

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FREZELEMEDE TAKIM HELİS AÇISI VE KESME
YÜKSEKLİĞİNİN TİTREŞİM VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M.SALİH EKMEN
(102119101)

Anabilim Dalı : Makina Eğitimi

Programı : Talaşlı Üretim (Tezli YL)

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Vedat SAVAŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.06.2015

HAZİRAN – 2015

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde bana çalışmamı öneren, çalışmalarımın her aşamasında büyük özveriyle destekleyen bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım kıymetli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Vedat SAVAS'a, yüksek lisans döneminden itibaren her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Çetin ÖZAY'a ve Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği - Makine ve Metal Laboratuvar Sorumlusu Sayın Veysel Özbay'a çalışmamdaki değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca kendilerine zaman ayıramadığım, bana katlanan ve sabreden bütün güzellikleri hak eden aileme; manevi desteğini esirgemeyen hocalarıma, arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) yönetim birimi tarafından maddi olarak desteklenen FÜBAP 1305 no' lu projemize katkıda bulunan bütün FÜBAP yönetici ve personellerine teşekkür ederim.

Muhammed Salih EKMEN

ELAZIĞ – 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	XII
ÇİZELGELER LİSTESİ	XIV
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu İle İlgili Literatür Araştırması	2
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı	4
2. TALAŞLI İMALAT ve İŞLENEBİLİRLİK	5
2.1. Talaşlı İmalat İşlemi	5
2.2. İşlenebilirlik	5
2.3. Kesici Takımlar	6
2.3.1. Kesici Takım Sınıflandırması ve Özellikleri.....	7
2.3.2. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri.....	8
2.3.3. Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS).....	9
2.4. Takım Aşınması	10
3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	11
3.1. İmalatta Yüzey Pürüzlülüğü	11
3.2. İdeal Yüzey Pürüzlülüğü.....	11
3.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	12
3.3.1. İmalatta Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri	12
3.3.2 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Önemli Faktörler.....	13
3.4. Milli Standartlar	13
4. TİTREŞİM	15
4.1. Titreşim Teorisi	15
4.2. Periyodik Titreşimler	17
4.3. Rasgele Titreşimler	19

4.4. Titreşimin İrdelenmesi	20
5. MATERYAL ve METOT	22
5.1. İş Parçası Kesici Takım ve Tezgah Özellikleri	22
5.1.1. AISI 1040 Çeliği.....	23
5.1.2. AISI 1040 Çeliğin Kullanım Alanları ve Kimyasal Bileşimi.....	23
5.1.3. GG30 (Dökme Demirler)	23
5.1.4. GG30 (Dökme Demirler) Kullanım Alanları ve Kim. Bileşimi.....	24
5.1.5. Deneylerde Kullanılan Kesici Uçlar (Parmak Freze Çakıları).....	24
5.1.6. Bağlama Aparatı ve Paralellik Ayarı.....	25
5.1.7. Deneylerde Kullanılan CNC Freze Tezgahı.....	25
5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	26
5.3. Titreşim Ölçüm Cihazı, Deney Düzeneği	27
6. DENEYSEL SONUÇ ve TARTIŞMA	30
6.1. Titreşim - Yüzey Pürüzlülük Değerlendirmeleri.....	30
6.2. Kesme Hızının Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	30
6.2.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları.....	30
6.2.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları	37
6.3. Talaş Derinliğinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	43
6.3.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları.....	43
6.3.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları	49
6.4. Temas Yüksekliğinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	55
6.4.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları.....	55
6.4.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları	61
7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	67
7.1. Sonuçlar	67
7.2. Öneriler.....	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	77

