



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FARKLI KESİCİ UÇ KONUMLAMA AÇISINA SAHİP TARAMA  
FREZE TAKIMI TASARIMI VE TIRLAMA TİTREŞİMLERİNİN  
DENEYSEL İNCELENMESİ**

**HASAN YAŞAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2019**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Hasan Yaşar tarafından hazırlanan “Farklı Kesici Uç Konumlama Açısına Sahip Tarama Freze Takımı Tasarımı Ve Tırlama Titreşimlerinin Deneysel İncelenmesi” adlı tez çalışması 01/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Ahmet SAMANCI

.....

#### Danışman

Doç. Dr. Ahmet CAN

.....

#### Üye

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN

FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hasan YAŞAR

Tarih:10.06.2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# FARKLI KESİCİ UÇ KONUMLAMA AÇISINA SAHİP TARAMA FREZE TAKIMI TASARIMI VE TIRLAMA TİTREŞİMLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

**Hasan YAŞAR**

**Necmettin Erbakan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ahmet CAN**

**2019,101 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Ahmet SAMANCI**

**Doç. Dr. Ahmet CAN**

**Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ**

Bu çalışmada değişken açılı freze takımlarını kullanarak titreşim dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünü azaltmak amaçlanmıştır. Matematiksel bir modelleme kullanarak 2 farklı değişken açılıya sahip freze takımı standart bir takım ile kıyaslanmıştır. Matematiksel model ile oluşturulan takımların yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi deneysel olarak da incelenmiştir. Yapılan tezde mekanik ve kimyasal özellikleri belirlenmiş 6150 imalat çeliği üç farklı kesme hızı (300,350,400 m/dk), 2 farklı talaş derinliği (1.5mm, 1mm), üç farklı ilerleme hızı (400-500, 600 mm/dev) miktarları sabit tutularak üç farklı kesici ile toplam 54 numune ayrı ayrı işlenmiştir. Elde edilen pürüzlülük değerleri ve titreşim değerleri ölçülmüştür. Kesme hızı-talaş derinliği-ilerleme grafikleri oluşturularak takımların arasındaki farklar gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen değerler doğrultusunda kesici takım tasarımının titreşim ve yüzey pürüzlülüğündeki önemi anlaşılmıştır.

Yapılan testler sonucunda değişken açılı freze takımlarının hem titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü olarak çok daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Frezeleme, Yüzey Pürüzlülüğü, Titreşimi, Değişken Açılı Freze Takımı.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **UNEQUAL CUTTING TEETH PITCH POSITIONED FACE MILL TOOL DESIGN AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CHATTER VIBRATION**

**Hasan YAŞAR**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Advisor: Doç. Dr. Ahmet CAN**

**2019,101 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Ahmet SAMANCI**

**Doç. Dr. Ahmet CAN**

**Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ**

In this study, it is aimed to reduce surface roughness due to vibration by using milling tools with variable mouth pain. Using a mathematical modeling, the milling tool with 2 different variable angles was compared to a standard tool. The effect of the mathematical model on the surface roughness was examined experimentally. In the thesis, three different cutting speeds (300,350,400 m / min), three different cutting depths (1,5mm, 1mm), three different cutting speeds (400-500,600 mm / rev), three different cutting speeds 54 samples were processed separately. Obtained roughness values and vibration values were measured. The cutting speed-chip depth-progress graphs were generated and differences between the tools were observed. In the study, the importance of cutting tool design in terms of vibration and surface roughness has been understood.

As a result of the tests performed, it has been observed that variable angle milling tools have a much better result both in terms of vibration and surface roughness.

**Key Words:** Milling, Surface Roughness, Vibration, Variable Angle Milling Kit.

## ÖNSÖZ

İmalat teknolojisinin son yıllarda önemli aşamalardan geçtiği görülmektedir. Maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması amacıyla kesme koşullarında ve takım tutucuların tespitinde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu gelişim sürecinin sonucunda geleneksel imalat işlemleri yerini yüksek hızdaki imalat işlemlerine bırakmıştır. Ancak bu hızlı imalat işlemlerini sınırlayan bazı unsurlar bulunmaktadır. Bunların başında tırlama adı verilen şiddetli titreşimler gelmektedir. Takım-iş parçasının ara yüzündeki bu titreşimler, önceki kesim işleminde oluşan faz ile bir sonraki faz arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla anlık talaş genişliği değişmekte ve bu sebeple tırlama oluşmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için kesici uçlarının takım tutucularına değişken aralıklarla yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu şekilde takım-iş parçası dinamiğinde bir iyileşme sağlanmış olacaktır.

Hasan YAŞAR  
KONYA-2019

## TEŐEKKÜR

Yapılan çalışmalarda bana her zaman destek olan, bende zamanını esirgemeyen, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet Can'a, teorik bilgilerde ki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Erhan Budak'a ,aynı zamanda deneysel çalışmadaki desteklerinden dolayı Akko Makina ortaklarından Makine Mühendisi Ömer KarakuŐ'a ve laboratuvarlardaki yardımlarından dolayı Makine Mühendisi Mustafa Gökkoyn'a teŐekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Literatür Taraması</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. Talaş Kaldırma İşleminin Mekanığı</b> .....	<b>7</b>
2.2.1. Talaş kaldırma işleminin dinamiğı .....	9
<b>2.3. Talaş Biçimleri</b> .....	<b>11</b>
2.3.1. Talaş biçimini etkileyen faktörler.....	11
2.3.2. Talaş tipleri .....	12
<b>2.4. Frezelemede Talaş Geometrisi</b> .....	<b>16</b>
2.4.1. Çevresel frezelemede talaş geometrisi .....	16
2.4.2 Alın frezelemede talaş geometrisi .....	18
2.4.3.Kesme kuvvetleri .....	19
<b>2.5. Takım Geometrisi</b> .....	<b>19</b>
2.5.1. Frezelemede takım geometrisi.....	22
<b>2.6. Talaş Kaldırma İşlemine Takım Geometrisinin Etkisi</b> .....	<b>24</b>
2.6.1. Talaş açısı .....	25
2.6.2. Takım ömrü .....	26
2.6.3. Kesici Takım .....	27
2.6.4. Kesme derinliğı .....	27

2.6.5. Kesme hızı .....	27
2.6.6. Kesme kuvvetleri .....	27
2.6.7. Takım aşınması.....	28
<b>2.7. Yüzey Pürüzlülüğü .....</b>	<b>28</b>
2.7.1. Yüzey dokusu .....	29
2.7.2. Yüzey kalite ve fonksiyonel özellikleri .....	32
2.7.3. Yüzey bütünlüğü .....	35
<b>2.8. Titreşim .....</b>	<b>39</b>
2.8.1. Titreşimin tanımı .....	39
2.8.2. Titreşimin sınıflandırması .....	39
2.8.3. Rezonans Frekansı.....	40
2.8.4. Frekans Tepki Fonksiyonu (FRF) .....	41
<b>3. MATEYAL VE METOD .....</b>	<b>43</b>
3.1 Değişken Açılı Freze Takımının Matematiksel Modellenmesi.....	46
3.2 CutPro Çekiç Testi Uygulaması .....	47
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>49</b>
4.1 CutPro Deney Sonuçları .....	85
<b>5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>94</b>
5.1 Sonuçlar.....	94
5.1 Öneriler .....	95
<b>6.KAYNAKÇA.....</b>	<b>96</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>100</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$F_{s\text{ esas}}$	:Kesme kuvveti
$F_r$	:Dik kuvvet
$F_v$	:İlerleme kuvveti
$t$	:Talaş kalınlığı
$V$	:Deforme olmamış talaş kalınlığının değişim hızı
$\gamma_{ne}$	:Etkif normal talaş açısı
$\alpha_{ne}$	:Etkif normal boşluk açısı
$\alpha$	: $P_n$ düzlemindeki açı boşluk açısı
$\gamma$	:Talaş açısı
$v$	:Kesme hızı
$h$	:Talaş derinliği
$f$	:İlerleme
$h$	:Deforme edilmemiş talaş
$h_c$	:Deforme olurken talaş
$Q$	:Takım ucu
$\cong t_{\max}$	:Maksimum kesme kalınlığı
$\theta$	:Ani konum açısı

$f_t$	:Diş başına ilerleme
$\kappa$	:Frezenin yaklaşma açısı
$D$	:Takım çapı
$B$	:Yüzeyin genişliğine
$F_r$	:Radyal kuvvet
$F_v$	:Ortalama ilerleme kuvveti
$z_e$	:Kavramada bulunan diş sayısı
$k_s$	:Özgül kesme kuvveti
$F_n$	:Normal kuvvet
$F_{sz}$	:Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti
$ST$	:Takımın boşluk yüzeyi
$F_s$	:Frezeye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti
$\alpha$	: $P_n$ düzlemindeki açılı boşluk açısı
$SU$	:Takımın talaş yüzeyi
$\gamma$	: $P_r$ düzlemi $SU$ yüzü arasında $P_n$ düzlemindeki açılı talaş açısı
$\lambda$	:Meyil(eğim) açısı
$\alpha_n$	:Normal boşluk açısı
$\gamma_n$	:Normal talaş açısı
$P_n$	:Kesme kenarına dik
$P_o$	:Takım tabanına ve $P_s$ düzlemine dik
$P_r$	:Takım tabanına paralel
$P_s$	:Takım tabanına dik
$\gamma_a$	:Pozitif aksenal talaş açısı

$\gamma_r$	:Negatif radyal talaş açısı
$R_a$	:Aritmetik ortalama
$CLA$	:Merkez hattı ortalaması
$R_q$	:Kök ortalama karesi
$R_{max}$	:Maksimum tepe-vadi pürüzlülüğü
$L$	:Örnekleme uzunluğu
$VIB$	:Ortalama titreşim
$Rpm$	:Milin devir sayısı
$Rad$	:Pitch varyasyonu
$N$	:Diş sayısı

## **Kısaltmalar**

**AYF** : Aynı yönlü frezeleme

**ZYF** : Zıt yönlü frezeleme

**BUE** : Yığıma talaş (build-up-edge)

**YKKA** : Yan kenar kesme açısı

**DAT-I** : Değişken açılı takım 1

**DAT-II** : Değişken açılı takım 2

**ST-I** : Standart takım



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. a) Talaş kaldırma işleminin kesit görünüşü, (b) negatif talaş açısıyla takım .....	9
Şekil 2.2. Kesme işleminde kesme hızı ve talaş kalınlığının durumu (Sağlam, 2010). .....	10
Şekil 2.3. Metal kesme işleminde dalga oluşumu .....	11
Şekil 2.4. Kesintili talaş .....	13
Şekil 2.5. Sürekli talaş .....	14
Şekil 2.6. Yığılma ağızlı talaş .....	15
Şekil 2.7. Sıvanmanın değişik oluşumları .....	15
Şekil 2.8. Çevresel frezeleme; (a) Zıt yönlü frezeleme, (b) Aynı yönlü frezeleme.....	16
Şekil 2.9. Yüzey frezeleme işleminde açılar ve kesme kuvvetleri .....	18
Şekil 2.10. Kesme açılarının temel geometrisi (Stabler,(1951)) .....	20
Şekil 2.11. Kesici takım açıları normal talaş sistemi.....	22
Şekil 2.12. Bir karbür alın freze takım ucu geometrisi (Sağlam 2000).....	23
Şekil 2.13. Pozitif aksenal ve negatif radyal talaş açılı bir takım geometrisi.....	24
.....	25
Şekil 2.14. Takım geometrisinin tornalamadaki performans parametreleri üzerindeki etkisi (Dogra vd., 2011) .....	25
Şekil 2.15. Yüzey teknolojisi.....	30
Şekil 2.16. Yüzey dokusu. (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile.) .....	30
Şekil 2.17. Yaygın olarak kullanılan yüzey pürüzlülüğü sembolleri. (a) Ortalama pürüzlülük $R_a$ , (b) kök ortalama kare pürüzlülüğü ( $R_q$ ) (c) maksimum tepe-vadi pürüzlülük yüksekliği ( $R_t$ veya $R_{max}$ ). (Yüzey Dokusundan [Yüzey pürüzlülüğü, dalgalılık ve dөşeme], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile.) .....	32
Şekil 2.18. Çizimler veya teknik özellikler için yüzey dokusu sembolleri. (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile).....	34
Şekil 2.19. Frekans Tepki Fonksiyonu Modeli .....	42
Şekil 3.1. Deney setinin şematik görüntüsü .....	43
Şekil 3.2. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı deney yapılışı .....	44
Şekil 3.3. Freze çakısının genel özellikleri.....	45
Şekil 3.4. Freze çakılarında kesici uç yerleşim adımları .....	45
Şekil 3.5. CutPro deney setinin görüntüsü .....	48
Şekil 3.6. CutPro deney yapılış aşamasının görüntüsü.....	48

Şekil 4.1. Deney esnasında alınan titreşim veri kayıtları .....	49
Şekil 4.2. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük değerlerinin örnek görüntüsü.....	50
Şekil 4.3. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $a=1.5$ ).....	50
Şekil 4.4. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $a=1.5$ ).....	51
Şekil 4.5. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $a=1.5$ ).....	51
Şekil 4.6. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	52
Şekil 4.7. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	53
Şekil 4.8. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	53
Şekil 4.9. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	55
Şekil 4.10. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	55
Şekil 4.11. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	55
Şekil 4.12. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	57
Şekil 4.13. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	57
Şekil 4.14. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	57
Şekil 4.15. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	59
Şekil 4.16. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	59
Şekil 4.17. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	59
Şekil 4.18. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	61

Şekil 4.19. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	61
Şekil 4.20. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1.5$ ).....	62
Şekil 4.21. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk ,mm/dk , $a=1.5$ ). 64	
Şekil 4.22. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=300$ m/dk ,mm/dk , $a=1.5$ ) .....	64
Şekil 4.23. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk mm/dk , $a=1.5$ ). 65	
Şekil 4.24. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=350$ m/dk ,mm/dk , $a=1.5$ ) .....	65
Şekil 4.25. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk ,mm/dk , $a=1.5$ ). 66	
Şekil 4.26. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=400$ m/dk ,mm/dk , $a=1.5$ ) .....	66
Şekil 4.27. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $a=1$ mm).....	68
Şekil 4.28. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $a=1$ mm).....	68
Şekil 4.29. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk, $a=1$ mm).....	69
Şekil 4.30. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $a=1$ mm).....	70
Şekil 4.31. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $a=1$ mm).....	70
Şekil 4.32. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $a=1$ mm).....	71
Şekil 4.33. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $a=1$ mm).....	72
Şekil 4.34. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $a=1$ mm).....	72
Şekil 4.35. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk, $a=1$ mm).....	73
Şekil 4.36. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1$ mm).....	74

Şekil 4.37. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	74
Şekil 4.38. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	75
Şekil 4.39. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	76
Şekil 4.40. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	76
Şekil 4.41. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	77
Şekil 4.42. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=500$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	78
Şekil 4.43. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=600$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	78
Şekil 4.44. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $f=700$ mm/dk , $a=1$ mm) .....	79
Şekil 4.45. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk, $a=1$ mm).....	81
Şekil 4.46. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$ m/dk, $a=1$ mm).....	81
Şekil 4.47. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=350$ m/dk, $a=1$ mm).....	82
Şekil 4.48. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=350$ m/dk , $a=1$ mm) .....	82
Şekil 4.49. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk , $a=1$ mm).....	83
Şekil 4.50. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=400$ m/dk, $a=1$ mm) .....	83
Şekil 4.51. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri.....	85
Şekil 4.52. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri.....	85
Şekil 4.53. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri.....	86
Şekil 4.54. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları	87
Şekil 4.55. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları .....	87
Şekil 4.56. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları...	88
Şekil 4.57. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler.....	88
Şekil 4.58. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler .....	89

Şekil 4.59. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler .....	89
Şekil 4.60. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler .....	90
Şekil 4.61. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler.....	90
Şekil 4.62. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler.....	91
Şekil 4.63. DAT-I,DAT-II ve ST-I takımlarının CutPro deney sonuçlarının karşılaştırılması .....	92



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Yüzeyin Yönünü Tanımlamak için Kullanılan Semboller.....	35
Tablo 2.2. Yaygın üretim yöntemleri ile üretilen yüzey pürüzlülüğü. (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile. ....	37
Tablo 3.1. Kesme parametreleri ve işleme şartları .....	45
Tablo 4.1. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=300,350,400$ mm/dk , $f=500,600,700$ mm/dk , $a=1.5$ ) .....	52
Tablo 4.2. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ ) .....	54
Tablo 4.3. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ ) .....	56
Tablo 4.4. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ ) .....	58
Tablo 4.5. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ ) .....	60
Tablo 4.6. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ ) .....	62
Tablo 4.7. Tüm takımların yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim değerleri ( $a=1.5$ ) .....	63
Tablo 4.8. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$ mm) .....	69
Tablo 4.9. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$ mm) .....	71
Tablo 4.10. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$ mm) .....	73
Tablo 4.11. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=300$ m/dk , $a=1$ mm) .....	75
Tablo 4.12. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=350$ m/dk , $a=1$ mm) .....	77
Tablo 4.13. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$ m/dk, $a=1$ mm) .....	79
Tablo 4.14. Tüm takımların yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim değerleri ( $a=1$ ) .....	80
Tablo 4.15. CutPro deney sonuçları .....	92

## 1. GİRİŞ

Farklı işleme yöntemleri denenerek ortaya koyulan yüzey işlemleri, işleme parametreleri tarafından etkilenir. İş parçası ve imalat yöntemine göre uygun seçilmeyen kesici takım ve işleme parametreleri, kesici takımlarının kırılması, hızlı aşınma ve yanmalar gibi ekonomik kayıplara ve buna bağlı olarak iş parçasının deforme olup kırılması , yüzey kalitesinin azalması gibi kayıplara neden olur.

Talaşlı imalat , birçok imalat yöntemine göre önemli bir yere sahiptir. Tüm üretim yöntemlerinde, ürünün boyutları ve geometrik toleranslarının yanı sıra, tatmin edici bir yüzey pürüzlülüğü de büyük bir öneme sahiptir. İmal edilecek parçanın yüzey yapısı, iş parçasının, kesici takımın, işleme esnasındaki koşullarının veya işleme tezgahlarının birinin değişmesinden doğrudan etkilenir. Gerektiği gibi, çalışma ömrü, mekanik ömür ve dış etkenlere dayanım diğer faktörlerin yanı sıra yüzey kalitesine bağlıdır. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğün sayısal veriler ile doğrudan ilişkisinin bulunması gerekir. Ayrıca, iş parçasını ve parçanın maliyetini etkileyen pürüzlülüğün gerçek değerini tahmin etmede takım arasında temas titreşimi kullanmak da mümkündür.

Pürüzlülüğün ve yüzeye ait şekil toleranslarının bu kadar önemli olduğu ortada iken üreticiler de parçaların yüzey pürüzlülüğü değerini azaltmak ve kontrol etmek için uğraşmaktadır. Hem Titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü çalışmaları ve etkileşimleri, dünyadaki birçok üniversitede ve enstitüde makine bilimine artan bir ilgi uyandırmaktadır. Teknolojideki gelişmelerde göz önüne alındığında, yüzey özelliklerinin iyileştirilmesine ve kesici takım kararlılığına ilişkin beklentiler artmaktadır. 1962'lere kadar yüzey kalitesi için ortalama pürüzlülük değeri 100 µm iken, 2001'li yıllarda istenen yüzey kalitesi 10 µm'a kadar hassaslaşmıştır. (Güllü 1995).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, tüm alanlarda eksiksizlik, form ve görünüm bütünlüğü talebi artmıştır. Teknolojinin gerekli kısımlarını istenen seviyede üretmek farklı bilimsel araştırmalar gerektirir (Güllü 1995).

Bu tez çalışmasının amacı; kaliteli üretim için vazgeçilmez bir koşul olan yüzey pürüzlülüğünü en iyi seviyelere getirmek için, talaşlı imalat esnasında ortaya çıkan çok büyük bir eksik olan tırlama sorununu bertaraf etmek amaçlanmıştır. Dünya piyasasında her gün geliştirilen ve ciddi önem verilen değişken ağız açısına sahip takımlar sadece

yüzey frezeleme takımları ile sınırlı kalmayıp tüm frezeleme takımlarında kullanılmaktadır. Ülkemizde ise değişken ağız açısına sahip takımların imalatında ve özgün bir ürün ortaya koymakta geç kalınmış , ticari bir ürün ortaya çıkarılamamıştır. Bundan önceki benzer çalışmalar incelendiğinde tırlama sorununun deneysel olarak değerlendirmeleri yapıldığı , değişken açılarının ise rasgele belirlendiği görülmüştür. Bazı çalışmalarda ise sadece matematiksel bir model oluşturulmuş fakat deneyler ile doğrulanmamıştır. Bu çalışmada hem bir matematiksel model oluşturulmuş hem de bu modele ait kesici takım imalatı gerçekleştirilip deneyler ile test edilmiştir. Yapılan deney sonuçları ise önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar oluşturmaktadır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Literatür Taraması

Kim ve Lee (2000), frezeleme esnasında yüksek hızlar kullanarak tırlama titreşimi üzerinde incelemeler yapmıştır. Farklı kesme parametrelerinde denemeler yapılmış ve çıkan sonuçlar kaydedilmiştir. Bunlar yapıldıktan sonra frezeleme işlemi için olasılıklara bağlı bir matematiksel modelleme ortaya koyulmuştur. Yapılan matematiksel modelleme ile deney sonucu çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında benzer olduğu görülmüşlerdir.

Ertürk, Budak ve Özgüven (2005), yapılan çalışmada, analitik yöntemler kullanılarak kesici takımın frekans tepki fonksiyonları , iş mili ve takım tutucu ile deneylere dayalı elde edilen dinamik özelliklerde kullanılarak frekans tepki fonksiyonunun (Frequency Response Function-FRF) bulunması amaçlanmıştır. Tüm bu çalışmalar tezgahta meydana gelen titreşim değerlerinin azaltılarak , yüzey pürüzlülük değerlerinin minimum seviyeye çekilmesi hedeflenmiştir.

Inspurger, Stephan (2004), farklı hızlarda frezeleme operasyonları için yaptıkları deneylerde meydana gelen tırlama titreşimleri için SLD diyagramlarını çıkartıp kararsız bölgeler için çalışmalar yapmışlardır. Yapılan başka çalışmaları da incelemişler ve doğruluğunu tespit etmişlerdir.

Lee, Kim ve Sin (2002), alın frezeleme işlemi için dinamik özellikler oluşturulmuştur. İşleme anında gelen hızlı aşınmalar ve titreşimler , kesici takım ömrünü uzatmak ve kararlı bir kesme işlemi için iki değişik aşamadan meydana gelen talaş şekillendirme işlemi önermişlerdir.

Akün (1956), titreşimin çok karmaşık bir problem olduğunu , tezgah da oluşan titreşimlerin önemini ve oluşan bu titreşimleri ölçmek için gerekli ekipmanların mevcut olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmada kesici takım titreşimleri ve parçanın dönme esnasında ki titreşimleri incelenmiştir. Kesme hızları, kesici takım açıları, kullanılan ucun yarıçapı, işlenecek parçanın malzemesi kesici takımında kullanılan malzeme gibi olayların titreşim üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

Albrecht (1962), kesme işlemi esnasında talaş kalınlığındaki farklılık nedeniyle kuvvetteki dalgalanmalara ilave olarak kesme işlemi esnasında kayma düzleminin değişimi sonucunda ek kuvvet dalgalanmalarının da oluştuğunu söylemiştir. Yapılan çalışmada işleme esnasında oluşan dalgalanmanın kayma düzleminin değişimine bağlı olduğu , bu kararsız bölgenin dinamik yükler altındaki şartlara bağlı olmadığı , kesme esnasında oluşan

şartlar doğrultusunda oluştuğunu bildirdi. Kesme işlemi anında kendi kendine meydana gelen titreşimlerin kesme işlemi ile ilişkisi araştırılmıştır.

Koenigsberger ve Sabberwal (1961) , talaş alanını teğetsel, radyal ve aksenal kuvvetlerle ilişkilendiren kesme kuvveti katsayılarının teğetsel, radyal ve aksenal kuvvetlerle kalibre edildiği mekanik modelleme kullanan eşitlik geliştirmiştir. Mekanistik yaklaşım kuvvet tahminleri için yaygın olarak kullanılmıştır ve ilişkili makine bileşeni sapmalarını veya yüzey geometrik hatalarını tahmin etmek için de genişletilmiştir.

Armarego ve diğ. (1985) ,tarafından kullanılan freze kuvveti katsayılarının belirlenmesinde kesme mekaniğinin kullanılmasıdır. Bu yaklaşımda, dikgen bir kesme veri tabanı ile birlikte eğik bir kesme kuvveti modeli, farklı bir takım olarak freze testi ihtiyacını ortadan kaldıran freze kuvveti katsayılarını tahmin etmek için kullanılır ve eğik model tarafından kesme geometrileri işlenebilir.

Altıntaş ve ark. (1996), bu yaklaşımın karmaşık freze geometrilerine uygulanmasını da göstermiştir.

Tobias (1965) ve Tlusty (1981), takım tezgahının yapısal dinamikleriyle ve aynı kesim yüzeyindeki müteakip kesimler arasındaki geribildirimlerle ilgili en güçlü kendini uyarma, yenilenme kaynağını tanımladı. Frezelemede kendi kendine oluşan titreşimleri, kesici takım ile iş parçası arasındaki dinamik etkileşimler nedeniyle geliştirmekte ve bu da kesme yüzeylerinde dalgalanma oluşmasına ve dolayısıyla talaş kalınlığında modülasyona neden olmaktadır. Belirli koşullar altında titreşimlerin genliği büyür ve kesme sistemi kararsız hale gelir. Özellikle, kalıp ve kalıp işlemede de kullanılan uzun ince uç frezeler gibi oldukça esnek işleme sistemleri için, gevreklik, metal kesmede titreşimleri bastırmak için yaygın olarak kullanılan çok düşük kesme hızlarında bile gelişebilir. Genel olarak, yüzeyde kalan gıcırta izlerini temizlemek için çoğunlukla el ile yapılan ek işlemler gerekir. Böylece, gevezelik titreşimleri düşük verimlilik, artan maliyet ve tutarsız ürün kalitesi ile sonuçlanır.

Frezelemenin stabilite analizi, dönen takım, çoklu kesici dişler, periyodik kesme kuvvetleri ve talaş yükü yönleri ve çok dereceli dışa dönük yapısal dinamikler nedeniyle karmaşıktır ve deneysel, sayısal ve analitik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Stabilite analizinde, Tlusty (1967) dikgen kesme modelini kesim için ortalama bir yön dikkate alarak kullandı. Ancak daha sonra Tlusty ve ark. (1981) , zaman alanı simülasyonlarının frezelemede doğru stabilite tahminleri için gerekli olacağını gösterdi.

Sridhar ve diğ. (1968) , dinamik frezeleme sisteminin durum geçiş matrisinin sayısal değerlendirmesini içeren kapsamlı bir frezeleme stabilite analizi gerçekleştirdi.

Minis ve diğ. (1993) , öğütme stabilitesinin formülasyonu için Floquet teoremini ve Fourier serisini kullandılar ve Nyquist tekniğini kullanarak sayısal olarak çözdüler.

Budak (1994) , stabilite limitlerinin analitik olarak belirlenmesine imkan veren bir stabilite metodu geliştirmiştir. Yöntem, deneysel ve sayısal sonuçlarla doğrulanmış ve stabilite loop diyagramlarının oluşumu için çok hızlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu yöntem aynı zamanda bilyeli frezenin stabilitesine de uygulanmıştır.

Gereken yüksek iş mili hızları takım tezgahlarında bulunmuyorsa, başka bir alternatif de kullanıcı ihtiyacına göre özel geometriye sahip kesici takımların kullanılmasıdır. Stabiliteyi arttırmak için düzensiz diş aralıklı frezeler veya değişken adımlı frezeler kullanılabilir. Frezelemelilikte işleme titreşimlerin bastırılmasında değişken adım kesicilerin etkinliği ilk olarak Slavicek tarafından gösterilmiştir (1965). Kesme dişleri için doğrusal bir takım hareketi yaptı ve ortogonal stabilite teorisini düzensiz diş perdesine uyguladı. Değişken bir perde varyasyonu varsayarak, perdedeki değişimin bir fonksiyonu olarak bir stabilite limit ifadesi elde etti.

Opitz ve diğ. ark. (1966), ortalama yön faktörleri kullanarak frezeleme takımının dönüşünü düşünmüşlerdir, ancak onlar sadece iki farklı adım açısı ile dönüşümlü adım olarak değerlendirmişlerdir. Deneysel sonuçları ve tahminleri, değişken adımlı kesicileri kullanarak stabilite limitinde önemli bir artış ve iyileşme gösterdi.

Vanherck (1967) , doğrusal takım hareketini varsayarak analizde farklı adım değişim modellerini dikkate almıştır. Bilgisayar simülasyonları, değişken adım açısının stabilite limitine etkisini gösterdi.

Plusty ve diğ. (1983), sayısal simülasyonları kullanarak freze kesicilerin düzensiz eğri veya tırtıklı kenarlar gibi özel geometrilere sahip olan stabilitesini analiz etti. Bu çalışmalar temel olarak adım değişiminin stabilite sınırına etkisine yoğunlaşmıştır, ancak kesici takım tasarımına, yani optimum adım değişiminin belirlenmesine yönelik değildir.

Altıntaş ve diğ. ark. (1999), analitik stabilite modelini, değişken adımlı kesicilerle stabiliteyi analiz etmek için daha pratik olarak kullanılabilen değişken adımlı kesiciler durumuna uyarlamıştır.

Budak (2000) , kısa süre önce verilen rezonans frekansları ve iş mili hızları için eğim açılarının tasarımı için analitik bir yöntem geliştirdi.

Insperger ve ark. (2003) ve Davies ve ark. (2000) , kesici takımında kararlı bölgelerinin kesici uç aralıklarına bağlı olarak değişebildiğini göstererek, kesme dinamiğinin kararlı bölgede kalmasını sağlamışlardır.

Tlusty ve ark (1983) özel geometrili (değişken adımlı veya testere dişi benzeri bir yapıya sahip) takımlar için matematiksel modeller geliştirmişlerdir.

Altıntaş ve ark. (1999) kararlılık limitinin tahmininde kullanılabilecek bir frezeleme kararlılık modeli geliştirmişlerdir.

Budak (2003) freze tırlama frekansı ve devir sayısı için maksimum kararlılık sınırının tespitinde takım tutucusu üzerindeki en uygun kesici açılarının tasarımını gerçekleştirmiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalarda dikkate alındığında eşit ağız açısına sahip bir freze takımı ile oluşan titreşimler , değişken ağız açısına sahip freze takımı ile bertaraf edilebilmektedir.

Yapılan çalışmalarda matematiksel modelleme ile ilgili veya sadece deneysel olarak bir kararlılık çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada ise hem matematiksel model kullanılarak çıkan sonuçlar neticesinde takımlar tasarlanmış ve üretilmiş. Daha sonra hem dinamik analizler hem de modal analizler yapılarak takımlar arasındaki yüzey pürüzlülüğü ve titreşim ilişkisi değerlendirilmiştir.

## 2.2. Talaş Kaldırma İşleminin Mekanığı

Talaşlı üretim, eldeki malzemenin yüzey kısmının kesici aletler ile kesilmesi ve şekil verilmesi işlemidir. Metal kesme işlemi de günümüzde kontrollü bir şekilde talaş üretimine dönüşmüştür. Çıkarılan talaş, kesim işleminin gerçekleştiği alan içinde kontrol edilmektedir. Kesme işlemi gerçekleşirken oluşan ısının belirli bir bölümü talaşla birlikte emilime uğramaktadır. Metal kesim işlemi sırasında talaşın oluşum miktarına ve yapılan operasyonun özelliklerine göre önemi artabilmektedir. Talaşlı üretime genel olarak bakıldığında metali belli bir şekilde şekillendirmek olsa dahi yapılan işlemlerin uygun talaş oluşumunu sağlaması gerekmektedir. Bu işlemin doğru bir şekilde yapılabilmesi için ise çıkan talaşın uygun bir formda çıkarılması ve hatta gerekli ise talaşın kırma aletleriyle tekrar şekillendirilmesi gereklidir. Talaş kırma işleminin yapılaş amacı sadece çalışma sırasında oluşacak talaşın kolay bir şekilde depolanması değil bunun yansıra işlem sırasında oluşan talaşın üretim makinelerine zarar vermesine engellemek ve ortaya çıkan ısının büyük bir kesiminin ortaya çıkan talaşla birlikte çalışma alanından uzaklaşmasını amaçlamaktır (Neşeli 2006).

Talaşlı üretim çalışmaları sırasında ortaya çıkan talaşın boyutu fark etmeksizin, kontrollü bir şekilde talaş oluşumunu sağlamak gereklidir. Talaş kaldırma çalışmasının kavranabilmesi için değişik tipteki metallerin talaşa dönüşümleri sırasında davranışının kavranabilmesi gerekmektedir (Strand ve Berglow, 1998). Bu işlem gerçekleşirken oluşan talaşın kalitesini değiştiren faktörler arasında deformasyon, sıcaklık ve kuvvetlerin saptanması yer almaktadır.

Talaş kaldırma işlemi etkileyen faktörlerin başında ısı gelmektedir. Eğer ısı yerince yükselirse üretim malzemeleri üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir. Kesme aletlerinin etkisi ise; güç ve momenti doğrudan etkilemektedir (Dosier, 1975). Kesme aletinin kenar tasarımları, belirli üretim koşulları altında kesme kuvvetleri, sıcaklık ve talaş çıkışının kontrolünü sağlamaktadır. Kesici aletlerin geometrik olarak tasarımı sırasında, oluşabilecek talaş üretim işleminin, kesici takım ömrü ve kesici uç dayanıklılığı üstündeki etkilerinin önemsenmesi gerekmektedir. Kesici ucun kenarı kullanılarak bir metalden talaş üretim esnasında, kesici takım iş parçası plastik kısımlarından deforme olur ve oluşan talaş kaldırır. Kesme esnasında talaş olarak yüzeyden koparılan malzeme yüzeyi üzerinde gerilmeler olmaktadır. Oluşan bu katman kesici ucun kenarlarına doğru yaklaştıkça hali hazırdaki gerilim artmaktadır. Artan bu gerilmeler sırasında malzemenin taşma sınırına

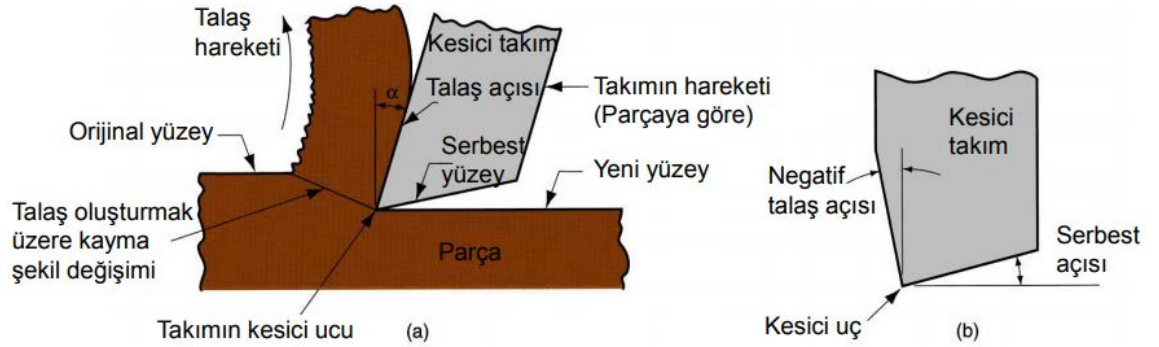
ulaştığı zaman metal malzeme içerisinde plastik açılarından deformasyonlar meydana gelmektedir. İşlenecek malzemesinin türüne bağlı olarak çeşitli talaş şekilleri meydana gelir.

Talaş üretimi sırasında gerekli olan enerjinin çoğunluğu kayma düzlemi alanında harcanır. Meydana gelen talaşın takım yüzeyi boyunca devamlılığını sağlamak için kesici kenar iş parçasına doğru bastırılır ve bu işlem sonucunda kayma hareketi oluşur. Metalin kayma yüzeyi boyunca olan plastik davranışı, talaşın ve talaş kaldırılan yüzeyin şekil değiştirmesi (deformasyon) sertleşmesi/zorlaşması üzerine etki gösterir. Deformasyon sertleşmesi/zorlaşması kesme kuvvetini çoğaltır, kayma açısını kıskarak daha kalın bir talaşın üretimi sağlanmaktadır. Kesici ucun talaş yüzeyi üzerinde akmasına neden olur. Takımın talaş açısının büyüklüğüne doğru orantıda deformasyon artmaktadır (Morgan ve Miller, 1990).

Kayma düzleminde iş parçası üzerinden malzeme kaldırılmakta ve talaşa dönüşmektedir. Bu düzlemde oluşan kayma gerilmesinin takım yüzeyinde birtakım etkileri bulunmaktadır ve bu etkilerin analiz edilmesi gerekmektedir. Talaş kaldırma işlemi esnasında takım/talaş yüzeyi arasında etkileşim bulunmaktadır. Kayma açısı temas uzunluğunu etkilemektedir. Bu sebeple talaş oluşumunun kayma açısından etkilenmesi söz konusudur. Temas hattı üzerinde takım yüzeyinde gerçekleşen hareketin özelliği, talaş kaldırma işlemlerine göz önüne alınması gereken bir başka etkendir. Bu bağlamda kayma açısından kaynaklanan ve talaşın takım yüzeyine temas ettiği uzunluğun üzerinde birtakım etkiler bulunmaktadır. Takım bu alanda kuvvetlerden ve sıcaklıktan önemli derecede etkilenmektedir. Kayma açısı ve kayma kuvveti ters orantılıdır. Yani kayma açısının küçülmesi kayma kuvvetinin büyümesi anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle büyük talaş açısı nedeniyle daha geniş bir yarıçapta kıvrılmalar daha az olacaktır ve daha küçük kuvvetler oluşacaktır. Pek çok taşla kaldırma işlemi kesim doğrultusunun esas kesme kenarıyla belli bir açığa gelmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde dik olmayan, eğik kesim ile takım geometrisi ve talaş akış yönü değişmektedir (Hollenberg, C. P.,&DiMauro, 1996).

