



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CNC TORNA TEZGÂHINDA ISLAH ÇELİKLERİNİN
İŞLENMESİNDE TİTREŞİM VE YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜNÜN
DENEYSEL ANALİZİ**

**MUSTAFA DEMİRTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MENDERES KAM**

DÜZCE, 2020

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CNC TORNA TEZGÂHINDA ISLAH ÇELİKLERİNİN
İŞLENMESİNDE TİTREŞİM VE YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜNÜN
DENEYSEL ANALİZİ

Mustafa DEMİRTAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından
Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Hamit SARUHAN
Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan ATAKÖK
Marmara Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 25 /08 / 2020

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

25 Ağustos 2020

Mustafa DEMİRTAŞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Menderes Kam'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Musa ŞEREMET'e, teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını, dualarını esirgemeyen eşime ve çocuklarım Abdullah Efe ve Ahmed'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2019.22.01.911 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü birimine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

25 Ağustos 2020

Mustafa DEMİRTAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. AISI 4340 ISLAH ÇELİKLERİ.....	17
3.2. DENEY MALZEMELERİNİN HAZIRLANMASI.....	18
3.3. SERTLİK ÖLÇME NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI	20
3.4. ISIL İŞLEM.....	20
3.4.1. Geleneksel Isıl İşlem.....	21
3.4.2. Temperleme İşlemi.....	22
3.4.3. Deney Malzemelerine Uygulanan Isıl İşlem	23
3.5. SERTLİK ÖLÇME.....	25
3.5.1. Sertlik Numunelerin Ölçülmesi	26
3.6. SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR	27
3.6.1. Seramik Kesici Takım Çeşitleri	28
3.6.1.1. Alüminyum Oksit (Al_2O_3) İçeren Seramikler	29
3.6.1.2. Karışık Seramik.....	29
3.6.1.3. Silisyum Nitrid (Si_3N_4) İçeren Seramikler	29
3.6.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kesici Takım ve Takım Tutucu	29
3.7. DENEY DÜZENİĞİ	30
3.8. TORNALAMA.....	33
3.8.1. Deneylerde Kullanılacak Kesme Parametreleri	35
3.9. TİTREŞİM	36
3.9.1. Titreşim Verilerinin Ölçülmesi	37
3.10. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	38
3.10.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1. SERTLİK BULGULARI.....	42
4.2. TİTREŞİM GENLİĞİ BULGULARI	43
4.2.1. Farklı Sertlikteki Numunelerin Tornalanması Sonucu Oluşan	

Titreşimin, kesme hızı ve İlerleme ilişkisinin Değerlendirilmesi.....	48
4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ BULGULARI.....	57
4.3.1. Farklı Sertlikteki Numunelerin Yüzey Pürüzlülüğünün İlerleme ve Kesme Hızına Göre Değerlendirilmesi.....	59
4.3.1.1. İlerlemenin Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi.....	60
4.3.1.2. Kesme Hızının Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi.....	61
4.3.1.3. Numune Sertliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	62
4.4. TALAŞ KALINLIKLARI BULGULARI.....	63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	66
5.1. SONUÇLAR.....	66
5.2. ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	69
7. EKLER	76
7.1. EK 1:X-CH1 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ	76
7.2. EK 2:Y-CH2 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ	82
7.3. EK 3:X-CH1, Y-CH2, Z-CH3 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ	88
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Çalışmada uygulanan işlem basamakları.....	17
Şekil 3.2. AISI 4340 deney numuneleri.....	19
Şekil 3.3. AISI 4340 deney numuneleri.....	19
Şekil 3.4. AISI 4340 sertlik ölçme numune ölçüleri.....	20
Şekil 3.5. Alaşimsız çeliklerde karbon miktarına bağlı östenitleme (sertleştirme) sıcaklığı.	21
Şekil 3.6. AISI 4140 çeliğinin 1 saat temperlenmiş haldeki sertlik ve tokluğunun sıcaklığa göre değişimi.....	23
Şekil 3.7. AISI 4340 çeliğinin mekanik özelliklerinin farklı temperleme sıcaklığına göre değişimi.	23
Şekil 3.8. Isıl işlem sonrası AISI 4340 çeliği numuneleri.	24
Şekil 3.9. AISI 4340 çeliğinin ısıtılma işlem prosesi.....	25
Şekil 3.10. AISI 4340 çeliği sertlik ölçme numuneleri.....	26
Şekil 3.11. Bulut DIGIROCK sertlik ölçüm cihazı.	27
Şekil 3.12. Seramik kesici takımlar ..	28
Şekil 3.13. TNGA 120408 AB20 seramik kesici takım.	29
Şekil 3.14. MTJNR 2525 M1604 model takım tutucu ..	30
Şekil 3.15. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	31
Şekil 3.16. Deney düzeneğinin çalışması.	32
Şekil 3.17. Lokesh T-250 CNC torna tezgâhı.....	33
Şekil 3.18. Kesme parametrelerinin iş parçası üzerinde gösterimi.....	34
Şekil 3.19. MTJNR 2525 M1604 takım tutucuya ivmeölçerlerin bağlanması.	38
Şekil 3.20. Veri toplama ünitesi.....	38
Şekil 3.21. Yüzey pürüzlülük ölçümü	40
Şekil 3.22. Yüzey pürüzlülük profili ve parametreleri	40
Şekil 3.23. Mahr marka MarSurf PS 10 model ölçüm cihazı ile yapılan ölçüm.	41
Şekil 4.1. 140 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.	48
Şekil 4.2. 180 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.	48
Şekil 4.3. 220 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.	49
Şekil 4.4. 260 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.	49
Şekil 4.5. 20 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).	51
Şekil 4.6. 20 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).	52
Şekil 4.7. 46 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).	53
Şekil 4.8. 46 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).	54
Şekil 4.9. 53 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).	55
Şekil 4.10. 53 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).	56
Şekil 4.11. 20 HRc numunenin Ra ve Rz grafikleri.	59
Şekil 4.12. 46 HRc numunenin Ra ve Rz grafikleri.	59

Şekil 4.13. 53 HRc numunenin Ra ve Rz grafikleri.	60
Şekil 4.14. 20 HRc numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.	63
Şekil 4.15. 46 HRc numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.	64
Şekil 4.16. 53 HRc numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.	65
Şekil 7.1. 20 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).	76
Şekil 7.2. 20 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).	77
Şekil 7.3. 46 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).	78
Şekil 7.4. 46 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).	79
Şekil 7.5. 53 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).	80
Şekil 7.6. 53 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).	81
Şekil 7.7. 20 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).	82
Şekil 7.8. 20 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).	83
Şekil 7.9. 46 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).	84
Şekil 7.10. 46 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).	85
Şekil 7.11. 53 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).	86
Şekil 7.12. 53 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).	87
Şekil 7.13. 20 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).	88
Şekil 7.14. 20 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).	89
Şekil 7.15. 46 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).	90
Şekil 7.16. 46 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).	91
Şekil 7.17. 53 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).	92
Şekil 7.18. 53 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).	93

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. AISI 4340 çeliğinin kimyasal bileşimi	18
Çizelge 3.2. AISI 4340 çeliğinin mekanik özellikleri	19
Çizelge 3.3. AISI 4340 çeliğinin ısıtılma işlem özellikleri.....	22
Çizelge 3.4. MTJNR 2525 M1604 model takım tutucu ölçüleri	30
Çizelge 3.5. Lokesh T-250 CNC torna tezgâhı teknik özellikleri.	33
Çizelge 3.6. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.	36
Çizelge 3.7. PCB Piezotronics 608A11 ivme ölçer teknik özellikleri.....	37
Çizelge 4.1. AISI 4340 çeliği sertlik ölçüm bulguları.	42
Çizelge 4.2. 20 HRc numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.	43
Çizelge 4.3. 20 HRc numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.	44
Çizelge 4.4. 46 HRc numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.	45
Çizelge 4.5. 46 HRc numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.	45
Çizelge 4.6. 53 HRc numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.	46
Çizelge 4.7. 53 HRc numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.	47
Çizelge 4.8. 20 HRc numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.....	57
Çizelge 4.9. 46 HRc numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.....	58
Çizelge 4.10. 53 HRc numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.....	58
Çizelge 4.11. AISI 4340 çeliği ölçülen talaş kalınlığı bulguları.....	63

KISALTMALAR

ANOVA	Varyans Analizi
a	Kesme Derinliği
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
CNC	Computer Numeric Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
CVD	Chemical Vapor Deposition (Kimyasal Buhar Biriktirme)
DAQ	Data Acquisition Unit (Veri Toplama Ünitesi)
f	Devirde milimetre cinsinden ilerleme (mm/devir)
Gpa	Giga Pascal
HSS	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
kW	KiloWatt
MPa	Mega Pascal
HRC	Hardness Rockwell (Rockwell-C Sertliği)
N	Devir Sayısı (devir/dakika)
PVD	Physical Vapor Deposition (Fiziksel Buhar Biriktirme)
RPM	Revolution Per Minute (Dakikadaki Dönme Sayısı)
RSM	Response Surface Methodology (Tepki Yüzeyi Metodolojisi)
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
V	Kesme Hızı (metre / dakika)

SİMGELER

Al	Alüminyum
AlN	Alüminyum nitrür
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
C	Karbon
CBN	Kübik bor nitrür
Co	Kobalt
Cr	Krom
Fe	Demir
m	Metre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülük değeri (μm)
R _{max} .	En büyük pürüzlülük değeri (μm)
Rt	Pürüzlülük yüksekliği (μm)
Rz	Ardışık beş Rt ortalama değeri (μm)
S	Kükürt
Si	Silisyum
SiC	Silisyum karbür
Ti	Titanyum
TiAlN	Titanyum alüminyum nitrür
TiC	Titanyum karbür
TiCN	Titanyum karbonitrür
TiN	Titanyum nitrür
V	Vanadyum
W	Volfram
°C	Sıcaklık (Santigrat derece)
μm	Mikrometre
%	Yüzde

ÖZET

CNC TORNA TEZGÂHINDA ISLAH ÇELİKLERİNİN İŞLENMESİNDE TİTREŞİM VE YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜNÜN DENEYSEL ANALİZİ

Mustafa DEMİRTAŞ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM

Ağustos 2020, 93 sayfa

İslah çelikleri, iyi sertleşebilmeleri, yüksek mukavemet, yüksek tokluk özellikleri nedeniyle otomotiv, uçak, imalat sanayide yüksek yüklere maruz kalan yapı parçalarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sertleştirilmiş ıslah çeliklerinin işlenmesinde optimum tornalama ve kesme parametrelerinin seçilmesi durumunda silindirik taşlama tezgâhında elde edilebilen yüzey kalitesine ulaşılabilir. Bu deneysel çalışmada, ısıtılmış, işlemsiz, geleneksel ısıtılmış ve geleneksel ısıtılmış işlem sonrası temperleme işlemi uygulanmış AISI 4340 ıslah çeliği numunelerin (20, 46 ve 53 HRC) CNC Torna tezgâhında seramik kesici takımlar kullanılarak tornalanması esnasında titreşim ve yüzey pürüzlülüğü analiz edilmiştir. Yapılan ön deneyler neticesinde uygun kesme parametreleri belirlenmiş; dört farklı kesme hızı (140, 180, 220 ve 260 m/dak), üç farklı ilerleme (0,08, 0,14 ve 0,20 mm/dev), sabit kesme derinliği (0,3 mm) ve kuru kesme şartlarında deneyler yapılmıştır. Deneylerde yüzey pürüzlülüğü ve çevrimiçi olarak üç eksen titreşim genliği değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda yüzey pürüzlülüğü ve titreşimi etkileyen en önemli kesme parametresinin ilerleme olduğu gözlenmiştir. Geleneksel ısıtılmış işlem sonrası temperleme işlemi uygulanmış 46 HRC sertliğe sahip numunede titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: AISI 4340 çeliği, Tornalama, Yüzey pürüzlülüğü, Titreşim, Seramik kesici takım.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF VIBRATION AND SURFACE ROUGHNESS IN THE TURNING OF TEMPERED STEEL IN CNC LATHE MACHINE

Mustafa DEMİRTAŞ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Manufacturing
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assis. Prof. Menderes KAM

August 2020,93 pages

Tempered steels are widely used in the automotive, aircraft and manufacturing industries for the production of components that are exposed to excessive loads due to their good hardness, high strength and toughness properties. If the optimum cutting parameters in the turning process of the tempered steels are chosen, the surface quality obtained in the cylindrical grinding machine can be achieved. In this experimental study; The vibration and surface roughness analyzed that occurred during lathe, using ceramic cutting tools on a CNC lathe for AISI 4340 tempered steels (20, 46 and 53 HRc), which have been treated, conventional heat treated and tempered after conventional heat treatment, respectively. As a result of the preliminary tests, appropriate cutting parameters were determined and experiments were carried out under conditions of four different cutting speeds (140, 180, 220 and 260 m/min), three different feed rate (0,08, 0,14 and 0,20 mm/rev), constant cutting depth (0,3 mm) and dry cutting conditions. In the experiments, surface roughness and three axis vibration amplitude values were measured as online. As a result of the study, it was observed that the most important cutting parameter affecting the surface roughness and vibration amplitude was progress. It was observed that the values of vibration amplitude and surface roughness were lower in the 46 HRc hardened sample where the tempering process was applied after the conventional heat treatment.

Keywords: AISI 4340 Steel, Turning, Surface roughness, Vibration, Ceramic tool.

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünyada, hızla artış gösteren rekabet ortamında endüstriyel işletmeler ürünlerini yüksek kalitede, kısa süreli teslim sürelerinde ve düşük maliyette üretmek istemektedir. Kaliteli ürünler, imalat endüstrisinin vazgeçilmez bir unsuru olmuştur.

İmalat sanayinin temelini metallerin talaş kaldırarak işlenmesi oluşturur. Talaşlı üretim faaliyetleri genel olarak; talaş kaldırma yöntemleri, kesme parametreleri, işlenen malzemeler ve takım tezgâhlarından oluşmaktadır. Bu faktörler arasındaki uyum, çıktıları direkt olarak etkilemektedir. Bunlar arasında en uygun seçim yapılsa bile, ürün kalitesini artırmak ve maliyetleri düşürmeye yönelik olarak yeni parametrelerin elde edilebilmesi hususu her zaman zihinleri meşgul etmiştir [1].

Talaşlı üretim işlemlerinde, işlenen parçanın yüzey kalitesi, kesme işlemine katılan takımların; kesme geometrisi, kesme koşulları, talaş kaldırılan malzemenin işlenebilme özelliği, malzeme sertliği, kullanılan takım tezgâhları vb. gibi tüm faktörlerin birbirleri ile olan ilişkileri ve bu faktörlerin sonuçlara olan etkilerinin göz önünde bulundurulması gerekir [2].

Bu değişkenlerden biri veya birkaçının değişmesi sonucunda yüzey pürüzlülüğünde de değişim meydana gelmektedir. İmalat sanayinde kalitenin yükseltilmesi ve maliyetlerin azaltılması için yüzey kalitesinin teknik resimlerde istenilen toleranslarda olması gerekir. Talaşlı üretim yapılan parçanın daha önceden belirlenen ölçü ve yüzey pürüzlülüğünde olmaması durumunda parçanın hurdaya dönüşümü kaçınılmazdır. Bu durum işçilik, enerji sarfıyatı ve kesici maliyetleri vb. giderlerin artışına neden olur. Motivasyon, performans ve zaman kayıpları oluşturur. Aynı şekilde üretimi yapılan parçanın hedeflenen yüzey kalitesinden fazla olması da istenmemektedir. Yüzey kalitesi arttıkça parçayı üretmek için ihtiyaç duyulan enerji ve zamandaki artış nedeniyle talaşlı üretim maliyetlerinde artış meydana gelmektedir.

Talaşlı imalat yöntemlerinin hepsinde işlenen iş parçasının yüzey kalitesi önemli bir göstergedir. Bu nedenle yüzey kalitesini olumsuz etkileyen kesme parametreleri ve titreşimlerin tespit edilmesi son derece önemlidir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerden biri titreşimdir. Talaşlı üretimde titreşim seviyesini belirlemek önemlidir.

Takım tezgâhlarının mekanik aksamlarından (motor, dişli kutusu, kızak kayıt sistemleri vb.) ve takım ile iş parçası yüzeyindeki fiziksel temas esnasında meydana gelen titreşimler işleme performansını ve yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir [3]. Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda oluşan takım titreşimleri işlenen parçanın ölçü doğruluğuna, kesici takım ömrüne ve takım tezgâhlarına önemli ölçüde zarar vermektedir. Parça başına üretim maliyetleri ve enerji tüketiminin artışına neden olur. Bu nedenle optimum kesme parametreleri seçilerek takımlarda oluşan titreşim değerleri azaltılabilir [4].

İslah çelikleri yapılarındaki karbon oranı nedeniyle ısıtılmalarda iyi bir sertleştirme oranına sahiptir. Ayrıca ısıtılabilir özelliği ile ağır yükler altında mukavemet göstererek yüksek tokluk özelliği göstermektedir [5]. Düşük tolerans gerektiren dişliler, şaftlar ve kamlarla birlikte otomobil ve havacılık sektöründe kritik parçaların üretiminde kullanılır [6].

Üretimi esnasında bu tür kritik parçaların yüksek dayanım ve mukavemet gibi fiziksel nitelikleri taşıması gereklidir. Parçalarda talaşlı üretim ve ısıtılma sonucu istenilmeyen çarpılmalar gibi kusurlar meydana gelebilir. Bu nedenle ısıtılma işlemi sonrası parçalarının tornalanması için bir miktar talaş miktarı bırakılır [7]. Bu sertleştirilmiş parçalar kuru tornalama yapılarak silindirik taşlama kalitesinde yüzey pürüzlülüğü elde edilebilir [8]. Takım tezgâhlarının yıllar içindeki değişimleri göz önüne alındığında takım tezgâhları ile günümüzde daha rijit talaş kaldırma sağlanmaktadır. Kesici takım açısından yüksek kesme hızlarında ve yüksek sertliklerde çalışabilen kesici takımlar günümüzde rahatlıkla üretilmekte ve gelecekte kesici takım özelliklerinin daha fazla gelişebilecekleri kolaylıkla tahmin edilmektedir. Takım tezgâhlarındaki teknolojik gelişmeler ve kesici takımlardaki teknik iyileştirmeler düşünüldüğünde kuru tornalamanın silindirik taşlamaya alternatif bir üretim yöntemi olduğu açıkça görülmektedir [9].

Yüksek sertlikteki parçalarda tornalama işlemi yapmak için seramik kesici takımlar kullanılmıştır. Seramik kesici takımlar yüksek kesme hızları, yüksek malzeme sertlikleri ve optimum kesme parametreleri ile yapılan tornalama sonucu en düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiği iyi bir kesici takım türüdür. Seramik kesici takımlar, yüksek kesme hızları, kullanım kolaylığı ve birim maliyetleri azaltması sebebiyle günümüzde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Seramik kesici takımlar sertleştirilmiş çeliklerin ve alaşımlarının talaşlı üretim ile kesme parametrelerinin optimizasyonu araştırma makalelerine ve deneysel çalışmalara konu olmuştur.

Bu çalışmada imalat sanayinin birçok alanında (otomotiv, hava-uzay sanayi, makine elemanları üretimi vb.) yaygın olarak kullanılan AISI 4340 eliği geleneksel ısıtıl işlem ve temperleme işleminde tabi tutulmuş 20, 46 ve 53 HRC sertliğine getirilmiştir. Yüksek kesme hızlarında ve yüksek malzeme sertliklerinde çalışabilen seramik kesici takımlar kullanılarak, kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında deneysel çalışma yapılmıştır. Yapılan ön deneyler neticesinde; dört farklı kesme hızı (140, 180, 220 ve 260 m/dak), üç farklı ilerleme (0,08, 0,14 ve 0,20 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (0,3 mm) optimum kesme parametreleri olarak belirlenmiştir. Farklı sertliklere sahip olan üç numune için toplam otuz altı adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve çevrimiçi olarak üç doğrultuda (X-Ch1, Y-Ch2 ve Z-Ch3) titreşim genliği değerleri ölçölmüş ve analiz yapılmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde ıslah çeliklerinin tornalanmasında kesme parametrelerinin optimizasyonu ve kesici takımında meydana gelen titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini inceleyen birçok araştırma bulunmaktadır. Bu deneysel çalışmaların bazılarının özetleri verilmiştir.

Özçatalbaş [10] ısıt işlemlerin AISI 4140 ıslah çelikleri üzerindeki işlenebilirlik etkilerini araştırmak için bir takım deneyler yapmıştır. Farklı ısıt işlemler uygulanmış AISI 4140 çeliğinin düşük kesme hızlarında tornalanması sonucunda, yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığını gözlemlemiştir. Artan kesme hızları ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Fakat kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi düşük ilerleme değerlerinde etkili iken ilerleme değerinin artması ile kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisinin azaldığını görmüştür.

Abouelatta ve Madl [11] yapmış olduğu çalışmada matematiksel model kullanarak yüzey pürüzlülüğü tahmini yapmışlardır. Radyal yöndeki titreşim değerlerinin ve kesme parametrelerinin birbiri ile etkilemesi ile ilgili dört farklı matematiksel model oluşturmuşlardır. Deneyler neticesinde elde ettiği sonuçlara göre, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler arasında sadece kesme parametrelerinin olmadığı, titreşimlerinde yüzey pürüzlülüğüne zarar verdiğini ortaya çıkarmıştır

Chnag [12] yapmış olduğu deneysel çalışmada, titreşim genliğinin ve frekansının etkili bir şekilde takım aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediğini kanıtlamıştır.

Çoğun ve Özses [13] AISI 4140, AISI 5140 ve St37 çeliklerinin değişen sertliklerinin ve mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli kesme parametresi olduğunu gözlemlemiştir. İlerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını, kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığını fakat kesme hızının artması ile takım aşınmasının da arttığını kanıtlamıştır..

Kılıçlı ve ark. [14] AISI 4140 çeliğine farklı ısıt işlemler (tam tavlama, su verme + temperleme ve küreselleştirme) uygulayarak yüzey pürüzlülüğü ve talaş atılabilirlik açısından deneyler yapmıştır. Deneyler kuru kesme şartları altında yapılmış olup, üç farklı kesme hızı (110, 145 ve 180 m/dak), üç farklı ilerleme (0,10, 0,16 ve 0,25 mm/dev) ve sabit talaş derinliği (1 mm) kesme parametresi olarak belirlemişlerdir. Sonuçlarda, farklı

ısıtıl işlem numunelerinde ilerleme arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığını görmüşlerdir. Numunelere uygulanan ısıtıl işlem farklılıkların yüzey pürüzlülüğüne etkisi, yüksek kesme hızlarında (145 ve 180 m/dak) ve yüksek ilerlemede (0,25 mm/dev) çok belirgin iken düşük kesme hızlarında (110 m/dak) ve düşük ilerlemede (0,10, 0,16 mm/dev) daha az etkilidir. Düşük ilerlemede (0,10, 0,16 mm/dev) kesme hızının yükseltilmesi yüzey pürüzlülüğüne daha çok tesirli iken, yüksek ilerlemede (0,25 mm/dev) kesme hızının etkisi azalmıştır.

Motorcu ve Şahin [15] ısıtıl işlem uygulanmış AISI 1040 çeliğinin (56 HRC) seramik kesici takımlar ile kuru kesme şartlarında tornalanması esnasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. En uygun kesme parametreleri tespit etmek için, harcanan zaman ve malzemeyi en aza düşürmek amacıyla Taguchi metodu kullanmışlardır. Sonuçlarda yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrenin sırasıyla uç yarıçapı ve ilerleme olduğu görmüşlerdir.

Çaydaş ve Haşçalık [16] yapmış olduğu çalışmada, AISI 4340 çeliğini farklı işleme koşullarında tornalama ve taşlama deneyleri yaparak numunelerde oluşan yüzey pürüzlülüğünü ölçmüştür. Tornalama ve taşlama deneylerinde talaş derinliğinin ve ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğün bozulduğunu tespit etmişlerdir.

Yallese ve ark. [17] yaptığı çalışmada, X200Cr12 çeliğinin (60 HRC) seramik ve CBN kesici takımlarla işlenmesi sonucunda kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etkilerini gözlemlemişlerdir. Seramik kesici takımlarla, CBN kesici takımlara göre daha düşük takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü elde ettiklerini görmüşlerdir.

Habalı ve ark. [18] AISI 1040 çeliğini üniversal torna tezgâhında PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) yöntemiyle elde edilmiş Al_2O_3 kaplı sementit karbür ve CVD (Kimyasal Buhar Biriktirme) yöntemiyle elde edilmiş $TiN+Al_2O_3+TiC$ (en üstte TiN) kaplı sementit karbür kesici takımlar ile tornalama işlemine tabi tutmuşlardır. Deneylerde kesme derinliğini sabit tutarak (2,5 mm) beş farklı kesme hızı (58, 83, 116, 163 ve 225 m/dak) ve iki farklı ilerleme (0,24, 0,32 mm/dev) kesme parametrelerini kullanmışlardır. İlerleme, kesme hızı ve kesici takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi varyans analizi (ANOVA) uygulayarak gözlemişlerdir. Yapılan deney sonuçlarında, yüzey pürüzlülüğünün en iyi olduğu kesici takımın kaplama malzemesine göre CVD ile TiN kaplı olan kesici takımın olduğu gözlenmiştir. Literatürde elde edilen önceki

Çalışmaların tekrarı niteliğinde olan kesme hızının arttırılması yüzey pürüzlülüğünü azaldığını, ilerlemenin artması ile bozulduğunu bildirmişlerdir.

Aslan ve ark. [19] $Al_2O_3 + TiCN$ kaplamalı seramik kesici takım kullanarak sertleştirilmiş AISI 4140 (63 HRC) eliğini tornalamak için gerekli olan kesme parametrelerini en uygun duruma getirmek amacıyla deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Yüksek sertlikleri ve aşınmaya karşı gösterdikleri dirençleri nedeniyle seramik kesici takımların bu deneyde kullanıldıklarını belirterek zamandan ve maliyetten tasarruf etmek için Taguchi yöntemini kullanmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri, kesme hızı (100, 175 ve 250 m/dak), ilerleme (0,05, 0,10 ve 0,20 mm/dev) ve kesme derinliğı (0,25, 0,50 ve 1 mm) olacak şekilde seçilmiştir. Performans ölçütleri olarak yüzey pürüzlülüğü ve yan yüzey aşınması olarak belirlenmiştir. ANOVA kullanılarak sonuçlar analiz edilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri; ilerleme ile doğru orantılı şekilde değıştiğini, talaş derinliğı arttıkça düşük ilerlemede azaldığı ancak, yüksek ilerlemede ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri arttığını bildirmiştir. Ayrıca kesici takımda yan yüzey aşınması ile ilgili olarak, kesme hızı ile ters orantılı olacak şekilde değıştiğini gözlemiştir.

Tekaslan ve ark. [20] CNC torna tezgâhında AISI 304 paslanmaz çeliklerinin tornalanması için gerekli olan kesme parametrelerinin seçilmesi ile optimum yüzey pürüzlülüğü elde etmek için deneyler yapmıştır. Deneylerde kullanılan AISI 304 elikleri 61 mm çapında ve 250 mm boyunda olup kullanılan kesme parametreleri; beş farklı kesme hızında (50, 75, 100, 125 ve 150 m/dak), üç farklı ilerlemede (0,15, 0,20 ve 0,25 mm/dev) ve iki farklı kesme derinliğinde (1,5 ve 2mm) seçilmiştir. Deney sonuçlarını analiz ettiklerinde, en düşük yüzey pürüzlülüğünü 75 m/dak kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerlemede ve 1,5 mm kesme derinliğinde elde etmiştir. İlerlemenin artması, yüzey pürüzlülüğünü arttırmıştır. Yapılan deneylerde düşük (50 m/dak) ve yüksek kesme hızlarında (150 m/dak) yüzey pürüzlülük değeri çok kötü sonuçlar verdiğinden yüksek kesme hızlarında yüzey kalitesinin bozulmasının nedeni olarak; yüksek kesme hızlarında titreşimin artması ve talaş sıvanması oluşması nedeniyle kesici takımda aşınma gibi sebepler olabileceğini bildirmiştir.

Derakhshan ve Akbari [21] farklı sertliklerde (45, 50, 55, 60 ve 65) AISI 4140 eliğinin iki farklı CBN takım ile kuru tornalanması esnasında kesme hızının ve farklı malzeme sertliklerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. En iyi yüzey pürüzlülük değeri, 1800 rpm devirde 50 HRC sertlikteki iş parçasında 0,167 μm olarak ölçülmüştür. Sonuçlarda kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etki gösterdiğini ve

kuru tornalama işlemi sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri taşlama işlemi ile oluşan değerlere yakın olduğunu bildirmiştir.

Zeyveli ve Demir [22] sıcak iş takım çeliklerinden olan ve endüstriyel kalıpcılıkta yüksek tokluk, yüksek sıcak mukavemet, yüksek sıcak sertlik, iyi işlenebilirlik ve ısıl işlem sonrası boyutsal kararlılık gibi özellikleri nedeniyle kullanılan AISI H13 çeliğinin kuru olarak tornalanmasında ilerleme ile kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini deneysel olarak incelemiştir. CNC torna tezgâhında, CVD yöntemiyle elde edilmiş $Al_2O_3+TiCN+TiC$ kaplaması olan sementit karbür kesici takım kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak; altı farklı kesme hızı (70, 100, 130, 160, 190 ve 220 m/dak), üç farklı ilerleme (0,05, 0,10 ve 0,15 mm/dev) ve sabit kesme hızı (1 mm) belirlenmiştir. Deney sonuçlarını analiz ettiklerinde, bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a) yükselmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri, 130 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/dev ilerlemede 0,535 μm olarak ölçülmüştür. Deney sonuçları ayrıntılı incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğü değerleri kesme hızının artması ile azalmıştır. Bunun sebebini ise, tornalama esnasında kesici takımın ucunda oluşan talaş yığılması ile açıklanmıştır. Talaş yığılması, düşük kesme hızlarında kesici takım ucunda talaşın basınç ile kaynaşması sonucu oluşur, kesme hızı arttırıldığı zaman bu oluşumun azalması beklenmektedir.

Chavoshi ve Tajdari [23] AISI 4140 çeliğini CBN kesici takımlar ile kuru tornalama (HT) yaparak iş parçası sertliğinin ve kesme hızının, yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Talaş derinliği ile ilerleme değiştirilmeden 18 adet deney gerçekleştirilmiş olup, yapılan deney sonuçlarına göre, iş parçasının farklı sertlik değerleri yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli bir etki ettiği görülmüştür.

Aouici ve ark. [24] AISI 4340 çeliğin tornalanmasında kesme kuvvet bileşenleri ve yüzey pürüzlülük analizi üzerine yapılan çalışmada en düşük yüzey pürüzlülüğü düşük ilerleme ve yüksek kesme hızında olduğunu görmüştür.

Kavak ve Üstel [25] AISI 1040 çeliğinin tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Deneyler sabit kesme derinliğinde (2mm), üç farklı kesme hızı (46, 91 ve 128 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,16, 0,22 ve 0,28 mm/dak.) parametreleri seçilerek gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde kaplamasız sementit karbür kesici takım kullanarak kesme sıvısı kullanmadan tornalama işlemi yapmışlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ilerleme azaldıkça ve kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülük

değerinin azaldığını görmüşlerdir.

Suresh ve ark. [26] sertleştirilmiş AISI 4340 (48 HRC) ıslah çeliklerinin çok katmanlı karbür kesici takımlar ile kuru tornalama şartlarında tornalanması ile kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, kesme kuvvetleri, tezgâh gücü, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü) birbirleriyle olan ilişkilerini araştırmıştır. Deneyler CNC torna tezgâhında CVD metodu ile TiC+TiCN+Al₂O₃ katmanlı karbür kesici takım ile üç farklı kesme hızı (140, 200 ve 260 m/dak), ilerleme (0,10, 0,18 ve 0,26 mm/dev) ve kesme derinliği (0,6, 0,8 ve 1 mm) seçerek yapmıştır. Sonuçlarda, kesme kuvvetleri üzerinde en fazla etkisi olan parametre ilerlemedir (%53,38). Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin ilerleme (%83,79), kesme hızı (%10,08) ve kesme derinliği (%3,99) olduğunu görmüşlerdir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde yüksek kesme hızında (260 m/dak) ve düşük ilerlemede (0,10 mm/dev) ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra=0,30 µm) en düşük seviyede olduğunu görmüşlerdir.

Chinchanikar ve Choudhury [27] yapmış oldukları deneysel çalışmada AISI 4340 çeliğinin farklı sertlik seviyelerinde sertleştirilmesi sonucu tornalama işlemi esnasında kesme parametrelerinin, kesme kuvvetlerine, yüzey pürüzlülüğüne ve takım ömrüne etkilerini araştırmıştır. Deney sonuçlarına göre kesme kuvvetini en çok etkileyen parametrelerin kesme derinliği ve ilerleme olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğüne etkisi olan başlıca parametrelerin kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalar sonucunda optimum kesme şartlarında düşük ilerleme, kesme derinliği kullanılarak ve kesme hızının 144 ve 235 m/dak ile sınırlandırılması ile 35 ve 45 HRC sertlikte AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında minimum kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve daha iyi takım ömrü sağladığını görmüşlerdir.

Hessainia ve ark. [28]. AISI 4140 (42CrMo4) ıslah çeliğini Al₂O₃ + TiC karışık seramik kesici takım ile kuru tornalaması esnasında kesme parametrelerinin ve takım titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Kesme derinliği, ilerleme, kesme hızı, radyal ve takım kesme yönlerinde takım titreşimi gibi kesme parametrelerini dikkate almıştır. ANOVA kullanarak kesme parametrelerinin ve takım titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini tahmin etmiştir. Elde ettikleri verileri RSM (Respond Surface Methodology) yöntemini kullanarak modelleyerek yüzey pürüzlülüğü üzerinde en yüksek etkinin kesme hızı ve ilerleme olduğunu görmüştür. Yapılan deneylerde optimum kesme parametreleri ve titreşimlerle mükemmel yüzey pürüzlülüğü elde

edilebileceği belirtilmiştir

Karayel ve Nalbant [29] deneysel çalışmada AISI 4140 çeliğini CNC torna tezgâhında işleyerek kesme parametrelerinin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneylerin uygulandığı parametreler sırası ile beş farklı kesme hızı (150, 200, 250, 300 ve 350 m/dak), üç farklı ilerleme (0,15, 0,25 ve 0,35 mm/dev) ve 2 mm sabit talaş derinliği olarak belirlenmiştir. Sonuçlarda, ilerleme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünde artış meydana geldiği görülmüştür. Diğer bir kesme parametresi olan kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelendiğinde ise ilerleme hızına göre daha az etkilendiği bildirilmiştir.