ÖZET

FREZELEMEDE TAKIM HELİS AÇISI VE KESME YÜKSEKLİĞİNİN TİTREŞİM VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada, CNC freze tezgâhında **90° Yanal frezeleme** de takım helis açısı ve bağlama yüksekliğinin, titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Deneylerde iş parçası olarak AISI 1040 çeliği ve GG30 malzemesi kullanılırken kesici takım olarak 20 mm çapına sahip ve helis açıları (α ; 20°, 30°, 40°) olan HSS parmak freze çakısı kullanılmıştır. Deneyler üç farklı kesme hızı (V; 15 m/dk., 20 m/dk., 25 m/dk.), Talaş Derinliği (a ; 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm) ve temas yüksekliğinde (h ; 10 mm, 20 mm, 30 mm), freze çakısı L=70 mm uzunluğunda bağlanarak işlem yapılmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak frezeleme esnasında oluşan titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak kesicinin helis açısı arttığında titreşim değerinin önemli miktarda azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, titreşimin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Alın frezeleme, Yüzey pürüzlülüğü, Titreşim

ABSTRACT

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF TOOL HELIX ANGLE AND DEPTH OF CUT ON THE VIBRATION AND SURFACE ROUGHNESS IN MILLING PROCESS

In this study, the effect of the tool helix angle and connecting height on the vibration and surface roughness was investigated in a CNC milling machines in case of 90° lateral milling. In the experiments, the HSS mills cutter with a diameter of 20 mm and with different helical angles (α , 20°, 30°, 40°) was used as cutting tool while AISI 1040 steel and GG30 material were used as work piece. Experiments were carried out at three different cutting speeds (V ; 15 m/min, 20 m/min, 25 m/min.), chip width (w ; 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm) and touch height (h ; 10 mm, 20 mm, 30 mm), connecting the cutter having a length of $L=70$ mm. The vibration and surface roughness formed during milling was measured depending on these parameters. As a result, it was observed that the vibration is decreased significantly when the helix angle of the cutter is increased. In addition, it is seen that the vibration has a significant effect on the surface roughness.

Key Words : Key Words: Get Surface milling, Surface roughness, Vibration

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Freze tezgahlarında kullanılan değişik biçim ve özellikte kesici takımlar.....	6
Şekil 2.2. Değişik biçim ve özellikte kesici takımlar.....	7
Şekil 2.3. Torna ve Freze çeşitli biçimdeki kesici takımlar.....	8
Şekil 2.4. Yüksek hız çeliğinden (HSS) yapılmış kesiciler.....	9
Şekil 3.1. M Sistemine göre yüzey pürüzlüğü profili.....	12
Şekil 4.1. Titreşim sistemi (Çay, 2006).....	15
Şekil 4.2. Titreşim hareketinin zaman ve frekans düzleminde gösterilmesi (Çay, 2006)	16
Şekil 4.3. Sinüzoidal titreşim hareketi (Çay, 2006).....	17
Şekil 4.4. Yer değiştirme, hız ve ivme dalgaları (Çay, 2006).....	18
Şekil 4.5. Rasgele titreşim sinyalleri (Anonymous, 1998a).....	19
Şekil 4.6. Titreşim niceliklerinin parametreleri (Anonymous, 1998a).....	20
Şekil 5.1. Üniversal freze tezgahında yüzeylerin işlenmiş AISI 1040 deney numuneleri	22
Şekil 5.2. Üniversal freze tezgahında yüzeyleri işlenmiş GG30 deney numunesi.....	22
Şekil 5.3. AISI 1040 ve GG30 deney numunelerinin boyutları.....	23
Şekil 5.4. Farklı helis açılarında parmak freze çakıları.....	24
Şekil 5.5. Freze çakısı ve mungenenin komparatör ile paralellik kontrolü	25
Şekil 5.6. “Johnford VMC-550” Cnc freze tezgahı	25
Şekil 5.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı (Mitutoyo (Surftest SJ-210)).....	26
Şekil 5.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçüm alma.....	26
Şekil 5.9. Titreşim ölçüm cihazı ve bağlama görüntüleri.....	28
Şekil 5.10. Titreşim ölçme cihazı ile deney düzeneği.....	29
Şekil 5.11. Talaş kaldırma işleminde kullanılan parametrelerin gösterimi.....	29
Şekil 6.1. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	31
Şekil 6.2. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	31
Şekil 6.3. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim - pürüzlülük grafiği.....	32
Şekil 6.4. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	33