Talaş açısı temas uzunluğunu etkilemektedir. Talaş açısının büyümesi temas uzunluğunu azaltmaktadır. Talaş, deformasyon bölgesinde oluşmaktadır ve oluşumunda bazı faktörler etkili olmaktadır. Deforme olmamış talaşın kalınlığı, ilerleme, talaş açısı ve

iş malzemesinin mukavemeti bu faktörlerdendir. Talaş kaldırma işlemi sırasında meydana gelen eğilme kuvveti talaşın oluşumunu sağlar.



Şekil 2.1. a) Talaş kaldırma işleminin kesit görünüşü, (b) negatif talaş açısıyla takım

### 2.2.1. Talaş kaldırma işleminin dinamiği

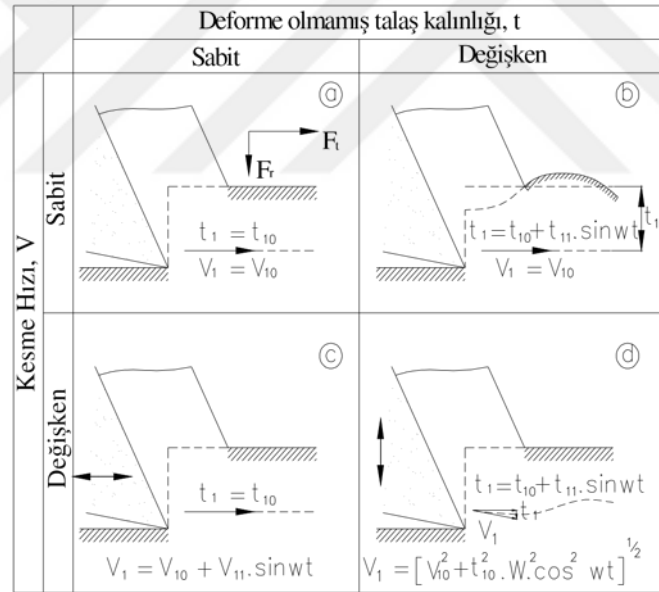
Tornalama, delme ve frezeleme gibi talaşlı imalat da kullanılan işlemlerinin genel mantığı kullanılan iş parçasından talaş kaldırılarak şekil verilmesi prensibine dayanır. Bu talaş kaldırma işlemi, Şekil 2.2 (a) 'da gösterildiği gibi kesici ucun bir kesici takım yardımıyla, kayma akışı yoluyla malzeme kaldırılır. Kaldırılan malzemeye talaş denir. Talaş oluşturan kayma akışı doğrusal olmadığından işleme koşullarının deneme ve yanılma yöntemlerinden farklı bir yöntemle optimum değerlerin bulunması, temel davranışları hakkında fikir yürütmek için yeni modellerin anlaşılması gerekmektedir.

Takım tezgahlarında gerçekleşen işlemler çeşitli dinamik yüklere sebep olmaktadır. Bu yüklemelere maruz kalan tezgahlar da dinamik davranış biçimleri sergilemektedir. Dinamik davranışların her konumda oluşması göz önüne alınarak tezgahların tasarımı aşamasında en kritik dinamik etkilerin incelenmesi gerekmektedir. Talaş kaldırma işlemi gerçekleşirken takım ve iş parçası üç ekseninde kesme kuvvetine maruz kalmaktadır. Kesme kuvvetleri; teğetsel kesme kuvveti ( $F_t$ ), radyal kesme kuvveti ( $F_r$ ), aksenal kesme kuvveti ( $F_v$ )'dir.

Metal kesiminin dinamik özelliklerinin anlaşılabilmesi için Şekil 2' de yer alan dört durum incelenmelidir. İlk durumda deforme olmamış talaşın kalınlığının ve kesme hızının sabit olduğu görülmektedir. Buradan hareketle talaş kaldırma kararlı olarak nitelendirilir. İkinci durumda ise kesme hızı sabitken deforme olmamış talaşın kalınlığının değişken

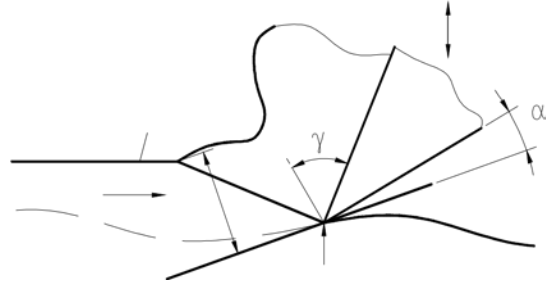
olduğu görülmektedir. Üçüncü durum deforme olmamış talaşın kalınlığının sabit ve kesme hızının değişken olmasını göstermektedir ki takım kesme yönünde titreşir. Bahsedilen durumlarda tırlama titreşiminin oluşması mümkündür. Yani söz konusu durumlar, tırlama titreşimi koşullarında oluşan gerçek durum bileşenleridir. Tırlama titreşiminin bu durumların bir tanesinde ya da birkaç tanesinde bileşke olarak görülmesi mümkündür. (Sağlam, 2010).

Şekil 2.2’de yer alan durumlar ayrı ayrı incelendiği takdirde geniş bir alanda araştırma yapmak gerekecektir. Ayrıca tırlama titreşimi bağlamında en etkili durum son durum olacaktır. Bu nedenle de bu inceleme deforme olmamış talaş kalınlığının ani değerini etkileyen bir harekette takımın radyal kuvvet doğrultusunda izafi takım-iş parçası deplasmanına sebep olan titreşim modu açıklanacaktır. Şekil 2.2-d’deki bu durumda deforme edilmemiş talaş kalınlığı ve kesme hızı değişkendir.



**Şekil 2.2.** Kesme işleminde kesme hızı ve talaş kalınlığının durumu (Sağlam, 2010).

Şekil 2.3’de titreşim durumunda meydana gelen dalgalanmanın sonucunda takımın izleyeceği yol gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi deforme olmamış talaş kalınlığı ( $t$ ), bu talaşın değişim hızı ( $V$ ), efektif normal talaş açısı ( $\gamma_{ne}$ ) ve efektif normal boşluk açısı ( $\alpha_{ne}$ ) sürekli değişmektedir.



**Şekil 2.3.** Metal kesme işleminde dalga oluşumu

## 2.3. Talaş Biçimleri

### 2.3.1. Talaş biçimini etkileyen faktörler

Güncel anlamda metal kesme işlemi bir çeşit talaş şekillendirmedir. Metal kesme işleminin yalnızca talaşın kaldırılması ve talaşın işlenme tarzı olarak değerlendirilmesi doğru olmayacaktır. Ayrıca söz konusu talaşlar aracılığıyla taşınan ve ortaya çıkan ısı kontrolü de önemli olmaktadır. Modern metal kesim işlemleri sonucunda çok farklı şekillerde talaş üretimi söz konusudur. Bu anlamda talaş teşekkülünün kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi talaş kaldırmada bir ön koşuldur. Metal kesiminin anlaşılmasında öne çıkan husus talaşa dönüşen malzemenin davranışları olmaktadır. Sıcaklığın ve kesme kuvvetlerinin işlem kalitesi üzerinde etkili olan önemli faktörler olduğu görülmektedir. Yüksek sıcaklığın takım malzemesini olumsuz şekilde etkilediği görülmektedir. Kesme kuvveti ise sarf edilen gücü ve işlemin gerçekleşmesi esnasında gereken mukavemeti etkilemektedir. Kesme kenarını tasarlamak, belirli şartlar altında sıcaklığın, kesme kuvvetlerinin ve talaş teşekkülünün kontrolü anlamına gelmektedir. Kesme kenarının emniyeti ve takım ömrü üzerine işlemin etkisi kesme geometrisi tasarımında önemli faktörlerdir (Sağlam, 2010).

Ham malzeme işlemede çeşitlik talaş tipleri üretilebilmektedir. Talaş tipini etkileyen değişkenler şu şekilde sıralanabilir.

- Kesilecek malzemenin mekanik özellikleri,
- Kesme hızı ( $v$ ),
- Talaş açısı ( $\gamma$ ),

- İlerleme ( $f$ ),
- Talaş derinliği ( $h$ ),
- Kullanılan kesme sıvısının cinsi ve miktarı.

Bunlara ek olarak, takım ve talaş arasındaki sürtünme katsayısı, takımın yüzey tamlığı ve kesilen bölgede meydana gelen sıcaklık da talaş atımında etkilidir.

Bir kesme kenarının kullanılarak malzeme kesilmesi işleminde, takım iş malzemesinin bir bölümünün deforme olmasını ve talaşın ayrılmasını sağlar. Talaş hale gelen iş malzemesinde kesme kenarının yakın bölgelerinde yüksek gerilmelerin oluştuğu görülür. Malzemenin akma gerilimine ulaştığı noktada elastik ve plastik deformasyon ortaya çıkar. Talaşlar iş malzemesi ile kayda değer değişir, fakat eğer malzeme yeterince dayanıklı ise, işlem ardışık kesilmiş elemanlar gibi sürekli bir akış plakasını andırır. Deforme edilmemiş talaş ( $h$ ) deforme olurken ( $h_c$ ) talaşın iş malzemesinden ayrıldığı sınır çizgisi *kayma düzlemi* diye adlandırılır. Bu düzlem kesme doğrultusu ile *kayma açısı* yapar (Sağlam, 2010).

Pratik anlamda tipler arasında değişim yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. Diğer taraftan talaş şekillerinin hata içermeksizin sınıflara ayrılması ve temsili mümkün değildir. Çeşitli etkenlerin de göz önüne alınması sonucu talaş çeşitleri üç başlıkta incelenebilir.

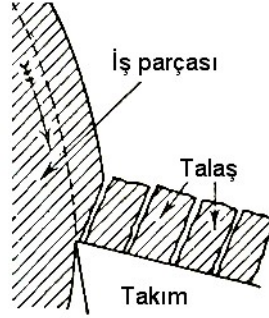
- Yığılma talaş (*build-up-edge-BUE*),
- Kırık (kesintili) talaş,
- Akma (sürekli) talaş

### **2.3.2. Talaş tipleri**

#### **2.3.2.1. Kesintili talaş**

Kesintili talaş çok kırılabilir malzemelerden talaş kaldırırken ve değişik gerilme yapılarına sahip parçalarda talaş tamamen biçimlendirilmediğinden, ilk talaş kaldırılan noktada bozulmalar olur ve bu bölgede talaş parçalara ayrılır Kesintili talaş kırılabilir malzemelerin işlenmesinde ortaya çıkmaktadır. Dökme demir, çinko, pirinç, çinko, sert

plastik gibi malzemeler kırılgen malzemelere 6rnek olarak verilebilir. Benzer bir Şekilde d6v6lebilen malzemeler d6Őuk kesme hızzında ve y6ksek ilerleme ile işlenirken kesintili talaş g6r6lebilmektedir. 6zellikle s6rt6nme katsayısı fazla, talaş aÇısı d6Őuk, talaş derinliği fazla ise ve kesme sıvısı bulunmuyorsa kesintili talaş 6retimini s6z konusudur.



**Şekil 2.4.** Kesintili talaş

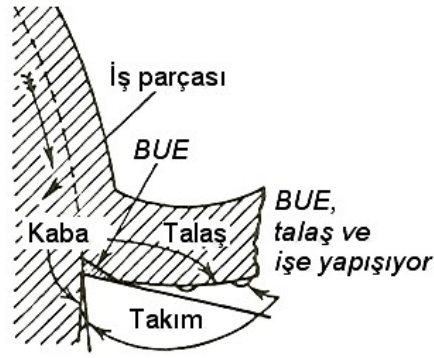
Kesintili talaşın 6retilimi esnasında kesme kenarı ile iş parÇasının 6zerinde yer alan d6zensizliklerin giderilmesi ve daha iyi bir y6zey elde edilmesi m6mk6nd6r. YumuŐak malzemedenden de kesintili talaş elde edilmesi m6mk6n olsa da bu durum k6t6 kesme koşullarına iŐaret etmektedir.

#### **2.3.2.2. S6rekli talaş**

S6rekli/akma talaş, takım 6mr6 ve y6zey tamlığı aÇısından ideal (yığma ağızsız) bir talaş tipidir. S6rekli talaşın elde edilmesinde 6ncelikli olarak orta derecede yumuŐaklıĐa ve d6Őuk s6rt6nme katsayılı malzemeler kullanılır. Gerekli Őartlardan bazıları Şu Şekilde sıralanabilir.

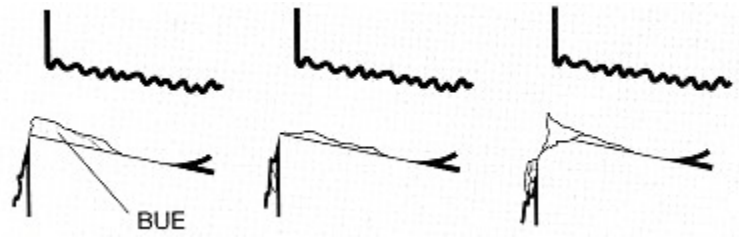
- B6y6k talaş aÇısı
- D6Őuk talaş derinliği ve ilerleme,
- Y6ksek kesme hızzı,
- Takım kesme y6zeylerinin y6zey tamlığının iyi olması ve iş malzemesi





**Şekil 2.6.** Yığılma ağızlı talaş

Yapışma aşınması ve difüzyon etkisi yüksek sıcaklıklarla artar. Takım kesmeye başladığında, yüksek sürtünme katsayısı nedeniyle belirli miktarda talaş, aletin kesici kenarına, talaş yüzeyine ve serbest yüzeye doğru tamamen istiflenir. Belirli koşullar altında, akış bölgesindeki malzemenin katmanları takım yüzeyinde birikir ve sertleşir. Akış bölgesi, oluşturulmuş katmanın üst yüzeyi ile birlikte hareket eder, böylece kesme kenarında bir talaş kenarı (*build-up-edge-BUE*) oluşur (Sağlam, 2010). Alet üzerindeki metal, alet yüzeyine basınçla sürekli olarak kaynak yapılıır. Bu yapı, aletin talaş açısını değiştirir ve dengesiz bir yapıya yol açar. Bu topaklanma, işleme sırasında yeni bir katmanın oluşmaya başladığı belli bir noktada kırılır. İşleme sırasında, birikme (aglomerasyon) çeşitli şekillerde ve durumlarda negatif bir faktördür(Şekil 2.7).



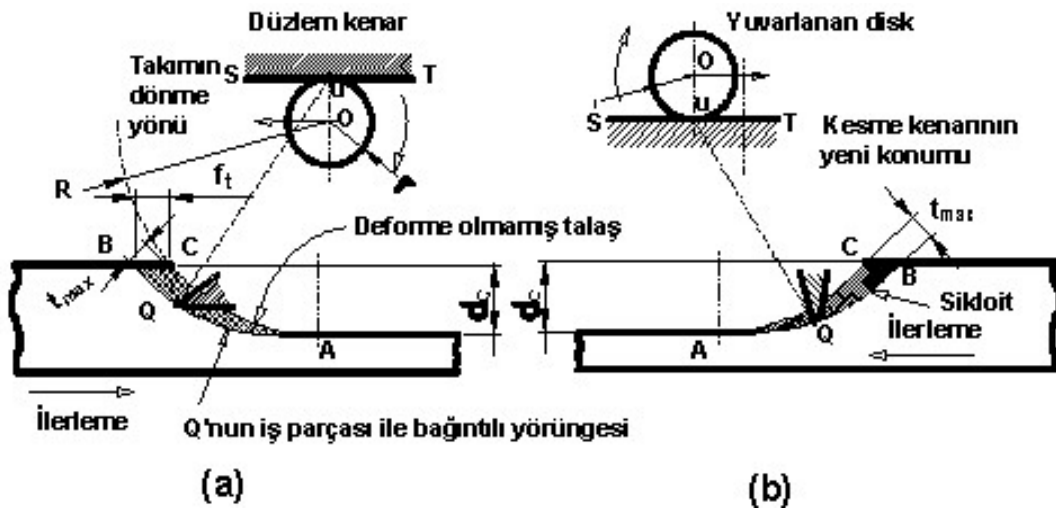
**Şekil 2.7.** Sıvanmanın değişik oluşumları

## 2.4. Frezelemede Talaş Geometrisi

### 2.4.1. Çevresel frezelemede talaş geometrisi

Takımın sabit eksen etrafında belirli bir açısal hızda dönmesi ve iş parçasının takıma doğru yine belirli bir hızla ilerlemesi söz konusudur. Bu iki hareketin neticesinde takımın ucu (Q) bir sikloid eğrisi oluşturur. Art arda gelen kesici dişlerin oluşturduğu AC ve AB yayının arasındaki bölgede talaş oluşur. Çevresel frezeleme iki grupta incelenebilmektedir. Bu sınıflandırmada takımın dönme yönü ve iş parçasının ilerleme yönü belirleyici olmaktadır. Bunlar:

- Zıt Yönlü Frezeleme (ZYF) : Talaş A noktasından B noktasına doğru kesilir. Bu esnada deforme olmamış talaşın kalınlığı, sıfırdan  $\cong t_{max}$ 'a ulaşır (Şekil 2.7.a).
- Aynı Yönlü Frezeleme (AYF): Talaş B noktasından A noktasına doğru kesilirken talaşın kalınlığı  $\cong t_{max}$ 'tan sıfıra değişir (Şekil 2.8.b).



Şekil 2.8. Çevresel frezeleme; (a) Zıt yönlü frezeleme, (b) Aynı yönlü frezeleme

Talaş uzunluğu ZYF ve AYF için sırasıyla;

$$AB \cong R\theta_B + \frac{f_n}{2\pi R} (2Rd_c - d_c^2)^{1/2} \quad (2.1)$$

$$BA \cong R\theta_B - \frac{f_n}{2\pi R} (2Rd_c - d_c^2)^{1/2} \quad (2.2)$$

Denklemleri kullanılarak bulunabilir. Denklemdaki  $f_n=2\pi r$  (ilerleme/devir) olarak alınır. Denklemler incelendiğinde, dairenin altındaki  $U$  noktasının etkisiyle, benzer koşullardaki ZYF tarafından üretilen talaşın uzunluğu AYF'ye göre daha fazla olacaktır. Aralarındaki fark ise ilerleme ( $f$ ) ile orantılı bir şekilde artacaktır. ZYF göz önüne alındığında, kesici kenar kesme yapmadan ilerlerse bir sürtünme oluşacaktır ve bunun neticesinde yüzeyin sıcaklığında bir artış ve yüzeyde sertleşme görülecektir. Bu durum takımın aşınması anlamına gelmektedir, diğer bir deyişle takım ömrü olumsuz etkilenecektir. Frezeleme işleminde talaşın derinliği ( $d_c$ ) ZYF'in sonu ve AYF'nin başında hemen hemen en büyük değerine ( $t_{max}$ ) ulaşmaktadır. ZYF ve AYF için  $t_{max}$ ;

$$t_{max} = f_t \left[ \frac{2Rd_c}{R^2} \right]^{1/2} = 2f_t \sqrt{\frac{d_c}{D}} \quad (2.3)$$

Denklemleri ile bulunur. Schlesinger (1970) ise ortalama talaş kalınlığının ( $t_m$ ;  $t_m=t_{max}/2$ ),  $2/\theta$  açısına ( $\theta$  -ani konum açısı) tekabül eden talaş kalınlığı olduğunu aşağıdaki denklemle ifade etmiştir. Burada  $f_t$  diş başına ilerleme,  $D$  takım çapıdır.

$$t_m = f_t \sqrt{\frac{d_c}{D}} \quad (2.4)$$

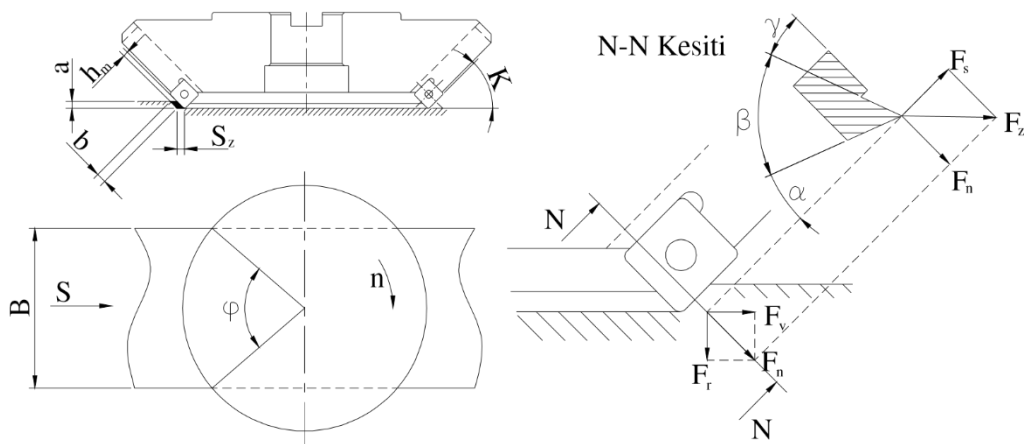
## 2.4.2 Alın frezelemede talaş geometrisi

### 2.4.2.1. Talaş kaldırma olayı

Alın frezeleme işleminde takımın eksenine işleme tabi tutulan yüzeye dik bir konumdadır. Kesme işlemi esas manada dişlerin yan kenarlarıyla gerçekleşmektedir (Şekil 2.9). Bu nedenle de freze yaklaşma açısı ( $\kappa$ ) talaş kaldırmada önemli bir faktör olmaktadır.  $\kappa=90^\circ$  ve  $\kappa < 90^\circ$  gibi çeşitli açı derecelerine sahip frezeler bulunmaktadır. Pratikte ise genellikle  $\kappa < 90^\circ$  ( $\kappa=45^\circ \dots 60^\circ$ ) olan frezelerin kullanıldığı görülmektedir. Frezeler göz önüne alındığında önemli değişkenlerden biri D çapıdır.

Frezenin konumu, muamele edilen yüzeyin B genişliğine göre simetrik veya asimetrik olabilir. Simetrik frezelemede, frezenin yatay eksenine işlenmiş yüzeyin merkez çizgisiyle çakışacaktır. Bu iki çizgi asimetrik frezelemede çakışmaz. Simetrik frezelemede  $B = D$  olması durumunda, işlem tam kavraması  $B < D$  durumunda kısmi bir kavrama şeklindedir.

Frezenin ve parçanın düzgün bir şekilde temasının sağlanması için çoğunlukla  $B < D$  şeklinde kısmi frezeleme seçilir. Bu bakımdan frezenin çapı D: kısa talaşlı, örneğin dökme demir gibi malzemeler için  $D=1,4 B$ ; uzun talaşlı, örneğin çelik gibi malzemeler için  $D=1,6 B$  alınır.



Şekil 2.9. Yüzey frezeleme işleminde açılar ve kesme kuvvetleri

### 2.4.3. Kesme kuvvetleri

Şekil 2.9’da kesme kuvvetlerinin frezelemedeki halleri gösterilmiştir. Ağıza normal  $F_z$  kesitte  $F_z$  kuvveti, kesme kuvveti  $F_s$  ve normal kuvvet  $F_n$  ilerleme kuvveti  $F_v$  ve radyal kuvvet  $F_r$  olarak ayrılır. Burada da bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti

$$F_{sz} = A_s k_s = b h_m k_s \quad (2.5)$$

Ve frezeye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti

$$F_s = z_e F_{sz} = z_e b h_m k_s \quad (2.6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $k_s$  özgül kesme kuvveti ve  $z_e$  kavramada bulunan diş sayısıdır.

Ortalama radyal kuvvet ( $F_r$ ) ve ortalama ilerleme kuvveti ( $F_v$ ) deneylere dayanan aşağıdaki bağıntılara göre tayin edilebilir. (Sarı ,(2008))

Simetrik frezelemede:

$$F_v = (0,3 \dots 0,4) F_s \quad (2.7)$$

$$F_r = (0,85 \dots 0,95) F_s \quad (2.8)$$

$$F_a = (0,5 \dots 0,55) F_s \quad (2.9)$$

### 2.5. Takım Geometrisi

Bir iş parçası, yüzeyine nüfuz etmek için yerleştirilmiş bir kesme kenarına göre hareket ettiğinde metal, talaş oluşumu ile kesme aşamasındadır. Kesme kenarı, aletin keskinleştirilmesi, tam bir geometrik şekil, kesme aletinin şekli ve kesme kuvvetleri ve bir biçime bağlı olarak kesilen malzemenin yapılarını nasıl işlettiğiniz ile birleştirilir.

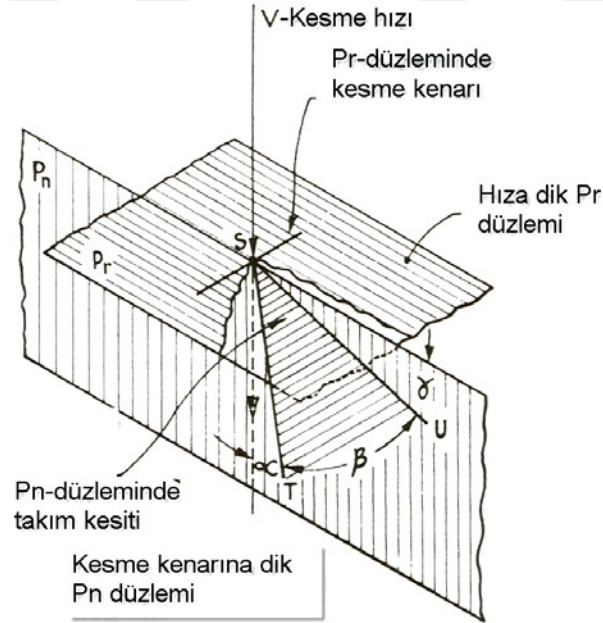
Takımı bir kama olarak alırsak, kesme kenarı iki düzlem yüzeyini keser. Kesici takım ile iş parçası arasında nispi bir hız gerektirir (bu, kesici ucunda toplanan doğru bir çizgi ile gösterilebilir - yani hız vektörü). Prensipte olarak, kesici takım açılarının geometrisi, takım kenarını ve kenarını oluşturmak için kesişen iki yüzey arasındaki uzamsal ilişkiden kaynaklanmaktadır. Takım kenarı hız vektörüne dik olduğunda (Şekil 2.10), kesme kenarına

dik  $P_n$  düzlemi vektörü içerecektir. Bu düzlemdeki kamının bir kısmı, kesim işlemleri için en büyük fiziksel öneme sahip açılara sahip olacaktır.

- Kesilen yüzey  $ST$  ile temsil edilen ( $P_n$  düzleminde uzanan) takımın boşluk yüzeyini kayıp geçer.  $V$ -vektörü ve  $ST$  yüzeyi arasında  $P_n$  düzlemindeki açı boşluk açısıdır ( $\alpha$ ).
- Kesilen talaş  $SU$  ( $P_n$  düzleminde uzanan) ile temsil edilen takımın talaş yüzeyinden aşağı kayar.  $P_r$  düzlemi  $SU$  yüzü arasında  $P_n$  düzlemindeki açı talaş açısıdır ( $\gamma$ ).
- $P_n$  düzlemindeki  $\beta$  açısı kama açısıdır ve onu aşağıdaki açısal bağıntı takip eder.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2.10)$$

Bu şartlar kesme için en basit geometrilerden biridir ve genellikle dik kesme olarak bakılır, aslında genel bir durumun özel bir halini temsil ederler.



Şekil 2.10. Kesme açılarının temel geometrisi (Stabler,(1951))

Kesme kenarının daha küçük bir açıda ( $P_r$  düzleminde daha fazla uzamayan) daha küçük bir açıda yatırıldığını varsayın. Ana etki, talaş yüzeyinden aşağı kayan talaş yönündeki

değişiklik olacaktır. Takım açılarının ölçüldüğü  $P_n$  düzlemi  $P_r$  düzlemine daha dik olmayacak ve hız vektörünü içermeyecektir. Bunlar, kesme kenarının eğiminin, bükülme kesimleri olarak gösterilen önemli bir ebat olduğu kesim için genel gereksinimlerdir.

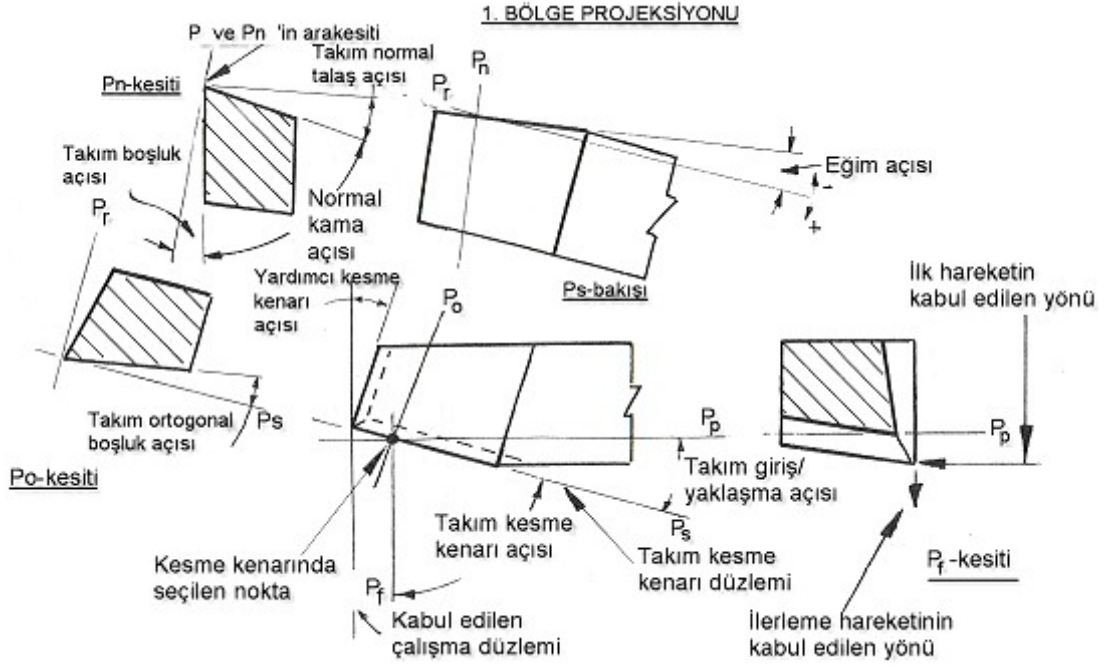
Takım açılarının belirlenmesinde pratik bir problem iki farklı durumdur: takımın kama oluşturmak için oluşturulmuş açıları ve tezgâhın hareketi ile bağlantılı kama konumunu. Tek Kenarlı Kesme Aletleri Terminolojiye göre, takım açıları teorik olarak ve kullanımda farklılık gösterir. Buna göre:

- 1) “Takım elde” sistemi; sözde takım açıları
- 2) “Takım kullanımda” sistemi; sözde çalışma açıları

Şekil 2.11 (BS 1296’den uyarlanmış) bu ayrıntılı açıklama için temel alınarak normal talaş sisteminin esas özelliklerini gösterir. Burada takım kesme kenarı meyil açısına ( $\lambda$ ) sahiptir (meyilli kesme) ancak oldukça küçük olduğundan, takım talaş yüzeyinden akan talaşın yönü üzerinde küçük bir etkiye sahiptir. Kesme kenarına dik bir düzlem üzerinde ( $P_n$  düzlemi) bulunan normal boşluk açısı ( $\alpha_n$ ) ve normal talaş açısı ( $\gamma_n$ ) takımın kesme hareketi ile bağıntılı önemli açılardır.

$$\alpha_n + \beta_n + \gamma_n = 90^0 \quad (2.11)$$

Kesme için takım kesme kenarı serbest yüzeyi ve işlenmiş yüzey arasında pozitif bir açıya-yan boşluk açısı ( $\alpha_0 = 3-5^0$ ) ihtiyaç vardır. Bu kesme kenarından aşağı bir aşınma şeridi gelişir, böylece takım ömrü bu açıya bağlıdır.



**Şekil 2.11. Kesici takım açıları normal talaş sistemi**

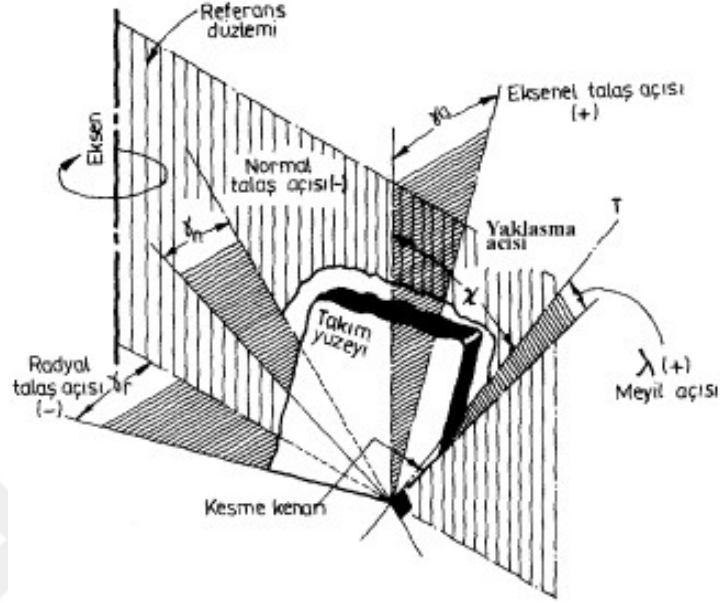
Kesme hızı yönü: Kesme kenarında gösterilen noktada takım sapı tabanına dik.  
Kesme kenarındaki seçilen noktadan geçen düzlemler:

- $P_n$ : Kesme kenarına dik,
- $P_r$ : Takım tabanına paralel
- $P_o$ : Takım tabanına ve  $P_s$  düzlemine dik
- $P_s$ : Takım tabanına dik ve kesme kenarını ihtiva eder.

### 2.5.1. Frezelemede takım geometrisi

Frezeleme, takım ekseninin parça düzlemine göre aldığı konum göz önüne alınarak iki başlıkta incelenir; çevresel ve alın frezeleme. Frezeleme işlemlerindeki kesici takımların çoğunlukla birden fazla kesici ağızlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tek ağza sahip kesici takımlarla karşılaştırıldığında, talaş kaldırma kapasitelerinin ve takım ömürlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak talaş geometrileri de daha karmaşık olmaktadır. Bir takıma ait talaş kesme ucunun geometrik şekli, üç boyutlu düzlem göz önüne alındığında çok sayıda açının tanımlanmasını gerektirmektedir. Yekpare ya da takma uca

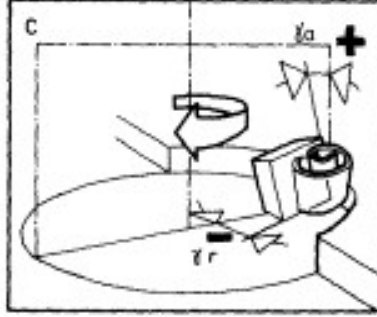
sahip olan freze çakılarının kesici takım açısı, uçların takımındaki durumuna göre değer almaktadır. Bir freze çakısına ait takım açılarının gösterimi Şekil 2.12’de yer almaktadır (Sağlam 2000)



Şekil 2.12. Bir karbür alın freze takım ucu geometrisi (Sağlam 2000)

Takım performansı takım malzemesi ve malzemeye ait açı değerleri ile belirlenmektedir. Yaklaşma (giriş) açısı öncelikle ( $\gamma$ ) kesme kuvvetini ve talaş akışını etkilemektedir. Bununla birlikte talaş kalınlığı, takım ömrü ve işlenen yüzey kalitesi diğer etkilenen özelliklerdendir. Açı değerinin  $90^0$ den sapması talaş kalınlığının ve titreşimin azalmasını sağlar. Eğim açısı ( $\lambda$ ) esas kesme kenarının malzemeye yaklaşım açısını etkilemektedir. Talaş akışı buna bağlı olarak yönlendirilir ve giriş darbesinin azalması sağlanır. Kesme kenarının referans düzleminde bulunmaması nedeniyle eğimli kesim mümkün olmaktadır. Talaş açısı ( $\gamma$ ), malzemeye dalışı kolaylaştırmaktadır. Bu açı değeri pozitif veya negatif olabilmektedir. Talaş açısının pozitif değer alması ile kesme kuvveti yani kesme gücü azalmaktadır. Sert malzemeler işlenirken kesici ağzın güçlendirilmesi gerekebilmektedir. Bu gibi durumlarda açının negatif değer alması mümkündür. Sert çelik ve dökme demirler ile gerçekleştirilen darbeli talaş kaldırmada çift negatif geometriye sahip takımlar tercih edilmektedir. Kırılgan, dengeli olmayan ve gerinme sertleşmesine eğilimi olan malzemelerde ise çift pozitif geometriye sahip takımlar kullanılmaktadır. Alüminyum ve çelik gibi akma tipinde talaşın olduğu malzemeler bunlara örnek olarak verilebilir.

Şekil 2.13'de pozitif aksenal talaş açılı ( $\gamma_a$ ) ve negatif radyal talaş açılı ( $\gamma_r$ ) bir takım geometrisi görülmektedir (Boothroyd,(1963)).



Şekil 2.13. Pozitif aksenal ve negatif radyal talaş açılı bir takım geometrisi

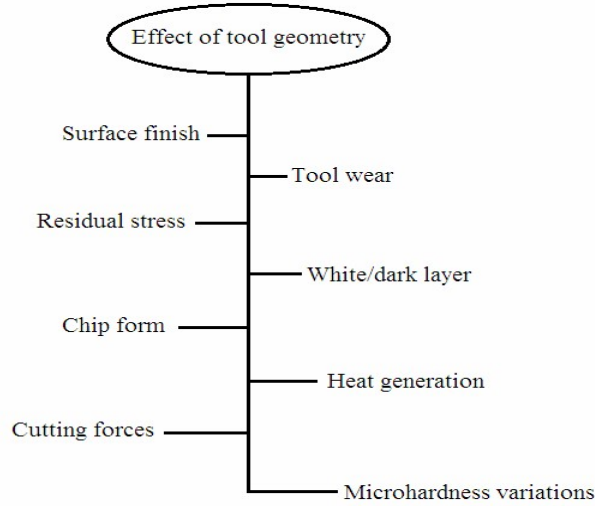
## 2.6. Talaş Kaldırma İşlemine Takım Geometrisinin Etkisi

İşleme operasyonları sırasında kesme / tornalama takımlarının yeniden tornalanması veya yeniden bilenmesi sırasında faydalı üretim süresi ve enerji boşa harcanmaktadır. Üretim sürecinde karı maksimize etme arayışı, mühendislerin ve bilim adamlarının maksimum üretim için daha az zaman ve minimum enerji gerektiren optimum prosesleri keşfetmelerini gerekli kılar. (Usman, 2012) Torna tezgâhı üzerinde tek nokta kesme aleti ile silindirik şekilde parçalar üretmek için yapılan bir işleme prosesidir. Tornalamada kesme işleminin birincil hareketi iş parçasının dönmesi ve ikincil kesme hareketi besleme hareketidir. (Sharma, 2014) Metal işlemede kullanılan kesici aletler, açıları veya geometrileri ile açıklanan birçok çeşit şekle sahiptir. Dönen iş parçasında kesici takımların doğru açılarının seçilmesi çok önemlidir. Bu açıları, eğim açısı, eğim açısı, etkili eğim açısı, kurşun veya giriş açısı ve takım ucu radiusünü içerir. Tırmık açısı ve temizleme açısı tüm kesici takımlar için en önemli olanlardır (Karim, 2013).

