

**TERMOMEKANİKSEL İŞLEMİN
17-4 PH PASLANMAZ ÇELİĞİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ**



**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Ahmet AK

**TERMOMEKANİKSEL İŞLEMİN 17-4 PH PASLANMAZ ÇELİĞİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ**

Ahmet AK

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

**KARABÜK
Mayıs 2019**

Ahmet AK tarafından hazırlanan “TERMOMEKANİKSEL İŞLEMİN 17-4 PH PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Halil DEMİR

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. İsmail TEKAÜT

Tez 2. Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/06/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Harun YAKA (AÜ)

Üye : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali KALYON (KBÜ)



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

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür 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.”

Ahmet AK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TERMOMEKANİKSEL İŞLEMİN 17-4 PH PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ

Ahmet AK

Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Halil DEMİR

Haziran 2019, 67 sayfa

Bu çalışmada, 17-4 PH paslanmaz çeliği ASTM A564 standardında yaşlandırma işlemine tabii tutulup 36HRC, 40HRC ve 44HRC olmak üzere, her sertliği dört ayrı parametre ile tormalanıp, en iyi yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi ve takıma gelen yüklerin incelenmesidir. Öncelikle 17-4 PH paslanmaz çelik malzeme üzerinde, ASTM A564 standardı esas alınıp, çökeltme sertleştirilmesi (yaşlandırma) yöntemiyle sertliğinin değiştirilerek, 33 HRC malzemenin ilk sertliği olmak üzere 4 ayrı sertlik elde edilmiştir. Her sertlik için 4 ayrı kesme parametreleri kullanılarak CNC torna tezgahında tormalanmıştır. Tormalama işleminde Boehlerit DCMT kodlu elmas uç kullanılmıştır. Tormalama işleminde kesici takıma gelen yük ölçümü için 3 eksen Kistler marka yük ölçer kullanılmıştır. 33 HRC sertlikte 12 ön deney yapılmıştır. Ön deneyler sonucunda; yüzey pürüzlülüğüne bakılarak en uygun kesme hızı belirlenmiştir. Devamında sabit kesme hızı ile diğer 3 sertlikte deneylere devam edilmiştir. Tüm deneylerdeki yükler ve parçanın yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda 33 HRC sertlik değerinde, 200m/dk kesme hızı ve 1mm kesme derinliğindeki kesme parametrelerinde yüzey pürüzlülüğünün en iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 44 HRC sertlik değerinde, yapılan deneylerde takıma gelen yüklerin en fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler :17-4PH paslanmaz çelik, yaşlandırma, tornalama, yüzey pürüzlülüğü ölçümü, takıma gelen kesme yüklerinin ölçümü.

Bilim Kodu : 914.3.028



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF THERMO MECHANICAL PROCESSING ON THE MACHINABILITY OF 17-4 PH STAINLESS

Ahmet AK

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

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Halil DEMİR

June 2019, 67 pages

In this study, 17-4PH stainless steel is aged with respect to ASTM A564 and 3 separate surface hardness values that are 36HRC, 40HRC and 44HRC are obtained. Each hardness level is exposed to 4 different turning operation parameters and resulting surface roughness and forces that are generated on cutting tool are investigated. CNC Turning operation is applied to 4 different hardness level including raw material hardness level which is 33HRC. Boehlerit DCMT diamond cutting tool tip is used for turning operations. Forces generated on cutting tool is measured using 3 axis Kistler load cell. 12 turning operations are applied to 33HRC specimens to determine optimum cutting speed. The obtained cutting speed is used for subsequent operations of remaining specimens with 3 different hardness levels. For each turning operation surface roughness and loads on cutting tool are examined. Results of the experiments have shown that 200mm/min cutting speed with 1mm

cutting depth on 33 HRC specimen resulted in best surface roughness values. Also the forces generated on 44HRC specimens are the highest values.

Key Words :17-4PH stainless steel, Aging, Surface roughness measurement, Cutting force measurement.

Scientific Code: 914.3.028



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Halil DEMİR'e ve 2.Danışmanım Sayın Hocam Dr. İsmail TEKAÜT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın deneysel çalışmalarında bana yardımcı olan, Kalite Kontrol Altyapı Sorumlusu Uğur IŞIK ile değerli arkadaşlarım Seven BOZKURT, Emre OKUR ve Yaşar PAÇA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak maddi-manevi her konuda bana destek olan sevgili eşime saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
PASLANMAZ ÇELİKLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1. PASLANMAZ ÇELİKLERİN TANIMI	3
2.2. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ.....	4
2.2.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler.....	6
2.2.2. Östenitik Paslanmaz Çelikler	6
2.2.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler	7
2.2.4. Östenitik-Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler.....	8
2.2.5. Çökelme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler.....	8
2.3. 17-4 PH (630) PASLANMAZ ÇELİĞİN ÖZELLİKLERİ	9
BÖLÜM 3	11
ÇÖKELME SERTLEŞMESİ (YAŞLANDIRMA).....	11
BÖLÜM 4	13
TALAŞLI ÜRETİM VE TORNALAMA.....	13

	<u>Sayfa</u>
4.1. TALAŞLI ÜRETİM.....	13
4.1.1. Talaşlı Üretimde Talaş Kaldırılırken Oluşan Kuvvetler	14
4.2. TORNALAMA	15
4.2.1. Tornalamada Temel Tanımlar.....	16
4.1.1. Torna Tezgâhı Çeşitleri.....	16
4.2. TORNALAMADA HESAPLAMALAR	17
4.2.1. Kesme Hızı.....	18
4.2.2. İlerleme Miktarı	18
4.2.3. Devir Sayısı.....	18
4.3. KESİCİ TAKIM SEÇİMİ	19
BÖLÜM 5	20
ÖLÇME.....	20
5.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	20
5.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı	21
BÖLÜM 6	23
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	23
6.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	28
BÖLÜM 7	29
MALZEME VE METOT	29
7.1. HAM MALZEMELERE YAŞLANDIRMA İŞLEMİNİN UYGULANMASI	29
7.2. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI, DİNAMOMETRE VE ÖLÇÜM CİHAZLARI.....	30
7.3. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR	32
7.4. DENEYİN YAPILIŞI	32
7.4.1. Pilot Deneyler	32
BÖLÜM 8	53
DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	53

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 9	55
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
9.1. SONUÇLAR	55
9.2. ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	57
EK AÇIKLAMALAR A	60
DENEY SONRASI ÇIKAN TALAŞ GEOMETRİLERİ	60
ÖZGEÇMİŞ	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	17-4PH paslanmaz çelik kullanıma alanları.....	1
Şekil 2.1.	Paslanmaz çelik.....	3
Şekil 2.2.	Değişik paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları (Ç.S. uygulanabilen alaşımlar)	4
Şekil 2.3.	Paslanmaz çelik türleri	5
Şekil 2.4.	Yaşlanma sıcaklığını gösteren 17-4 PH paslanmaz çeliğin yaşlanma zamanı-akma dayanımı grafiği.....	10
Şekil 3.1.	Çökeltme sertleştirmesinin uygulanabildiği solvüs eğrisi içeren faz diyagramı.....	11
Şekil 3.2.	Çökeltme sertleştirmesinin uygulama aşamaları.....	12
Şekil 4.1.	Talaş oluşumunun kesit görünüşü ve kesici takım geometrisi.....	13
Şekil 4.2.	Talaşlı üretimde oluşan kuvvetler ve ölçülebilen kuvvetler.....	14
Şekil 4.3.	Kuvvet diyagramı ve kuvvet formülleri	15
Şekil 4.4.	Tornalama işlemi.....	15
Şekil 4.5.	Tornalama işlemindeki kesme kuvvetleri	16
Şekil 4.1.	Üniversal torna tezgahı ve kısımları	17
Şekil 5.1.	Ra ortalama yüzey pürüzlülüğü	20
Şekil 5.2.	Ra ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümü	21
Şekil 5.3.	Ra ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümü	22
Şekil 7.1.	Ham malzeme ölçüleri	29
Şekil 7.2.	Protherm ACF 110/6 yaşlandırma fırını	30
Şekil 7.3.	DCMT-11T308-MP kesici takım geometrisi	31
Şekil 7.4.	DCMT-11T308-MP kesici takım geometrisi	32
Şekil 7.5.	33HRC sertlikteki, 1mm kesme derinliği ve 3 farklı (0,1-0,15-0,2mm/dev) ilerleme miktarı ile 4 farklı (150-200-250-300m/dk) kesme hızı grafikleri.....	33
Şekil 7.6.	33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	37

Şekil 7.7.	33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	38
Şekil 7.8.	33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	38
Şekil 7.9.	33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	39
Şekil 7.10.	36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	39
Şekil 7.11.	36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	41
Şekil 7.12.	36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	41
Şekil 7.13.	36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	42
Şekil 7.14.	40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	43
Şekil 7.15.	40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	44
Şekil 7.16.	40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1,5mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	44
Şekil 7.17.	40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	45
Şekil 7.18.	44HRC Sertlikteki 17-4PH paslanmaz Çeliğin Sabit Kesme Hızında, İlerleme ve Kesme Derinliğine bağlı Yüzey Pürüzlülüğü Grafiği	46
Şekil 7.19.	44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	47
Şekil 7.20.	44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	47

Şekil 7.21. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	48
Şekil 7.22. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	48
Şekil 7.23. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	50
Şekil 7.24. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	51
Şekil 7.25. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	51
Şekil 7.26. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği	52
Şekil 7.27. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	53
Şekil 7.28. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği	53
Şekil Ek A.1. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	62
Şekil Ek A.2. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	63
Şekil Ek A.3. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	64
Şekil Ek A.4. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	65
Şekil Ek A.5. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	66
Şekil Ek A.6. Deneylerde oluşan talaş geometrileri	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. 17-4 PH paslanmaz çeliğin kimyasal özellikleri.....	9
Çizelge 2.2. 17-4 PH paslanmaz çeliğin oda sıcaklığındaki mekanik özellikleri.....	9
Çizelge 7.1. 17-4 PH paslanmaz çeliğin kimyasal özellikleri.....	31
Çizelge 7.2. Yaşlandırma işlemi uygulama değerleri.....	32
Çizelge 7.3. Kistler 9257B dinamometre teknik özellikleri.....	33
Çizelge 7.4. 33HRC sertlikteki ön deneyler.....	35
Çizelge 7.5. Deney çizelgesi.....	37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ϕ	: Kayma açısı
α	: Serbest açı
β	: Kama açısı
γ	: Talaş açısı
f	: İlerleme (mm/dev)
a	: Talaş derinliği (mm)
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm)
Rz	: Ortalama pürüzlülük yüksekliği (μm)
M	: Profil ortalama çizgisi
N	: İşin devri (dev/dk)
V	: Kesme hızı (m/dk)
d	: takım çapı
f_n	: bir ağza karşılık gelen ilerleme
F_t	: ilerleme kuvveti
h_1	: verilen talaş kalınlığı
h_2	: deformasyona uğramış talaş kalınlığı
k_c	: özgül kesme kuvveti
n	: devir sayısı
P	: çevresel kesme hızı
V_c	: kesme hızı
V_f	: ilerleme hızı
V_b	: serbest yüzey aşınma genişliği
z	: ağız sayısı
ϕ	: matkap uç açısı
α	: matkap boşluk açısı
W	: dış köşe aşınması

KISALTMALAR

17-4PH	: 17 Crom, 4 Nikel Precipitation Hardening (Çökelti Sertleşmesi)
AISI	: American International Standart Idetification, (Amerikan Uluslararası Standart Tanımlamaları)
YT	: Yığıntı Talaş
BUE	: Built-up-edge (yığıntı talas)
CNC	: Computer Numerical Control (bilgisayarlı sayısal denetim)
ISO	: International Standard Organization (milletlerarası standart organizasyonu)
CVD	: Chemical Vapour Deposition (kimyasal buhar biriktirme)
WC	: Tungsten Karbür
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
dev	: Devir
dk	: Dakika
CBN	: Kübik Bor Nitür
CMM	: Coordinate Measuring Macnines (Koordinat Ölçme Cihazı)
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
HSS	: High Speed Stell (Yüksek Hız Çeliği)
MTE	: Makine Takım Endüstrisi
SEM	: Scanning Electron Microscope (Tarama Elektron Mikroskopyu)
TiAlN	: Titanyum Alüminyum Nitrit
TiN	: Titanyum Nitrit

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Demir- Krom alaşımlarının korozyona karşı olan direncini ilk kez 1821 yılında Fransız metalürjist Pierre Berthier tarafından bulunmuştur. O zamandaki teknoloji gereksinimleri karşılayamadığından pratik olarak kullanıma geçilememiştir. 1890'lı yıllarda Alman Hans GoldSchmidt, alimunotermik yöntemini bulmuş ve bu tarihten itibaren paslanmaz çelik ile alakalı birçok çalışma yapılmıştır. Modern paslanmaz çelikler ise 1913 yılında İngiliz metalürjist Harry Brearly tarafından tüfek namlularını geliştirirken tesadüfen keşfedilmiştir. Devamında, 18-8 olarak bilinen 304 paslanmaz çelik 1920'li yıllarda piyasaya çıkmıştır. 1930'lu yıllarla birlikte paslanmaz çelik günlük hayatımızda ve endüstride vazgeçilmez olmuştur. İkinci dünya savaşı zamanında yapılan araştırmalarda çökmeyle sertleştirilen paslanmaz çelikler keşfedilmiştir. 1948 yılında standart olmayan paslanmaz çelik 17-7PH bulunmuştur [1].

Paslanmaz çelikler ülkemizde ve dünyada gün geçtikçe daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biride yaşlandırmayla ya da başka bir deyişle çökmeyle sertleştirilmiş paslanmazlar grubuna giren 17-4PH paslanmaz çeliktir. 17-4 PH paslanmaz çelik adını içerdiği %17 krom ve %4 oranında nikelden almaktadır. Bu çelik türü 630 (1.4542) paslanmaz çelik olarak ta anılmaktadır. Bu paslanmaz çelikler, hem östenitik paslanmazlar ölçüsünde ve aynı zamanda korozyon dayanımı gösterirler. Bununla birlikte martenzitik paslanmazlar gibi ısı işlem yoluyla ileri derecede direnç kazanma özelliğine sahiptirler.

Yaygın olarak uçak, uzay, savunma sanayii ve diğer ileri teknoloji alanlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Yüksek mekanik dayanımı, yüksek sertliği ve iyi fiyat-performans oranına sahip olduğu için dünyada hızla kullanımı yaygınlaşan bir

paslanmaz çelik türüdür. 17-4 PH paslanmaz çelikler, pompa ve vana tesislerinde, mutfak aletlerinde, Petro-kimya endüstrisinde, kimyasal tesislerde ve paslanmaz çelik dekorasyon, yelkenli sistemler, türbin kanatları, dişçilik ekipmanları, hassas tüfek namluları vb. yerlerde de kullanılmaktadır. Mekanik değerlerinin üst düzeyde olması ve aynı zamanda uzun ömürlü olmasıyla sıklıkla tercih edilmektedir [2].



Şekil 1.1 17-4PH paslanmaz çelik kullanıma alanları.

BÖLÜM 2

PASLANMAZ ÇELİKLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. PASLANMAZ ÇELİKLERİN TANIMI

Paslanmaz çelik; %10,5 ve üzeri oranda krom ve %1,2 ve altında karbon içeren ve bunun sonucu olarak korozyona karşı dayanıklılık sağlayan, kendini onaran bir yüzey tabakası oluşturan demir alaşımıdır [3]. Paslanmaz çelikler mükemmel korozyon dayanımları yanında, değişik mekanik özelliklere sahip türlerinin bulunması, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmesi, şekil verme kolaylığı, estetik görünümüne gibi özelliklere sahiptirler. Paslanmaz çelikler diğer çeliklere oranla fiyat bakımından daha pahalı olsalar bile bakımlarının ucuz ve kolay olması, uzun ömürlü olmaları, tümüyle geri kazanılabilmeleri ve çevre dostu bir malzeme olmaları çok büyük avantajlar sağlar. Paslanmaz çeliklerde kimyasal birleşim değiştirilerek farklı özelliklerde alaşımlar elde edilebilir. Krom miktarı yükseltilecek ve içerisine nikel, molibden gibi alaşımlar eklenerek korozyon dayanımları artırılabilir.

Paslanmaz çeliklerin üstünlüklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Korozyon Dayanımı
- Yüksek ve Düşük Sıcaklıklar
- İmalat Kolaylığı
- Mekanik Dayanım
- Görünüm
- Hijyenik Özellik
- Uzun Ömür
- Tamamen geri dönüşümlü [4].



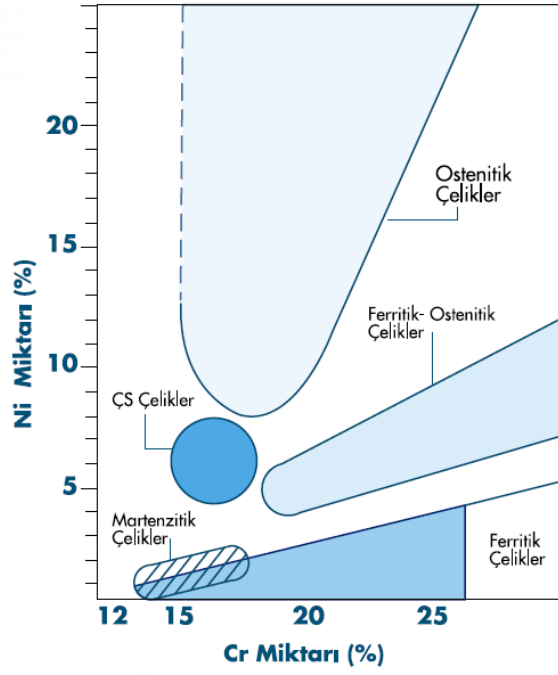
Şekil 2.1. Paslanmaz çelik.

2.2. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ

Paslanmaz çeliklerde kimyasal birleşim değiştirilerek, farklı özelliklerde alaşımlar elde edilebilir. Mevcut krom miktarı yükseltilerek ya da nikel, molibden gibi elementler eklenerek paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımları artırılabilir. Başka bir şekilde ise, bakır, silisyum, azot, niyobyum, alüminyum, titanyum, selenyum ve kükürt gibi elementlerde eklenerek olumlu şekilde elementler elde edilebilir. Paslanmaz çeliklerde elementin iç yapısını belirleyen en önemli alaşım elementleri sırasıyla;

- Krom
- Nikel
- Molibden
- Mangan [5].

Bu elementlerden krom ve nikel alaşımının iç yapısının ferritik ya da östenitik olmasını belirler (Şekil 2.1).



Şekil 2.2. Değişik paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları (Ç.S. uygulanabilen alaşımlar).

Paslanmaz çelikler 5 ana gruba ayrılırlar;

- Ferritik
- Ostenitik
- Martenzitik
- Ferritik-Ostenitik(dubleks)
- Çökelme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar.[6]



Şekil 2.3. Paslanmaz çelik türleri.

2.2.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Ferritik paslanmaz çelikler yapısında %12-18 arasında krom elementi içermektedirler. Orta ila iyi dercede olan korozyon dayanımı, elementteki krom miktarının artmasıyla artar. Isıl işlemle dayanım artırılmaz ve yalnızca tavlınmış durumda kullanılabilirler. Manyetikler ve mıknatıs tarafından çekilebilirler. Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür. Östenitik çelikler gibi kolayca şekillendirilemezler [6].

2.2.2. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelik alaşımında yeterince nikel elementi bulunursa, bu element oda sıcaklığında dahi östenitik olabilir. Östenitik çeliklerin iç yapısında %18 krom ve %8 nikel bulunmaktadır. Östenitik paslanmaz çelikler mekanik özellikler, biçimlendirme

ve korozyon dayanımları bakımından çok uygundurlar. Süneklilikleri ve biçimlendirilme kabiliyetleri düşük sıcaklıklarda dahi çok iyidir. Manyetik değildirlir. Bu çeliklerin östenitik içyapıları dönüşüm göstermediğinden normalleştirme ve sertleştirme ısıl işlemleri uygulanmamaktadır. Mekanik dayanımları sadece soğuk şekillendirme yöntemiyle artırılabilir. Genel olarak üretilen paslanmaz çelik üretimlerinde östenitik çelik üretimi %70 oranına sahiptir. Östenitik çeliklerin en çok kullanılan 304 kalite paslanmaz çeliktir. Başlıca Özellikleri;

- Mükemmel Korozyon dayanımına sahiptirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri çok iyidir.
- Şekillendirilebilme kabiliyetleri çok iyidir. Sünektirler.
- Temizliği ve bakımı çok kolaydır. Hijyeniktirler.
- Düşük ve Yüksek sıcaklıklarda iyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- Manyetik değillirdir.
- Dayanımları yalnızca pekleşme ile artırılabilir.