Srithar ve ark. [30] yapmış olduğu deneysel çalışmada sertleştirilmiş AISI D2 (66 HRC) soğuk iş takım çeliklerinin kaplamalı karbür kesiciler ile kuru tornalama işlemi yapılması ile optimum kesme parametrelerinin tespiti ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Kesme parametreleri olarak, üç farklı kesme hızı (135, 215 ve 325 m/dak), ilerleme (0,05, 0,10 ve 0,15 mm/dev) ve kesme derinliği (0,2, 0,4 ve 0,6 mm) belirlemiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde, sertleştirilmiş AISI D2 çeliklerinde kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. İlerlemenin ve kesme derinliğinin kademeli artırılması sonucu yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Araştırmacılar yüzey pürüzlülüğünü kontrol eden parametrenin ilerleme olduğunu bildirmiştir.

Kahraman [31] gerçekleştirmiş olduğu deneysel çalışmada, CBN kesici takım ile sertleştirilmiş AISI 4340 ıslah çeliğini kuru tornalama yöntemiyle talaş kaldırma işlemine tabi tutmuş ve belirlenen kesme parametrelerinin kesici takımda meydana getirdiği takım aşınmasını araştırmıştır. Online izleme yöntemini kullanarak deneyi sonlandırmadan takım aşınmasını ölçmüştür. Deneylerde kullanılan parametreler ise, iki farklı kesme hızı (280 ve 250 m/dak), üç farklı ilerleme (0,04, 0,08 ve 0,12mm/dev) ve sabit talaş derinliği (0,2 mm) seçilmiştir. Elde edilen en iyi sonuç, yüzey kalitesi ve takım ömrü açısından en düşük ilerleme hızında ortaya çıkmıştır.

Das ve ark. [32] sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğini kaplamalı seramik kesici takımlar kullanarak kuru tornalama yapmış ve yüzey pürüzlülüğünü ve kesici takım aşınmasını incelemiştir. Isıl işlem sonucu 52 HRC sertliğe çıkarılmış AISI 4140 ıslah çeliği PVD-TiN kaplamalı karbür kesici takım ve $Al_2O_3 + TiCN$ kaplama seramik kesici takım kullanılarak yaptığı deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğüne etki eden birinci parametrenin ilerleme olduğu, sonrasında ise kesme hızı olduğunu belirlemiştir.

Karabatak ve Kara [7] AISI D2 soğuk iş takım çeliklerinin tornalanması sonucu kesme parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. Yapmış oldukları araştırmada üç farklı kesme hızı (50, 100 ve 150 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,08, 0,16 ve 0,24 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliği (0,25, 0,50 ve 0,75 mm) değerlerini kesme parametresi olarak belirlemiştir. Deneyler sonucu en düşük yüzey pürüzlülüğünü 0,280 µm olarak belirlemişlerdir. Bu yüzey pürüzlülüğü değerini 100 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede ve 0,25 mm talaş derinliğinde elde etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin ANOVA sonuçlarına göre kesme hızı olduğu (%77,88) sonucuna ulaşmışlardır.

Çakan ve Özocakçioğlu [33] yapmış olduğu deneysel çalışmada ısıtılma işlemine tabi tutulmuş ve sertleştirilmiş AISI 4140 (52 HRC) çeliğini, PVD-TiN kaplamalı kesici takım ile tornalayarak kesici takımda meydana gelen aşınmaları araştırmıştır. Deneyler CNC torna tezgâhında üç farklı ilerleme (0,04, 0,08 ve 0,12), iki farklı kesme hızı (150 ve 180 m/dak) ve sabit talaş derinliği (0,2 mm) kuru kesme şartlarında gerçekleştirmiştir. Verilerin yorumlanması için ANOVA kullanmıştır. Düşük ilerleme hızlarında kesici takımda meydana gelen aşınmaların daha az olduğunu görmüşlerdir.

Rashid ve ark. [6] CBN kesici takımlar kullanarak sertleştirilmiş (69 HRC) AISI 4340 çeliğini kuru tornalama ile Taguchi L₉ ortogonal dizisi kullanarak deneylerine tabi tutup ANOVA kullanarak kesme parametrelerinin takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. % 99,16 oran ile yüzey pürüzlülüğüne tornalamadaki ilerleme hızının etki ettiğini ancak, düşük ilerleme hızlarında ise takım aşınmasının fazla olması nedeniyle kesme parametrelerin de optimum seçim yapıp maliyet ve yüzey kalitesi ile bir denge ile kurulması gerektiğini bildirmiştir.

Akgün ve ark. [34] AISI 1040 ve AISI 1050 imalat çeliklerini CNC torna tezgâhında kesme sıvısı kullanılmadan tornalama işlemi gerçekleştirerek farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Deneyler Taguchi'nin L₁₈ dikey dizinine göre üç farklı seviye seçilerek yapılmıştır. Kesme parametreleri, kesme hızı (150, 210 ve 270 m/dak), ilerleme (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) ve talaş miktarı (0,5, 1 ve 1,5 mm) olarak belirlenmiştir. Talaş derinliği, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini analiz etmek için ANOVA kullanmıştır. Deney sonuçları değerlendirildiğinde; ilerleme %52,19 oran ile yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden parametre olmuştur. AISI 1040 ve AISI 1050 imalat çeliklerinin tornalanmasında kesme hızı arttıkça yüzey kalitesi artmaktadır. Ayrıca ilerlemenin artmasıyla yüzey kalitesi

bozulmuştur. Malzemeler arasındaki sertlik farklılıklarının yüzey kalitesine etkilerini incelemiştir. AISI 1050 imalat çeliğindeki karbon oranının fazla olması ve buna bağlı olarak sertliğin artması yüzey kalitesine olumlu etkisi olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,387 μm olarak ölçülmüştür. Bu değeri sağlayan kesme parametreleri 270 m/dak kesme hızı, 0,04 mm/dev ilerleme ve 1,5 mm talaş derinliğidir.

Akkuş ve ark. [35] 46 HRC sertlikteki AISI 1040 çeliğini kesme sıvısı kullanmadan CNC tezgâhında silindirik tornalama yaparak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini istatistiksel olarak incelemiştir. Deneylerde kesme parametreleri kesme hızı (200, 225, 250 ve 275 m/dak), ilerleme (0,15, 0,25, 0,35 ve 0,45 mm/dak) ve talaş derinliği (1,5, 2,5, 3,5 ve 4,5 mm) olarak dört farklı seviyede belirlemişlerdir. İstatistiksel metotlardan biri olan Taguchi kullanılarak L_{16} dizilimi elde edilmiştir. Zamandan ve maliyetten tasarruf için 64 deney yerine Taguchi yöntemi kullanılarak 16 deney gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar, ANOVA incelenerek kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki ilişkisi belirlenmiş olup, Rt değerine sırasıyla ilerleme, kesme derinliği, kesme hızının %95 güven düzeyinde etki ettikleri ve yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen kesme parametresinin ise ilerleme olduğu bildirilmiştir.

Kara ve ark. [36] yapmış olduğu deneysel çalışmada AISI 4140 (30-32 HRC) çeliğinin tornalanması esnasında kesme parametrelerinin titreşime ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Zamandan ve maliyetten tasarruf için Taguchi metodu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesici takım CVD (MT-TiCN+TiC+Al₂O₃) kaplamalı karbür olarak seçilmiştir. Kesme parametreleri, kesme hızı (100, 150, 200 ve 250 m/dak), ilerleme (0,05, 0,10, 0,15 ve 0,20 mm/dev) ve talaş miktarı (0,25, 0,50, 0,75 ve 1mm) olacak şekilde belirlenmiştir. Performans ölçütleri ise yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve titreşim genliği (gRMS) olarak belirlenmiştir. ANOVA kullanılarak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerine etkileri test edilmiştir. Sonuçlarda, en düşük yüzey pürüzlülüğü 250 m/dak kesme hızında, 0,05 mm/dev ilerlemede ve 0,25 mm talaş derinliği değerlerinde bulmuşlardır. ANOVA sonuçlarına göre, ilerleme hızı %92,63 ile yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili kesme parametresidir. Kesme hızı %2,08 ve talaş derinliği %1,37 oranında yüzey pürüzlülüğüne etki etmiştir. Titreşim üzerindeki en etkili parametre %88,96 oran ile tekrar ilerleme olmuştur.

Yardımeden ve Turan [37] çalışmalarında, AISI 1040 çeliğinin kesme hızı (87, 143 ve 238 m/dak), ilerleme (0,052, 0,104 ve 0,162 mm/dev) ve talaş derinliği (0,5, 1 ve 1,5)

seçilerek tornalanmasında kesici takımında oluşan titreşim değerlerinin yüzey pürüzlülüğüyle ilişkisini incelemiştir. Deney verileri analiz edildiğinde, ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı, kesme hızının yükseltilmesi ile de yüzey pürüzlülüğünün azaldığını görmüşlerdir. En uygun yüzey pürüzlülüğünü yüksek kesme hızı (238 m/dak), düşük ilerleme (0,052 mm/dev) ve düşük kesme derinliğinde elde etmişlerdir. Titreşimin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmıştır ve ayrıca bütün kesme hızlarında ilerlemenin artmasıyla titreşim genliği değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Ambhore ve ark. [38] yaptığı deneysel çalışmada, sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğini tornalama işlemi yapılarak optimum kesme parametrelerini araştırılmıştır. Tornalama işlemi yaparken kesici takımında meydana gelen titreşimlerin (üç eksen) ölçülmesi için ivmeölçer kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü en fazla etkileyen kesme parametreleri sırasıyla ilerleme ve kesme hızıdır. Kesme derinliğinin ise yüzey pürüzlülüğü üzerine daha az etki ettiği gözlenmiştir.

Aztekin ve ark. [39] AISI 4140 çeliğinin tornalanmasında farklı ısıtma işlem parametreleri, kesici takım türleri ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkilerini incelemiştir. Kesme parametreleri için, kesme hızı (100 ve 200 m/dak), ilerleme (0,02 ve 0,08) ve sabit kesme derinliği (0,15 mm) seçilmiştir. Deneyler CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiş olup kesici takım olarak uç açıları 55°, uç yarıçapları 0,4 mm olan TiCN+Al₂O₃+TiN kaplı sert metal takım ile PCBN kesici takım kullanılmıştır. Uygulanan farklı ısıtma işlem parametreleri sonucu iş parçalarının sertlikleri, suda sertleşen numunelerde 52 HRC, havada soğutulan ve temperlenen numunelerde ise 15 HRC sertlik değerinde olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili faktörleri belirlemek ve katkı düzey oranlarını bulmak amacıyla ANOVA kullanılmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde; yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen faktörler ve etkileşimleri %47 oranında kesici takım türü, %26 ile iş parçası sertliği ve %17 ile iş parçası ve takım türü olarak rapor edilmiştir. CBN kesici takım ile 200 m/dak kesme hızı ile 0,02 mm/devir ilerlemede 52 HRC sertlikteki iş parçası yüzeyinden en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) 0,168 µm olarak ölçülmüştür. En yüksek pürüzlülük değeri 1,678 µm olarak sert metal kesici takım ile 15 HRC sertlikteki parçadan, 100 m/dak ile 0,08 mm/devir ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. İş parçasındaki sertlik artışı ile yüzey pürüzlülüğü ters orantı olarak değişim göstermektedir. Sertlik arttıkça yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Özlü ve ark. [40] sıcak dövme sonucu yüksek soğuma hızlarında soğutulan AISI 5140

çeliğinin kesme parametrelerinin ve mekanik özelliklerinin işlenebilirliğe etkisini araştırmıştır. AII 5140 çeliğinin mikro yapı incelemeleri ve sertlik ölçümleri yapıldıktan sonra CNC torna tezgâhında seramik kesici takım ile kesme sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Kesme parametreleri olarak beş farklı kesme hızı (120, 150, 210 ve 240 m/dak), dört farklı ilerleme (0,04, 0,08, 0,12 ve 0,16 mm/dev) ve dört farklı kesme derinliği (0,4, 0,6, 0,8 ve 1 mm) seçilmiştir. Tornalama işlemine katılan kesici takımların SEM (Scanning Electron Microscope) incelemeleri yapılmış olup farklı soğutma hızları sebebiyle değişen mikro yapı ve farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerine önemli bir ölçüde etki ettiğini kanıtlamışlardır. Maksimum sertlikteki malzemede en yüksek kesme kuvveti elde edilirken, aynı parçada en düşük yüzey pürüzlülüğüne ulaşılmıştır.

Şirin ve ark. [41] farklı ısıtma işlemi uygulanmış AISI D2 soğuk iş takım çeliklerinin iki değişik geometriye sahip sementit karbür kesici takım ile frezelenmesi sonucu kesme parametrelerinin takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır. Deneylerde kesici takım olarak iki farklı geometriye sahip PVD metodu ile TiAl+Al₂O₃+ZrN kaplanmış karbür takım kullanılmıştır. Tornalama parametreleri dört farklı kesme hızında (70, 90, 110 ve 130 m/dak), üç farklı ilerleme (0,05, 0,1 ve 0,15 mm/diş) ve sabit talaş derinliğinde (0,5 mm) seçilmiştir. Isıtma işlemi parametreleri olarak birinci grup olan iş parçalarına (21 HRC) ısıtma işlemi uygulanmamıştır. İkinci grup olan iş parçalarına (48 HRC) önce sertleştirme işlemi yapılmış sonra ise 600 °C’de temperlenmiştir. Üçüncü grup iş parçaları (52 HRC) ise önce sertleştirilmiş sonra 400 °C’de temperlenmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde; farklı mikro yapıdaki iş parçaları kesme kuvvetleri açısından incelendiğinde, sertliği en az olan birinci grup malzemelerde kesme kuvvetleri en düşük iken, sertliği yüksek olan üçüncü grup iş parçalarında ise kesme kuvvetleri en yüksektir. Düşük ilerleme değerlerinde (0,05 ve 0,1 mm/diş) üç iş parçası grubunda da yüzey pürüzlülük sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Araştırmacılar üçüncü grup iş parçalarında (52 HRC) takımların yüksek kesme hızında (130 m/dak) ve yüksek ilerlemede (0,15 mm/diş) frezeleme işlemine başladığı anda takım ömrünü tamamladığını bildirmişlerdir.

Livatyalı ve ark. [42] ısıtma işlemi tabii tutulmuş AISI 4340 (40 HRC) çeliğinin CNC torna ile silindirik tornalanması esnasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır. Kesme parametreleri olarak üç değişik kesme hızı (100, 200 ve 300 m/dak), ilerleme (0,1, 0,15 ve 0,20 mm/dev), talaş derinliği (0,1, 0,3 ve 0,5 mm) ve

takım uç radyusu (0,4, 0,8 ve 1,2 mm) seçilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Taguchi L₉ dizilimine göre yapılan deneylerde sonuçlar incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğüne etki eden birinci parametre ilerlemedir. İlerlemeyi sırasıyla, takım uç radyusu, kesme hızı ve talaş derinliği takip etmektedir.

Şahinoğlu ve Güllü [43] % 100 işlenebilirlik özelliğine sahip CuZn39Pb3 malzemeler ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Yapılan bu çalışmada titreşimin, ses şiddetinin ve tezgâhın çektiği akım değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne, takım aşınmasına ve kesme kuvvetlerine etkileri incelenmiştir. Deneyler CNC torna tezgâhında dört farklı kesme hızında (50, 75, 100 ve 125 m/dak), beş farklı kesme derinliğinde (1, 1,5, 2, 2,5 ve 3) ve dört farklı ilerlemede (0,1, 0,2, 0,3 ve 0,4) kuru kesme şartlarında gerçekleştirmişlerdir. Deney sonuçları ANOVA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre, ilerleme değerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi % 96'dır. İlerleme değeri arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Titreşim üzerindeki en etkili parametre ise %76'lık oran ile yine ilerleme değeridir. İlerleme ve kesme derinliği arttıkça titreşim artmaktadır. Araştırmacılar iyi bir yüzey kalitesi için, düşük titreşim değerleri, düşük ses şiddeti ve düşük ilerleme değerlerinin seçilmesi ile mümkün olduğunu belirtmiştir.

Gürbüz ve ark. [44] AISI 316L çeliklerinin işlenmesinde kesici takım uç formlarının ve kesme parametrelerinin yüzey bütünlüğüne (yüzey pürüzlülüğü, kalıntı gerilmeler, mikro sertlik ve mikro yapı) etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Kesici takım olarak, PVD kaplı sinterlenmiş karbür kesici takım kullanmıştır. Deneylerde Ø 25x125 mm boyutlarındaki AISI 316L östenitik paslanmaz çelikleri tercih edilmiştir. Kesme parametreleri olarak, dört farklı kesme hızı (125, 150, 175 ve 200 m/dak), üç farklı ilerleme (0,1, 0,2 ve 0,3 mm/dev) ve iki farklı talaş derinliği (1,25 ve 2,5 mm) seçilmiştir. Her bir kesici takım formu için 24 adet deney gerçekleştirilerek toplamda 48 adet deney yapıp yüzey pürüzlülüğü açısından sonuçlar incelendiğinde; iki farklı kesici takım formlarında kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı, talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Deney sonuçları ilerleme değeri açısından incelediğinde ise ilerleme değeri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür.

Tekaüt [45] 45 HRC sertliğindeki AISI T15 yüksek hız çeliği ile yapmış olduğu deneysel çalışmada, farklı kesme parametreleri ve farklı takım kaplama türlerinin (PVD metodu TiAlN+Al₂O₃ ve CVD metodu TiCN+TiN) yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır. Kesme parametreleri olarak, kesme hızı (60, 80, 140 ve 200 m/dak), ilerleme (0,1, 0,3 ve

0,6 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (1,5 mm) seşilmiştir. Deney sonuçları analiz edildiğinde; iki farklı kesici takım kaplama tőründe de ilerleme arttıķa yőzey pőrőzlőlőđő artmıştır. 0,1 mm/dev ilerleme değerinde PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlarla bulunan yőzey pőrőzlőlőđ değerleri diğer kaplama tőründen bulunan yőzey pőrőzlőlőđ değerlerinden dőřőktőr. Bunun sebebinin ise, PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplama tőrünün ısı iletim katsayısının diğer kaplama tőrüne göre daha dőřőđ olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. En az yőzey pőrőzlőlőđ değerlerini 80 m/dak ve 0,1 mm/dev ilerleme ile PVD TiAlN+Al₂O₃ kaplamalı kesici takımla elde etmiştir.

Literatőr ęalıřması sonucunda elde edilen bilgilere göre; ısıl işlem uygulanarak yőksek sertlik değerlerine ęıkabilmeleri ve kesme parametre optimizasyonu ile dőřőđ yőzey pőrőzlőlőđ değerleri elde edilebilmesi nedeniyle araştırmacılar tarafından ısılah ęelikleri ve bu gruptan olan AISI 4340 ęeliđi üzerinde nitelikli ęalıřmalar yapılmaktadır.

Ayrıca sertleştirilmiş ęeliklerden talaş kaldırmak için gerekli kabiliyeti gösteren kesici takımların seçilmesi literatőrde dikkatlice incelenmiştir. Yőksek sertlikte olan iş paręalarında tornalama yapan ve yőksek kesme hızlarında ęalıřabilen seramik kesici takımlar dikkat ęekmektedir [15], [19], [28], [32], [33], [40].

Bu ęalıřmada yőksek kesme hızlarında, soğutma sıvısı kullanılmadan ęalıřan dolayısıyla gőnőmőzde őnemi gittikęe artan seramik kesici takımlar kullanılarak farklı sertliklere (20, 46 ve 53 HRC) getirilen AISI 4340 ęeliđinin kuru kesme şartlarında tornalanmasında kesme parametrelerinin ve oluşan titreşimlerin yőzey pőrőzlőlőđőne etkileri incelenmiştir. Bu ęalıřmanın literatőrde yapılan diğer ęalıřmalardan farkı ise, deneysel ęalıřmada kullanılan AISI 4340 ęeliklerine uygulanan farklı ısıl işlem parametreleriyle CNC torna tezgăhında, taşlama tezgăhına ihtiyağ duymadan maliyet ve zamandan tasarruf ederek taşlama kalitesinde yőzeyler edilmesidir.

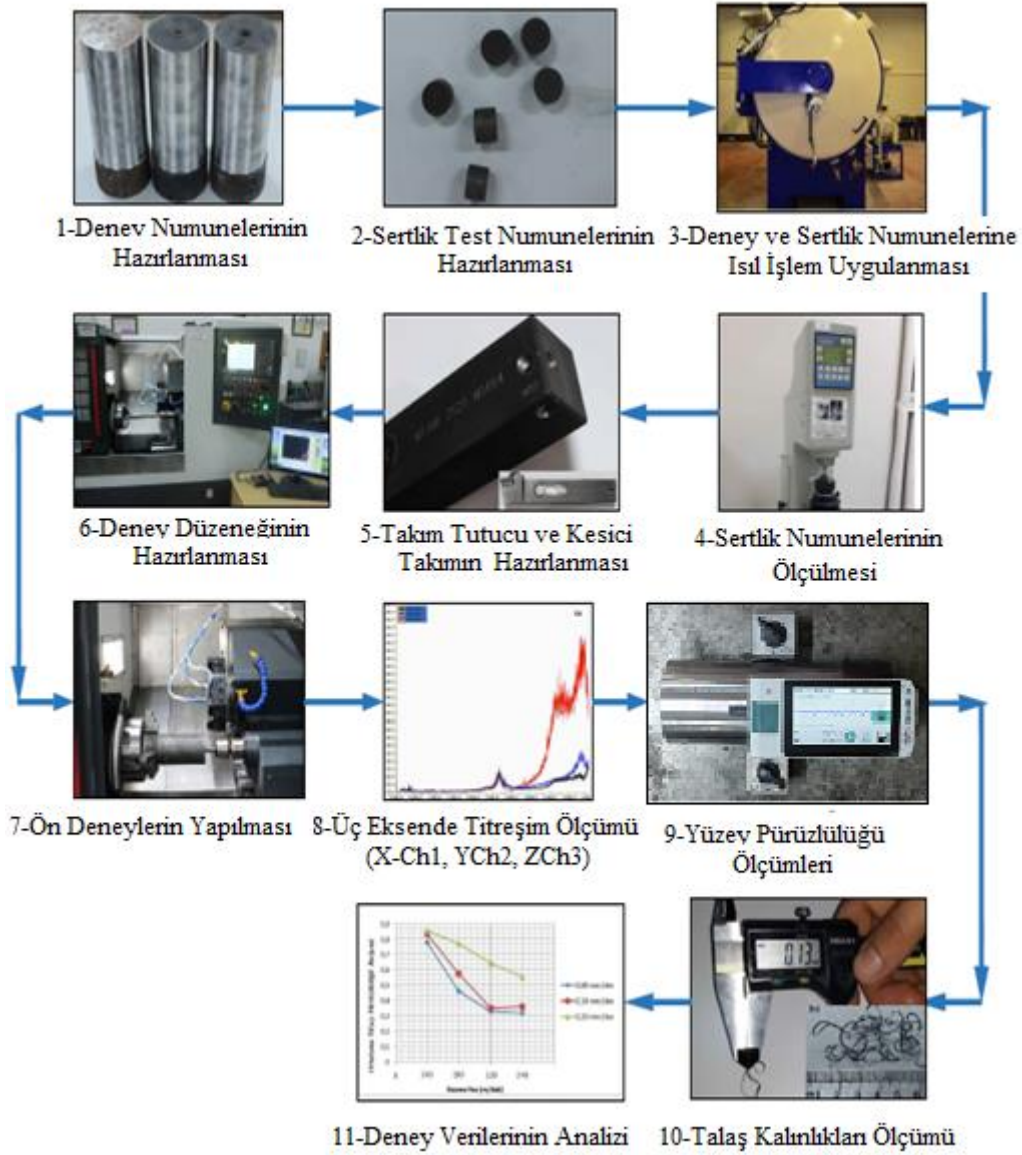
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada otomotiv ve imalat sanayinde yaygın olarak kullanılan AISI 4340 ıslah çeliklerinin farklı ısıtıl işlem prosesi ile sertleştirilmeleri neticesinde CNC torna tezgâhında kesme parametrelerinin ve kesici takımda meydana gelen titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri araştırılmıştır.

Bu amaç ile yüksek kesme hızlarında ve yüksek iş parçası sertliklerinde oldukça iyi sonuçlar veren seramik kesici takımlar kullanılarak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir.

Bu bölümde deneylerde kullanılan malzeme, seramik kesici takım, ısıtıl işlem parametreleri, kesme parametreleri hakkında bilgi verilmiş, deney işlem akışı ve deney düzeneği ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Şekil 3.1’de deneysel çalışmada uygulanan işlem basamakları verilmiştir.





Şekil 3.1. Çalışmada uygulanan işlem basamakları.

3.1. AISI 4340 ISLAH ÇELİKLERİ

Islah çelikleri otomotiv ve imalat sanayinde ağır yüklere maruz kalan konstrüksiyon parçalarının üretiminde kullanılır. Bünyesinde %2-0,5'e kadar karbon bulunmaktadır. İmalat çeliklerinden daha mukavemetli özelliklere sahip olup, ana alaşım elementleri silisyum, krom, molibden, mangan, nikel ve vanadyumdur. Islah çeliklerinin türleri sırası ile dövme kalite çelikleri, orta karbonlu çelikler, alaşımlı çelik ve düşük alaşımlı yapı çelikleridir. En büyük özellikleri ise ısıtıl işlem uygulandıktan sonra içerisindeki krom (Cr) ve molibden (Mo) gibi alaşım elementlerinden dolayı yüksek dayanım, süneklilik ve sertlik gibi mekanik özelliklere sahip olmalarıdır [46], [47]. İçyapı oluşumu ıslah

eliklerinin talaş kaldırma özellikleri bakımından önemlidir. Uygulanan ısııl işlem parametrelerine ve alaşım elementlerine bağlı olarak talaş kaldırma özellikleri değişebilmektedir. Örneğin, frezeleme, delme ve tornalama işlemlerinde %0,06-%0,1 silisyum ıslah çeliklerinin işlenebilirlik açısından talaşlı imalatla olumsuz sonuçlar vermektedir [2]. Kimyasal bileşimine göre ıslah çelikleri alaşımsız, mangan alaşımlı, krom alaşımlı ve krom-molibden alaşımlı ıslah çelikleri olarak dört gruptan oluşur [48]. Islah işlemi elik parçaya önce bir sertlik arkasından temperleme ile yüksek tokluk ve üstün mekanik özellikler kazandırdığından dolayı, motor parçaları, krank milleri, dövme parçaları, akslar, piston kolları, miller, dişliler, kumanda ve tahrik parçaları gibi çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. İnşaat elikleri ve alaşımsız eliklerden sonra en çok üretilen ve kullanılan elik sınıfıdır AISI 4340 ıslah çelikleri yüksek mukavemet ve tokluk kabiliyeti sayesinde nükleer santrallerde, eksantrik ve krank millerinde, otomobil direksiyon parçalarında, kovanlarda, özellikle hava araçlarının iniş parçalarında, helikopterlerin bağlantı bileşenlerinde, yüksek basınçlı kapların imalatında ve reaktörlerde kullanımı çok yaygındır [46], [49-52]. Islah çeliklerinden olan AISI 4340 elikleri orta karbonlu (% 0,4 C) martenzitik eliklerdendir. İçerdiği karbon molekülü sayesinde ısııl işlem sonrası sertleşme yeteneği iyidir [5].

3.2. DENEY MALZEMELERİNİN HAZIRLANMASI

İş parçası olarak imalat sanayisinde geniş bir kullanım alanına sahip olan AISI 4340 ıslah çeliği kullanılmıştır. AISI 4340 eliğine ait kimyasal bileşim ve mekanik özellikleri izelge 3.1 ve izelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. AISI 4340 eliğinin kimyasal bileşimi [46].

Element	C	Si	Mn	Pmax	Smax	Cr	Ni	Mo
%	0,30	0,15	0,40	0,035	0,035	1,40	1,40	0,15
	0,38	0,40	0,70	(max.)	(max.)	1,70	1,70	0,30

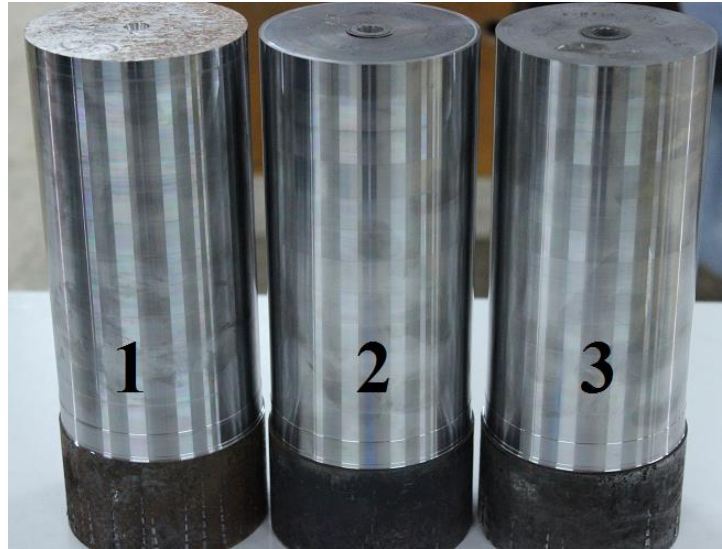
Çizelge 3.2. AISI 4340 çeliğinin mekanik özellikleri [46].

Çekme dayanımı (Mpa)	Akma dayanımı (Mpa)	Elastik modül (Gpa)	Uzama %
1200	900	200	10

Tornalama deneylerinde kullanılmadan önce iş parçalarının dış yüzeyinden silindirik tornalama ile 2 mm talaş kaldırılarak yüzeyleri temizlenmiştir. Parçaların tek tarafına punta deliği açılmıştır. Parçaların teknik resmi Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Deney numuneleri Şekil 3.3’te görüldüğü gibi hazırlanmıştır.



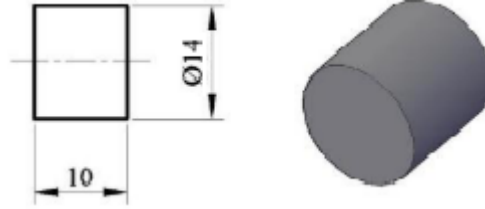
Şekil 3.2. AISI 4340 deney numuneleri.



Şekil 3.3. AISI 4340 deney numuneleri.

3.3. SERTLİK ÖLÇME NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

Daha önce Şekil 3.3'teki gibi hazırlanan AISI 4340 çeliğinin farklı ısıtım parametreleri sonrasında sertlik ölçümlerinin yapılabilmesi için üç adet ısıtım işlemi, üç adet geleneksel ısıtım işlemi ve üç adet geleneksel ısıtım işlemi+temperleme olmak üzere toplam dokuz adet olan sertlik ölçme numuneleri hazırlanmıştır. Şekil 3.4'te sertlik ölçme numunelerinin ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.4. AISI 4340 sertlik ölçme numune ölçüleri.

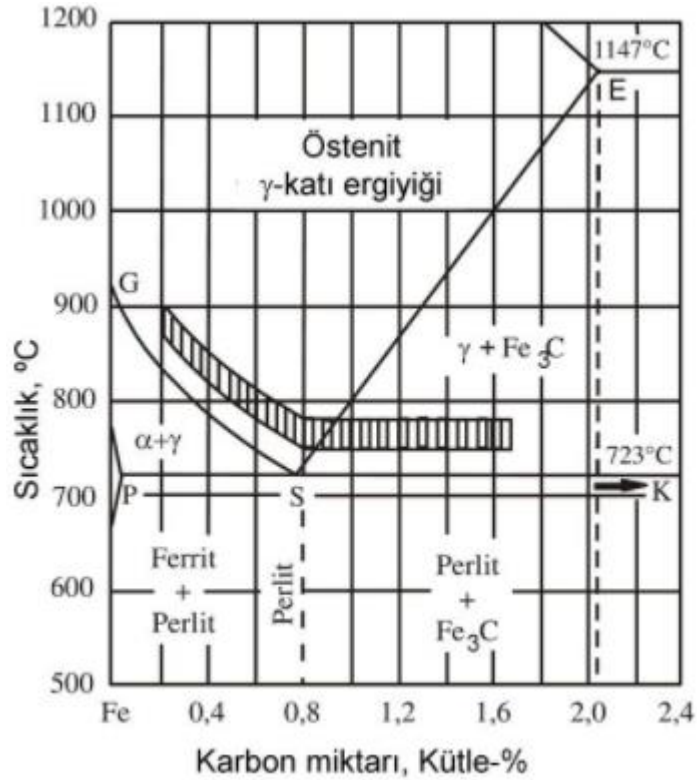
3.4. ISIL İŞLEM

Metal ve alaşımların kullanım amaçlarına göre istenilen mekanik ve fiziksel özelliklerin kazandırılması için belirli bir plan, program dâhilinde ısıtım ve soğutma işlemlerine ısıtım işlemi denir. Demir esaslı malzemelerden istenilen mekanik ve fiziksel özelliklerin belirli sınırlar içerisinde değiştirilmesi özellikle metal ve alaşımların yapı içerisindeki dağılımı ve ısıtım işlem uygulamalarına göre değişiklikler gösterir. Örneğin, çeliklerin östenit bölgeden soğutulması, hangi koşulda ve türde soğutma yapılacağı, mekanik ve fiziksel özelliklerini değiştirebilmektedir [46].

Yavaş soğutma, çeliği yumuşak ve sünek yapabileceği gibi hızlı soğutma ise çeliği kırılgan hale getirir. Çeliklere uygulanan ısıtım işlemi ile çeliklerin; dayanımını, mukavemetini arttırmak veya azaltmak, iç gerilmeleri azaltmak, homojen bir yapı elde etmek, tane büyüklüğünü değiştirmek, tokluk ve süneklik gibi özelliklerini değiştirerek talaşlı üretime hazır hale getirmek amaçlanır [53]. Isıtım işlemi, sertleştirme ve temperleme olmak üzere iki bölümde araştırılabilir. Sertleştirme ile yarı kararlı bir yapı oluşturulurken, temperleme ile ise tam kararlı bir içyapı oluşturulabilir. Bu bilgiler doğrultusunda ısıtım işlemi aşamalarını, belirli bir sıcaklığa ısıtım (östenit sıcaklığı), bu sıcaklıkta bekletme (östenitleme) ve soğutma (sertleştirme) olacak şekilde sıralayabiliriz. [54].

3.4.1. Geleneksel Isıl İşlem

Geleneksel ısıtma işlemi, kullanılan çelik türü ve istenilen teknik özelliklere göre östenitleme sıcaklığına kadar ısıtılan çeliğin, süresini tamamladıktan sonra östenitleme sıcaklığından hızlı bir şekilde soğutulmasıdır. Çeliğin bu dönüşümle sertleştirilmesinde ilk aşama, çeliğin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması ve daha sonra östenitleme sıcaklığında istenilen değişiklikler oluncaya kadar bekletilmesi sağlanmalıdır. Homojen bir östenit yapı elde etmek ve mevcut karbürlerin homojen olarak östenit yapı içerisinde çözülmesini sağlayacak, tane büyümesine izin vermeyecek ısıtma sıcaklığı çok önemlidir. Tüm çelik alaşımlarında ön ısıtma ve östenitleme sıcaklıkları aynı değildir. Alaşım elementlerin cinsi ve miktarı, özellikle çelikteki karbon miktarına bağlı olarak östenitleme sıcaklıkları değişebilmektedir [46]. Şekil 3.5'te alaşımsız çeliklerde karbon miktarına göre östenitleme sıcaklıkları verilmiştir.