Performans değerlendirme kriterleri için uygun şekilde seçilmelidir (Amol ve Kamlesh P. Kadia):

- Bitiş Yüzeyi
- Zone Kesim Bölgesinde Düşük Sıcaklık
- Daha az Takım aşınması ve Uzun Takım ömrü vb.

Takım geometrisinin dönüş performansı parametrelerine etkileri, Şekil 2.14’de verilmiştir.



**Şekil 2.14.** Takım geometrisinin tornalamadaki performans parametreleri üzerindeki etkisi (Dogra vd., 2011)

Etkili üretim için geçmişte birçok araştırma yapıldı ve çoğu, ürün kalitesini düşürmeden üretim maliyetini ve üretim parametrelerini azaltmak amacıyla devam ediyor. Temel olarak açıklanan çeşitli kesme parametreleri şunlardır:

- Talaş açısı
- Takım ömrü
- İşlenebilirlik
- Kesme derinliği
- Kesme hızı
- Takım aşınması
- Bitiş Yüzeyi
- Yağları

### 2.6.1. Talaş açısı

Takım eğim açısı, bölge deformasyonu, talaş kırma oluşumu, kesme kuvveti, takım aşınması ve işlenmiş yüzey kalitesini doğrudan etkileyen önemli geometrik parametrelerden

biridir. Bu nedenle, bu problemi önlemek için doğru talaş açısı takım aşınmasını azaltabilir ve iyi bir yüzey kalitesi elde edebilir (Karim vd., 2013). Kesici takım açısı, yüzey işleminde ve en çok arzu edilen bitirme işleminde hayati bir rol oynar (Kumari, 2010).

Aşağıdaki üç tip eğim açısı vardır (Sharma, 2013):

- Pozitif
- Negatif
- Sıfır

Genel olarak, pozitif talaş açıları:

Aleti daha keskin ve sivri olun. Bu, aletin gücünü azaltır, çünkü uçtaki küçük iç aç, talaşın kopmasına neden olabilir.

Kesme kuvvetlerini ve güç gereksinimlerini azaltın. Sünek malzemelerde sürekli talaş oluşumuna yardımcı olur.

Bir birikmiş kenar oluşumunu önlemeye yardımcı olabilir.

Aksine, negatif eğim açıları: Aleti daha keskin hale getirin, kesici kenarın gücünü arttırın.

Kesme kuvvetlerini arttırın.

Sürtünmeyi artırabilir, daha yüksek sıcaklıklara neden olabilir.

Yüzey kaplamasını iyileştirebilir.

Sıfır tırmık açısı, üretimi en kolay olanıdır, ancak talaş tırmık yüzü üzerinde kayarken pozitif talaş açısı ile karşılaştırıldığında daha büyük bir krater aşınması vardır (Singh, 2014).

## **2.6.2. Takım ömrü**

İşleme işlemi sırasında, aletin kesici kenarı kademeli olarak aşınır ve bazı durumlarda metal kesmeyi durdurur. Belli bir aşınma derecesinden sonra, aleti kullanmak için yeniden bilenmesi gerekir (Dabhi ve Parmar, 2015). Bu, yeniden işleme arasında ölçülen aletle kesme süresidir. Bu sadece takımların yeniden açılması veya yeniden bilenmesi arasında geçen zamandır. (Reddy ve Venkataramaiah, 2012) Takımın tatmin edici bir şekilde kestiği süreye

yaşam denir. Bu nedenle, yüzey kalitesinde zayıflık veya hassasiyette boyutlandırma ile sonuçlanır. Takım ömrü, iki ardışık takım değişimi arasındaki süredir (Işık, 2010).

### **2.6.3. Kesici Takım**

Kesici takımlar, kesilecek malzemeden daha sert bir malzemeden yapılmalı ve metal kesme işleminde üretilen ısıya dayanabilmelidir. Aynı zamanda, takımın özel bir geometriye sahip olması gerekir, böylece kesme kenarı iş parçasına iş parçasının yüzeyinde sürüklenmeden geri kalan kısmı olmadan iş parçasına temas edebilecek şekilde tasarlanmış boşluklara sahip olmalıdır (Adegbuyi vd., 2010).

### **2.6.4. Kesme derinliği**

Kesme hızı ve ilerleme hızı, birim zaman başına çıkarılabilecek iş parçası malzemesinin hacmi olan malzeme kaldırma oranını belirlemek için kesme derinliği ile bir araya gelir (Sharma vd., 2013). Kesme derinliğinin takım ömrü ve kesme kuvvetleri üzerinde kanıtlanmış bir etkisi vardır; Küçük bir aletin kullanıldığı durumlar dışında yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Bu nedenle, az miktarda iş parçası işlenirken işleme zamanından tasarruf etmek için daha büyük bir kesme derinliği kullanılabilir. Öte yandan, düşük bir kesme derinliğini daha yüksek bir kesme hızıyla birleştirmek, birikmiş bir kenarın oluşmasını önler, böylece daha iyi bir yüzey kalitesi sağlayarak işleme yardımcı olur (Kwon ve Cho, 2002).

### **2.6.5. Kesme hızı**

Kesme hızı, kesici alet ile iş parçasının yüzeyi arasındaki nispi hızdır (Sharma vd., 2013). Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde büyük bir etkisi yoktur. Düşük besleme hızlarında çalışırken yüzey pürüzlülüğünü etkiler, bu da biriken bir kenarın oluşmasına yol açar. Kesin sonuçlar elde etmek için daha yüksek hızlar önemlidir (Lambert ve B. K. 1983).

### **2.6.6. Kesme kuvvetleri**

Kesici takımlar, metalik ve metalik olmayan malzemelerin işlenmesinde kesici kenarları yeterince keskin olsa bile, kesim sırasında ısınmaya ve baskıya maruz kalır. Birçok araştırmacı, optimum takım kesitlerini ve ideal kesme açılarını kesme kuvvetlerine dayanacak şekilde belirlemek için çaba harcadı (Günay vd., 2005).

### **2.6.7. Takım aşınması**

Takım aşınmasının çeşitli bölgeleri, yan yıpranma, krater aşınması, burun aşınması, kesme kenarının ufalanması, plastik deformasyon ve felaket başarısızlığı olarak tanımlanmaktadır (Kalpakjian ve Schmid, 2001). Sıcaklık, takım aşınmasını etkileyen faktörlerden biridir (Karim, vd., 2013). Metal kesme sürtünmesi kesme gücünü, işleme kalitesini, takım ömrünü ve işleme maliyetini etkiler. Takım aşınması belirli bir değere ulaştığında, kesme kuvveti, titreşim ve kesme sıcaklığını artırır, bozulmuş yüzey bütünlüğüne ve toleranstan daha büyük boyut hatasına neden olur. (Yulian ve ark., 2012) çalışmalarında sıcaklık arttığında aşınmanın da kademeli olarak arttığını vurgulamıştır. Üretilen ısı, kesme bölgesinden talaşlara, alete, iş parçasına ve çevreye gider; bu sırada, aletin kesme elemanlarının sertliğinin azalması, kesme kama deformasyonlarının azalması, alet kesme kabiliyetinin kaybı ve körlüğü meydana gelir.

### **2.7. Yüzey Pürüzlülüğü**

İşlenmiş bir yüzeyin kalitesi, bileşen performansı ve güvenilirliğin artan taleplerini karşılamak için önem kazanmaktadır. Askeri, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde kullanılan işlenmiş parçalar yüksek gerilimlere, sıcaklıklara ve düşman ortamlarına maruz kalır. İşlenmiş bileşenlerin dinamik yükleme ve tasarım yetenekleri, işlenmiş bileşenlerin yüzeyinde veya yakınında her zaman çekirdekli halsizlik kırılmaları ile bağlantılı olan malzemenin yorulma dayanımı ile sınırlıdır. Gerilme korozyon direnci, işlenmiş yüzey özelliklerine doğrudan bağlanabilen önemli bir malzeme özelliğidir. Herhangi bir bileşenin işlenmesi sırasında, yüzey teknolojik gereksinimlerinin yüksek ürün doğruluğu, iyi yüzey kalitesi ve işleme işleminde olası yüzey değişikliklerinin bir sonucu olarak ortaya çıkabilecek en az dezavantajlar açısından karşılanması gerekir. Yüzey katmanının doğası, parçanın mekanik özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir.

Herhangi bir işlenmiş yüzeyin iki ana yönü vardır - ilk yön, yüzey dokusu veya yüzeyin geometrik düzensizlikleri ile ilgilidir ve ikincisi, yüzey ve yüzey katmanının metalürjik değişikliklerini içeren yüzey bütünlüğü ile ilgilidir. Şekil 2.15 'de gösterilmiştir. Herhangi bir işleme işlemi sırasında yüzey dokusu ve yüzey bütünlüğü tanımlanmalı, ölçülmeli ve kontrol edilmelidir.

### 2.7.1. Yüzey dokusu

Yüzey dokusu, Şekil 13’de açıklandığı gibi, yüzey pürüzlülüğü, dalgalılık, döşeme ve yanma açıları olarak tanımlanan katı bir malzemenin yüzeyinin geometrik düzensizlikleri ile ilgilidir:

1. Yüzey pürüzlülüğü, işleme prosesi tarafından oluşturulan besleme işaretleri dahil olmak üzere yüzey dokusunun yüzey düzensizliklerinden oluşur.

2. Dalgalılık, makine veya parça sapması, titreşim veya gevezeğin neden olabileceği daha geniş aralıklı yüzey dokusundan oluşur.

3. Lay, baskın yüzey deseninin yönüdür.

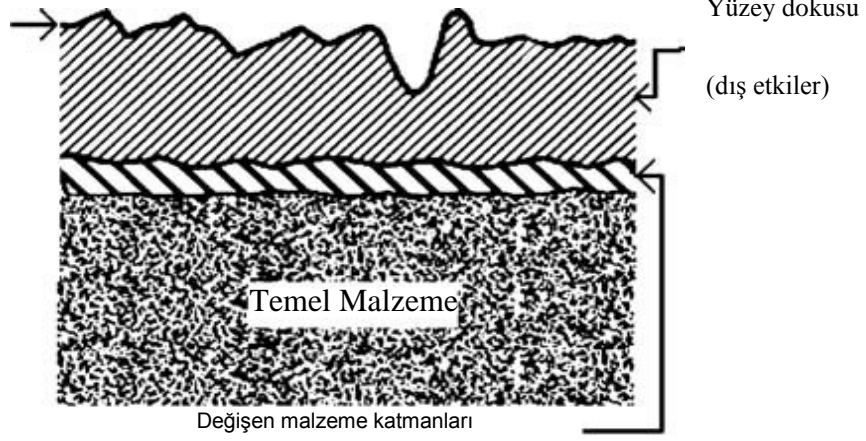
4. Hatalar, çatlak, çizik ve çıkıntı gibi yüzey kesintileridir

Stylus temas tipi enstrümanlar, aritmetik ortalama ( $R_a$ ) veya merkez hattı ortalaması (CLA), kök ortalama karesi ( $R_q$ ) ve maksimum tepe-vadi pürüzlülüğü ( $R_{max}$ ) açısından yüzey pürüzlülüğünün sayısal değerlerini sağlamak için yaygın olarak kullanılır Şekil 14’te gösterildiği gibi. Diğer yüzey karakterizasyon yöntemleri, mikrofotografçılık ve taramalı elektron mikroskopisini içerir. Aritmetik ortalama veya CLA aşağıdaki gibi belirlenir:

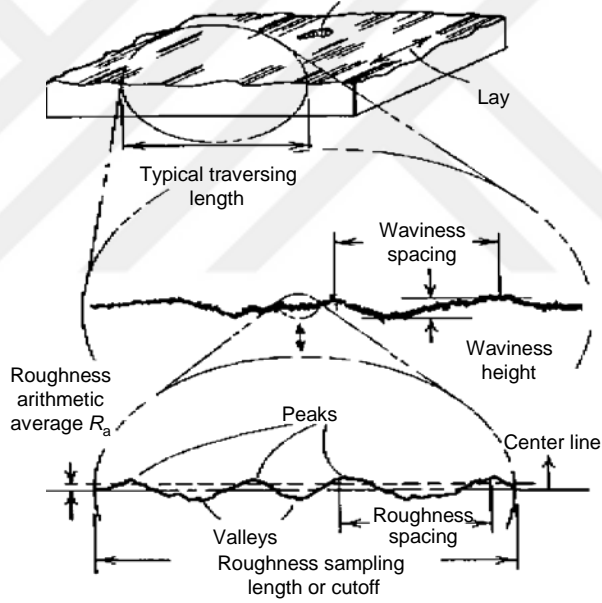
$$R_a = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} |y| dx \quad (2.12)$$

burada L örnekleme uzunluğu ve y, Şekil 2.15’de gösterilen merkez çizgisinden gelen uzmanların koordinatıdır.

Yüzey bütünlüğü  
(iç etkiler)  
Mikroyapısal dönüşümler  
Yeniden kristalizasyon  
Taneler arası saldırı  
HAZ  
MCK  
Sertlik değişiklikleri  
Plastik bozulma  
Artık gerilmeler  
Malzeme homojenlikleri  
Alasım tükenmesi



Şekil 2.15. Yüzey teknolojisi



Şekil 2.16. Yüzey dokusu. (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile.)

Kök ortalama kare pürüzlülüğü aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$R_q = \left( \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} y^2 dx \right)^{1/2}$$

(2.13)

Bu, aşağıdaki denklem ile yaklaştırılabilir (şekil 2.16):

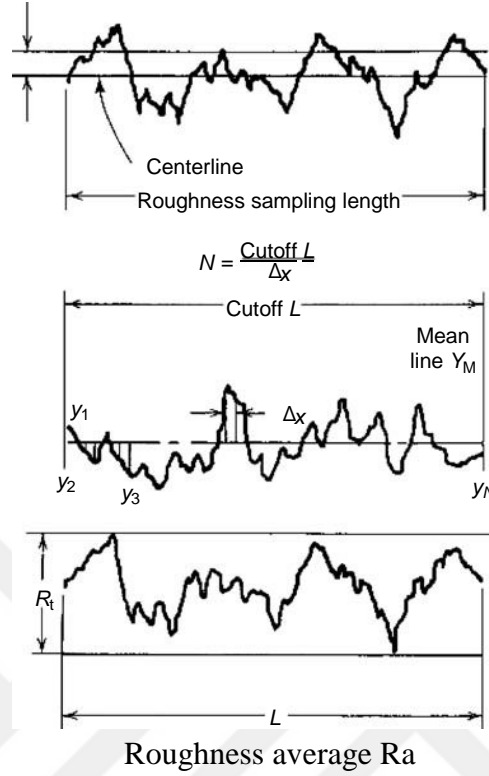
En yüksek tepe-vadi pürüzlülüğü ( $R_t$  veya  $R_{max}$ ), pürüzlülük örnekleme uzunluğu içindeki profildeki aşırı üst ve alt noktalara temas eden ortalama çizgiye paralel iki çizgi arasındaki mesafedir (şekil 2.16).

$$R_q = \sqrt{\frac{(y_1 - Y_M)^2 + (y_2 - Y_M)^2 + \dots + (y_N - Y_M)^2}{N}}$$

(2.14)



## İşleme İşlemleriyle Gerçekleşen Doğruluk ve Yüzey Bütünlüğü



**Şekil 2.17.** Yaygın olarak kullanılan yüzey pürüzlülüğü sembolleri. (a)

Ortalama pürüzlülük R<sub>a</sub>, (b) kök ortalama kare pürüzlülüğü (R<sub>q</sub>) (c) maksimum tepewadi pürüzlülük yüksekliği (R<sub>t</sub> veya R<sub>max</sub>). (Yüzey Dokusundan [Yüzey pürüzlülüğü, dalgalılık ve döşeme], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile.)

Geliştirilmiş yüzey dokusu özellikleri, yorulma dayanımı, korozyon direnci, görünüm ve sızdırmazlığı iyileştirmek için esastır. Bu tür yüzeylerin tipik uygulamaları, sürtünme önleyici ve yatak yatakları, yiyecek hazırlama cihazları, aşındırıcı ortamlarda çalışan parçalar ve sızdırmazlık yüzeyleridir.

### 2.7.2. Yüzey kalite ve fonksiyonel özellikleri

Yüzey kalitesi, işlenmiş parçaların işlevsel özelliklerini aşağıdaki gibi etkiler:

**1. Aşınma direnci.** Daha büyük makro düzensizlikleri, yüzeyin yansıtılan alanlarının ilk giyildiği yüzeyin farklı bölümlerinin düzgün olmayan yıpranmasına neden olur. Yüzey dalgalanması durumunda, yüzey tepeleri ilk olarak aşınır. Benzer şekilde, yüzey sırtları ve

mikro düzensizlikler elastik deformasyona maruz kalır ve kayar parçalar arasındaki kuvvetler tarafından ezilebilir veya yırtılabilir.

**2. Yorulma dayanımı.** Metal yorgunluğu, işleme işleminin neden olduğu en derin çizikler ve alt kesikler alanlarında gerçekleşir. İşlenmiş yüzeyin sırtları arasındaki vadiler, iç gerilmelerin yoğunluğunun odağı olabilir. Çatlaklar ve mikro çatlaklar (MCK), işlenmiş parçaların arızalanmasını da artırabilir.

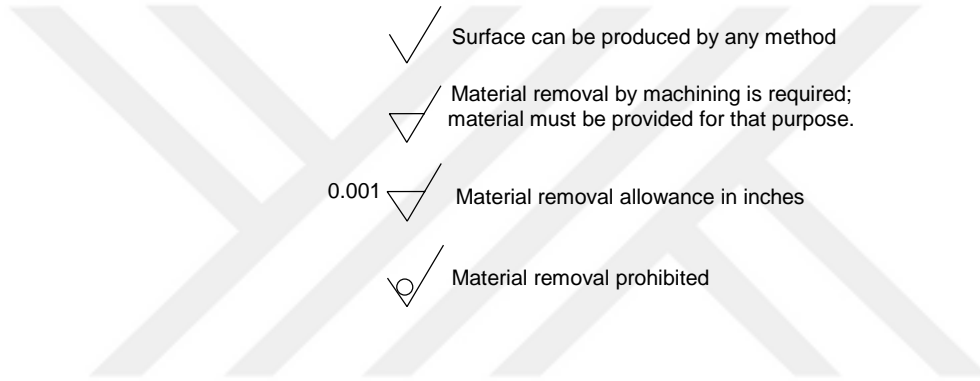
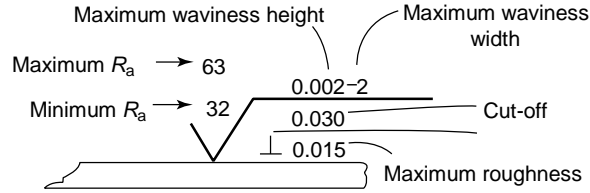
**3. Korozyon direnci.** İşlenmiş yüzeyin sıvı, gaz, su ve asidin aşındırıcı etkisine karşı direnci, işlenmiş yüzeyin yüzeyine bağlıdır. Yüzey kalitesi arttıkça, aşındırıcı ortamla temas alanı küçülür ve aşınma direnci artar. Aşındırıcı etki, mikro düzensizliklerin sırtları arasındaki yüzey vadileri üzerinde daha yoğun etki eder. Vadiler ne kadar derin olursa, o kadar tahrip edici olan, metalin derinliğine doğru yönlendirilecek olan aşındırıcı etki olacaktır.

**4. Girişim gücü.** İki eşleşen parça arasındaki bir girişimin gücü, işleme işleminden sonra geriye kalan mikro düzensizliklerin yüksekliğine bağlıdır.

Şekil 2.17, parça çizimlerini veya özelliklerini tanımlamak için kullanılan ANSI Y14.36 (1978) standart sembollerini gösterir. Bunlar, maksimum ve minimum pürüzlülüğü, maksimum dalgalılığı ve işlenmiş parçalar için döşemeyi içerir. Tablo 2.1, yüzey düzenini ve yönünü tanımlamak için kullanılan sembolleri göstermektedir. Buna göre, paralel, dikey, açısal, dairesel, çok yönlü ve radyal olanlar dahil olmak üzere çeşitli katmanlar işlenebilir. Aynı tablo aynı zamanda üretilen her bir kat için tipik bir işleme prosesi önermektedir. Şekil 2.17, yaygın üretim yöntemleriyle üretilen yüzey pürüzlülüğünü göstermektedir. Kesme, aşınma ve erozyon eylemlerini kullanan çeşitli işleme prosesleri de dahil edilmiştir ve bazı metal şekillendirme uygulamalarıyla karşılaştırılmıştır.


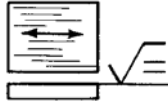

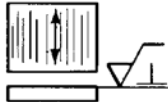

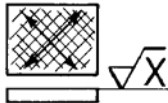

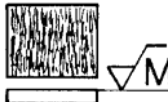

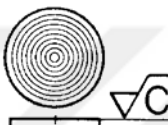

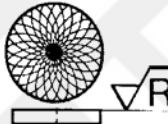

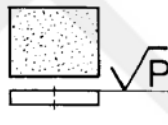
İşlenmiş parçaların doğruluğu, bir parça boyutunun gerekli boyutlara nasıl yaklaştığını gösterir. Üretilen doğruluk normalde boyutsal toleranslar olarak ifade edilir. Her bir işleme işlemi, kullanılan makine takımına ve işleme koşullarına bağlı olarak kendi doğruluk sınırlarına sahiptir. Yüksek derecede işlenmiş, çok gerilmiş veya olağandışı ortamlara maruz kalan malzemeler için gerekli toleranslar, yüzey pürüzlülüğü ile yakından ilgilidir. Bu bakımdan, daha yakın boyutsal toleranslar, üretim maliyetini artıran çok sayıda işleme işlemini gerektirebilecek çok sayıda kaplama gerektirmektedir. Şekil 2.18, işleme operasyonları için tipik yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal toleransları göstermektedir.

Teorik olarak, frezeleme ve tornalamadaki yüzey pürüzlülüğü, besleme hızının, takım ucu yarıçapının, uç kesme kenarı açısının ve yan kesme kenarı açısının bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. Bununla birlikte, asıl yüzey pürüzlülüğü, yerleşik kenarın (BUE) oluşumu ve olası takım aşınması nedeniyle daha yüksek olabilir. Tablo 2.2, farklı işleme operasyonları için yüzey pürüzlülüğünü etkileyen farklı faktörleri özetlemektedir.



**Şekil 2.18.** Çizimler veya teknik özellikler için yüzey dokusu sembolleri.  
 (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B46.1,  
 Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile)

**Tablo 2.1. Yüzeyin Yönünü Tanımlamak için Kullanılan Semboller**

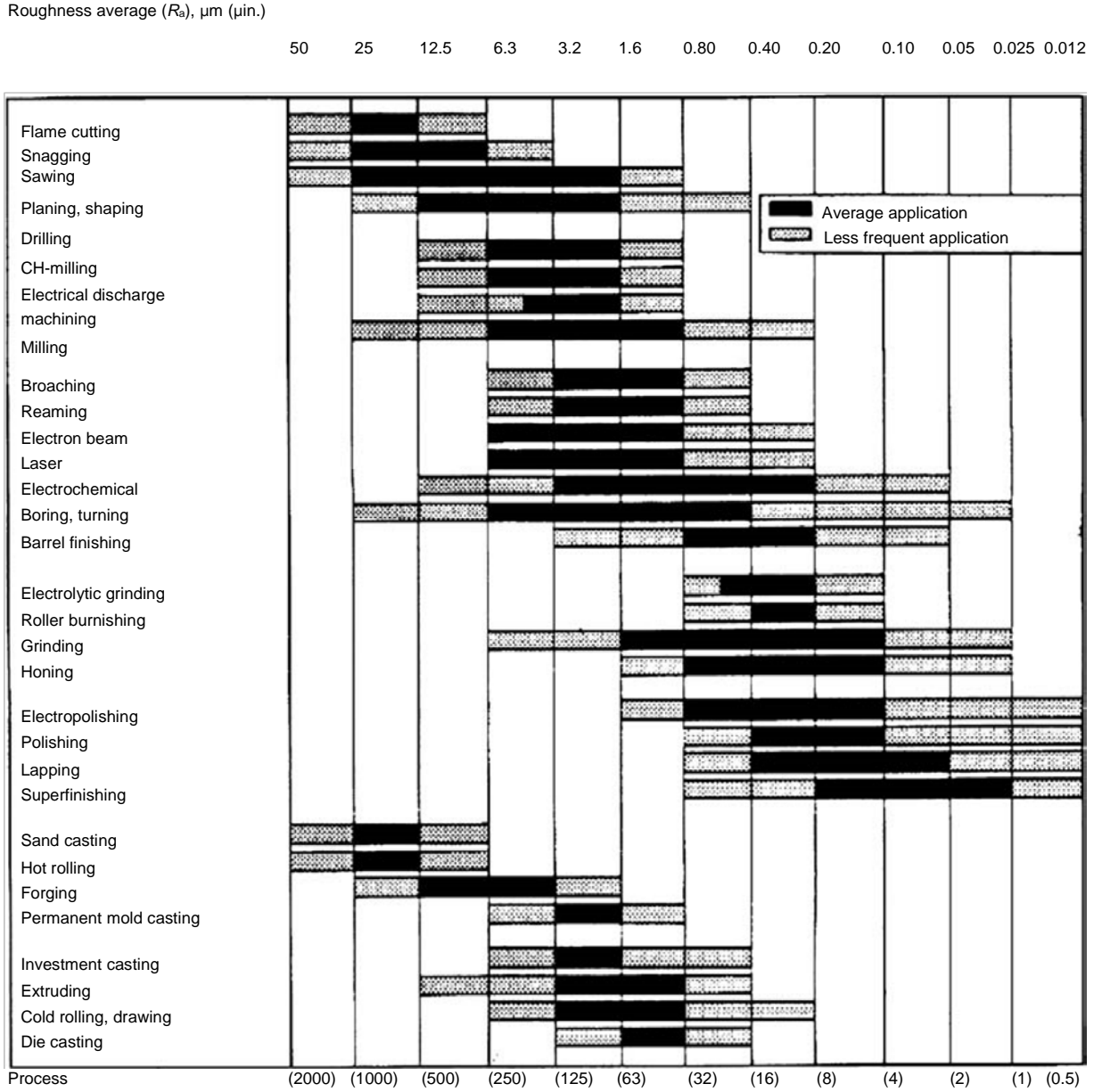
Symbol	Meaning	Example	Operation
	Lay approximately parallel to the line representing the surface to which the symbol is applied		Shaping vertical milling
	Lay perpendicular to the line representing the surface to which the symbol is applied		Horizontal milling
	Lay angular in both directions to the line representing the surface to which the symbol is applied		Honing
	Lay multidirectional		Grinding
	Lay approximately circular relative to the center to which the symbol is applied		Face turning
	Lay approximately radial relative to the center to which the symbol is applied		Lapping
	Lay particulate, nondirectional, or protuberant		ECM, EDM, LBM

### 2.7.3. Yüzey bütünlüğü

Yüzey bütünlüğü, bir işleme veya başka bir yüzey üretme işleminde üretilen bir yüzeyin doğal koşulu olarak tanımlanır. Yüzey bütünlüğü, öncelikle bir üretim işleminin görünür yüzeyin altında ürettiği etkilerin ana konusuyla ilgilidir. Geleneksel yöntemlerle işleme sırasında, metal üzerine kesme ve sürtünme kuvvetleri, üretilen ısı ve plastik akışı ile uygulanan basınç, yüzey katmanının fiziksel özelliklerini, parçadaki metalin geri kalanından değiştirir.



**Tablo 2.2.** Yaygın üretim yöntemleri ile üretilen yüzey pürüzlülüğü. (Yüzey Dokusundan [Yüzey Pürüzlülüğü, Dalgalı ve Düzgün], ANSI / ASME B 46.1, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği, 1985. İzni ile.



Yüzey katmanının yapısı birçok durumda işlenmiş parçanın mekanik özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu ilişki bazı malzemelerde ve bazı işleme işlemlerinde daha belirgindir. Tipik yüzey bütünlüğü problemleri aşağıdaki gibidir:

1. İniş takımları bileşenlerinin yüksek dayanımlı çeliklerinde taşlama yanıkları
2. Delinmiş deliklerde temperlenmemiş martensit (UTM)

3. Kesme sıvısı tarafından titanyumun korozyon özelliklerini vurgulayın
4. Döküm nikel bazlı gaz türbini kovalarının kök kısmındaki taşlama çatlakları
5. EDM veya ECM tarafından işlenen parçaların yorulma dayanımının düşürülmesi
6. İnce bileşenlerin bozulması
7. Talaşlı imalatta ortaya çıkan artık gerilme ve çarpılma, yorulma ve gerilme korozyonu üzerindeki etkisi

Yüzey altı özellikleri, Şekil 2.15'de gösterildiği gibi çeşitli katmanlarda veya bölgelerde ortaya çıkar. Alt yüzey değiştirilmiş malzeme bölgesi (AMZ), malzemenin gövdesinden farklı bir stres durumu kadar basit veya bir mikro yapı değişikliği veya IGA kadar karmaşık olabilir.

## 2.8. Titreşim

### 2.8.1. Titreşimin tanımı

Bir süre sonra kendini tekrar eden hareketlere titreşim veya salınım denir. Bir sarkacın sallanması ve toplanmış bir telin hareketi, tipik titreşim örnekleridir. Titreşim teorisi, cisimlerin osilatör hareketleri ve bunlarla ilişkili kuvvetlerin incelenmesi ile ilgilidir.

Genel olarak bir titreşim sistemi, potansiyel enerjiyi depolamak için bir araç (yay veya esneklik), kinetik enerjiyi depolamak için bir araç (kütle veya atalet) ve enerjinin kademeli olarak kaybolduğu (sönümleyici) içerir.

Bir sistemin titreşimi, potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye ve kinetik enerjinin dönüşümlü olarak potansiyel enerjiye aktarılmasını içerir. Sistem sönürse, her titreşim döngüsünde bir miktar enerji harcanır ve sabit bir titreşim durumu korunacaksa harici bir kaynakla değiştirilmelidir.

Eğer bir sisteme yalnızca ön bir hareket verilerek bir giriş hareketi verilmiş ise oluşan salınım bir süre sonra sonlanacaktır. Bu gibi ilk hareket verilerek yapılan işleme geçici zorlama ve bundan dolayı meydana gelen harekete de geçici hareket denir.

Eğer bir sistem istenilen belirli bir genliğe ulaştırılıp orada kalması isteniyorsa ise bu sistem devamlı bir dış etki ile uyarılmalıdır. Böyle bir durum var ise buna zorlanmış titreşim adı verilir. Bundan dolayı meydana gelen harekete ise kalıcı hareket adı verilir.

### 2.8.2. Titreşimin sınıflandırması

- Serbest ve zorlanmış titreşim
- Sönümsüz ve sönümlü titreşim
- Doğrusal ve doğrusal olmayan titreşim
- Deterministik ve random titreşim

### **2.8.2.1 Serbest ve zorlanmış titreşim**

Serbest titreşimde sisteme bir ilk hareket uygulanır ve sistem kendi kendine salınım hareketini gerçekleştirir.

Zorlanmış bir titreşim hareketinde ise dışarıdan bir etki yapılarak titreşim meydana getirilir.

### **2.8.2.2 Sönümsüz ve sönümlü titreşim**

Eğer sistemdeki mevcut toplam enerji miktarı korunuyor ise buna sönümsüz titreşim adı verilir.

Fakat pratik bilgilerde ise sistemden dolayı meydana gelen bir sürtünme ve sistemde bir sönümlenme vardır ve bu etkenler sistemdeki hareket esnasında enerji kaybına sebep olur.

Sönümlenme sistem üzerindeki enerji miktarının devamlı azalmasına ve sıfırlanmasına neden olur. (Dwivedy, t.y., 1)

### **2.8.2.3 Doğrusal ve doğrusal olmayan titreşim**

Bir sistemdeki sönümlenme, kütle, yay gibi elemanların hepsi doğrusal bir davranışın gösterdiği durumdur. Oluşan sistemin modeli ise doğrusal bir diferansiyel denklemdir. Kütle, yay ve sönümlenme elemanlarından birinin lineer olmayan bir hareket gösterdiği durumdur.

### **2.8.2.4 Deterministik ve random titreşim**

Herhangi bir zamanda uyarma değerinin tahmin edilemediği durumlarda oluşan titreşimdir. Ör. Depremde rüzgar hızı, yol pürüzlülüğü ve yer hareketidir. (Dwivedy, t.y.: 2)

## **2.8.3. Rezonans Frekansı**

Eğer kütle ve yayı enerji depolama elemanları olarak görürseniz rezonansı anlamak çok kolaydır. Kütle kinetik enerji depolarken yay ise potansiyel enerji depolar. Kütle ve yay üzerinde hiçbir kuvvet yoktur, onlar enerjilerini doğal frekansa eşit oranda bir ileri bir geri dönüştürürler. Diğer bir deyişle eğer enerji verimli bir şekilde kütle ve yayın içerisine pompalansaydı enerji kaynağının doğal frekansa eşit oranda beslenmesi gerekirdi. Bir kütle ve yayı bir kuvvet uygulamak bir çocuğu salıncakta sallamaya benzer, eğer daha yükseğe sallamak istiyorsanız doğru zamanda itirmek zorundasınız. Salıncak örneğinde olduğu gibi daha büyük bir hareket elde etmek için uygulanan kuvvetin illa ki çok yüksek olması gerekmektedir. Bu itmeler sadece enerjinin sistemin içine eklenmesini sağlar.

Sönüm ise enerji depolamak yerine enerjiyi harcar. Sönüm kuvveti hızla orantılı olduğundan, hareket büyüdükçe enerji daha fazla sönümlenir. Böylece sönüm elemanı tarafından sönümlenen enerji ile kuvvet tarafından beslenen enerjinin eşit olduğu bir noktaya ulaşılır. Bu noktada sistem kendi maksimum genliğine ulaşır ve uygulanan kuvvet aynı kaldığı sürece bu genlikte titremeye devam eder. Eğer hiç sönüm yoksa, enerji yutacak hiçbir şey yoktur ve böylece hareket teorik olarak sonsuza gider.

#### 2.8.4. Frekans Tepki Fonksiyonu (FRF)

Bir titreşim probleminin çözümünü bir girdi/çıkı ilişkisi olarak görebiliriz. Burada kuvvet girdi titreşim ise çıktıdır. Eğer kuvveti ve titreşimi frekans tabanında gösterirsek(genlik ve faz) aşağıdaki ilişkiyi yazabiliriz:

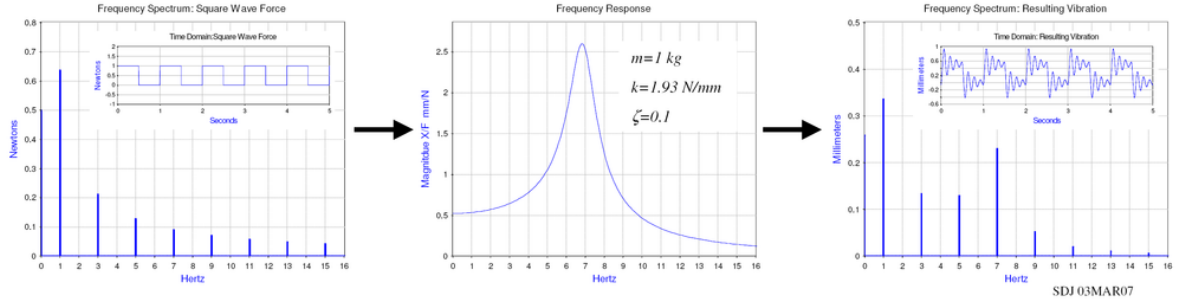
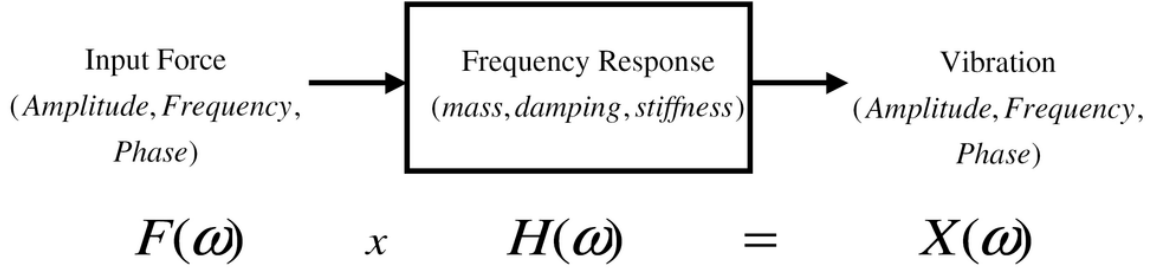
$$X(\omega) = H(\omega) * F(\omega) \text{ or } H(\omega) = \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \quad (2.15)$$

$H(\omega)$  frekans cevabı fonksiyonu olarak adlandırılır (aynı zamanda transfer fonksiyonu olarak da adlandırılır fakat teknik olarak çok doğru değildir) ve hem genlik hem de faz bileşenlerini (eğer kompleks sayı olarak gösterilirse reel ve sanal bileşenler) içerir.

$$|H(\omega)| = \left| \frac{X(\omega)}{F(\omega)} \right| = \frac{1}{k} \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}, \text{ where } r = \frac{f}{f_n} = \frac{\omega}{\omega_n} \quad (2.16)$$

FRF'nin fazı da aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\angle H(\omega) = \arctan \left( \frac{2\zeta r}{1-r^2} \right) \quad (2.17)$$



**Şekil 2.19.** Frekans Tepki Fonksiyonu Modeli

Frekans cevabı fonksiyonunun(FRF) illa ki sistemin kütlesi, direngenliği ve sönümü bilinerek hesaplanması gerekmez; deneysel olarak da ölçülebilir. Örneğin; eğer bilinen bir kuvvet uygularsak ve frekansı tararsak ve ardından çıkış fonksiyonunu ölçersek frekans cevap fonksiyonunu hesaplayabilir ve böylece sistemi karakterize etmiş oluruz. Bu teknik bir yapının titreşim karakteristiklerini belirlemek için deneysel modal analiz alanında kullanılır.