Şekil 6.5. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	33
Şekil 6.6. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	34
Şekil 6.7. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	34
Şekil 6.8. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	34
Şekil 6.9. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	35
Şekil 6.10. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	36
Şekil 6.11. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	36
Şekil 6.12. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği.....	37
Şekil 6.13. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	38
Şekil 6.14. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	38
Şekil 6.15. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği.....	39
Şekil 6.16. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği.....	40
Şekil 6.17. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği.....	40
Şekil 6.18. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği.....	41
Şekil 6.19. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	42
Şekil 6.20. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	43

Şekil 6.21. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	44
Şekil 6.22. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	45
Şekil 6.23. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	45
Şekil 6.24. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim - pürüzlülük grafiği.....	46
Şekil 6.25. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	47
Şekil 6.26. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	47
Şekil 6.27. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	48
Şekil 6.28. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	49
Şekil 6.29. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	49
Şekil 6.30. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	50
Şekil 6.31. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	51
Şekil 6.32. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	51
Şekil 6.33. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği.....	52
Şekil 6.34. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	53
Şekil 6.35. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	53
Şekil 6.36. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	54

Şekil 6.37. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	55
Şekil 6.38. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	55
Şekil 6.39. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	56
Şekil 6.40. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	57
Şekil 6.41. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	57
Şekil 6.42. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	58
Şekil 6.43. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği.....	59
Şekil 6.44. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği.....	59
Şekil 6.45. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	60
Şekil 6.46. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim grafiği.....	61
Şekil 6.47. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre pürüzlülük grafiği.....	61
Şekil 6.48. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	62
Şekil 6.49. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği.....	63
Şekil 6.50. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği.....	63
Şekil 6.51. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	64
Şekil 6.52. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim grafiği.....	65

Şekil 6.53. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre pürüzlülük grafiği.....	65
Şekil 6.54. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği.....	66

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1. AISI 1040 Çelik malzemenin kimyasal bileşimi.....	22
Tablo 5.2. GG30 malzemenin kimyasal bileşimi.....	24
Tablo 6.1. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	30
Tablo 6.2. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	33
Tablo 6.3. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	35
Tablo 6.4. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	37
Tablo 6.5. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	39
Tablo 6.6. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	41
Tablo 6.7. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	43
Tablo 6.8. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	45
Tablo 6.9. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	47
Tablo 6.10. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	49
Tablo 6.11. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	51
Tablo 6.12. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	53
Tablo 6.13. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri.....	55

Tablo 6.14. AISI 1040 elik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlölük değerleri.....	57
Tablo 6.15. AISI 1040 elik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlölük değerleri.....	59
Tablo 6.16. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlölük değerleri.....	61
Tablo 6.17. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlölük değerleri.....	63
Tablo 6.18. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlölük değerleri.....	65

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Yüzey kalitesini değerlendirmekte kullanılan milli stand.(URL-2, 2007)...	14
Çizelge 3.2. Seçilen imalat sürecinin yüzey pürüzlülüğü aralıkları (URL-3, 2007).....	14
Çizelge 5.1. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	27
Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	28

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$A(t)$: kütlenin “t” anındaki ivmesi (m/s^2)

a : talaş derinliği

C : sönümlü periyodik titreşim sisteminin sönümleme katsayısı (Ns/m)

co : sönümlü periyodik titreşim sisteminin kritik sönümleme katsayısı (Ns/m)

D : sönümleme oranı (boyutsuz orantı)

F : frekans

F_c : esas kesme kuvveti

F_f : ilerleme kuvveti

F_r : radyal kuvvet

f : ilerleme

K : yay sertliği veya katsayısı (N/m)

M : cismin kütlesi (kg)

$q_1...q_2$: faz açıları (rad)

R_t : pürüzlülük Yüksekliği

R_a : ortalama Pürüzlülük Değeri

T : periyot

V : kesme hızı

$V(t)$: kütlenin “t” anındaki hızı (m/s)

n_w : sönümsüz açısal doğal frekans (rad/s)

wnd : sönümlü açısal doğal frekans (rad/s)