Şekil 3.5. Alaşımsız çeliklerde karbon miktarına bağlı östenitleme (sertleştirme) sıcaklığı [55].

Çeliklerin sertleştirilmesinde östenitleme sıcaklığı, sıklıkla bu çelikle ilgili, daha önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler çerçevesinde ısıtma işlem parametrelerinin oluşmasını sağlayacak tablolardan yararlanılabilir. Öneri niteliğindeki bilgilerin kullanılması, çoğu zaman daha sağlıklı araştırma ve deney yapmayı mümkün kılar [46]. Çizelge 3.3'te AISI

4340 çeliğine ait ısıtıl işlem özellikleri verilmiştir.

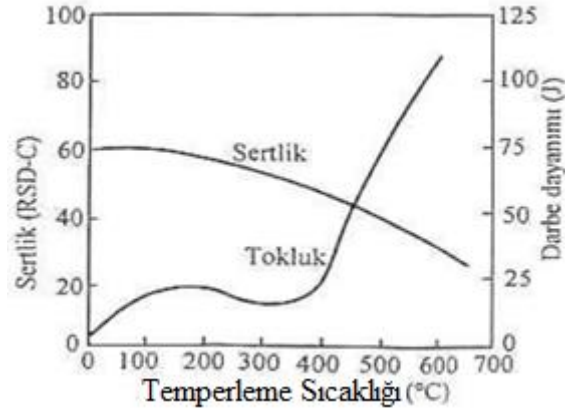
Çizelge 3.3. AISI 4340 çeliğinin ısıtıl işlem özellikleri [46].

Sıcak şekillendirme sıcaklığı °C	Yumuşatma tavlama sıcaklığı °C	Normalleştirme tavlama sıcaklığı °C	Su verme sıcaklığı °C	Temperleme (Menevişleme) sıcaklığı °C
850-1050	650-700	850-880	830-860	540-680

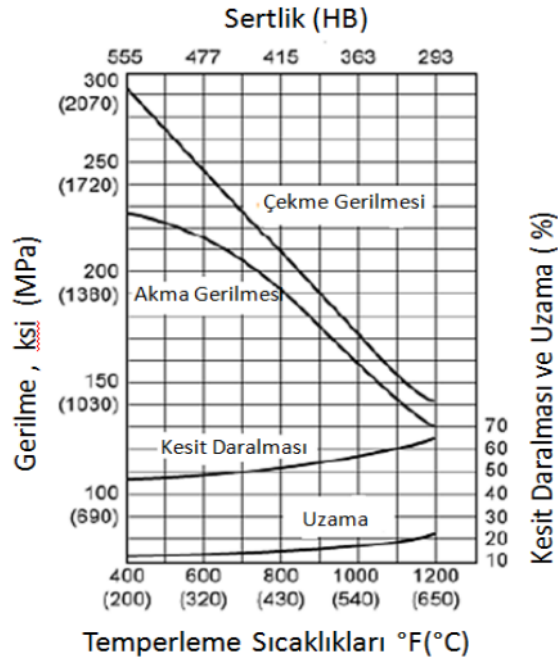
Geleneksel ısıtıl işlemde ikinci aşama su verme (soğutma) işlemidir. Çeliğinin sertleşmesi için soğuma hızı, malzemenin kritik soğutma hızından daha fazla olmalıdır. Östenit sıcaklığa çıkmış ve bu sıcaklıkta belirli bir süre beklemiş olan çelik, farklı soğutma ortamlarında ve soğutma hızlarında soğutulursa farklı yapılara sahip olur [54]. Sertleştirme için en yaygın kullanılan soğutma ortamları, en hızlı soğuma ortamı için suda soğutma, orta hızda soğutma için yağda soğutma ve en yavaş soğutma için hava ve sıcak banyodur [46].

3.4.2. Temperleme İşlemi

Isıl işlem aşamalarından biri olan soğutma (su verme) işleminden sonra çelik parçalarda martensit yapı bulunmasından dolayı büyük gerilmeler mevcuttur. Bu kırılman ve gevrek yapıya sahip çelik parçalar 100 ile 670 °C arasında ısıtılarak, gerilmelerin azaltılması sağlanır [46]. Bu sıcaklıklar arasında belirli bir süre tutulduktan sonra havada soğutulmaya bırakılır [56]. Soğutulan (su verilen) çeliklere temperleme işlemi yapıldığında tokluk ve süneklilikleri artar, buna zıt olarak mukavemet ve sertlikleri azalır. Şekil 3.6'daki grafikte AISI 4140 çeliğine (1 saat temperlenmiş) temperleme sıcaklıkları ile değişen tokluk ve sertlik ilişkisi verilmiştir. Şekil 3.7'de ise AISI 4340 çeliğine ait farklı temperleme sıcaklıklarındaki mekanik özelliklerin değişimi verilmiştir.



Şekil 3.6. AISI 4140 çeliğinin 1 saat temperlenmiş haldeki sertlik ve tokluğunun sıcaklığa göre değişimi [57].

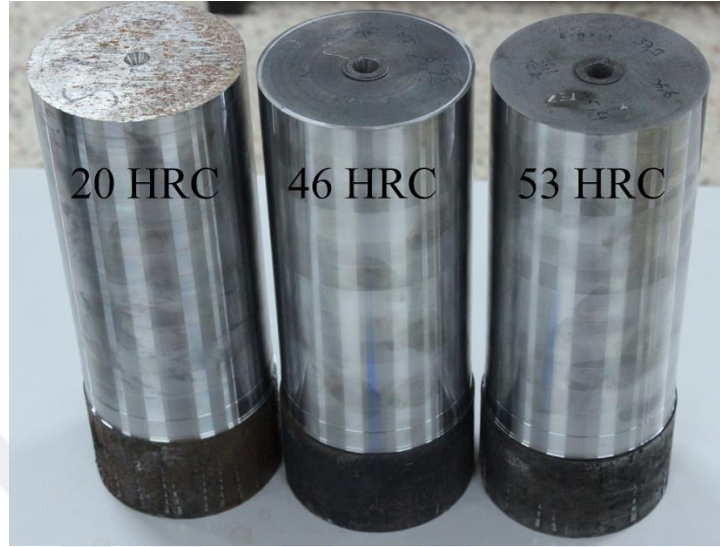


Şekil 3.7. AISI 4340 çeliğinin mekanik özelliklerinin farklı temperleme sıcaklığına göre değişimi [58].

3.4.3. Deney Malzemelerine Uygulanan Isıl İşlem

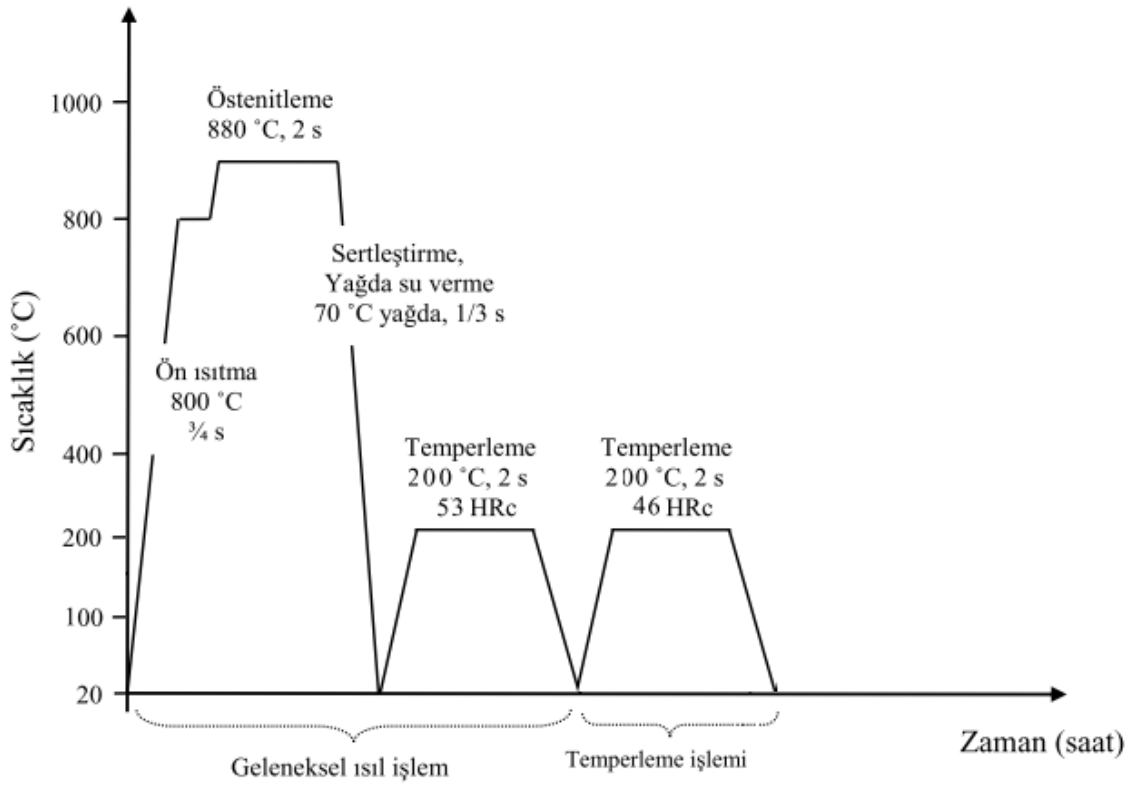
Deneylerde kullanılacak olan AISI 4340 çelik numuneleri daha önceden yüzeyinden silindirik tornalama yapılarak ve tek taraflı punta deliği açılarak ısıl işleme hazır hale getirilmiştir. Birinci numuneye herhangi bir ısıl işlem uygulanmamıştır. İkinci numuneye geleneksel ısıl işlem uygulanmış olup, ardından oluşan gerilmelerin azaltılması ve giderilmesi için temperleme işlemi yapılmıştır. Üçüncü numuneye ise ikinci numuneye yapılan ısıl işlem prosesinin aynısı uygulanmış olup, tokluğun ve sünekliliğin artırılması

ve sertliğin azaltılması için ikinci bir temperleme işlemi yapılmıştır. Şekil 3.8’de ısıtıl işlem sonrası AISI 4340 çeliğine ait numuneler verilmiştir. Numunelere uygulanan ısıtıl işlem Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş.’de yapılmıştır.



Şekil 3.8. Isıl işlem sonrası AISI 4340 çeliği numuneleri.

Birinci numuneye ısıtıl işlem uygulanmamıştır. İkinci ve üçüncü numune oda sıcaklığından (20°C) 800°C’ye kadar 45 dakika boyunca ısıtılmıştır. 45 dakika sonra 880 °C’de 120 dakika boyunca östenitleme yapılmıştır. Östenit sıcaklığından 70 °C’lik yağda aniden 20 dakika boyunca soğutma işlemi yaparak çeliğin sertleştirilmesi sağlanmıştır. Ani soğutma nedeniyle sertleşen ve kırılmalan her iki numuneye sünellik ve tokluk kazandırmak için 200 °C’de 120 dakika boyunca temperleme işlemi uygulanmıştır. İki numunede 20 HRc sertliğinden 53 HRc sertliğine getirilmiştir. Üçüncü numuneye tekrar 200 °C’de 120 dakika boyunca temperleme yapılarak sertliği 46 HRc ye düşürülmüş olup, tokluğu ve sünekliliği arttırılmıştır. AISI 4340 çeliklerine uygulanan ısıtıl işlem prosesi Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. AISI 4340 çeliğinin ısıt işlem prosesi.

3.5. SERTLİK ÖLÇME

Kendisinden sert başka bir malzeme ile çizilme, batma ve ezilmeye karşı göstermiş olduğu dirence o malzemenin sertliği denir [59]. Diğer bir ifade ile sertlik, malzemelerin plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilebilir [60]. Malzemelerin sertliğini ölçmek için günümüze kadar farklı ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıda verilmiştir:

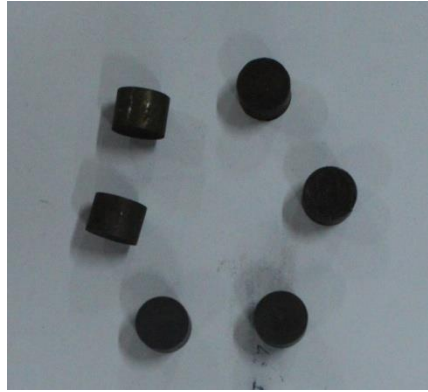
- Brinell
- Rockwell
- Vickers

Bu sertlik ölçme yöntemlerinin ayırt edici özellikleri yükleme kuvveti, batıcı uç ve ölçme değerleridir. Bu yöntemler arasında Rockwell sertlik ölçme yöntemi sertliği ölçülecek parçanın yüzeyine tepe açısı 120 °C olan basık elmas konik veya küresel çaplı bilye kullanılarak belirli bir yükün altında oluşan iz derinliğinin ölçülmesi esasına dayanır. Kullanılan yükler 60 ile 150 kg arasında değişir. Farklı yük ve iz uygulayıcısının şekline ve çapına göre farklı Rockwell sertlik ölçme yöntemleri kullanılabilir. En yaygın

kullanılanları Rockwell B ve Rockwell C'dir [61]. Rockwell B 1/16'' çapında bilye ve 100 kg yük altında genellikle sünekliliği fazla olan yumuşak çelik (35-100 HRB) numunelerin ölçümünde olumlu sonuçlar verir. Rockwell C ise, elmas konik uç kullanılarak 150 kg yük altında sertleştirilmiş çeliklerin (20-70 HRC) ölçülmesinde kullanılır [59], [61].

3.5.1. Sertlik Numunelerin Ölçülmesi

AISI 4340 çeliklerinin ısıt işlemleri sonrası sertliklerinin ölçülmesi için Ø14x10mm ebatlarında sertlik ölçme numuneleri Şekil 3.10'daki gibi hazırlanmıştır. Sertlik ölçümleri Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar ve Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Isıt işlemsiz, geleneksel ısıt işlemleri ve geleneksel ısıt işlemleri + temperleme işlemleri için hazırlanan numuneler her birinden en az 9 adet olmak üzere sertlik ölçümleri yapılarak ortalamaları alınmıştır. Sertlik ölçme yöntemi olarak Rockwell C test modeli seçilmiş olup, sertlik sonuçları; ısıt işlemsiz numuneler 20 HRC, geleneksel ısıt işlemleri numuneler 53 HRC ve geleneksel ısıt işlemleri sonrası temperlenmiş numuneler 46 HRC olarak ölçülmüştür. Sertlik ölçümü yapılan test cihazı Bulut marka DIGIROCK modelidir. Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. AISI 4340 çeliği sertlik ölçme numuneleri.



Şekil 3.11. Bulut DIGIROCK sertlik ölçüm cihazı.

3.6. SERAMİK KESİCİ TAKIMLAR

Çelik ve alaşımlarının ısıtılma işlemleri ile sertleştirilmesi ile yüksek aşınma ve dayanım kazanmaları imalat sanayinde birçok uygulamada tercih edilir. Sertleştirilmiş malzemeleri işlemede geleneksel takımlar, talaş oluşumu sırasında iş parçasının dayanımından dolayı sürekli aşınmalara maruz kalır. Takım aşınmalarının sıklık ile yaşanması talaşlı üretim maliyetlerini %3 ile %12 arasında arttırmakla kalmayıp %20 zaman kaybına da yol açmaktadır [62].

Talaşlı imalat sanayi, daha düşük işletme maliyetleri elde etmek, üretim sayılarını artırmak için yüksek kesme hızlarında çalışan ve dolayısıyla imalat sürelerini kısaltan kesici takımlara ihtiyaç duymuştur. Takım tezgâhlarında yüksek kesme hızlarında çalışırken kesici takım ile talaş yüzeyi arasında sıcaklık artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda oluşan ısıtılma şoklarına maruz kalan kesici takımların kullanılması gerekmektedir. Seramik kesici takımlar aşırı sıcaklık nedeniyle meydana gelen ısıtılma şoklarına karşı koyabilen ve sertliklerini muhafaza edebilen kesici takım türüdür [63], [64]. Seramik kesici takımlar, yüksek talaş kaldırma oranları, uzun takım ömürleri neticesinde paslanmaz çelik ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde iyi sonuçlar vermiştir [65]

Seramik kesici takımların aşınma ve korozyon direnç özellikleri yüksektir. İlk takım maliyetleri yüksek olmasına rağmen optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi ile

ikinci bir işleme gerek duymadan taşlama kalitesinde yüzeyler elde edilmektedir. 65 HRC ye kadar sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde yüzey kalitesi ve takım ömrü performansı açısından iyi sonuçlar vermiştir [15], [66].

Sertleştirilmiş çeliklerin (60-65 HRC) seramik kesici takımlarla yüksek kesme hızlarında düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinde işlenmesi imalat sanayiye büyük avantaj sağladığından son yıllarda tercih sebebidir. Yüksek kesme hızlarında gerçekleşen tornalama süreleri taşlama sürelerinden üç kat daha hızlı olmakla birlikte enerji sarfiyatı akla geldiğinde maliyet açısından beş kat daha avantajlıdır [67]. Seramik kesici takımlar ile tornalama yapılmasının avantajı, karmaşık şekilli sert malzemelerin bir adımda işlenebilmesi ve kuru tornalama işlemi ile silindirik taşlama işlemi kalitesinde yüzey elde edilmesidir [68].

Seramik kesici takımların tokluk ve süneklilik değerlerinin düşük olması nedeniyle özellikle titreşimin fazla olduğu talaş kaldırma işlemlerinde kullanımı sınırlıdır. Kullanım alanları olarak, gri dökme demir, ısıl dirençli alaşımlar, dökme demir, sertleştirilmiş çeliklerin düşük kesme derinliğinde ve son işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [69]. Seramik kesici takımların en büyük dezavantajı düşük darbe dayanımı ve kesici takımlardaki talaş açılarının sıfır derece olması nedeniyle kesme esnasında takım ucuna yüksek kesme kuvvetlerine maruz olmasıdır [70].

3.6.1. Seramik Kesici Takım Çeşitleri

Seramik kesici takımlar farklı oranlarda karıştırılmış tozların sinterlenmesi ile oluşan kompozit malzemelerdir. Alüminyum oksit (Al_2O_3) seramik kesici takımların ana yapısını oluşturmaktadır. Bununla birlikte magnezyum oksit (MgO), yitrium oksit (Y_2O_3), zirkonyum oksit (ZrO), krom oksit (CrO), vb. bileşikler seramik türlerinin oluşmasında kullanılmaktadır [71]. Seramik kesici takımlar genel olarak üç çeşittir. Şekil 3.12’de seramik kesici takımlar gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Seramik kesici takımlar [72].

3.6.1.1. Alüminyum Oksit (Al_2O_3) İçeren Seramikler

Metalik bağlayıcı maddesi olmayan %90'nın üzerinde alüminyum oksitten (Al_2O_3) meydana gelir. Oksit seramik 48 HRC sertliğe kadar olan çeliklerde kullanın alanına sahiptir. Termal şok etkisinden dolayı soğutma sıvısı kullanılmadan talaş kaldırma işlemi yapılır [2].

3.6.1.2. Karışık Seramik

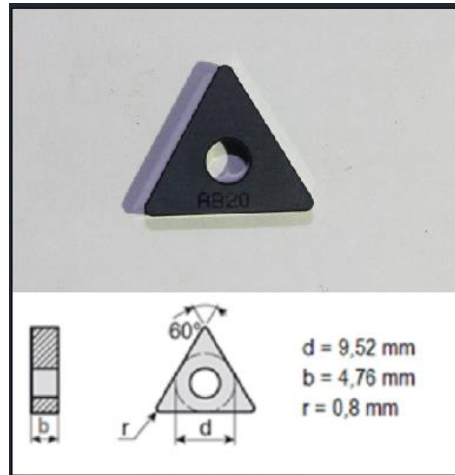
Alüminyum oksit oranı %90'nın altında olan TiC, TiN ve WC bağlayıcılar ihtiva eden seramik kesici takımlardır. Koyu renkli olması ve aşınma direncinin yüksek olması oksit seramik takımdan ayrılan en temel özellikleridir. Sertliği 64 HRC kadar olan çeliklerin işlenmesinde kullanılır [2].

3.6.1.3. Silisyum Nitrür(Si_3N_4) İçeren Seramikler

Son yıllarda silisyum nitrür esaslı seramik kesici takımlar imalat sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mükemmel termal şok direncine sahiptir. Bu seramik kesici takımlar yüksek aşınma direnci ve mekanik özellikleri sayesinde otomobil motorları için valf üretiminde, gaz türbin üretiminde kullanılır [73]. Korozyon dirençleri yüksek olup, yüksek sıcaklıklarda mekanik kararlılıkları birçok mukavemetli seramik kesici takımdan daha iyidir [74].

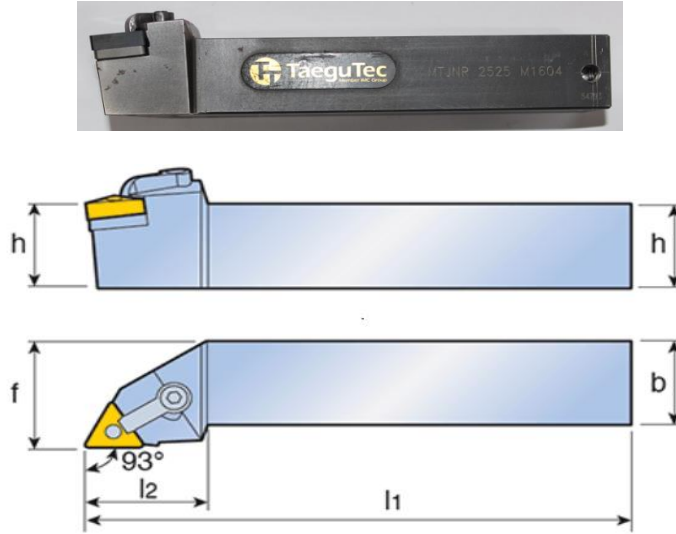
3.6.2. Deneyisel Çalışmada Kullanılan Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde 0,8 mm uç yarıçapına sahip TaeguTec marka TNGA tipli ($TiN-Al_2O_3$) AB20 120408 T1020 model kesici takım kullanılmış ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. TNGA 120408 AB20 seramik kesici takım.

TNGA tipli ($\text{TiN-Al}_2\text{O}_3$) AB20 120408 T1020 model seramik kesici takım ile rijit bir şekilde bağlantı yapılan TaeguTec marka MTJNR 2525 M1604 model takım tutucu kullanılmış ve Şekil 3.14’de takım tutucu gösterilmiştir. Çizelge 3.4’de takım tutucuya ait ölçüler verilmiştir.



Şekil 3.14. MTJNR 2525 M1604 model takım tutucu [75].

Çizelge 3.4. MTJNR 2525 M1604 model takım tutucu ölçüleri [75].

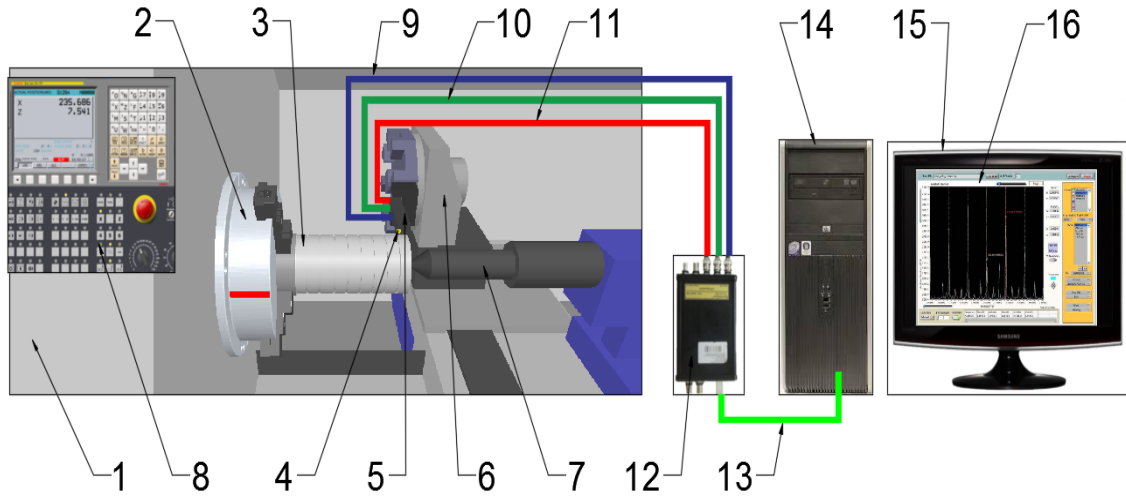
Takım tutucu kodu (mm)	h	b	l_1	l_2	f
MTJNR 2525 M1604	25	25	150	28	32

3.7. DENEY DÜZENEGİ

Bu çalışmada imalat sanayinde yaygın kullanım alanına sahip özellikle otomotiv ve uçak endüstrisinde tercih edilen AISI 4340 (34CrNiMo6) ıslah çeliğinden imal edilen $\text{Ø}100 \times 250$ mm ebatlarında üç adet deney numunesi hazırlanmıştır. Birine herhangi bir ısıtım işlemi uygulanmamıştır. Diğer iki numuneye ilk önce geleneksel ısıtım işlemi uygulanmıştır. Sertleşen AISI 4340 çelikleri daha sonra $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 saat boyunca temperleme işlemi uygulanmıştır. Son olarak üçüncü numuneye tokluğu biraz daha arttırmak için $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 saat boyunca tekrar temperleme uygulanmıştır.

Bu deneysel çalışmada hazırlanan üç numune için deney düzeneği oluşturulmuştur. Şekil 3.15'te deney düzeneğinin şematik gösterimi ile deneyde kullanılan ekipman listesine yer verilmiştir. Her bir numune için 12 adet deney olmak üzere toplam 36 adet deney

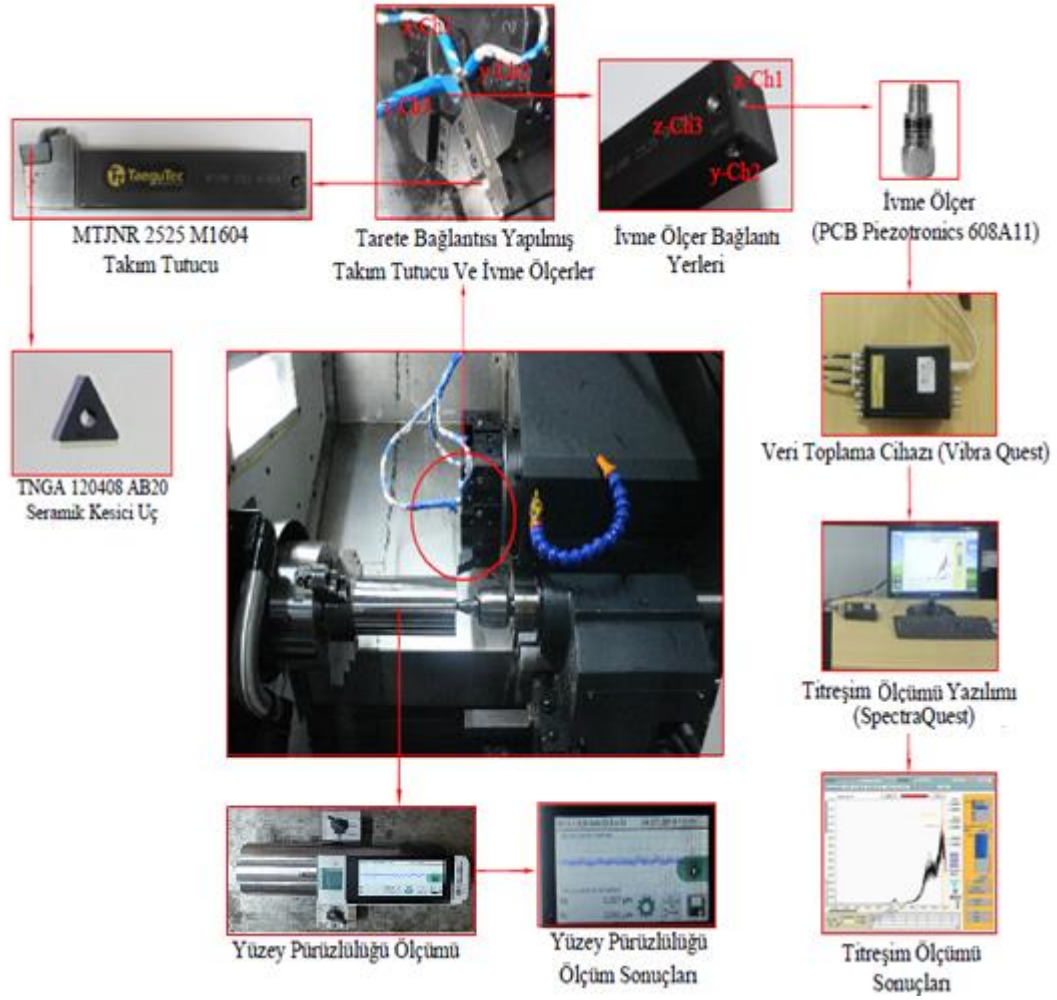
gerçekleştirilmiştir.



Deney düzeneği ekipman listesi			
1	CNC torna tezgâhı ana gövdesi	9	X-Ch1 veri kablosu
2	Ayna	10	Y-Ch2 veri kablosu
3	AISI 4340 çeliği	11	Z-Ch3 veri kablosu
4	Kesici takım	12	Veri toplama ünitesi
5	Takım tutucu	13	Veri toplama ünitesi kablosu
6	CNC torna taret	14	Bilgisayar
7	CNC torna punta	15	Monitör
8	Fanuc kontrol ünitesi	16	VibraQuest™ yazılım

Şekil 3.15. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.

Deneylerde kullanılan numunelere kuru kesme şartlarında ayna punta arasında tormalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tormalama esnasında oluşan titreşimlerin ölçülmesinde PCB Piezotronics 608A11 model ivmeölçerler kullanılmıştır. İvmeölçerler tarafından algılanan sinyaller veri toplama ünitesi kullanılarak sayısallaştırılır. Üç kanaldan gelen sinyaller VibraQuest™ yazılım programı kullanılarak kaydedilmiştir. Şekil 3.16'da deney düzeneğinin çalışma prensibi verilmiştir.



Şekil 3.16. Deney düzeneğinin çalışması.

Deneyisel çalışma Gölyaka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nde Makine Teknolojisi atölyesinde yapılmıştır. Deneylerde Lokesh marka T-250 model 2019 üretimi CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. Şekil 3.17'de deneylerde kullanılan CNC torna tezgâhı gösterilmiştir. Çizelge 3.5'te tezgâhın teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.17. Lokesh T-250 CNC torna tezgâhı.

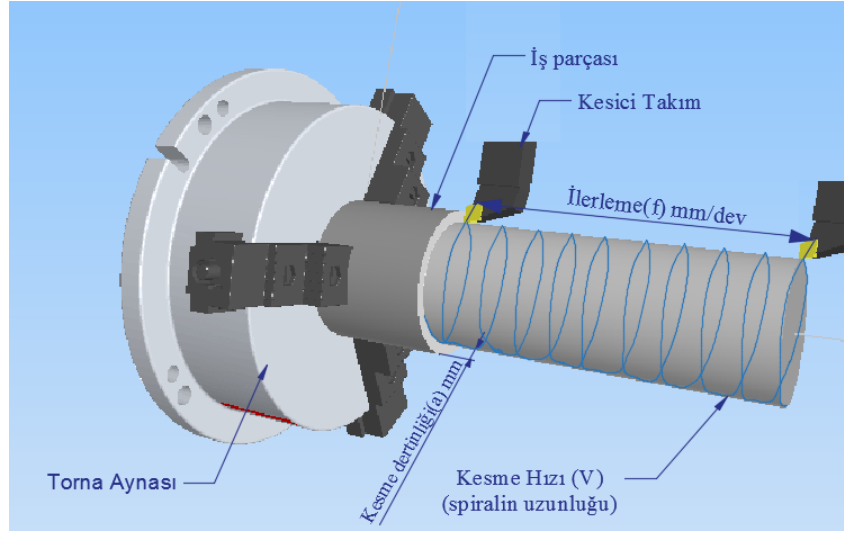
Çizelge 3.5. Lokesh T-250 CNC torna tezgâhı teknik özellikleri.

Maksimum tornalama çapı	360 mm
Maksimum tornalama boyu	540 mm
Takım istasyon adedi	8 adet
Kare takım ebadı	25x25 mm
Maksimum iş mili devri	4000 dev/dak
İş mili motor gücü	22 kW
Ayna ebadı	8”(inch)

3.8. TORNALAMA

Tornalama, kesici kenarları belirli bir geometrik yapıda olan takımlar aracılığı ile dönen iş parçasından dairesel formda talaş kaldırma işlemidir [76]. Tornalama, talaş kaldırma işlemlerini sürekli olması bakımından en iyi karakterize eden ve en klasik talaşlı imalat yöntemidir. Bu nedenle diğer talaş kaldırma yöntemlerinin temelini teşkil eder [64]. Araştırmaların ortaya koyduğu sonuçlara göre tornalamayı etkileyen, çok sayıda talaş kaldırma faktörleri mevcuttur. Bunlar: takım ömrü (T-dak.), kesme hızı (V-m/dak), ilerleme (f-mm/dev), kesme derinliği (a-mm), kesici takım yarıçapı (r-mm), titreşim, soğutma sıvısı, kesici takım malzemesi ve işlenen parça malzemesidir. Talaşlı üretimi etkileyen bu parametrelerin çokluğu ve birbirlerini etkilemesi sebebiyle yapılan araştırmalarda birçok parametrenin sabit tutularak ancak belirlenen faktörlerinin tayinine çalışılmıştır [64].

Tornalama işlemine etki eden ve optimum talaş kaldırma işlemi için değiştirilecek parametreler kesme hızı (V), ilerleme (f) ve kesme derinliği (a) dir [77]. Şekil 3.18’de tornalama esnasında kesme parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Kesme parametrelerinin iş parçası üzerinde gösterimi.

Kesme hızı, (V) iş parçasının yüzeyindeki torna yapılmış bir noktanın kesici takım önünde birim zamanda aldığı yoldur ve m/dak olarak ifade edilir. İlerleme hızı veya ilerleme (f), kesici takımın iş parçasının her bir dönüşünde iş parçasının eksenine paralel olarak aldığı mesafedir ve mm/dev olarak ifade edilir. Kesme derinliği (a), iş parçasına dik olarak ölçülen (mm) ve iş parçasından kaldırılan talaş derinliğidir [78].

