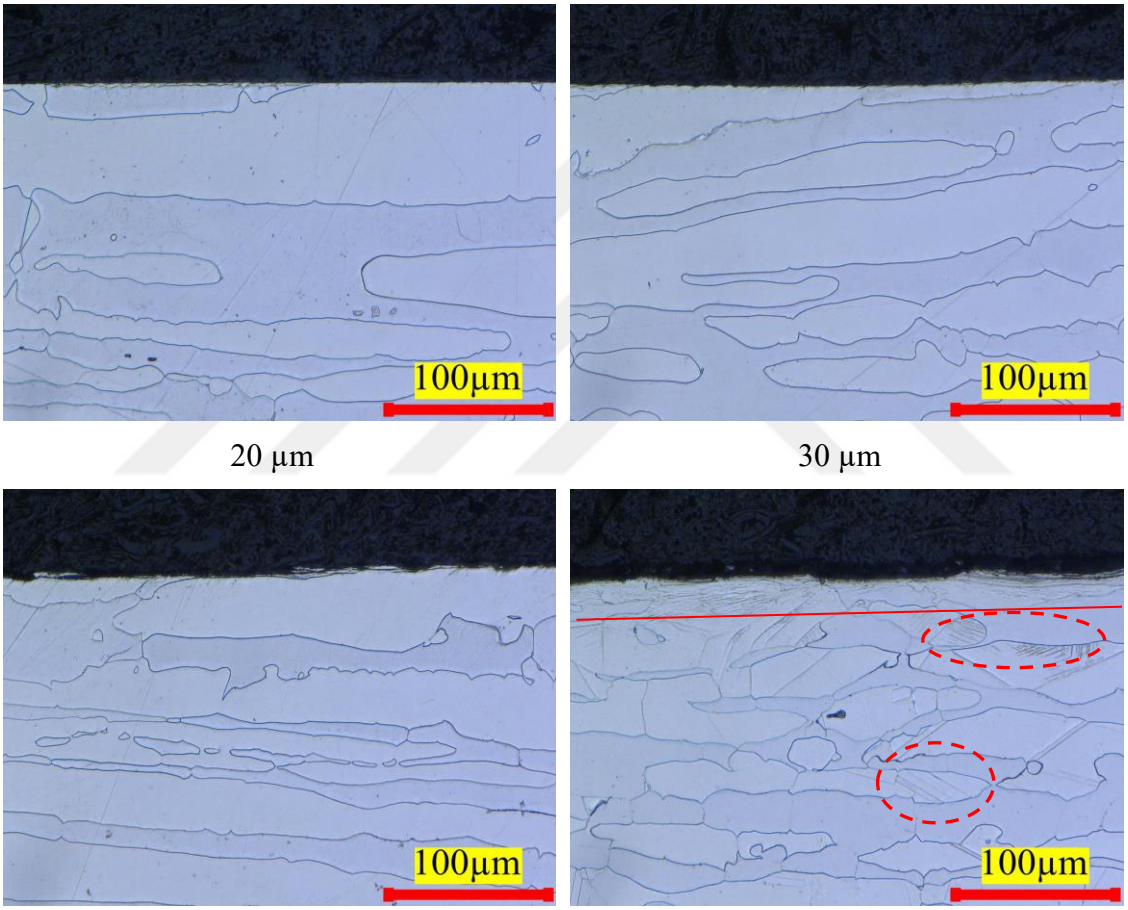
Deneysel çalışma sonucu elde edilen deliklerin yüzey ve yüzey altı özellikleri ile matkap ucu yuvarlanma yarıçapı arasındaki ilişki Şekil 3.7'de sunulmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde delik yüzeyi ve yüzeyin hemen yaklaşık olarak 50-100 µm altında talaş kaldırma sürecinden etkilendiği görülmektedir. Daha derinlerde ise talaş kaldırma sürecinin etkisinin yok denilecek kadar sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle 20,30 ve 40 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap uçları ile üretilen deliklerin yüze ve yüzeyaltı sertlik değerlerindeki değişimin sınırlı olduğu ancak 50 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucuyla üretilen delikte ise bu etkinin çok daha fazla ve kaydadeğer olduğu görülmektedir. Malzemenin öz sertliği yaklaşık olarak 240 HV değerinde iken, 50 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucu ile üretieln deliğin yüzey bölgesinde sertliğin yaklaşık olarak 295 HV olarak ölçüldüğü görülmektedir. Bu değişim oransal olarak %20'den daha fazla bir artış olarak ifade edilebilir. Bu durumda yüzey ve yüzey altında talaş kaldırma sonucunda plastik deformasyon oluştuğu ve bunun ise malzemenin sertliğinde artışa neden olduğu sonucuna ulaşılabilir. Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında da paslanmaz çelik malzemelerin farklı talaşlı imalat operasyonlarına maruz kalmaları sonucunda işlenen yüzeylerde pekleşme mekanizmasının[42] meydana geldiği ve sertliklerde artış olduğu görülmüştür[43, 44]. Bu tür pekleşme davranışlarının bu malzemelerin yorulma ömürleri üzerinde de etkili olduğu literatürde ortaya konulmuştur[45, 46]. Litertaürde özellikle pekleşmenin olduğu yüzeylerde kalıntı gerilemelerin genellikle basma kalıntı gerilme şeklinde[47, 48] meydana geldiği ve bu durumun da üretilen komponentlerin yorulma ömürleri üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucu varılmıştır[49, 50]. Literatürde sunulan kaynakların genel olarak farklı paslanmaz çelik malzemeler ve özellikle de 316L ve 15-5PH [51, 52] olduğu dikkate alındığında bu tez çalışması dubleks paslanmaz çelik malzemelerinde de benzer sonuçların elde edildiğini ve özellikle de yuvarlanma yarıçapındaki değişimin pekleşme davranışına neden olduğunu ortaya koyması açısından literatüre katkı sunmuştur.