$X(t)$: kütlenin “t” anındaki yer değiştirme miktarı (m)

$X_0..X_n$: sinüzoidal bileşenlerin tepe genlikleri (m)

$Y(t)$: sinüzoidal olmayan periyodik hareketin yer değiştirme miktarı (m)

ORT_x : titreşim niceliğinin mutlak ortalaması

KOK_x : titreşim niceliğinin kareler ortalamasının karekökü

ω : açısal frekansı

ANN : yapay sinir ağları (artificial neural network)

Al_2O_3 : alüminyum oksit

$AISI$: Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü

BUE : yığıntı talaş (Built Up Edge)

CBN : kübik bor nitrür

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)
KISALTMALAR

CNC : bilgisayar destekli kontrol (Computer Numeric Control)

Co : kobalt

E : zarf Sistemi

GA : genetik algoritma

HSS : yüksek hız çeliği (High Speed Steel)

ISO : Milletlerarası Standart Teşkilatı

KOK : kareler ortalamasının karekökü

M : ortalama çizgi sistemi

PCD : çok kristalli elmas

Si₃N₄ : silisyum nitrür

T : numune alma süresi (s)

TiN : titanyum nitrür

TiC : titanyum karbür

TiCN : titanyum karbonitrür

WC : tungsten karbür

1. GİRİŞ

Titreşim tezgâhın yıpranmasına, aşınmasına, kesici takımların ömrüne ve iş parçasının işlenen yüzey kalitesine, titreşimden kaynaklı seslerin çalışan operatörü performansına olumsuz etkisi bulunmaktadır. İş parçası üzerinde talaş kaldırma esnasında genellikle, kendiliğinden doğan titreşim ve zorlanmış titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgâhın mekanik hareketlerinden dolayı ileri gelirken kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelen titreşimdir (Engin Nas, 2008).

Talaş kaldırarak imal edilen makine parçalarında elde edilen yüzey pürüzlülüğü, malzeme yapısının, seçilen işleme şartlarının ve yönteminin kesin bir göstergesi olmuştur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda yüzey pürüzlülüğün doğru olarak ölçülmesi ve üretim şekli için en uygun yüzey pürüzlülük ölçme yönteminin tercih edilmesi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir.

Bu doğrultuda titreşimin azaltılması ve yüzey pürüzlülüğün iyileştirilmesi için kesme şartları (kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) optimize edilmeli, aşınma kriterine ulaşmış olan aşınmış bir takım ile talaş kaldırma işlemi devam ettirilmemelidir (Şahin, 2000). Bu amaçla bu çalışmada, CNC freze tezgâhında **90° Yanal frezeleme** de takım helis açısının, temas yüksekliğinin, kesme hızının, talaş derinliğinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Deneylerde iş parçası olarak AISI 1040 çeliği ve GG30 malzeme kesici takım olarak **Ø20 (HSS) Parmak freze** çakısı kullanılmıştır. Bağlama yüksekliği **L ; 70 mm** boyunda sabitlenmiştir. Temas Yükseklikleri **h ; 10 mm, 20 mm, 30 mm ve Helis Açısı (α); (20°, 30° ve 40°)** deneylerde üç farklı kesme hızında (15 m/dk., 20 m/dk., 25 m/dk.), Talaş derinliği **a (mm) ; (0.5, 1, 1.5)** olacak şekilde ve 150 mm olan yanal uzunluğun üç eşit parçaya bölerek her 50 mm mesafeyi 15 saniyede tamamlayarak , saniyede bir veri olarak deneyler yapıldı.

Deneyde imalat başlangıcında ve bitişinde oluşan yüksek titreşim verileri dikkate alınmamıştır. Bunun yanında 50 mm yüzey işleme uzunluğunun merkezin 'den 7 mm'lik boyutundaki kısmın yüzey pürüzlülük değeri alınmıştır.