Sertleştirilmiş parçalarda genellikle taşlama işlemi yapılır. Tornalama ise daha ekonomik ve yaygın bir alternatif yöntem haline gelmiştir. Bu konuda çok sayıda destekleyici çalışma bulunmaktadır. Örnek vermek gerekir ise, kuru tornalama işlemi geleneksel tornalama işlemi ile torna kullanımı, üretim kolaylığı bakımından benzerlikler göstermektedir. Parça tasarımı değiştiğinde torna üzerinde değişiklikler yapmak taşlama tezgâhına göre daha kolaydır. Tornalar, taşlama tezgâhlarından daha hızlı çalışır ve bu nedenle üretim maliyetleri daha düşüktür. Kuru tornalama yaparken kesme sıvısına ihtiyaç duyulmadığından soğutma gerekmez; böylelikle atık ve geri dönüşüm maliyetleri azalır. Tornalar uzun vadede taşlama tezgâhlarına göre daha düşük yatırım maliyetine sahiptir. Taşlama tezgâhlarında dengeleyici, düzeltici gibi destek ekipmanları gerekirken, torna tezgâhlarının ekipmanların muhafazası, taşlama tezgâhlarına göre daha az yer kaplar [72].

Kuru tornalama yöntemi, özellikle 40 ila 62 HRC arasında çelik ve alaşımların pozitif ekolojik etkilere sahip, yüksek verimli, düşük maliyetli bir esnek üretim prosesidir. Kalıp malzemeleri, rulmanlar, dişliler, miller ve otomotiv şanzımanları gibi sertleştirilmiş alaşımlı çelik, süper alaşımlar, nitrürlenmiş demirler, sementasyon çeliği ve sert krom kaplamalı çelik parçalarının üretiminde kuru tornalama önemli bir yöntem haline gelmiştir [9]. Kuru tornalama işlemleri, 1970’lerden itibaren CBN kesici takımların keşfi ve ticarileştirilmesi sonucu önemli bir ivme kazanmıştır [79]. Kuru tornalamayla uygun tornalama ve kesme parametrelerinin seçilmesi durumunda silindirik taşlama tezgâhında elde edilen yüzey kalitesine ulaşılabilir [8], [80]. Kuru tornalama işleminin, silindirik taşlamaya nazaran ön işleme veya son işleme tabi tutulmaması, sadece tek bir işleme prosesiyle nihai işlem aşamasında işlenmesi silindirik taşlamaya alternatif bir yol haline gelmiştir [81].

3.8.1. Deneylerde Kullanılacak Kesme Parametreleri

AISI 4340 çeliği numuneleri, seramik kesici takım kullanılarak kuru kesme şartlarında kuru tornalama yaparak titreşimin ve kesme parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Yapılan literatür çalışmalarında, sertleştirilmiş çelik ve alaşımların kuru tornalanmasında yüksek kesme hızlarında kesme yeteneğine sahip kesici takımların tercih edildiği görülmüştür. Aynı zamanda kuru tornalama yöntemiyle kaldırılacak talaş derinliklerinin nihai işlem olacak şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılan ön deneyler ve incelenen deneysel çalışmalar sonucunda deneylerde kullanılacak en uygun kesme parametreleri belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan her bir sertlik numunesinde 12 adet olmak üzere toplam 36 adet kesme parametreleri Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.

Deney no	Kesme hızı V (m/dak)	İlerleme f (mm/dev)	Kesme derinliği a (mm)
1	140	0,08	0,3
2		0,14	
3		0,20	
4	180	0,08	
5		0,14	
6		0,20	
7	220	0,08	
8		0,14	
9		0,20	
10	260	0,08	
11		0,14	
12		0,20	

3.9. TİTREŞİM

Talaşlı imalat yöntemlerinin hepsinde işlenen iş parçasının yüzey kalitesi önemli bir göstergedir. Bu nedenle yüzey kalitesini olumsuz etkileyen kesme parametrelerinin ve titreşimlerin tespit edilmesi son derece önemlidir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerden biri titreşimdir.

Talaşlı üretimde titreşim tabiriyle kesici takım ve iş parçası arasındaki relatif titreşim kastedilmektedir [2]. Talaş kaldırmada titreşimlerin birçok faktörden etkilenmesi nedeniyle karmaşık bir yapıya sahip olduğunu ortaya konulmuştur [82]. Buna sebep olan titreşim elamanlarının (genlik, frekans, dalga şekli, hızlar, ivmeler) sınırsız sayıda kombinasyona göre titreşim etkisinin değişmesidir. Bu da talaş kaldırmada sürekli bir titreşim oluşmasına sebep olur. Bazı titreşimler zararlı kabul edilir. Titreşim işlenen parçanın ölçü tamlığının bozulmasına, yüzey pürüzlülüğünün artmasına, kesici takım ömrünün azalmasına, takım tezgâhı bileşenlerinin zarar görmesine ve yüksek gürültüye neden olur [3], [36], [83]. Talaş kaldırmada iki tip titreşim mevcuttur:

- Zorlamalı titreşim
- Kendinden tahrikli titreşim

Zorlamalı titreşim; tezgâhın mekanik hareketlerinden, tahrik sistemlerinden, tezgâh zemininden, motor ve pompalardan meydana gelen titreşim türüdür. Kendinden tahrikli titreşim adından da anlaşıldığı gibi tezgâhın mekanik hareketlerinden ya da herhangi bir dış etkenden oluşmayan, talaş kaldırma olayı ile takım tezgâhı yapısının etkileşiminden oluşur. Kendinden tahrikli titreşim, iş parçasındaki belirsizliklerden, oluşan talaşın şeklinin değişikliklerinden ya da sürtünme şartlarının değişmesiyle takım ile talaş arasındaki ara yüzeyde meydana gelir [2], [83]. Kesme parametrelerindeki değişim ile etkilenen kendinden tahrikli titreşimlerin, sistemin dinamik rijitliğinin artırılması ve sönümlleme ile kontrol altına alınması mümkündür [84].

3.9.1. Titreşim Verilerinin Ölçülmesi

Talaşlı üretimde kesici takım titreşimlerinin iş parçasındaki yüzey kalitesini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Kesme parametrelerinin işlenen parçaya, kesici takıma ve işleme yöntemine uygun seçilmemesi takım titreşimlerinin nedenleri arasında sayılır. Optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi için titreşimlerin ölçülmesi önem arz etmektedir.

Deneylerde titreşim verilerinin ölçülmesi için üç adet ivmeölçer kullanılmıştır. PCB Piezotronics 608A11 ivmeölçerler üç doğrultuda (X-Ch1, Y-Ch2 ve Z-Ch3) titreşim verilerinin ölçülmesi için takım tutucuya x-y-z eksenlerinde vidalı birleştirme ile bağlanmıştır. Çizelge 3.7’de ivme ölçme sensörüne ait teknik bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3.7. PCB Piezotronics 608A11 ivme ölçer teknik özellikleri [85].

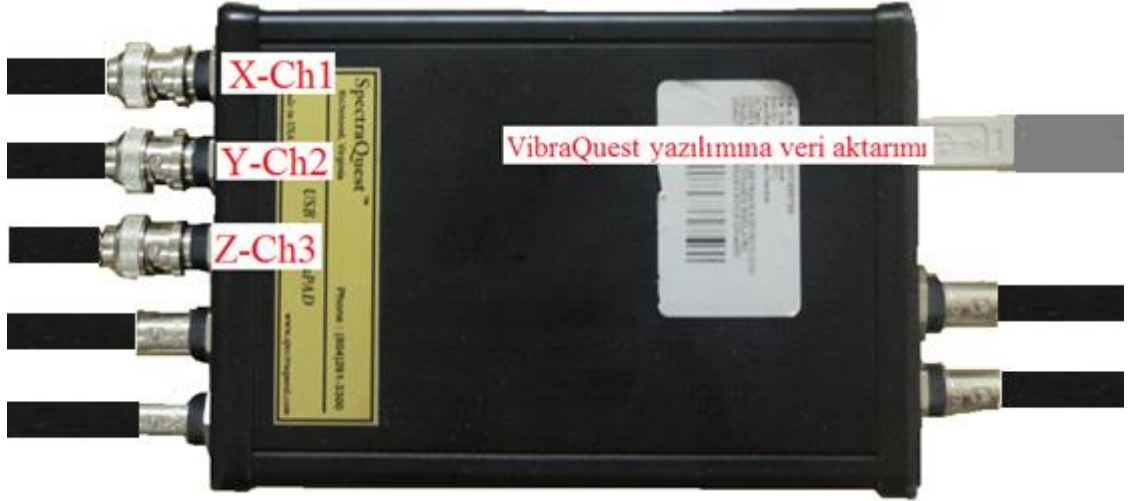
	Performans	Değer
	Duyarlılık ($\pm$ %15)	10,2 mV/(m/s ²)
	Ölçüm aralığı	$\pm$ 490 m/s ²
	Frekans aralığı ($\pm$ 3db)	0,5- 10000 Hz
	Rezonans frekansı	22 kHz
	Geniş bant çözünürlüğü	3434 μ m/s ²

Üzerine ivmeölçerler yerleştirilen takım tutucu Şekil 3.19'daki gibi CNC torna taretine rijit bir şekilde bağlanmıştır.



Şekil 3.19. MTJNR 2525 M1604 takım tutucuya ivmeölçerlerin bağlanması.

Titreşim sensörlerinden üç doğrultuda ölçülen frekans şiddetleri veri toplama ünitesi kullanılarak, verilerin sayısallaştırılıp VibraQuest™ yazılımıyla titreşim genlikleri ölçülmüştür. Şekil 3.20'de deneylerde kullanılan veri toplama ünitesi gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Veri toplama ünitesi.

3.10. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Kullanılan kesici takım türü ve işlenen malzeme türüne göre yapılacak olan işlemede, talaş kaldırma esnasında oluşan fiziksel, kimyasal ve ısı faktörlerinin etkisi ile işleme yüzeyinde istenmeyen bazı izler meydana gelir. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [86].

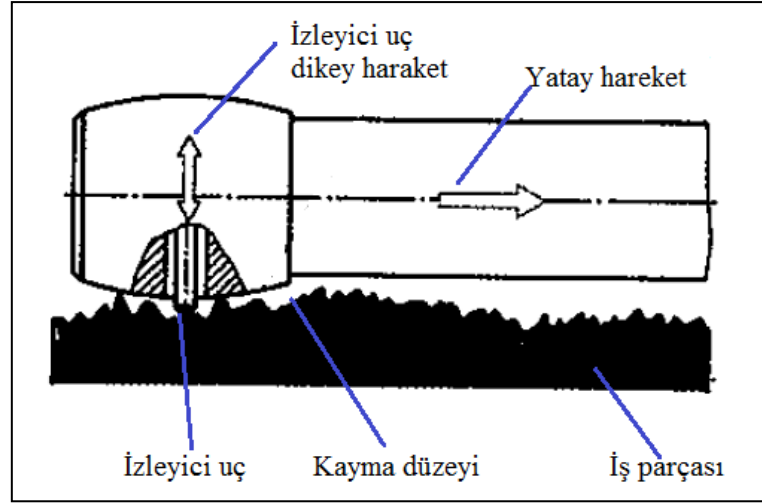
Talaşlı imalat dinamik bir yapıdır ve talaş kaldırma sürecinde birçok faktör, parametre birbiriyle ilişkilidir. Bu süreçte yüzey pürüzlülüğü performans göstergesi olarak düşünülürse, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu faktörler; kesme parametreleri, titreşim, kesici takım geometrisi, takım aşınma durumu, iş parçası mekanik özellikleri, takım tezgâh rijitliği vb. gibi sıralanabilir.

İmalat sanayisinde, işlenen parçaların istenen ölçü tamlığında üretilmesi ve yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi en önemli konulardan birisidir [87], [88]. İmalat sanayinde yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu üretimleri şöyle sıralayabiliriz: korozyon ortamında çalışan parçalar, sürtünmeli yataklar, sızdırmazlık parçaları, plastik enjeksiyon kalıp parçaları, masterlar vb. gibi yüzey pürüzlülüğü minimum olması istenen iş parçası üretimleridir [89].

Makine elamanlarının birlikte çalıştıkları yüzeylerin birbirine göre hassasiyetleri icra ettikleri görev açısından çok ehemmiyetlidir. Birbirlerine temas ederek işlem gören yüzeylerin hassasiyetleri çalışma sırasında makinelerin çalışma performanslarını etkilemektedir. Yüzeyleri bozuk, pürüzlü olan makine parçaları çalıştıkları yerde gürültülü çalışmakla kalmayıp, parça ömürlerini çabuk azaltır ve aynı zamanda çalıştıkları sisteme de zarar verebilir [90].

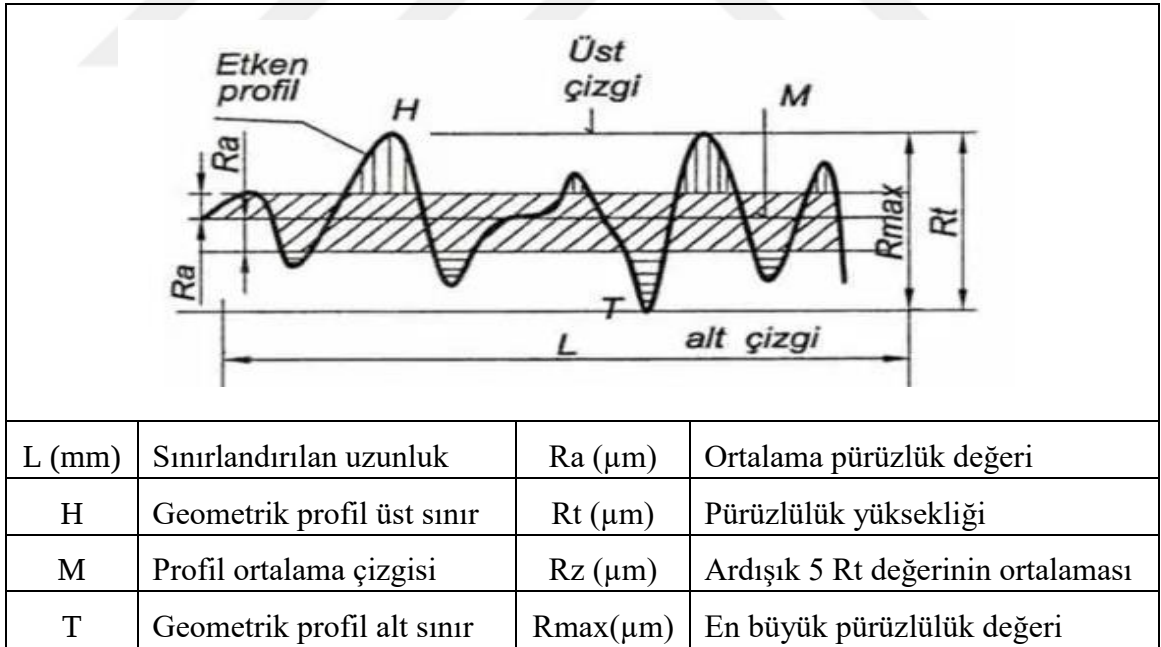
Yüzey kalitesi genelde iş parçasının talaşlı üretimi esnasında kesme parametrelerinin hatalı seçilmesiyle yakinen ilgilidir. Yüzey dalgalanmaları, yüzey üzerinde genişçe boşluklar olup, iş parçasının, makinenin ve kesici takımın stabilitesi ile ilgilidir. Yüzey tabakası ise pürüzlülük şeklinin belli bir bölge içerisinde etkili olduğu kısımdır. Yüzey üzerindeki oyuklar, çizik, çatlak vb. hususlar iş parçasında istenmeyen durumlardır [2].

Yüzey pürüzlülük değerleri ve dalgalanmalar profilometre ölçme cihazı ile parçanın işlenmiş yüzeyinden mikrometre (μm) olarak ölçülür. Bu cihaz, iş yüzeyine temas eden uç (prob) ile yüzeydeki şekil bozukluklarını tespit eder. Bir ilerletme aleti, dokunma sistemini yüzey üzerinde hareket ettirir. Bu sırada dalgalılık ve yüzey pürüzlülük durumuna uygun olarak izleyici uç kayma yüzeyine göre konum değişikliklerini ortaya çıkarır. Bu değişiklikler elektrik sinyallerine dönüştürülerek cihazın ekranına yansıtılır [76]. Şekil 3.21’de yüzey pürüzlülüğünün ölçümü şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Yüzey pürüzlülük ölçümü [76].

Pürüzlülük ölçüm değerleri yüzey pürüzlülük profilinden oluşturulur ve mikrometre (μm) olarak belirtilir. Şekil 3.22’de yüzey pürüzlülük profili ve parametreleri verilmiştir. Burada; R_a (ortalama yüzey pürüzlük değeri) merkez çizgisindeki profil mesafelerinin aritmetik ortalama değeridir. Genellikle yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde R_a dikkate alınır.



Şekil 3.22. Yüzey pürüzlülük profili ve parametreleri [91].

3.10.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Tornalama deneylerinde farklı kesme parametreleri ile elde edilen her yüzey için üç defa noktadan ölçüm alınmış olup, ortalama Ra ve Rz değerleri kayıt altına alınmıştır. Tornalama deneyleri sonucunda yapılan ölçüm Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Mahr marka MarSurf PS 10 model ölçüm cihazı ile yapılan ölçüm.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde ise tez çalışmasının deney aşamalarında elde edilen bulgulara ve deneysel sonuçlara yer verilmiştir. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

Deneysel çalışmada, farklı sertliklere sahip AISI 4340 ıslah çeliklerinin kuru tornalanması sırasında optimum kesme parametrelerin tespiti ve talaş kaldırma esnasında titreşimlerin ölçülerek yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü deneyleri dört farklı kesme hızında, üç farklı ilerlemede ve sabit talaş derinliği parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırma esnasında titreşim verileri anlık ölçülerek veri toplama ünitesi ile kayıt altına alınmıştır.

Bu çalışmada deneylerin sonuçları dört başlık altında değerlendirilmiştir:

- Sertlik bulguları
- Titreşim genliği bulguları
- Yüzey pürüzlülüğü bulguları
- Talaş kalınlıkları bulguları

4.1. SERTLİK BULGULARI

AISI 4340 ıslah çeliğinden hazırlanan üç numunenin her birinden dokuz adet sertlik değeri ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Çizelge 4.1’de işlemsiz ve ısıtılmış numunelerin sertlik ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.1. AISI 4340 çeliği sertlik ölçüm bulguları.

Isıl işlem uygulanmayan numuneler	Geleneksel ısıtılmış ve temperleme işlemi uygulanmış numuneler	Geleneksel ısıtılmış işlem uygulanmış numuneler
20 HRc	46 HRc	53 HRc

4.2. TİTREŞİM GENLİĞİ BULGULARI

AISI 4340 çeliklerinden, talaş kaldırma esnasında kesici takımında oluşan titreşimlerin ölçülmesi için deneyler gerçekleştirilmiştir. Kesici takımında meydana gelen titreşim verileri X-Ch1, Y-Ch2 ve Z-Ch3 doğrultularında anlık ölçülerek kayıt altına alınmıştır. AISI 4340 çeliğine ait 20 HRC, 43 HRC ve 53 HRC sertlikteki numunelerin en yüksek titreşim genliği ve ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. 20 HRC numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.

Kesme parametreleri					En yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
1	140	0,08	0,3	25,24	0,001045	0,001725	0,004717
2		0,14		14,43	0,001513	0,001988	0,007546
3		0,2		10,1	0,001666	0,003102	0,012409
4	180	0,08		19,63	0,001276	0,001843	0,007008
5		0,14		11,22	0,002323	0,002602	0,011894
6		0,2		7,85	0,002750	0,003090	0,014716
7	220	0,08		16,06	0,001167	0,001917	0,004999
8		0,14		9,18	0,001556	0,002597	0,007661
9		0,2		6,43	0,002050	0,002701	0,011657
10	260	0,08		13,59	0,001218	0,001999	0,004983
11		0,14		7,77	0,001398	0,002269	0,007700
12		0,2		5,44	0,001916	0,002518	0,010958

Çizelge 4.3. 20 HRc numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.

Kesme parametreleri					İkinci en yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
1	140	0,08	0,3	25,24	0,000897	0,001352	0,004455
2		0,14		14,43	0,001448	0,001931	0,007198
3		0,2		10,1	0,001598	0,002930	0,012050
4	180	0,08		19,63	0,001228	0,001413	0,006142
5		0,14		11,22	0,002075	0,002574	0,011132
6		0,2		7,85	0,002644	0,003049	0,014048
7	220	0,08		16,06	0,000856	0,001189	0,004902
8		0,14		9,18	0,000851	0,001047	0,006685
9		0,2		6,43	0,001947	0,002508	0,011634
10	260	0,08		13,59	0,000957	0,001352	0,004977
11		0,14		7,77	0,001235	0,001568	0,007496
12		0,2		5,44	0,001819	0,002219	0,010292

Çizelgelerden talaş kaldırma esnasında kesici takımında meydana gelen titreşim değerleri (Ch1, Ch2 ve Ch3) incelendiğinde titreşim genliklerinin kesme hızı, ilerleme ve iş parçası sertliğine bağlı olarak önemli miktarda değişime uğramıştır.

Çizelge 4.2'deki en yüksek titreşim genlikleri incelendiğinde, Ch1, Ch2 doğrultusunda titreşim genliği değerleri 0,0010-0,0031 gRMS arasında değişmektedir. Ch3 doğrultusundaki titreşim genliği değerlerinin ise 0,0047-0,0147 gRMS arasında değiştiği görülmüştür. Ch3 doğrultusu talaş kaldırma ilerleme yönü olan z eksenine olduğundan dolayı titreşim genliği değerleri Ch1 ve Ch2'deki değerlerden daha yüksektir. Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği 140 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0047 gRMS olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.3'deki ikinci en yüksek titreşim genliği değerleri incelendiğinde, Çizelge 4.2' deki gibi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de Ch1, Ch2 ve Ch3 doğrultusunda alınan verilerde bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile titreşim genliği doğru orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.4. 46 HRC numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.

Kesme parametreleri					En yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
13	140	0,08	0,3	25,24	0,001034	0,001715	0,002202
14		0,14		14,43	0,001211	0,001997	0,004129
15		0,2		10,1	0,001681	0,002125	0,004727
16	180	0,08		19,63	0,001120	0,001843	0,002237
17		0,14		11,22	0,001287	0,002122	0,003045
18		0,2		7,85	0,001871	0,003012	0,003342
19	220	0,08		16,06	0,001170	0,001923	0,002947
20		0,14		9,18	0,001315	0,002163	0,002996
21		0,2		6,43	0,001451	0,002425	0,004767
22	260	0,08		13,59	0,001219	0,002025	0,002507
23		0,14		7,77	0,001385	0,002275	0,002858
24		0,2		5,44	0,001526	0,002510	0,005096

Çizelge 4.5. 46 HRC numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.

Kesme parametreleri					İkinci en yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
13	140	0,08	0,3	25,24	0,000311	0,000499	0,001913
14		0,14		14,43	0,001087	0,001964	0,003519
15		0,2		10,1	0,001384	0,002084	0,004559
16	180	0,08		19,63	0,000345	0,000730	0,002164
17		0,14		11,22	0,000711	0,001777	0,003013
18		0,2		7,85	0,001592	0,002997	0,003178
19	220	0,08		16,06	0,000450	0,001040	0,002750
20		0,14		9,18	0,000639	0,001421	0,002920
21		0,2		6,43	0,001169	0,002385	0,004588
22	260	0,08		13,59	0,000384	0,001046	0,002408
23		0,14		7,77	0,000522	0,001194	0,002717
24		0,2		5,44	0,001087	0,002039	0,004438

Çizelge 4.4'deki 46 HRC sertlikteki AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında oluşan en yüksek titreşim genlikleri incelendiğinde, Ch1, Ch2 doğrultusunda titreşim genliği değerleri 0,0010-0,0030 gRMS arasında değişmektedir. Ch3 doğrultusundaki titreşim değerleri ise 0,0022-0,0050 gRMS arasında değişmektedir. Ch3 doğrultusu talaş kaldırma yönü olan z eksenine olduğundan titreşim genliği değerleri Ch1 ve Ch2'deki değerlerden daha yüksektir. Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği 140 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0022 gRMS olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.5'teki ikinci en yüksek titreşim genliği değerleri incelendiğinde, Çizelge 4.4'teki gibi sonuçlar meydana gelmiştir. Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te Ch1, Ch2 ve Ch3 doğrultusunda alınan verilerde bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile titreşim genliği doğru orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.6. 53 HRC numunede en yüksek titreşim genliği bulguları.

Kesme parametreleri					En yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
25	140	0,08	0,3	25,24	0,001040	0,001714	0,002215
26		0,14		14,43	0,002262	0,002156	0,004594
27		0,2		10,1	0,002512	0,003964	0,009122
28	180	0,08		19,63	0,001546	0,001840	0,004034
29		0,14		11,22	0,001600	0,003043	0,003718
30		0,2		7,85	0,002308	0,003473	0,008712
31	220	0,08		16,06	0,001982	0,001920	0,004130
32		0,14		9,18	0,004164	0,002159	0,006213
33		0,2		6,43	0,003183	0,002585	0,010026
34	260	0,08		13,59	0,001209	0,001998	0,002474
35		0,14		7,77	0,001858	0,002282	0,004975
36		0,2		5,44	0,003097	0,002499	0,007340

Çizelge 4.7. 53 HRc numunede ikinci en yüksek titreşim genliği bulguları.

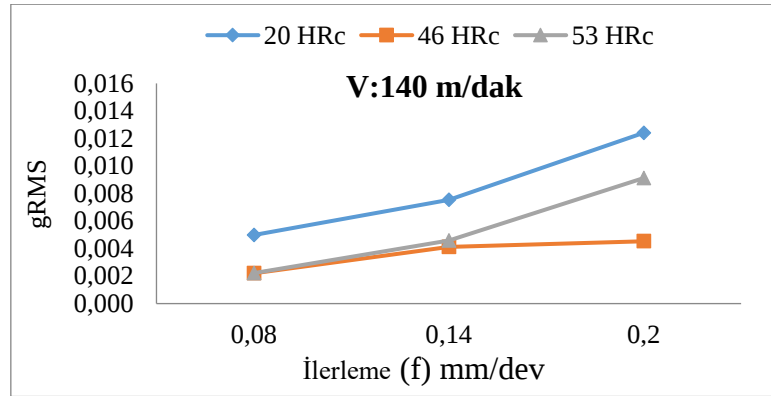
Kesme parametreleri					İkinci en yüksek titreşim genliği değerleri (gRMS)		
No	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ch1	Ch2	Ch3
25	140	0,08	0,3	25,24	0,000454	0,000857	0,001476
26		0,14		14,43	0,002067	0,002015	0,004585
27		0,2		10,1	0,001929	0,003816	0,008962
28	180	0,08		19,63	0,001207	0,001518	0,003200
29		0,14		11,22	0,001518	0,002519	0,001808
30		0,2		7,85	0,002072	0,002858	0,008270
31	220	0,08		16,06	0,001161	0,001264	0,003735
32		0,14		9,18	0,001323	0,001944	0,005463
33		0,2		6,43	0,001544	0,002536	0,008219
34	260	0,08		13,59	0,000692	0,000242	0,002075
35		0,14		7,77	0,001380	0,001680	0,004937
36		0,2		5,44	0,001518	0,002282	0,006839

Çizelge 4.6'daki 53 HRc sertlikteki AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında oluşan en yüksek titreşim genlikleri incelendiğinde, Ch1, Ch2 doğrultusunda titreşim genliği değerleri 0,001-0,0041 gRMS arasında değişmektedir. Ch3 doğrultusundaki titreşim değerleri ise 0,0022-0,0100 gRMS arasında değişmektedir. Ch3 doğrultusu talaş kaldırma yönü olan z eksenini olduğundan titreşim genliği değerleri Ch1 ve Ch2'deki değerlerden daha yüksektir. Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği 140 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0022 gRMS olduğu görülmüştür. Çizelge 4,7'deki ikinci en yüksek titreşim genliği değerleri incelendiğinde, Çizelge 4.6' daki gibi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de Ch1, Ch2 ve Ch3 doğrultusunda alınan verilerde bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile titreşim genliği doğru orantılı olarak artmıştır.

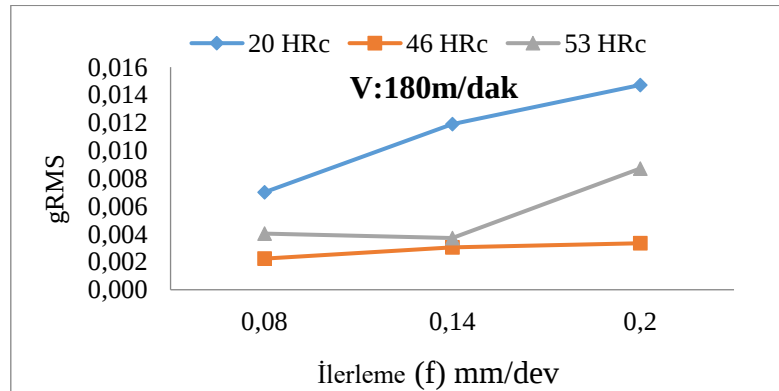
Çizelgeler incelendiğinde, bütün kesme hızlarında ilerleme arttıkça titreşim genliği değerleri artmıştır. En yüksek titreşim genlikleri tornalama yönü olan Z-Ch3 doğrultusunda ölçülmüştür. Z-Ch3 doğrultusunda ölçülen titreşim genlikleri arasında en düşük titreşim genliği değerleri 140 m/dak kesme hızında ve 0,08 mm/dev ilerlemede ölçülmüştür.

4.2.1. Farklı Sertlikteki Numunelerin Tornalanması Sonucu Oluşan Titreşimin, kesme hızı ve İlerleme İlişkisinin Değerlendirilmesi

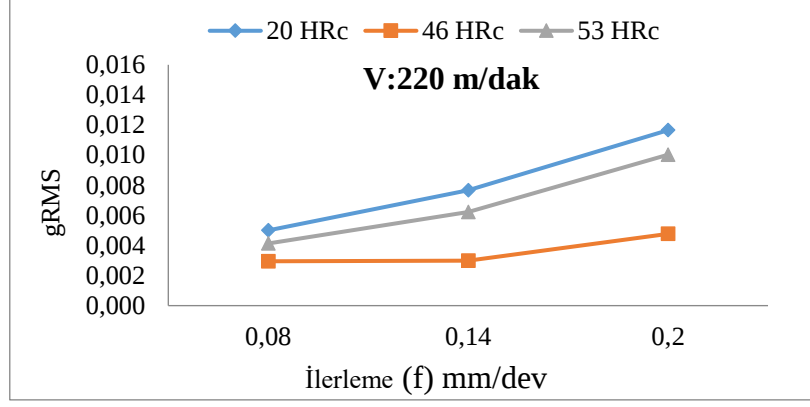
Farklı sertlikteki (20, 46 ve 53 HRC) AISI 4340 çeliği 140, 180, 220 ve 260 m/dak kesme hızında, 0,08, 0,14 ve 0,20 mm/dev ilerlemede ve 0,3 mm sabit talaş derinliğinde tornalanması sonucu oluşan titreşim genliği değerleri ile kesme parametreleri arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla her kesme hızındaki veriler temel alınarak farklı sertlikleri ve ilerlemenin, titreşim genliğindeki (gRMS) değişimler incelenmiştir. Farklı kesme hızlarında (140, 180, 220 ve 260 m/dak) oluşan titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



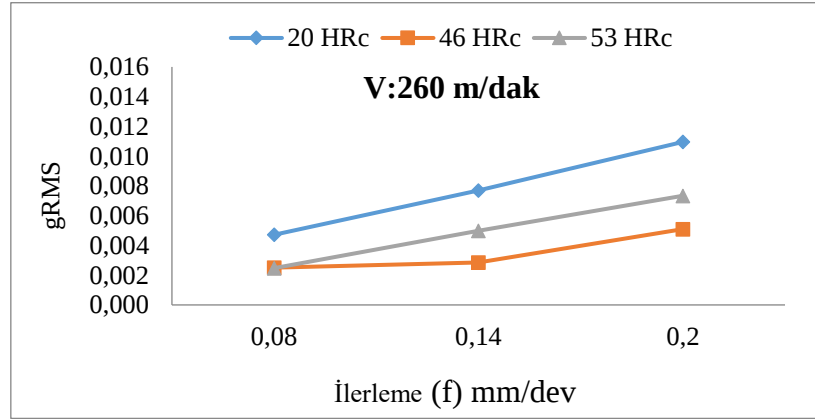
Şekil 4.1. 140 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.



Şekil 4.2. 180 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.



Şekil 4.3. 220 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.



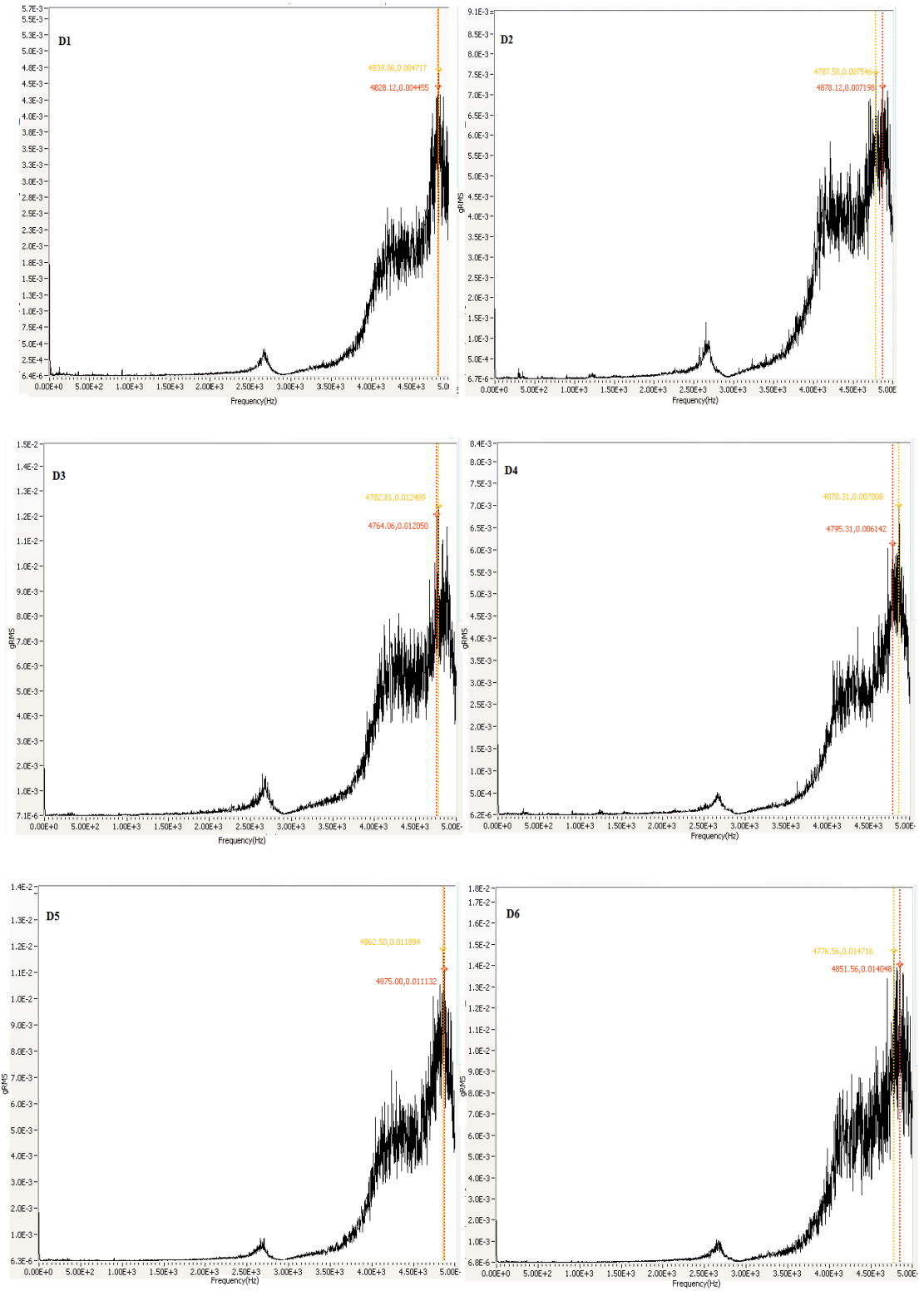
Şekil 4.4. 260 m/dak kesme hızındaki titreşim genliklerinin ilerleme ve iş parçası sertliğine göre değişimi.