Şekil 3.7. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının delik yüzey sertliğine etkisi

Farklı yuvarlanma yarıçapına sahip matkap uçlarıyla delinen deliklerin yüzey ve yüzeyaltı mikroyapı optik mikroskop görüntüleri Şekil 3.8'de sunulmuştur. Optik mikroskop ile yapılan incelemede belirli düzeyde deformasyonlar görülebilmekte olduğu not edilmelidir. Dolayısı ile bu husus dikkate alındığında özellikle 20 ve 30 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap uçları ile delinen deliklerin yüzeylerindeki plastik deformasyonun derinliklerinin optik mikroskop altında hayli sınırlı olarak görüldüğü mikroskop görüntülerinden çıkarılabilecek sonuçtur. Esasında mikrosertlik verileri de bu görseli destekler niteliktedir. Yuvarlanma yarıçapı büyüdükçe örneğin 40 µm olduğunda yüzey ve yüzeyaltındaki deformasyonlar optik mikroskop altında da belirgin olarak görülmeye başlamaktadır. Ancak özellikle 50 µm yuvarlanma yarıçapına sahip matkap ucu ile delinen deliğin yüzey ve yüzeyaltı incelendiğinde mirkoaypısal dönüşümler ve deformasyon çok daha net olarak görülmektedir. Yapılan incelenmede ki bunlar kırmızı sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Yaklaşık 20-30 µm'luk derinlikte net olarak deformasyonlar görülmektedir. Tane sınırlarının belirginliğini yitirdiği bir yapı oluşmuştur. İlaveten yüzeyden çok daha derinlerde ikizmeleme mekanizmasının etkin olduğu görülmüştür. İkizlemeye maruz kalan taneler kırmızı kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Diğer yuvarlanma yarıçaplarına sahip matkap uçlarında görülmeyen bu mekanizmanın 50 µm'da görülmesi önemli bir bulgu olarak bu çalışmasının çıktısı olmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda bu çalışmalardaki sonuçları genel anlamda destekler nitelikte çalışmaların olduğu görülmektedir. Özellikle talaşlı imalat süreçleriyle şekillendirilen çelik malzemelerin[53]

316L paslanmaz çelik malzemelerin [54] ve 304 gibi malzemelerde [55] dislokasyon yoğunluklarının arttığı ve yüzey altında deformasyonların görüldüğü raporlanmıştır. Ancak dubleks paslanmaz çelik özelinde incelendiğinde literatürde somut olarak ikizleme mekanizmasının raporlandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısı ile bu açıdan değerlendirildiğinde ise bu tez çalışması özellikle yuvarlanma yarıçapının dubleks paslanmaz çelik malzemelerin işlenmesinde belli bir değerin üzerinde olduğunda işlenen parçanın yüzey ve yüzey ikizleme mekanizmasına sebep olduğunu göstermesi ve delillendirmesi açısından önem arz etmektedir.