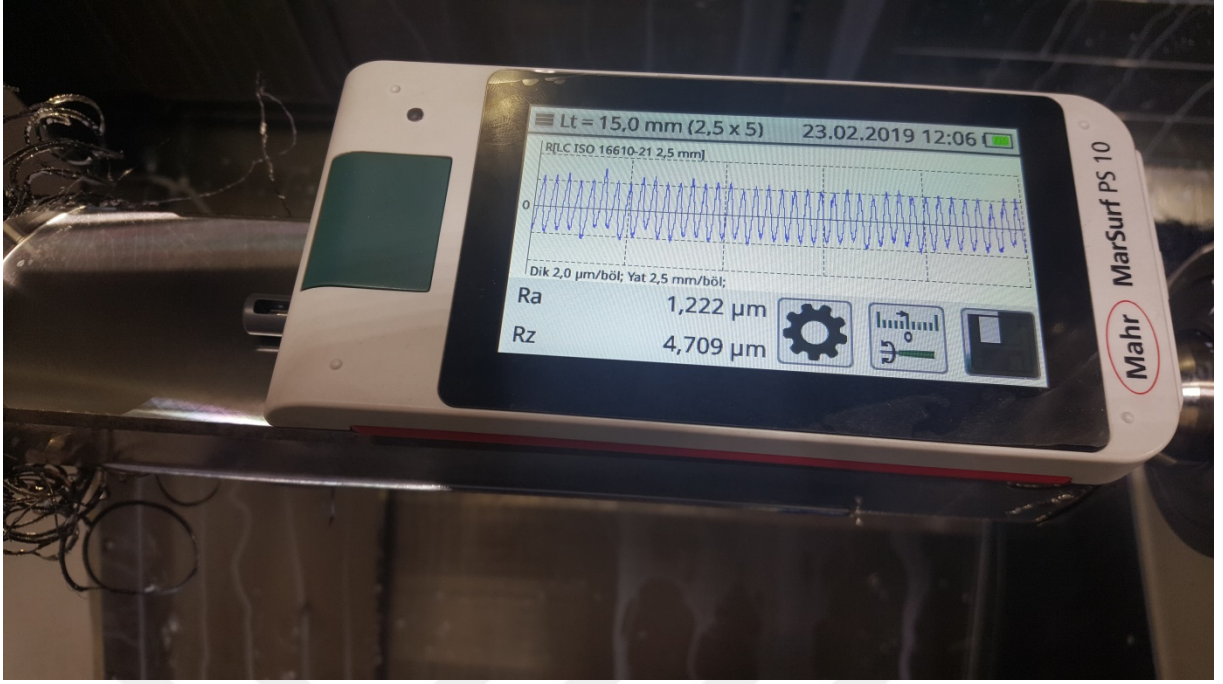
### 3. MATEYAL VE METOD

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneyler belirlenen parametrelerle gerçekleştirilmiştir. Öncelikle takım ve tezgâh hazırlanarak deney numunesi tezgah tablasına sabitlenmiştir. Takımın bağlanmasından sonra statik koşullarda komparatör aracılığıyla takımın tutucu gövdesindeki ve kesici uçlardaki salgıların ölçümü yapılmıştır. Deneye geçilmeden önce numunenin yüzeylerinde yer alan tufal tabakası 1 mm talaş kaldırma yoluyla işlenmiştir. Bu sayede yüzeyde paralellik elde edilmiş ve talaş derinliğinden kaynaklı muhtemel farklılıklar ortadan kaldırılmıştır. Veri kaydedilmeden önce tezgâhın bir süre boşa çalışması sağlanarak kararlılık elde edilmiştir. Takım numuneye bir taraftan tam talaşa girene kadar ve takım numunenin diğer tarafından çıktığı andan itibaren veri kaydı yapılmıştır. Titreşim verisi kesici takımın ilerleme yönünde kaydedilmiştir (y eksen). Çalışma için hazırlanmış olan deneysel ortamın şematik gösterimi Şekil 3.1’de yer almaktadır.

Burada Multus U3000 serisine ait tezgahın spindel merkezinde bulunan bir 3 eksenli ivmeölçer ve bunun tezgah ile bağlantısını sağlayan veri aktarma modülü kullanılmıştır. Tezgahın kendi opsiyonu olan titreşim verisi alma modülü deney numunelerini test ederken kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Deney setinin şematik görüntüsü



**Şekil 3.2.** Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı deney yapılışı

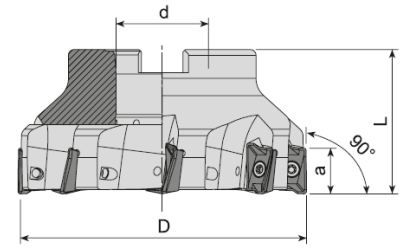
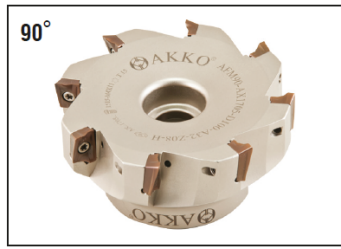
Bu çalışmada, belirlenen kesme şartları altında, değişken ağız açısına sahip yüzey frezeler kullanılarak, farklı kesme koşullarında kesme işlemleri yapılmış ve her kesici takımla yapılan yüzey frezeleme işlemleri sırasında tezgâhtan alınan titreşim verileri değerlendirilmiş ve her pasoda yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Bu çalışmada 54 adet frezeleme işlemi yapılmıştır. Deneyler bir 5 eksenli işleme merkezinde (MULTUS U3000) AISI 6150 imalat çeliğinden yapılmış 50x50x300 mm boyutlarında deney numuneleri üzerinde kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Yapılan testlerde farklı ağız açısına sahip üç adet yüzey freze tarama kafası kullanılarak, değişken talaş derinliklerinde kesme hızları değiştirilerek ve farklı ilerleme değerlerinde kesme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan tarama kafasına (AFM90-AX1235-D063-A22-Z08-H) P20 kalitesine sahip bir (DIJET AXMT 1235) kullanılmış ve kesici uç için kullanılan kesme koşulları üretici firmanın bilgileri dâhilinde uygulanmıştır. Deneylerde kullanılan kesme koşulları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Diğer tüm koşullar aynı kalmak koşulu ile değişken ağız açısına sahip 3 adet freze takımının titreşim değerleri ölçülmüş ve bunların yüzey pürüzlülüğü ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Tüm kesici takımların radyal ve aksenal açıları standart tutulmuştur. Tasarlanıp kullanılan yüzey freze takımlarının resmi Şekil 3.3’de ve yüzey freze takımları için kesici uç yerleşim açıları Şekil 3.4’de gösterilmiştir.

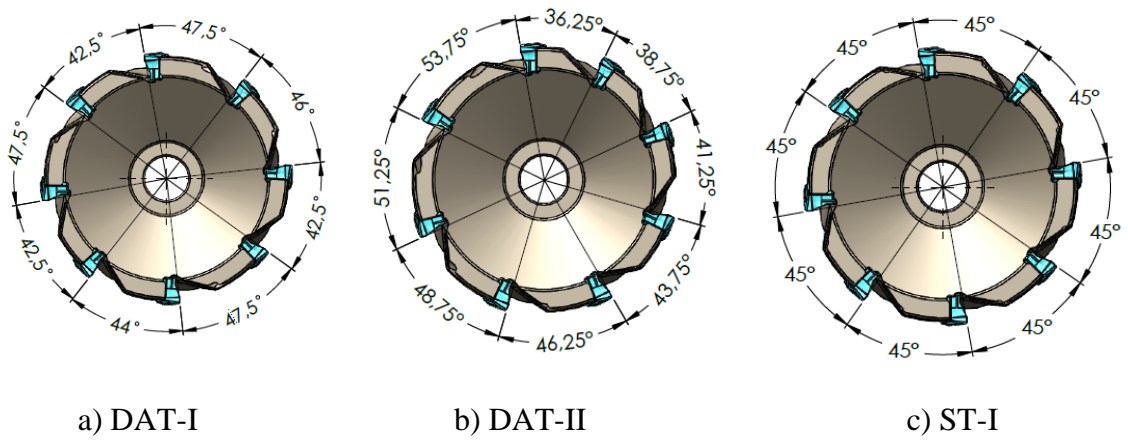
Tablo 3.1. Kesme parametreleri ve işleme şartları

Talaş derinliği	1.5 ve 1 mm		
Kesme Hızı (Vc) m/dk	300	350	400
İlerleme Hızı (f) mm/dk	500	600	700
Kesme Şartları	Kuru		



Takım Kodu Ordering Code Bestell-Bezeichnung	Stok Stock Lager	Takım Ölçüleri (mm) Dimension (mm) Abmessung (mm)					Kesici Uç Insert Wendeschneidplatte	Yedek Parçaları / Spare Parts / Ersatzteile		
		D	Z	d	L	a		Sıkma Vidası Screw Schraube	Tork Anahtar Torx Key Torx-Schlüssel	Montaj Vidası Mounting Screw Befestigungsschraube
AFM90-AX1235-D040-A16-Z06-H	●	40	6	16	40	10	AX.T 1235..	3108-M3x6	80-T08	2506-M8x30
AFM90-AX1235-D050-A22-Z07-H	●	50	7	22	40	10				2508-M10x30
AFM90-AX1235-D063-A22-Z08-H	●	63	8	22	40	10				2508-M10x30

Şekil 3.3. Freze çakısının genel özellikleri



a) DAT-I

b) DAT-II

c) ST-I

Şekil 3.4. Freze çakılarında kesici uç yerleşim adımları

### 3.1 Değişken Açılı Freze Takımının Matematiksel Modellenmesi

Lineer adım değişimi daha yüksek stabilite kazancı sağlar. Maksimum kazanç;

$$\Delta\epsilon = k \frac{2\pi}{N} \quad (k=1,2,\dots,N-1) \quad (3.1)$$

$$\Delta P = \pi \frac{n}{wc} \quad N \text{ için} \quad (3.2)$$

$$\Delta P = \pi \frac{n}{wc} \frac{(N+1)}{N} \quad N \text{ eklemek için} \quad (3.3)$$

n= Spindil hızı (rpm)

$\Delta\epsilon$ = Adım değişimi

N=Ağız sayısı

$$P_0 + (P_0 + \Delta P) + (P_0 + 2\Delta P) + \dots + [P_0 + (N-1) \Delta P] = 2\pi \quad (3.4)$$

$$P_0 = \frac{2\pi}{N} - \frac{(N-1) \Delta P}{2} \quad (3.5)$$

$$0.5 \pi < \Delta\epsilon < 1.5 \pi \quad (3.6)$$

$$\frac{n}{2\Delta P} \pi < wc < \frac{3n}{2\Delta P} \pi \quad (3.7)$$

N= 8 Kullanılan kesici uç: AXMT 123508

Takım Çapı: 63 mm

Wc:7850 rad/sn veya 1250 Hz (CutPro deney sonucunda bulunan doğal frekans)

n:1250 rpm veya 130 rad/sn

$$\Delta P = 180 \frac{130}{7850} \frac{(8-1)}{8} = 2.5 \quad (3.8)$$

$$P_0 = \frac{2 \cdot 180}{8} - \frac{(8-1) \cdot 2.5}{2} = 36.25^\circ \quad (\text{E. Budak,2003}) \quad (3.9)$$

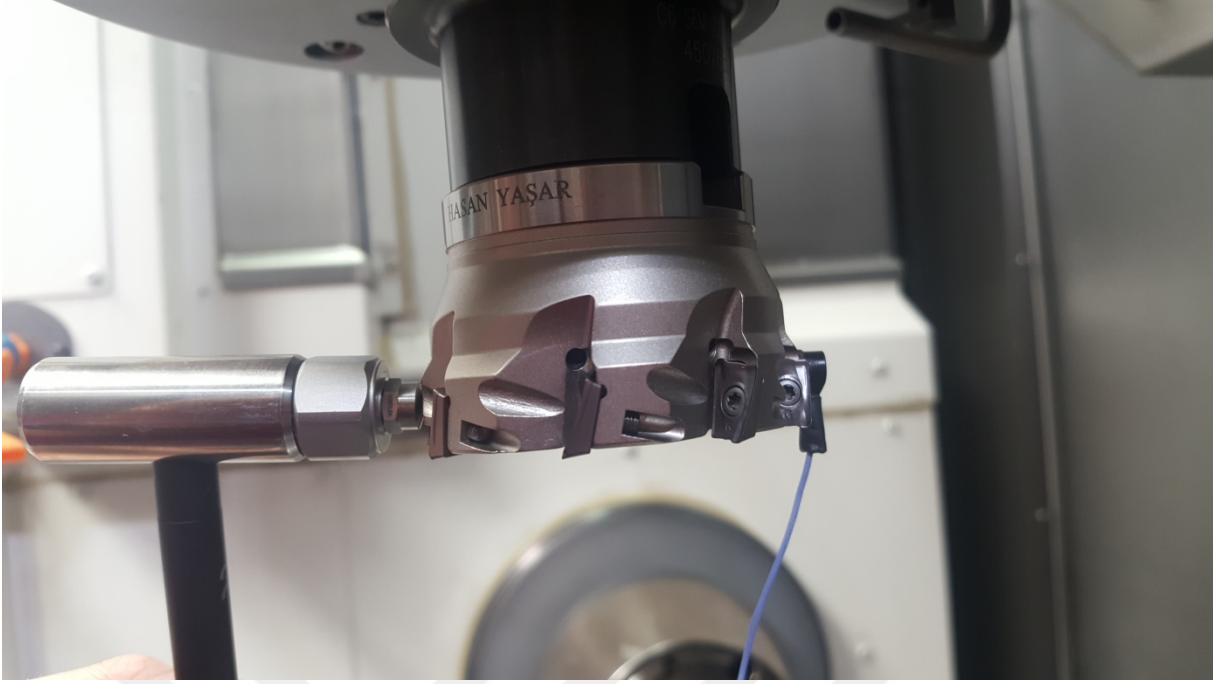
### 3.2 CutPro Çekiç Testi Uygulaması

Günümüzün en çok kullanılan modal test yöntemi olan "darbe çekici testi" giriş ve çıkış noktalarındaki FRF hesaplanması yöntemiyle uygulanır. Giriş çekicinin uyguladığı kuvvet, çıkış ise algılayıcının kaydettiği titreşim (ivme)' dir. Kuvvet sensörü, genliğin ve test ögesine verilen uyarı enerjisinin frekans içeriğinin ölçülebilmesini sağlar. İvmeölçerler ise çekicinin vuruşuna bağlı olarak yapının cevabını ölçmek üzere çekiçle birlikte kullanılırlar. Her çekiç modelinde bulunan çekiç uçlarının çeşitliliği, test edilen yapının ihtiyaçlarına göre uygulanan kuvvetin enerji içeriğinin ayarlanabilmesine izin verir.

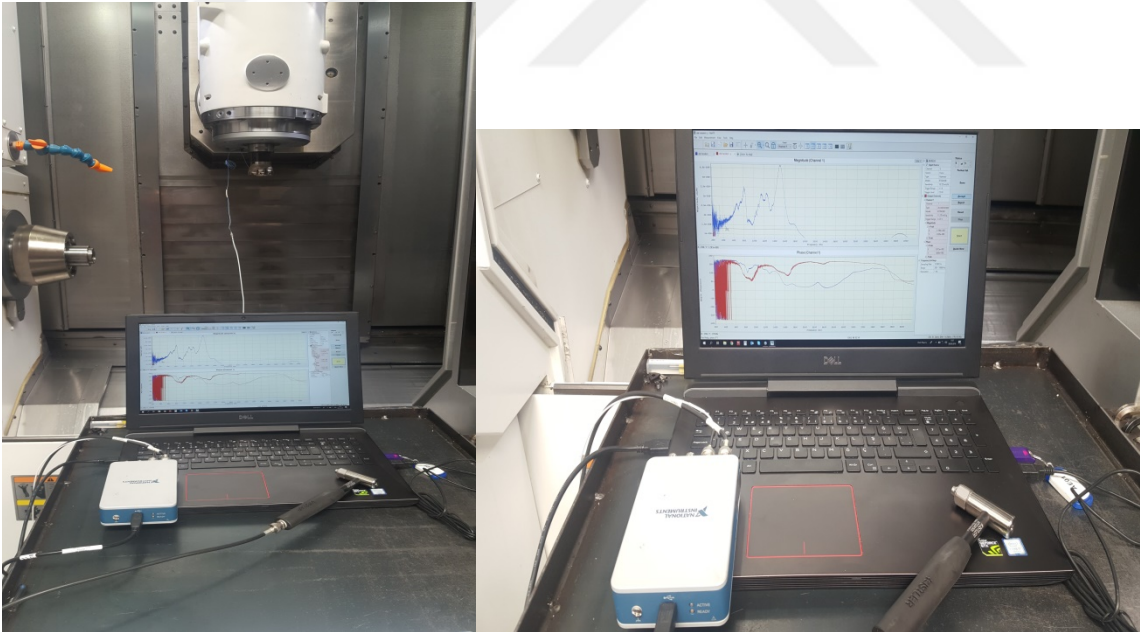
Parçadaki bazı özellikleri öğrenmek için kullanılan CutPro deney setinde tek eksenli bir ivmeölçer ve ivmeölçerin bağlandığı ekseninin tam karşısına gelecek şekilde çekiç darbesi uygulanır. Bu işlem sonucunda malzemenin FRF değerleri öğrenilir. Çekicinin, ivmeölçerin bağlandığı eksen ile mümkün olduğunca mükemmel bir şekilde hizalanmasına gerekmektedir. Elbette bu uygulanırken bazı aksaklıklar ve göz hataları olacaktır. Farklı ağız açısına sahip bir takım kullanıyorsanız, birbirine zıt iki ağızımız olmayacak ve sensör için farklı bir ölçüm yeri veya çekicinin yapısını ,uyarması için farklı bir konum kullanmamız gerekecektir.(Şekil 3.5)

Burada elde edilen FRF değerleri, malzemeye 1 Newton kuvvet uyguladığımızda malzeme üzerindeki oynama miktarını göstermektedir. Bu değerler elde edilerek ve kullanılarak bir çok özellik hakkında bilgi sahibi oluna bilinmektedir. Bunlar ;

- Malzemenin doğal frekansı(Hz)
- Sönümlenme oranı
- FRF değerleri (m/N)
- Malzemenin rijitliği (N/m)



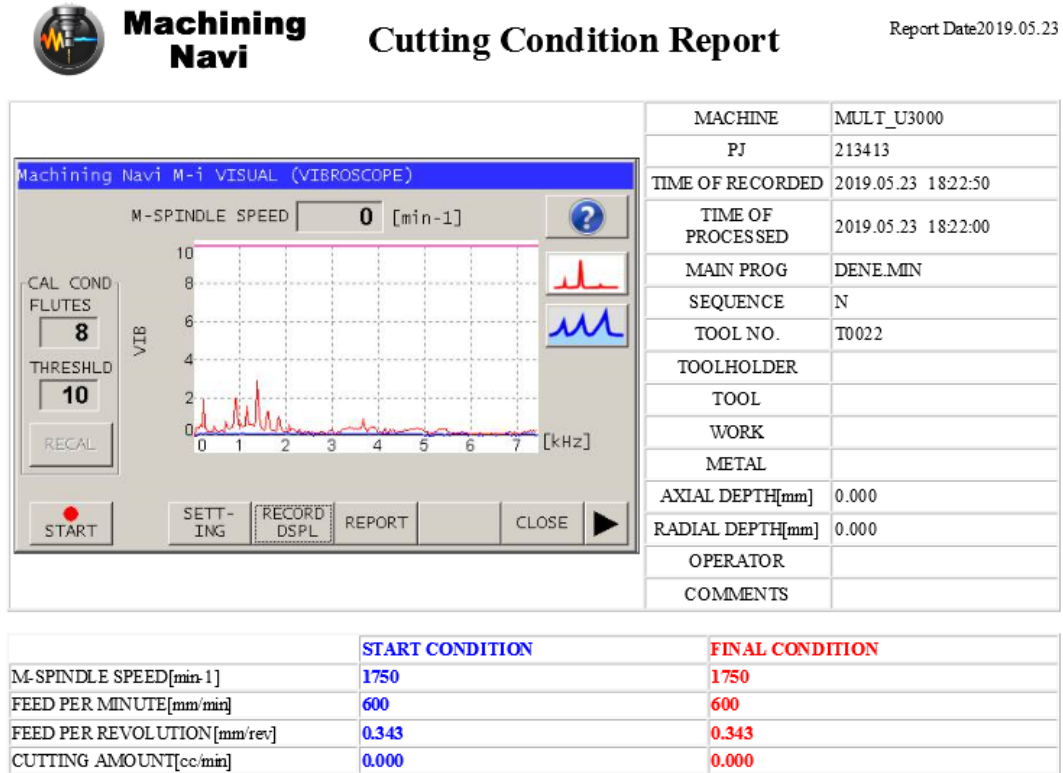
Şekil 3.5. CutPro deney setinin görüntüsü



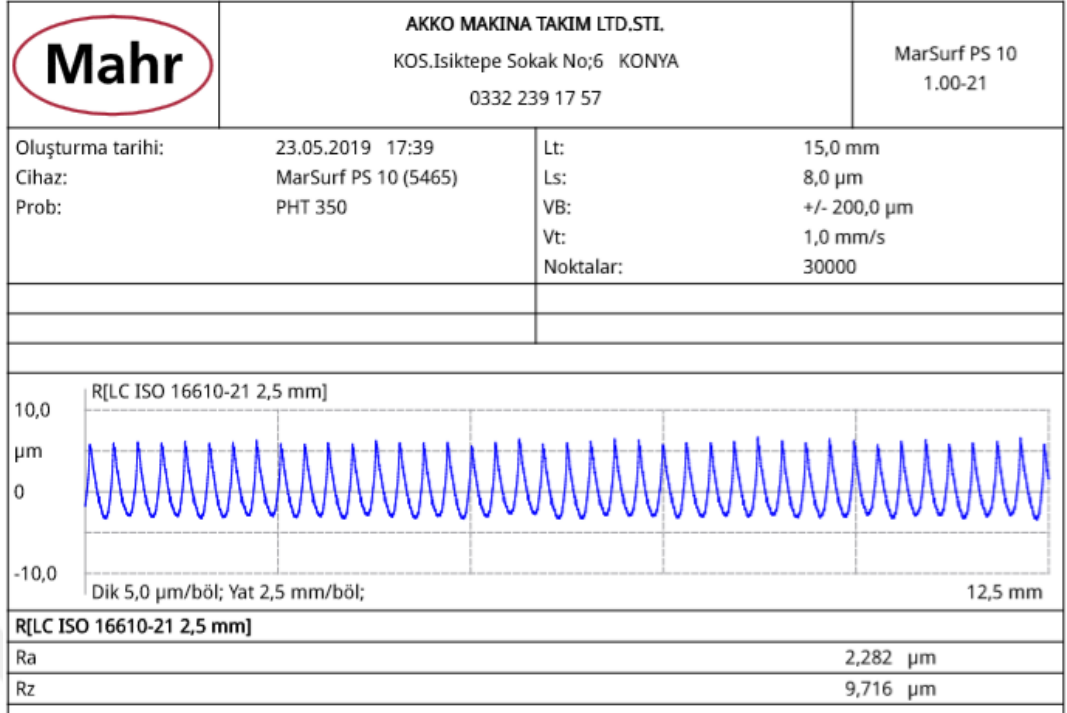
Şekil 3.6. CutPro deney yapılış aşamasının görüntüsü

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan bu deneysel çalışma kapsamında farklı adımlardaki kesici ağızlı freze çakıları kullanılmıştır. Farklı kesme parametreleriyle gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemlerinin neticesinde ortaya çıkan tırlama titreşimleri ve bu titreşimlerin yüzeyin pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Aşağıdaki grafikler sabit tutulan işleme parametreleri sonrasında elde edilmiştir. Takım davranışlarının yorumlanmasında bunlar kullanılacaktır.

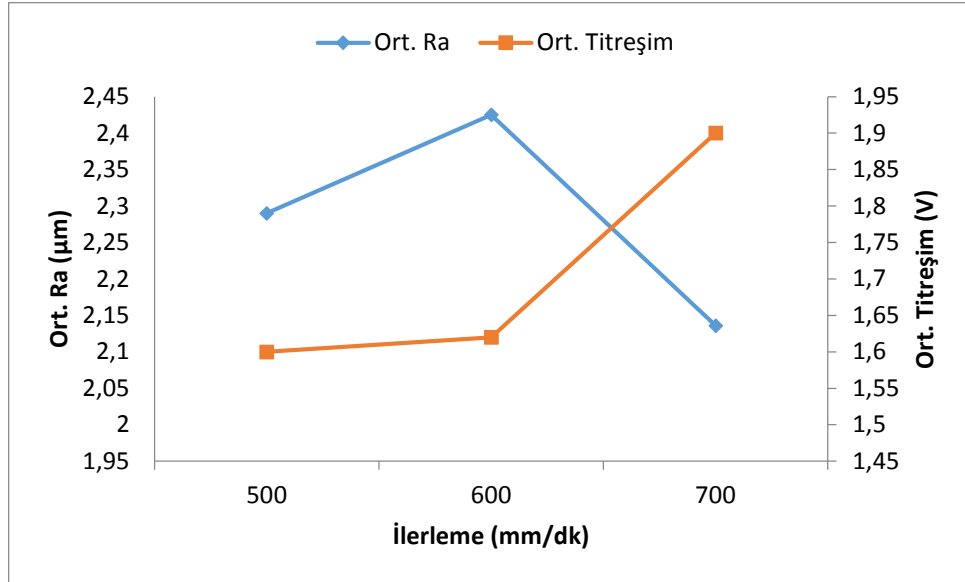


Şekil 4.1. Deney esnasında alınan titreşim veri kayıtları

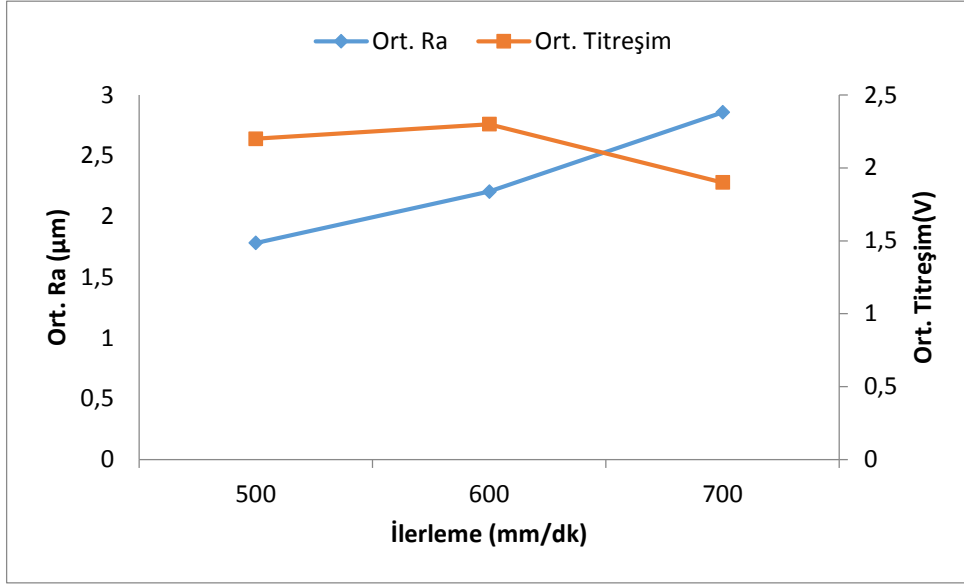


Şekil 4.2. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük değerlerinin örnek görüntüsü

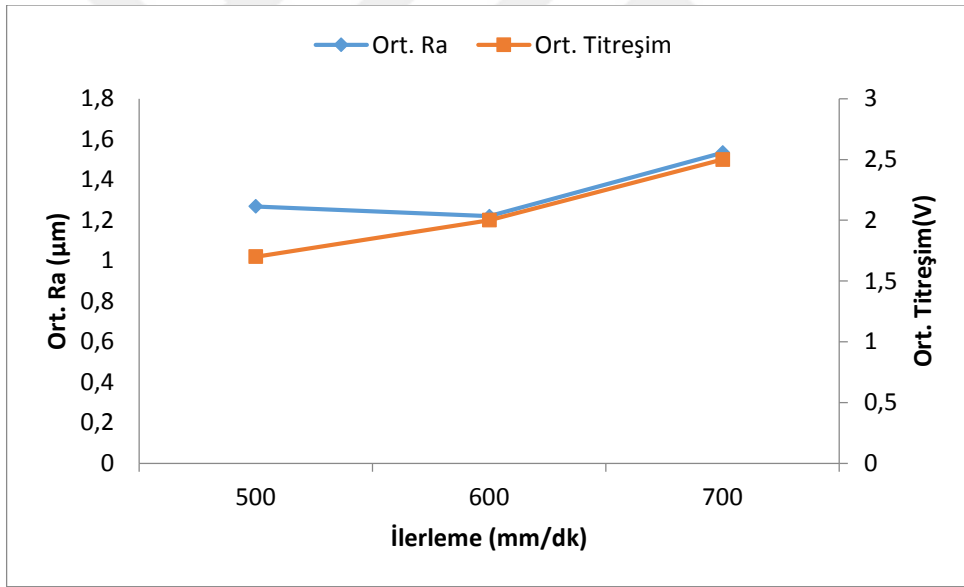
a: 1,5 mm için yapılan deney sonuçları;



Şekil 4.3. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.4. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $a=1.5$ )

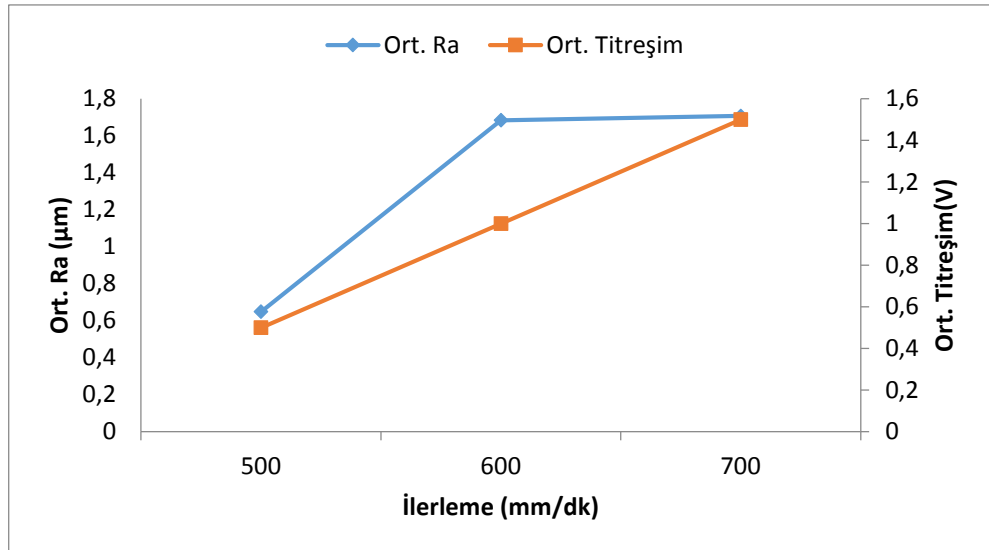


Şekil 4.5. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $a=1.5$ )

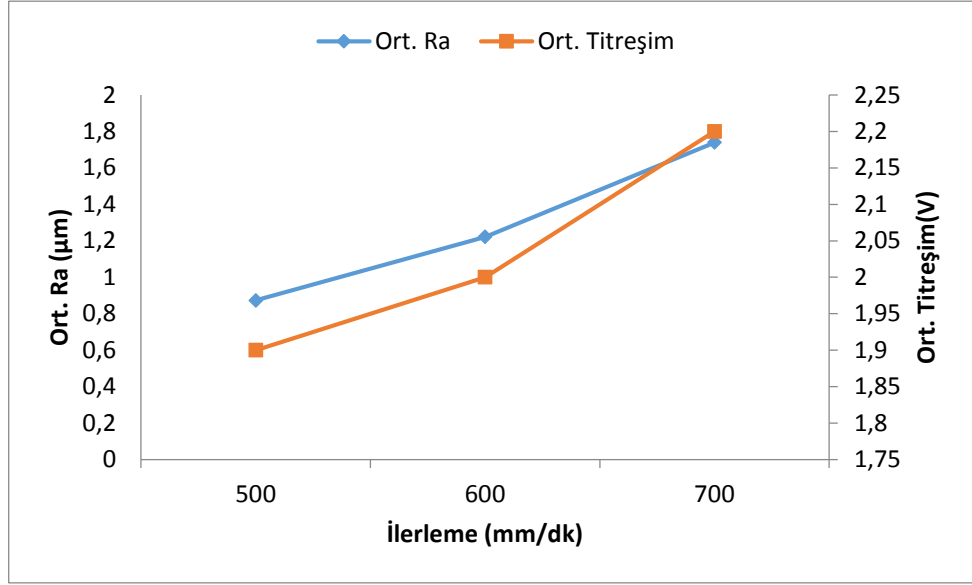
**Tablo 4.1.** DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=300,350,400$  mm/dk , $f=500,600,700$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI DEĞİŞKEN RASTGELE)	300	500	2,29	1,6
	300	600	2,425	1,62
	300	700	2,136	1,9
	350	500	1,782	2,2
	350	600	2,205	2,3
	350	700	2,857	1,9
	400	500	1,268	1,7
	400	600	1,22	2
	400	700	1,534	2,5

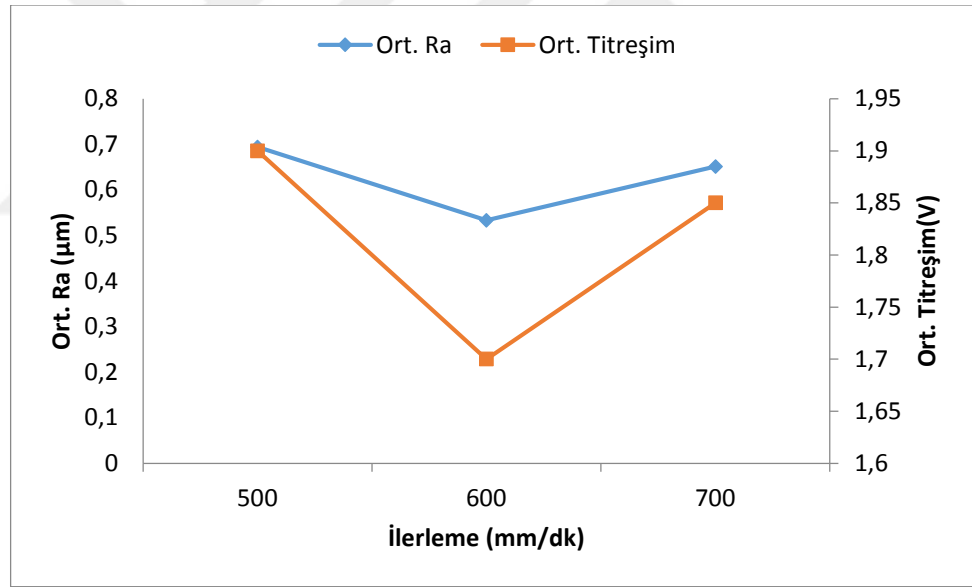
Şekil 4.3 , 4.4 ve 4.5 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. DAT-I kodlu takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 400 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın daha iyi bir yüzey pürüzlülüğü ve daha düşük titreşim değeri verdiği gözlemlenmiştir. Fakat titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakındır.