Grafikler incelendiğinde, 20 HRC, 46 HRC ve 53 HRC sertlikteki iş parçalarının, bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile titreşim genliği (gRMS) değerleri doğru orantılı olarak artmıştır. Numunelerin sertlik değerlerine göre titreşim genliğinin ilerleme ile ilişkisi incelendiğinde, numunelerin bütün kesme hızlarında tornalanması sonucu en düşük titreşim genliği ölçümü ikinci bir temperleme işlemine tabi tutulan 46 HRC sertlikteki numunede ölçülmüştür. Bunun sebebi geleneksel ısıtılma işleminden sonra uygulanan ikinci temperleme işleminin sertliği, mukavemeti azaltarak ve sünekliliği artırarak işlenebilirliği artırması ile ilişkilendirilmiştir. Yadımeden ve Turan [37] AISI 1040 çeliğinin tornalanmasında kesme parametreleriyle kesici takımında oluşan titreşimlerin birbiriyle ilişkisini incelenmiştir. Bütün kesme hızlarında ilerlemenin artmasıyla titreşim genliği değerlerinin arttığını bulmuştur. Bu sonuçlar, bu deneysel çalışmadaki bulgular ile örtüşmektedir.

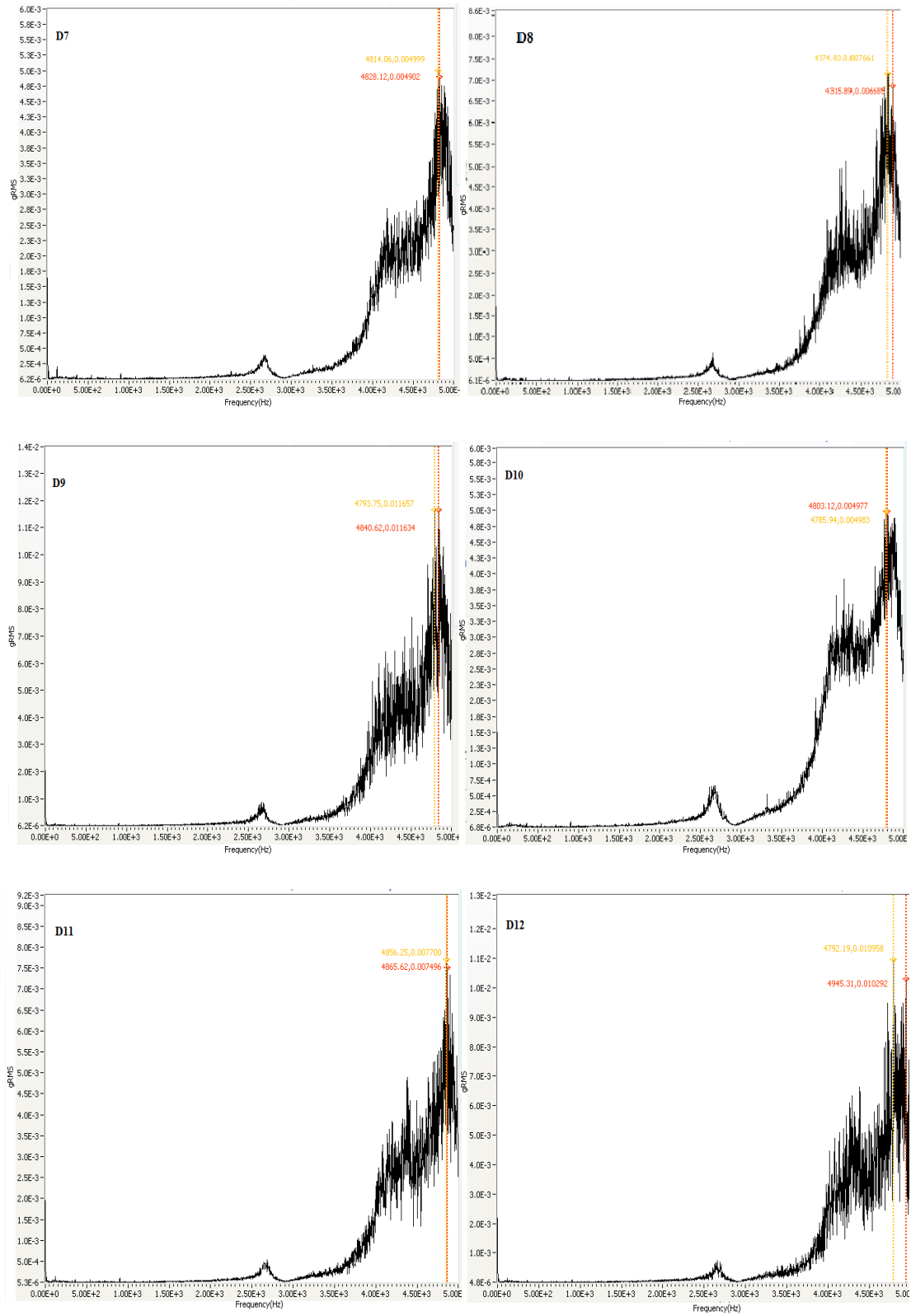
Kara ve ark. [36] çalışmasında kesme parametrelerinin ve titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları deneylerde titreşim üzerindeki en etkili parametrenin %88,96 oranı ile ilerleme olduğunu bildirmişlerdir. Şahinoğlu ve Güllü [43] çalışmasında titreşim üzerindeki en etkili parametrenin %76 oranı ile ilerleme olduğunu bildirmişlerdir. İlerleme arttıkça titreşim değerlerinin arttığını gözlemişlerdir. Yılmaz ve ark. [3] çalışmada AISI 1050 çeliğinin frerzelenmesi esnasında kesme parametreleri ve titreşimin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Titreşim ivme seviyesine en fazla etki eden parametrenin ilerleme, en az etki eden parametrenin ise kesme hızı olduğunu vurgulamıştır. Kesme hızı arttıkça ters orantılı olarak titreşim ivme değerleri azalmıştır. Choudhury ve ark. [92] yaptığı çalışmada, sert metallerin işlenmesinde yüksek kesme hızı ve düşük kesme derinliği ile titreşimin azaldığını bildirmiştir. Şahinoğlu ve ark. [93] yapmış olduğu çalışmada, farklı kesme parametrelerinin ses, titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır. İlerleme arttıkça titreşim ivme seviyelerinin arttığını görmüşlerdir. Düşük kesme hızlarında titreşim değerlerini daha yüksek bulmuşlardır. Şeremet [90] çalışmasında titreşim genliğinin ilerleme ile doğru orantılı olarak değiştiğini görmüştür. Kesme hızının ise titreşim genliği değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını gözlemiştir. Farklı sertliklerdeki numunelerin titreşim genliği açısından değerlendirdiğinde, temperlenmiş AISI 4140 çeliklerinin tornalanmasında elde edilen titreşim genliği ve yüzey pürüzlülüğü değerleri daha düşük çıkmıştır.

Literatür çalışmalarında da görüldüğü üzere titreşim üzerindeki en etkili parametre ilerlemedir. Kesme hızı ise hem literatürde hem de deneylerimizden elde ettiğimiz verilerle titreşim genliğine önemli bir etki etmediği gözlemlenmiştir.

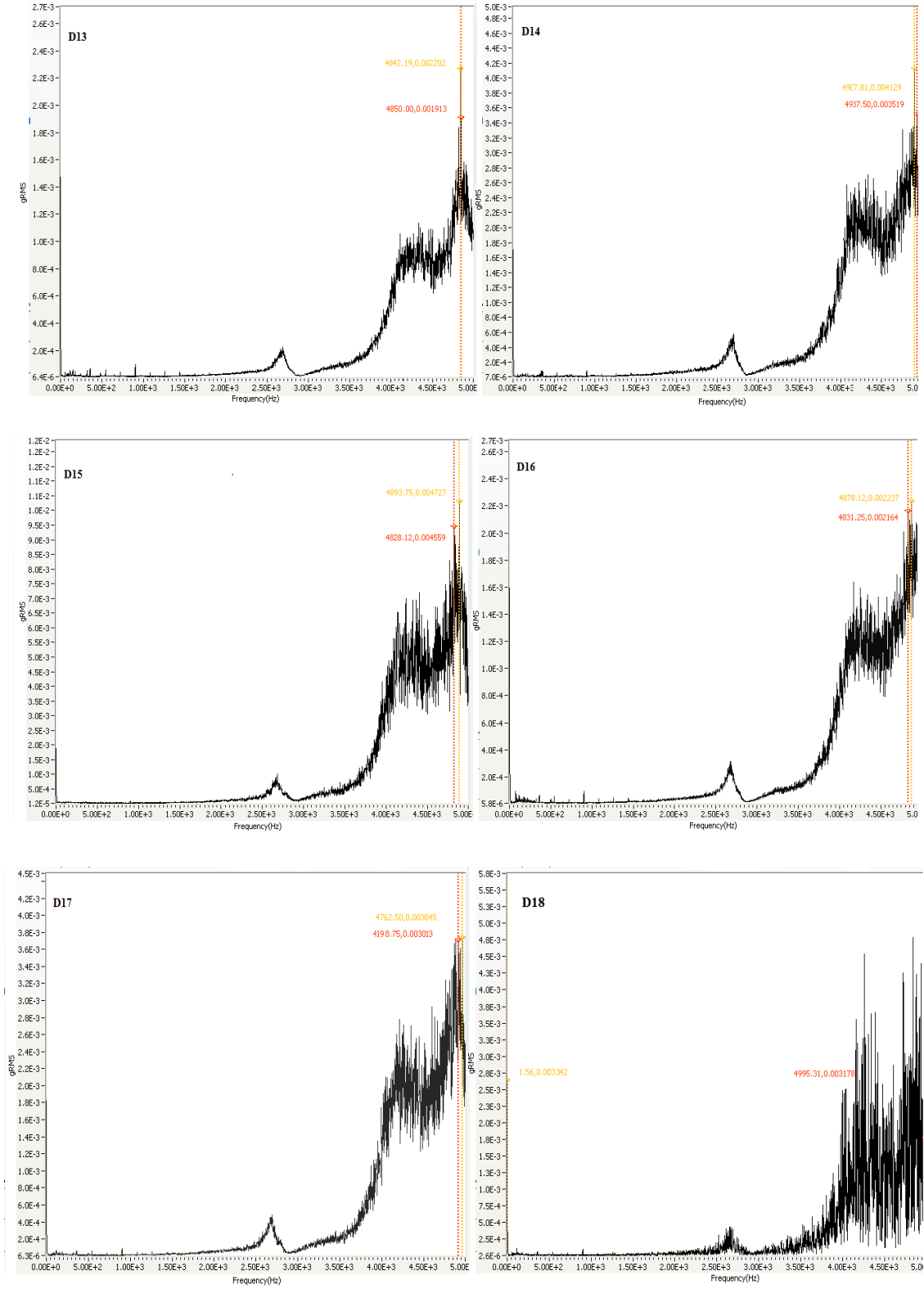
Deneylerde Z-Ch3 doğrultusunda elde edilen titreşim genliği (gRMS) frekans arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Verilen grafiklerde, D1-D12 arası 20 HRc, D13-D24 arası 46 HRc ve D25-D36 arası ise 53 HRc numunelerde elde edilen titreşim genliği grafikleridir. X-Ch1, Y-Ch2 ve 3 kanal titreşim grafikleri ise ek olarak verilmiştir.



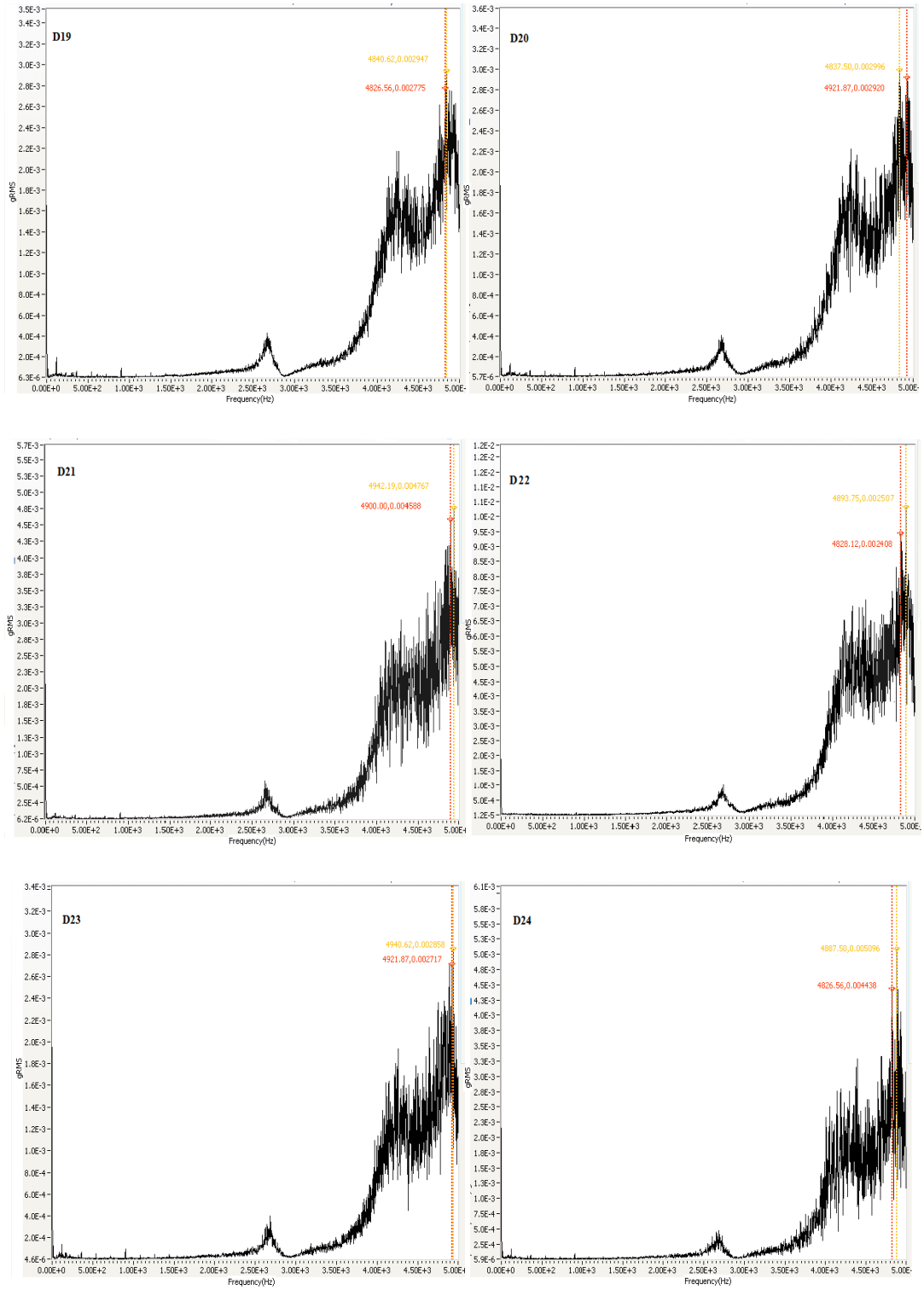
Şekil 4.5. 20 Hrc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).



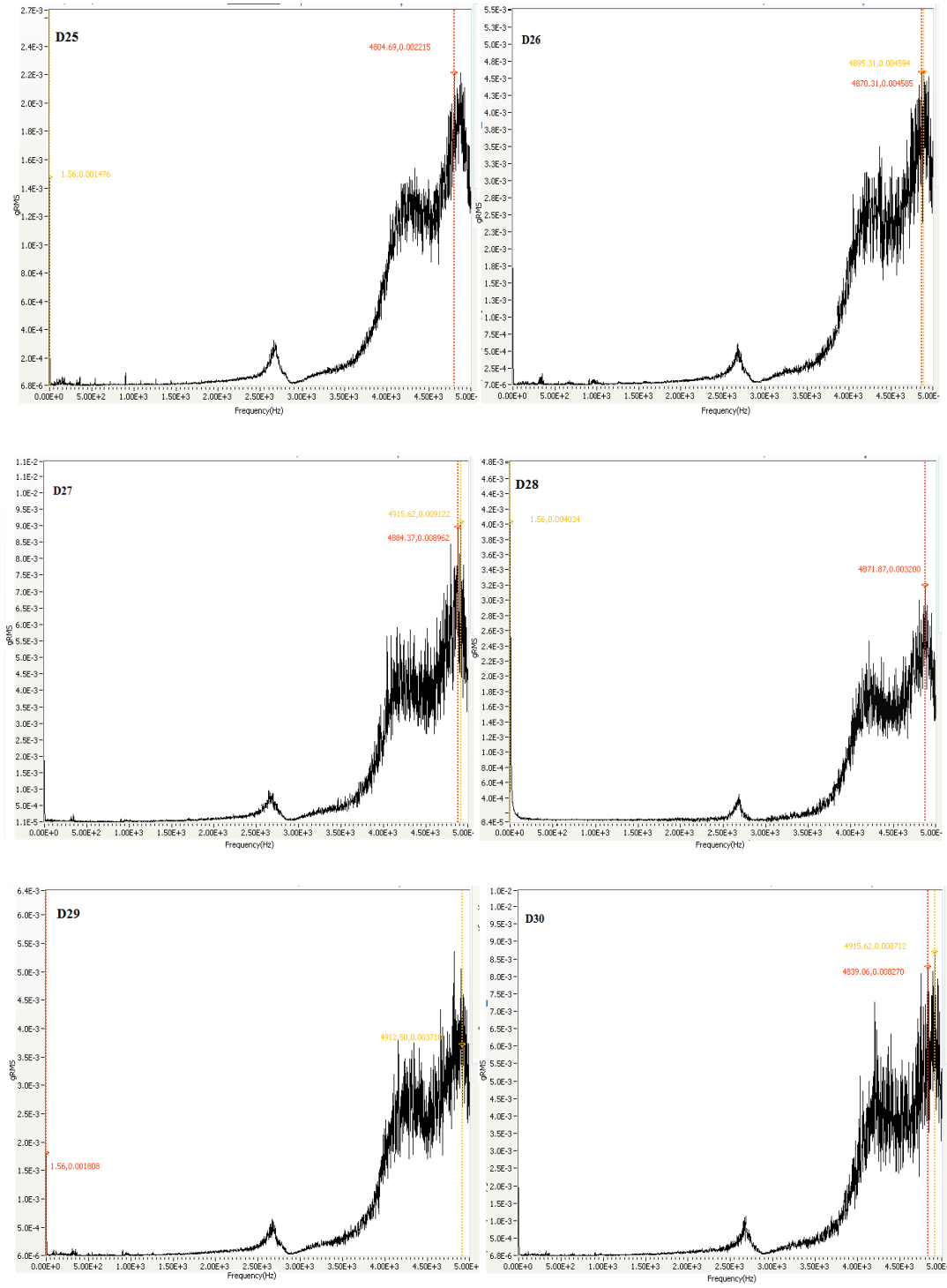
Şekil 4.6. 20 Hrc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).



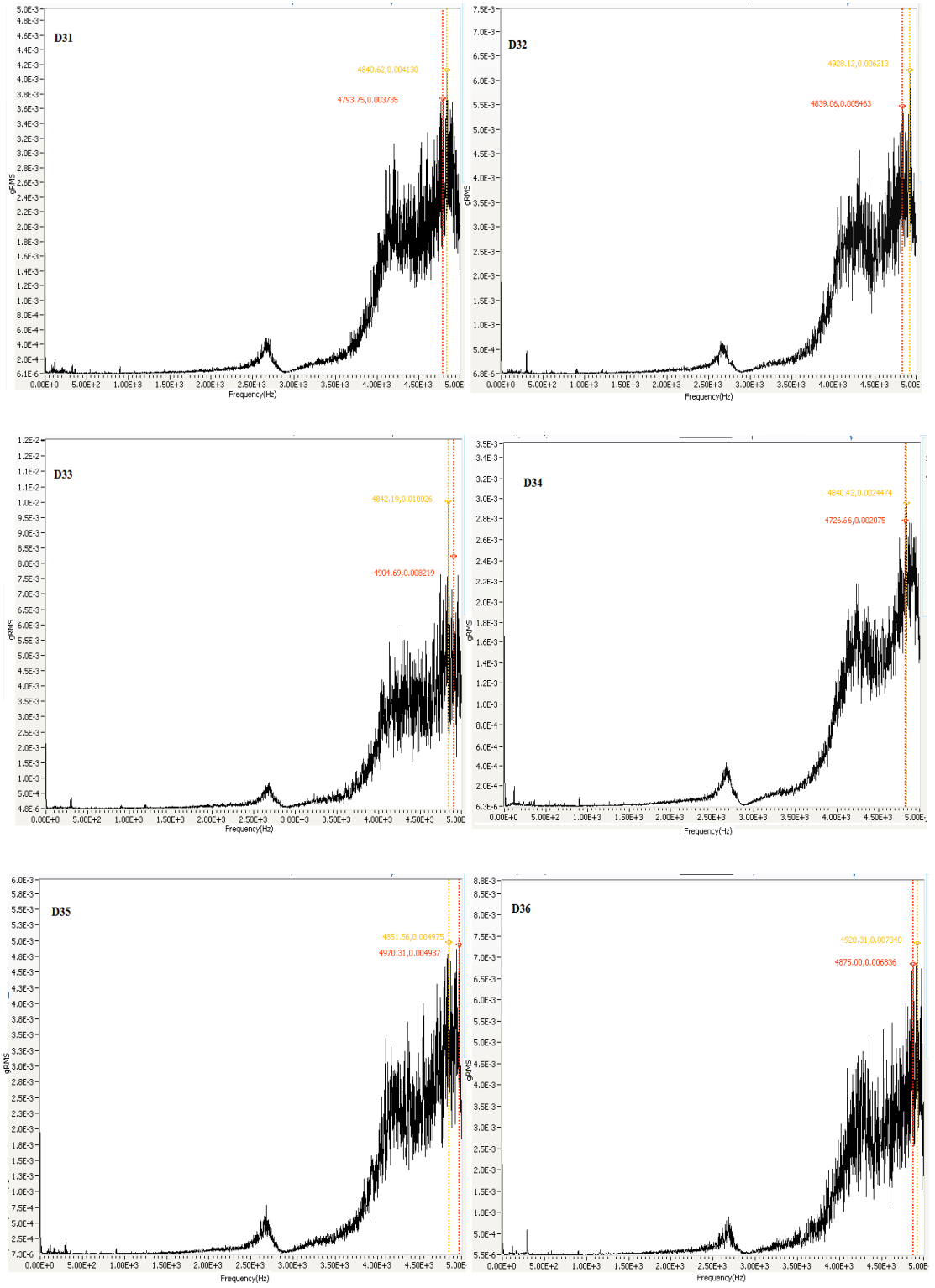
Şekil 4.7. 46 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).



Şekil 4.8. 46 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).



Şekil 4.9. 53 HRc Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).



Şekil 4.10. 53 HRC Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).

4.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ BULGULARI

Talaşlı üretimde işlenebilirliğin en önemli göstergelerinden bir tanesi yüzey kalitesidir.. Deneyler sonucunda 20 HRC, 46 HRC ve 53 HRC sertlikteki numunelerin ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve maksimum yüzey pürüzlülüğü (Rz) mikrometre (μm) olarak ölçülmüştür. 20 HRC numunenin yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. 46 HRC numunenin yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Çizelge 4.9’da ve 53 HRC numunenin yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. 20 HRC numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.

Deney no	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ra (μm)	Rz (μm)
1	140	0,08	0,3	25,24	0,778	3,829
2		0,14		14,43	0,834	5,115
3		0,20		10,1	0,857	6,235
4	180	0,08		19,63	0,461	2,816
5		0,14		11,22	0,573	4,261
6		0,20		7,85	0,773	4,693
7	220	0,08		16,06	0,313	2,304
8		0,14		9,18	0,361	2,677
9		0,20		6,43	0,647	3,183
10	260	0,08		13,59	0,321	2,240
11		0,14		7,77	0,361	2,561
12		0,20		5,44	0,553	3,681

Çizelge 4.9. 46 HRC numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.

Deney no	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ra (μm)	Rz (μm)
13	140	0,08	0,3	25,24	0,298	1,975
14		0,14		14,43	0,448	2,935
15		0,20		10,1	0,677	3,341
16	180	0,08		19,63	0,264	1,735
17		0,14		11,22	0,348	2,116
18		0,20		7,85	0,550	2,822
19	220	0,08		16,06	0,263	1,699
20		0,14		9,18	0,320	2,038
21		0,20		6,43	0,508	2,782
22	260	0,08		13,59	0,261	1,668
23		0,14		7,77	0,299	1,825
24		0,20		5,44	0,475	2,705

Çizelge 4.10. 53 HRC numune yüzey pürüzlülüğü bulguları.

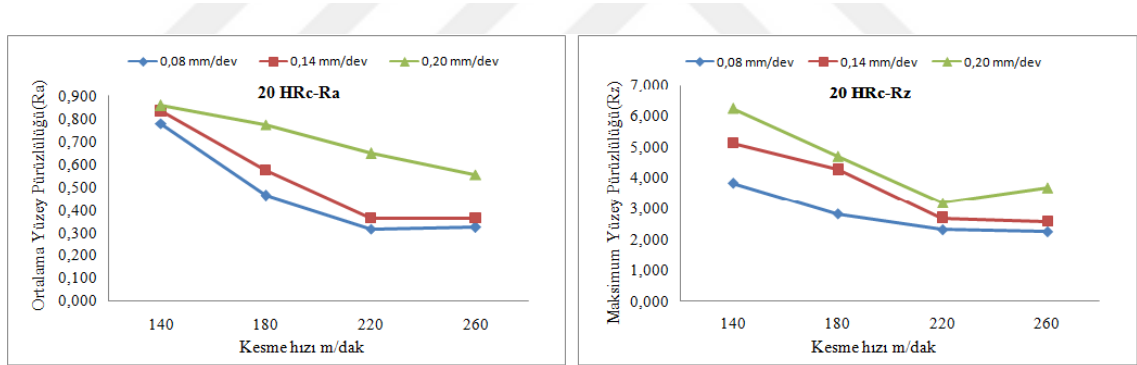
Deney no	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	t (sn)	Ra (μm)	Rz (μm)
25	140	0,08	0,3	25,24	0,327	1,753
26		0,14		14,43	0,696	3,178
27		0,20		10,1	1,480	5,998
28	180	0,08		19,63	0,288	1,601
29		0,14		11,22	0,671	2,600
30		0,20		7,85	1,301	4,207
31	220	0,08		16,06	0,247	1,652
32		0,14		9,18	0,604	2,600
33		0,20		6,43	1,005	4,207
34	260	0,08		13,59	0,197	1,364
35		0,14		7,77	0,511	2,317
36		0,20		5,44	0,790	3,418

Çizelgeler incelendiğinde, 20 HRC numunedeki en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri, 220 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,313 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri ise 140 m/dak kesme hızında, 0,20 mm/dev ilerlemede 1,480 μm olarak ölçülmüştür. , 46 HRC numunedeki en

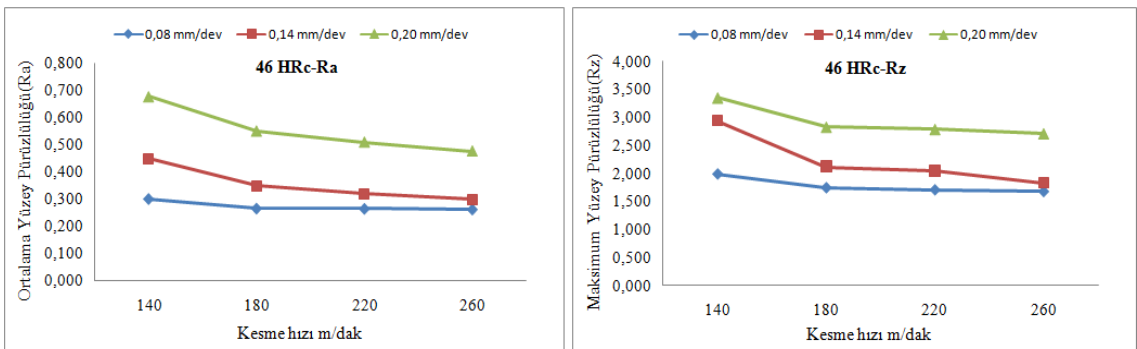
düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri, 260 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,261 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri ise 140 m/dak kesme hızında, 0,20 mm/dev ilerlemede 0,677 μm ölçülmüştür. 53 HRC numunedeki en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri, 260 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerlemede 0,197 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri ise 140 m/dak kesme hızında, 0,20 mm/dev ilerlemede 1,480 μm olarak ölçülmüştür. Maksimum yüzey pürüzlülüğü (R_z) sonuçlarının ise ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) bulgularıyla benzer eğilim göstermiştir.

4.3.1. Farklı Sertlikteki Numunelerin Yüzey Pürüzlülüğünün İlerleme ve Kesme Hızına Göre Değerlendirilmesi

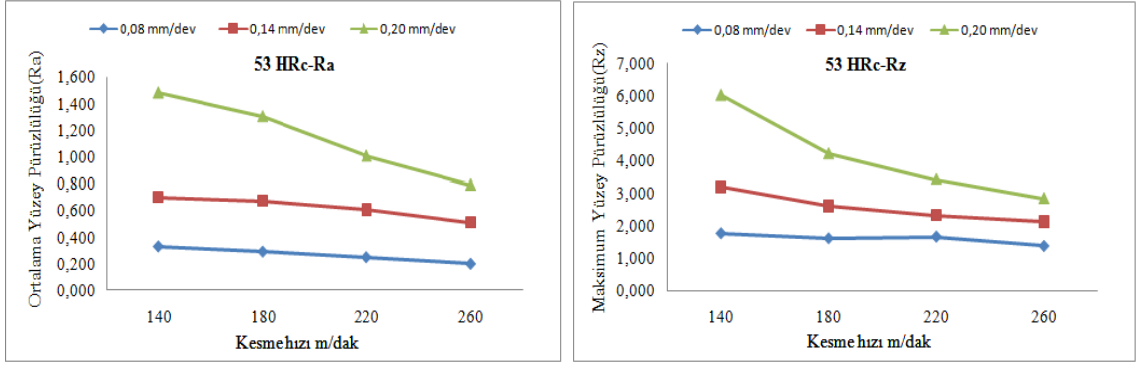
Bu bölümde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkileri grafiklerle açıklanmaya çalışılmıştır. Şekil 4.11’de 20 HRC sertlikteki numune R_a ve R_z değerlerinin kesme parametrelerine göre değişim grafikleri gösterilmiştir. Şekil 4.12’de 46 HRC sertlikteki numune aynı grafiklere yer verilmiştir. Şekil 4.13’ de ise 53 HRC sertlikteki numune kesme parametreleri ile R_a ve R_z grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 4.11. 20 HRC numunenin R_a ve R_z grafikleri.



Şekil 4.12. 46 HRC numunenin R_a ve R_z grafikleri.



Şekil 4.13. 53 HRC numunenin Ra ve Rz grafikleri.

4.3.1.1. İlerlemenin Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi

Verilen grafikleri ilerleme-yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirecek; yüzey pürüzlülüğü ilerlemenin artmasıyla artmış, ilerlemenin azalmasıyla azalma yönünde eğilim göstermiştir. 20, 46 ve 53 HRC sertlikteki bütün numunelerde en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü en düşük ilerlemede elde edilmiştir. Titreşim bulgularında ilerleme oranlarındaki artış titreşim genliği değerlerini arttırdığını ifade etmiştik. Artan titreşim genliği değerleri nedeniyle ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı düşünülmektedir. Kesme parametreleri incelendiğinde yüzey pürüzlülüğünün en çok etki eden parametrenin ilerleme olduğu görülmüştür. Literatürden elde edilen bilgilerle bu sonuçların örtüştüğü görülmektedir.

Kara ve ark. [36] çalışmasında kesme parametrelerin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Yaptıkları deneysel çalışmada, yüzey pürüzlülüğüne en etkili parametrenin %92,63'ile ilerleme hızı olduğunu ve Kesme hızının etkisi ise yalnız % 2,08 olarak belirlemiştir. Diğer bir çalışmada [94] ilerlemendeki artış yüzey pürüzlülüğünü de hızlı bir şekilde artırmıştır. Kesme hızının etkisi incelendiğinde, kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı fakat bu azalmanın ilerlemeye nazaran çok düşük olduğunu gözlenmiştir. Karayel [95] yapmış olduğu deneysel çalışmada ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmiştir. Venkato Rao ve ark. [96] yaptığı çalışmada, ilerlemenin % 55,57 oranında yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini gözlemledi. Zeyveli ve Demir [22] yaptıkları deneysel çalışmada bütün kesme hızlarında ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri yükselmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri, 130 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/dev ilerlemede 0,535 μm olarak ölçülmüştür. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. 0,05 mm/dev ilerlemede elde edilen yüzey

pürüzlülüğü değerlerinin, 0,10 ve 0,15 mm/dev ilerlemedeki yüzey pürüzlülüğü değerlerinden sırasıyla %34 ve %68 daha az olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Özçatalbaş [10], Kılıçlı ve ark. [14], Aslan ve ark. [19], Aouici ve ark. [24], Suresh ve ark. [26], Chinchani ve Choudhury [27], Livatyalı ve ark. [42], Vipindas ve Govindan [97], Shiddique ve ark. [98] yaptıkları çalışmalarda da gözlenmiştir.

4.3.1.2. Kesme Hızının Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi

Verilen grafikleri kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirecek olursak; genel olarak yüzey pürüzlülüğü değerleri (R_a v R_z) kesme hızı ile ters orantılı olacak şekilde değişmektedir. Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de görüldüğü gibi genel olarak kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azalmasının sebebi, kesme hızının artmasıyla kesici takım ve iş parçasında ısı artacağından, iş parçasını oluşturan atomlar arası bağ zayıflar. İş parçasından talaş kaldırmak için daha az kuvvet uygulanır dolayısıyla daha az titreşim meydana gelir. Bu durum yüzey pürüzlülüğünün azalmasına neden olmasıyla açıklanabilir [4]. Ancak kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi düşük ilerleme değerlerinde etkili iken ilerlemenin artmasıyla kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi azalmıştır [10], Kesme hızının yüzey pürüzlülüğünü ilerleme gibi çok fazla etkilemediği gözlenmiştir. Literatürden elde edilen bilgilerle de deneysel çalışmada elde edilen bu sonuçlar paralellik göstermektedir.