Kullanım alanları; makine ve imalat sanayiinde, asansörlerde, bina ve dış cephe kaplamalarında, mimari uygulamalarda, gıda işleme makinalarında, mutfak gereçlerinde vb. yerlerde kullanılmaktadır [6].

2.2.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Martenzitik paslanmaz çelikler de karbon miktarı %0,1'den fazla olan östenitik içyapısına sahip olan çeliklerdir. Östenitleme sıcaklığı paslanmaz çeliğin türüne göre 950-1050 C° arasındadır. Bu sıcaklıklarda tutulan paslanmaz çeliğe su verilirse martenzitik iç yapısı elde edilir. Devamında elde edilen yüksek sertlik ve mekanik dayanım, karbon yüzdesi ile birlikte artmaktadır. İstenilen ürün tipine bağlı olarak martenzitik çelikler tavllanmış veya ıslah edilmiş durumda satışa sunulmaktadır. Tavllanmış olarak satılan ürünler şekil verildikten sonra ıslah işlemine yani su verme ve temperleme işlemine tabi tutulur. Temperleme sıcaklıkları değiştirilerek değişik özellikte çelikler elde edilebilir. En uygun korozyon dayanımını elde edebilmek için tavsiye edilen ısıl işlem sıcaklıklarına uymalıdır. Başlıca özellikleri;

- Isıl işlem uygulanarak yüksek sertlik ve dayanım elde edilebilir.
- Orta derecede korozyon dayanımına sahiptirler.
- Manyetikler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür.

Kullanım alanları; bıçaklar, ameliyat aletleri, miller, pimler, v.b. [6].

2.2.4.Östenitik-Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Bu tür çelikler, iç yapısında %18-28 olarak yüksek oranda krom ve %4.5-8 olarak orta miktarda nikel içeren çeliklerdir. İç yapısındaki nikel miktarı en fazla %8 olduğundan dolayı alaşımın östenitik olması için yetersizdir. Östenitik ve ferritik fazlarından oluşan içyapıları nedeniyle bu çelikler dubleks paslanmaz çelikler olarak adlandırılmaktadır. Bu çeliklerin çoğunluğu %2,5-4 molibden elementi içerir. Bu çelikler iyi mukavemet ve iyi süneklik gibi özellikleri birlikte sağlarlar. Bununla birlikte korozif ortamlarda dahi çok uygun yorulma dayanımları vardır.

- Klor iyonunun bulunmadığı ortamlarda daha yüksek korozif dayanım gösterirler.
- Östenitik ve ferritik çeliklerden daha yüksek mekanik dayanım sağlarlar.
- İyi kaynak edilebilirler.
- Şekillendirilebilme özellikleri iyidir.
- Gerilme korozyona karşı yüksek dayanıklılığa sahiptirler.

Kullanım alanları; kimyasala aparat imalatında, arıtma tesislerinde, deniz teknolojisinde vb. [6].

2.2.5. Çökeltme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler

Bu tür paslanmaz çelikler, temelde iç yapısında krom ve nikel içerirler. Ana iç yapısında Östenitik, ya da yarı östenitik ve martenzitik kalitelerin arasındadırlar [1]. Her iki kaliteyi de yeterli bir şekilde yapısında birleştiren bir paslanmaz çelik türüdür. Martenzitik paslanmaz çelikler gibi ısı ilemlerle mukavemet kazanabildikleri

gibi, aynı zamanda östenitik paslanmaz çelikler gibi korozyon dayanımına sahiptirler. Çökeltme sertleşmesi için, bakır, titanyum, alüminyum, niobium, ve molibden gibi elementlerin birinin veya birkaçının ilavesiyle sağlanır. Bu şekilde mukavemetleri 1700 MP'a kadar çıkabilen paslanmaz çelikler elde edilebilir. Piyasada çözme tavı görmüş halde satılmaktadır. Malzeme ilke durumda yumuşak olup, imalat işlemleri uygulanabilir. Daha sonra tek kademeli bir düşük sıcaklık yaşlandırması ile sertleştirilebilmektedir. Piyasada en çok kullanılanı 17-4PH paslanmaz çeliktir.

- Orta ila iyi derecede korozyon dayanımları vardır.
- Kaynak edilebilirlikleri iyidir.
- Manyetikler.
- Çok yüksek derecede mekanik dayanım gösterirler.
- Kullanım alanları, pompa ve vana şartları, vb. [6].

2.3. 17-4 PH (630) PASLANMAZ ÇELİĞİN ÖZELLİKLERİ

17-4 PH paslanmaz çelikler, ülkemizde ve dünyada gün geçtikçe daha fazla kullanılmaya başlayan çökeltiyle sertleştirilmiş paslanmaz çelikler grubuna girer. İç yapısında krom ve nikel içerir. Östenitik ve martenzitik paslanmaz çelik sınıflarının bir sentezi olan bir türdür. Piyasada 630 (1.4542) paslanmaz çelik olarak ta bilinirler. Bu çelik türü martenzitik paslanmaz çelikler gibi sısl işlem yoluyla yüksek derecede sertlik kazanabilme özelliğine sahiptirler. Aynı zamanda östenitik paslanmaz çelikler gibi korozyon dayanımına sahiptirler. 17-4 PH adını, iç yapısında bulunan %17 krom ve %4 oranında nikelden alırlar. PH ise, çökelti sertleşmesi anlamına gelen ingilizce “precipitation hardening” deyiminin baş harflerinden almaktadır [1].

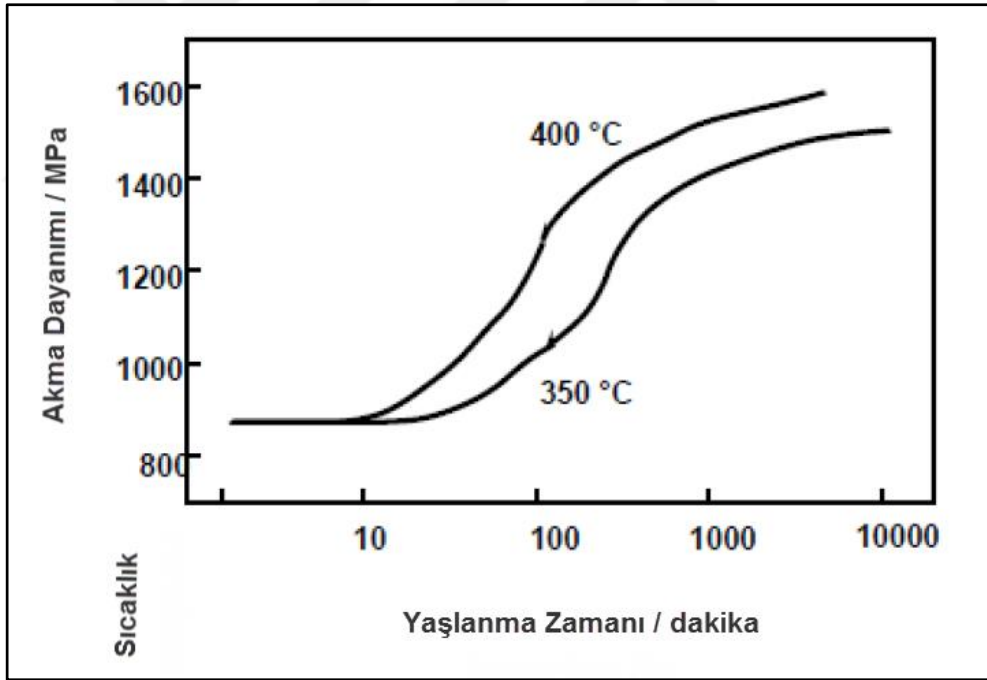
Çizelge 2.1. 17-4 PH paslanmaz çeliğin kimyasal özellikleri.

17-4 PH Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Özellikleri							
Kalite	C	M n	Si	P	S	C r	N i
630 (1,4542)	%0,07max	%1,0	%0,7	%0,4	%0,03max	%15-17	%3-5

17-4 PH paslanmaz çelikteki yaşlanma sırasında oluşan sıcaklıktaki tutarlı bakır Çökeltilerinin oluşumu ile başlar. Bu tutarlı parçacıkların 400°C civarındaki Sıcaklıklarda uzun süre yaşlandıktan sonra, tutarsız bakır parçacıklarına dönüştüğü görülür. Buna ek olarak, 17-4PH paslanmaz çelikteki Cr konsantrasyonu yarı istikrarlı faz sınırı (spidonal) içerisinde olduğu için yaşlanma ve martenzitik faz ayrışması 450°C'nin altında beklenmelidir [7].

Çizelge 2.2. 17-4 PH paslanmaz çeliğin oda sıcaklığındaki mekanik özellikleri.

17-4 PH Paslanmaz Çeliğin Oda Sıcaklığındaki Mekanik Özellikleri	
Kalite	630 (1.442)
Kopma Mukavemeti	1090 MPa
Akma Mukavemeti	950 MPa
Sertlik, Rockwell (HB)	360 max.

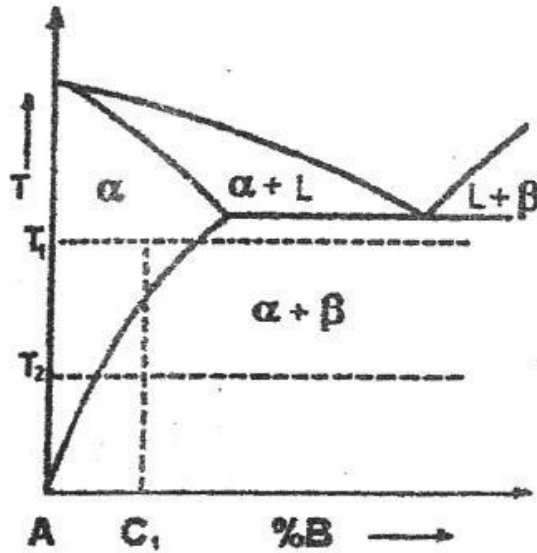


Şekil 2.4. Yaşlanma sıcaklığını gösteren 17-4 PH paslanmaz çeliğin Yaşlanma zamanı-Akma dayanımı grafiği.

BÖLÜM 3

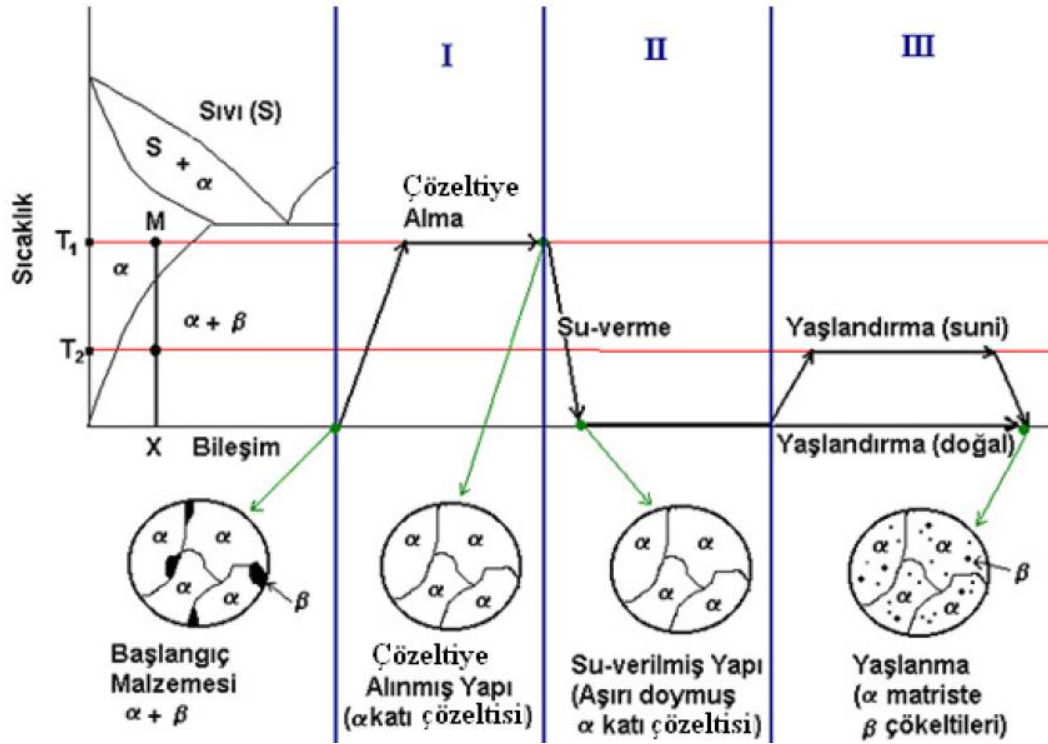
ÇÖKELME SERTLEŞMESİ (YAŞLANDIRMA)

Çökeltme sertleştirilmesi tanım olarak, malzeme içinde daha az miktarda bulunan ikinci fazın tanecikler halinde ana fazın içerisinde çökeltilmesinin sağlanması ve bu sayede malzemede mukavemet artışının elde edilmesidir. Bu yöntem malzemelerin mukavemetlerini arttırmada kullanılan en önemli yöntemlerden biridir ve genellikle demir dışı metal alaşımlarında (Al, Ti, Mg) kullanım alanına sahiptir. Çökeltme sertleştirilmesi işleminde mukavemetin artmasının temel sebebi aşırı doymuş olan eriyiğin çökeltmesi sonucunda oluşan çökeltilerin diskolasyon hareketlerini sınırlaması ile açıklanmaktadır. Çökeltme sertleştirilmesi işlemi faz denge diyagramlarında solvüs eğrisi içeren alaşım sistemlerine uygulanabilir. Bu şekilde çökeltme sertleştirilmesi işlemi uygulanabilen bir alaşım sistemine ait faz denge diyagramı Şekil 3.1’de görülmektedir [8].



Şekil 3.1. Çökeltme sertleştirilmesinin uygulanabildiği solvüs eğrisi içeren faz diyagramı.

Demir alaşımlarında da çökelti sertleştirilmesi görülebilmektedir. Bir çeliğin kalitesini belirleyen temel faktörlerden biri de içindeki azot, fosfor ve kükürt oranıdır. Fe-N ikili faz denge diyagramını incelendiğinde bu sistemde 590°C'de demir içinde yaklaşık %0,1 oranında azot çözünebildiği görülür. Bu çözünebilirlik oda sıcaklığında ise %0,0001'den daha azdır. Bu durumda çeliğin kaynaktan sonra soğumasında, haddeleme sonrası soğumasında veya tavlama işleminden sonra soğuması esnasında azot miktarı oda sıcaklığında çözünebilecek miktardan daha fazla olduğu için aşırı doymuş bir çözelti ortaya çıkar. Uzun süreli dinlenmeden sonra, azot yarı kararlı bir formda demirnitrit olarak çöker ve yaşlanma meydana gelir. Çökelti sertleştirilmesi işlemi temel olarak üç adımda gerçekleştirilir. Bu adımlar; çözünebilirliğe alma, su verme ve yaşlandırma adımlarıdır. Şekil 3.2 bu adımlar görülmektedir [8].



Şekil 3.2. Çökelti sertleştirilmesinin uygulama aşamaları.

BÖLÜM 4

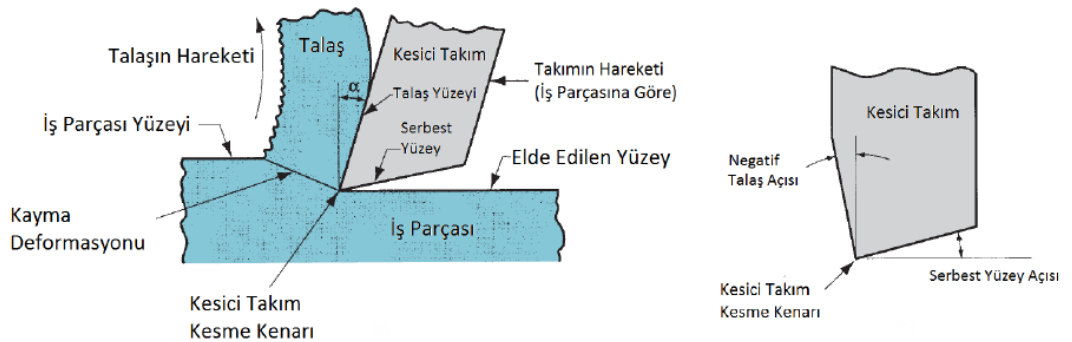
TALAŞLI ÜRETİM VE TORNALAMA

4.1. TALAŞLI ÜRETİM

Talaş Kaldırma işlemi, nihai parça geometrisini elde edebilmek için bir başlangıç iş parçasının üzerinden fazla malzemenin kaldırılmasıdır. Bu işlemin yapısından istenen geometriyi elde edebilmek için malzemenin mekanik olarak kesilmesinde kesici takımların kullanıldığı geleneksel talaşlı imalattır. Üç temel talaşlı imalat yöntemi vardır.

- Tornalama
- Matkap ile Delik delme
- Frezeleme [9].

Talaşlı üretimde kesme işlemini yapabilmek için, talaş kaldırabilmek için iş parçasında kayma deformasyonunu gerektirir. Böylece talaş kaldırılırken yeni bir yüzey elde edilir [11].

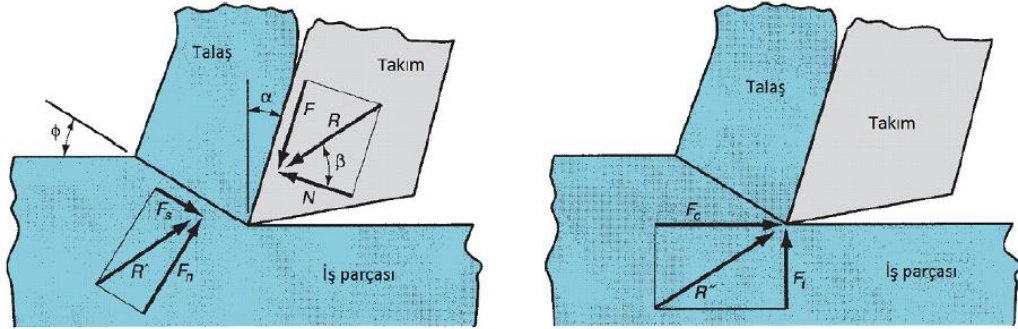


Şekil 4.1. Talaş oluşumunun kesit görünüşü ve kesici takım geometrisi.

Talaşlı üretim birçok farklı operasyonlardan oluşmaktadır. Temel olarak, kesici takım kullanılarak iş parçası üzerinden talaş kaldırılmasıdır. Bu operasyonu yapabilmek için kesici takım ile iş parçası arasında göreceli bir hareket oluşturmak gerekir. Bu göreceli hareket birçok talaşlı üretim yönteminde kesme hızı olarak adlandırılan birincil hareket ve ilerleme miktarı olarak adlandırılan ikincil hareket ile oluşmaktadır [10].

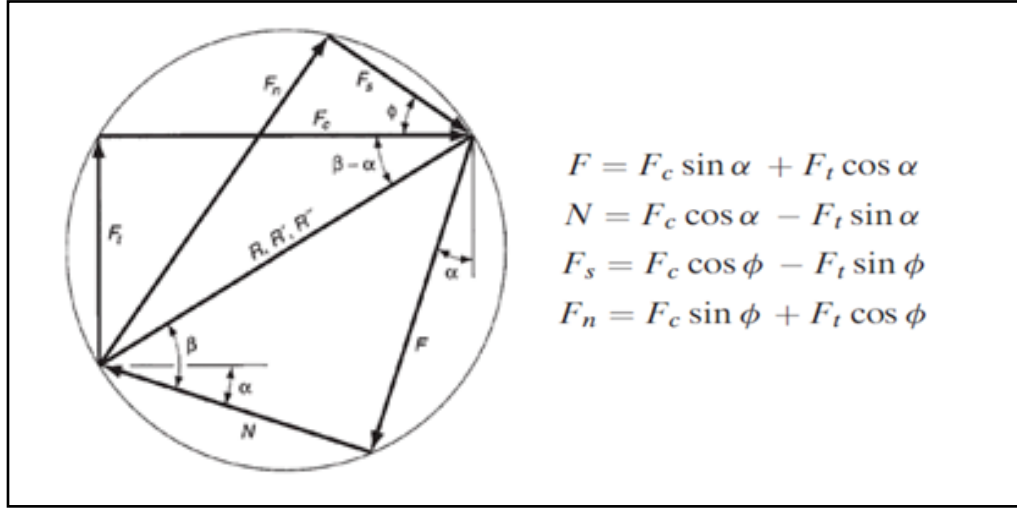
4.1.1. Talaşlı Üretimde Talaş Kaldırılırken Oluşan Kuvvetler

Ortogonal kesme modelinde, kesici takım tarafından talaşa uygulanan kuvvetler birbirine dik olan iki bileşene ayrılabilir. Bunlar sürtünme kuvveti (F) ve sürtünme kuvvetine dik olan kuvvettir (N). Sürtünme kuvveti takımın talaş yüzeyi boyunca akmakta olan talaşın oluşturduğu sürtünme kuvvetidir. Bu iki kuvvet kullanılarak sürtünme katsayısı hesaplanabilir.