**Şekil 4.6.** DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.7. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

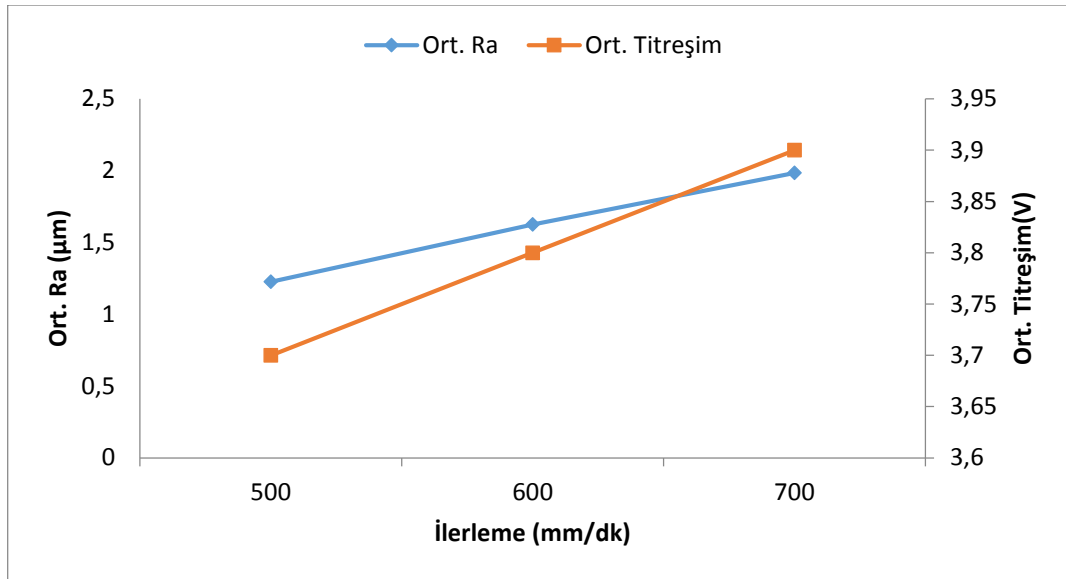


Şekil 4.8. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

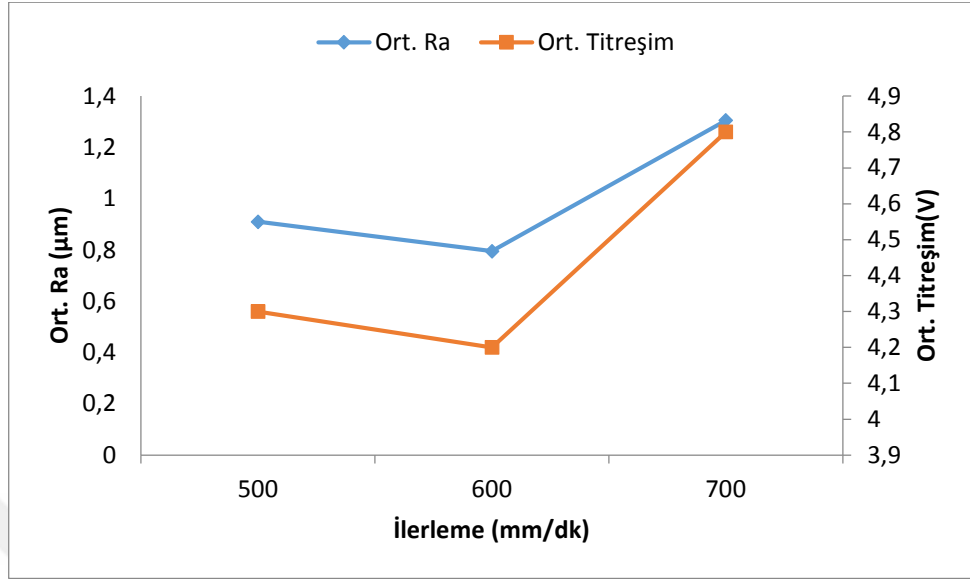
**Tablo 4.2.** DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu (a=1.5)

	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-II NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI DEĞİŞKEN SIRALI)	300	500	0,649	0,5
	300	600	1,684	1
	300	700	1,707	1,5
	350	500	0,873	1,9
	350	600	1,222	2
	350	700	1,74	2,2
	400	500	0,694	1,9
	400	600	0,533	1,7
	400	700	0,651	1,85

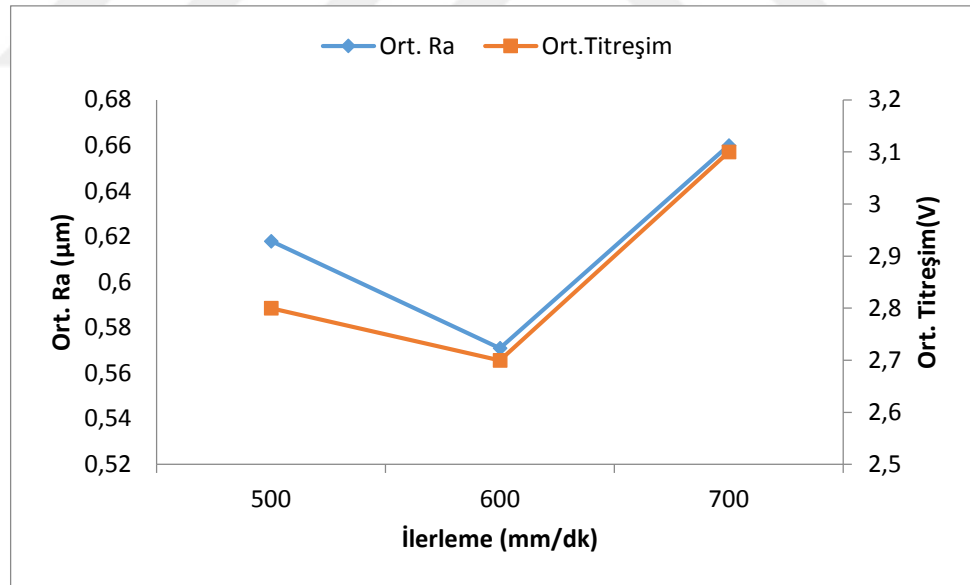
Şekil 4.6 , 4.7 ve 4.8 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın daha iyi bir yüzey pürüzlülüğü ve daha düşük titreşim değeri verdiği gözlemlenmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde düşük ilerleme hızlarında hem titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü olarak daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 4.9. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.10. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

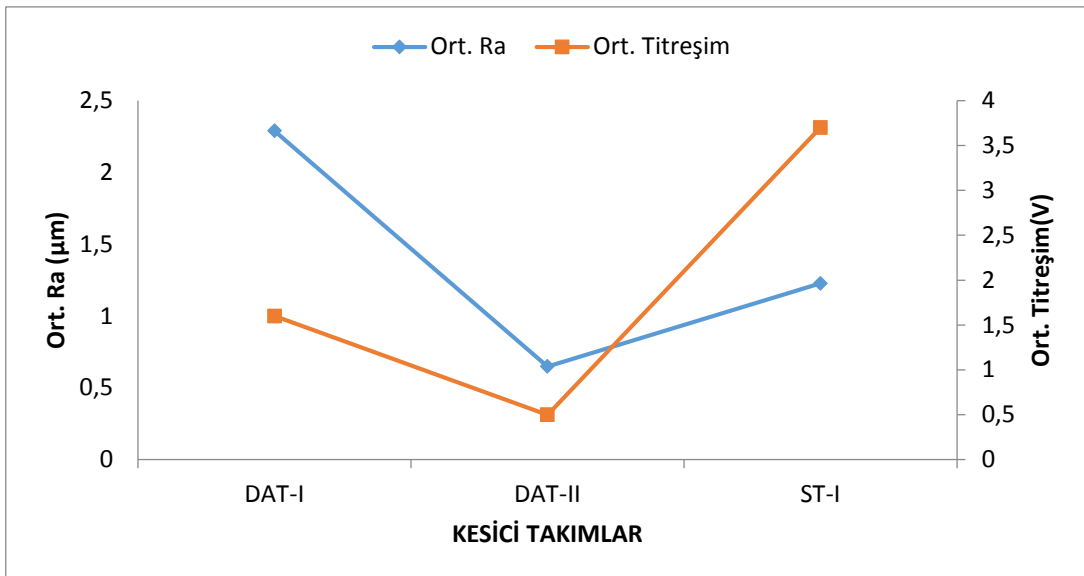


Şekil 4.11. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

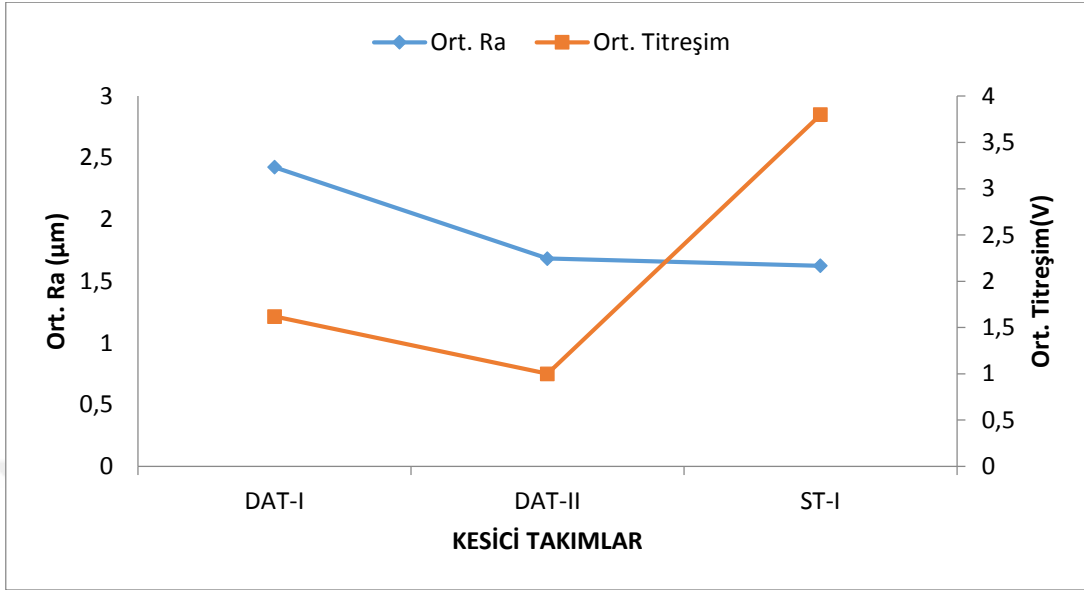
**Tablo 4.3.** ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu  
(a=1.5)

	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
ST-I NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI STANDART EŞİT)	300	500	1,227	3,7
	300	600	1,626	3,8
	300	700	1,985	3,9
	350	500	0,91	4,3
	350	600	0,795	4,2
	350	700	1,305	4,8
	400	500	0,618	2,8
	400	600	0,571	2,7
	400	700	0,66	3,1

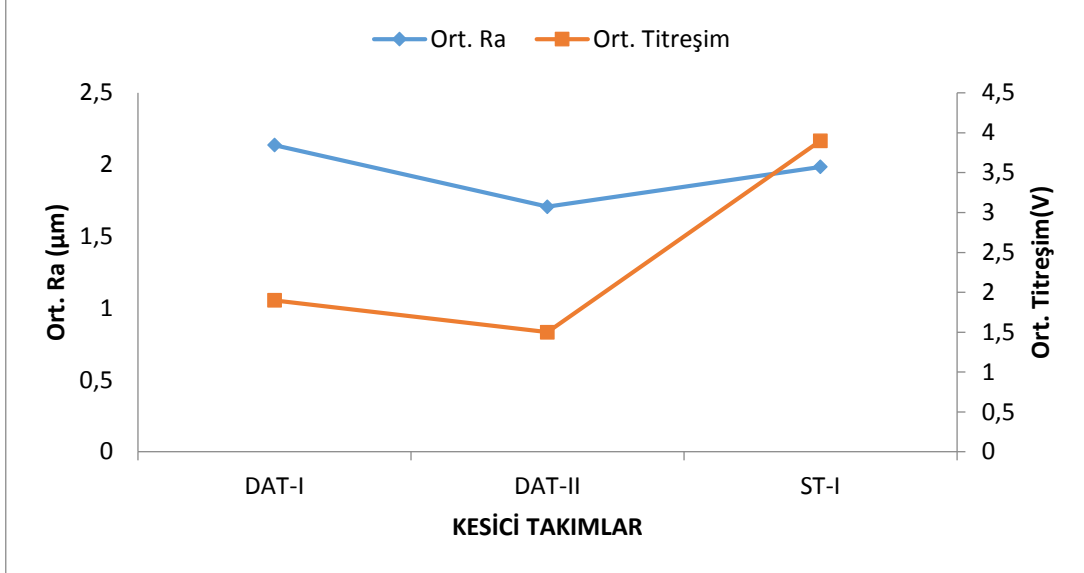
Şekil 4.9 , 4.10 ve 4.11 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. ST-I numaralı takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 400 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın daha iyi bir yüzey pürüzlülüğü ve daha düşük titreşim değeri verdiği gözlemlenmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde düşük ilerleme hızlarında hem titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü olarak daha iyi bir sonuç vermiştir.



**Şekil 4.12.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



**Şekil 4.13.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

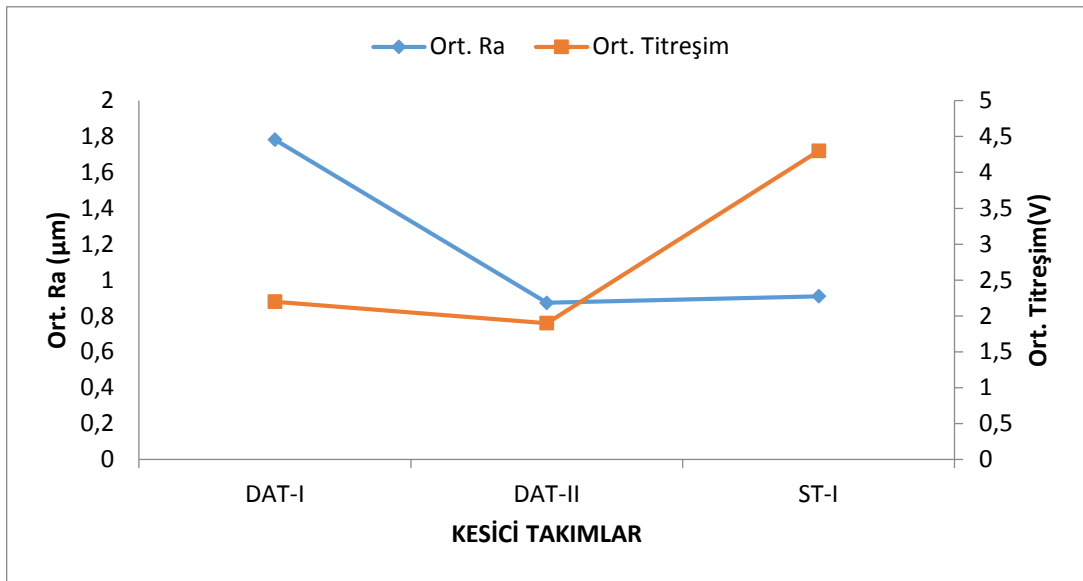


**Şekil 4.14.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

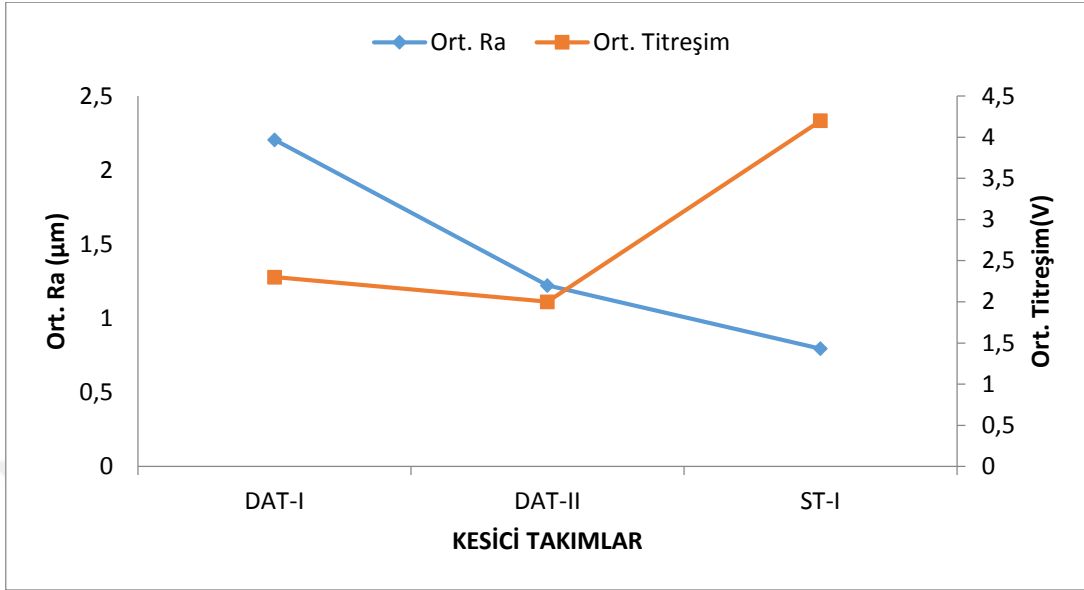
**Tablo 4.4.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu  
(a=1.5)

	KESME HIZI (Vc) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I	300	500	2,29	1,6
	300	600	2,425	1,62
	300	700	2,136	1,9
DAT-II	300	500	0,649	0,5
	300	600	1,684	1
	300	700	1,707	1,5
ST-I	300	500	1,227	3,7
	300	600	1,626	3,8
	300	700	1,985	3,9

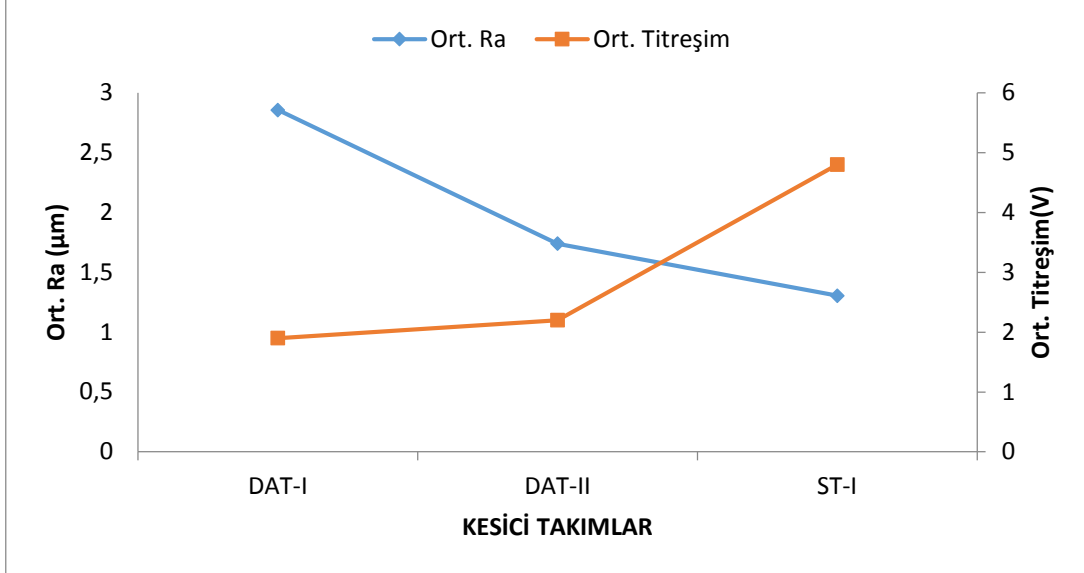
Şekil 4.12 , 4.13 ve 4.14 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.



**Şekil 4.15.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



**Şekil 4.16.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

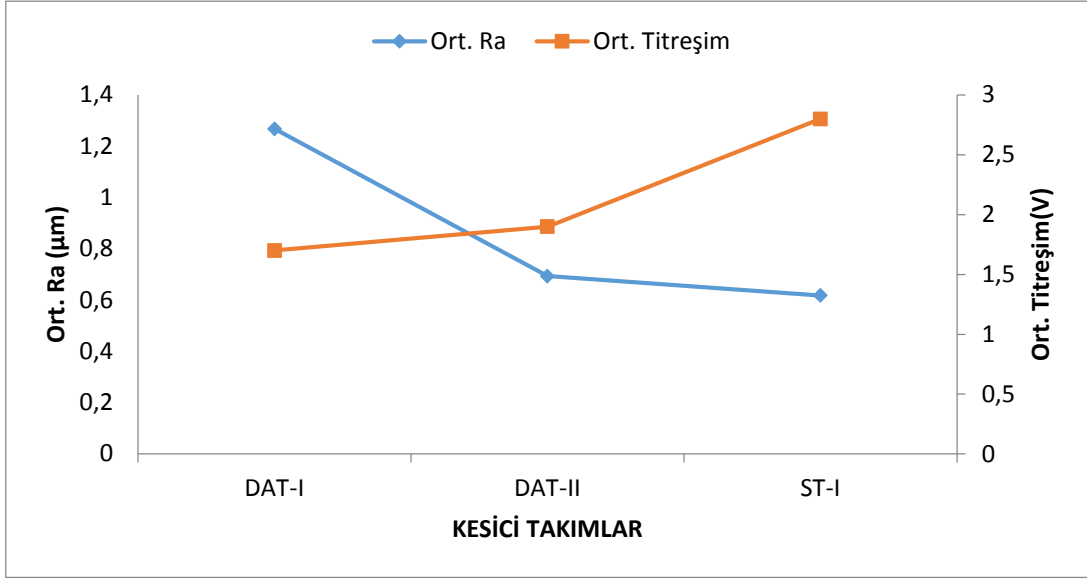


**Şekil 4.17.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

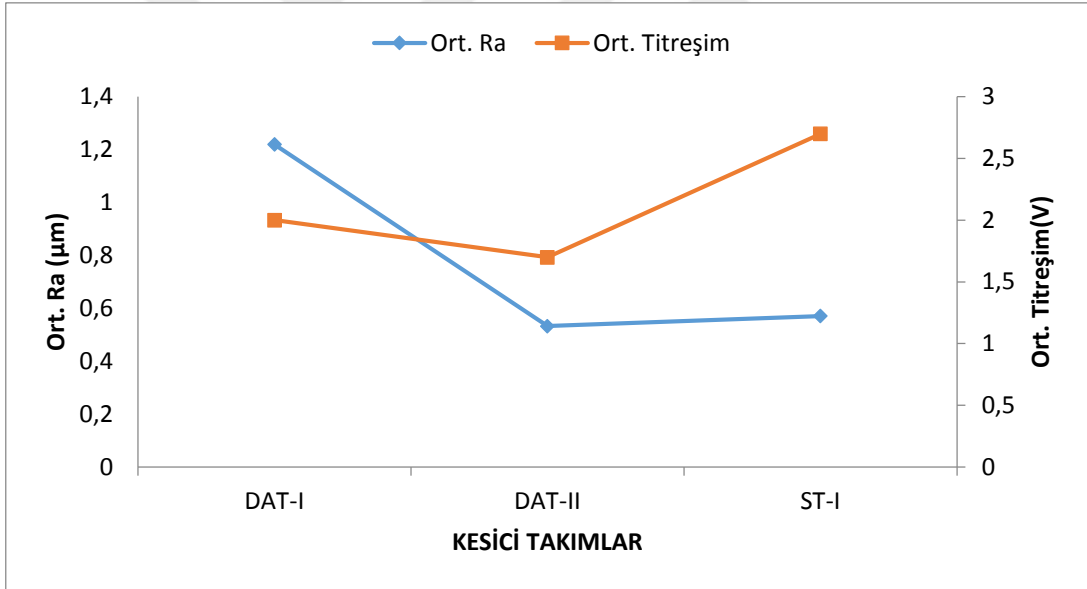
**Tablo 4.5.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu (a=1.5)

	<b>KESME HIZI (Vc) (m/dk)</b>	<b>İLERLEME (f) (mm/dk)</b>	<b>ORT. Ra</b>	<b>ORT. TİTREŞİM (VIB)</b>
<b>DAT-I</b>	350	500	1,782	2,2
	350	600	2,205	2,3
	350	700	2,857	1,9
<b>DAT-II</b>	350	500	0,873	1,9
	350	600	1,222	2
	350	700	1,74	2,2
<b>ST-I</b>	350	500	0,91	4,3
	350	600	0,795	4,2
	350	700	1,305	4,8

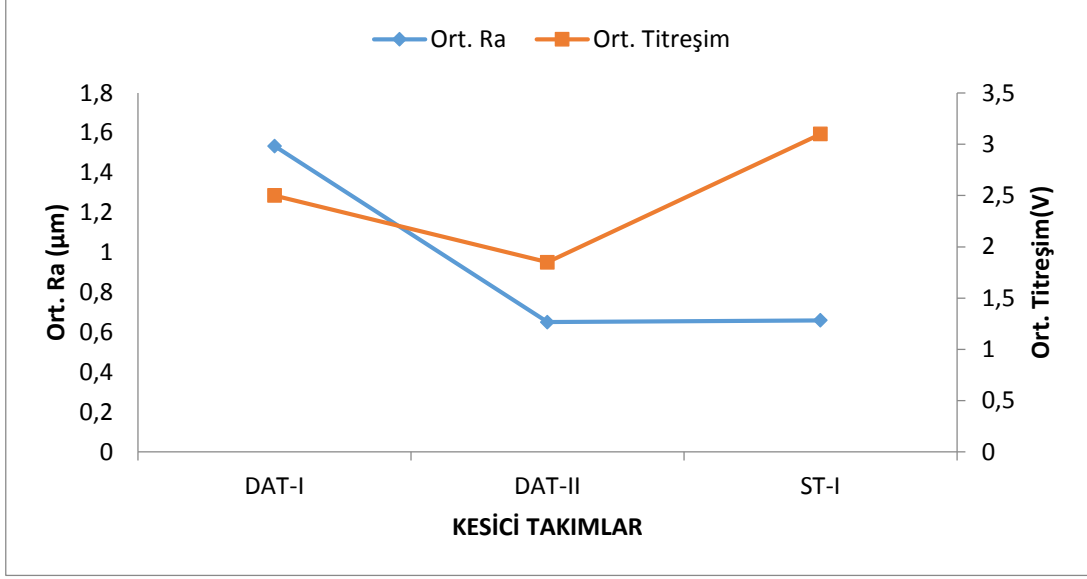
Şekil 4.15 , 4.16 ve 4.17 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.



**Şekil 4.18.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



**Şekil 4.19.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.20. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1.5$ )

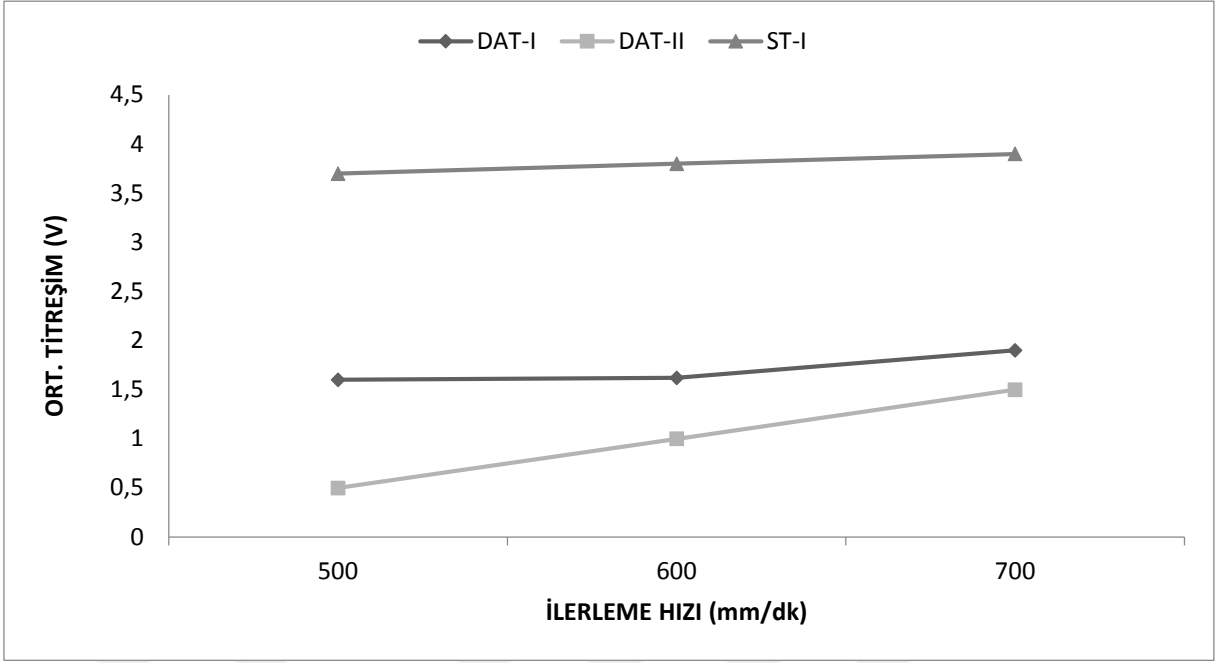
Tablo 4.6. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1.5$ )

	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I	400	500	1,268	1,7
	400	600	1,22	2
	400	700	1,534	2,5
DAT-II	400	500	0,694	1,9
	400	600	0,533	1,7
	400	700	0,651	1,85
ST-I	400	500	0,618	2,8
	400	600	0,571	2,7
	400	700	0,66	3,1

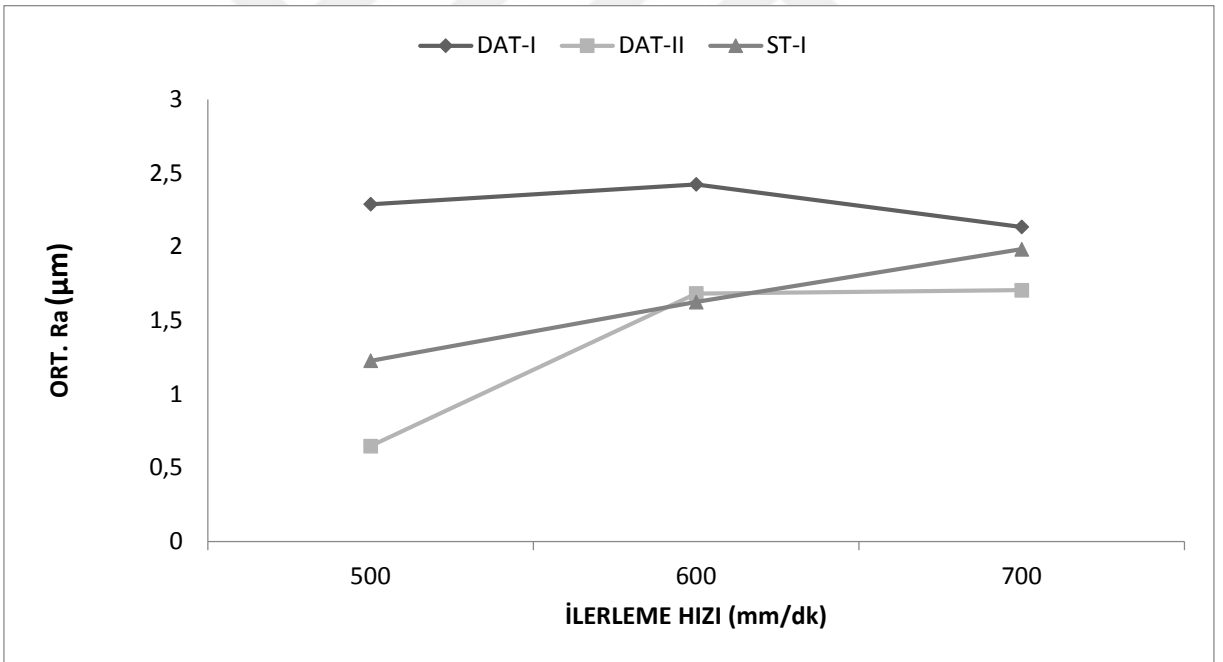
Şekil 4.18 , 4.19 ve 4.20 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.

**Tablo 4.7.** Tüm takımların yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim değerleri (a=1.5)

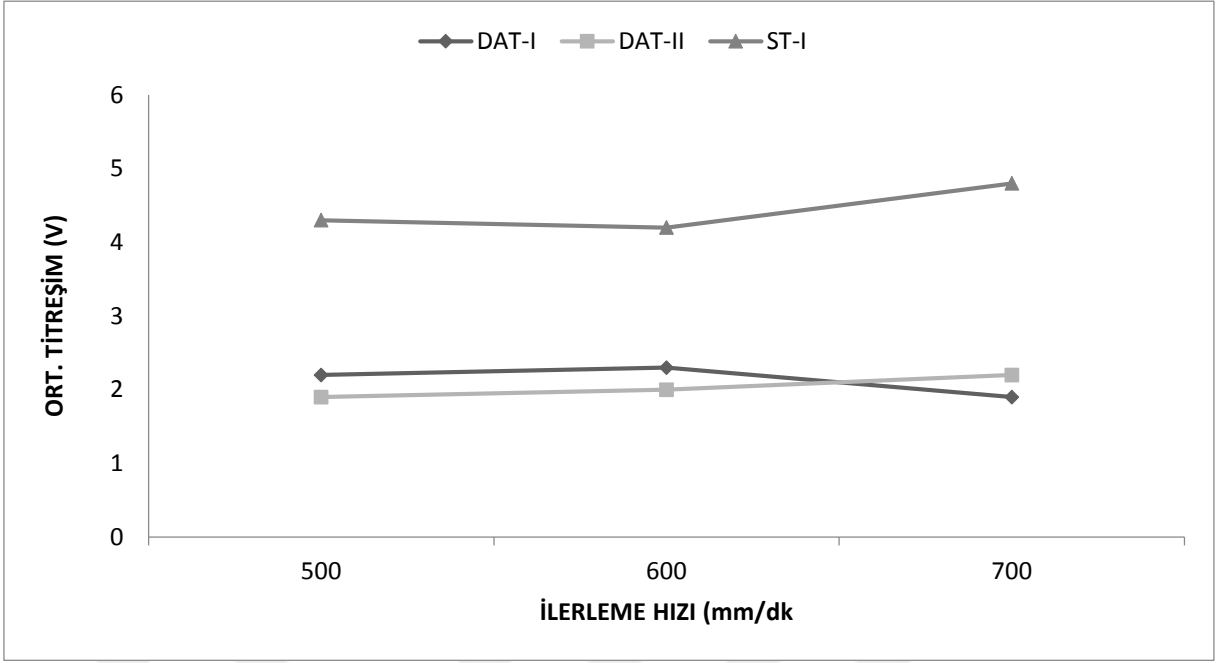
<b>DAT-I</b>	<b>Kesme Hızı (m/dk)</b>	<b>İlerleme Hızı (mm/dk)</b>	<b>Paso (mm)</b>	<b>Ra (µm)</b>	<b>Rz(µm)</b>	<b>VIB (V)</b>	<b>F( KHz)</b>
1 deney	300	500	1,5	2,29	11,084	1,6	1,5
2 deney	300	600	1,5	2,425	9,53	1,62	1,48
3 deney	300	700	1,5	2,136	8,293	1,9	1,4
4 deney	350	500	1,5	1,782	10,24	2,3	1,35
5 deney	350	600	1,5	2,205	11,028	2,2	1,5
6 deney	350	700	1,5	2,857	11,556	1,9	3
7 deney	400	500	1,5	1,268	6,795	1,7	1,3
8 deney	400	600	1,5	1,22	4,989	2	1,8
9 deney	400	700	1,5	1,534	6,181	2,5	1,7
<b>DAT-II</b>							
10 deney	300	500	1,5	0,649	3,884	0,5	0,9
11 deney	300	600	1,5	1,684	7,79	1	1,5
12 deney	300	700	1,5	1,707	6,413	1,5	1,3
13 deney	350	500	1,5	0,873	4,211	1,9	1,4
14 deney	350	600	1,5	1,222	4,709	1,9	1,4
15 deney	350	700	1,5	1,74	7,043	2	1,3
16 deney	400	500	1,5	0,694	3,272	1,7	1,3
17 deney	400	600	1,5	0,533	2,605	1,9	1,35
18 deney	400	700	1,5	0,651	3,207	2,1	1,3
<b>ST-I</b>							
19 deney	300	500	1,5	1,227	5,797	3,8	1,4
20 deney	300	600	1,5	1,626	7,361	3,7	1,3
21 deney	300	700	1,5	1,985	7,926	3,7	1,4
22 deney	350	500	1,5	0,91	4,627	4,1	1,35
23 deney	350	600	1,5	0,795	4,453	4,5	1,33
24 deney	350	700	1,5	1,305	6,108	4,8	1,32
25 deney	400	500	1,5	0,618	3,869	2,8	1,28
26 deney	400	600	1,5	0,571	3,51	3,8	1,3
27 deney	400	700	1,5	0,66	4,168	3,1	1,25



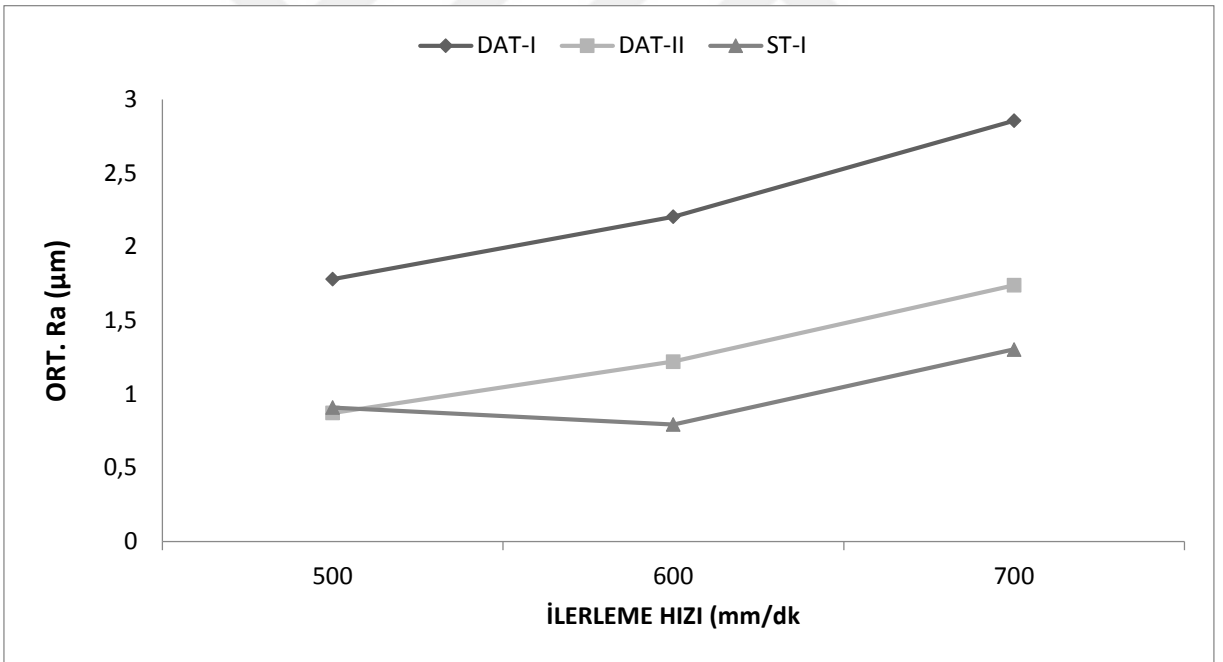
Şekil 4.21. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )



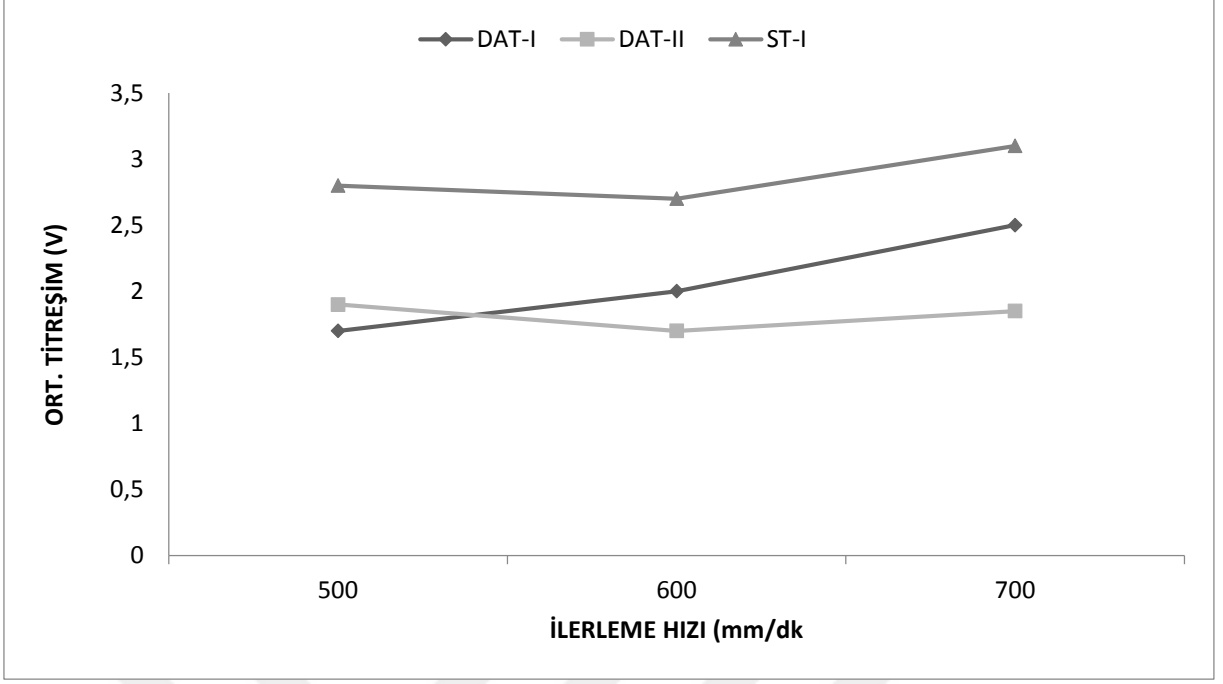
Şekil 4.22. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=300$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )



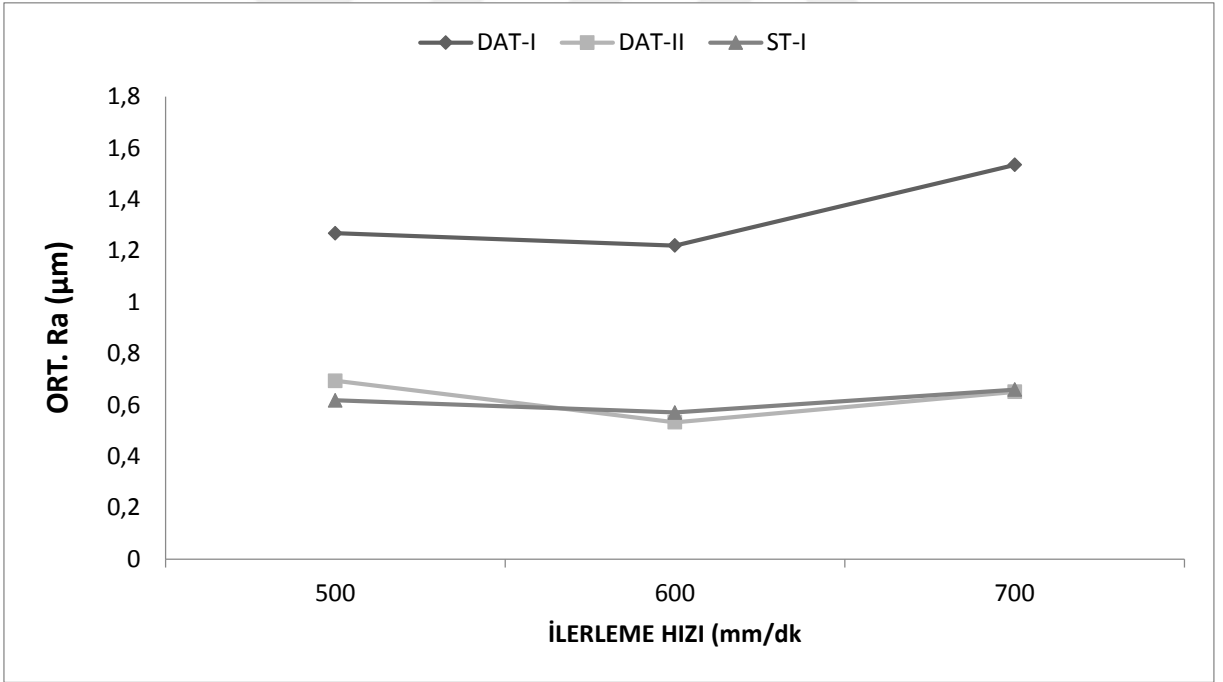
Şekil 4.23. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.24. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=350$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )



Şekil 4.25. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )



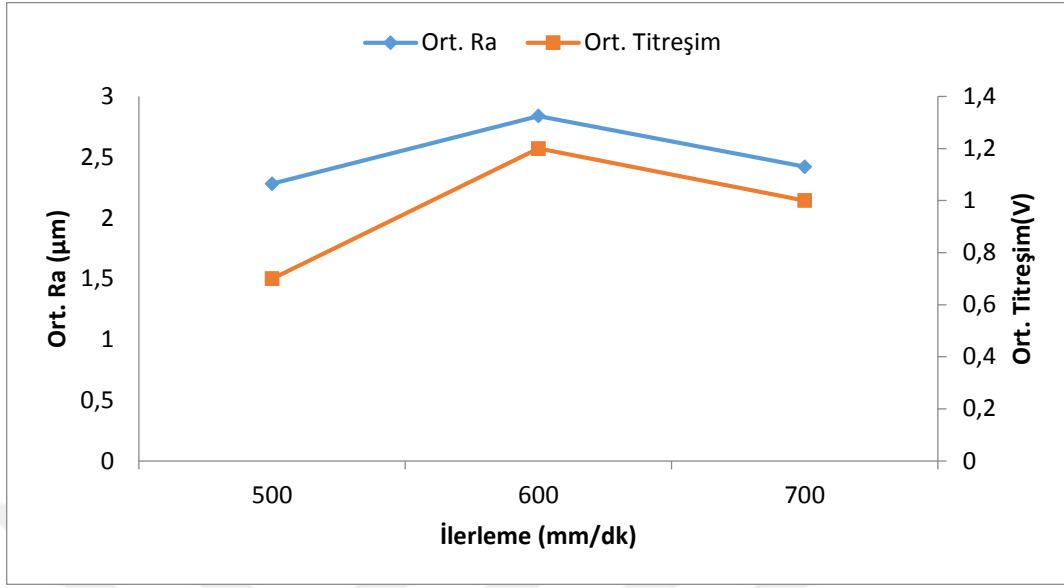
Şekil 4.26. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=400$  m/dk ,mm/dk ,  $a=1.5$ )

Şekil 4.21 , 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26 grafikler incelendiğinde kesme hızı ve kesme derinliği sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu

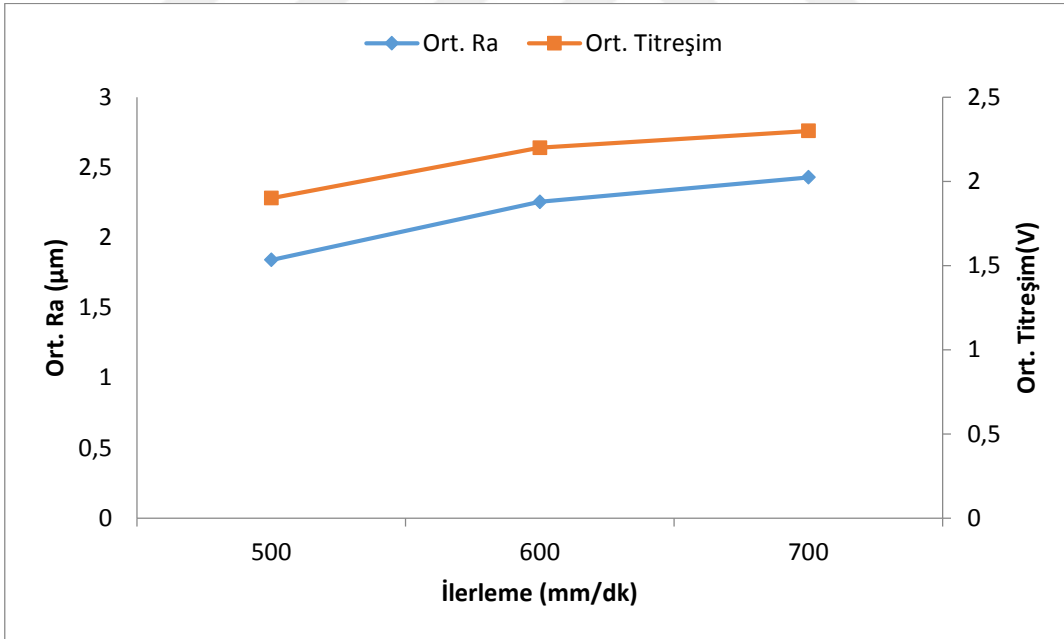
görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Üç takım aralarında karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın en iyi sonuçları verdiği , ST-I numaralı takımın ise diğer takımlara göre daha kötü bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; eşit ağız açılarıyla yerleştirilmiş her bir kesici ucun iş parçasına dalma sıraları eşit zamanlı gerçekleşir. Farklı ağız açlarına sahip freze takımlarına yerleştirilmiş kesici uçlar ise açılal farklılıklarından dolayı farklı zaman dilimlerinde iş parçasına dalarlar. Farklı ağız açlarına sahip frezelere yerleştirilmiş kesici uçların meydana getirdiği salınım frekansları, eşit aralıklarla yerleştirilmiş kesici uçların meydana getirdiği salınım frekansından farklı değerler oluşturur. Bu sebeplerden ötürü, kesici uç yerleşim aralıkları  $2,5^{\circ}$  ardışık değişken açılarda yerleştirilmiş olan DAT-II numaralı takımın, daha iyi titreşim ve yüzey pürüzlülüğü olduğu söylenebilir.

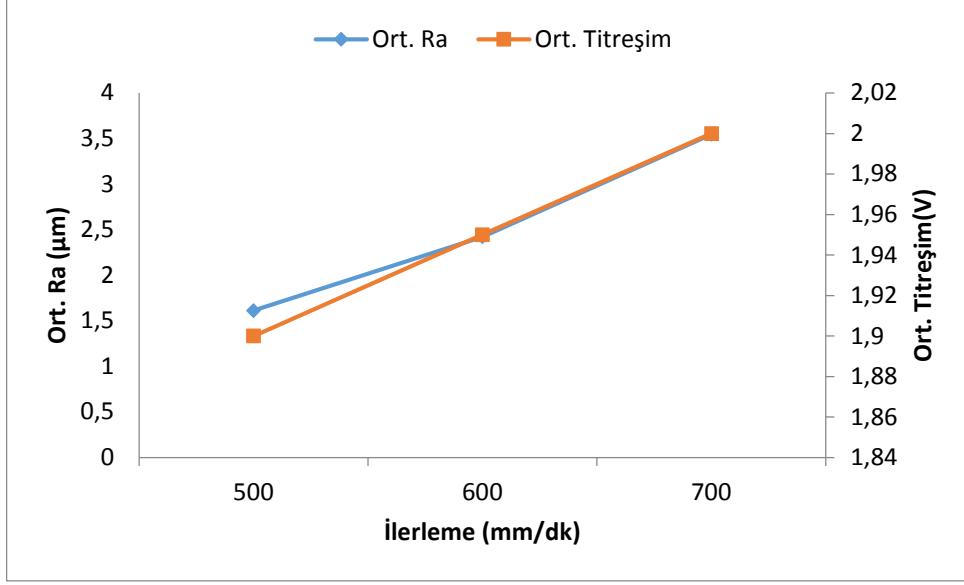
**a:1 mm için yapılan deney sonuçları;**



**Şekil 4.27.** DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $a=1$  mm)



**Şekil 4.28.** DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $a=1$  mm)

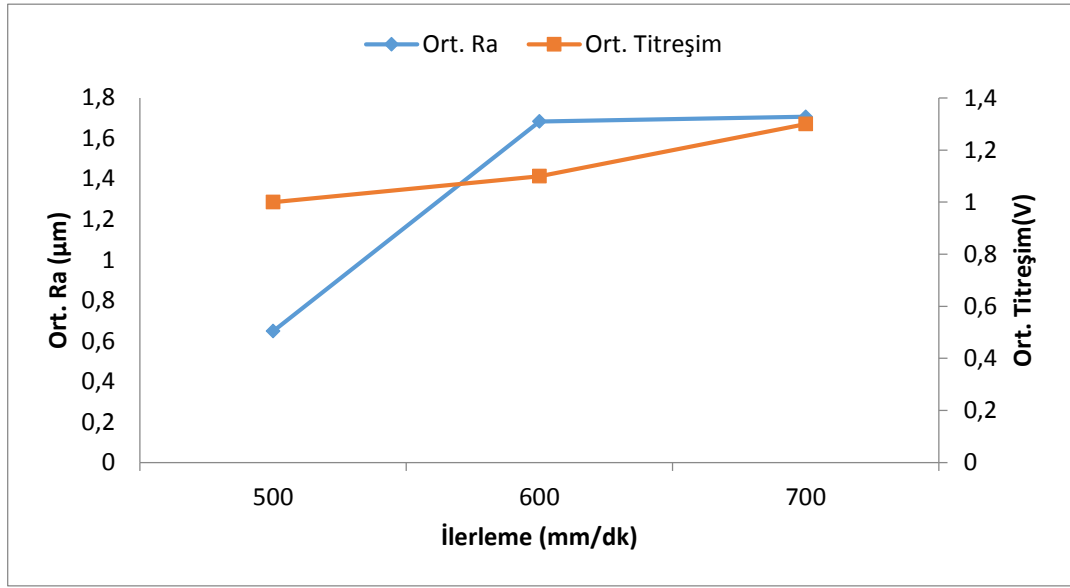


Şekil 4.29. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk,  $a=1$  mm)

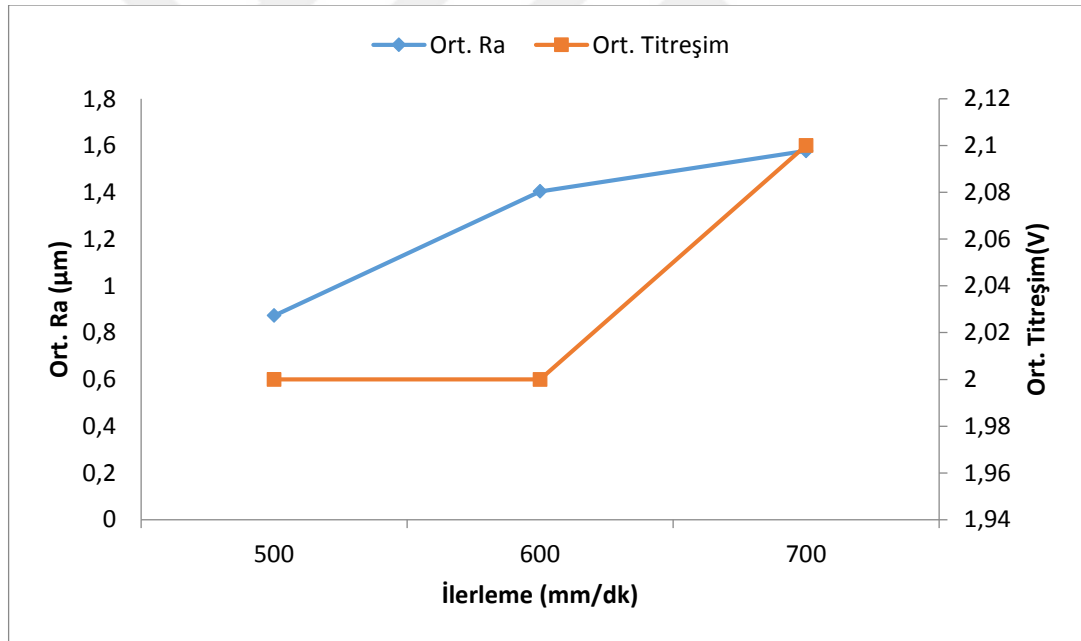
Tablo 4.8. DAT-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$  mm)

	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI DEĞİŞKEN RASTGELE)	300	500	2,282	0,7
	300	600	2,839	1,2
	300	700	2,421	1
	350	500	1,84	1,9
	350	600	2,254	2,2
	350	700	2,429	2,3
	400	500	1,612	1,9
	400	600	2,423	1,95
	400	700	3,547	2

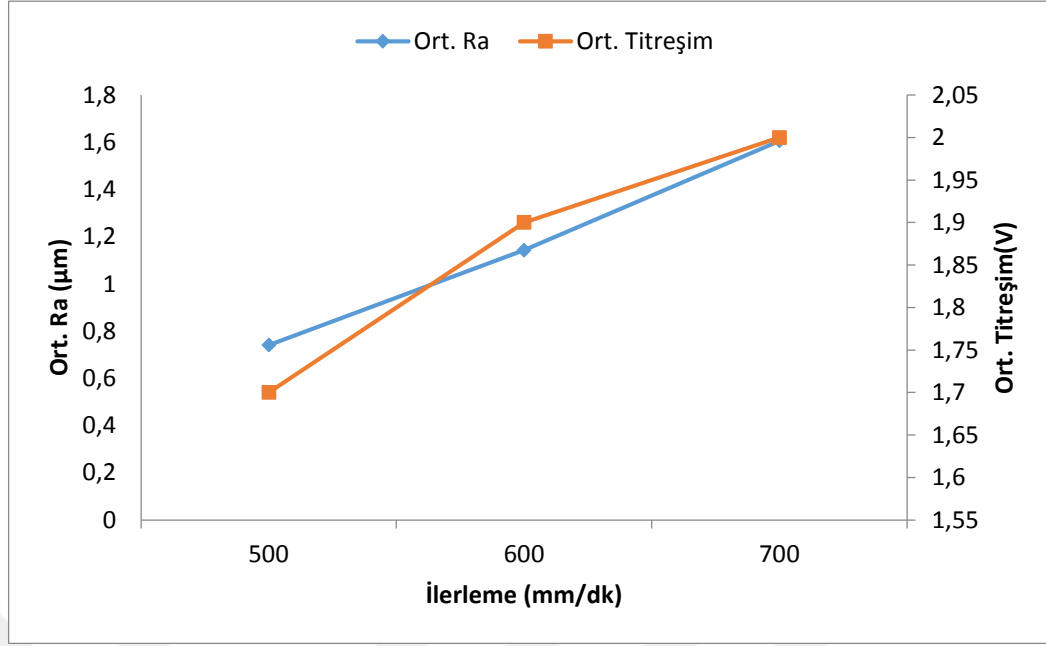
Şekil 4.27 , 4.28 ve 4.29 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. DAT-I numaralı takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Fakat titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakındır.



Şekil 4.30. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $a=1$  mm)



Şekil 4.31. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $a=1$  mm)



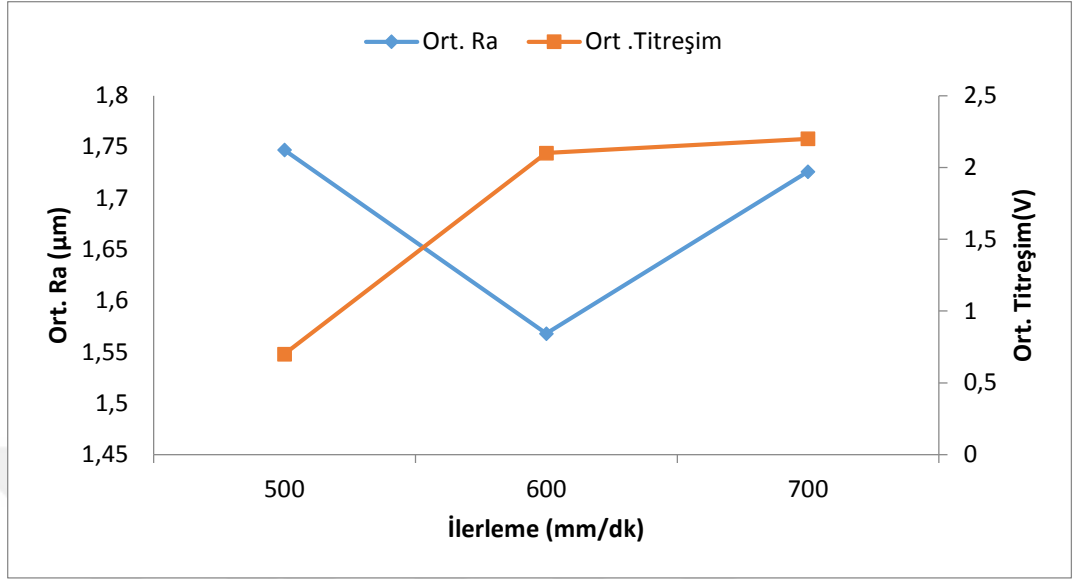
Şekil 4.32. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $a=1$  mm)

Tablo 4.9. DAT-II takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$  mm)

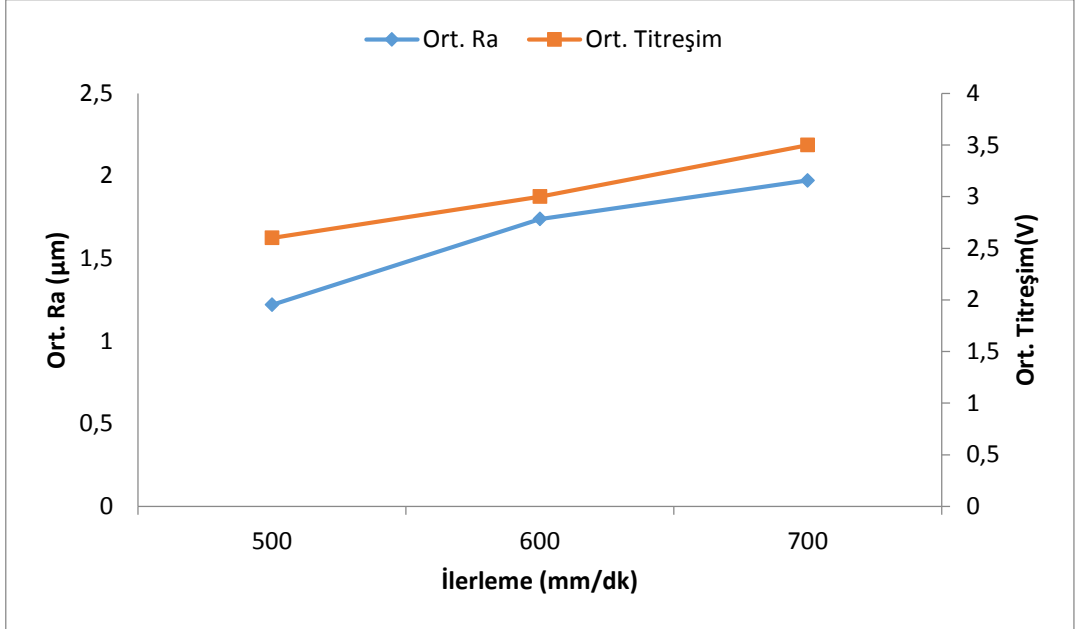
	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-II NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI DEĞİŞKEN SIRALI)	300	500	0,649	1
	300	600	1,684	1,1
	300	700	1,707	1,3
	350	500	0,873	2
	350	600	1,404	2
	350	700	1,577	2,1
	400	500	0,741	1,7
	400	600	1,143	1,9
	400	700	1,606	2

Şekil 4.30 , 4.31 ve 4.32 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın

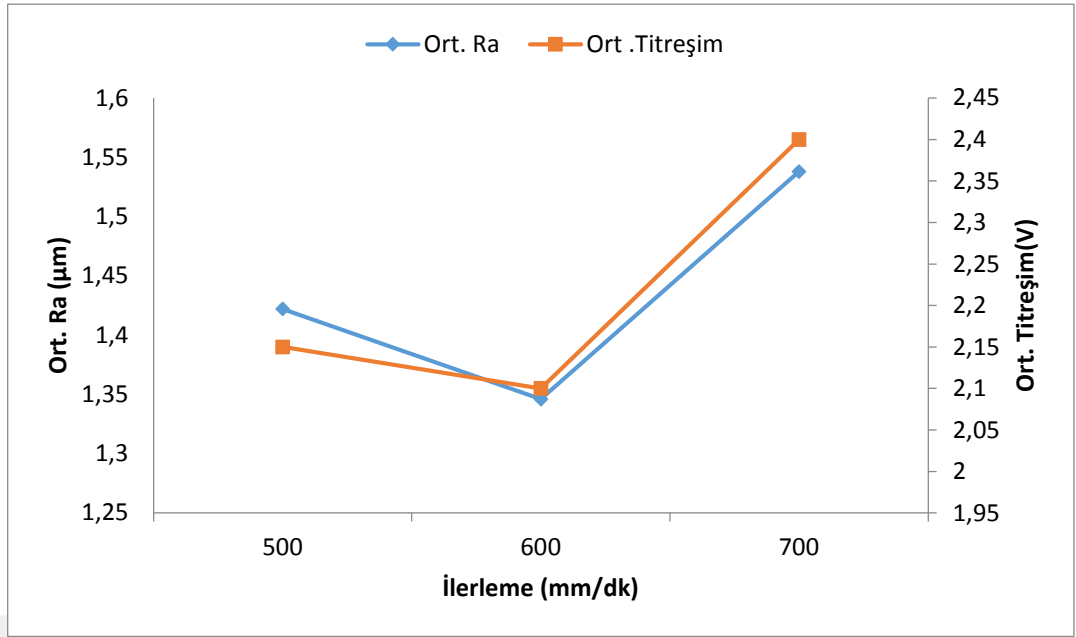
daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde düşük ilerleme hızlarında hem titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü olarak daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 4.33. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk , $a=1$  mm)



Şekil 4.34. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk , $a=1$  mm)

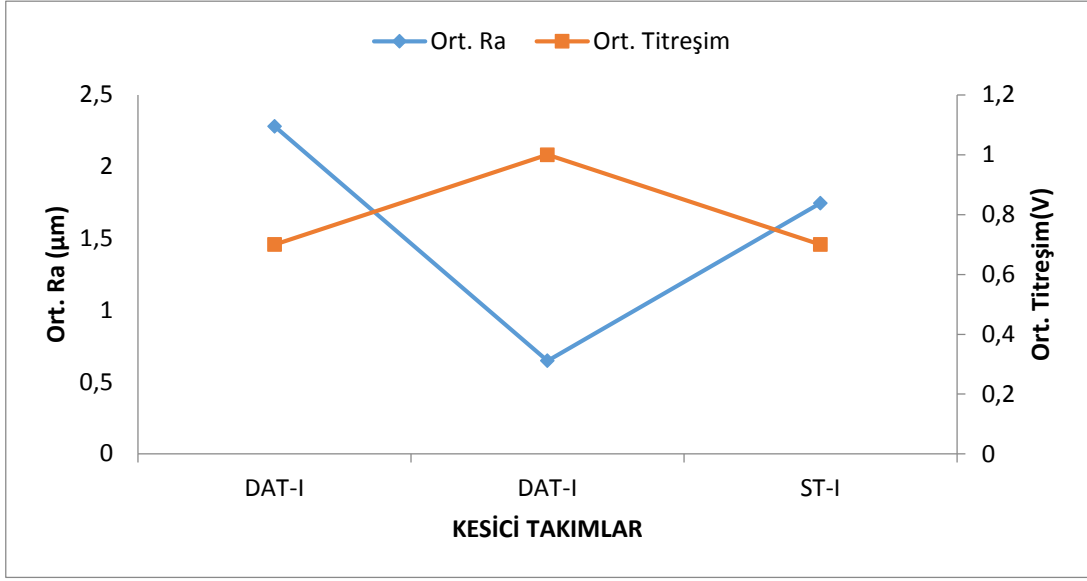


Şekil 4.35. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk,  $a=1$  mm)

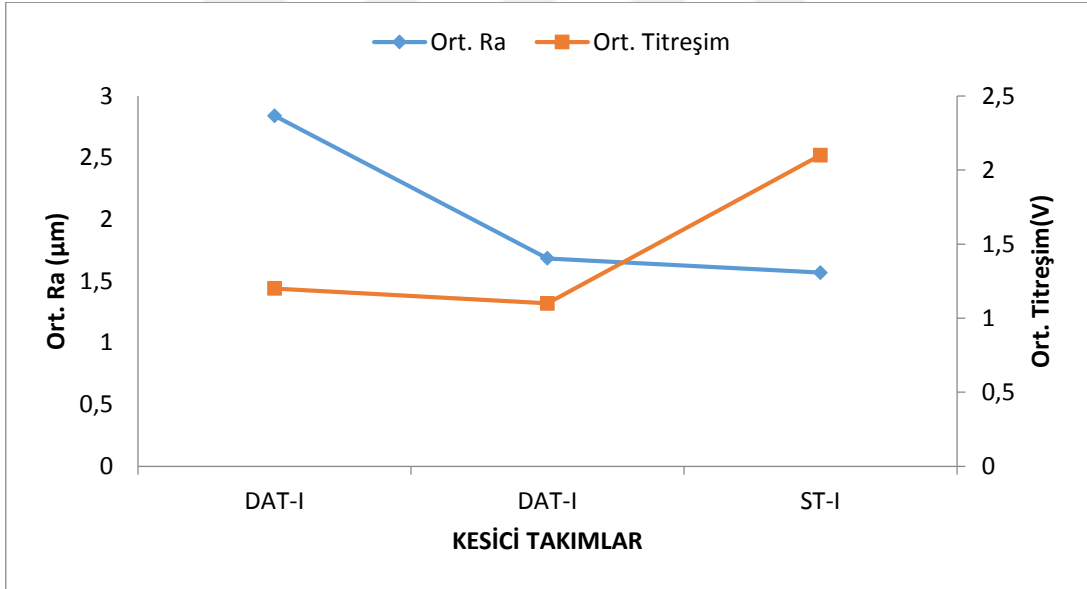
Tablo 4.10. ST-I takımına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $a=1$  mm)

	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME (f) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
ST-I NUMARALI TAKIM (KESİCİ UÇ YERLEŞİM AÇILARI STANDART EŞİT)	300	500	1,747	0,7
	300	600	1,568	2,1
	300	700	1,726	2,2
	350	500	1,22	2,6
	350	600	1,739	3
	350	700	1,973	3,5
	400	500	1,422	2,15
	400	600	1,346	2,1
	400	700	1,538	2,4

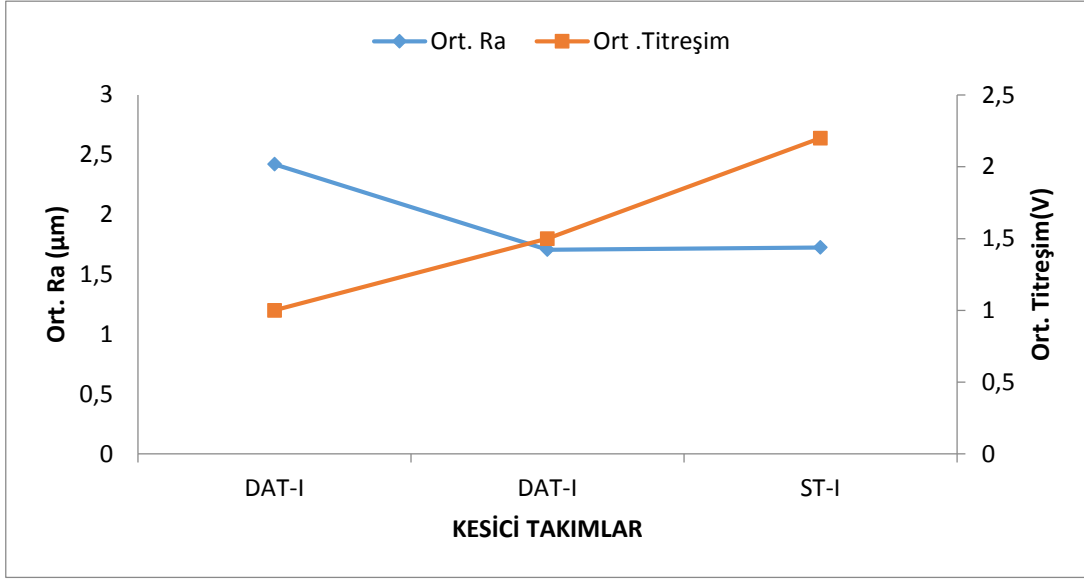
Şekil 4.33, 4.34 ve 4.35 incelendiğinde ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. ST-I numaralı takım ile yapılan deneyler incelendiğinde kesme hızı 400 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk'da takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde düşük ilerleme hızlarında hem titreşim hem de yüzey pürüzlülüğü olarak daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 4.36. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1$  mm)



Şekil 4.37. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1$  mm)

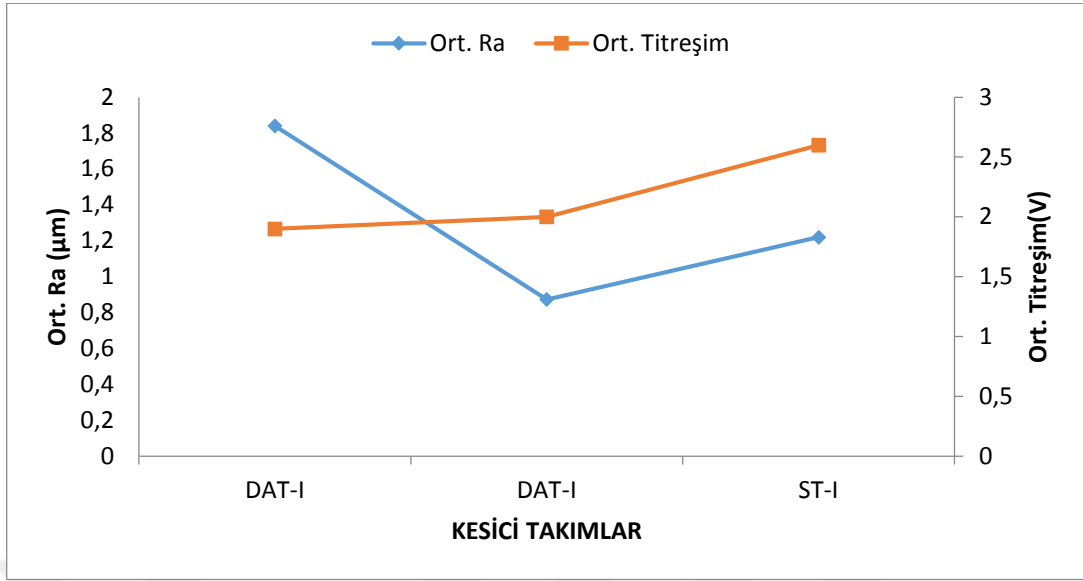


**Şekil 4.38.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1$  mm)

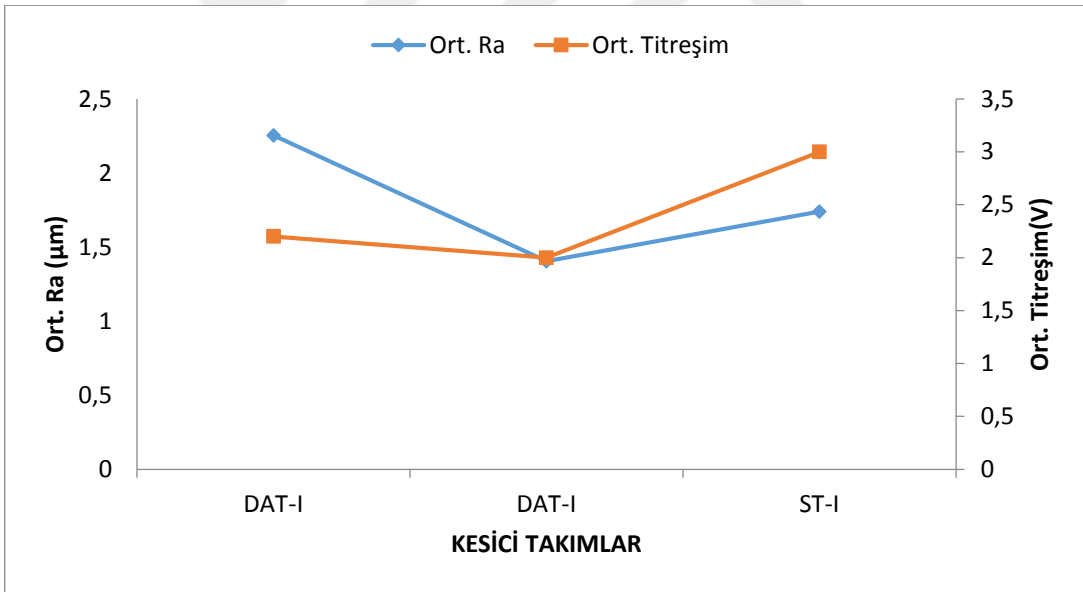
**Tablo 4.11.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=300$  m/dk ,  $a=1$  mm)

	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME ( $f$ ) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I	300	500	2,282	0,7
	300	600	2,839	1,2
	300	700	2,421	1
DAT-II	300	500	0,649	1
	300	600	1,684	1,1
	300	700	1,707	1,3
ST-I	300	500	1,747	0,7
	300	600	1,568	2,1
	300	700	1,726	2,2

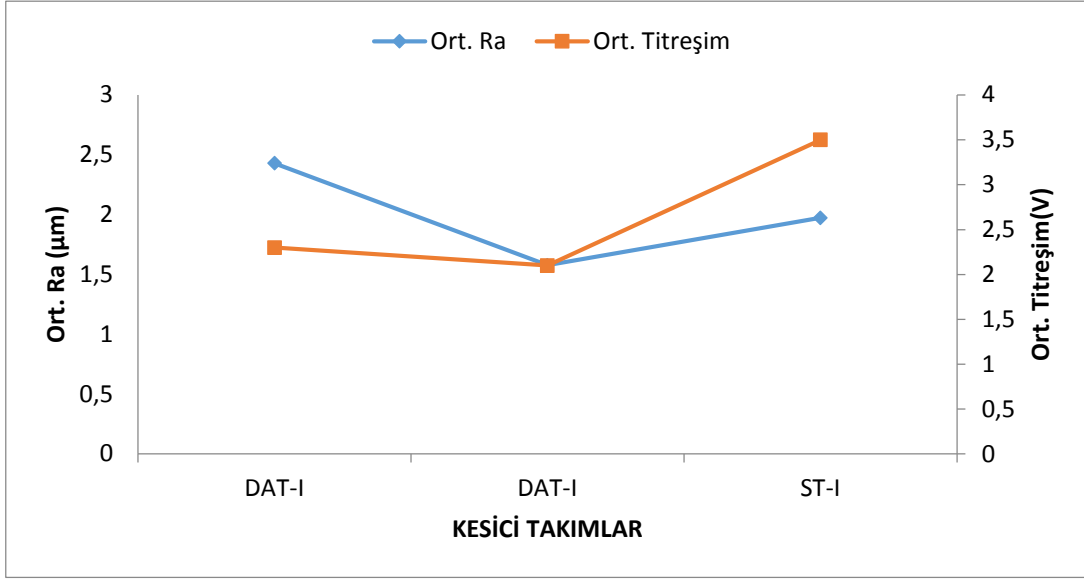
Şekil 4.36 , 4.37 ve 4.38 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.