Nalbant [14] kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde gözle görünür bir etkisi olmamakla birlikte, kesme hızı artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Gökkaya ve ark. [99] yaptığı deneysel çalışmada kesme hızındaki artışın yüzey pürüzlülüğü üzerinde fazla etkisinin bulunmadığı, kesme hızının %200 artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde ancak %13 bir iyileşme sağlandığını belirtmiştir. Karayel ve Nalbant [29] AISI 4140 ıslah çeliğinin farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin ilerlemeye oranla daha az olduğunu bildirmiştir. Das ve ark. [32] yaptıkları deneysel çalışmada yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli parametrenin ilerleme olduğunu, kesme hızının etkisinin ise daha az olduğunu bildirmiştir. Derakhshan ve Akbari [21] yapmış olduğu çalışmada kuru tornalama işlemi sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin silindirik taşlama işlemi ile oluşan değerlere yakın olduğunu gözlemlemiştir. Şeremet [90] kesme hızının ilerleme kadar yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmadığını

bildirmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde bu sonuçlara paralel sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

4.3.1.3. Numune Sertliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

İş parçasındaki sertlik artışı ile yüzey pürüzlülüğü ters orantılıdır. Sertlik artıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Yalnız geleneksel ısıtıl işleminden sonra temperleme işlemi uygulanan 46 HRC sertlikteki numunede yüzey pürüzlülük değerleri geleneksel ısıtıl işlem uygulanmış 53 HRC deki numuneye nazaran daha düşüktür. Bunun sebebini, 46 HRC deki numuneye uygulanan ikinci temperleme ısıtıl işleminin sertlik ve mukavemetten feragat ederek süneklik ve tokluğu artırılmasıyla açıklanabilir. İkinci temperleme işleminin işlenebilirliği arttırdığı düşünülmektedir. Benzer sonuçları Şeremet [90] Aztekin ve ark. [39] yaptıkları çalışmalarda da görmüşlerdir. Akgün ve ark. [34] AISI 1050 çeliğinde sertlik farklılıklarının yüzey kalitelerine etkilerini araştırmışlardır. AISI 1050 imalat çeliğindeki karbon oranının fazla olması ve buna bağlı olarak sertliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. Özlü ve ark. [40] yapmış olduğu çalışmada maksimum sertlikteki en yüksek kesme kuvvetleri elde edilirken, aynı numunede en düşük yüzey pürüzlülüğüne ulaşılmıştır. Chavoshi ve Tajdari [23] yaptığı çalışmada farklı sertlikteki AISI 4140 çeliğinin CBN kesici takımlar ile işlenmesinde iş parçasının farklı sertlik değerleri yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli bir etki etmiştir. Bu sonuçlar araştırmadaki sonuçlarla benzer nitelikte olduğu görülmüştür.

Genel olarak en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri düşük ilerlemede, yüksek kesme hızında olduğu açık bir biçimde görülmektedir. Kavak ve Üstel [25] tarafından yapılan çalışmada ise, en düşük yüzey pürüzlülüğü değerini, yüksek kesme hızında, düşük ilerlemede elde etmiştir. Benzer sonuçlar, literatürde Kara ve ark. [36], Akgün ve ark. [34], Tekaüt [45] yaptıkları çalışmalarda görülmüştür.

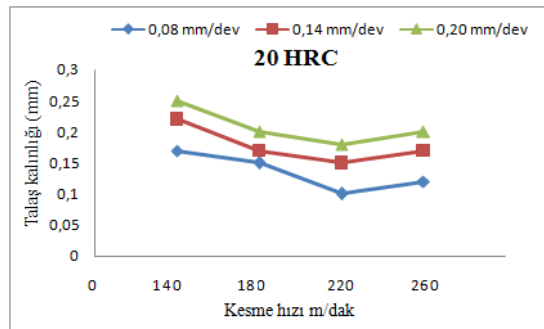
4.4. TALAŞ KALINLIKLARI BULGULARI

Farklı sertlikteki (20 HRc, 46 HRc ve 53 HRc) AISI 4340 çeliğinin farklı kesme parametrelerinde yapılan deneylerde ortaya çıkan talaşların ölçümleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. AISI 4340 çeliği ölçülen talaş kalınlığı bulguları.

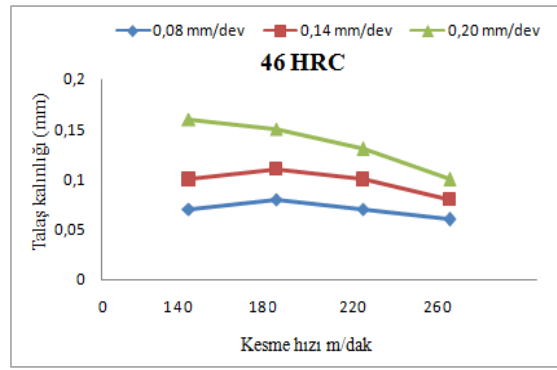
Kesme parametreleri			Talaş kalınlıkları (mm)		
V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	20 HRc	46 HRc	53 HRc
140	0,08	0,3	0,17	0,07	0,07
	0,14		0,22	0,10	0,10
	0,20		0,25	0,16	0,12
180	0,08		0,15	0,08	0,07
	0,14		0,17	0,11	0,09
	0,20		0,20	0,15	0,12
220	0,08		0,10	0,07	0,06
	0,14		0,15	0,10	0,10
	0,20		0,18	0,13	0,13
260	0,08		0,12	0,06	0,07
	0,14		0,17	0,08	0,09
	0,20		0,20	0,10	0,11

Talaş kalınlıkları incelendiğinde en yüksek talaş kalınlığı 20 HRc sertlikteki numunede en düşük kesme hızında (140 m/dak), en yüksek ilerlemede (0,20 mm/dev) 0,25 mm olarak ölçülmüştür. En düşük talaş kalınlığı ise, 46 HRc sertlikteki numunede en yüksek kesme hızında (260 m/dak), en düşük ilerlemede (0,08 mm/dev) 0,06 mm olarak ölçülmüştür.



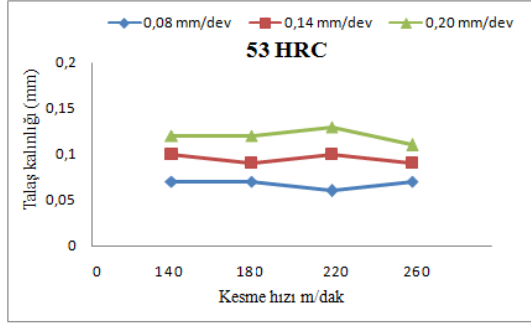
Şekil 4.14. 20 HRc numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.

20 HRC numunede yapılan deneylerde ortaya çıkan talaşların kalınlıkları ve kesme parametrelerine göre değişim grafiği incelenmiştir. 0,08 mm/dev ilerlemede genel olarak bütün kesme hızlarında düğümlenmiş şerit talaş formu gözlenmiştir. Talaş oluşumu ilerlemenin arttırılmasıyla şerit talaş formu almıştır. Kesme hızı arttıkça talaş oluşumun daha kırılğan hale geldiği görülmektedir. Kesme parametrelerine göre talaş kalınlıklarının değişimi ise, kesme hızı arttıkça talaş kalınlıkları azalmıştır. En düşük talaş kalınlıkları ise, daha düşük ilerleme hızlarında elde edilmiştir. Kesme hızı arttıkça talaş kalınlıklarının azalmasının sebebi ise, talaş kaldırma işlemi esnasında yüksek kesme hızlarında oluşan sıcaklığın numuneden talaş kopmasını kolaylaştırması ile ifade edilebilir.



Şekil 4.15. 46 HRC numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.

46 HRC numunede yapılan deneylerde ortaya çıkan talaş kalınlıkları ve kesme parametrelerine göre değişim grafiği incelenmiştir. 0,08 mm/dev ilerlemede genel olarak bütün kesme hızlarında düğümlenmiş şerit talaş formu gözlenmiştir. 20 HRC numunede talaş formu 0,08 mm/dev ilerlemedeki talaş formu ile karşılaştırılırsa, 46 HRC numunede daha az düğümlenmiş şerit talaş formu oluşmuştur. Sertlik arttıkça talaşın daha kırılğan hale geldiği görülmektedir. Bu sonuç, Şeremet [90] yaptığı çalışmadaki sonuçlarla da örtüşmektedir. Talaş oluşumu ilerlemenin arttırılmasıyla şerit talaş formunu almıştır. Kavak ve Üstel yaptığı çalışmada kesme hızı ve ilerleme arttıkça talaş oluşumu şerit talaş formunu almıştır [25]. Kesme hızı arttıkça talaş oluşumun daha kırılğan hale geldiği görülmektedir. Çakmak ve Sarıdemir [100] çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmiştir. Kesme parametrelerine göre talaş kalınlıklarının değişimi ise, kesme hızı arttıkça talaş kalınlıkları azalmıştır. En düşük talaş kalınlıkları ise, daha düşük ilerleme hızlarında elde edilmiştir.



Şekil 4.16. 53 HRc numunenin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı talaş kalınlığının değişimi.

53 HRc numunede yapılan deneylerde ortaya çıkan talaş kalınlıkları ve kesme parametrelerine göre değişim grafiği incelenmiştir. 0,08 mm/dev ilerlemede genel olarak bütün kesme hızlarında düğümlenmiş şerit talaş formu gözlenmiştir. İlerleme ve talaş oluşumu şerit talaş formunu alırken, talaş oluşumu daha kırılğan hal almıştır. Sertlik arttıkça talaş kalınlıklarının azaldığı gözlemlenmiştir. Kesme parametrelerine göre talaş kalınlıklarının değişimi ise, kesme hızı arttıkça talaş kalınlıkları azalmıştır. En düşük talaş kalınlıkları ise, daha düşük ilerleme hızlarında elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada AISI 4340 çeliği seramik kesici takımlar kullanılarak tornalanması esnasında farklı kesme parametrelerinin ve seramik kesici takımlarda meydana gelen titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir. Bu doğrultuda dört farklı kesme hızı (140, 180, 220 ve 260 m/dak), üç farklı ilerleme (0,08, 0,14 ve 0,20 mm/dev) ve sabit talaş derinliği (0,3 mm) kullanılarak fanuc kontrol ünitesi bulunan CNC torna tezgâhında tornalama deneylerine tabi tutulmuştur. Deneyler kuru kesme şartlarında ve TiN-Al₂O₃ takviyeli seramik kesici takımlar ile yapılmıştır. Talaş kaldırma sırasında Piezotronics 608A11 tipi ivmeölçer kullanılarak X-Ch1, Y-Ch2 ve Z-Ch3 doğrultularında ölçülen titreşim genlikleri (gRMS) veri toplama ünitesi kullanılarak kaydedilmiştir. İşlenen yüzeyler Mahr marka MarSurf PS 10 model ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerden elde edilen bulgular, sertlik, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, talaş kalınlıkları ve formu baz alınarak elde edilen grafiklerle yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu açıklamalar doğrultusunda yapılan çalışmalara ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

5.1. SONUÇLAR

Titreşim sonuçlarına göre; en düşük titreşim genliği değerlerinin X-Ch1 ve Y-Ch2 doğrultusunda 0,0010-0,0031 gRMS arasında elde edilmiştir. En yüksek titreşim genliği değerlerinin ise, kesme ilerlemesi yönü olan Z-Ch3 doğrultusunda 0,0019-0,0140 gRMS arasında elde edilmiştir.

20 HRC numunede Z-Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği değeri 140 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0047 gRMS olduğu görülmüştür. En yüksek titreşim genliği değerinin ise, 180 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 0,0147 gRMS olduğu görülmüştür. 46 HRC numunede Z-Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği değeri 140 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0022 gRMS olduğu görülmüştür. En yüksek titreşim genliği değeri ise, 260 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 0,0050 gRMS olduğu görülmüştür. 53 HRC numunede ise, Z-Ch3 doğrultusunda en düşük titreşim genliği değeri 140 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,0022 gRMS olduğu görülmüştür. En yüksek titreşim genliği değeri ise, 220 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 0,0100 gRMS olduğu görülmüştür. 46 HRC

numunede titreşim genliği değerleri 0,0022-0,0050 gRMS arasında değişmektedir. 46 HRC numunede elde edilen değerler 20 HRC ve 53 HRC numuneden elde edilen titreşim değerlerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Kesme hızlarının hepsinde ilerlemenin artmasıyla titreşim genliği değerleri artmıştır. Titreşim üzerindeki en önemli kesme parametresinin ilerleme olduğu görülmüştür. Literatürde ve yapılan çalışmada kesme hızının titreşim üzerinde ilerleme kadar etkili olmadığı gözlenmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre; 20 HRC numunede en düşük yüzey pürüzlülüğünün 220 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,313 μm olduğu ve. En yüksek yüzey pürüzlülüğünün 140 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 0,857 μm olduğu görülmüştür. 46 HRC numunede en düşük yüzey pürüzlülüğünün 260 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,261 μm olduğu ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü 140 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 0,677 μm olduğu görülmüştür. 53 HRC numunede en düşük yüzey pürüzlülüğü 260 m/dak kesme hızında 0,08 mm/dev ilerlemede 0,197 μm olduğu ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü 140 m/dak kesme hızında 0,20 mm/dev ilerlemede 1,480 μm olduğu görülmüştür.

46 HRC numunede yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra) 0,261-0,677 μm arasında değişmektedir. Bu değerler 20 HRC ve 53 HRC numunede elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu sonuç sertlikten feragat edilerek tokluğun artırılması ve içyapının daha homojen hale gelmesi için yapılan ikinci temperleme işleminin işlenebilirliğe olumlu sonucu ile ilişkilendirilmiştir.

İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değeri artmıştır. Kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Ancak kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi düşük ilerlemede etkili iken, ilerlemenin artmasıyla kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi azalmıştır. Bu doğrultuda yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin ilerleme olduğu görülmüştür.

Numunelerde titreşim genliği değerleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri birlikte değerlendirildiğinde, titreşim genliği değerinin yüksek olduğu parametrelerde yüzey pürüzlülüğünde de artış eğilimi olmuştur. Bu sonuç bize titreşimin yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Numune sertliklerinin ve ısıtma işlem farklılıklarının yüzey pürüzlülüğüne ve titreşim ile ilişkisi incelendiğinde ise, 20 HRC ve 53 HRC numunelerde en yüksek titreşim genliği

değeri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. İkinci temperleme işlemi yapılan 46 HRc numunede ise işlenebilirliğin artmasıyla en düşük titreşim genliği ve yüzey pürüzlülüğü değerleri bulunmuştur.

46 HRc numunede uygulanan geleneksel ısıtma işlemi ek olarak yapılan ikinci temperleme işleminin iş parçasının süneklilik ve tokluğunu arttırmıştır. Talaş kaldırma deneylerinde işlenebilirlik artmış dolayısıyla düşük titreşimle düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Talaş kalınlıkları ve formu sonuçlarına göre elde edilen talaş formları düğümlenmiş şerit talaş ve şerit talaş şeklinde olup, metalik gri renktedir. İlerleme arttıkça, kesme hızı azaldıkça talaş kalınlıkları azalmıştır. İlerleme arttıkça talaş formu düğümlenmiş şerit talaş şeklinden şerit talaş şeklini almıştır. Talaş kalınlıkları numunelerin sertliklerine göre değişkenlik göstermiş ve sertlik arttıkça talaş kalınlıkları azalmıştır.

Sonuç olarak, kuru tornalama ile taşlama tezgâhında elde edilebilecek yüzey kalitesine ulaşılmıştır. Maliyet ve zaman açısından da önemli kazanımlar elde edilmiştir.

5.2. ÖNERİLER

Bu çalışmada kesme parametrelerinin ve titreşimin yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu değerlerin yanı sıra tezgâhın talaş kaldırma esnasında çekmiş olduğu akım ve ses şiddeti gibi parametrelerde eklenebilir.

Farklı ısıtma işlem parametreleri uygulanarak AISI 4340 çeliği daha yüksek sertliklere çıkartılarak, yüksek sertlikteki numunelerin tornalanmasında titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenebilir.

Deneylerde kullanılan kesme parametreleri revize edilerek daha yüksek kesme parametrelerinde (300 m/dak) oluşan titreşimlerin etkileri araştırılabilir.

Deneylerde Ch1 ve Ch2 doğrultularından elde edilen veriler kesme yönünü olmadığından bundan sonraki benzer çalışmalarda alınmaya bilinir. Ch3 doğrultusundaki veriler dikkate alınabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] M. Demirtaş ve M. Kam, “CNC torna tezgâhında ıslah çeliğinin işlenmesinde titreşim ve yüzey pürüzlülüğünün deneysel analizi,” *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (Güz)*, Kocaeli, Türkiye, 2019, ss. 895-899.
- [2] G. Avuncan, “*Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar*,” 1.baskı, İstanbul, Türkiye: Mavi Tanıtım, 1998, ss. 48-51.
- [3] V. Yılmaz, H. Dilipak, M. Sarıkaya, ve M. Özdemir, “Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 30, sayı 4, ss. 220-226, 2014.
- [4] A. Turan, “AISI 1040 çeliğin tornalanmasında kesme kuvvetlerinin ve titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, 2014.
- [5] M. A. S. Torres ve H. J. C. Voorwald, “An evaluation of shot peening, residual stress and stress relaxation on the fatigue life of AISI 4340 steel,” *International Journal of Fatigue*, c. 24, sayı 8, ss. 877-886, 2002.
- [6] W. Bin Rashid, S. Goel, X. Luo, ve J. M. Ritchie, “The development of a surface defect machining method for hard turning processes,” *Wear*, c. 302, sayı 2, ss. 1124-1135, 2013.
- [7] M. Karabatak ve F. Kara, “AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin sert tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün deneysel optimizasyonu,” *Politeknik Dergisi*, c. 19, sayı 3, ss. 349-355, 2016.
- [8] J. G. Lima, R. F. Ávila, A. M. Abrão, M. Faustino, ve J. P. Davim, “Hard turning: AISI 4340 high strength low alloy steel and AISI D2 cold work tool steel,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 169, sayı 3, ss. 388-395, 2005.
- [9] H. K. Tönshoff, C. Arendt, ve R. Ben Amor, “Cutting of hardened steel,” *CIRP Annals*, c. 49, sayı 2, ss. 547-566, 2000.
- [10] Y. Özçatalbaş, “Isıl işlemlerin Cr-Mo esaslı bir çeliğin işlenebilirliğine etkisi,” *10. Metalürji ve Malzeme Kongresi*, 2000, ss. 24-28.
- [11] O. B. Abouelatta ve J. Mádl, “Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 118, sayı 1, ss. 269-277, 2001.
- [12] X. C. Feng, “An experimental study of the impact of turning parameters on surface roughness,” *Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference*, 2001, c. 2036.
- [13] C. Çoğun ve B. Özses, “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgâhlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 17, sayı 1, ss. 59-75, 2002.
- [14] V. Kılıçlı, A. R. Motorcu, M. Erdoğan, ve Y. Şahin, “Farklı mikroyapılara sahip AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve talaş atılabilirliğinin

- deneysel olarak incelenmesi,” *11.Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, 2004.
- [15] A. R. Motorcu ve Y. Şahin, “Sertleştirilmiş AISI 1040 çeliğinin seramik kesici takım ile işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün Taguchi metodu ile değerlendirilmesi,” *11.Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, 2004.
- [16] U. Çaydaş ve A. Hasçalık, “CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” *Teknoloji Dergisi*, c. 8, sayı 2, ss. 167-172, 2005.
- [17] M. A. Yallese, J. F. Rigal, K. Chaoui, ve L. Oulanouar, “The effects of cutting conditions on mixed ceramic and cubic boron nitride tool wear and on surface roughness during machining of X200Cr12 steel (60 HRC),” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, c. 2019, sayı 1, ss. 35-55, 2005.
- [18] H. Gökkaya ve H. Sert, “Kesici takım kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi,” *Politeknik Dergisi*, c. 9, sayı 1, ss. 35-38, 2006.
- [19] E. Aslan, N. Camuşcu, ve B. Birgören, “Design optimization of cutting parameters when turning hardened AISI 4140 steel (63 HRC) with Al₂O₃ + TiCN mixed ceramic tool,” *Materials and Design*, c. 28, sayı 5, ss. 1618-1622, 2007.
- [20] Ö. Tekaslan, N. Gerger, ve U. Şeker, “CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti,” *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 16, sayı 16, ss. 97-104, 2008.
- [21] E. D. Derakhshan ve A. A. Akbari, “Experimental investigation on the effect of workpiece hardness and cutting speed on surface roughness in hard turning with CBN tools,” *Proceeding of the World Congress on Engineering*, 2009, c. 2, ss. 1-3.
- [22] M. Zeyveli ve H. Demir, “AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 25, sayı 1, ss. 251-261, 2009.
- [23] S. Z. Chavoshi ve M. Tajdari, “Surface roughness modelling in hard turning operation of AISI 4140 using CBN cutting tool,” *International Journal of Material Forming*, c. 3, sayı 4, ss. 233-239, 2010.
- [24] H. Aouici, M. A. Yallese, K. Chaoui, T. Mabrouki, ve J. F. Rigal, “Analysis of surface roughness and cutting force components in hard turning with CBN tool: Prediction model and cutting conditions optimization,” *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, c. 45, sayı 3, ss. 344-353, 2012.
- [25] N. Kavak ve N. Üstel, “AISI 1040 çeliğinin kuru tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi,” *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, c. 2, sayı 2, ss. 24-29, 2012.
- [26] R. Suresh, S. Basavarajappa, ve G. L. Samuel, “Some studies on hard turning of AISI 4340 steel using multilayer coated carbide tool,” *Measurement*, c. 45, sayı 7, ss. 1872-1884, 2012.
- [27] S. Chinchani ve S. K. Choudhury, “Effect of work material hardness and cutting parameters on performance of coated carbide tool when turning hardened steel: An optimization approach,” *Measurement: Journal of the International Measurement*

Confederation, c. 46, sayı 4, ss. 1572-1584, 2013.

- [28] Z. Hessainia, A. Belbah, M. A. Yallese, T. Mabrouki, ve J. F. Rigal, "On the prediction of surface roughness in the hard turning based on cutting parameters and tool vibrations," *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, c. 46, sayı 5, ss. 1671-1681, 2013.
- [29] M. Nalbant, "Ç4140 malzemesinin tornalamasında ilerleme, kesme hızı ve kesici takımın yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve aşınmaya etkileri," *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, c. 11, sayı 3, ss. 11-26, 2014.
- [30] A. Srithar, K. Palanikumar, ve B. Durgaprasad, "Experimental investigation and surface roughness analysis on hard turning of AISI D2 steel using coated carbide Insert," *Procedia Engineering*, c. 97, ss. 72-77, 2014.
- [31] M. F. Kahraman, "Gerçek zamanlı görüntüleme sistemi vasıtasıyla sertleştirilmiş AISI 4340 çeliğinin farklı kesme parametreleri kullanılarak işlenmesinde CBN kesici takımların aşınma davranışlarının incelenmesi," Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye, 2014.
- [32] S. R. Das, D. Dhupal, ve A. Kumar, "Experimental investigation into machinability of hardened AISI 4140 steel using TiN coated ceramic tool," *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, c. 62, ss. 108-126, 2015.
- [33] A. Çakan ve A. Özocakçioğlu, "AISI 4140 çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin kesici uç aşınmasına etkisi," *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, c. 13, sayı 4, ss. 9-18, 2016.
- [34] M. Akgün, H. B. Ulaş, ve H. Demir, "İmalat çeliklerinin tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin analizi ve optimizasyonu," *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, c. 6, sayı özel (ISMSIT2017), ss. 50-58, 2017.
- [35] H. Akkuş, H. Yaka, ve L. Uğur, "Tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistiksel incelenmesi," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 23, sayı 4, ss. 390-394, 2017.
- [36] F. Kara, O. Özbek, M. Kam, ve H. Saruhan, "AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve titreşimin Taguchi metodu ile optimizasyonu," *International Academic Research Congress (INES-2017)*, 2017, ss. 1132-1140.
- [37] A. Yardımeden ve A. Turan, "Farklı kesme parametreleriyle AISI 1040 çeliğin tornalanmasında oluşan titreşimlerin ve yüzey pürüzlülüğün incelenmesi," *DÜMF Mühendislik Dergisi*, c. 9, sayı 1, ss. 269-278, 2018.
- [38] N. Ambhore, D. Kamble, ve S. Chinchani, "Prediction of cutting tool vibration and surface roughness in hard turning of AISI 52100 steel," *MATEC Web of Conferences*, 2018, c. 211, s. 3011.
- [39] K. Aztekin, A. Aytaç, H. İpek, ve M. S. Işık, "AISI 4140 çeliğinin tornalanmasında işlenebilirliğe etki eden parametrelerin değerlendirilmesi," *5.Uluslararası MultiDisipliner Çalışmaları Sempozyumu*, 2018, ss. 1147-1159.
- [40] B. Özlü, H. Demir, ve M. Türkmen, "Sıcak dövme sonrası yüksek soğuma hızlarında soğutulan AISI 5140 çeliğinin mekanik özelliklerinin ve kesme parametrelerinin işlenebilirliğe etkisi," *Politeknik Dergisi*, c. 22, sayı 4, ss. 879-

887, 2018.

- [41] E. Şirin, Ş. Şirin, Y. Turgut, ve İ. Korkut, “AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin farklı geometriye sahip kesici takımlarla frezeleme işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etkisinin araştırılması,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 6, sayı 3, ss. 660-668, 2018.
- [42] H. Livatyalı, H. Akyıldız, M. Kaya, ve M. Özdemir, “Sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin tornalama parametrelerinin deneysel incelemesi,” *UTİS-10th International Congress on Machining*, Antalya, Türkiye, 2019, ss. 1-6.
- [43] A. Şahinoğlu ve A. Güllü, “CuZn39Pb3 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde oluşan akım, ses şiddeti, titreşim ve yüzey pürüzlülük değeri arasındaki ilişkinin incelenmesi,” *Politeknik Dergisi*, c. 23, sayı 3, ss. 615-624, 2020.
- [44] H. Gürbüz, F. Kafkas, ve U. Şeker, “AISI 316L çeliğinin tornalanmasında kesici takım formlarının yüzey bütünlüğü üzerine etkisi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 35, sayı 1, ss. 225-240, 2019.
- [45] İ. Tekaüt, “AISI T15 çeliğinin işlenmesinde PVD TiAlN + Al2O3 ve CVD TiCN+TiN kaplama performansının araştırılması,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 8, sayı 1, ss. 1084-1094, 2020.
- [46] M. A. Topbaş, *Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı*, İstanbul, Türkiye: Prestij Yayıncılık Bas.Hiz., 1998, ss. 75-100.
- [47] S. Chinchani ve S. K. Choudhury, “Machining of hardened steel experimental investigations, performance modeling and cooling techniques: a review,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 89, ss. 95-109, 2015.
- [48] Anonim, (2020, 1 Şubat). [Online]. Erişim: <http://www.hascometal.com.tr>.
- [49] Y. Adalı ve C. Kurnaz, “5140 çeliğinin küreselleştirme ısıl işlemi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi,” *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 7, sayı 1, ss. 251-258, 2003.
- [50] G. Sun, R. Zhou, J. Lu, ve J. Mazumder, “Evaluation of defect density, microstructure, residual stress, elastic modulus, hardness and strength of laser-deposited AISI 4340 steel,” *Acta Materialia*, c. 84, ss. 172-189, 2015.
- [51] V. Sabelkin, H. Misak, ve S. Mall, “Fatigue behavior of Zn–Ni and Cd coated AISI 4340 steel with scribed damage in saltwater environment,” *International Journal of Fatigue*, c. 90, ss. 158-165, 2016.
- [52] Ş. Y. Güven ve D. Çelik, “SAE 4340 çeliğinde ısıl işlem parametrelerinin yorulma ve mikro yapı üzerine etkisi,” *Teknik Bilimleri Dergisi*, c. 8, sayı 2, ss. 55-61, 2018.
- [53] H. J. Bargel ve G. Schulze, *Malzeme Bilgisi*, 2. baskı, İstanbul, Türkiye: İTÜ Makine Ofset Atölyesi, 1995.
- [54] E. Kesti, “Ç-4140 çeliğinin, mikro yapı ve mekanik özelliklerine su verme ortamının etkilerinin araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2009.
- [55] A. Karaaslan, *Mühendislik Alaşımları İçin Faz Diyagramları*, İstanbul, Türkiye: Literatür Yayınları, 2010.
- [56] M. Kam, “Kriyojenik işlem görmüş millerin dinamik davranışlarının deneysel

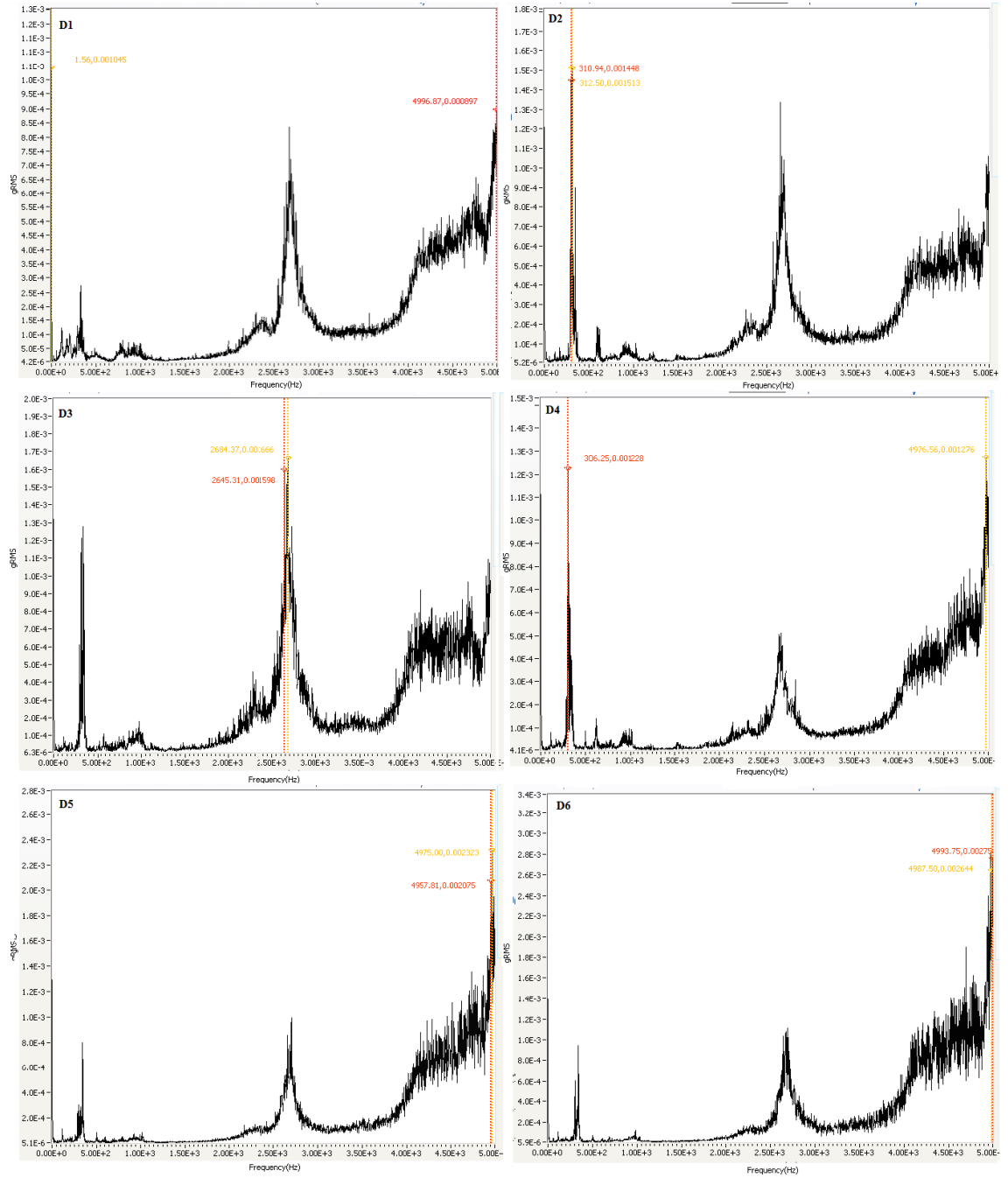
- analizi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2016.
- [57] C. Töre, *Mekanik tasarımda çelik ve özellikleri*. Ankara, Türkiye: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2007.
- [58] D. Çelik, “SAE 4340 çeliğinde ısıtıl işlem parametrelerinin yorulma ve mikro yapı üzerine etkisi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2018.
- [59] M.E.B., (2020, 10 Ocak). [Online]. Erişim: <http://www.megep.meb.gov.tr>.
- [60] D. E. Davies, *Practical experimental metallurgy*, California, USA: Elsevier Publishing, 1969.
- [61] E. Saraç, “Temperleme sıcaklıklarının AISI 4140 ve AISI 4340 çeliklerinin mekanik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2019.
- [62] M. Castejón, E. Alegre, J. Barreiro, ve L. K. Hernández, “On-line tool wear monitoring using geometric descriptors from digital images,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 47, sayı 12, ss. 1847-1853, 2007.
- [63] B. Doğan ve H. Tan, “Sialon- Si₃N₄ Esaslı Seramik Kesici Uçların Isıl İletkenliğinin İncelenmesi,” *Politeknik Dergisi*, c. 21, sayı 1, ss. 7-12, 2017.
- [64] F. Akün, *Takım Tezgahları*, İstanbul, Türkiye: İTÜ Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, 1978.
- [65] A. Özocakcıoğlu, “Sertleştirilmiş AISI 4140 çelik malzemeni işlenmesinde seramik kesici takımında oluşan aşınmanın incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye, 2016.
- [66] A. Attanasio, D. Umbrello, C. Cappellini, ve G. Rotella, “Tool wear effects on white and dark layer formation in hard turning of AISI 52100 steel,” *Wear*, c. 286, ss. 98-107, 2012.
- [67] A. R. Motorcu ve Y. Şahin, “AISI 4140 çeliğinin farklı kaplamalı karbür ve sermet kesici takımlarla işlenebilirliği,” *11. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, 2004.
- [68] A. Senthil Kumar, A. Raja Durai, ve T. Sornakumar, “Wear behaviour of alumina based ceramic cutting tools on machining steels,” *Tribology International*, c. 39, sayı 3, ss. 191-197, 2006.
- [69] A. Çakan, “AISI 1070 çeliğinden üretilen işlemsiz, yüzey işlemleri ve sert yüzey kaplamalı kesici takımların mekanik özelliklerinin, mikroyapı ve kesme performanslarının incelenmesi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2006.
- [70] M. Apakhan, “Seramik takımlarla talaş kaldırmada talaş açısının işlenebilirliğe etkisi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2006.
- [71] N. Parlak, “AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin tornalanmasında takım aşınması ve yüzey pürüzlüğünün incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2012.