20 µm 30 µm

40 µm 50 µm

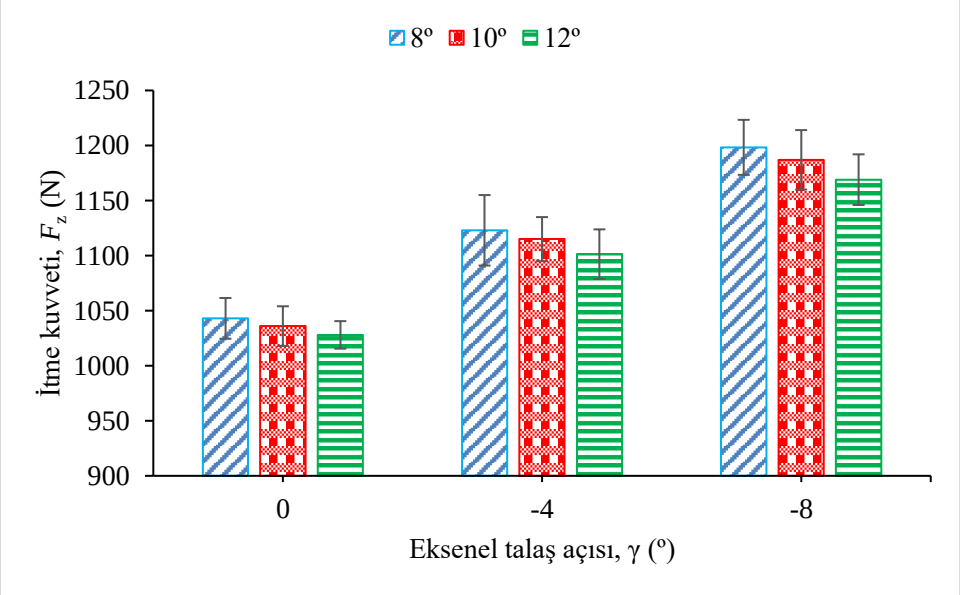
Şekil 3.8. Kesici takım yuvarlanma yarıçapının etkilenmiş tabaka kalınlığına etkisi

3.2 Talaş Açısının İşleme Performansı ve Yüzey Bütünlüğüne Etkisi

Matkap ucu geometrisinde en önemli geometrilerden biri de eksenel talaş açısıdır. Bu açı matkap ucunun talaş kaldırması esnasında talaşın akışını etkiler. Ayrıca bu açı kesme açısını da etkilemekte ve talaş kesit alanına etki ettiği için talaş kaldırma sürecinide etkilemektedir. Tüm bunlar dikkate alındığında eksenel talaş açısının dubleks paslanmaz çelik malzemelerin işlenmesine ve yüzey bütünlüğüne etkisinin incelenmesi önem arz etmektedir. Bu bölümde bahsi geçen konulardaki çalışmalar sunulacaktır.

3.2.1 İşleme Performansına Etkisi

Şekil 3.9'da kesici takım eksenel talaş açısındaki (γ) değişimin dubleks pslanmaz çelik malzemenin delinme sürecinde oluşan itme kuvvetlerine etkisi sunulmuştur. Görüldüğü üzere, üç farklı eksenel talaş açısı 0,-4 ve -8° değerleri çalışmada kullanılmıştır. Bu eksenel talaş açıları ile yapılan her bir tette boşluk açıları da değişken olarak değerlenirilmiştir. Üç farklı boşluk açısı (β) ; 8,10 ve 12° değerleri alınmıştır. Eksenel talaş açısının artması ile itme kuvvetlerinde değişim olduğu görülmektedir. 0 derece eksenel talaş açısında (8 derece boşluk açısında) itme kuvveti değeri 1043 N iken, bu değer -4 derece de 1123 N olarak ölçülmüş ve -8 derece de ise 1198 N olarak ölçülmüştür.