Şekil 4.2. Talaşlı üretimde oluşan kuvvetler ve ölçülebilen kuvvetler.

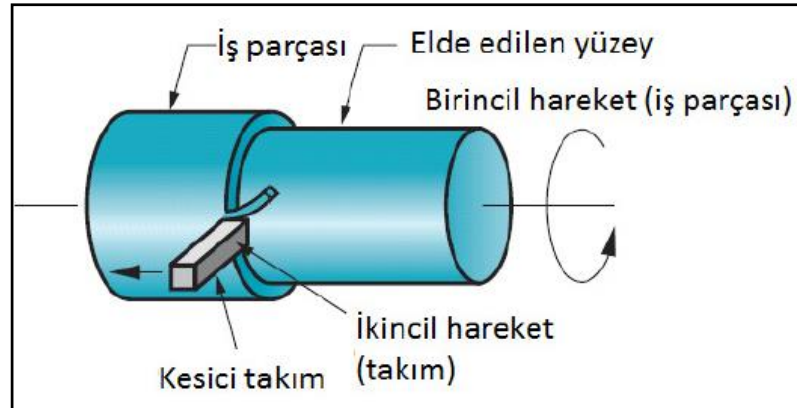
Bir talaşlı üretimde F , N , F_s ve F_n kuvvetlerinden hiçbiri doğrudan ölçülemez. Bunun nedeni ise uyguladıkları doğrultular takım geometrisine ve kesme koşullarına göre farklılık göstermektedir. Ancak bir dinamometre kullanılarak takıma etki eden iki kuvvet doğrudan ölçülebilir. Bu kuvvetler, kesme kuvveti F_c ve kesme kuvvetine dik olarak etki eden F_t kuvvetidir. Kesme kuvveti kesme hızı ile aynı yöndedir. Ölçülen kuvvet değerleriyle, kuvvet diyagramı kullanılarak diğer kuvvet bileşenleri hesaplanabilir [12].



Şekil 4.3. Kuvvet diyagramı ve kuvvet formülleri.

4.2. TORNALAMA

Tornalama işleminde, silindirik geometri oluşturmak için tek kesme kenarına sahip kesici takım ile dönmekte olan iş parçası üzerinden talaş kaldırma yöntemidir. Tornalama işleminde birincil hareket dönmekte olan iş parçası tarafından, ikincil hareket ise iş parçasının dönme eksenine paralel olan ve yavaşça hareket eden kesici takım tarafından sağlanır [13].

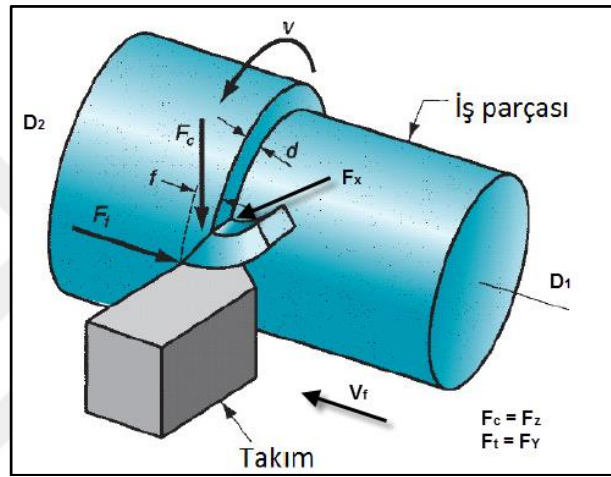


Şekil 4.4. Tornalama işlemi [9].

Torna tezgahında kesici takımın tornalama işlemini gerçekleştirilebilmesi için x, y ve z yönünde kuvvetlere ihtiyaç duyulmaktadır. Tornalanan iş parçasından kesici takım talaşa kaldırırken kesme kenarında $F_c = F_z$ kesme kuvveti oluşur. Bu kuvvet iş parçası

eksenine diktir. Bu kuvvet kesici takım ve kateri düşey yönde momente zorlar. Bu kuvvet tornalanan parçanın yüzey kalitesi içinde büyük ölçüde önemlidir [13]. Torna tezgahında ki diğer bir kuvvet ise ilerleme yönündeki $F_T=F_y$ kuvvetidir. Bu kuvvet tornalanan parçanın eksenine paralel yöndedir.

Diğer bir kuvvet ise tornalanan parça eksenine dik olan F_x kuvvetidir. Bu kuvvet tornalanan parçadan en fazla miktarda talaş koparabilmek için kesici takımın talaş kaldırma derinliğine ulaşmaya kadar en yüksek değere çıkar (Şekil 4.5.) [14].



Şekil 4.5. Tornalama işlemindeki kesme kuvvetleri [13].

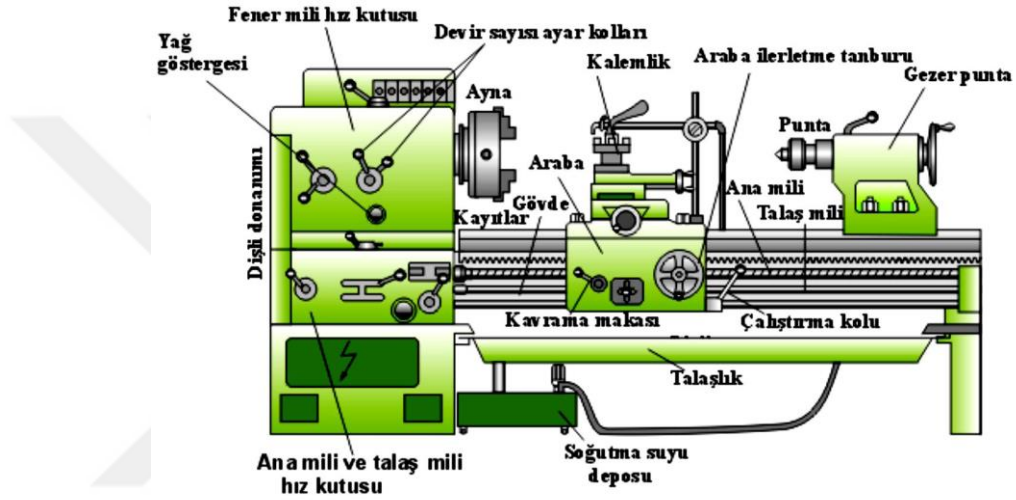
4.2.1. Tornalamada Temel Tanımlar

Sıkı ve emniyetli bağlanmış kendi eksenini etrafında dönen iş parçası üzerinden, sıkı ve emniyetli bağlanmış ve doğrusal hareket yapan kesiciler yardımıyla talaş kaldırma işlemine tornalama, bu işi yapan tezgâhlara torna tezgâhı, bu işi yapan kişiye de tornacı denir. Kesici kalemin talaş kaldırma işlemi, tezgâh üzerinde elle veya otomatik olarak yapılır.

4.1.1. Torna Tezgâhı Çeşitleri

- Üniversal torna tezgâhları
- Özel işlem torna tezgâhları
- Düşey torna tezgâhı

- Otomat torna tezgâhı
- Masa tipi (saatçi) torna tezgâhı
- Revolver torna tezgâhı
- Ağır iş torna tezgâhları
- Kopya torna tezgâhı
- Çok amaçlı torna tezgâhları
- Bilgisayarlı nümerik kontrollü (CNC) torna tezgâhı



Şekil 4.1. Üniversal torna tezgahı ve kısımları.

4.2. TORNALAMADA HESAPLAMALAR

Torna tezgahlarında ilerleme hesaplamalarının sağlıklı ve doğru olarak yapılması gereklidir. Tornalamada hesaplama aşamasında kullanılacak parametreler;

- Kesme Hızı,
- Devir Sayısı,
- İlerleme Miktarı,

Bu üç parametrenin talaşlı imalat esnasında doğru hesaplanması son derece önemlidir. İdeal kesme koşullarının iyi sağlanması, elde edilen yüzey kalitesi, işleme zamanı, kesici takımın ömrü ve takım tezgahlarının sağlıklı çalışması için kesme parametrelerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir [14].

4.2.1. Kesme Hızı

Kesici takım ucunun, iş parçası üzerinde bir dakikada metre cinsinden aldığı yoldur. Diğer bir ifadeyle kesici takımın iş parçası üzerinden bir dakikada kaldırdığı talaşın doğrusal uzunluğudur.

Kesme Hızına Etki Eden Faktörler;

- Ham malzemenin Cinsi,
- Kesici Takımın cinsi,
- İş parçasının bağlanma şekli,
- Torna tezgahının cinsi,
- Talaş derinliği,
- İşlemenin cinsi,
- İlerleme Miktarı.

4.2.2. İlerleme Miktarı

Kesici takımın iş parçası üzerinde doğrusal olarak bir dakikada mm cinsinden aldığı yolun uzunluğudur.

İlerlemeye Etki Eden Faktörler;

- Talaş derinliği,
- Talaş kaldırma işlemini türü,
- Elde edilecek yüzeyin kalitesi,
- Kullanılacak kesme sıvısı.

4.2.3. Devir Sayısı

Devir sayısı iş parçasının bir dakikada yaptığı dönme miktarıdır. Hesaplanması aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$V = \frac{\pi DN}{1000}$$

V : Kesme hızı (m/dk.)

D : İş parçasının çapı (mm)

N : Devir sayısı(dev/dk.)

4.3. KESİCİ TAKIM SEÇİMİ

Tornalama işlemlerinde talaş kaldırma şekline göre birçok kesici takım geometrisi geliştirilmiştir. Kesici takımın seçimi için iyi bir imalat bilgisine ihtiyaç vardır. Kesici takım geometrisinin yanında, takım malzemesinin, takım kaplamasının, kesme parametrelerinin, belirlenmesi işleme maliyetleri açısından büyük önem arz etmektedir. Uygun seçilmeyen kesici takım ve kesme parametreleri, işleme süresinin artmasına, işlenen parçalarının ölçü ve yüzey pürüzlülüğü açısından uygun olmamasına ve takım ömrünün azalmasına sebep olur. CNC tezgahlarda kullanılacak takımlarda arana fiziksel özelliklerin başında, 600 °C'ye kadar çıkabilen metal kesme sıcaklığındaki malzemelerin sertliği ve tokluğu gelmektedir. Bir takım malzemesinde aranan özellikler;

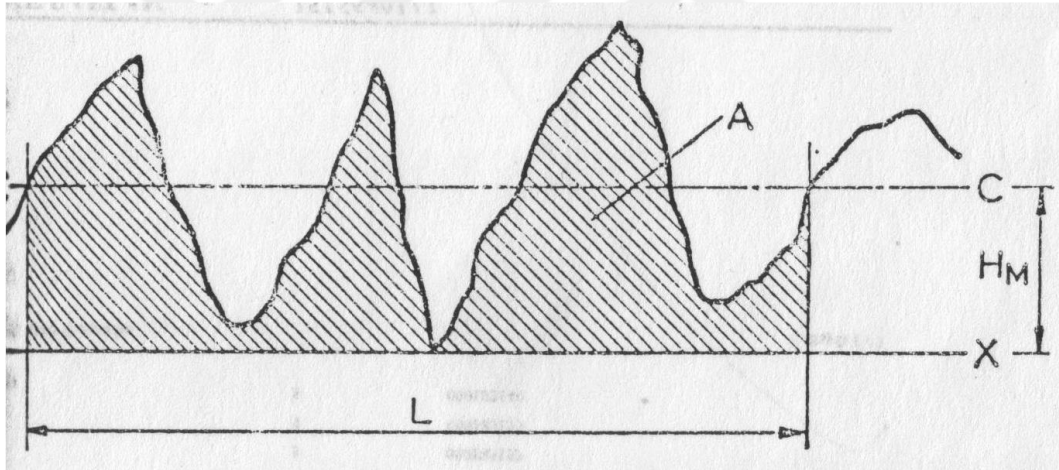
- Yüksek sertlik
- Yüksek eğilme mukavemeti
- Yüksek basma mukavemeti
- Tokluk
- Sıcaklıkta sertlik
- Aşınmaya dayanım
- Kolay işlenebilme
- Ekonomik olma [14].

BÖLÜM 5

ÖLÇME

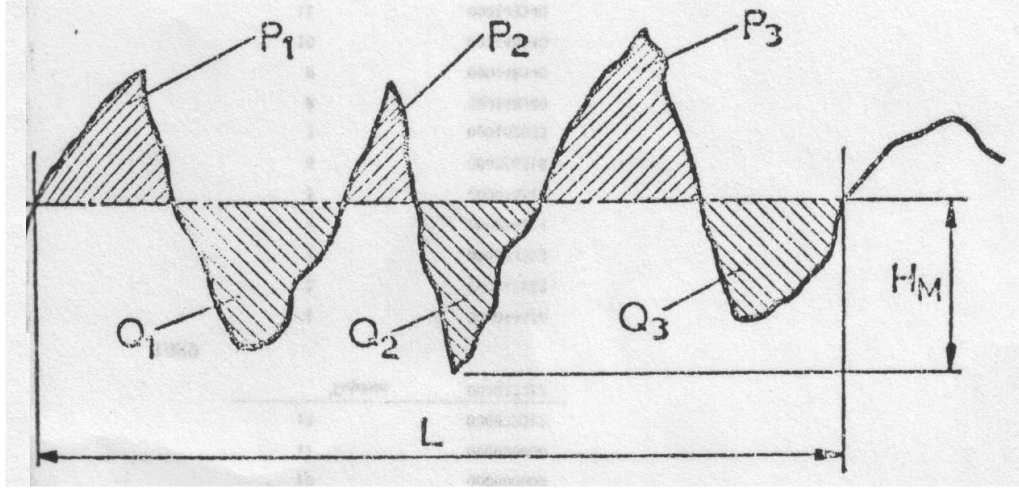
5.1. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a); bu ifade BSJ standardında merkez eksenli ortalama yüksekliği olarak tarif edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçen cihazlardan direkt olarak okunabilir. Bir yüzeyin R_a değeri grafik olarak okunabilir. Bir yüzeyin R_a değeri grafik olarak şu yollar takip edilerek belirtilebilir.



Şekil 5.1. R_a ortalama yüzey pürüzlülüğü.

1. Önce yüzeyin en alt (dip) tarafına degecek şekilde düz bir (x-x) eksenini çekilir.
2. Tam sayıda dalga boyu uzunluğuna sahip olacak şekilde bir (L) uzunluğu seçilir.
3. Planimetri kullanılarak eğri altındaki çizili (A) alanı bulunur. Daha sonra $H_m=A/L$ hesaplanır. Ve (C-C) eksenini çizilir [17].



Şekil 5.2. Ra ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümü.

4. (Hm) yüksekliğindeki eksen çizildikten sonra eksen üzerinde (P1+ P2+P3+.....vs) ve eksen altında (Q1+ Q2+ Q3+.....vs) ki alanların toplamı (L) uzunluğuna bölünüp (1000/Vq) ile çarpılırsa;

$$Ra (\mu m) = \left(\frac{P_{alanı} + Q_{alanı}}{L} \right) \frac{1000}{Vq}$$

Burada;

P ve Q alanları (mm²),

L uzunluğu (mm) olarak alınır.

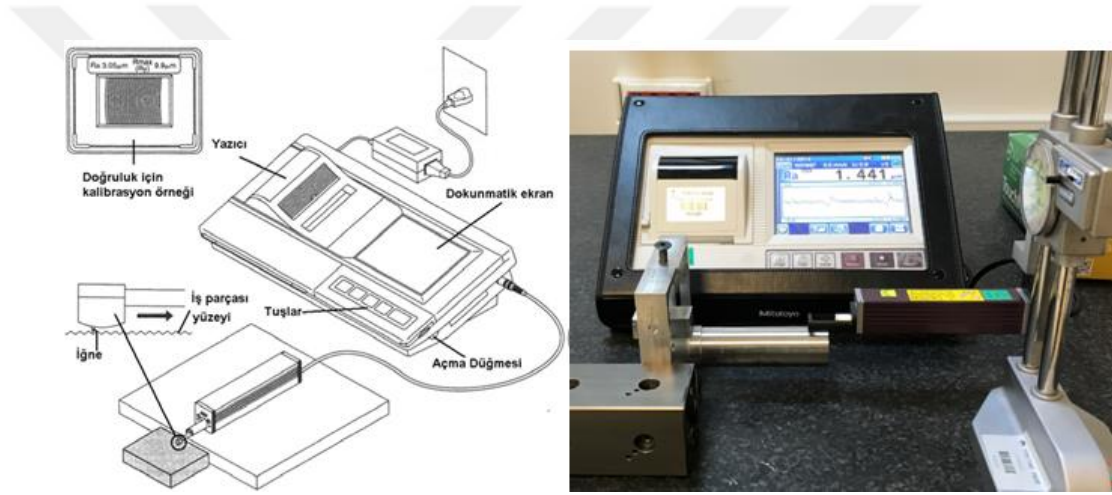
Vq: Düşey büyültme değeridir.

Yatay büyültme: P, Q alanlarında ve (L) uzunluklarında gözlenir. Fakat yatay büyültme açık olarak denklem içinde görülmez. (Ra) değeri hala en çok kullanılan bir parametredir [18].

5.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Deneylede MITUTOYO marka yüzey pürüzlülüğü cihazı kullanılmıştır. DIN, ISO, JIS, ANSI standartlarına göre çeşitli parametrelere bağlı olarak yüzey pürüzlülük yapısını değerlendirir. Ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri dijital ve grafik olarak dokunmatik ekranda görülür ve yazıcısından çıktıkları alınabilir. Düz ve silindirik gibi farklı yüzey şekline sahip parçaların yüzey pürüzlülük değerlerini ölçerken, elmas

uçlu iğnenin bulunduğu dedektör kısmı, sürücü ünitesine vidalar ile monte edilebilen burun parçaları ile ölçülen yüzeye teğet konuma getirilir. Destek ayakları kullanılarak sürücü ünitesinin ölçülen yüzeye paralel olması sağlanır. Dokunmatik ekran için özel dokunma kalemi ve cihazın kalibrasyonun yapılabilmesi için yüzey pürüzlülüğü (R_a , R_y değerleri) belirli olan hassas kalibrasyon numunesi bulunmaktadır. Sabit bellek ve hafıza kartına ölçüm, sonuç ve durum bilgileri depolanabilir, daha sonra tekrar çağırılarak incelenebilir. Dedektörün ucundaki iğne maksimum z ekseninde $350 \mu\text{m}$ ($+150 \mu\text{m} / -200 \mu\text{m}$; $0.01 \mu\text{m}$ çözünürlükte), x ekseninde $12,5 \text{ mm}$ hareket edebilmektedir. ($1\mu\text{m}=0.001 \text{ mm}$). Dedektör gidişi 0.25 veya 0.5 mm/s , dönüşü 1 mm/s 'dir [17].



Şekil 5.3. R_a ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümü.

BÖLÜM 6

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

TEKASLAN ve arkadaşları, AISI 304 paslanmaz çeliğini, CNC torna tezgahında Ø60 ve 35mm'lik parçada 30 adet deney gerçekleştirmişlerdir. 0,15 ve 0,2 kesme kuvveti ile 5 farklı kesme hızı (50,75,100,125,150 m/dk), 1,5 ve 2mm ilerleme kesme parametrelerinde işleyerek yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Kesme hızı artışının yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiği, artan ilerleme miktarının ise yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirdiğini vurgulamışlardır. Artan kesme hızının kesme kuvvetlerini azalttığını, artan ilerleme miktarının kesme kuvvetlerini artırdığını gözlemlemişlerdir [19].

DEMİR Halil ve ÖZLÜ Barış, 30MnVS6 mikroalaşımli çelik üzerinde, tornalama metodu ile dört farklı kesme hızında soğutma sıvısı kullanmadan kuru şartlarda yapmışlardır. Öncesinde iş parçalarına suda ve yağda soğutulmak üzere ısı işlemler uygulanmış ve parçaların mikroyapıları ile sertlikleri değiştirilmiş. Yapılan deneyler sonucunda hammalzeme göre yağda soğutulan malzemenin kesme kuvvetlerinin arttığı, suda soğutulan malzemenin ise yağda soğutulan malzemeye göre beş kat daha arttığını gözlemlemişlerdir. Yağda soğutulan malzemenin, suda soğutulan malzemeye oranla yüzey pürüzlülük değerlerinin daha düzenli bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir [20].

TEKAÜT İsmail, AISI 1050 malzemesi üzerinde 48 deney gerçekleştirmiştir. Yapılan deneylerde, malzemenin tornalanması sırasında titreşime etki eden faktörlere bağlı olarak, kesici takında oluşacak titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Bununla birlikte en uygun kesme parametrelerini belirlemişlerdir. Yapılan deneylerde 200-250-300-350m/dk kesme hızları, 0,15-0,25-0,35 mm/rev ilerleme miktarları ve 2,5mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Tornalama esnasında talaş kaldırılırken oluşan titreşimler ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür.