- [72] Anonim, (2020,10 Şubat). [Online]. Erişim: <http://www.sandvik.com.tr>.
- [73] M. J. Hoffmann ve G. Petzow, "Tailored microstructures of silicon nitride ceramics," *Pure&Appl. Chem*, c. 66, sayı 9, ss. 1807-1814, 1994.
- [74] E. Carrasquero, A. Bellosi, ve M. H. Staia, "Characterization and wear behavior of modified silicon nitride," *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, c. 23, sayı 4, ss. 391-397, 2005.
- [75] Anonim, (2020, 12 Şubat). [Online]. Erişim: <http://www.taegutec.com.tr>.
- [76] M.E.B., *Metal Meslek Bilgisi*, 51. baskı, Ankara, Türkiye: 1995. ss. 25-115.
- [77] Y. Şahin, *Talaş Kaldırma Prensipleri*, Cilt 2. Ankara, Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım, 2001.
- [78] E. M. Trent, *Metal Cutting*, London, UK: Butterworths Press, 1989.
- [79] W. Bin Rashid, S. Goel, J. P. Davim, ve S. N. Joshi, "Parametric design optimization of hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC)," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, c. 82, sayı 1, ss. 451-462, 2016.
- [80] A. Agrawal, S. Goel, W. Bin Rashid, ve M. Price, "Prediction of surface roughness during hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC)," *Applied Soft Computing Journal*, c. 30, sayı 1, ss. 279-286, 2015.
- [81] W. Grzesik, J. Rech, ve K. Żak, "Characterization of surface textures generated on hardened steel parts in high-precision machining operations," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, c. 78, sayı 9, ss. 2049-2056, 2015.
- [82] M. Ay, "CNC freze tezgahında frezeleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin ve titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi," Doktora tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2003.
- [83] V. Yılmaz, "Frezeleme uygulamalarında işleme parametrelerinin sebep olduğu titreşimlerin incelenmesi," Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.
- [84] S. Kalpakjian, "Manufacturing processes for engineering materials second edition," *Addision-Wesley*, c. 10, sayı 1, ss. 42-75, 1991.
- [85] Piezotronics an mts company, (2020, 2 Mart). [Online]. Erişim: <http://www.pcb.com>.
- [86] A. Güllü, "Silindirik taşlamada istenilen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu," Doktora tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1995.
- [87] M. M. Sadek, "Stability of orthogonal cutting process on a center lathe," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 12, sayı 5, ss. 547-560, 1974.
- [88] M. Xiao, S. Karubu, T. Soutome, ve K. Sato, "Analysis of chatter suppression in vibration cutting," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 42, sayı 15, ss. 1677-1685, 2002.
- [89] B. Özses, "Bilgisayar denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının

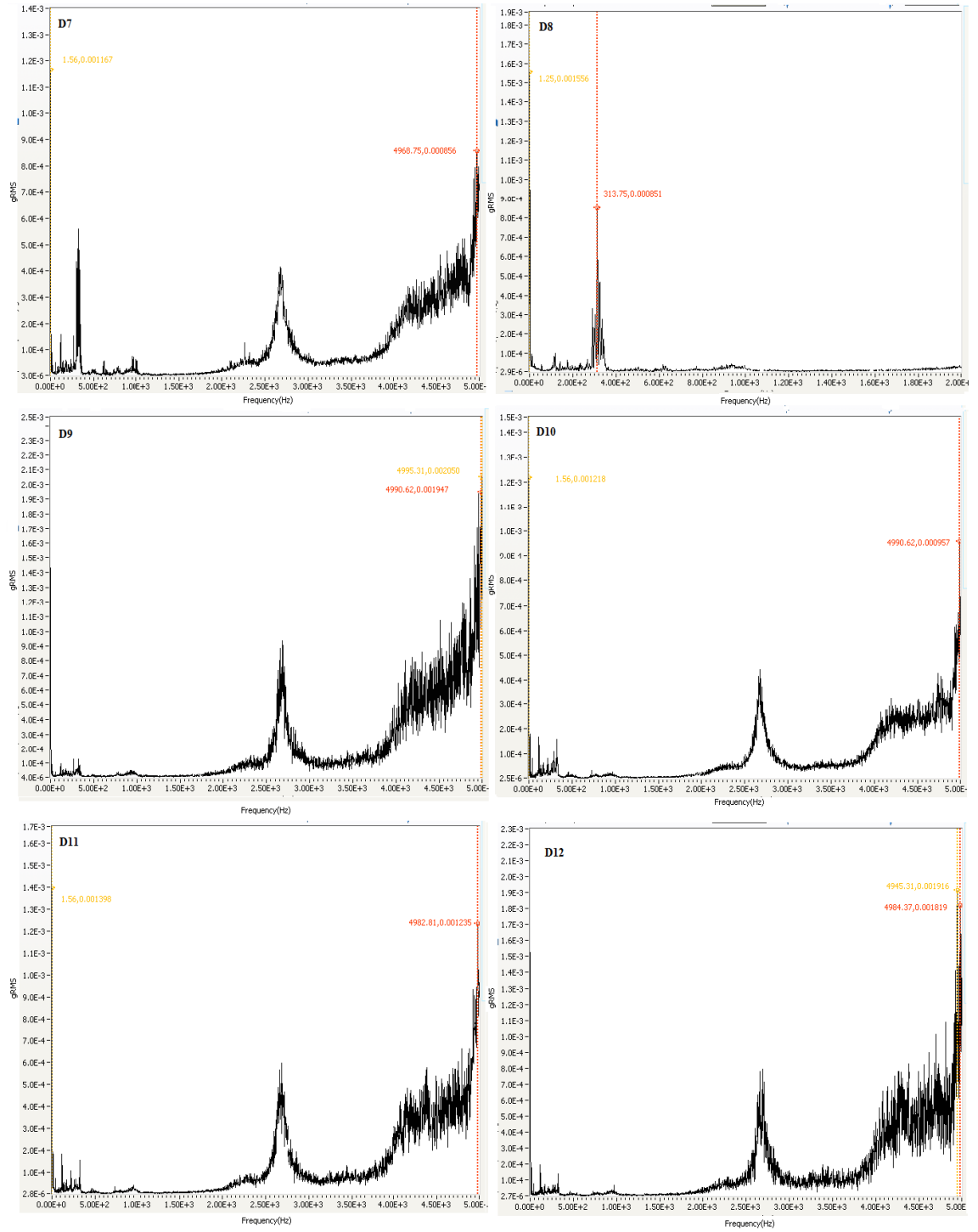
- yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2002.
- [90] M. Şeremet, “AISI 4140 ıslah çeliğinin seramik kesici takımlarla tornalanmasında oluşan titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel analizi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2019.
- [91] Anonim, (2020, 2 Mart). [Online]. Erişim:<https://www.makinaegitimi.com>.
- [92] S. K. Choudhury, N. N. Goudimenko, ve V. A. Kudinov, “On-line control of machine tool vibration in turning,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, c. 37, sayı 6, ss. 801-811, 1997.
- [93] A. Şahinoğlu ve G. Abdulkadir, “GGG50 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde kesme parametrelerinin titreşim , ses şiddeti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin araştırılması,” *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 2, sayı 1, ss. 67-79, 2017.
- [94] N. Parlak, L. Özler, ve M. E. Özcan, “AISI D6 iş parçasının tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi,” *3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, 2012, ss. 128-137.
- [95] B. Karayel, “Ç 4140 malzemesinin tornalanmasında ilerleme, kesme hızı ve kesici takımın yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve aşınmaya etkileri,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [96] R. K. Venkata, B. S. N. Murthy, ve R. N.Mohan, “Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring,” *Measurement*, c. 46, sayı 10, ss. 4075-4084, 2013.
- [97] G. Puthumana ve M. P. Vipindas, “Taguchi-based optimization of surface roughness in CNC turning operation,” *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, c. 2, sayı 4, ss. 454-463, 2013.
- [98] M. S. Shiddique, M. N. Akhtar, ve M. Ziaulhaque, “Turning parameter optimization for surface roughness of AISI 4140 alloy steel by taguchi method,” *Ijsart Journal*, c. 3, sayı 5, ss. 250-255, 2017.
- [99] H. Gökkaya, G. Sur, ve H. Dilipak, “PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi,” *Teknoloji Dergisi*, c. 7, sayı 3, ss. 473-478, 2004.
- [100] S. Çakmak ve S. Sarıdemir, “AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde kesici uç geometrisinin talaş kırmaya ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, sayı 2, ss. 293-304, 2016.

7. EKLER

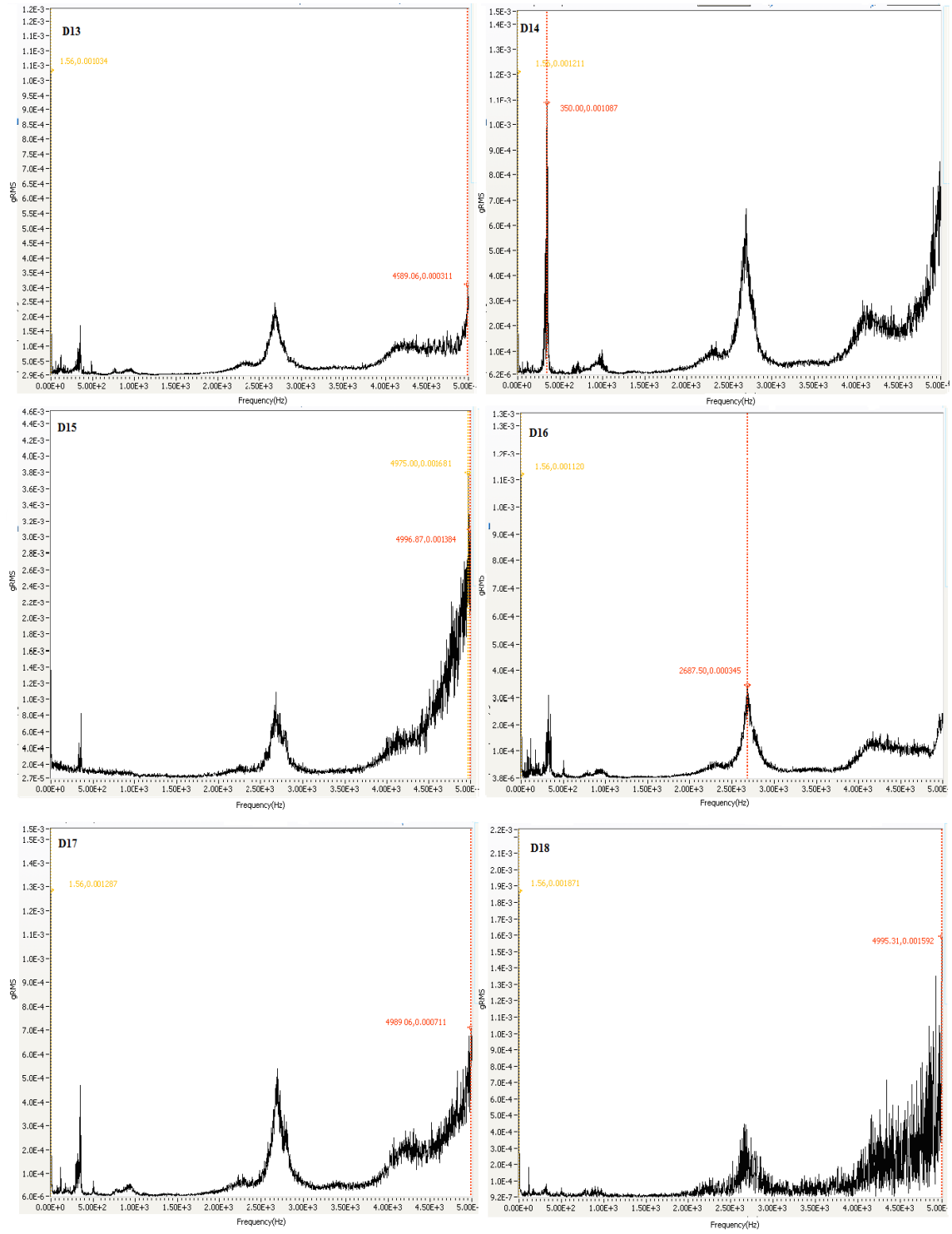
7.1. EK 1:X-Ch1 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ



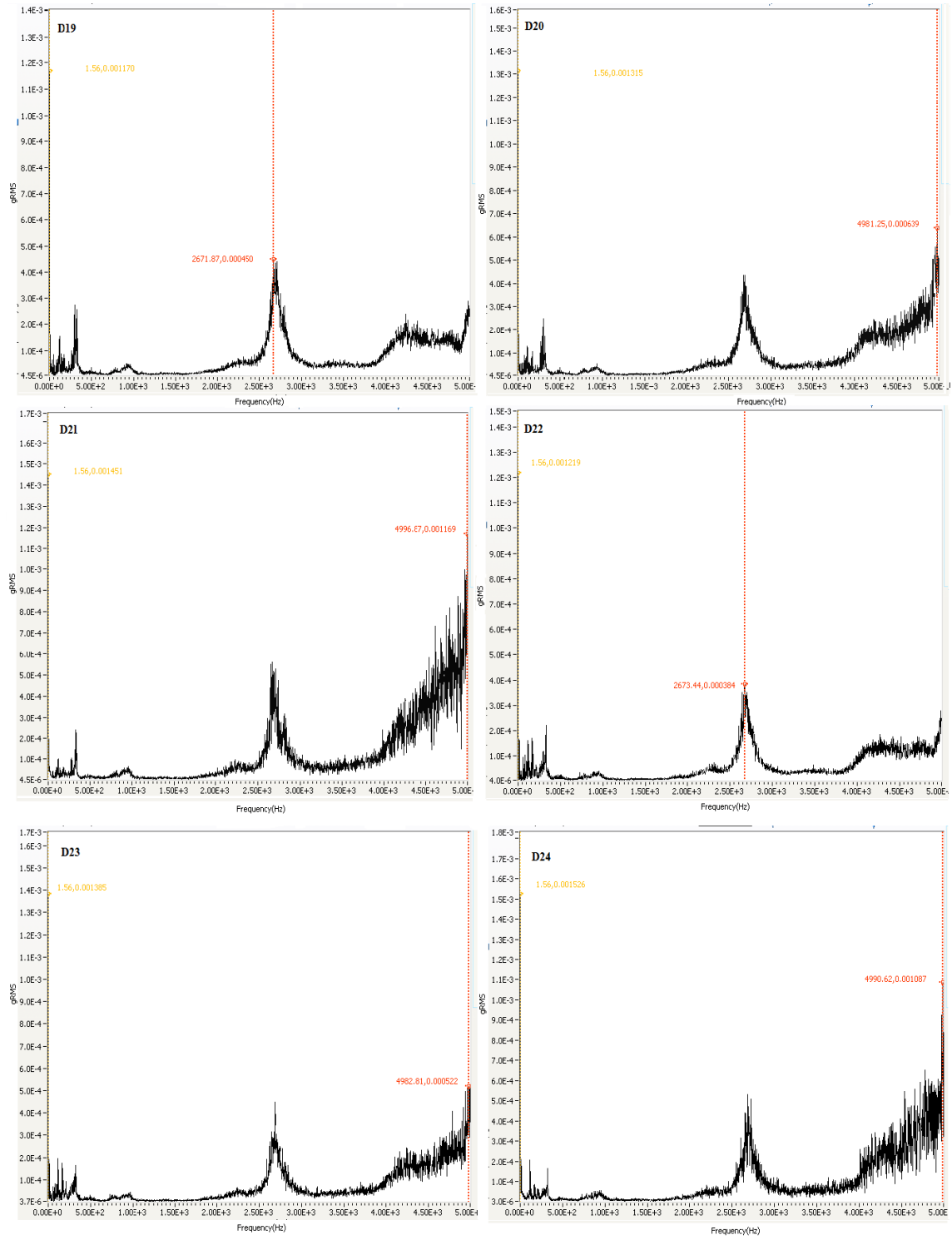
Şekil 7.1. 20 HRC X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).



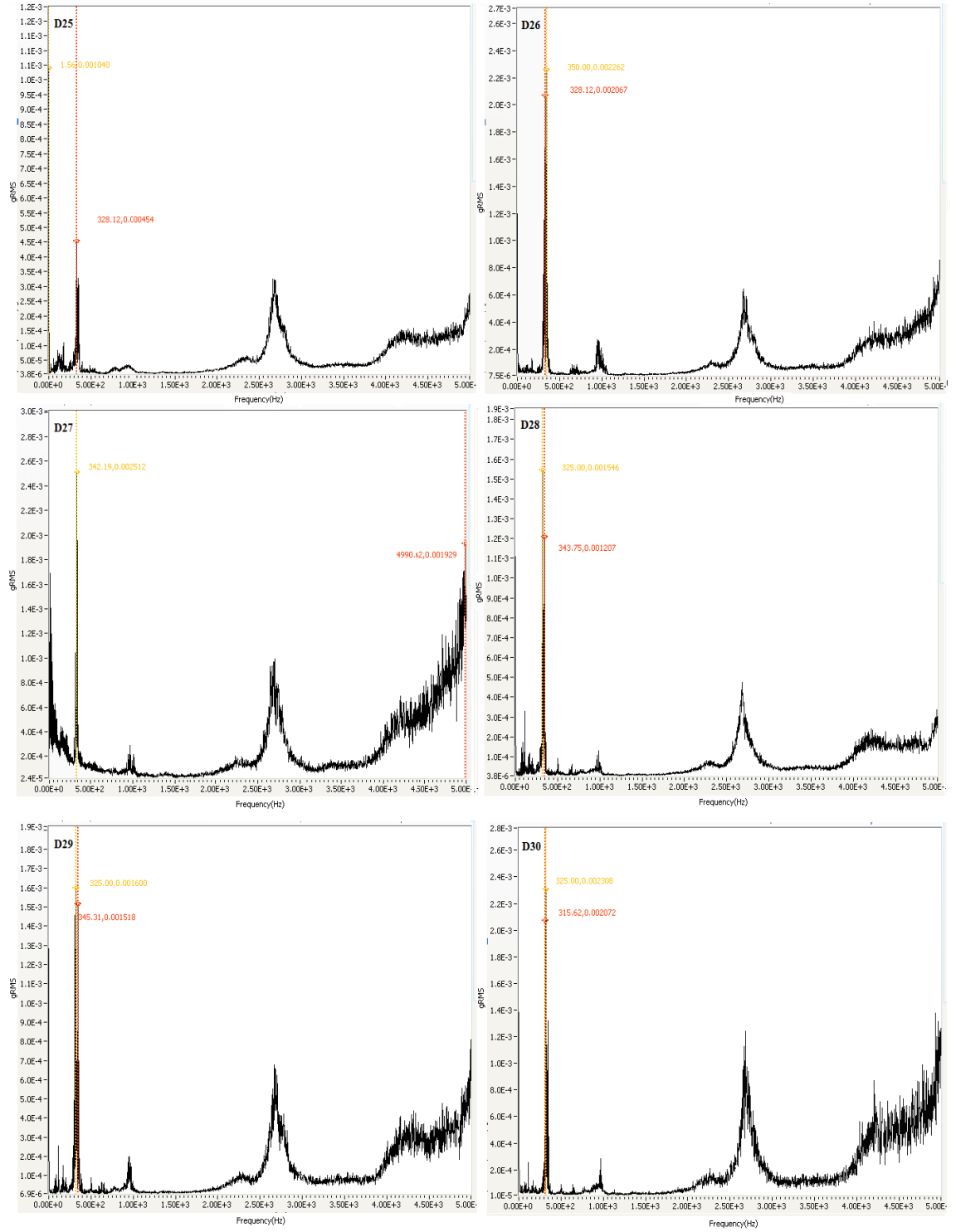
Şekil 7.2. 20 HRC X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).



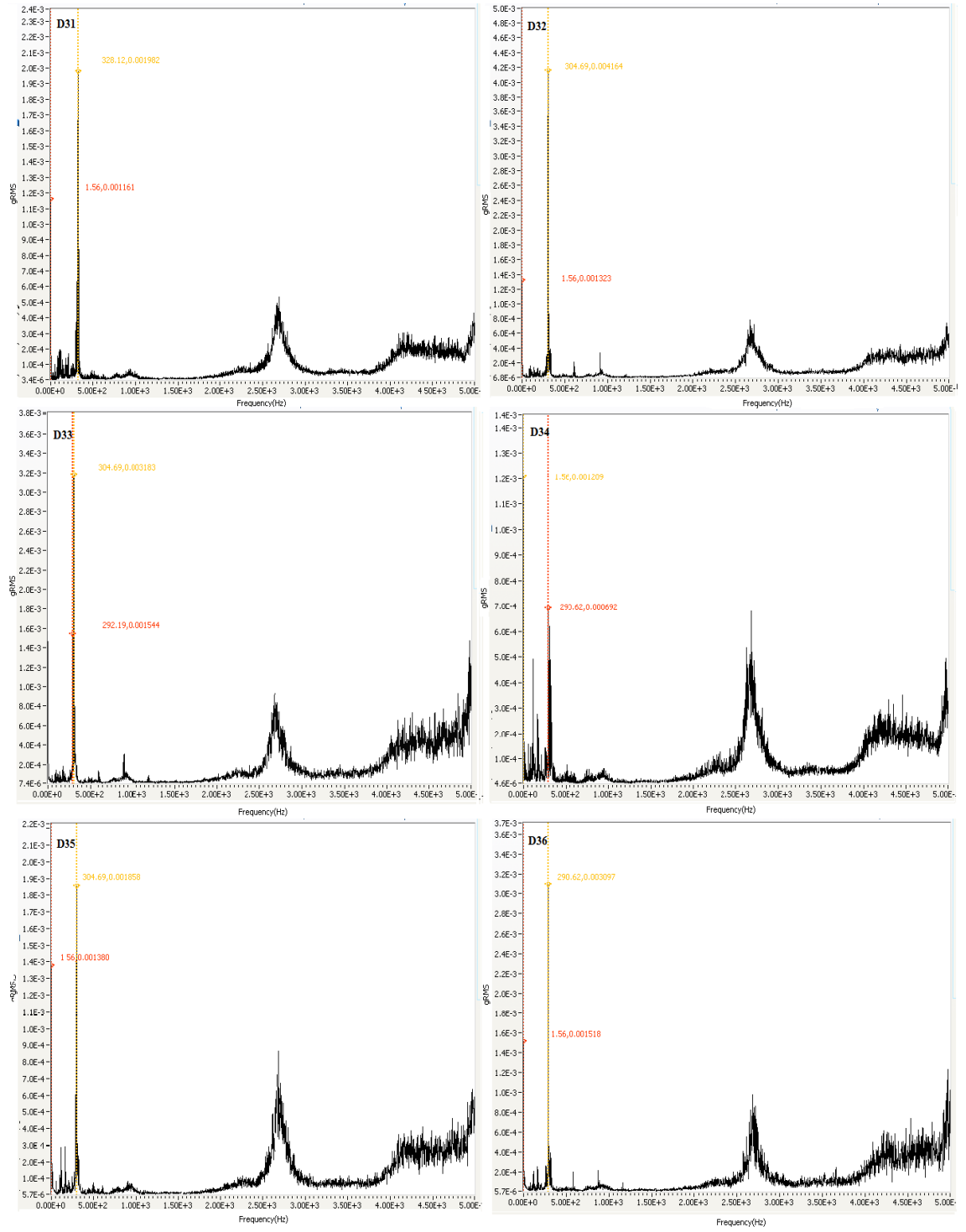
Şekil 7.3. 46 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).



Şekil 7.4. 46 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).

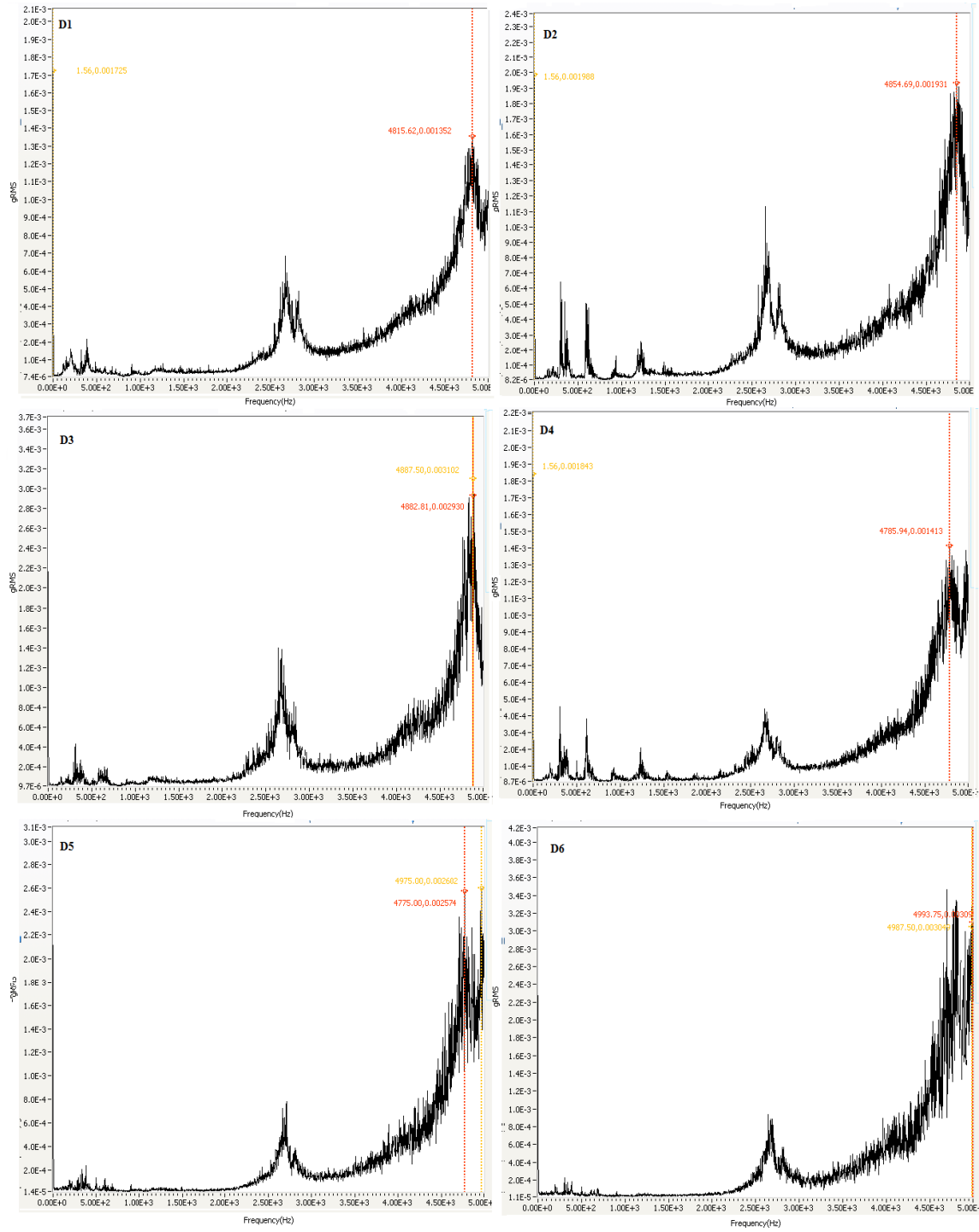


Şekil 7.5. 53 HRc X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).

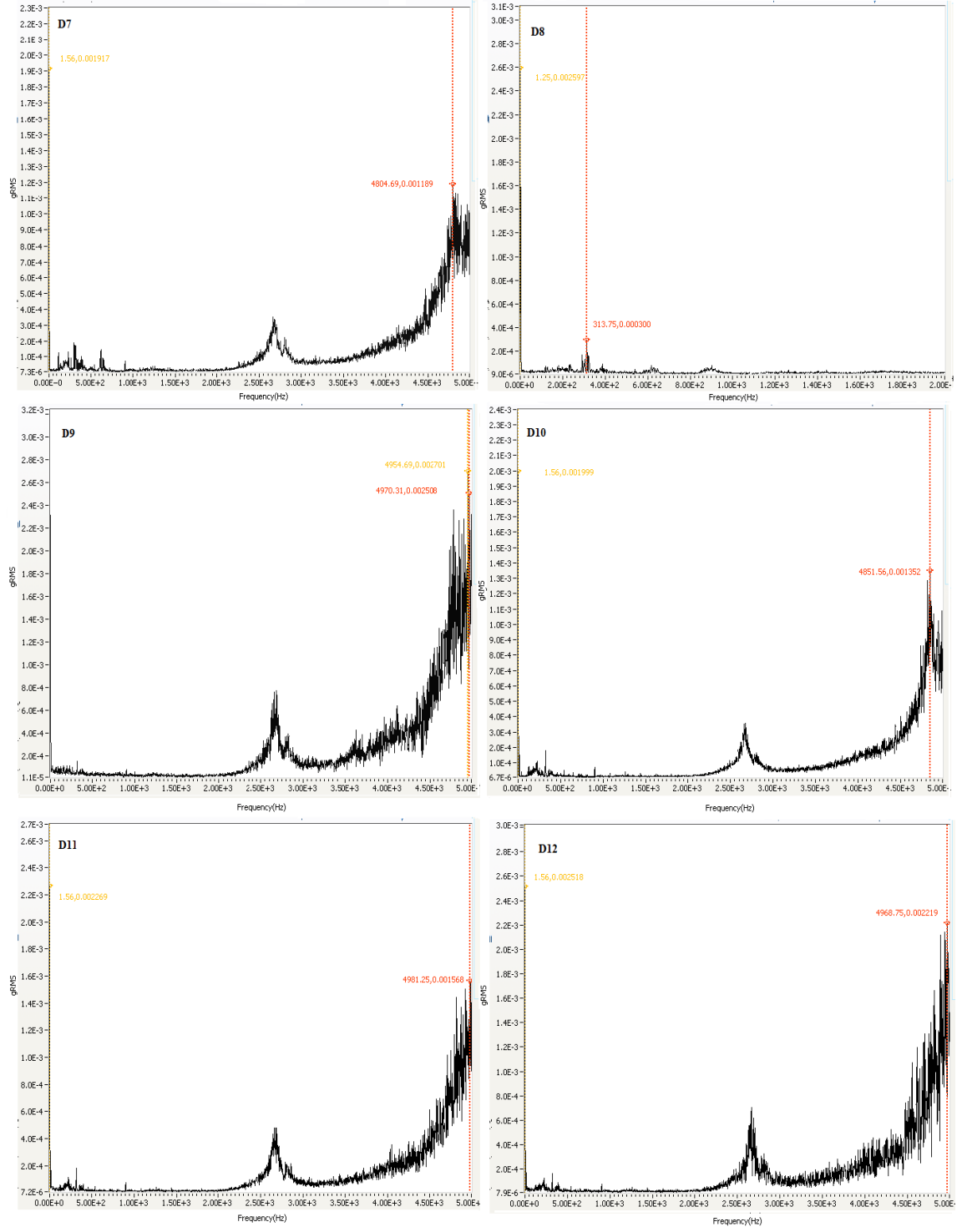


Şekil 7.6. 53 HRC X-Ch1 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).

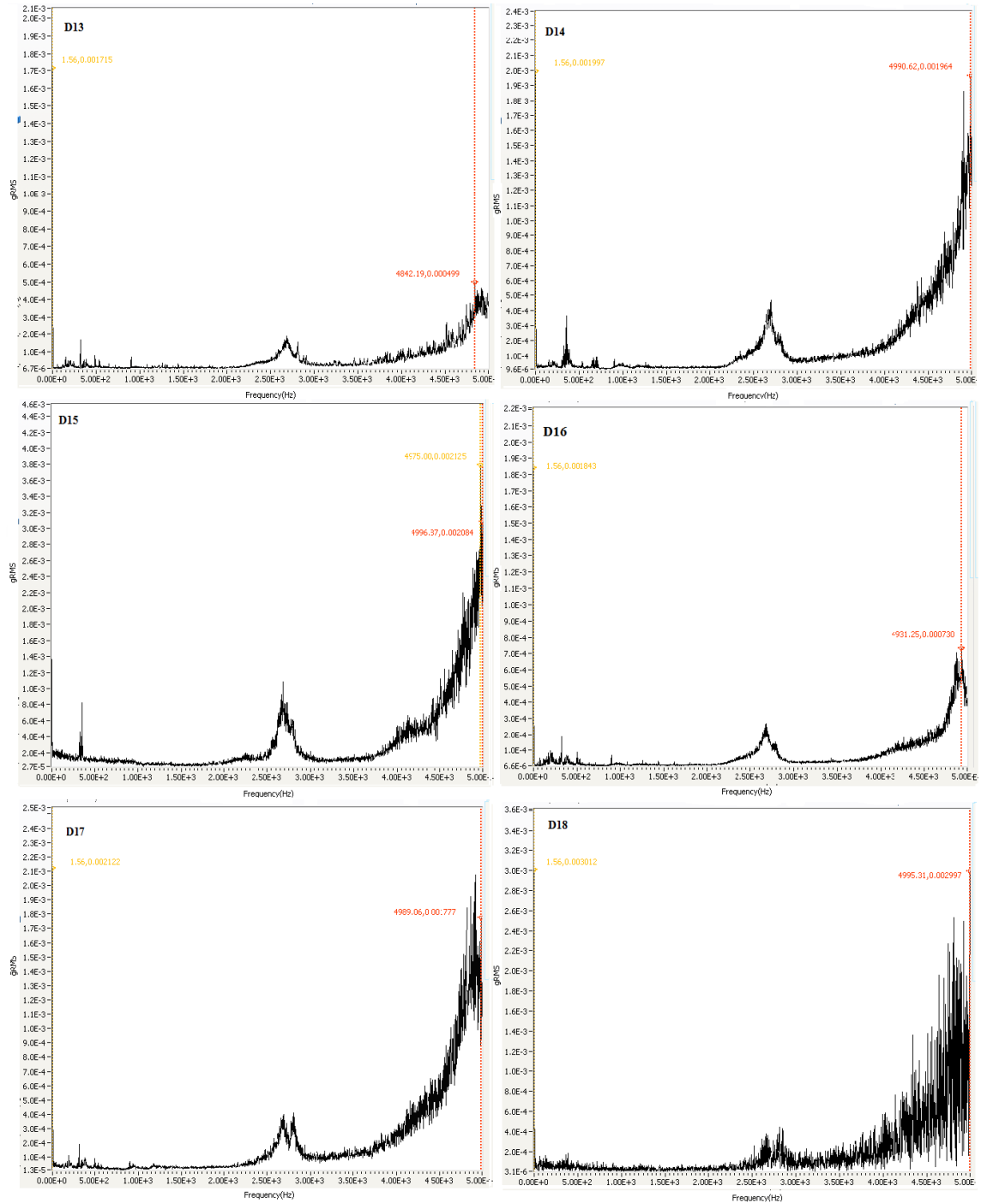
7.2. EK 2:Y-Ch2 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ



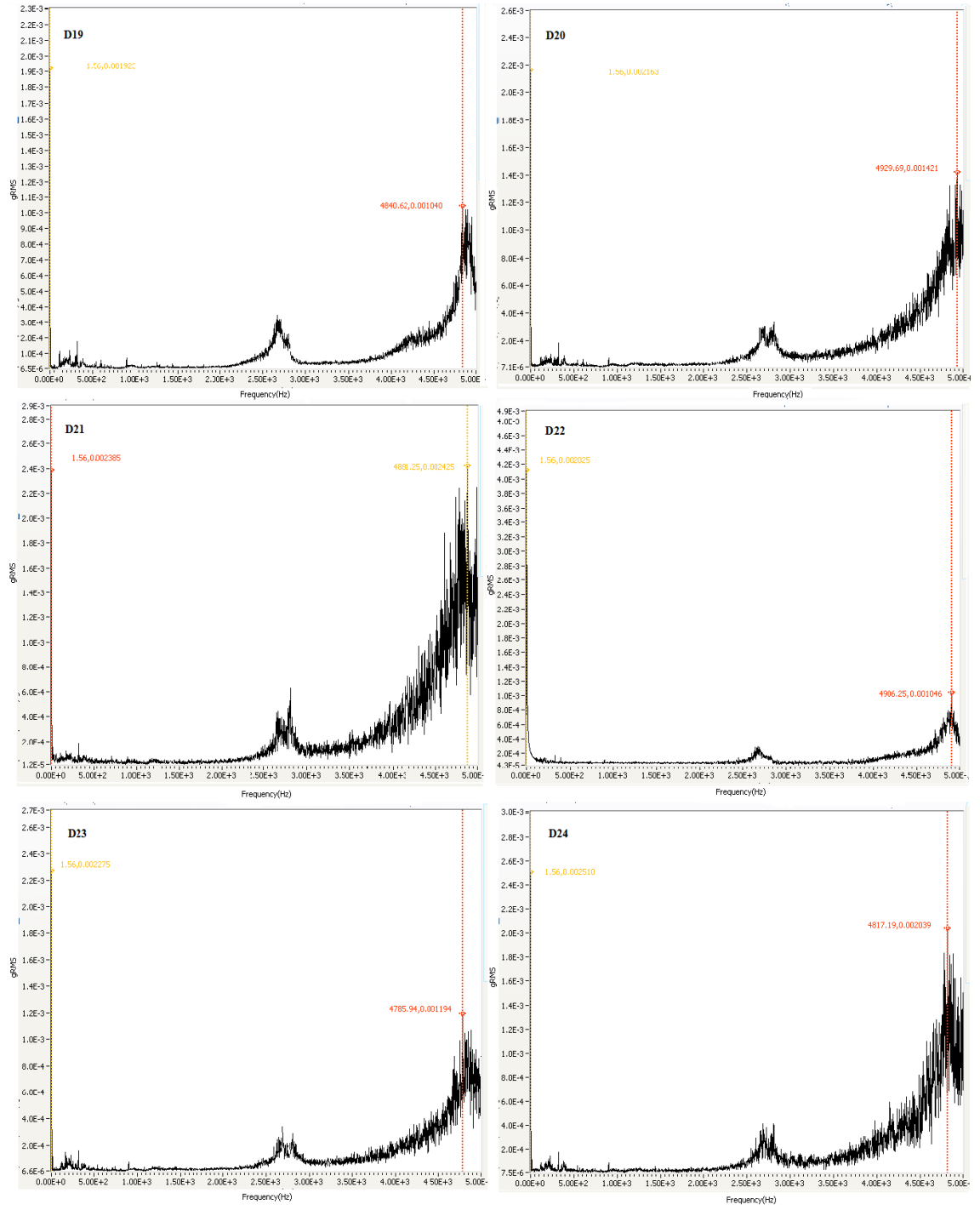
Şekil 7.7. 20 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).