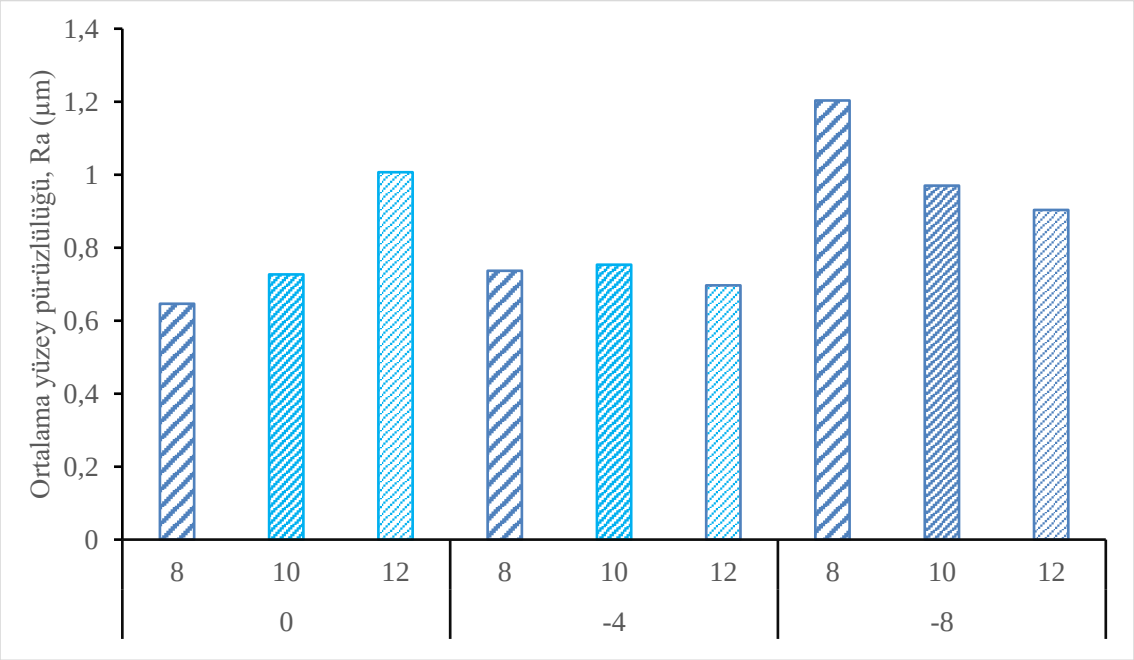


Şekil 3.9. Kesici takım eksenel talaş açısının kesme (itme) kuvvetlerine etkisi

0 dereceden -4 dereceye geçişte itme kuvvetinde yaklaşık %7.6 değişim görülmektedir. Ayrıca -4 dereceden -8 dereceye itme kuvvetinde değişim yaklaşık %7,6 civarında olmuştur. Farklı boşluk açılarının da itme kuvvetlerine etkilerinin olduğu yine bu grafikte görülmektedir. Ancak farklı boşluk açılarının itme kuvvetlerine etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür.