Tornalama işlemleri tamamlandıktan sonra yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Titreşim ivmesinin artan değerleri ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler titreşimin yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği görülmüştür [21].

TURGUT Yakup ve arkadaşları, AISI 303 paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme parametreleri kesme hızı ve ilerlemenin talaş biçimine etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Öncelikle, kullandıkları kesici takım için önerilen 0,24mm/dev ilerleme sabit tutularak 120-150-180-210m/dk kesme hızlarıyla, 2,5mm sabit kesme derinliği ile ön deneyler yapmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda en iyi yüzey kalitesini verene kesme hızı belirlenmiştir. Belirlenen kesme hızı ile, üç farklı ilerleme değerleri ile deneyleri tekrarlamışlardır. Yapılan deneyler ve ölçümler sonucunda, kesme hızının artması, talaşın kıvrılma yarıçapının düşmesine ve talaş kalınlığının artmasına neden olmuştur. Talaş kalınlığının artmasıyla, kesme düzlemi azalması, kesme bölgesinde basıncın artmasına ve bununla birlikte titreşim, sıcaklık ve kesme kuvvetinin artmasına yol açtığını gözlemlemişlerdir [22].

HABALI Kasım ve arkadaşları, AISI 1040 çeliğini; PVD yöntemi ve CVD yöntemi ile kaplanmış iki farklı sementit karbür takımla torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanmadan işlemişlerdir. Kesme derinliğini sabit tutarak, beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme miktarı kullanarak işlemişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda en düşük yüzey pürüzlülüğü CVD kaplamalı kesici uçta elde edildiğini gözlemlemişlerdir. İlerleme miktarının %33 artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünün %14 arttığı, kesme hızının %388 arttırılmasıyla ise %114 artış gözlemlemişlerdir [23].

ÖZÇATALBAŞ Yusuf, SAE 1040 çelik malzeme ve sert metal kesici uç kullanarak, tornalama esnasında gerinim ölçer esaslı bir dinamometre vasıtasıyla kesme ve ilerleme kuvvetlerini ölçmüştür. Yapılan deney sonucunda kesici takım yan yüzey aşınma miktarındaki artışın kesme ve ilerleme kuvvetlerinde artışa neden olduğu gözlemlenmiş ve bu artışla birlikte işlenen yüzeyin pürüzlülüğünde de artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Ancak bu olumsuz durumdan sertliği yüksek olan malzemelerin çok daha fazla etkilendiğini gözlemlemiştir [24].

YEYEN Hasan E. ve arkadaşları AISI-303 ve AISI-304 östenitik paslanmaz çeliklerin tornalanmasında kesme hızı ve ilerlemenin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Yapılan deneylerde, 120-150-180-210 m/dk olmak üzere dört farklı kesme hızı ve 0,2-0,24-0,3mm/rev olmak üzere üç farklı ilerleme miktarı kullanmışlardır. Kesme derinliği ise 2,5mm olarak sabit tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda AISI-303 paslanmaz çeliğin AISI-304 paslanmaz çeliğe göre %19 daha fazla kesme kuvvetlerinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğündeki artışın ise %51 oranında olduğunu gözlemlemişlerdir [25].

KARAYEL Burhan ve NALBANT Muammer, Ç4140 çeliğini, CNC torna tezgahında farklı kesme hızı ve ilerleme miktarları, 2mm sabit kesme derinliği kullanarak tornalamışlardır. Çıkan sonuçlara göre; takım aşınması ve ortalama yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmişlerdir. CVD kaplamalı NC3020(P20) ve NC3030(P30) olmak üzere iki farklı kesici takım kullanmışlar. Kuru kesme şartlarında yaptıkları değerlendirmelere göre; kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin pek olmadığı, ilerleme miktarının ve uç kalitesinin ise etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Takım ömrüyle üçüncü dereceden azalan bir ilişkisi olduğunu ve ilerleme miktarı ile ortalama yüzey pürüzlülük değeri arasında artan doğrusal bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir [26].

ÇELİK Emre ve KIVAK Turgay, 17-4PH paslanma çeliğin minimum miktarda yağlama kullanarak, farklı kesme yağları ve işleme parametreleri ile tornalayarak bu etkenlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Yapılan deneylerde CNC torna tezgahı ve kesici takım olarak sementit karbür kesici takımlar kullanmışlardır. Deney sayısını azaltmak amacıyla Taguchi metodu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri olarak 160-240-320m/dk kesme hızı, sentetik-mineral-bitkisel esaslı kesme yağları ve 30-60-90ml/h debi kullanmışlardır. Kullanılan kesme parametrelerinin ve kesme yağlarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin kesme sıvısı farkı olduğunu gözlemlemişlerdir [27].

SHARMA Varun ve PANDEY Pulak M. Bu çalışmada ilerleme hızı, kesme kalınlığı, kesme hızı ve uygulanan ultrasonik gücün artık gerilme oluşumuna etkisini

incelemişlerdir. Talaşlı imalata maruz kalmış parçalarda oluşan artık gerilmelerin, yorulma ömrü, korozyon ve tribolojik özellikler açısından olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Ancak, kesme ve titreşim parametrelerinin artık gerilmeler üzerindeki etkisi ultrasonik yardımcı tornalama işleminde çalışılmamıştır. Ultrasonik yardımcı tornalama işlemi sonucunda oluşan artık gerilme miktarı 4340 sertleştirilmiş çelik üzerinde X-Işını kırınım yöntemi ile ölçülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda artık gerilmelerin değişen parametreler altında oluşturduğu cevap fonksiyonları elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda besleme hızı ve ultrasonik gücün artık gerilmeler üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür [28].

LİU Guoliang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kesme parametrelerinin yüzey kalitesine, dolayısıyla yorulma ömrüne olan etkisini incelemek için deneysel çalışmalar yapmışlardır. 17-4PH paslanmaz çeliği, jet motor üretimlerinde titanyuma alternatif olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda güvenilirlik ve emniyet önem arz ettiğinden, parçaların yorulma ömrünü doğrudan etkileyen yüzey kalitesi önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, yüzey pürüzlülüğü, artık gerilme ve pekleşme davranışlarının metalik parçanın yorulma dayanımına birbirleriyle etkileşimli olarak etki ettiğini belirlemişlerdir [29].

MAVİ Ahmet ve UZUN Gültekin, yaptıkları çalışmada yüksek mekanik özelliklerinden dolayı daha çok tercih edilebilen 1.4462 dubleks paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametreleri ve kesici takımın talaş açısının parçanın işlenebilirliğine etkisini araştırmışlardır. Yapılan deneylerde, 80m/dk sabit kesme hızı, 0,225-0,3 mm/dev ilerleme miktarı ve 0,75-1-1,25 mm kesme derinliği parametrelerini kullanmışlardır. Deneylerde QM ve SMR olmak üzere PVD 1105 TiAlN kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanmışlardır. Yapılan deneylerin sonucunda, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüş ve en iyi sonuç SMR kesici takım, 0,75mm kesme derinliğinde ve 0,225 mm/dev, ilerleme miktarında görülmüştür [30].

Östenitik paslanmaz çeliklerin yüksek mukavemet, düşük ısıl iletkenlik, yüksek süneklik ve yüksek pekleşme özelliklerine sahip olması bu parçaların işlenebilirliğini olumsuz etkileyen temel parametreler olduğu bilinmektedir. İhsan Korkut ve

arkadaşları, AISI 304 çeliğinin en uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla karpit kesme uçları kullanılarak tornalama işlemi yapmışlardır. Kesme hızının kesici takım aşınmasına olan etkisi ve parça üzerinde oluşan yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi incelenmiştir. Kesme hızının 180m/dk mertebelerine kadar artırılmasının kesici takım aşınması azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca kesme hızının artırılmasının yüzey kalitesine olumlu etki ettiği görülmüştür. Yüzey kalitesi ve takım aşınması arasında 120, 150 ve 180m/dk kesme hızları için bağıntı elde edilmiştir [31].

Bhambroo R. ve arkadaşları, yaptıkları deneyde; çökeltme sertleştirme operasyonuna maruz bırakılabilen 17-4 paslanmaz çeliği, menevişlenme işlemine sabit tutulduktan sonra, 580° de, 6 saat yaşlandırma işlemine maruz bırakmışlardır. Menevişlenme ve yaşlandırma işlemlerine maruz bırakılan numuneler optik mikroskop, x-ışını saçınımı ve elektron mikroskoplarıyla incelenerek mikro yapı karakterizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Mekanik karakterizasyon çalışmaları oda sıcaklığında gerçekleştirilen çekme testi ve charpy darbe testleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda yapıdaki östenit içeriğinin doğrudan mukavemete etkisi olmadığı görülmüştür. İşlemler sonucu mikro yapıdaki bakır çökeltinin mukavemet ve darbe dayanımı özelliklerini domine ettiği belirlenmiştir [32].

GÜRBÜZ Hüseyin ve arkadaşları, AISI 316L paslanmaz çeliği kullanılarak, kesici takım kesici kenar formu ve talaş kırıcı formlarının, talaş kaldırmayla oluşan kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler CNC torna tezgahında yapılmıştır. Kesme parametreleri olarak 125-150-175-200m/dk kesme hızları, 0,1-0,2-0,3mm/dev ilerleme miktarları ve 1,25-2,5mm kesme derinlikleri kullanılmıştır. Kesici takım olarak (MR-MM-QM) üç farklı talaş kırıcı ve kesici kenar formu kullanılmıştır. Deneyler sonucunda yapılan ölçümlerde en fazla kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin MR, en az kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri QM talaş kırıcı formunda elde edilmiştir. Kesme hızındaki artışın, yüzey pürüzlülüğünü düşürdüğü, bununla birlikte kesme derinliklerinin ve ilerleme miktarındaki artış ile yüzey pürüzlülüklerinin arttığını gözlemlemişlerdir [33].

HABALI Kasım ve Arkadaşları, AISI 1040 çeliğin, kesici takımlardaki farklı kaplama malzemelerinin farklı kesme parametrelerine bağlı olarak iş parçasının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan deneylerde, soğutma sıvısı kullanılmadan PVD yöntemiyle Al₂O₃ kaplanmış ve CVD yöntemiyle en üstte TiN olmak üzere üç katlı kaplama yapılmış iki farklı sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri; 28-83-116-163-225 m/dk kesme hızları, 0,24-0,32mm/dev ilerleme miktarları ve 2,5mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Deneyler sonucunda yapılan ölçümlerde; en az yüzey pürüzlülüğünün en üstte TiN kaplı kesici takımında olduğu gözlemlenmiştir. İlerleme miktarının %33 artmasıyla, yüzey pürüzlülüğünün %14 arttığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte kesme hızının da %388 artışıyla, yüzey pürüzlülüğünün %114 azaldığını gözlemlemişlerdir [34].

6.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

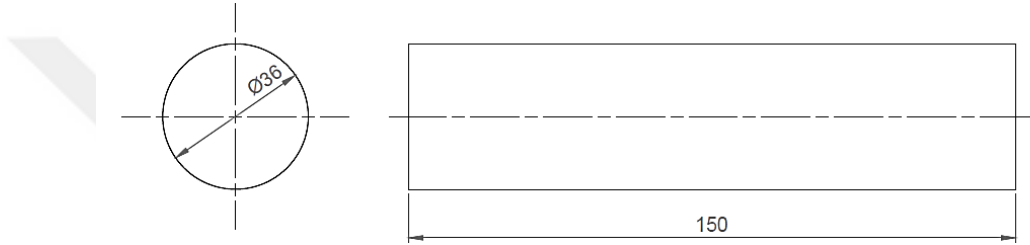
Yapılan çalışmalarda, kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesici takım formu ve bunun gibi parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Kesme hızı artışının yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum artan kesme hızı ile talaş kesici takım sürtünme yüzeyinin azalmasından dolayı kesme kuvvetlerinin azalmasına yorumlanmıştır. İlerleme miktarı ve kesme derinliğinin artışının birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasından dolayı kesme kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır. Artan kesme kuvvetlerinin yüzey pürüzlülüğünü artırdığı vurgulanmaktadır. Dolayısıyla tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin büyüklüğünün yüzey pürüzlülüğü artışına neden olduğu görülmektedir.

Kullanılan kesici takımlarda ise, MR talaş kırıcı formunda kesici takımın kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu, QM talaş kırıcı formundaki kesici takımların ise kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha düşük olduğu vurgulanmaktadır.

BÖLÜM 7

MALZEME VE METOT

Bu çalışmada, Ø36 ve 150mm boyunda 33HRC sertlikte standart 17-4PH paslanmaz çelik kullanılmıştır. Malzemenin kimyasal özellikleri Çizelge 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. Ham malzeme ölçüleri.

Çizelge 7.1. 17-4 PH paslanmaz çeliğin kimyasal özellikleri.

17-4 PH Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Özellikleri							
Kalite	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
630 (1.4542)	%0,07 max.	%1,0	%0,7	%0,4	%0,03 max.	%15-17	%3-5

7.1. HAM MALZEMELERE YAŞLANDIRMA İŞLEMİNİN UYGULANMASI

Ø36 ve 150mm boyutlarındaki, 33HRC sertliğindeki 17-4PH paslanmaz çelik malzemesi ASTM A564/A564M-10 standardına göre 3 farklı yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Yaşlandırma işlemi Protherm ACF 110/6 yaşlandırma fırınında yapılmıştır. 1. grup yaşlandırma işleminde H900 şartına göre 482 °C sıcaklıkta 1 saat ısıtılıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak yaşlandırma işlemi yapılmış ve 44HRC sertlik elde edilmiştir. 2. Grup yaşlandırma işleminde H925 şartına göre 496°C sıcaklıkta 4 saat ısıtılıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak yaşlandırma işlemi yapılmış ve 40 HRC sertlik elde edilmiştir. 3. Grup yaşlandırma işleminde H1025

şartına göre 551C° sıcaklıkta 4 saat ısıtılıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak yaşlandırma işlemi yapılmış ve 36HRC sertlik elde edilmiştir (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2. Yaşlandırma işlemi uygulama değerleri.

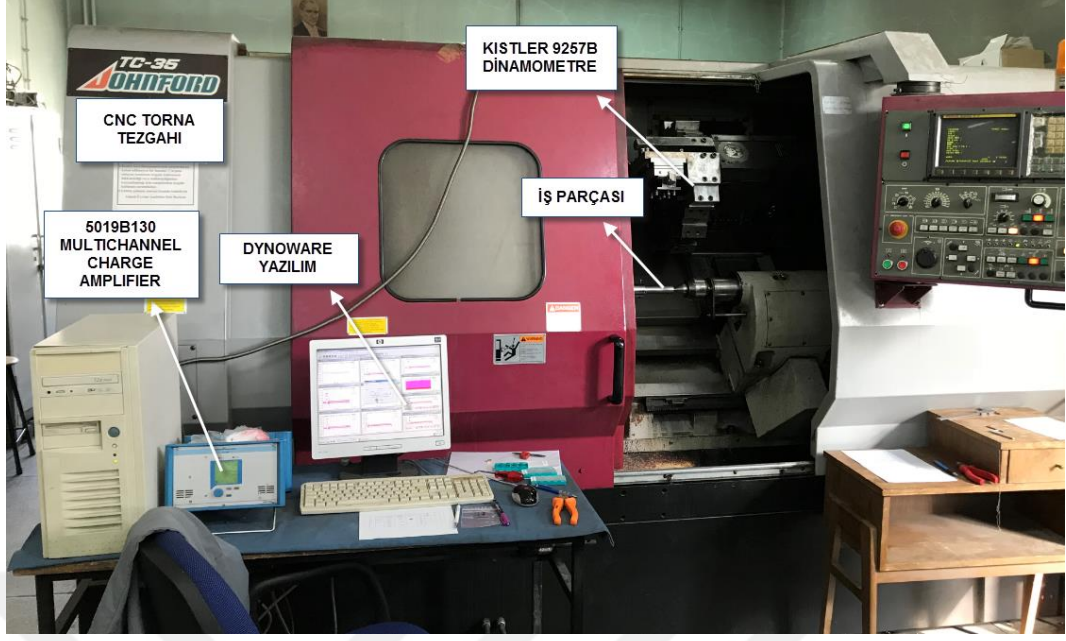
YAŞLANDIRMA İŞLEMİ				
ŞART	SICAKLIK(C°)	ZAMAN (h)	SOĞUTMA	SERTLİK(HRC)
H900	482	1	HAVA	44
H925	496	4	HAVA	40
H1025	551	4	HAVA	36



Şekil 7.2. Protherm ACF 110/6 yaşlandırma fırını.

7.2. DENEYLERDE KULLANILAN TAKIM TEZGAHI, DİNAMOMETRE VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

Yapılan Deneylerde en fazla Ø75mm çubuk kapasiteli, 2 eksen (x-z) Johnford TC-35 CNC torna tezgahı kullanılmıştır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. DCMT-11T308-MP kesici takım geometrisi.

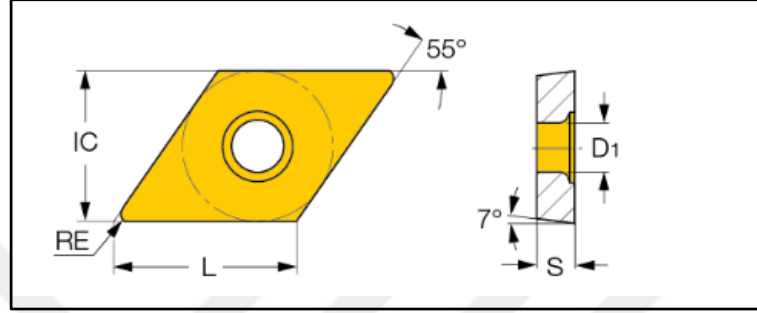
Kuvvet ölçümünde ise, teknik özellikleri Çizelge 7.3’de verilmiş olan KISTLER 9257B tipi dinamometre kullanılmıştır.

Çizelge 7.3. Kistler 9257B dinamometre teknik özellikleri.

Kuvvet aralığı (kN) (Fx, Fy, Fz)	-5...10
Tepki verme (N)	<0.01
Hassasiyet (pC/N) Fx, Fy	-7,5
Fz	-3,5
Doğrusallık	%1 FSO
Histerezis	%0,5 FSO
Doğal frekans $f_0(x,y,z)$ (kHz)	3,5
Çalışma sıcaklığı (°C)	0...70
Kapasitans (pF)	220
20 °C’deki yalıtım direnci (Ω)	> 1013
Topraklama sınıfı (Ω)	> 108
Koruma sınıfı	IP 67
Ağırlık (kg)	7,3

7.3. DENEYLERDE KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR

Deneyleerde kesme parametreleri olarak; Bohler tornalama kataloğundan seçilmiştir. Yapılan deneyleerde BOEHLERIT marka 0.8 mm uç radüslü DCMT 11T308-MP kesici takım kullanılmıştır (Şekil 7.5.).



Şekil 7.4. DCMT-11T308-MP kesici takım geometrisi.

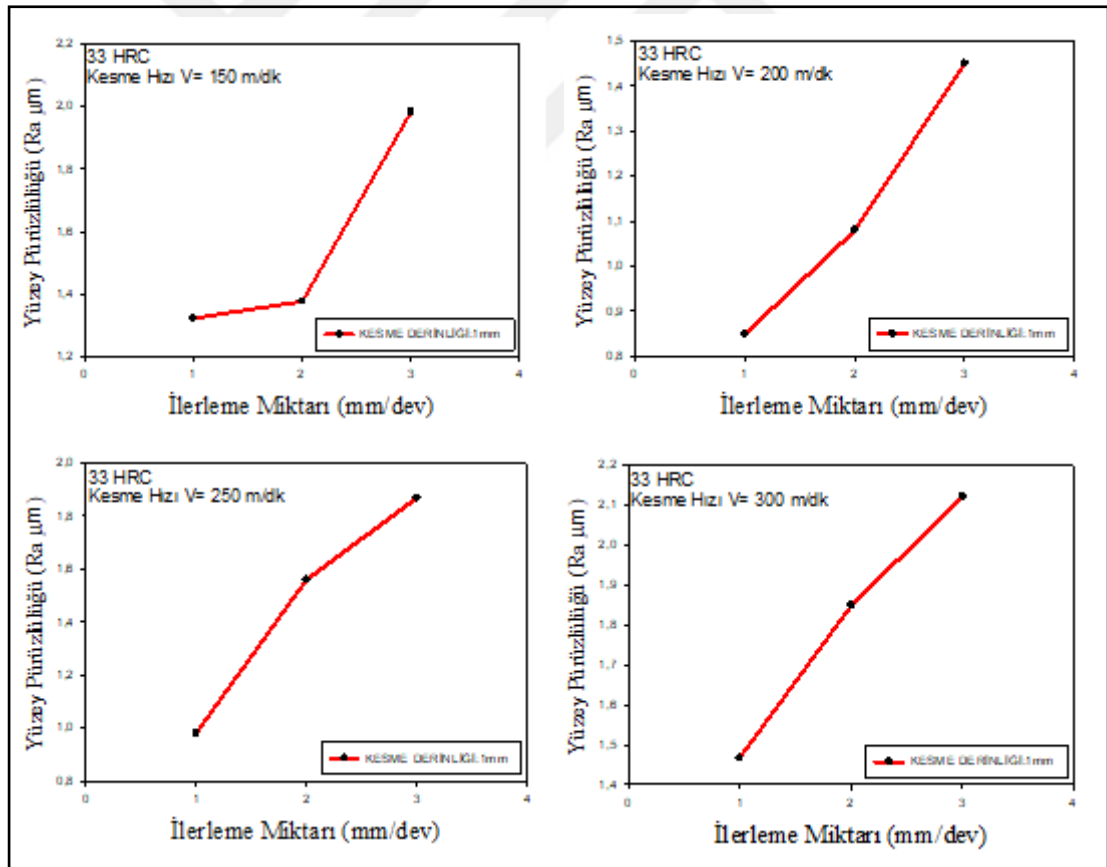
7.4. DENEYİN YAPILIŞI

7.4.1. Pilot Deneyleer

17-4 PH paslanmaz çeliğın, mevcut 33HRC sertlikteki numuneler ile çıkan yüzey pürüzlülüklerine bakılarak en uygun kesme hızını belirlemek amacıyla ön deneyleer yapılmıştır. Yapılan ön deneyleer 1-12 deneyleede; 3 farklı ilerleme miktarı (0,1-0,15-0,2mm/dev), 1mm'lik kesme derinliğı sabit tutulmuş ve 150-200-250-300m/dk olmak üzere 4 farklı kesme hızı kullanılmıştır. Yapılan deneyleer sonunda parçaların yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür [26].