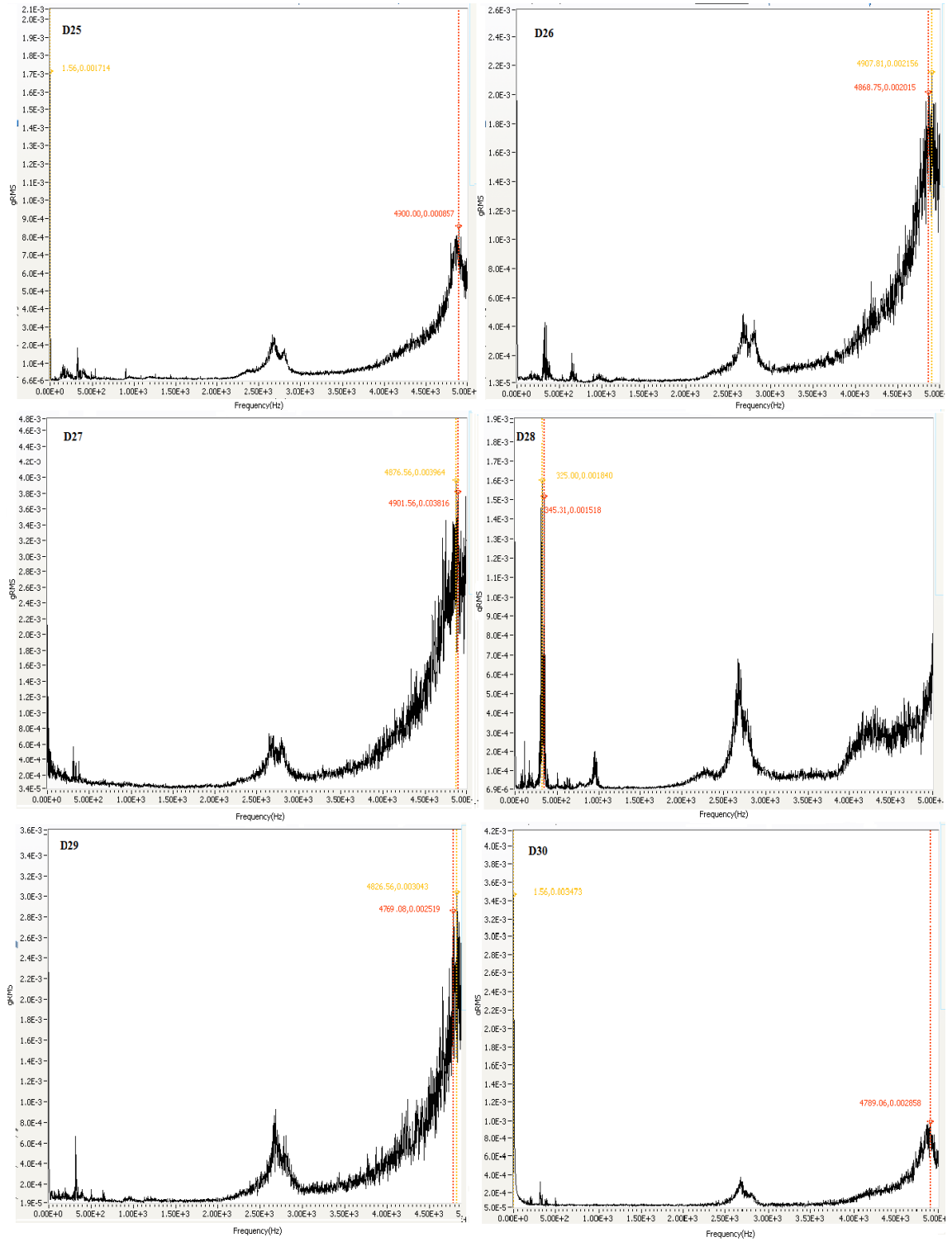
Şekil 7.8. 20 HRC Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).



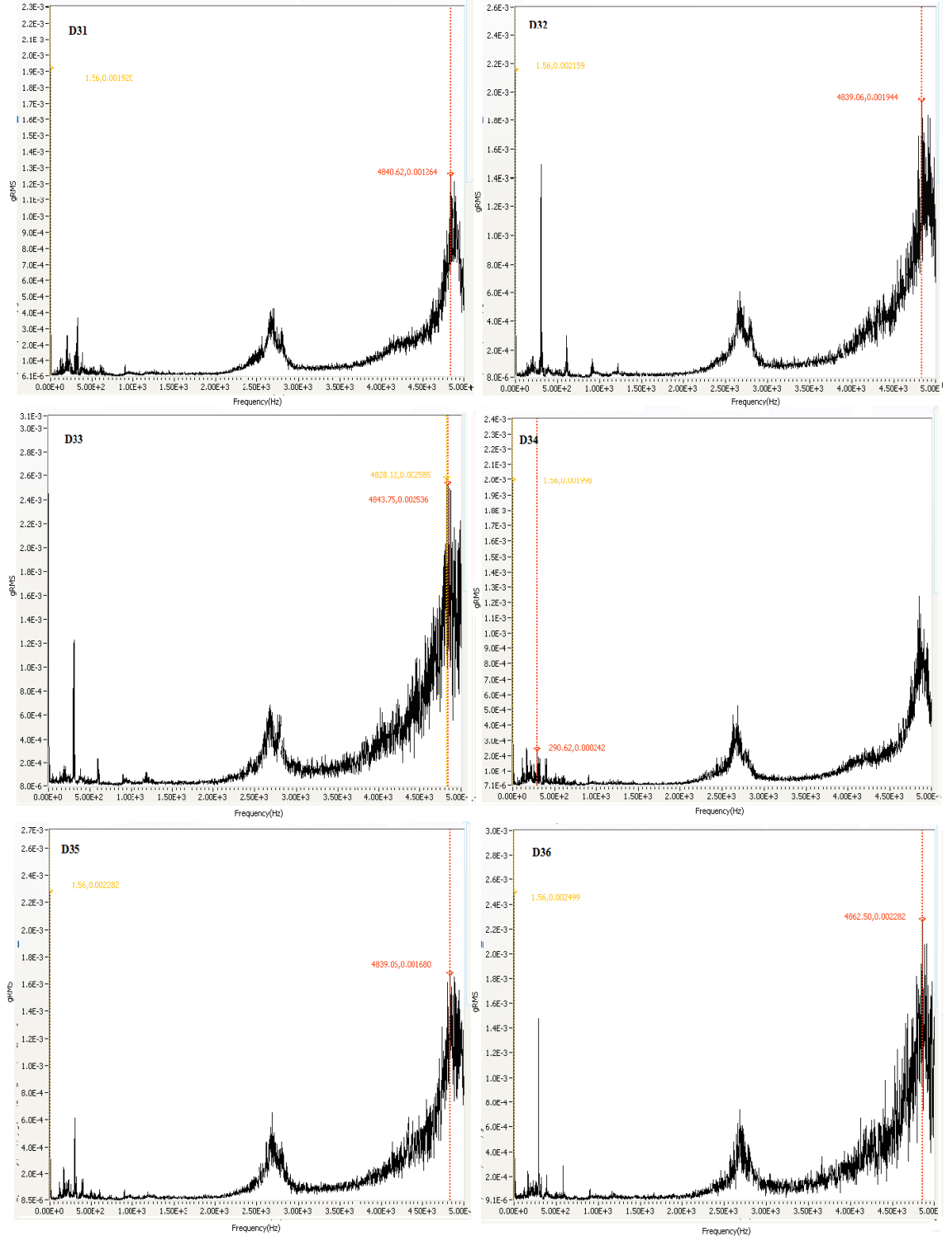
Şekil 7.9. 46 HRC Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).



Şekil 7.10. 46 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).

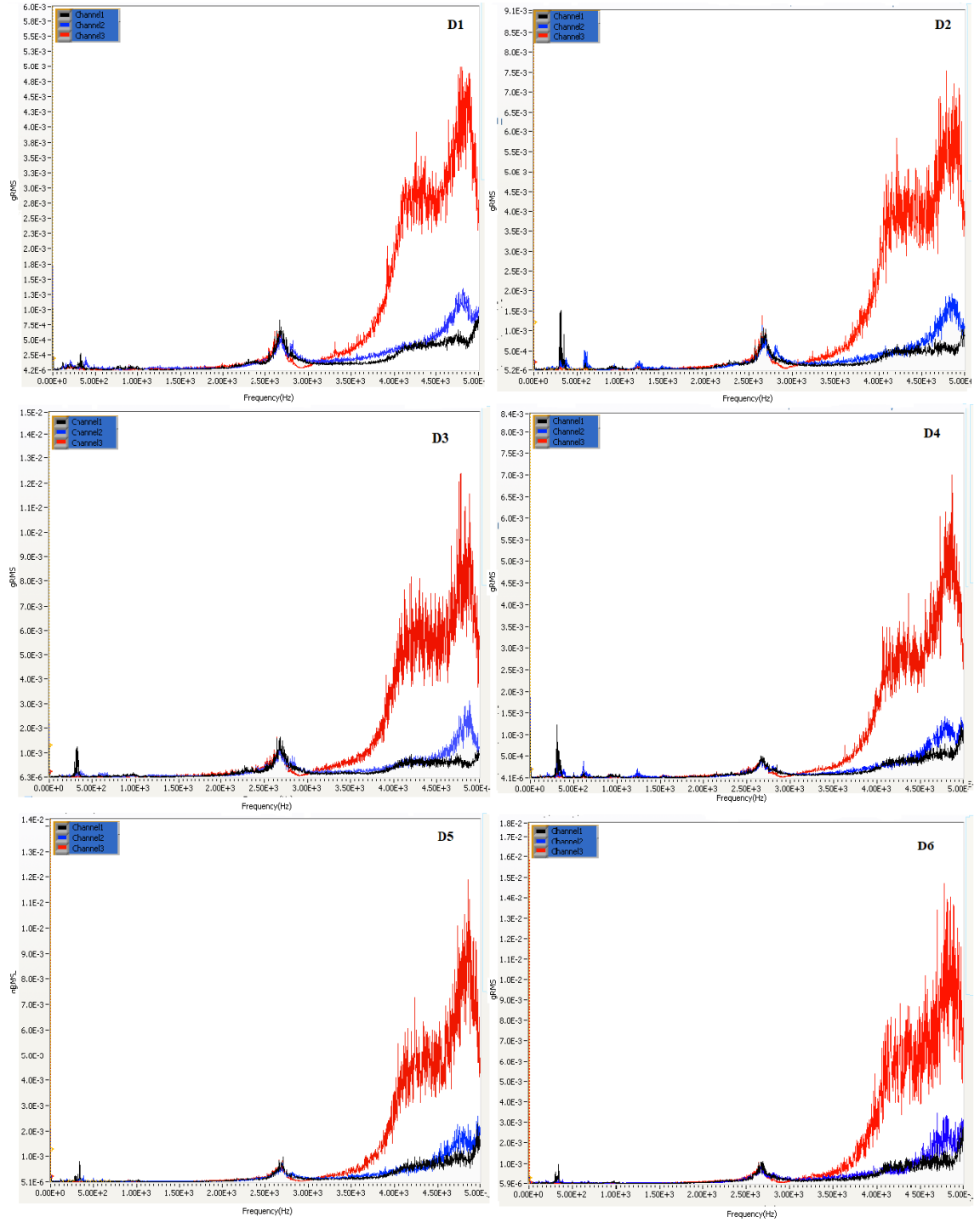


Şekil 7.11. 53 Hrc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).

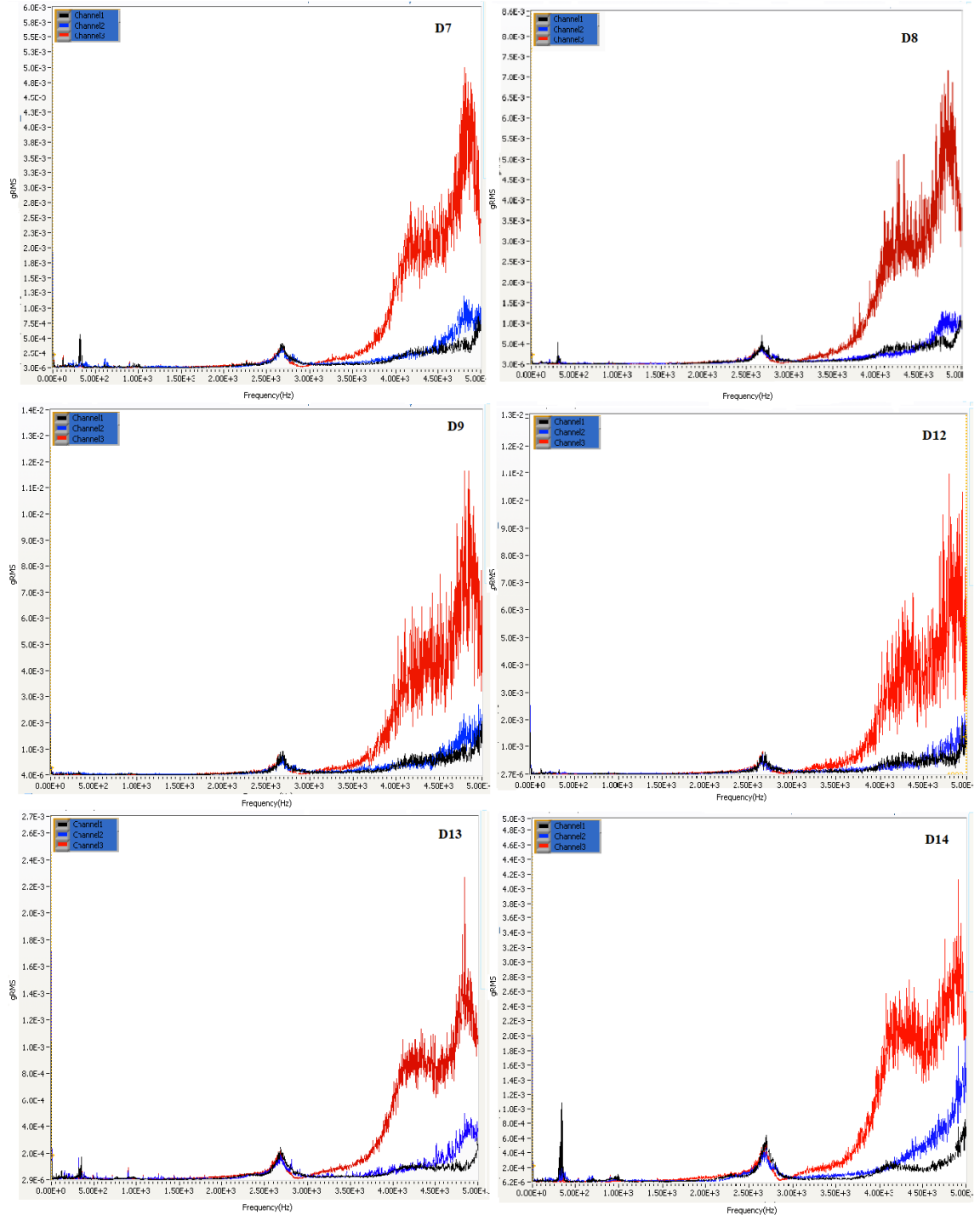


Şekil 7.12. 53 HRc Y-Ch2 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).

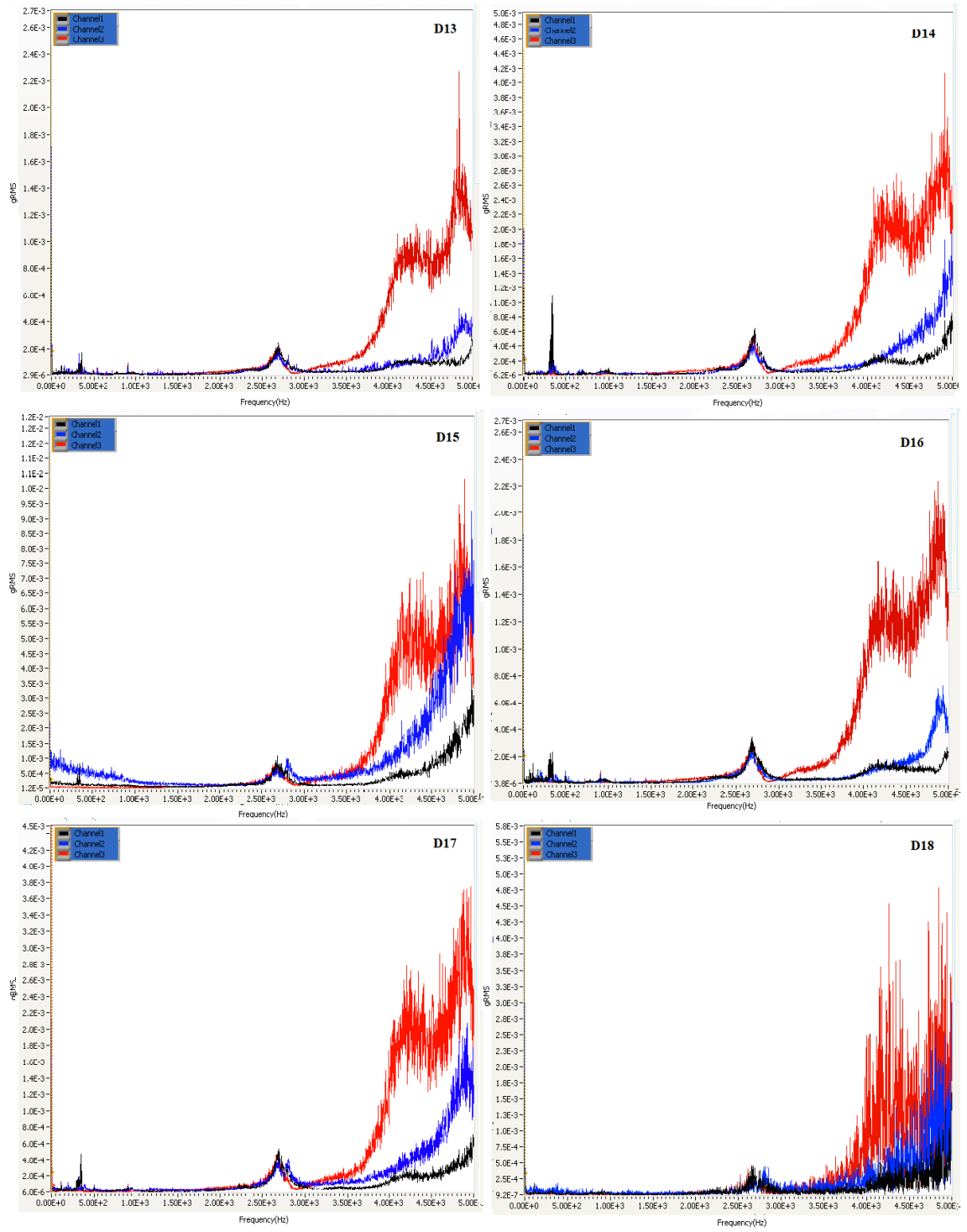
7.3. EK 3:X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 DOĞRULTUSUNDAKİ TİTREŞİM GRAFİĞİ



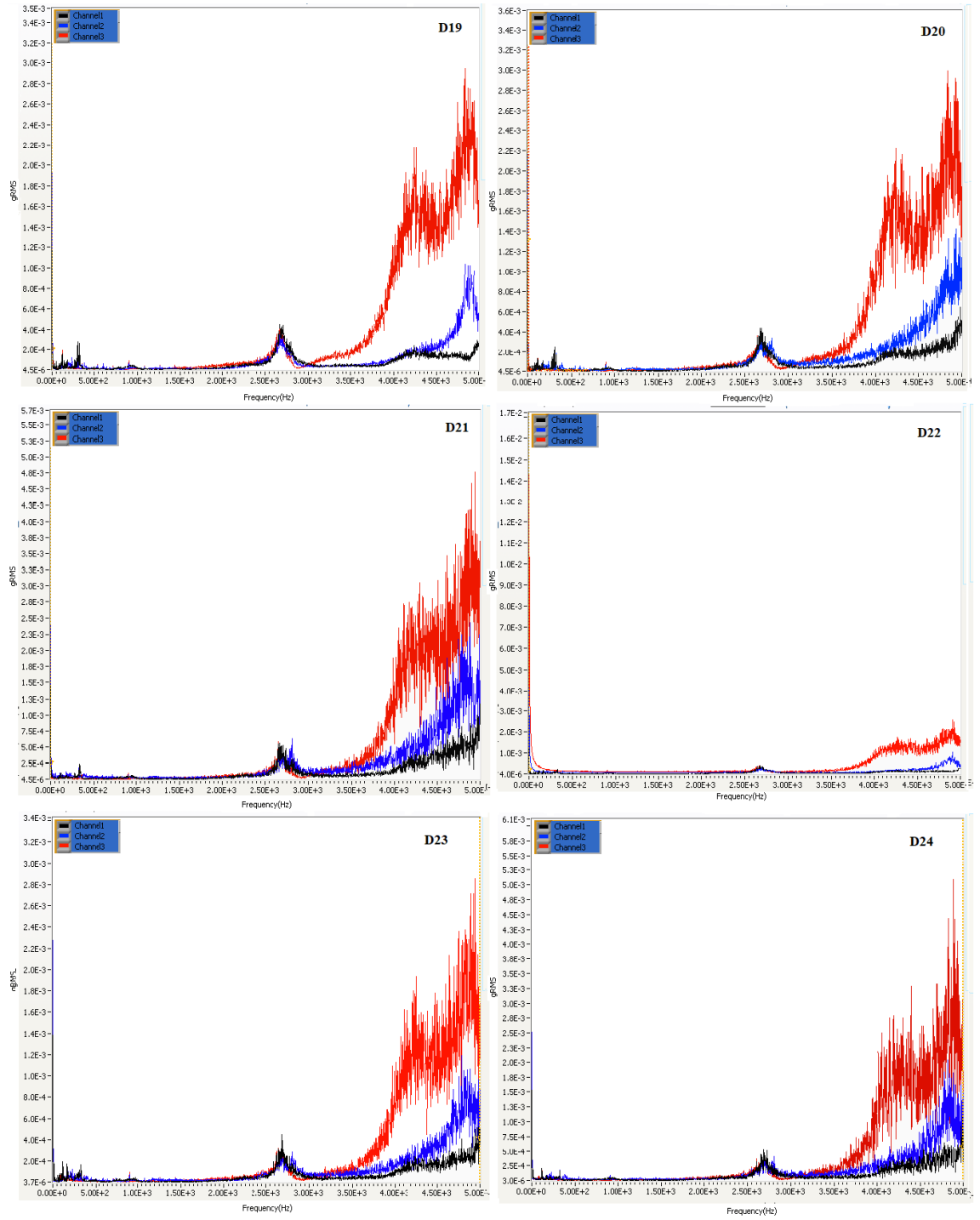
Şekil 7.13. 20 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D1-D6).



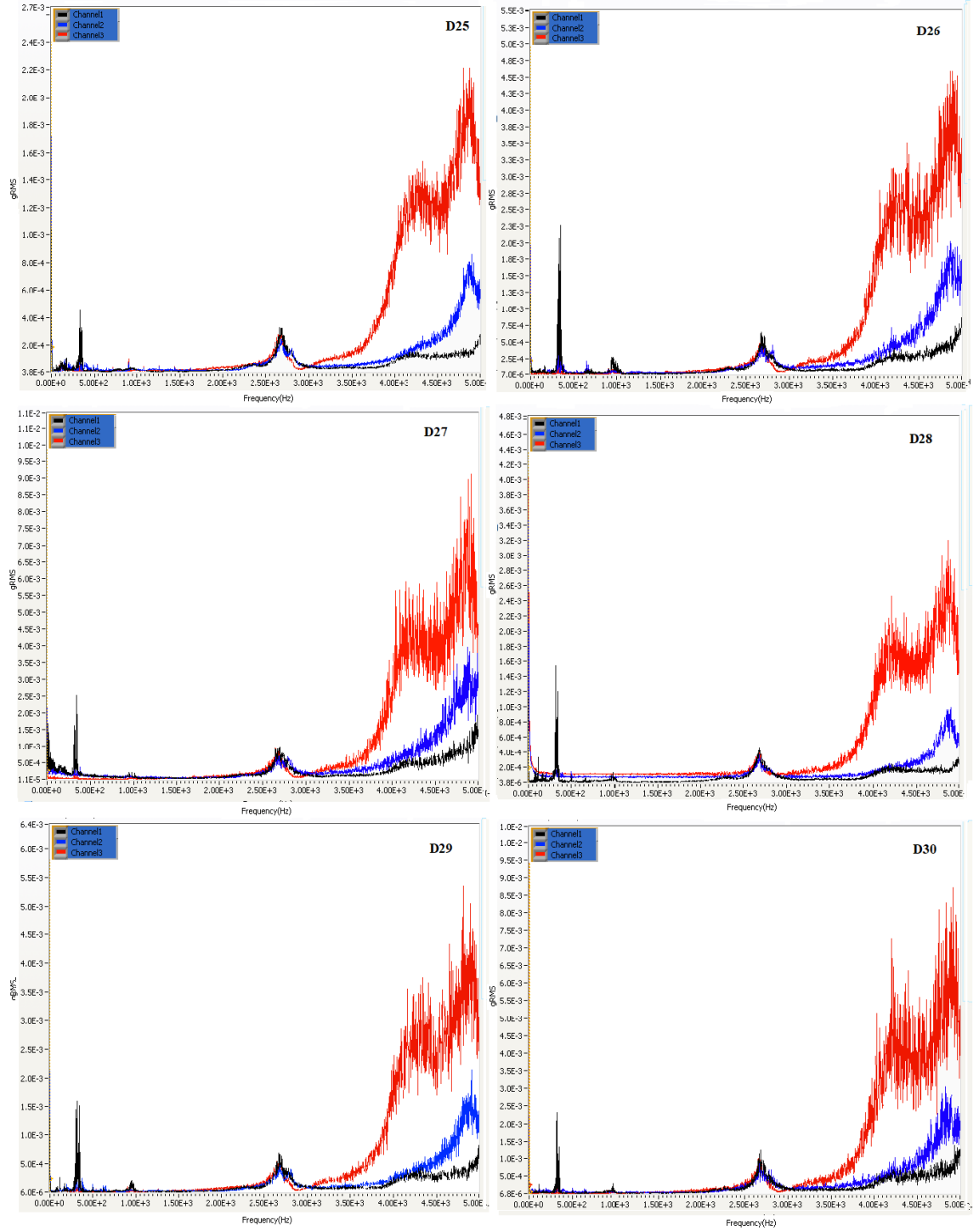
Şekil 7.14. 20 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D7-D12).



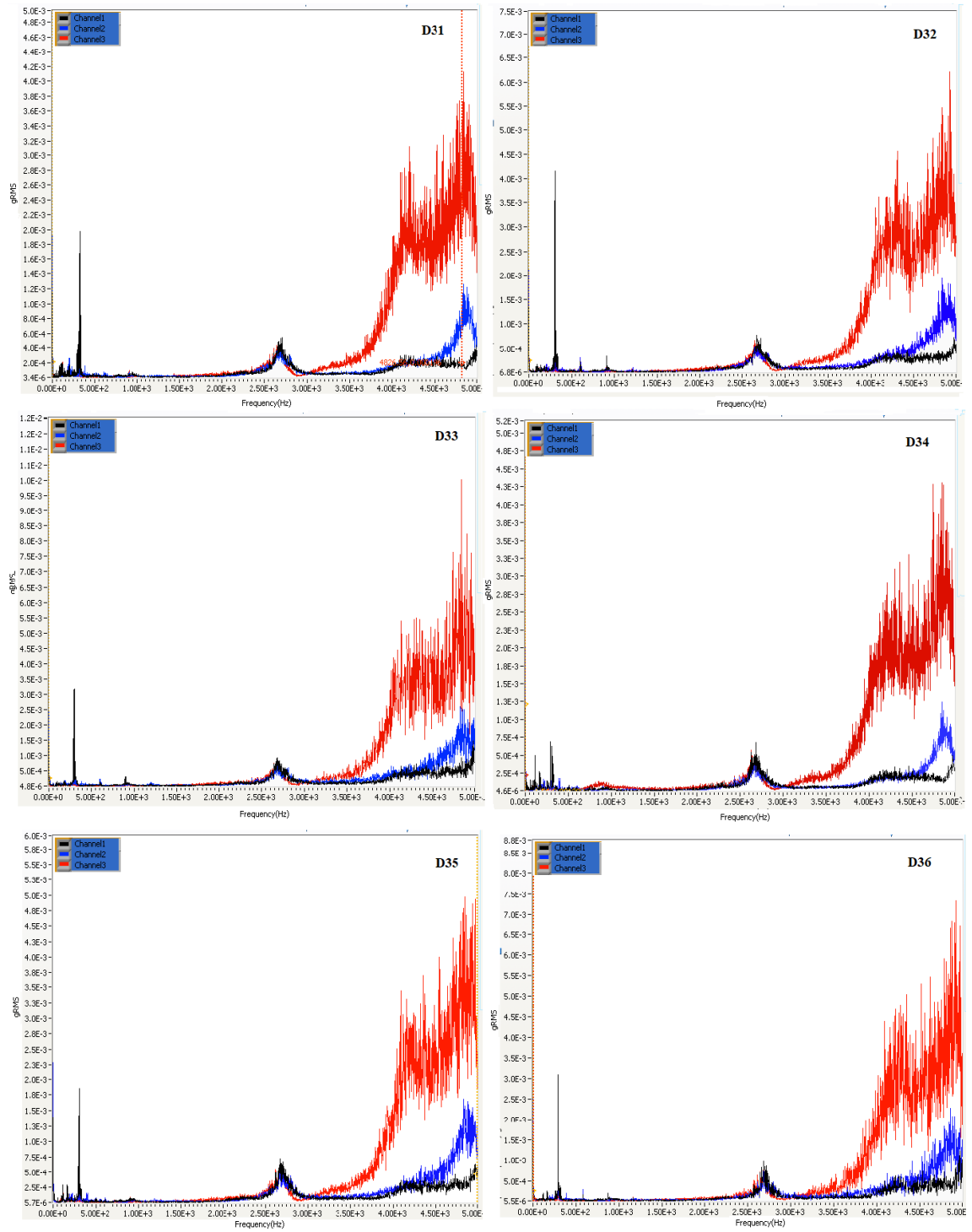
Şekil 7.15. 46 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D13-D18).



Şekil 7.16. 46 HRC X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D19-D24).



Şekil 7.17. 53 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D25-D30).



Şekil 7.18. 53 HRc X-Ch1, Y-Ch2, Z-Ch3 doğrultusunda oluşan titreşim grafiği (D31-D36).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Mustafa DEMİRTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri :1982 Bolu
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :mustafademirtas14@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	İmalat Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2020
Lisans	Talaşlı Üretim Öğretmenliği	Marmara Üniversitesi	2006
Lisans	Makine	İzzet Baysal Anadolu Teknik Lisesi	2001

YAYINLAR

M. Demirtaş ve M. Kam, “Cnc torna tezgâhında ıslah çeliğinin işlenmesinde titreşim ve yüzey pürüzlüğünün deneysel analizi,” *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi(Güz)*, 2019, ss. 895–899.

M.Şeremet, M.Demirtaş ve M.Kam, “A1s1 4140 Ve A1s1 4340 Islah Çeliklerine Uygulanan Isıl İşlemlerin Mekanik Özellikler Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi,” *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (Güz)*, 2019, ss. 105-110.