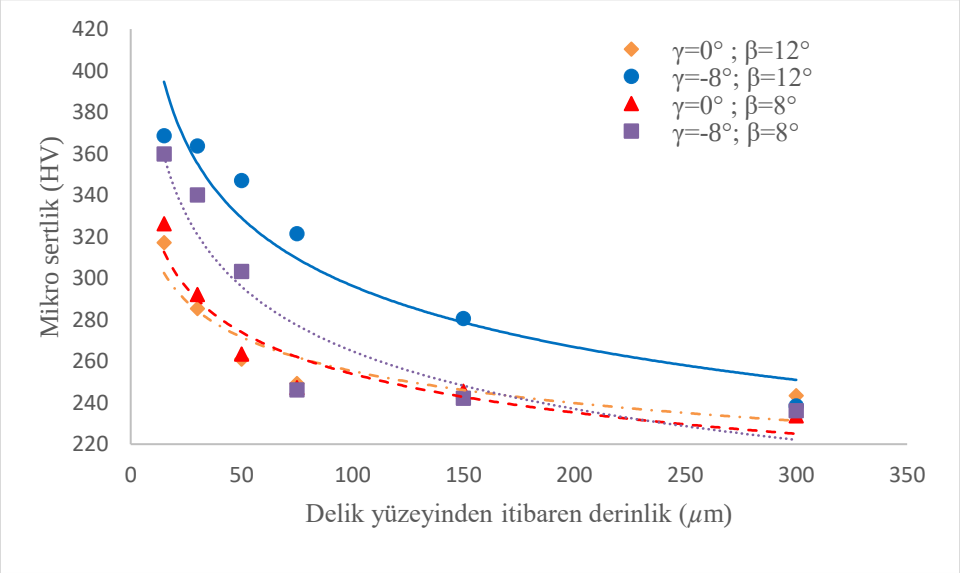
3.2.2 Delik Yüzey Bütünlüğüne Etkisi

Delik yüzey bütünlüğü kapsamında aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü ve yüzey ve yüzey altı sertlik değerinde değişim ele alınmıştır. Şekil 3.10'da kesici takım talaş açısının işlenen parçanın ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi sayısal olarak sunulmuştur. Şekilde görüldüğü üzere sadece eksenel talaş açısı değil aynı zamanda boşluk açısının etkisi de sunulmuştur.



Şekil 3.10. Kesici takım talaş açısının artitmetik ortalama yüzey pürüzlülüğüne (Ra) etkisi

Şekil 3.11'de matkap uç geometrilerinin işlenen parçanın delik yüzeyi ve yüzey altında sertlik değişimine etkisi sunulmuştur. Şekilde görüldüğü üzere özellikle eksenel talaş açısının işlenne parçanın yüzeyinde ve belli bir derinliğe kadar yüzey altında sertlik değişimine özellikle etki ettiği görülmektedir. Negatif talaş açısına sahip matkap ucunun sertlikte artışı daha net olarak görülmektedir. Negatif açı ile kesme bölgesinde talaşın daha zor şekilde tahliyesi ve basma kuvvetlerinin artması sonucu deformasyon bölgesinde gerilmelerin artışına sebep olmuştur. Artan gerilemeler ise malzemede plastik deformasyonu tetiklemiş ve pekleşme davranışının oluşmasına neden olmuştur. Böylece malzemenin yüzey ve yüzey altında sertlik artışları görülmüştür. Diğer taraftan talaş açısı sıfır olan takımlarda da sertlikte artış görülmekle birlikte negatif talaş açısına sahip takımların oluşturduğu deformasyon kadar etkin olmadığı görülmektedir. Sonuç olarak bu matkap uçları ile yapılan delik delme sürecinde delik yüzey ve yüzeyaltında sertlik değişimleri olduğu yapılan bu çalışma ile ortaya konmuştur. Özellikle de matkap ucu talaş açısı ve boşluk açılarının malzemenin pekleşme davranışı üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.