Çizelge7.4. 33HRC sertlikteki ön deneyler.

SERTLİK	DENEY	İLERLEME MİKTARI mm/dev	KESME DERİNLİĞİ mm	KESME HIZI m/dk	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ Ra (µm)
33 HRC	1	0,1	1	150	1,323
	2	0,15	1	150	1,377
	3	0,2	1	150	1,982
	4	0,1	1	200	0,850
	5	0,15	1	200	1,08
	6	0,2	1	200	1,450
	7	0,1	1	250	0,980
	8	0,15	1	250	1,560
	9	0,2	1	250	1,868
	10	0,1	1	300	1,467
	11	0,15	1	300	1,536
	12	0,2	1	300	1,507



Şekil 7.5. 33HRC sertlikteki, 1mm kesme derinliği ve 3 farklı (0,1- 0,15- 0,2 mm/dev) ilerleme miktarı ile 4 farklı (150 – 200 – 250 – 300 m/dk) kesme hızı grafikleri.

Yapılan pilot deneyler neticesinde elde edilen veriler Şekil 7.5’te grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 7.5’teki grafikler incelendiğinde en uygun kesme hızının 200 m/dk olduğu tespit edilmiştir. Diğer kesme hızlarında yüzey pürüzlülüklerinin daha fazla ve değişimin daha düzensiz olduğu gözlemlenmiştir. 4 farklı sertlik (33HRC-36HRC-40HRC-44HRC) değerine sahip 17-4 PH paslanmaz çeliği 200 m/dk kesme hızı (sabit), 3 farklı ilerleme miktarı (0,1-0,15-0,2mm/dev) ve 3 farklı kesme derinliği (1-1,5-2mm) parametrelerinin kombinasyonunda tornalanmıştır. Tornalama işlemi esnasında kesme kuvvetleri kistler marka dinamometre ile ölçülmüştür. Tornalama işlemi sonrası üç farklı bölgeden mitutoyo marka ölçüm cihazı ile ölçüm yapılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır. Deneysel çalışma sonucu elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) verileri grafiklere dönüştürülerek yorumlanmıştır.

Çizelge 7.5. Deney çizelgesi.

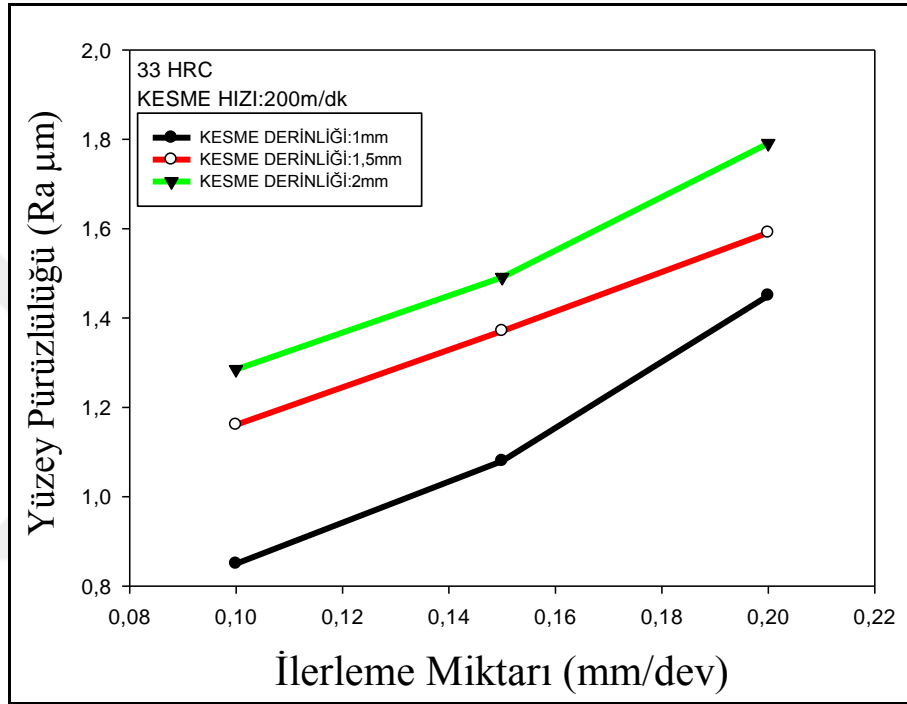
SERTLİK	DENEY	İLERLEME MİKTARI mm/dev	KESME DERİNLİĞİ mm	KESME HIZI m/dk	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ Ra (µm)
33HRC	4	0,10	1	200	0,850
	5	0,15	1	200	1,081
	6	0,20	1	200	1,451
	13	0,10	1,5	200	1,161
	14	0,15	1,5	200	1,371
	15	0,20	1,5	200	1,591
	16	0,10	2	200	1,285
	17	0,15	2	200	1,491
	18	0,20	2	200	1,791
36 HRC	19	0,10	1	200	1,161
	20	0,15	1	200	1,563
	21	0,20	1	200	1,765
	22	0,10	1,5	200	1,271
	23	0,15	1,5	200	1,735
	24	0,20	1,5	200	1,951
	25	0,10	2	200	1,372
	26	0,15	2	200	1,876
	27	0,20	2	200	2,121

Çizelge 7.5. (devam ediyor).

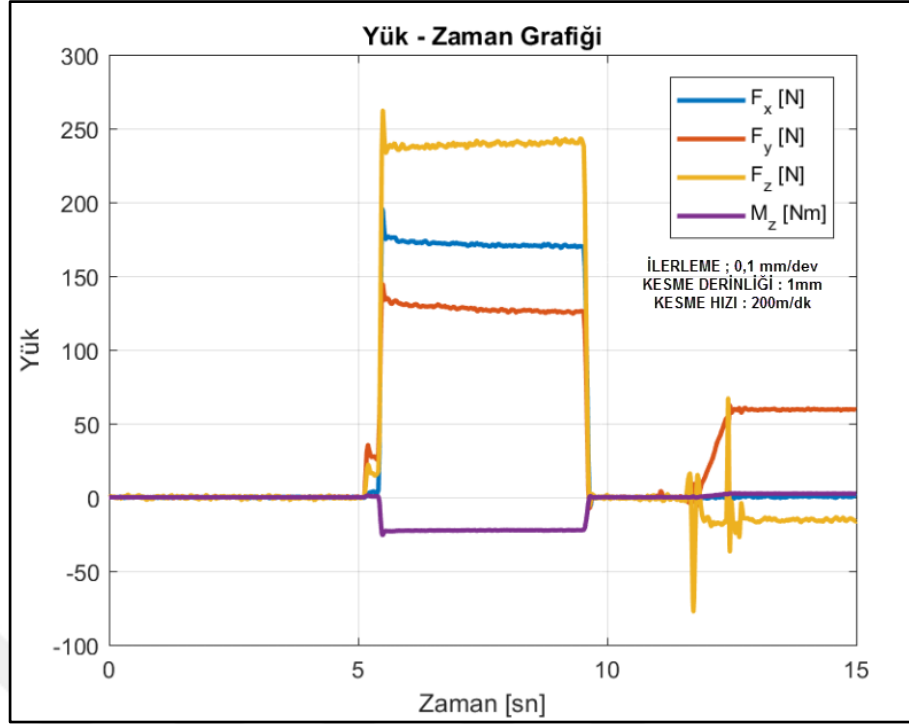
SERTLİK	DENEY	İLERLEME MİKTARI mm/dev	KESME DERİNLİĞİ mm	KESME HIZI m/dk	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ Ra (µm)
40 HRC	28	0,10	1	200	1,241
	29	0,15	1	200	1,668
	30	0,20	1	200	1,979
	31	0,10	1,5	200	1,357
	32	0,15	1,5	200	1,831
	33	0,20	1,5	200	2,109
	34	0,10	2	200	1,468
	35	0,15	2	200	1,973
	36	0,20	2	200	2,271
44 HRC	37	0,10	1	200	1,417
	38	0,15	1	200	1,952
	39	0,2	1	200	2,247
	40	0,10	1,5	200	1,677
	41	0,15	1,5	200	2,013
	42	0,20	1,5	200	2,387
	43	0,10	2	200	1,747
	44	0,15	2	200	2,217
	45	0,20	2	200	2,544

33 HRC sertliğine sahip 17-4 PH paslanmaz çeliği 200 m/dk, üç farklı ilerleme miktarı (0,1-0,15-0,2mm/dev) ve üç farklı kesme derinliği (1-1,5-2mm) parametrelerinin kombinasyonunda tornalanması sonrası ölçülen yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 7.6'da grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 7.6'daki grafikler incelendiğinde, ilerleme miktarı artışı yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur. Bu durum; ilerleme miktarının artışıyla birlikte artan kesme kuvvetlerine atfedilir. Tüm talaş kaldırma işlemlerinde ilerleme miktarı artışıyla birlikte birim zamanda iş parçasından kaldırılan talaş hacmi artmıştır. Artan talaş hamini parçadan koparmak içinde kesme kuvveti artmış olup, kesme kuvveti artışı yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına neden olmuştur [21]. İlerleme miktarı 0.1mm/dev ve yüzey pürüzlülüğü 0.850 µm iken, ilerleme miktarının %50 artışıyla (0,15mm/dev), yüzey pürüzlülüğünün 1,08µm olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda Yüzey pürüzlülüğü %27 artmıştır. İlerleme miktarı %100 arttığında ise (0.2mm/dev) yüzey pürüzlülüğü 1.560µm olarak ölçülmüştür. Artış yaklaşık %83.5 olduğu gözlemlenmiştir. Aynı kesme şartları için kesme derinliği artışı, birim zamanda kaldırılan talaş hacmini artırmış ve buna bağlı olarak ta kesme kuvveti artmıştır. Artan kesme kuvveti de

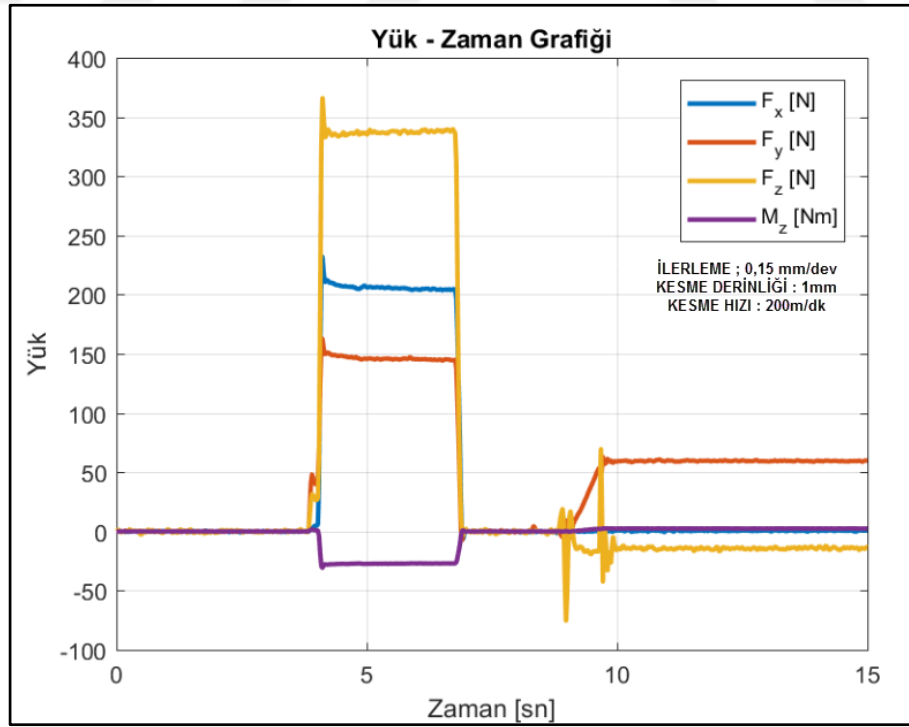
yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Şekil 7.7-Şekil 7.9'deki kuvvet grafikleri bu durumu doğrular niteliktedir. Kesme derinliğinin 1mm olduğunda yaklaşık 240 N olan kesme kuvveti, kesme derinliğinin 1,5mm çıkmasıyla yaklaşık 340 N, kesme derinliğinin 2mm olmasıyla yaklaşık 380 N'a çıkmıştır. Dolayısıyla, kesme derinliğinin artmasıyla artan kesme kuvveti yüzey pürüzlülüğü değerlerini artırmıştır [21]. Bu beklenen bir durumdur.



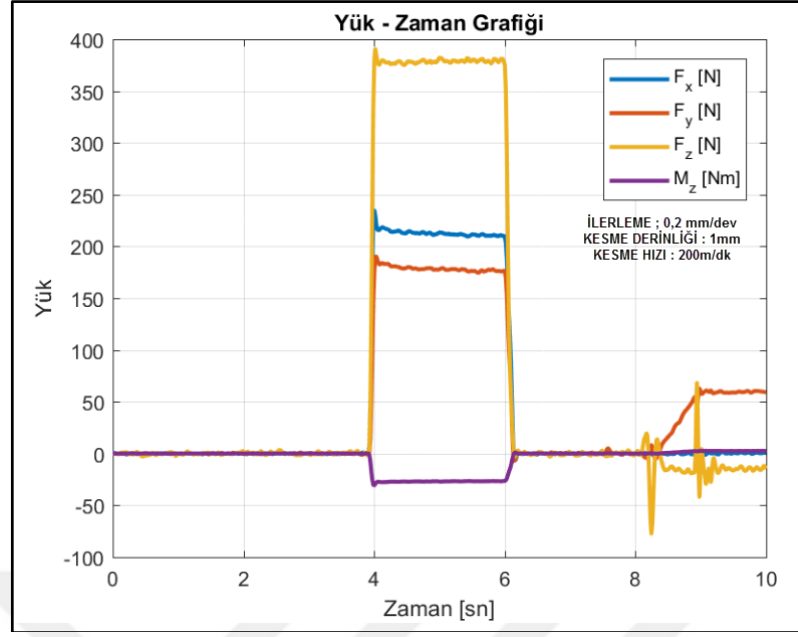
Şekil 7.6. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.



Şekil 7.7. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

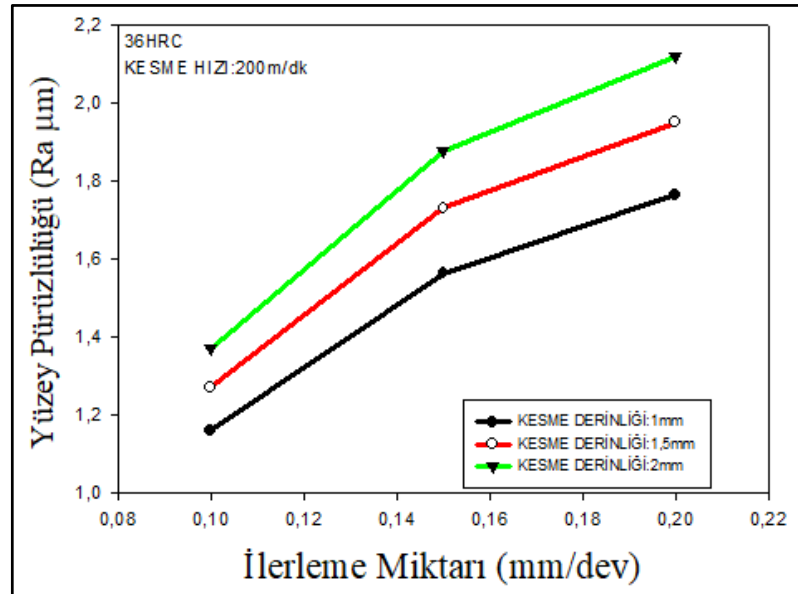


Şekil 7.8. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



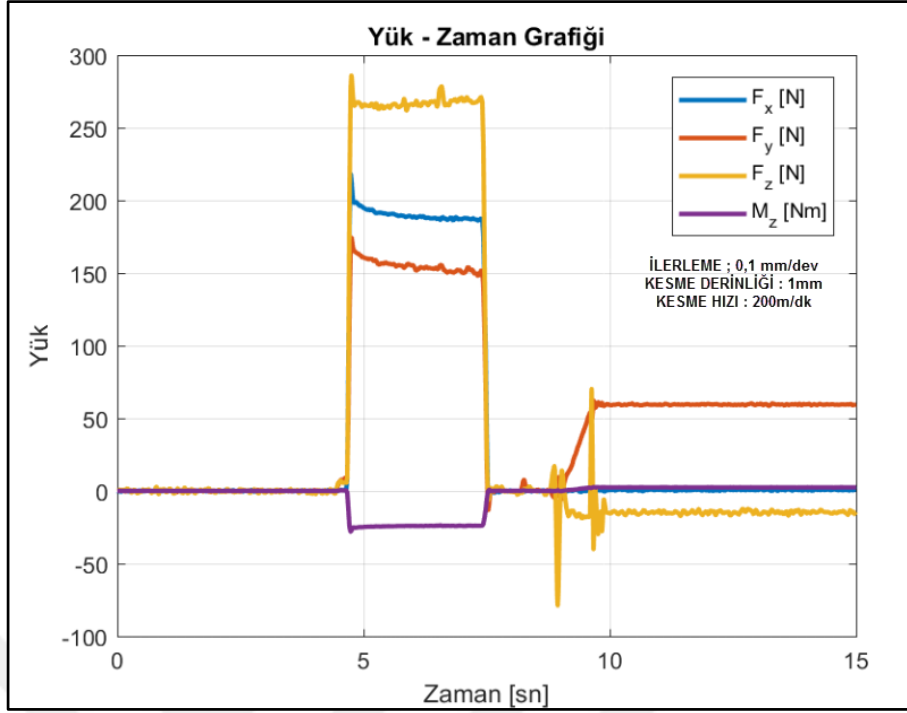
Şekil 7.9. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

36 HRC sertliğine sahip 17-4 PH paslanmaz çeliği 200 m/dk, üç farklı ilerleme miktarı (0,1-0,15-0,2mm/dev) ve üç farklı kesme derinliği (1-1,5-2mm) parametrelerinin kombinasyonunda tornalanması sonrası ölçülen yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 7.10'da grafiklere dönüştürülmüştür.