Şekil 4.39. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1$  mm)



Şekil 4.40. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1$  mm)



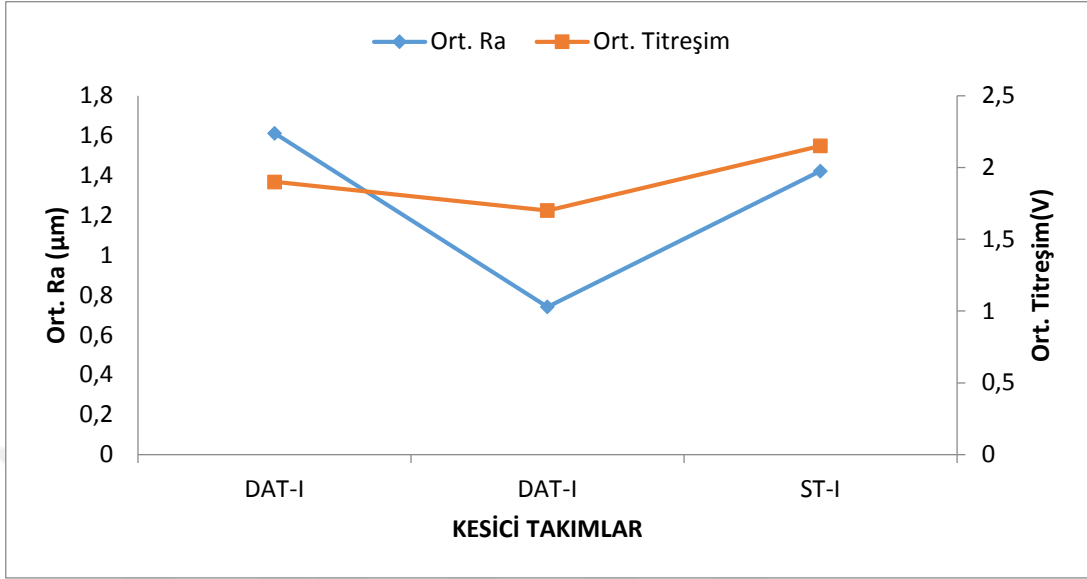
**Şekil 4.41.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1$  mm)

**Tablo 4.12.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim tablosu ( $V_c=350$  m/dk ,  $a=1$  mm)

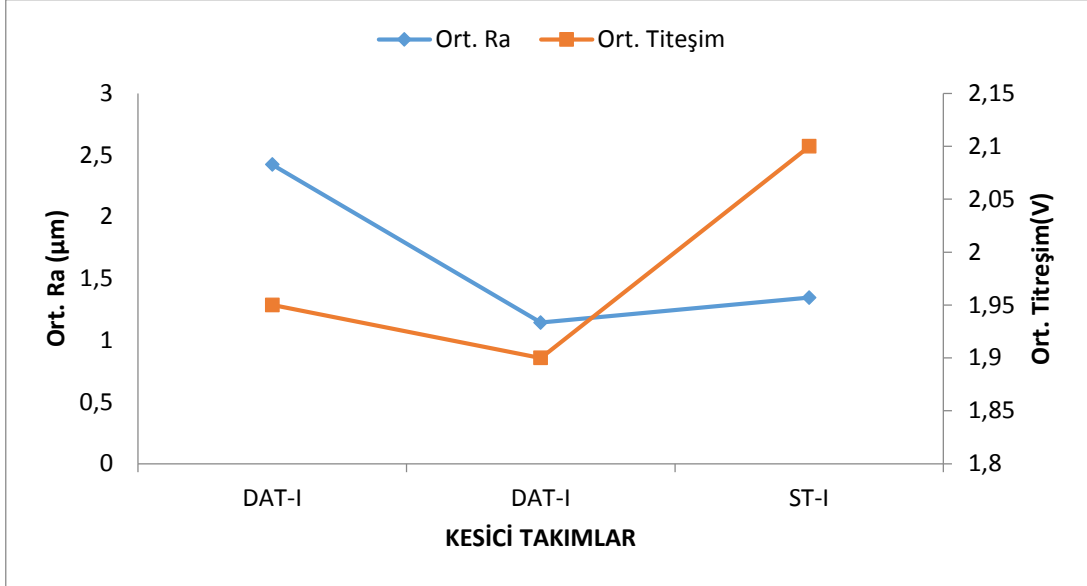
	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME ( $f$ ) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I	350	500	1,84	1,9
	350	600	2,254	2,2
	350	700	2,429	2,3
DAT-II	350	500	0,873	2
	350	600	1,404	2
	350	700	1,577	2,1
ST-I	350	500	1,22	2,6
	350	600	1,739	3
	350	700	1,973	3,5

Şekil 4.39 , 4.40 ve 4.41 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 350 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu

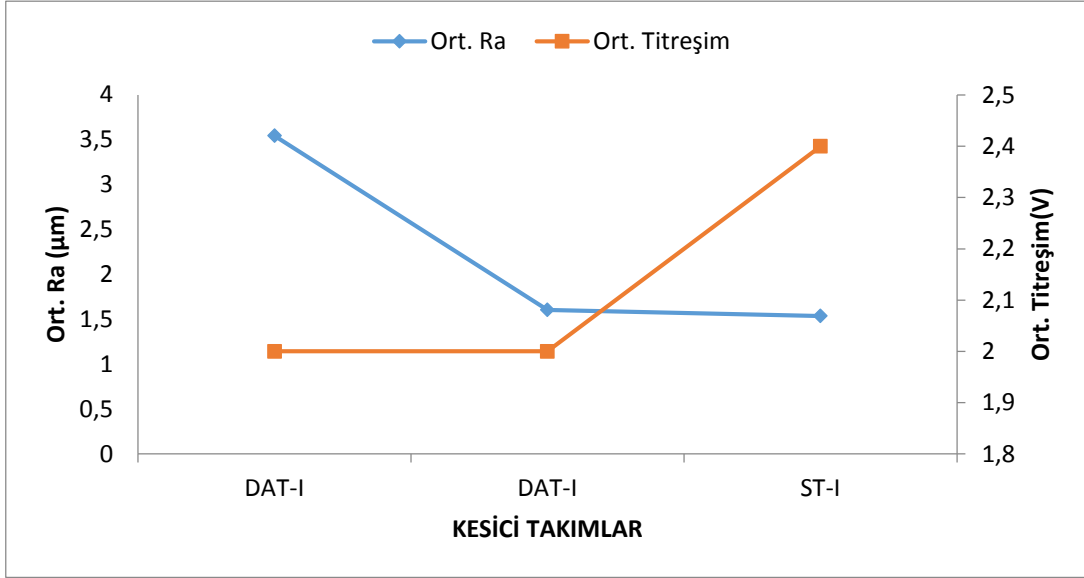
vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.



Şekil 4.42. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=500$  mm/dk ,  $a=1$  mm)



Şekil 4.43. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=600$  mm/dk ,  $a=1$  mm)



**Şekil 4.44.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $f=700$  mm/dk ,  $a=1$  mm)

**Tablo 4.13.** Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $a=1$  mm)

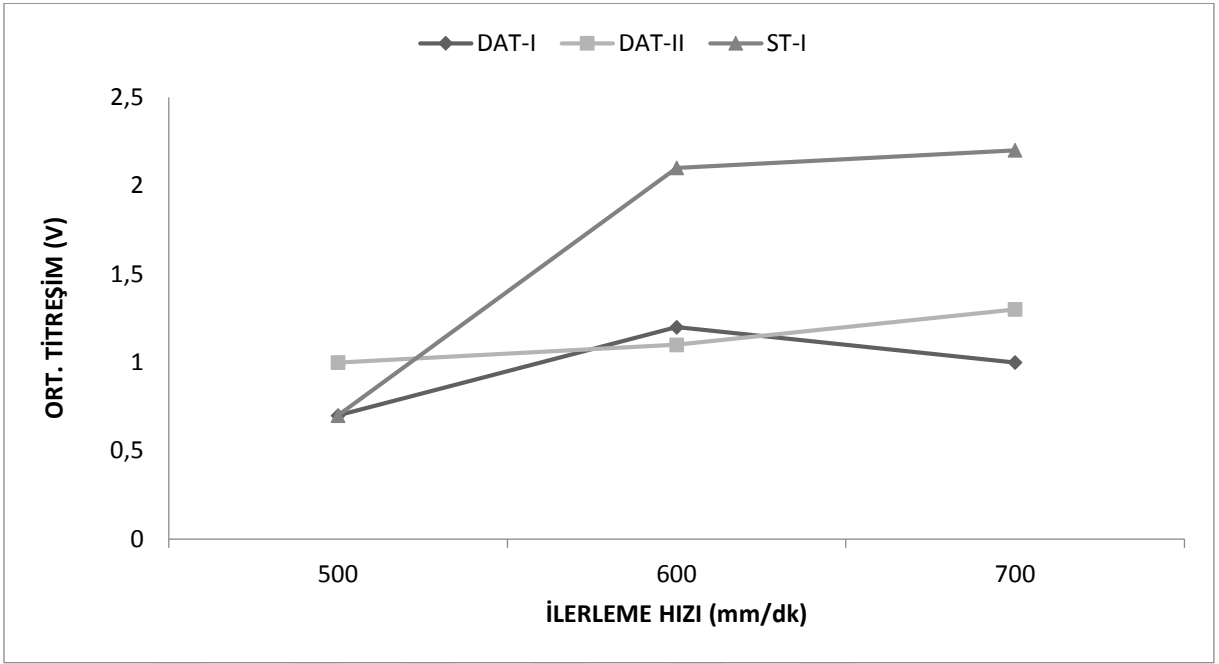
	KESME HIZI ( $V_c$ ) (m/dk)	İLERLEME ( $f$ ) (mm/dk)	ORT. Ra	ORT. TİTREŞİM (VIB)
DAT-I	400	500	1,612	1,9
	400	600	2,423	1,95
	400	700	3,547	2
DAT-II	400	500	0,741	1,7
	400	600	1,143	1,9
	400	700	1,606	2
ST-I	400	500	1,422	2,15
	400	600	1,346	2,1
	400	700	1,538	2,4

Şekil 4.42 , 4.43 ve 4.44 incelendiğinde kesme hızı sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 400 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu

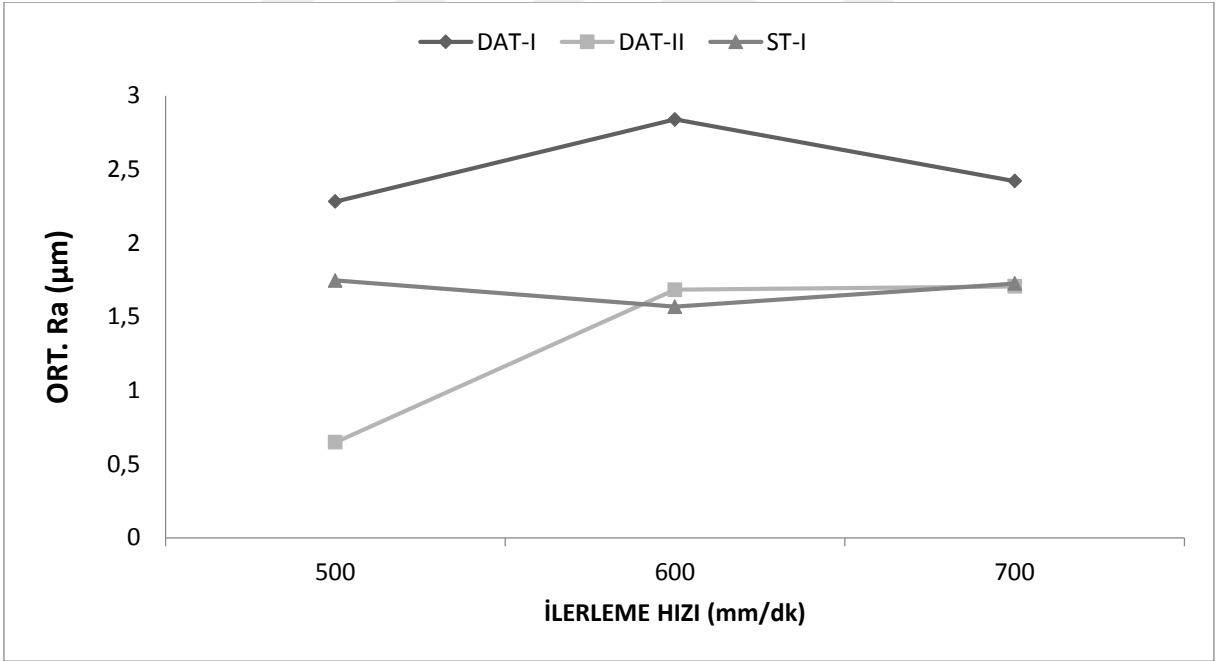
vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.

**Tablo 4.14.** Tüm takımların yüzey pürüzlülüğü ve ortalama titreşim değerleri (a=1)

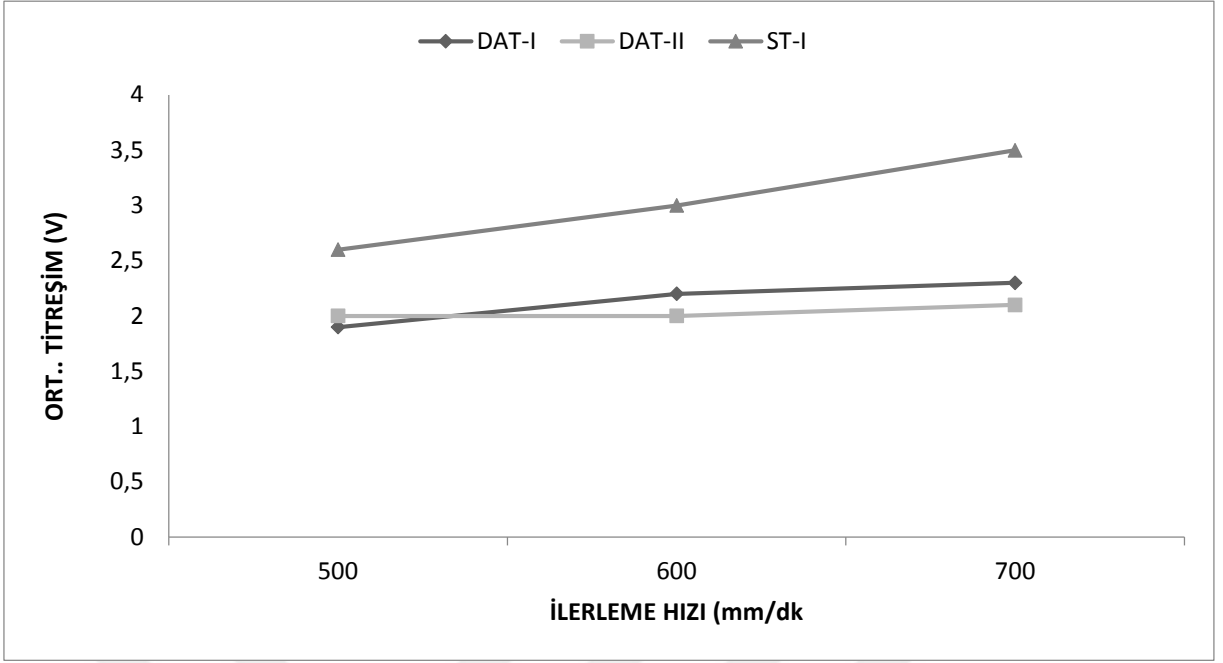
DAT-I	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Paso (mm)	Ra	Rz	VİB	F( KHz)
1 deney	300	500	1	2,282	9,716	0,7	1,4
2 deney	300	600	1	2,839	10,415	1,2	1,52
3 deney	300	700	1	2,421	10,36	1	1,3
4 deney	350	500	1	1,84	8,728	1,9	1,4
5 deney	350	600	1	2,254	10,836	2,2	1,4
6 deney	350	700	1	2,429	12,362	2,3	1,5
7 deney	400	500	1	1,612	7,364	1,9	1,3
8 deney	400	600	1	2,423	13,36	1,95	1,4
9 deney	400	700	1	3,547	16,035	2	1,5
<b>DAT-II</b>							
10 deney	300	500	1	0,649	3,884	1	1,4
11 deney	300	600	1	1,684	7,79	1,1	1,52
12 deney	300	700	1	1,707	6,413	1,3	1,3
13 deney	350	500	1	0,873	4,211	2	1,4
14 deney	350	600	1	1,404	6,945	2	1,4
15 deney	350	700	1	1,577	8,752	2,1	1,5
16 deney	400	500	1	0,741	4,983	1,7	1,3
17 deney	400	600	1	1,143	6.131	1,9	1,4
18 deney	400	700	1	1,606	10,847	2	1,5
<b>ST-I</b>							
19 deney	300	500	1	1,747	7,638	0,7	1,4
20 deney	300	600	1	1,568	6,686	2,1	1,3
21 deney	300	700	1	1,726	8,626	2,2	1,4
22 deney	350	500	1	1,22	7,451	2,6	1,35
23 deney	350	600	1	1,739	8,714	3	1,33
24 deney	350	700	1	1,973	8,706	3,5	1,32
25 deney	400	500	1	1,422	9,951	2,15	1,28
26 deney	400	600	1	1,346	7,699	2,1	1,3
27 deney	400	700	1	1,538	8,937	2,4	1,25



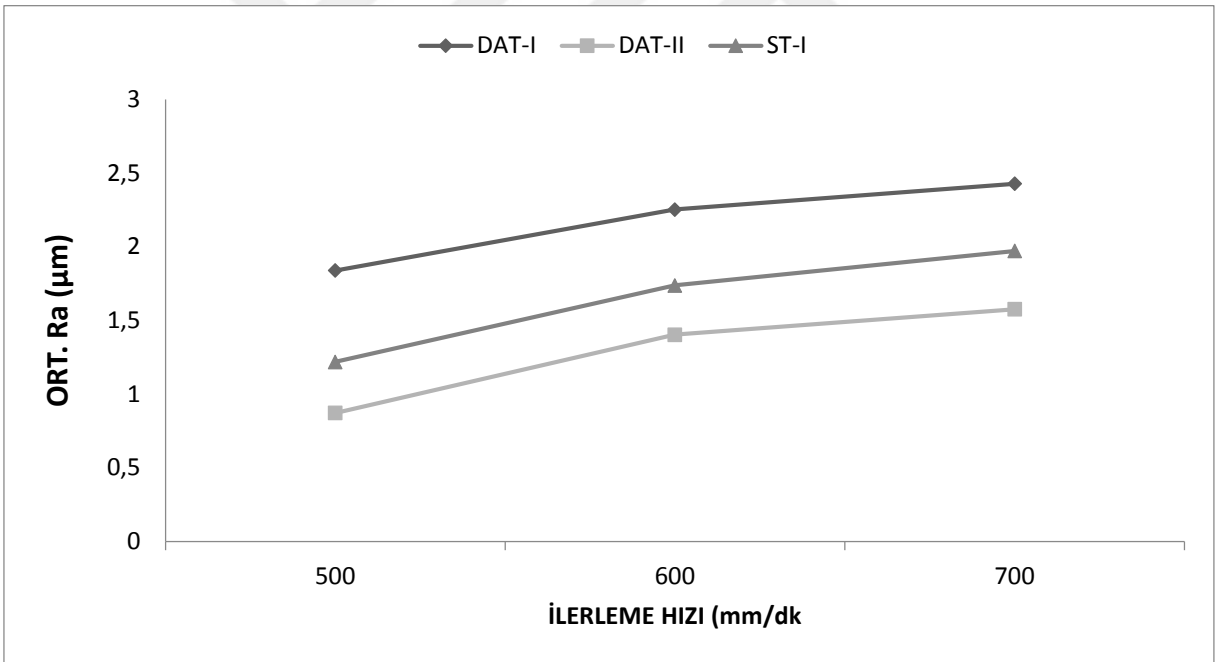
Şekil 4.45. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk,  $a=1$  mm)



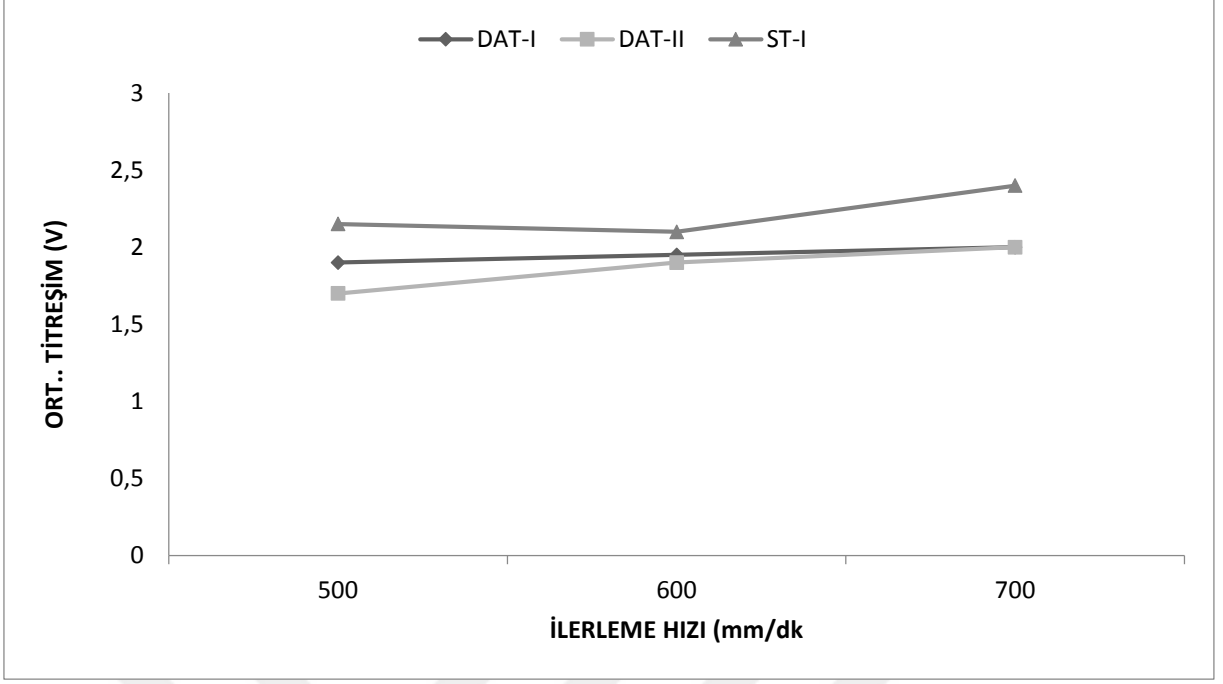
Şekil 4.46. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=300$  m/dk,  $a=1$  mm)



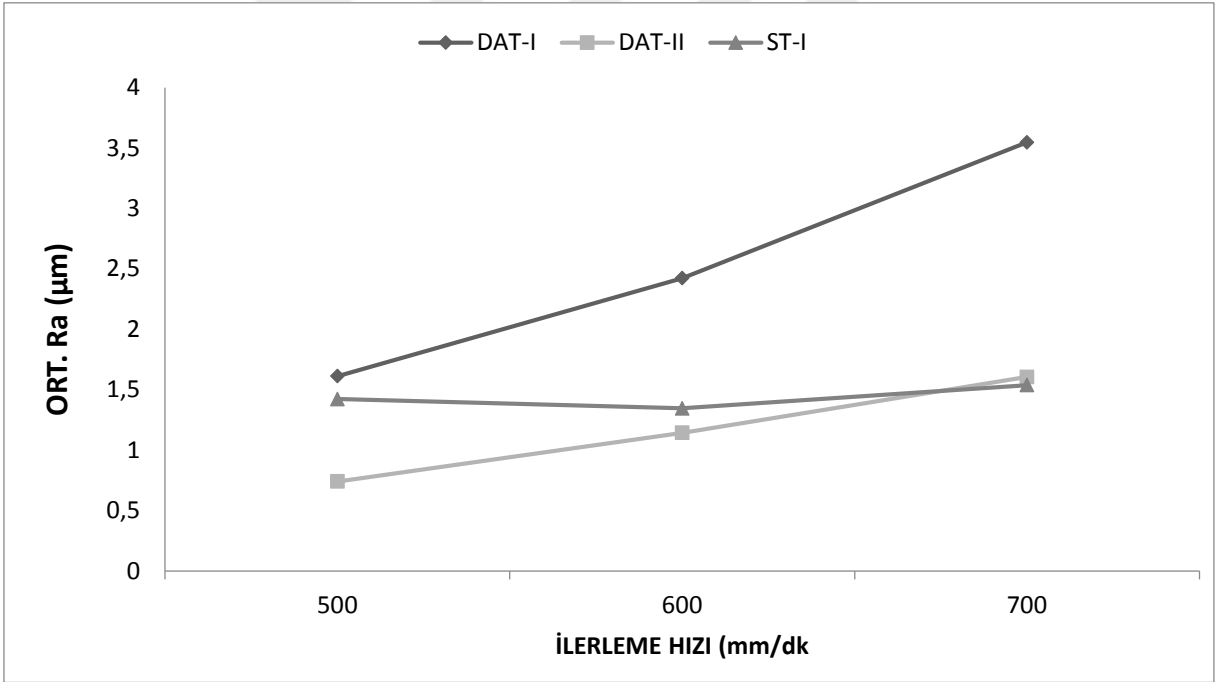
Şekil 4.47. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=350$  m/dk,  $a=1$  mm)



Şekil 4.48. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=350$  m/dk,  $a=1$  mm)



Şekil 4.49. Takım tipine bağlı değişen ortalama titreşim ( $V_c=400$  m/dk ,  $a=1$  mm)



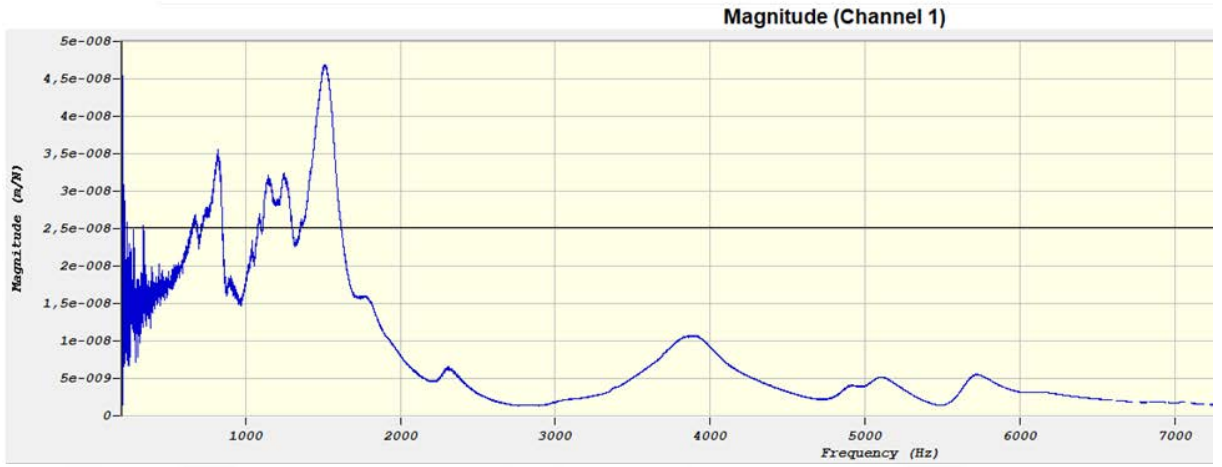
Şekil 4.50. Takım tipine bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü ( $V_c=400$  m/dk,  $a=1$  mm)

Şekil 4.45 , 4.46, 4.47, 4.48, 4.49 ve 4.50 grafikler incelendiğinde kesme hızı ve kesme derinliği sabit tutularak tüm deneyler gerçekleştirilmiştir. Bütün takımlarda ilerleme hızı 500 mm/dk olduğunda titreşim ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin daha iyi olduğu görülmektedir. Üç takım karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın daha iyi bir sonuç

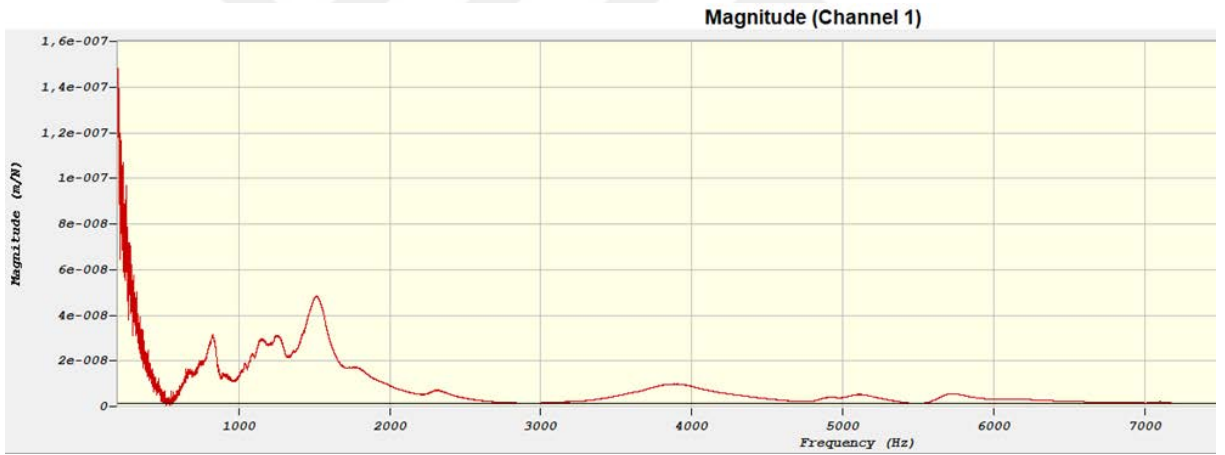
verdiği gözlemlenmektedir. DAT-II numaralı takım ile yapılan deneyde kesme hızı 300 m/dk ve ilerleme hızı 500 mm/dk olduğu anda en iyi sonucu vermiştir. İlerle hızı 700 mm/dk'ya çıktığında tüm takımların titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Üç takım aralarında karşılaştırıldığında DAT-II numaralı takımın en iyi sonuçları verdiği , ST-I numaralı takımın ise diğer takımlara göre daha kötü bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; eşit ağız açılarıyla yerleştirilmiş her bir kesici ucun iş parçasına dalma sıraları eşit zamanlı gerçekleşir. Farklı ağız açlarına sahip freze takımlarına yerleştirilmiş kesici uçlar ise açısal farklılıklarından dolayı farklı zaman dilimlerinde iş parçasına dalarlar. Farklı ağız açlarına sahip frezelere yerleştirilmiş kesici uçların meydana getirdiği salınım frekansları, eşit aralıklarla yerleştirilmiş kesici uçların meydana getirdiği salınım frekansından farklı değerler oluşturur. Bu sebeplerden ötürü, kesici uç yerleşim aralıkları  $2,5^{\circ}$  ardışık değişken açılarda yerleştirilmiş olan DAT-II numaralı takımın, daha iyi titreşim ve yüzey pürüzlülüğü oluştuğu söylenebilir.

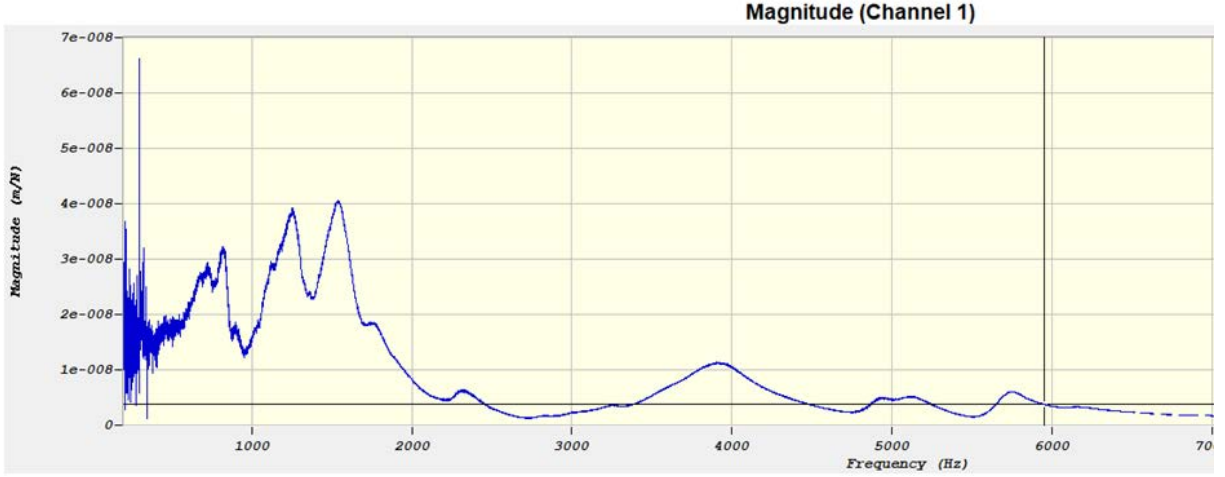
#### 4.1 CutPro Deney Sonuçları



Şekil 4.51. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri



Şekil 4.52. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri



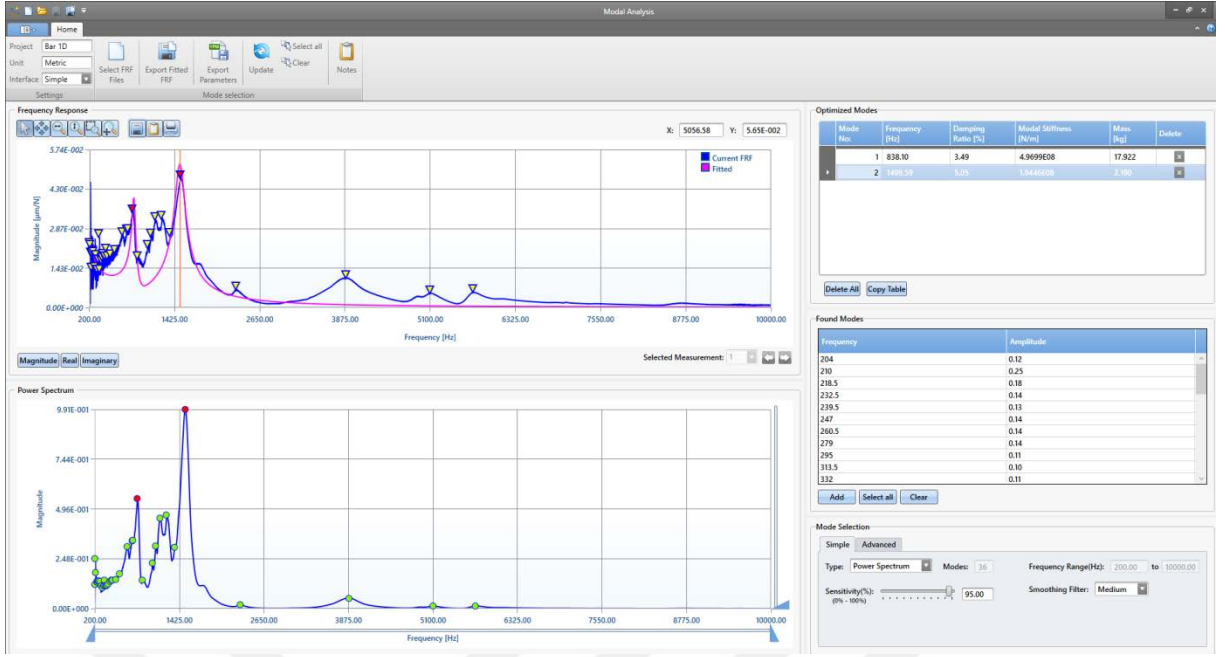
**Şekil 4.53.** ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan FRF ( Frekans Cevap Fonksiyonu ) değerleri

FRF, birim büyüklükteki bir harmonik kuvvetin sistemin herhangi bir noktasında meydana getirdiği kararlı durumdaki sistem cevabını uygulanan kuvvetin frekansına bağlı olarak telaffuz edilen fonksiyondur. Yukarıda belirtilen sistem cevabı ise sistemin bir noktasına ait ivme, hız ve duruş pozisyonu olabilir.

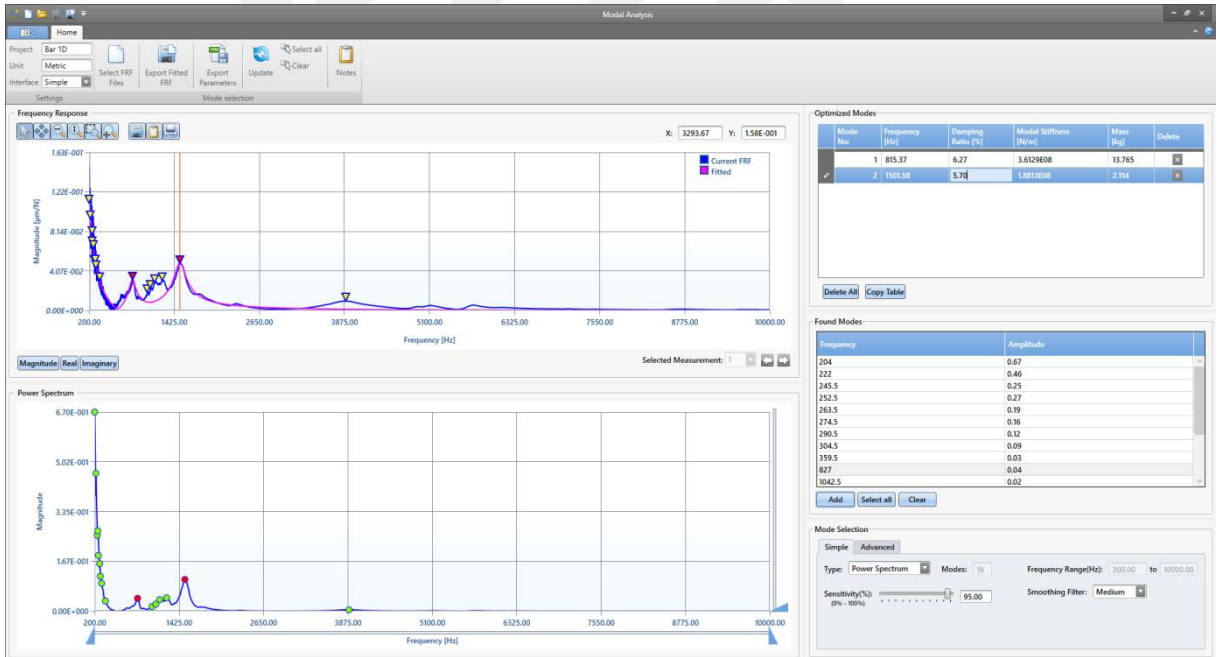
FRF değerleri; sönümlenme oranları , mod şekli ve rezonans frekansına bağlı bilgileri içerir.

Yukarıdaki grafiklerde birim büyüklükte bir kuvvet uygulanması sonucu sistemde meydana gelen yer değiştirme miktarları gözükmemektedir.