Şekil 3.11. Kesici takım serbest açısının delik yüzey sertliğine etkisi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada özellikle de dubleks paslanmaz çelik malzemelerden geleneksel imalat yöntemleri kullanılarak parça üretiminde yaygın olarak kullanılan delik delme operasyonu üzerinde çalışma yapılmıştır. Delik delme sürecinde kesici takımın performansının iyileştirilmesi ve üretilen deliğin yüzey özellikleri ile delik yüzeyi ve yüzeyaltı özelliklerin yüzey bütünlüğü perspektifinden iyileştirilmesi için etkin olan parametrelerden kesici takımın bazı geometrileri ele alınmıştır. Yapılan çalışmada özellikle kesici takım yuvarlanma yarıçapının delme performansı üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Artan yuvarlanma yarıçapının kesme performansında özellikle itme kuvvetleri üzerinde doğrudan etkisinin olduğu bu çalışma ile ortaya konumuştur. Artan yuvarlanma yarıçapları itme kuvvetlerinde artışlara neden olmuştur. İlaveten, artan yuvarlanma yarıçapları ile işlenen malzemelerin delik yüzey kalitelerinin iyileştiği yüzey pürüzlülük değerlerinin düştüğü görülmüştür. Takım aşınması ve yığma ağız sorununa da yuvarlanma yarıçaplarının etkisinin olduğu görülmüştür. Diğer taraftan artan yuvarlanma yarıçapları ile işlenen yüzeylerin topografilerinin daha düzgün çıktığı görülmüştür. Yuvarlanma yarçpaındaki artış tornalamadaki insert burun yarıçapı etkisine benzer bir etki göstermiştir. Diğer taraftan artan yuvarlanma yarçapları ile delik yüzey altında pekleşme eğilimlerinin arttığı ve yüzey altı sertlik değerlerinde artışların olduğu görülmüştür. Bu durumu kanıtlayıcı nitelikte tanelerde deformasyonlar görülmüştür. Çok önemli bulgulardan bir tanesi ise büyük yuvarlanma yarıçaplarında deformazsyon ikizlemesinin olduğu görülmüştür. Bu çalışmada önemli bir bulgu olarak not edilmiştir. Eksenel talaş açılarının işleme performansına etkisi dikkate alındığında ise, negatif talaş açılarının itme kuvvetlerini arttırdığı görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışma ile endüstride çok yaygın şekilde talaşlı imalat süreçlerine tabi olan dubleks malzemelerin işlenmesi sürecinde kesici takım tasarımında önemli bir kriter olan yuvarlanma yarıçapının hem işlenebilmeye hem de yüzey bütünlüğüne etkisi sistematik olarak araştırılmış ve bulgular paylaşılmıştır. Ayrıca diğer önemli geometri olan eksenel talaş açısı ve boşluk açısının temel işlenebilirlik parametrelerinden itme kuvveti ile yüzey bütünlüğü parametrelerinden yüzey pürüzlülüğü ve yüzey altı sertliklerine etkisi incelenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Davis, J.R., *Stainless steels*. 1994: ASM international.
2. Codes, A.W., *WPSAmerica. com.* 2004.
3. Pettersson, C.-O., S.-Å. Fager, and A.S. Steel, *Welding practice for the Sandvik duplex stainless steels SAF 2304, SAF 2205 and SAF 2507.* Sandvik Steel, S-811, 1994. **81**: p. 1-14.
4. McGuire, M.F., *Stainless steels for design engineers*. 2008: Asm International.
5. Gowthaman, P., S. Jeyakumar, and B. Saravanan, *Machinability and tool wear mechanism of Duplex stainless steel–a review.* Materials Today: Proceedings, 2020. **26**: p. 1423-1429.
6. Nomani, J., et al., *Chip formation mechanism and machinability of wrought duplex stainless steel alloys.* The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015. **80**(5): p. 1127-1135.
7. Ahmed, Y.S., et al., *New observations on built-up edge structures for improving machining performance during the cutting of superduplex stainless steel.* Tribology International, 2019. **137**: p. 212-227.
8. Renaudot, N., E. Chauveau, and M. Mantel, *Machinability of duplex stainless steels long products: how to deal with the sulphur way?* Metallurgical Research & Technology, 2011. **108**(4): p. 245-257.
9. Alabdullah, M., A. Polishetty, and G. Littlefair, *Impacts of wear and geometry response of the cutting tool on machinability of super austenitic stainless steel.* International Journal of Manufacturing Engineering, 2016. **2016**.
10. Abidin, Z.Z., P.T. Mativenga, and G. Harrison, *Chilled air system and size effect in micro-milling of nickel− titanium shape memory alloys.* International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 2020. **7**(2): p. 283-297.
11. Paro, J., H. Hänninen, and V. Kauppinen, *Tool wear and machinability of X5 CrMnN 18 18 stainless steels.* Journal of Materials Processing Technology, 2001. **119**(1-3): p. 14-20.
12. Xavior, M.A. and M. Adithan, *Determining the influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel.* Journal of materials processing technology, 2009. **209**(2): p. 900-909.
13. Abou-El-Hossein, K. and Z. Yahya, *High-speed end-milling of AISI 304 stainless steels using new geometrically developed carbide inserts.* Journal of materials processing technology, 2005. **162**: p. 596-602.
14. Belluco, W. and L. De Chiffre, *Performance evaluation of vegetable-based oils in drilling austenitic stainless steel.* Journal of materials processing technology, 2004. **148**(2): p. 171-176.
15. El-Tamimi, A. and T. El-Hossainy, *Investigating the tool life, cutting force components, and surface roughness of AISI 302 stainless steel material under*

oblique machining. Materials and Manufacturing Processes, 2008. **23**(4): p. 427-438.