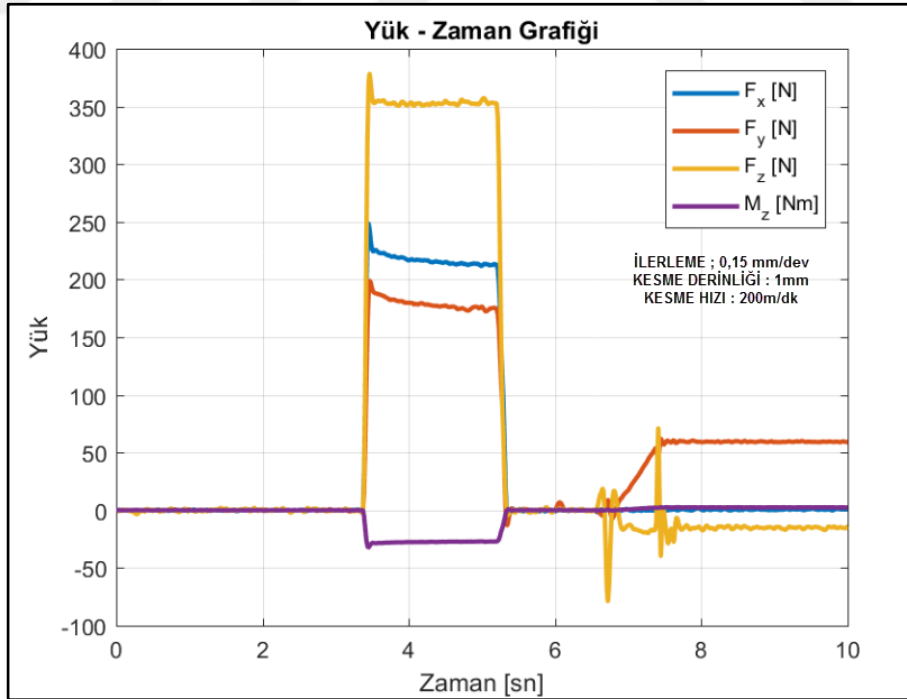


Şekil 7.10. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.

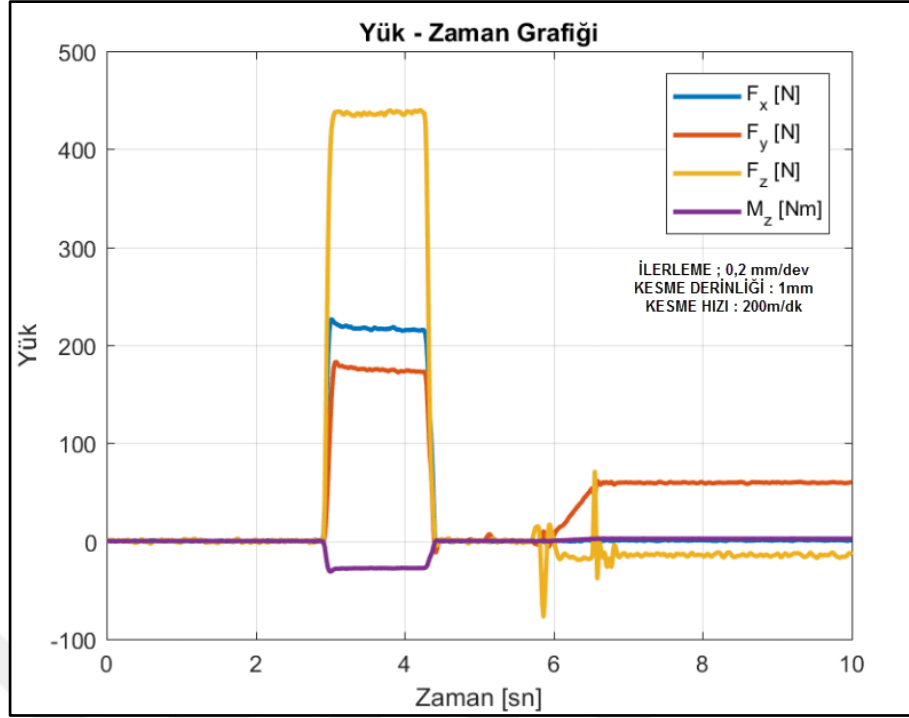
Şekil 7.10'daki grafikler incelendiğinde ilerleme miktarı artışı yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına neden olmuştur. Bu durum ilerleme miktarının artması ile birlikte birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasına atfedilir. İlerleme miktarı artışı ile birlikte kesici takım birim zamanda daha fazla hacimde talaş kaldırmaktadır. Birim zamanda kaldırılan talaş hacminde artış, bu talaş hacmini parçadan koparmak için harcanan kesme kuvvetinin artışına sebep olmuştur. Artan kesme kuvvetlerindeki dalgalanma yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur. İlerleme miktarı 0.1mm/dev ve yüzey pürüzlülüğü 1.161 μm iken, ilerleme miktarının %50 artışıyla (0,15mm/dev), yüzey pürüzlülüğünün 1,563 μm olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda Yüzey pürüzlülüğü %35 artmıştır. İlerleme miktarı %100 artığında ise (0.2mm/dev) yüzey pürüzlülüğü 1.765 μm olarak ölçülmüştür. Artış yaklaşık %52 olduğu gözlemlenmiştir. Aynı kesme şartlarında kesme derinliği artışı yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına yol açmıştır. Bu durum; artan kesme derinliğine bağlı kesme kuvvetlerindeki artışa yorumlanmıştır. Kesme kuvvetlerindeki artış tezgah- kesici takım titreşimini artırmış ve titreşim artışı da yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur [21]. Kesme derinliği 1mm olduğunda 1,161mm olan yüzey pürüzlülüğü, kesme derinliğinin 1,5mm olmasıyla 1,271mm olmuş ve kesme derinliğinde %10 artış olmuştur. Kesme derinliği 2mm olmasıyla %100 artış olmuş ve yüzey pürüzlülüğü %20 artarak 1,372mm olmuştur. Şekil 7.11-Şekil 7.13 'deki kuvvet grafikleri bu durumu ispatlamaktadır. İlerleme miktarı 0,1mm/dev olduğunda kesme kuvveti yaklaşık 270 N iken, ilerleme miktarının 0,15mm/dev olduğunda 350 N, ilerleme miktarının 2mm/dev olduğunda 450 N olmuştur. İlerleme miktarı artışı kesme kuvvetlerini artırmış ve kesme kuvvetlerindeki artış yüzey pürüzlülüğü artışına yol açmıştır.



Şekil 7.11. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

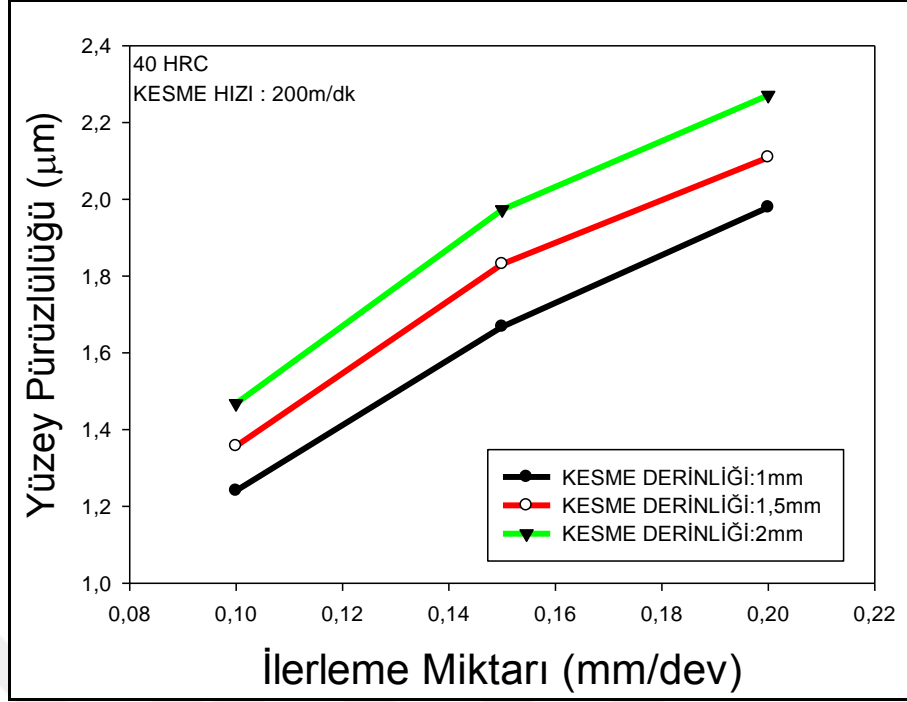


Şekil 7.12. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



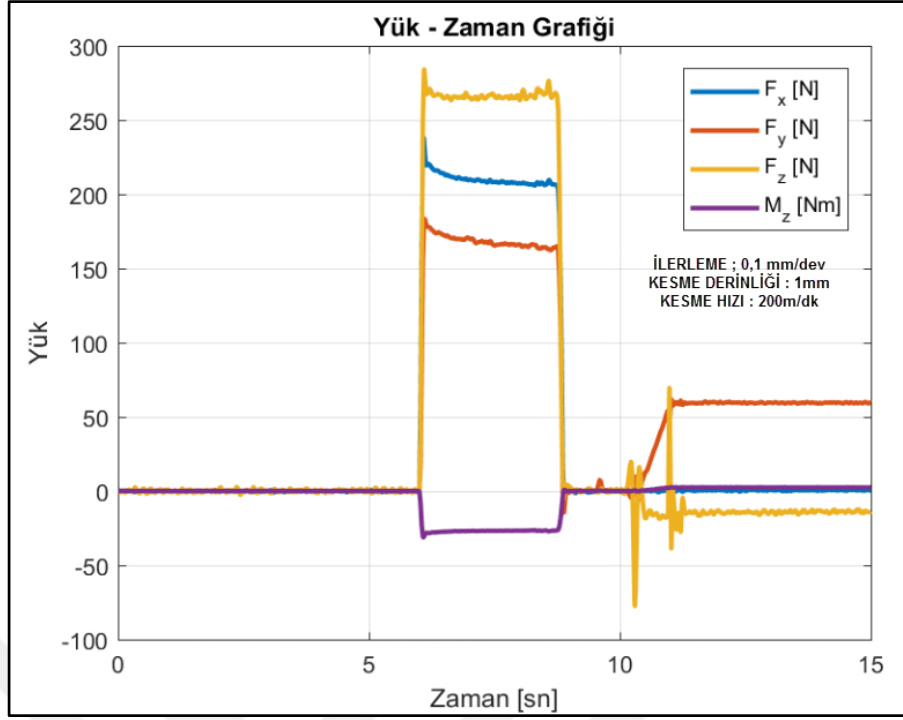
Şekil 7.13. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

Şekil 7.9'daki kesme kuvveti-zaman grafikleri incelendiğinde sertlik artışının kesme kuvvetleri artışına neden olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla kesme kuvveti artışının yüzey pürüzlülüğünü artırdığını işaret etmektedir. 33HRC sertlikteki iş parçasında 0,1mm/dev ilerleme miktarı, 1mm kesme derinliği ve 200m/dk kesme hızı ile yapılan deneyde ölçülen yüzey pürüzlülüğü 0.850 μm iken, 36HRC sertlikteki iş parçasında aynı kesme parametreleri kullanıldığında ölçülen yüzey pürüzlülüğü 1,161 μm olarak ölçülmüştür. İş parçasındaki sertlik artışının, yüzey pürüzlülüğünün %36 arttığı görülmüştür.

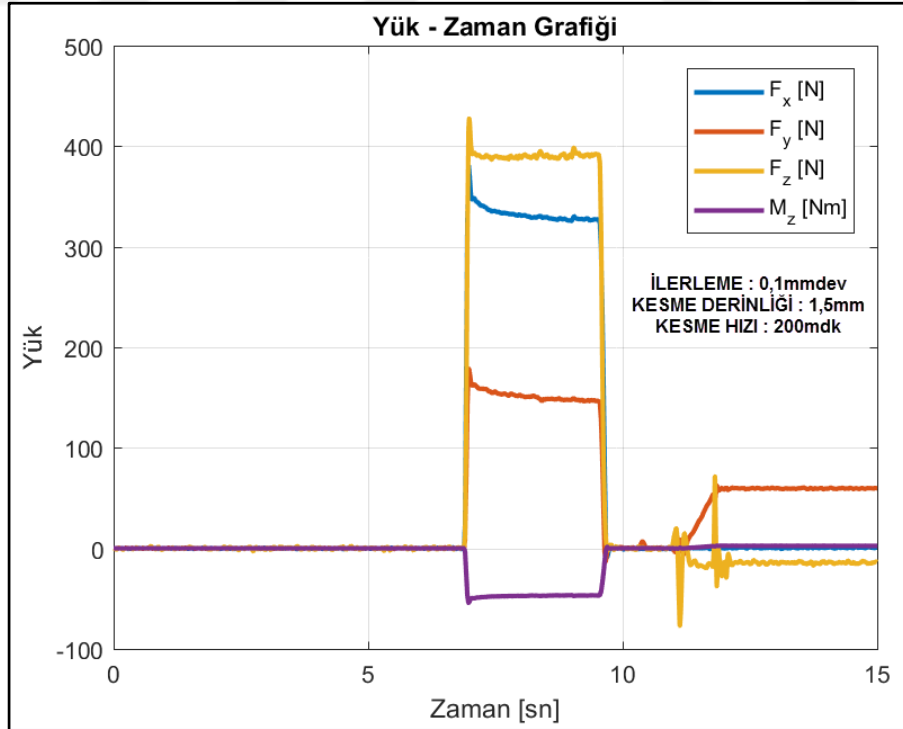


Şekil 7.14. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.

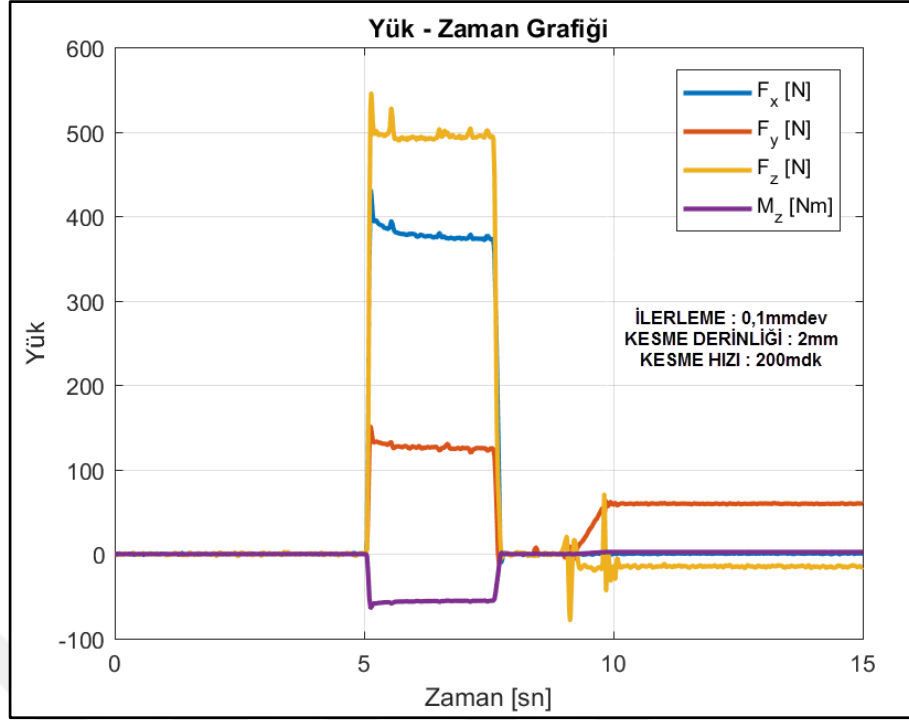
Şekil 7.14.'deki grafikler incelendiğinde şekil 7.6 ve şekil 7.10'daki grafiklerdekine benzer bir durum söz konusudur. İlerleme miktarı artışı, kesme kuvvetleri artışına neden olmuştur. Bunun nedeni birim zamanda kaldırılan talaş miktarının artmasına yorumlanır. Aynı zamanda kesme kuvveti artışı, yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur. İlerleme miktarının 0.1mm/dev olduğunda 1.241 µm olan yüzey pürüzlülüğü, ilerleme miktarının %50 artışıyla (0.15mm/dev) 1.668 µm ölçülmüş ve artış %34 olmuştur. İlerleme miktarının %100 artışıyla (0.2mm/dev) yüzey pürüzlülüğü 1.979 µm olmuştur. İlerleme miktarının %100 artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün %59 arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde kesme derinliği artışının da aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünün artışına neden olduğu görülmüştür. Kesme derinliği arttığı zaman, kesme kuvvetlerinin de artması, yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmuştur. Kesme derinliği 1mm iken kesme kuvveti 280 N iken, kesme derinliği 1,5mm olduğunda 450N olmuştur. Kesme derinliği 2mm olduğunda ise 550N olarak ölçülmüştür.



Şekil 7.15. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

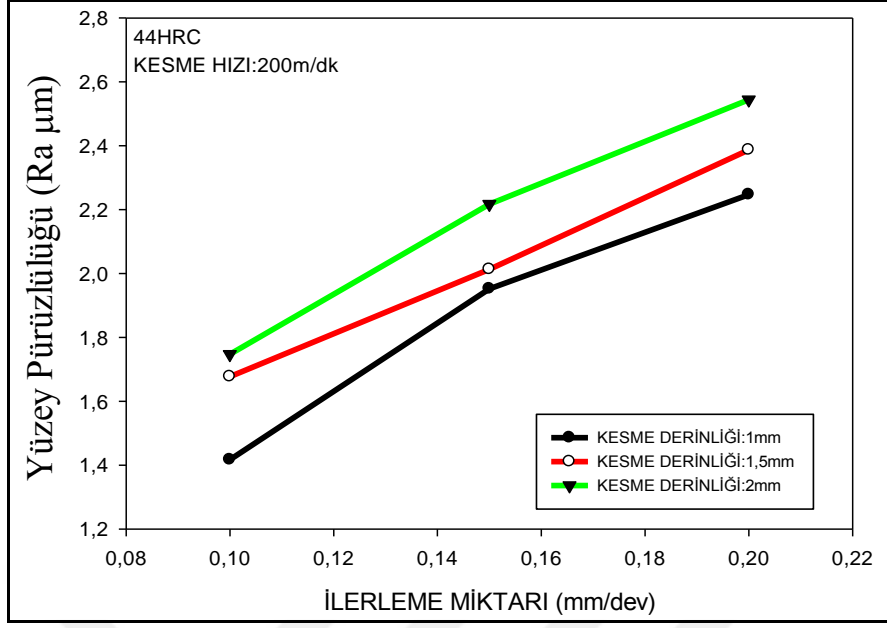


Şekil 7.16. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1,5mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



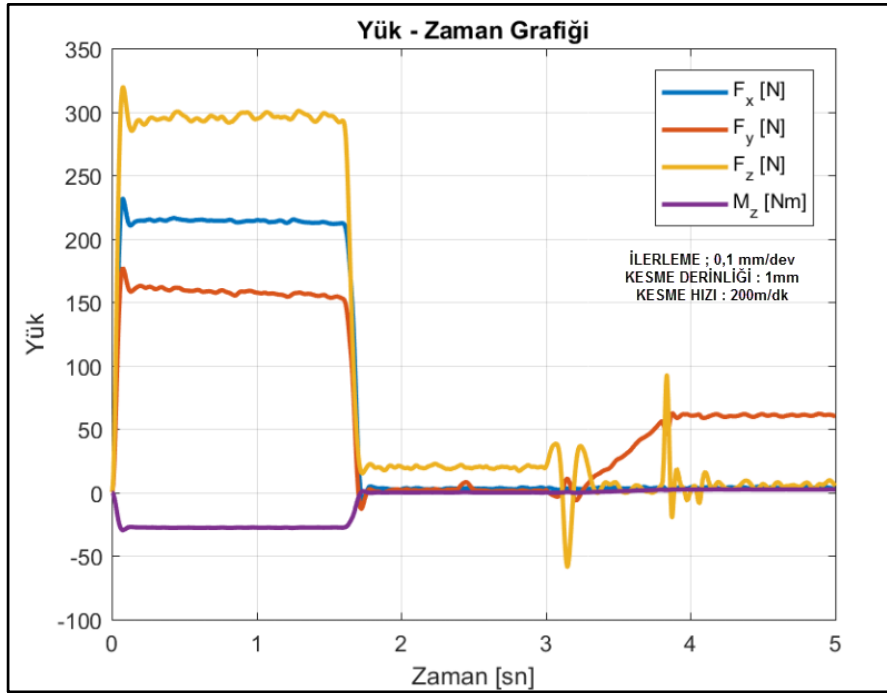
Şekil 7.17. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.

33HRC, 36HRC ve 40 HRC sertliklerdeki Yüzey pürüzlülüğü-ilerleme miktarı ve kuvvet grafikleri incelendiğinde hem sertlik miktarının artışı hem de ilerleme miktarı artışının yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum malzeme sertliğinin artışıyla malzemenin kesici takıma uyguladığı direnç, ilerleme miktarının artışıyla talaş hacminin artmasından dolayı kesme kuvvetlerini artırdığı ve bununla birlikte yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olduğu görülmüştür.