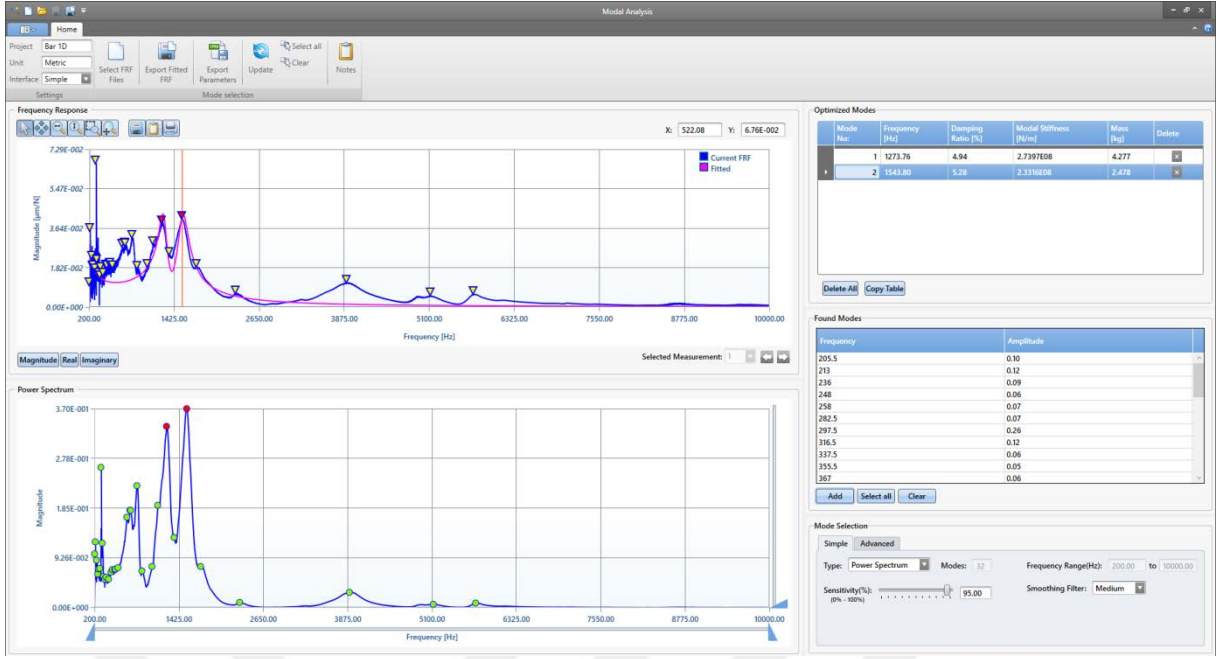
CutPro çekiç testi deneyi ile elde edilen veriler doğrultusunda yukarıdaki grafikler elde edilmiştir. Tezgahta yapılan çekiç testi sonucu tek eksenli ivmeölçer yardımı ile kesici takımların FRF değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.54. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları

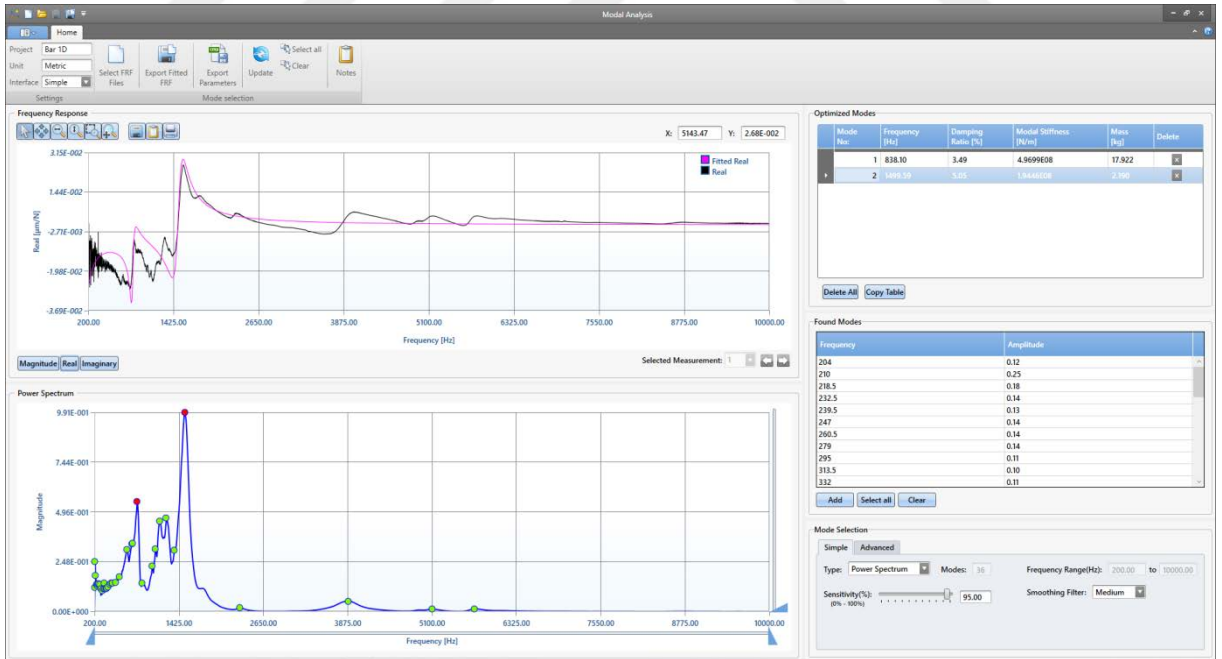


Şekil 4.55. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları

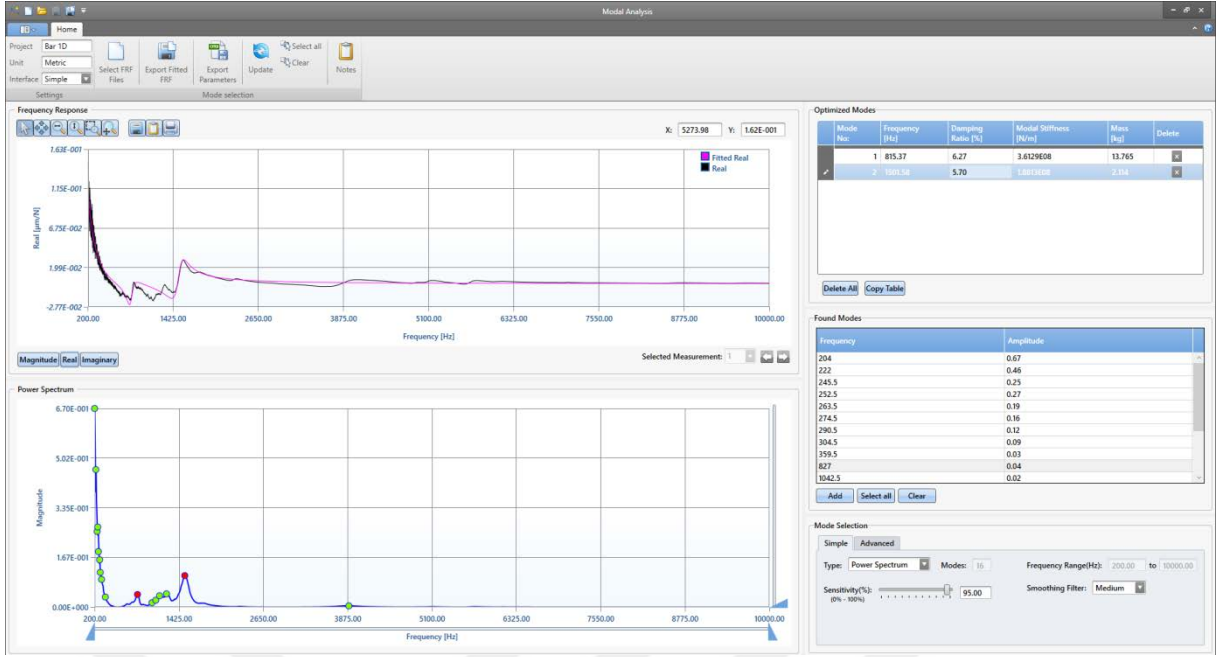


Şekil 4.56. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan modal analiz sonuçları

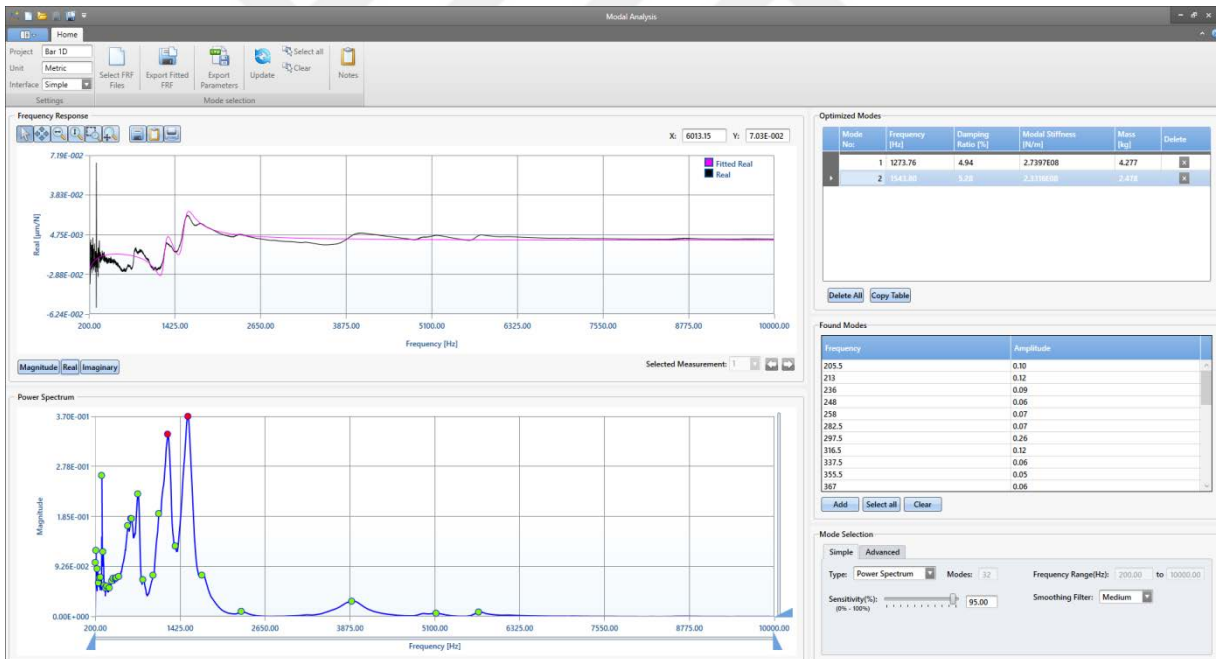
Yukarıdaki grafiklerde FRF değerlerini kullanarak sistem üzerindeki sönümleme oranı, parçanın rijitliği gibi değerler elde edilmiştir.



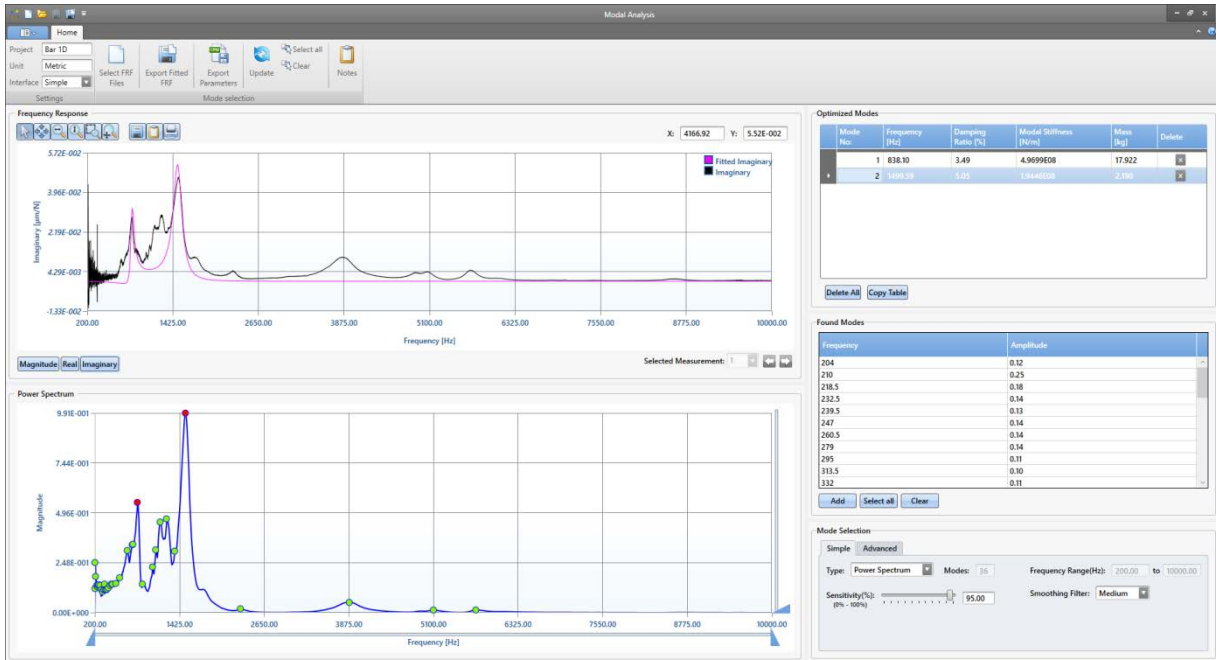
Şekil 4.57. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler



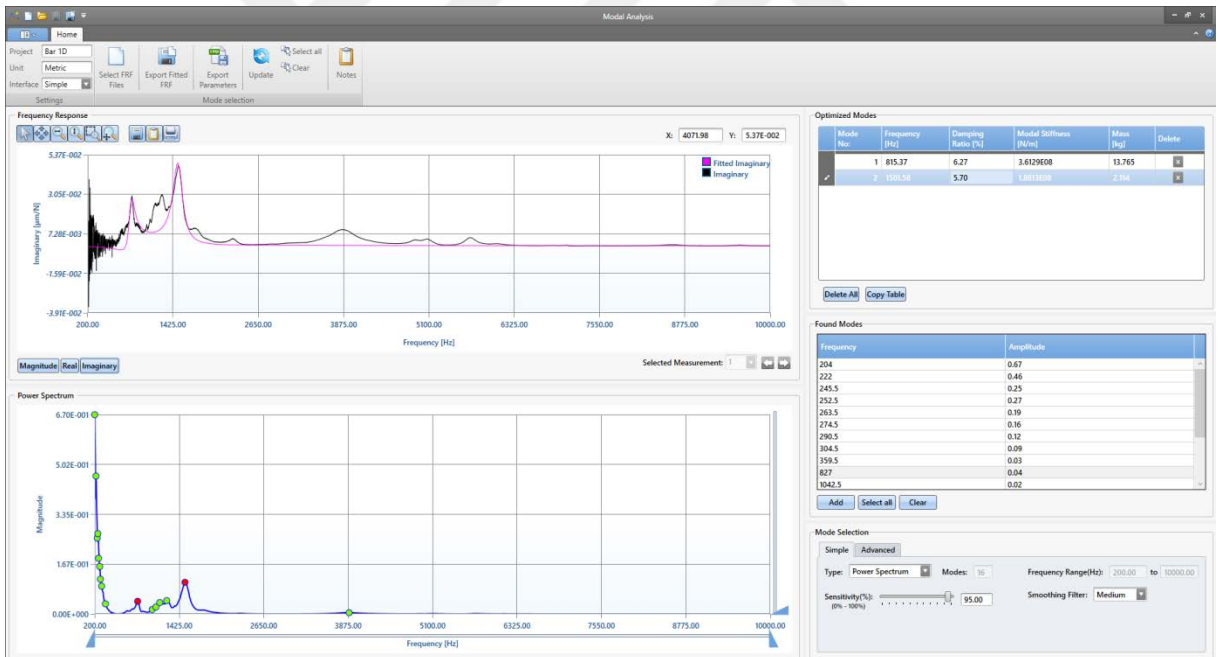
Şekil 4.58. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler



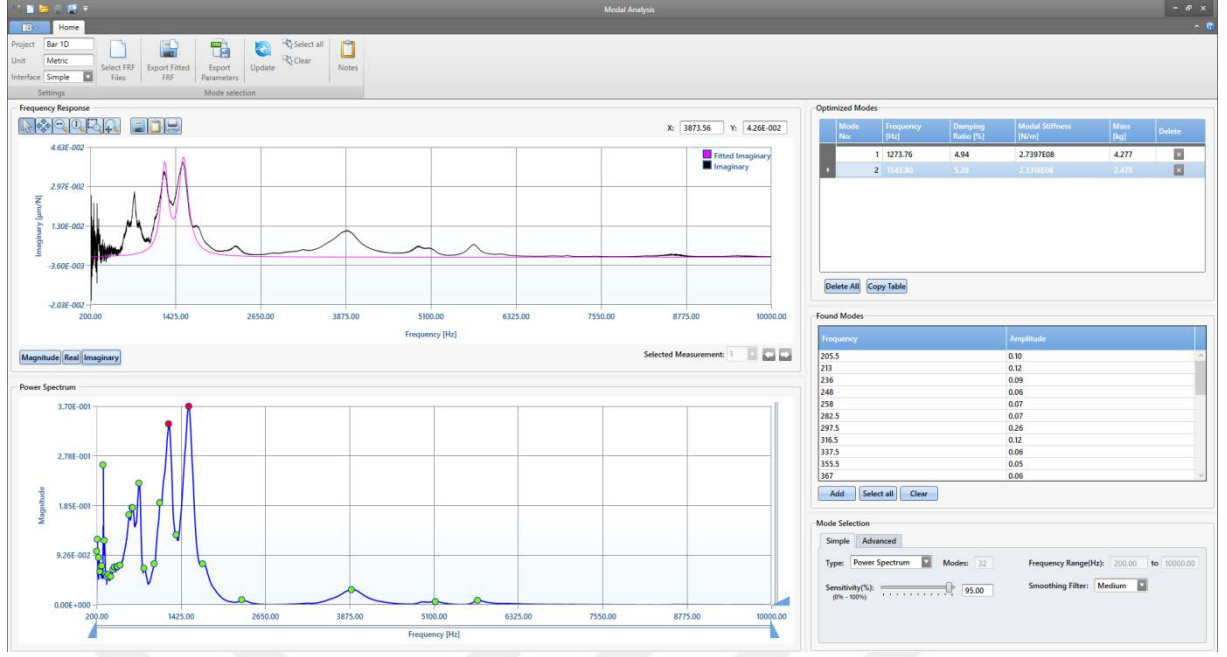
Şekil 4.59. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan gerçek değerler



Şekil 4.60. DAT-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler



Şekil 4.61. DAT-II takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler



Şekil 4.62. ST-I takımı ile yapılan CutPro deney sonucu oluşan imajinel değerler

FRF hem fazı hem de genlik değerini içeren oldukça karmaşık bir fonksiyondur. Faz ve genliği içeren bir fonksiyon, aşağıda verilen eşitlik de anlatılacağı üzere sanal ve reel terimlere dönüşebilmektedir.

$$Amplitude = \sqrt{Imag^2 + Real^2}$$

$$Phase = \tan^{-1}\left(\frac{Imag}{Real}\right)$$

(4.1)

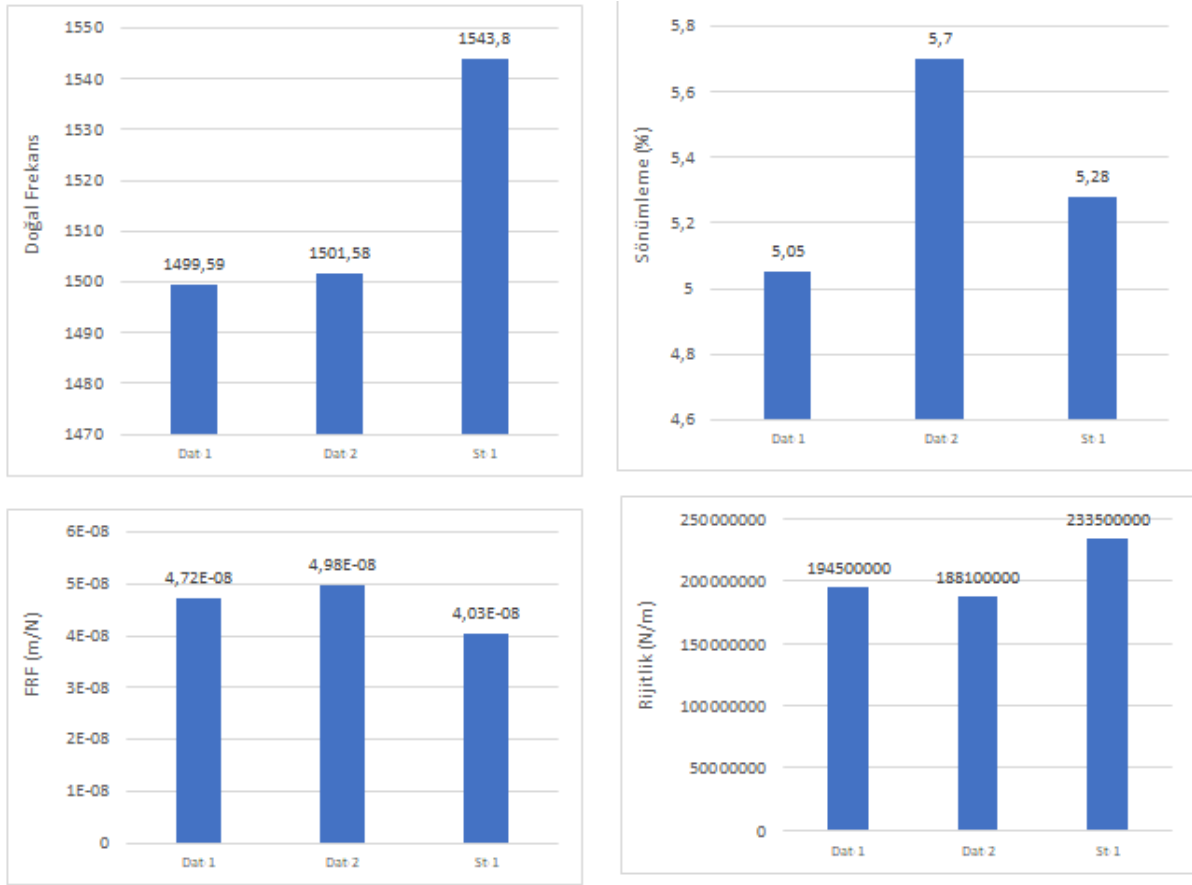
FRF, elde edilen faz ve genlikten, sanal ve reele dönüştürüldükten sonra aşağıda belirtilen durumlar olabilir;

FRF'den oluşan sanal bölüm rezonans frekanslarını gösteren sıfırın üstünde veya altında pik değerlerine sahip olacaktır. Reel bölüm ise rezonans frekanslarında sıfıra eşit olacaktır. Buradaki pik değerlerinin yönü doğal frekans ile bağlantılı olarak mod şekillerinin belirlenmesinde kullanılır.

Eğer sistem üzerinde ayrı konumlardan birden fazla FRF elde edilirse ve elde edilen bu FRF değerleri genel referans değeri ile bir faz ilişkisine sahip ise , FRF 'in sanal kısmı mod şeklini oluşturmak için kullanılır.

**Tablo 4.15.** CutPro deney sonuçları

		<b>Fn(Hz)</b>	<b>FRF(m/N)</b>	<b>Damping(%)</b>	<b>k(N/m)</b>
<b>1. MOD</b>	<b>DAT-I</b>	1499,59	4,72E-08	5,05	1,945E+08
	<b>DAT-II</b>	1501,58	4,98E-08	5,70	1,881E+08
	<b>ST-I</b>	1543,80	4,03E-08	5,28	2,335E+08



**Şekil 4.63.** DAT-I,DAT-II ve ST-I takımlarının CutPro deney sonuçlarının karşılaştırılması

CutPro ile yapılan deney sonucunda yukarıdaki grafikler ve tablolar değerlendirilmiştir. Değerlendirme işlemleri 4 ana grupta toplanmıştır.

Doğal frekans: Değişken ağızlı takımlar ve standart takıma uygulanan testler neticesinde alınan veriler incelendiğinde , değişken ağız açısı ile yerleştirilmiş takımların doğal frekansının , standart takıma göre daha düşük olduğu görülmüştür. Doğal frekansın düşük olması titreşim için oldukça iyi bir sonuçtur.

Sönümlenme oranı: Değişken ağızlı takımlar ve standart takıma uygulanan testler neticesinde alınan veriler incelendiğinde DAT-II numaralı takımın diğer takımlara göre daha iyi bir sonuç verdiği görülmüştür.

FRF: Değişken ağızlı takımlar ve standart takıma uygulanan testler neticesinde alınan veriler incelendiğinde FRF değerinin ST-I numaralı takımda daha iyi bir sonuç verdiği fakat 3 takımında FRF değerlerinin yaklaşık olarak benzer olduğu görülmüştür.

Rijitlik: Değişken ağızlı takımlar ve standart takıma uygulanan testler neticesinde alınan veriler incelendiğinde en rijit takımın ST-I numaralı takım olduğu görülmüştür. Buda değişken ağız açısına sahip takımların ağız açılarının rijitliğe azda olsa etkisi olduğunu göstermiştir.

Yapılan çalışmalara bakıldığında Budak (2003) 'ın yapmış olduğu çalışmadaki matematiksel modelleme ve bizim yapmış olduğumuz çalışmadaki matematiksel modelleme sonucunda almış olduğumuz sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Sağlam (2010)'ın yapmış olduğu başka bir çalışmada ise sadece deneysel olarak bir araştırma yapılmış bizim yapmış olduğumuz matematiksel modelleme ve Cutpro deneyleri yapılmamıştır. Yapılan deneysel sonuçların ise yapmış olduğumuz çalışmadaki sonuçlar ile örtüştüğü görülmektedir.

Budak (2017) 'ın yapmış olduğu bir başka çalışmada ise matematiksel modelleme sonucu değişken ağız açısına sahip freze takımlarının modellenmesi ve analizleri yapılmıştır. Yapılan modelleme ve deneyler incelendiğinde yapmış olduğumuz çalışmaya benzer sonuçlar alındığı görülmüştür.

## 5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Frezeleme işleminde ortaya çıkan titreşimler, takım tasarımı, takım tezgahının yapısı, iş ve takım bağlamanın yanı sıra işleme parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Meydana gelen bu titreşimlerin belirlenen sınırı aşması durumunda yüzey pürüzlülüğü artar, takımların ve tezgahın kullanım ömrü kısalmır. Kesici uçların iş parçalarına temas frekansı zaman zaman tezgah ve iş parçalarının doğal frekansı ile çakışabilmektedir. Bu şekilde oluşan titreşimlerin zararları çok fazladır ve bu titreşimler mutlaka önlenmelidir. Buna benzer problemlerin çözüme kavuşturulması için yapılan bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Yapılan bu deneysel çalışma kapsamında farklı adımlardaki kesici ağızlı freze çakıları kullanılmıştır. Farklı kesme parametreleriyle gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemlerinin neticesinde ortaya çıkan tırlama titreşimleri ve bu titreşimlerin yüzeyin pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ulaşılan bazı önemli sonuçlar şu şekildedir:

- 1) Takımlardaki kesici uçların yerleşme aralığı frezelemeyi etkileyen çok önemli faktörlerden biridir.
- 2) Literatürde karşılaşılan yüzey pürüzlülüğünün titreşime bağlı olduğu yorumları bu çalışmada elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Titreşim verileri pürüzlülük grafikleri ile uyum göstermektedir.
- 3) Takımlar tarafından gerçekleştirilen farklı parametrelerdeki kesme işleminin niteliği kesici uçların yerleşim aralığından olumlu ya da olumsuz şekilde etkilenebilmektedir.
- 4) Yüksek hızlarda gerçekleştirilen kesme koşullarında DAT-I (değişken aralıklarla yerleştirilmiş random takım) numaralı takım tutucunun daha iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Yapılan deneylerin sonucunda DAT-I (değişken aralıklarla yerleştirilmiş random takım) numaralı takım tutucunun diğerlerine nazaran daha düşük seviyede titreşime ve pürüzlülüğe sebep olduğu görülmüştür.
- 5) Düşük ve orta hızlarda gerçekleştirilen kesme koşullarında ise DAT-II (değişken aralıklarla yerleştirilmiş artan açığa sahip takım) numaralı takım tutucunun daha iyi bir seçenek olduğu düşünülmektedir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda DAT-II (değişken aralıklarla yerleştirilmiş artan açığa sahip takım) numaralı takım tutucunun diğerlerine nazaran daha düşük seviyede titreşime ve pürüzlülüğe yol açtığı görülmüştür.

## 5.1 Öneriler

Bu çalışmada farklı kesici uç konumlama açısına sahip tarama freze takımı tasarımı ve tırlama titreşimlerinin deneysel incelenmesi konusu üzerinde çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda konu ile ilgili önerileri şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1) Değişken ağız açısına sahip takımların kullanım alanı hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu konu üzerindeki çalışmaların sadece yüzey frezeleme takımlarında değil tüm frezeleme takımlarında hızlı bir şekilde yapılması ve bilimsel bir değer ortaya konulması gerekmektedir.
- 2) Yapmış olduğumuz deneyler sonucunda kullanılan şartlara bağlı olarak ( kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği) değişken ağız açısına sahip takımların ve standart takımın bazen iyi sonuç bazen de kötü bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi takımların kullanım alanı belirli parametrelerle kısıtlandıktan sonra yüzey pürüzlülük değerleri konusunda net bir sonuç alınacağı söylene bilinir. Kullanım şartlarına göre kesici takım üretmek maliyet konusunda ekonomik olmayabilir.
- 3) Bu çalışma daha sonra sonlu elemanlar yöntemi ile desteklenebilir.
- 4) Kesici uç şekillerine göre farklı çalışmalar yapılabilir.

## 6.KAYNAKÇA

- Strand, B., & Berglow, K. E. (1998). *U.S. Patent No. 5,851,094*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Dosier, P. A. (1975). *U.S. Patent No. 3,880,047*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Morgan, P. J., & Miller, R. O. (1990). *U.S. Patent No. 4,967,146*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Hollenberg, C. P., & Di Mauro, E. (1996). *U.S. Patent No. 5,561,071*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Neseli, S., (2005), “Tornalamada Kesme Parametreleri, Takım Geometrisi ve Tırlama Titresimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *Yüksek Lisans Semineri*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sağlam H. (2010), Farklı Adımlı Kesici Ağzılara Sahip Freze Çakılarının Tırlama Titreşimleri Üzerine Etkileri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Fleischer, J., Deuchert, M., Ruhs, C., Kühlewein, C., Halvadjiysky, G. and Schmidt, C., 200 . ‘Design and manufacturing of micro milling tools’. *Microsystem Technologies*, 14(9-11), pp. 1771-1775.
- Li, P., 2009. ‘Micromilling of hardened tool steels’. PhD thesis, Delft University of Technology.
- Fang, F.Z., Wu, H., Liu, X.D., Liu, Y.C. and Ng, S.T., 2003. ‘Tool geometry study in micromachining’. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 13(5), pp. 726- 731.
- Engr. Kaisan Muhammad Usman, “Effects of tool rake angle on tool life in turning tool,” *International journal of scientific & engineering research*, vol.3, 4. April. 2012, ISSN. 2229-5518.
- Ashutosh Verma and Prof. Suman Sharma, “Analysis of cutting forces for different work materials and tool material: Effect of rake angle in turning

process,"International journal of scientific research, vol.3, 7. July. 2014, ISSN. 2277-8179.

Z. Karim, S.A.S.Azuan and A. Yasir, "A study on tool wear and surface finish by applying positive and negative rake angle during machining," Australian journal of basic and applied sciences, 7(10): 46-51, 2013, ISSN. 1991-8178.

Budak E. (2003), An Analytical Design Method for Milling Cutters With Nonconstant Pitch to Increase Stability, Part I: Theory

M. Dogra, V.S. Sharma and J. Dureja, "Effect of tool geometry variation on finish turning – A Review, Journal of engineering science and technology,"review 4 (1) (2011) 1-13 , Received 4-october-2009; Revised 19october-2010; Accepted 20-December-2010 .

K.V. Santha Kumari, Dipak Ranjan Jana and Anjani Kumar, "Effects of tool setting on tool cutting angle on turning operation," Asian research publishing network [ ARPN] Journal of engineering and applied sciences, vol. 5, may. 2010, ISSN. 1819-6608.

Kapil Sharma, Dalgobind Mahto and S.S. Sen, "In metal turning, effect of various parameters on cutting tool: A Review," International journal of application or innovation in engineering & management (IJAIEM), Vol. 2, 8. Aug. 2013, ISSN. 2319-4847.

Amol N, Varade and Kamlesh P. Kadia, "An investigation of temperature, surface roughness and material removal rate during hard turning of EN19 material-A Review," IJIRST-International journal for innovative research in science and technology, vol.1, 8. January. 2015, ISSN(online): 2349-6010.

Kwon, W.T and Choi, D. (2002). "Radial immersion angle estimation using cutting force and pre-determined cutting force ration in face milling." International Journal of Machine Tool and Manufacture, 42, 1649– 1655.

Lambert and B. K. (1983), "Determination of metal removal rate with surface finish restriction." Carbide and Tool Journal, 1983, 23, 16–19.

Kundan Kumar Singh, Mayank Joshi, Anurag Bahuguna and Rajesh Pant, "Effect of rake angles and material properties on chip formation: A Review," International journal of engineering science and innovation technology (IJESIT), vol. 3, 6. Nov. 2014, ISSN. 2319- 5967.

K. Dharma Reddy and Dr. P. Venkataramaiah, "Experimental investigation on responses in turning of aluminium with carbide tipped tool at different coolant conditions," International journal of mechanical engineering and technology (IJMET), vol. 3, May-Aug. (2012), ISSN. 189-199 ISSN 0976-6340 (Print), ISSN 0976-6359 (Online).

B.R.Dabhi and K.V.Parmar, "A review paper on latest trend on face milling tool," International Journal of Advance Engineering and Research Development , vol. 2, 1. January. 2015, ISSN (Online): 2348-4470 ISSN (Print) : 2348-6406

Patrick Adebisi Olusegun Adegbuyi, Ganiyu Lawal, Oluwatoyin Oluseye and Ganiyu Odunaiya, "Analysing the effect of cutting fluids on the mechanical properties of mild steel in a turning operation," American journal of scientific and industrial research, 2010, ISSN: 2153-649X

Production Technology, Khanna Publication by R. K. Jain. [14] Yahya Isik, "An Experimental Investigation on Effect of Cutting Fluids in Turning with Coated Carbides Tool," Journal of Mechanical Engineering 56(2010)3, Paper received: 02.04.2009 Paper accepted: 00.00.2010.

Kalpakjian, S. and Schmidt, S. R. (2003) Manufacturing Processes for Engineering Material, 4th Edition, Prentice Hall Publishing Co., New York.

Dwivedy, S. K. Introduction To Vibration And Stability Analysis Of Mechanical Systems.

Hanzelka, Z., & Bien, A. (2006). Voltage Disturbances: Flicker. *Copper; Development Association-Institution Of Engineering And Technology Endorsed Training Provider.*

Blake, R. E. (1961). Basic Vibration Theory. *Shock And Vibration Handbook, 1, 2-8.*

- Koenigsberger, F. and Sabberwal, A.J.P., 1961, "An Investigation into the Cutting Force Pulsations During Milling Operations", International Journal of Machine Tool Design and Research, Vol. 1,
- Armarego, E.J.A. and Whitfield, R.C., 1985, "Computer Based Modeling of Popular Machining Operations for Force and Power Predictions", Annals of the CIRP, Vol. 34,
- Altintas, Y. and Lee, P., 1996, "A General Mechanics and Dynamics Model for Helical End Mills", Annals of the CIRP, Vol. 45
- Tlusty, J. and Polacek, 1963, "The Stability of Machine Tools Against Self Excited Vibrations in Machining", International Research in Production Engineering, ASME,
- Tlusty, J. and Ismail, F., 1981, "Basic Nonlinearity in Machining Chatter", Annals of the CIRP,
- Koenigsberger, F. and Tlusty, J., 1967, Machine Tool Structures-Vol I: Stability Against Chatter, Pergamon Press.
- Sridhar, R., Hohn, R.E. and Long, G.W., 1968a, "General Formulation of the Milling Process Equation", ASME Journal of Engineering for Industry,
- Slavicek, J., 1965, "The Effect of Irregular Tooth Pitch on Stability of Milling", Proceedings of the 6th MTDR Conference, Pergamon Press, London,
- Sridhar, R., Hohn, R.E. and Long, G.W., 1968b, "A Stability Algorithm for the General Milling Process", ASME Journal of Engineering for Industry,
- Minis, I. and Yanushevsky, T., 1993, "A New Theoretical Approach for the Prediction of Machine Tool Chatter in Milling", ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 115,
- Budak, E., 1994, "The Mechanics and Dynamics of Milling Thin-Walled Structures", Ph.D. Dissertation, University of British Columbia.

- Opitz, H., Dregger, E.U. and Roese, H., 1966, "Improvement of the Dynamic Stability of the Milling Process by Irregular Tooth Pitch", Proceedings of the Adv. MTDR Conference, No.7
- Vanherck, P., 1967, "Increasing Milling Machine Productivity by Use of Cutters with Non-Constant Cutting Edge Pitch", 8th MTDR Conference, Manchester
- Thusty, J., Ismail, F. and Zaton, W., 1983, "Use of Special Milling Cutters Against Chatter", NAMRC 11, SME,
- Altintas, Y., Engin, S. and Budak, E., 1999, "Analytical Stability Prediction and Design of Variable Pitch Cutters", Trans. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering,
- Budak, E., 2000, "An Analytical Design Method For Milling Cutters with Non Constant Pitch to Increase Stability", Proceedings of ASME-IMECE, Orlando, USA.
- Budak, E., 2016, "Modeling Dynamics And Stability Of Variable Pitch And Helix Milling Tools For Development Of A Desing Method To Maximize Chatter Stability", Precision Engineering ,Elsevier
- Güllü, A., (1995), "Silindirik taslamada istenen yüzey pürüzlüğünü elde etmek için taslama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-30.

## ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : HASAN YAŞAR  
**Uyruğu** : T.C  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : KONYA/13.08.1994  
**Telefon** : 05398704567  
**e-mail** : yasar.hasan1419@hotmail.com

## EĞİTİM

**Lise** : Muhittin Güzelkılınç Anadolu Lisesi 2012  
**Üniversite** : Aksaray Üniversitesi 2016

## İŞ DENEYİMLERİ

2016- AKKO Makina Planlama Müdürü