16. Kanagaraju, T., et al., *Experimental analysis on drilling of super duplex stainless steel 2507 (SDSS 2507) using cryogenic LCO2 and MQL process.* Biomass Conversion and Biorefinery, 2022: p. 1-12.
17. Ahmed, Y.S., et al., *Prediction and optimization of drilling parameters in drilling of AISI 304 and AISI 2205 steels with PVD monolayer and multilayer coated drills.* Journal of Manufacturing and Materials Processing, 2018. **2**(1): p. 16.
18. Wang, T., et al., *Self-lubricating TiN/MoN and TiAlN/MoN nano-multilayer coatings for drilling of austenitic stainless steel.* Ceramics International, 2019. **45**(18): p. 24248-24253.
19. Kanagaraju, T., S.R. Boopathy, and B. Gowthaman, *Effect of cryogenic and wet coolant performance on drilling of super duplex stainless steel (2507).* Materials Express, 2020. **10**(1): p. 81-93.
20. Naveena, B., et al., *Simplified MQL system for drilling AISI 304 SS using cryogenically treated drills.* Materials and Manufacturing Processes, 2017. **32**(15): p. 1679-1684.
21. Kumar, M.P. and L.S. Ahmed, *Drilling of AISI 304 stainless steel under liquid nitrogen cooling: A comparison with flood cooling.* Materials Today: Proceedings, 2017. **4**(2): p. 1518-1524.
22. Sivaiah, P. and D. Chakradhar, *Performance improvement of cryogenic turning process during machining of 17-4 PH stainless steel using multi objective optimization techniques.* Measurement, 2019. **136**: p. 326-336.
23. Rajaguru, J. and N. Arunachalam, *Effect of machined surface integrity on the stress corrosion cracking behaviour of super duplex stainless steel.* Engineering Failure Analysis, 2021. **125**: p. 105411.
24. Deshpande, N. and H. Vasudevan, *Machining induced surface integrity aspects of stainless steels: A review.* Materials Today: Proceedings, 2020. **22**: p. 1499-1506.
25. Girinon, M., et al., *Risks related to the lack of lubrication on surface integrity in drilling.* Heliyon, 2019. **5**(1): p. e01138.
26. Rasti, A., M.H. Sadeghi, and S.S. Farshi, *An investigation into the effect of surface integrity on the fatigue failure of AISI 4340 steel in different drilling strategies.* Engineering Failure Analysis, 2019. **95**: p. 66-81.
27. Čapek, J., et al., *Surface integrity after turning a duplex stainless steel with respect to tool geometry.* Transactions of FAMENA, 2018. **42**(4): p. 1-14.
28. Deshpande, N.C. and H. Vasudevan. *A Model for Residual Stress in the Dry Turning of Duplex Stainless Steels*. in *Key Engineering Materials*. 2022. Trans Tech Publ.
29. Mondelin, A., et al., *Surface integrity prediction in finish turning of 15-5PH stainless steel.* Procedia Engineering, 2011. **19**: p. 270-275.

30. Kurniawan, D., N.M. Yusof, and S. Sharif, *Hard machining of stainless steel using wiper coated carbide: tool life and surface integrity.* Materials and Manufacturing Processes, 2010. **25**(6): p. 370-377.

31. Kamdani, K., et al. *Study of cutting force and surface roughness on drilling stainless steel 316L under various coolant condition*. in *Key Engineering Materials*. 2018. Trans Tech Publ.

32. Nomani, J., et al., *Machinability study of first generation duplex (2205), second generation duplex (2507) and austenite stainless steel during drilling process.* Wear, 2013. **304**(1-2): p. 20-28.

33. Denkena, B., J. Köhler, and B. Bergmann, *Development of cutting edge geometries for hard milling operations.* CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2015. **8**: p. 43-52.

34. Ventura, C., J. Köhler, and B. Denkena, *Influence of cutting edge geometry on tool wear performance in interrupted hard turning.* Journal of manufacturing processes, 2015. **19**: p. 129-134.

35. Denkena, B. and D. Biermann, *Cutting edge geometries.* CIRP annals, 2014. **63**(2): p. 631-653.

36. M'saoubi, R., et al., *A review of surface integrity in machining and its impact on functional performance and life of machined products.* International Journal of Sustainable Manufacturing, 2008. **1**(1-2): p. 203-236.