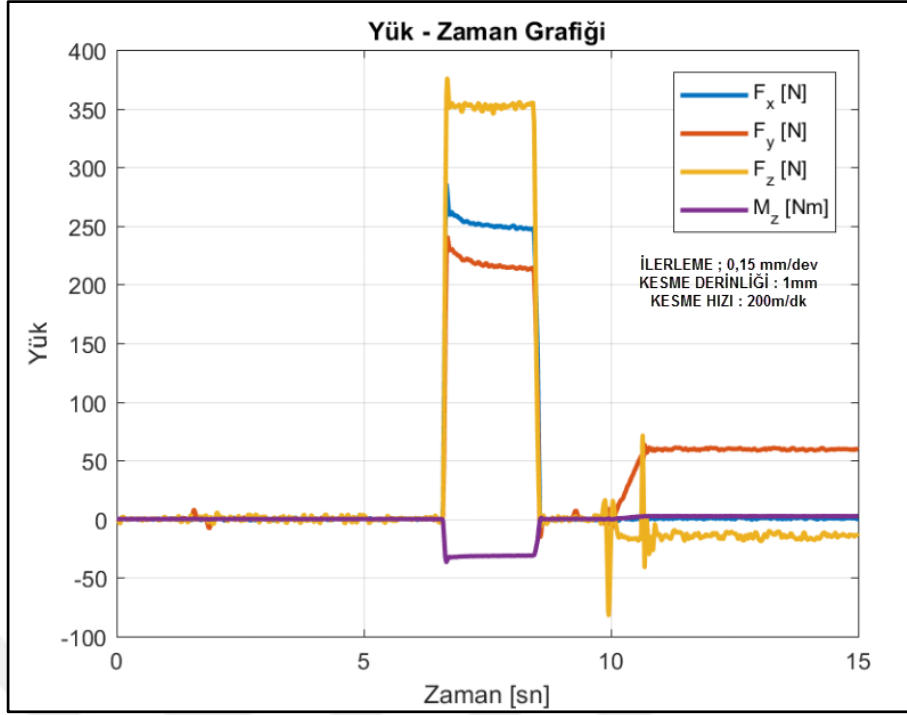


Şekil 7.18. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında, ilerleme ve kesme derinliğine bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.

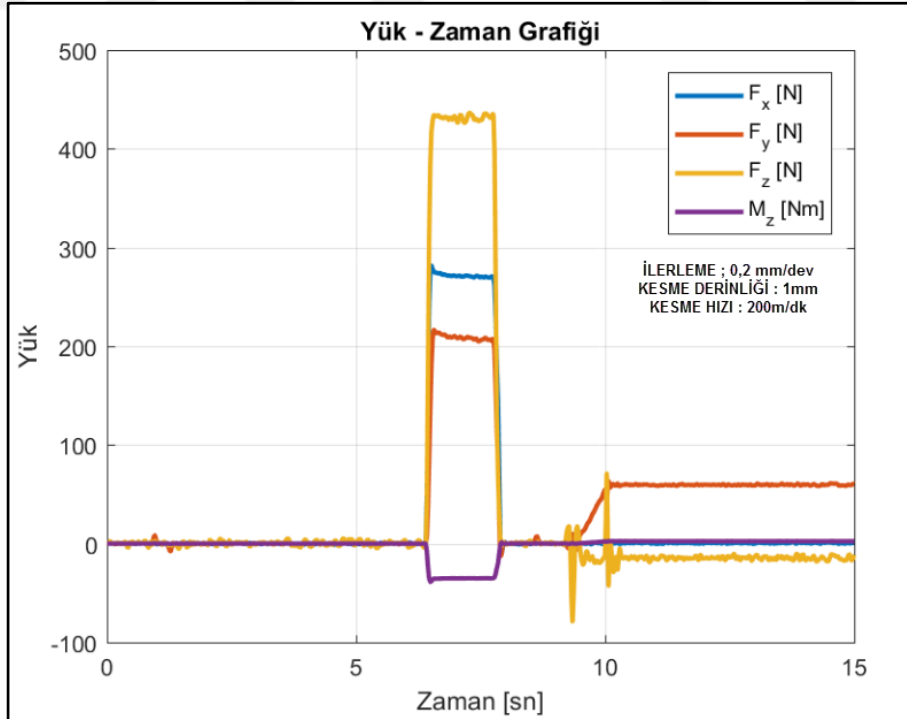
Diğer üç sertlikteki gibi 44HRC sertlikte de sertlik artışının ve ilerleme miktarı artışının yüzey pürüzlülüğünü artırdığı gözlemlenmiştir (Şekil 7.12).



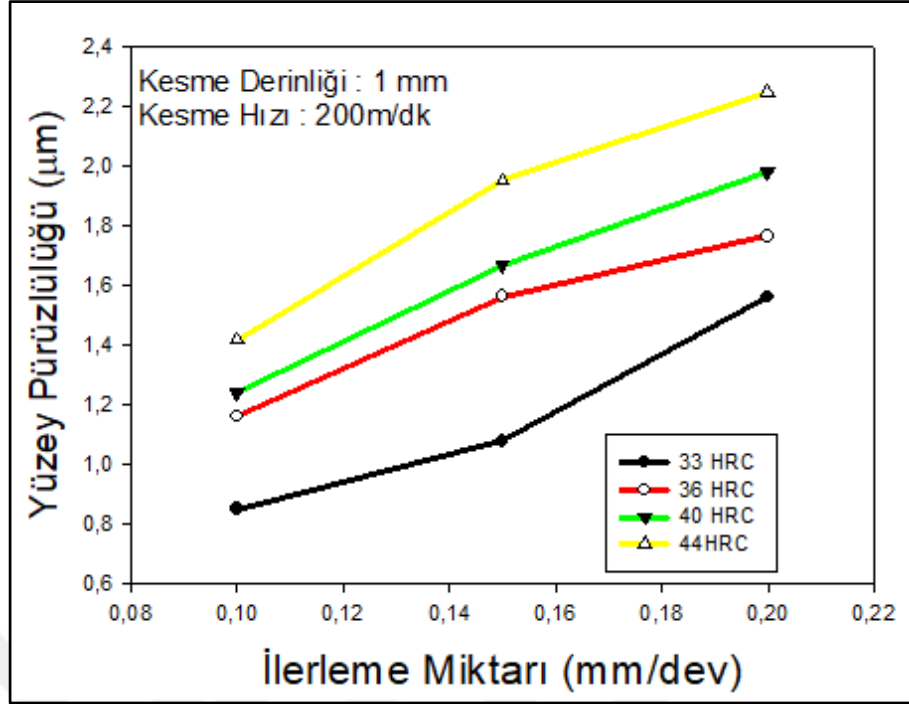
Şekil 7.19. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,1mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



Şekil 7.20. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,15mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



Şekil 7.21. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 1mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



Şekil 7.22. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.

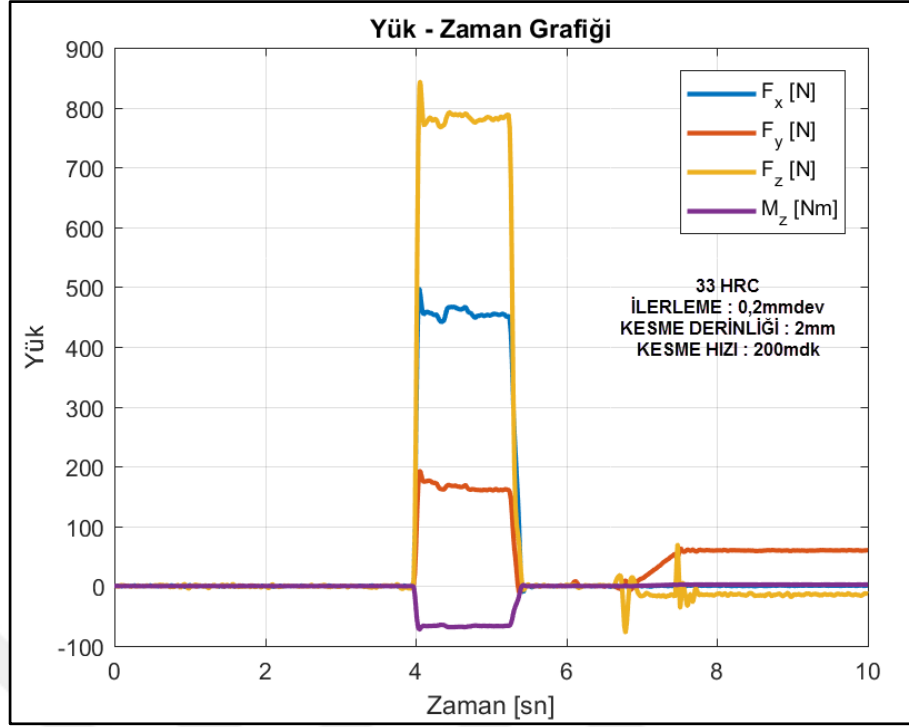
33HRC, 36HRC, 40HRC ve 44HRC Sertlikteki 17-4PH paslanmaz Çeliği 200 m/dak kesme hızı, 0,1-0,15 ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarı ve 1-1,5 ve 2 mm kesme derinliği kombinasyonlarında tornalanmıştır. İşlem sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.22, Şekil 7.23 ve Şekil 7.24'de grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 7.22 'deki grafikler incelendiğinde, 1 mm kesme derinliğinde ilerleme miktarı artışı yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur. Bu durum, ilerleme miktarı artışıyla artan talaş hacmine yorumlanmıştır. Kesici takım birim zamanda daha fazla hacimde talaş kaldırmak için daha fazla kesme kuvveti tüketmiş ve artan kesme kuvveti yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artmasına sebep olmuştur.

33HRC, 36HRC, 40HRC ve 44 HRC Sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 1 mm kesme derinliğinde işlenmesinde, tüm ilerleme miktarlarında yüzey pürüzlülüğü değerleri en düşük değer olarak 33 HRC 'ye sahip çelikte elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünde ikinci olarak 36 HRC, üçüncü 40 HRC ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 44 HRC çelikte elde edilmiştir. Bu durum: çeliklerin kimyasal

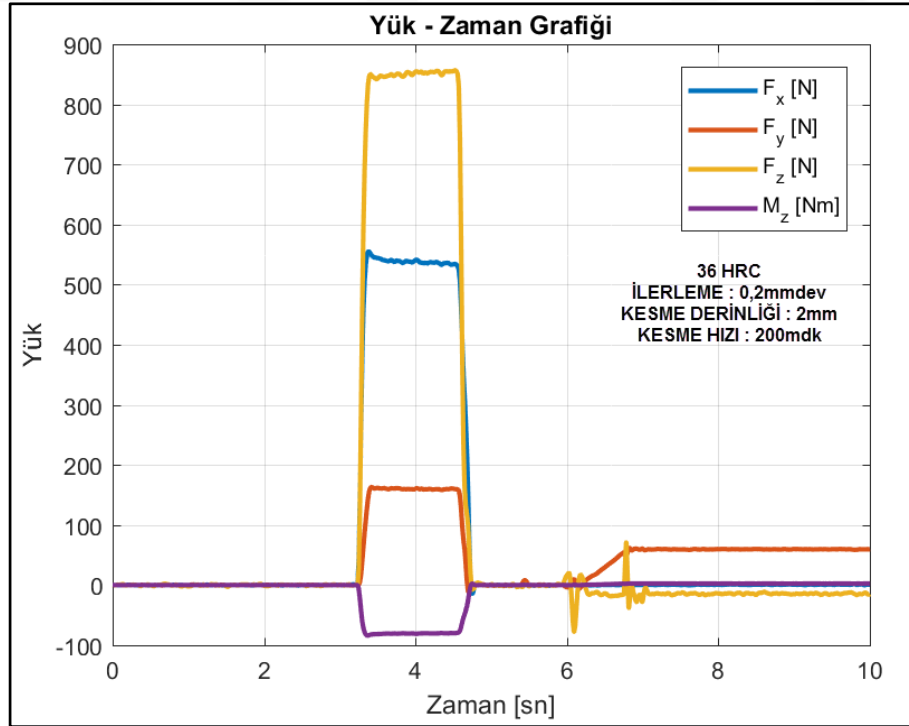
ve fiziksel yapılarında değişikliklere atfedilir. 33HRC olan paslanmaz çeliğin sertliği yaşılandırma işlemeine tabi tutularak 36HRC, 40HRC ve 44HRC olmuştur.

Yapılan yaşılandırma işlemei; alaşıımı çözeltime alma tavidan sonra uygulanan hızlı soğumayı takip eden işlemeidir. Paslanmaz çeliğin içerisinde bulunan alaşım elementleri, çözeltime alma tavi sırasında çözüneürler ve yaşılandırma işlemei sırasında da çok minik (submicroscopic) zerrecikler halinde çökelerek matrisin sertlik ve mukavemetini arttıırırlar. Yapılan işleme sonucu paslanmaz çelik, martenzitik paslanmaz çeliklerin mekanik özelliklerine ve östenitik paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımına dönüşıürler [35].

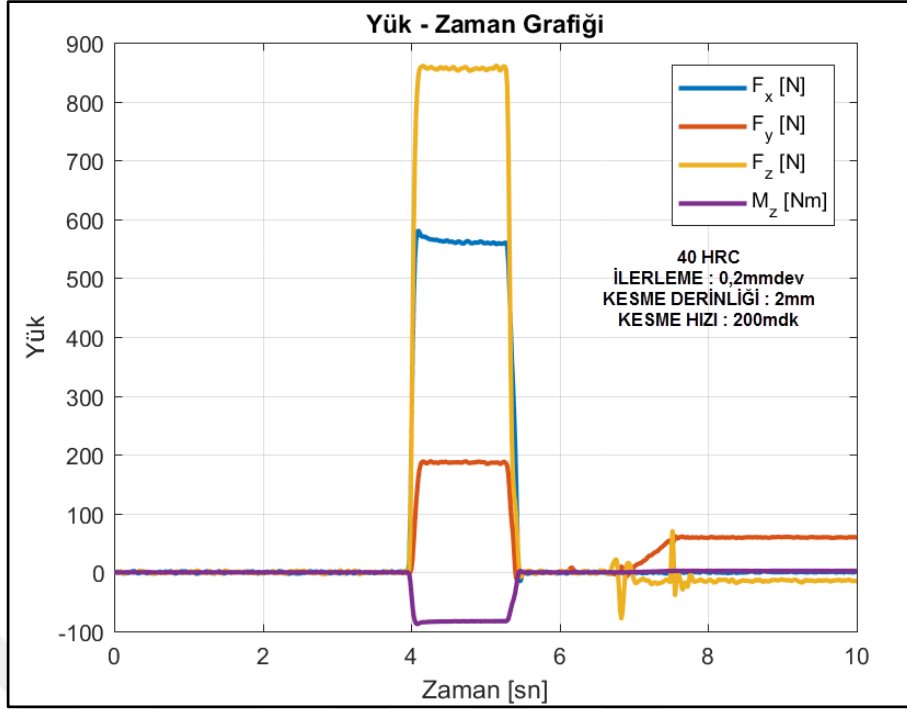
Yapılan deneylerde, artan sertlikten dolayı talaş kaldırma esnasında daha fazla kesme kuvvetine ihtiyaç olmuştur. Kesme kuvvetlerindeki artışta yüzey pürüzlüğünün artışına neden olmuştur. Çünkü kesme kuvvetinin artmasıyla tezgah-kesici takım titreşim genliğinde artış olmuş ve bu artış yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına sebep olmuştur. Şekil 7.23 – Şekil 7.26'daki kuvvet grafikleri incelendiğinde 33HRC çelik malzemesinin işlemei esnasında oluşıan kesme kuvveti 780N iken, 36HRC sertlikte olan çeliğin işlemeinde 850N olmuştur. 40HRC sertlikteki çeliğin işlemei esnasında 890N olurken, sertliğin 44HRC olmasıyla işleme esnasında kesme kuvveti 950N olmuştur. Dolayısıyla, 17-4PH paslanmaz çeliğinin sertliğinin artışıyla işleme esnasında kesme kuvveti artmış ve sertliği artmış malzemeden talaş kaldırmak için harcanan kesme kuvveti de artmıştır. Kesme kuvvetindeki artış yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına neden olmuştur.



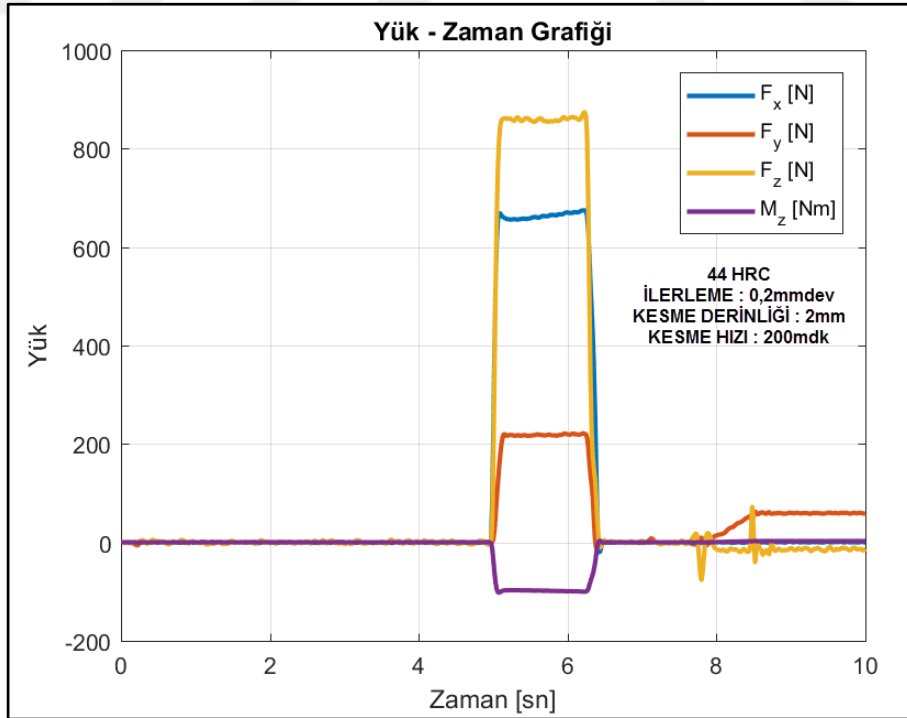
Şekil 7.23. 33HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



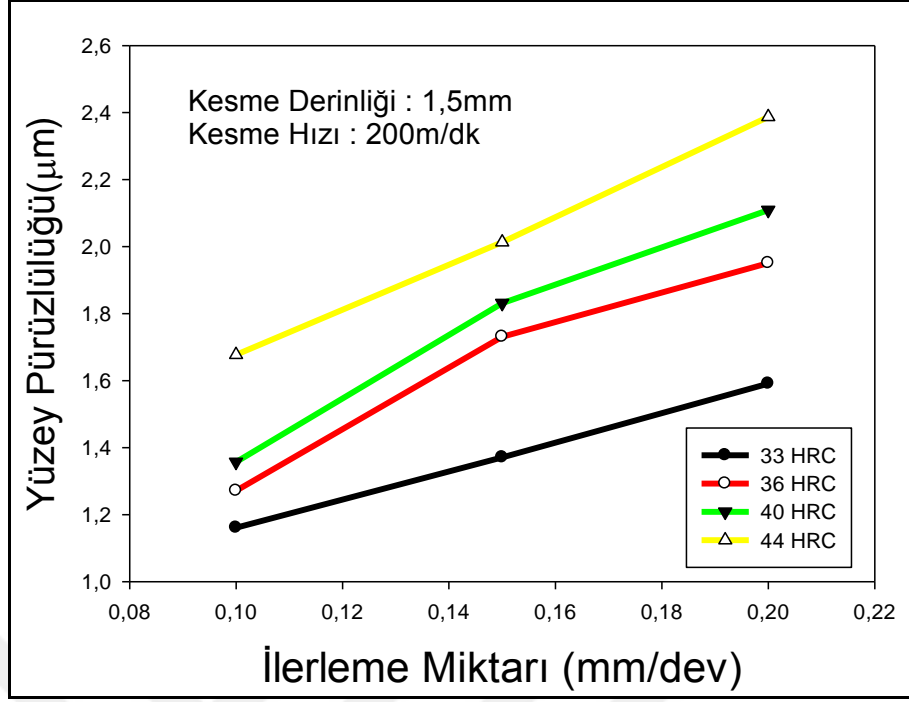
Şekil 7.24. 36HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



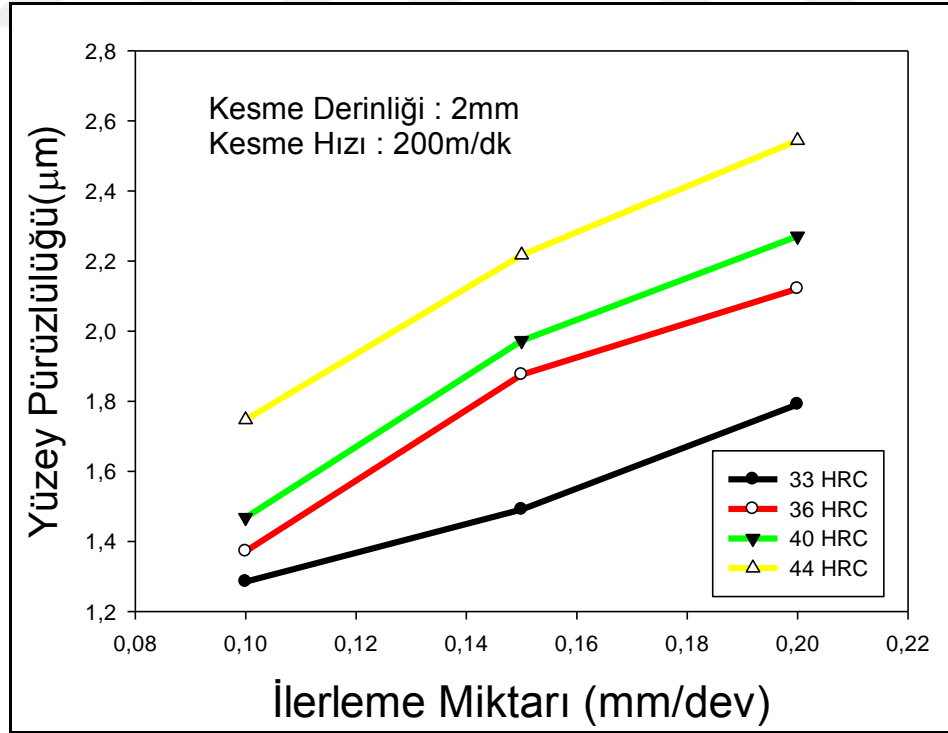
Şekil 7.25. 40HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



Şekil 7.26. 44HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin 200m/dk sabit kesme hızında, 0,2mm/dev ilerleme ve 2mm kesme derinliğine bağlı kesme kuvveti grafiği.