37. Muñoz-Escalona, P., A. Shokrani, and S. Newman, *Influence of cutting environments on surface integrity and power consumption of austenitic stainless steel.* Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2015. **36**: p. 60-69.

38. Krolczyk, G., P. Nieslony, and S. Legutko, *Microhardness and surface integrity in turning process of duplex stainless steel (DSS) for different cutting conditions.* Journal of Materials Engineering and Performance, 2014. **23**(3): p. 859-866.

39. Krolczyk, G., et al., *Study of the surface integrity microhardness of austenitic stainless steel after turning.* Tehnički vjesnik, 2014. **21**(6): p. 1307-1311.

40. Jawahir, I., et al., *Surface integrity in material removal processes: Recent advances.* CIRP annals, 2011. **60**(2): p. 603-626.

41. Krolczyk, G., et al., *Investigation of selected surface integrity features of duplex stainless steel (DSS) after turning.* Metalurgija, 2015. **54**(1): p. 91-94.

42. Zhang, W., et al., *Quantitative studies of machining-induced microstructure alteration and plastic deformation in AISI 316 stainless steel using EBSD.* Journal of Materials Engineering and Performance, 2018. **27**(2): p. 434-446.

43. Lundberg, M., et al., *Surface integrity and fatigue behaviour of electric discharged machined and milled austenitic stainless steel.* Materials Characterization, 2017. **124**: p. 215-222.

44. Dumas, M., et al., *Turning-induced surface integrity for a fillet radius in a 316L austenitic stainless steel.* Journal of Manufacturing Processes, 2021. **68**: p. 222-230.

45. Ueno, H., et al., *Enhanced fatigue properties of nanostructured austenitic SUS 316L stainless steel.* Acta Materialia, 2011. **59**(18): p. 7060-7069.

46. Huang, H., et al., *Fatigue behaviors of AISI 316L stainless steel with a gradient nanostructured surface layer.* Acta Materialia, 2015. **87**: p. 150-160.

47. Chomienne, V., et al., *Influence of surface integrity of 15-5PH on the fatigue life.* Procedia Engineering, 2013. **66**: p. 274-281.

48. Outeiro, J., D. Umbrello, and R. M'saoubi, *Experimental and numerical modelling of the residual stresses induced in orthogonal cutting of AISI 316L steel.* International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2006. **46**(14): p. 1786-1794.

49. Mondelin, A., et al., *Modeling of surface dynamic recrystallisation during the finish turning of the 15-5PH steel.* Procedia Cirp, 2013. **8**: p. 311-315.

50. Rech, J. and A. Moisan, *Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels.* International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2003. **43**(5): p. 543-550.

51. Nasr, M.N., E.-G. Ng, and M. Elbestawi, *Modelling the effects of tool-edge radius on residual stresses when orthogonal cutting AISI 316L.* International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2007. **47**(2): p. 401-411.

52. Wu, X., et al., *The role of deformation mechanisms in flow localization of 316L stainless steel.* Journal of nuclear materials, 2006. **356**(1-3): p. 70-77.

53. Li, B., et al., *Dislocation density and grain size evolution in hard machining of H13 steel: Numerical and experimental investigation.* Journal of Materials Research and Technology, 2020. **9**(3): p. 4241-4254.

54. Ding, H., et al., *Microstructure, mechanical properties and machinability of 316L stainless steel fabricated by direct energy deposition.* International Journal of Mechanical Sciences, 2022: p. 108046.

55. Zou, Z., et al., *Research on microhardness prediction of 304 stainless steel turning based on dislocation density.* Journal of Manufacturing Processes, 2022. **83**: p. 522-535.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Süleyman ÇİÇEK

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans **:**Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü

Lisans **:**Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Lisans **:** Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Öğretmenliği Bölümü

İŞ TECRÜBELERİ

Torun Bakır Alaşımları Metal San. Ve Tic. A.Ş.

Görevi: Mühendislik Müdürü

Başlangınç yılı: 2005

Bitiş yılı: Devam ediyor

Makaleler:

Çiçek, S., Altun, A., Zoghipour, N., & Kaynak, Y. (2021). Designing a special cutting tool for high performance machining of CuZn40Pb2 brass alloy. Journal of Advances in Manufacturing Engineering, 2(2), 25-32.