Şekil 7.27. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.



Şekil 7.28. 33-36-40-44 HRC sertlikteki 17-4PH paslanmaz çeliğin sabit kesme hızı ve sabit kesme derinliğinde, ilerleme miktarı bağlı yüzey pürüzlülüğü grafiği.

Şekil 7.14, Şekil 7.15, Şekil 7.16'daki grafikler, Şekil 7.12'deki gibi iş parçası sertliği artırıldığında, artan ilerleme miktarı ile bu iki parametre arttığında yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. Bununla birlikte kesme derinliği açısından da incelendiğinde, tüm deneylerde kesme derinliği artışı yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına neden olmuştur. Bu durum kaldırılan talaş hacminin artışına ve buna bağlı olarak ta kesme kuvveti artışına atfedilir. Çünkü kesme derinliği artışıyla birlikte bir zamanda kaldırılan talaş hacmi artmış ve bu artan hacmi parçadan koparmak için harcanan kesme kuvveti de artmıştır. Artan kesme kuvvetleri yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına sebep olmuştur. Bu beklenen normal bir durumdur.



BÖLÜM 8

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneysel çalışmada; 200m/dk kesme hızı, 3 farklı ilerleme miktarı ve 1 mm kesme derinliği kombinasyonunda yapılan deneylerde farklı sertliğe sahip 17-4PH paslanmaz çelik malzemesini yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 7'deki grafiklere dönüştürülmüştür. Şekil 7'deki grafikler incelendiğinde; işlenen malzemenin sertlik değeri artışı yüzey pürüzlülüğü artışına neden olmuştur. Bu durum; işlenen malzemenin sertliğinde artışın kesme kuvvetlerinde artışa yol açmasıyla açıklanabilir. Çelik malzemelerde istenilen biçim ve boyutlarda şekillendirme yaparken malzemenin yapısı oldukça önemlidir. İş parçası malzemesinin fiziksel ve kimyasal özelliğinin yanında yapılan ısıl işlemde işlenebilirlikte etkili faktördür. Kesici takım iş parçası çifti, talaş debisi, kesme kuvveti, talaş şekli vb. faktörler işlenebilirliği etkilemektedir. Talaş kaldırılarak şekillendirilen çelik malzemelerde sertlik, mukavemet, süneklik, malzemeye uygulanan ısıl işlem yöntemleri vb. faktörler işlenebilirliği belirleyen temel etkenlerdir. Talaş kaldırma işleminde malzeme sertlik ve mukavemetinin düşük olması arzu edilir. Fakat malzemenin düşük sertliği sünekliği artıracaktır. Artan süneklik yığılma kenar oluşumuna yol açacak ve yığılma kenar oluşumu da yüzey pürüzlülüğünü artıracaktır. Bu nedenle iyi bir işlenebilirlik için malzemenin süneklik ve sertlik arasında bir ara değerde olması istenmektedir. Dolayısıyla iyi bir işlenebilirlikte malzemenin çok sert veya çok sünek olması istenmez. Malzemenin yapısında oluşan bileşikler, kalıntılar, karbürlerin tane boyu ve homojen dağılımı uygulanan ısıl işlemle kontrol edilmektedir. Isıl işlem sonucu malzemenin yapısında oluşan karbürler ile kalıntılarının tane boyutunun ince ve homojen olması malzemenin mukavemetini artırmaktadır. Dolayısıyla yüksek mukavemetli malzemelerin plastik deformasyonu için daha fazla kesme kuvveti harcanması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında, Şekil 7'deki grafikler incelendiğinde malzeme sertliğinin artışının kesme kuvvetlerinin artışına yol açması ve artan kesme kuvvetlerinin de yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artışına neden olması normal bir

durumdur. Çünkü 33 HRC 17-4PH paslanmaz çelik malzemesi işlenirken oluşan kesme kuvveti 244 N iken, 36 HRC 17-4 PH paslanmaz çelik malzemenin işlenirken oluşan kesme kuvveti 294 N olmuştur. 40 HRC 17-4 PH'ta oluşan kesme kuvveti 344 N, ike 44 HRC 17-4 PH 'ta oluşan kesme kuvveti 488 N olmuştur. Dolayısıyla kesme kuvveti artışı yüzey pürüzlülüğünün artışına neden olması bilinen bir durum olup, sertlik değeri artan malzemede yüzey pürüzlülüğü değerinin artması beklenen bir durumdur.



BÖLÜM 9

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalarda 17-4 PH paslanmaz çeliğin termomekaniksel işlemin (yaşlandırma) işlenebilirliğine etkileri araştırılmıştır. 33HRC mevcut sertliği 12 adet pilot deney yapılmıştır. Yapılan ön deneylerden çıkan yüzey pürüzlülüğü ölçümleri dikkate alınarak en uygun kesme hızı 200m/dk olarak belirlenmiştir. Çökme sertleşmesi (yaşlandırma) uygulanarak 36HRC, 40HRC, 44HRC olmak üzere üç farklı sertlik elde edilmiştir. Sabit kesme hızı (200m/dk), üç farklı ilerleme miktarı(0,1-0,15-0,2mm/dev) ve üç farklı kesme derinliği (1-1,5-2mm) ile 33 adet deney daha yapılmıştır. Deneyler ve ölçümler yapıldıktan sonra aşağıdaki sonuçlar gözlemlenmiştir.

- 33HRC sertlikteki yapılan pilot deneylerde 200 m/dak kesme hızında en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.
- 33HRC sertlikteki 17-4 PH paslanmaz çeliğine yapılan yaşlandırma işlemi çeliğinin sertliğini artırmıştır.
- 17-4 PH paslanmaz çeliğinin tornalanmasında ilerleme miktarı artışı kesme kuvvetlerinin artışına neden olmuştur.
- 17-4 PH paslanmaz çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ilerleme miktarı artışıyla birlikte artmıştır.
- 17-4 PH paslanmaz çeliğinin sertlik değerinin artmasıyla birlikte kesme kuvvetleri artmıştır.
- En düşük yüzey pürüzlülük değerleri en düşük sertliğe sahip 33 HRC 17-4 PH paslanmaz çeliğinin işlenmesinde elde edilirken, en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek sertliğe sahip 44 HRC 17-4 PH paslanmaz çeliğinin işlenmesinde elde edilmiştir.

- 17-4 PH paslanmaz çeliğinin işlenmesi esnasında kesme derinliği artışı kesme kuvvetlerinin artmasına ve dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmuştur.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri en düşük kesme derinliğinde, en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek kesme derinliğinde elde edilmiştir.

9.2. ÖNERİLER

- 17-4PH paslanmaz çelik yüksek sertliklerde ve uygun yüzey pürüzlülüğünde isteniyor ise; iş parçası öncelikle işlenip, sonrasında yaşlandırma yöntemiyle sertleştirilmesi denenebilir.
- 17-4PH paslanmaz çelikler yüksek sertliklerde işlendiğinde, uygun yüzey pürüzlülüğünü elde edebilmek için tornalama sonrası taşlama yapılarak istenilen yüzey pürüzlülüğü değerine ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Ekip Mühendislik-Teknik Bilgiler, “Paslanmaz Çeliklerin Tarihçesi”, <http://www.ekipmuhendislik.com.tr/> (2018).
2. İnternet: PH 17-4 Paslanmaz Çelik, “630 (1.4542) PH 17-4 Paslanmaz Çelik”, <https://bircelik.com/tr/kategori/630-1-4542-> (2018).
3. İnternet: Göktürkler, “Paslanmaz Çelik Tanımı”, <https://www.gokturkler.com/paslanmaz-celik> (2019).
4. İnternet: Alpçelik, “Paslanmaz Çelikler”, <https://www.alpcelik.com/> (2019).
5. Erdoğan, M., “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri”, *Nobel Yayın*, Ankara, 1-4 (1998).
6. Aran A., “Paslanmaz Çelik Yassı Mamüller, Üretimi, Kullanımı, Standartları”, İTÜ Makine Fakültesi (2003).
7. İnternet: Metalurji Malzeme, “Paslanmaz çelik nedir? Paslanmaz Çeliklerin Kaliteleri ve Özellikleri nelerdir?”, www.metalurjimalzeme.net (2014).
8. Şam Parmak, E., D., “Çökeltme Sertleşmesi (Yaşlandırma) Deney Föyü”, Ders Notu, *Bursa Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*, Bursa (2010).
9. Çakır, C., M., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, *Ceylan Matbaacılık*, Bursa, 32-36 (1999).
10. Gökkaya, H., Nalbant, M., “Kesme hızının yığıntı katmanı ve yığıntı talaş oluşumu üzerindeki etkilerinin sem ile incelenmesi” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 22 (3): 481-488 (2007).
11. Şeker, U., “ Makine Eğitimi Ders Notları”, *Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Bölümü*, Ankara 5-8 (2000).
12. Günay, M., “Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2003)
13. Groover M., P., “Fundamentals of Modern Manufacturing”, *John Wiley & Sons*, USA (2010)

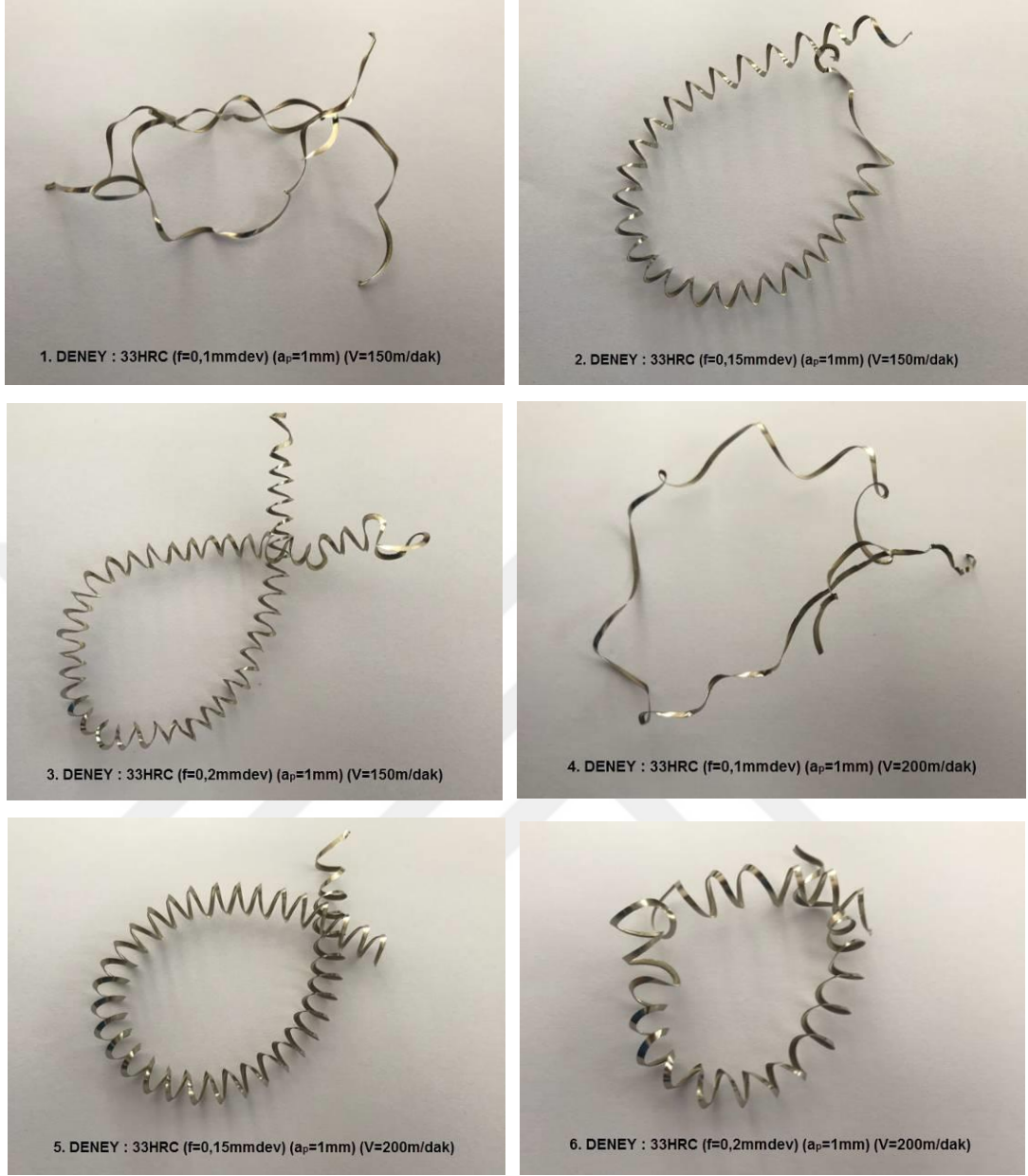
14. Kalaycı H., T. ve Genç, G., “İmalat İşlemleri II, Torna tekniği ve Uygulamaları Ders Notları”, *Marmara Üniversitesi*, (2010).
15. Bohlerit Group, “Tornalama Kataloğu”, *LMT Tools*, Avusturya, 90-98 (2015).
16. Lin, S., C., Hu and M., R., “Low vibration control system in turning”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 32: 627-629 (1992).
17. İnternet: Balıkesir Üniversitesi, “Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü”, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf> (2014).
18. Demir, K., “Yüzey Pürüzlülüğü ve Pürüzlülüğün Ölçülmesi”, Mezuniyet Tezi, *Gazi Üniversitesi*, 26:40-44 (2002).
19. 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*, ISSN 1302-3055 (2008).
20. Demir H. ve Özlü B., “Sertleştirilmiş 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliğinin araştırılması.”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1-2)262-271 (2009).
21. Tekaüt İ., “Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2008).
22. Turgut Y., Yeyen H., E. ve Korkut İ., “AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin talaş biçimine etkisi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük (2009).
23. Habalı K., Gökkaya H. ve Sert H., “Kesici takım kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 35-36 (2006).
24. Özçatalbaş Y., “Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi.”, *Politeknik Dergisi*, 4: (1) 47-52 (2006).
25. Yeyen H., E., Korkut İ., Turgut Y. ve Çiftçi İ., “AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük (2009).
26. Karayel B. ve Nalbant M., “Ç1040 Malzemesinin tornalamasında ilerleme, kesme hızı ve kesici takımın yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve aşınmaya etkileri.”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 11: (3) 11-26 (2014).

27. Çelik E. ve Kıvak T., “17-4 PH paslanmaz çeliğin tornalanmasında minimum miktarda yağlamanın yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri”, *7th International Symposium On Machining* (2016).
28. Sharma, V. and Pandey P., M., “Optimization of machining and vibration parameters for residual stresses minimization in ultrasonic assisted turning of 4340 hardened steel”, *ELSEVIER journal homepage* (2016).
29. Liu, G., Huang, C., Zou, B., Wang, X. and Liu, Z., “Surface integrity and fatigue performance of 17-4PH stainless steel after cutting operation”, *ELSEVIER Surface & Coatings Technology*, (2016).
30. Mavi, A. ve Uzun, G., “Dubleks 1.4462 paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerine etkisi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (2017).
31. Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. ve Şeker, U., “Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel.” *Materials and Design*, 25: 303-305 (2004).
32. Rajan, B., Roychowdhury, S., Kain, V. and Raja, V., S., “Effect of reverted austenite on mechanical properties of precipitation hardenable 17-4 stainless steel.” *Materials Science & Engineering A*, 568: 127–133 (2013).
33. Gürbüz H., Kafkas F. ve Şeker U., “AISI 316L çeliğinin işlenmesinde kesici takım kesici kenar formu ve talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Batman University International participated Science and Culture Symposium*, Batman (2012).
34. Habalı K., Gökkaya H. ve Sert H., “Kesici takım kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 9: (1) 35-38 (2006).
35. Türkan, A., “Paslanmaz çeliklerin mig kaynağında kullanılan gazlar ve etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2002).

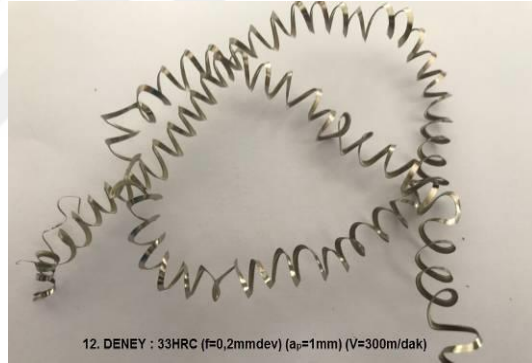
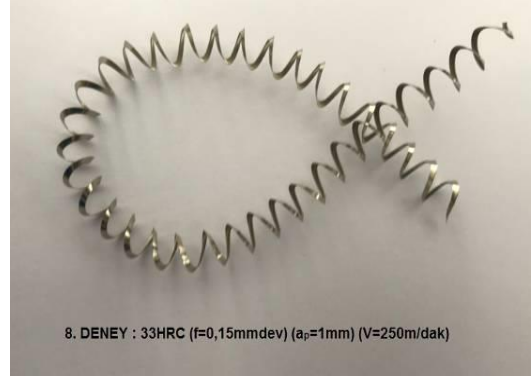


EK AÇIKLAMALAR A.

DENEY SONRASI ÇIKAN TALAŞ GEOMETRİLERİ



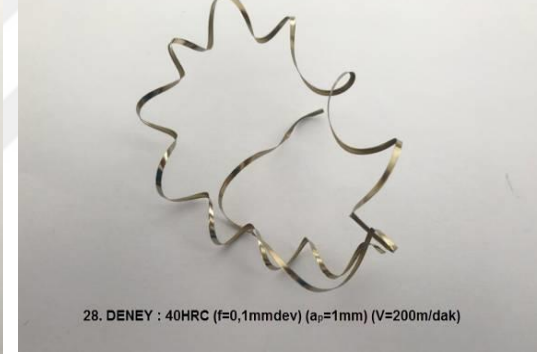
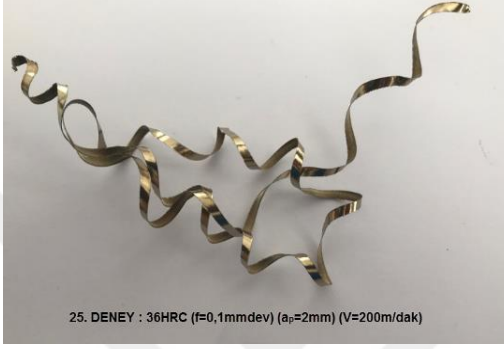
Şekil Ek A.1. Deneyslerde oluşan talaş geometrileri.



Şekil Ek A.2. Deneyleerde oluşan talaş geometrileri.



Şekil Ek A.3. Deneyleerde oluşan talaş geometrileri.



Şekil Ek A.4. Deneyleerde oluşan talaş geometripleri.



Şekil Ek A.5. Deneilerde oluşan talaş geometrileri.



Şekil Ek A.6. Deneyleerde oluşan talaş geometrileri.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet AK 1983 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Lise eğitimini İncirli Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Makine Bölümünde tamamladı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Makine Resim ve Konstrüksiyonu Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda öğrenime başlayıp, 2008 yılında mezun oldu. 2008-2010 yılları arasında Mesa İmalat firmasında Teknik Tasarımcı olarak çalıştı. 2010 yılında askerliğini tamamladı. 2010 yılında Tübitak-Sage'de mekanik tasarımcı olarak başladığı görevine halen devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Çiçekli Mahallesi
İsmail Canbaz Sokak 33/9
Keçiören/ANKARA
Tel : (544) 671 65 72
E-posta : ahmet_ak@rocketmail.com