1.1. Konu İle İlgili Literatür Araştırması

Talaşlı imalat işlemlerinde, anlık oluşan ve kontrolü zor olan titreşimler, iş parçasının yüzey kalitesine olumsuz etkilemekte, yüzeyin ve ölçü tamlığının bozulmasına, kesici takımın aşınmasına ve kırılmasına, imalat tezgâhının bileşenlerinin zarar görmesine, tezgahın mekanik ömrünün kısalmasına ve yüksek gürültüye neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar, talaşlı imalat işlemlerinde oluşan titreşimin karmaşık bir yapıda olduğunu göstermiştir. Talaşlı imalat işlemleri esnasında oluşan titreşim genel olarak zorlamalı titreşim ve kendinden tahrikli titreşim olmak üzere iki kısma ayrılır (Engin Nas, 2008).

1931 yılında yüzey kalitesi konusunda ilk defa Almanya’da bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda yüzey kaliteleri bir düzenlemeye tabi tutulmuştur. Yüzey kaliteleri belli esaslara dayandırılarak DIN 140 normu düzenlenmiştir. O dönemde, yüzeyler ‘talaş kaldırılan ve talaş kaldırılmayan yüzeyler’ olarak ifade edilmiştir. Ayrıca talaş kaldırılarak işlenecek parçaların tanımında el ve göz tespitleri dikkate alınmıştır. Yani yüzeyler elin hissetme, gözün görme kabiliyetine göre tespit edilmiştir. Yüzey kaliteleri kaba, orta, ince ve hassas olmak üzere 4 çeşit olarak belirlenmiştir.

1960’lı yıllardan sonra Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) yüzey kaliteleri konusunda bir çalışma yapmış ve yüzey kaliteleri standartlarını ülkemize tavsiye etmiştir. Türk Standartları Enstitüsü de TS 2040 numaralı standartla yüzey kalitelerini bir esasa bağlamıştır.

Lee ve arkadaşları, yüksek hızla frezeleme sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve bu esnada oluşan titreşimleri incelemişlerdir (Lee et al., 2001). Araştırmacılar, normal kesme hızlarında yapılan işleme şartlarında oluşan kuvvetlerin ve işleme parametrelerinin tespit edilmesinin kesme parametrelerinin incelenmesinde yeterli olacağını belirtmişlerdir. Ancak, yüksek hızla işlemede yeterli olmadığını bildirmişlerdir. Yüksek hızla işleme şartlarında işlenen parçaların geometrik tamlığı ve yüzey kalitesi kesme sırasında oluşan titreşimlerin etkisinin büyük olduğu ve bu şartlarda yapılan işlemin gerçek anlamda incelenip irdelenerek benzetim edilebilmesi için titreşimlerinde dikkate alınmasının gerekli olduğu vurgulamışlardır. Kesme sırasında oluşan titreşimlerin en büyük sebeplerinden birinin kesici ekseninin sapması olduğu belirtilmelidir. Elde edilen deneysel verileri hazırlanan bir program ile

irdelemişlerdir. Buna göre, işlenen yüzeyin pürüzlülük değerleri ile deneysel verileri işleyip algoritmanın sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Bu bağlamda deneysel veriler ile simülasyon sonuçlarının yaklaşık aynı olduğu ve kesme sırasında oluşan titreşimlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkin bir parametre olduğunu tespit etmişlerdir.

Ertürk, Budak ve Özgüven (2005), yaptıkları çalışmada; analitik yöntemlerle elde edilen iş mili, takım tutucu ve takım frekansın tepki fonksiyonları ile deneysel olarak elde edilen dinamik özelliklerinden yararlanarak bütün sistem için gerekli frekans tepki fonksiyonlarının hesaplanmasını amaçlamışlardır. Bu sayede işleme merkezlerinde meydana gelen tırlama titreşimlerinin giderilerek yüzey pürüzlülüğünün minimum düzeye indirilmesini hedeflemişlerdir.

Lou ve Chen yaptıkları çalışmada freze ile işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü ile titreşim sinyalleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Lou et al. ve arkadaşları, 1999). Takım üzerindeki titreşim ve sapmalar ile iş parçasındaki titreşimler ölçülmüşlerdir. Elde ettikleri veriler Bulanık sistem ile analiz etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmaya göre devir sayısı, talaş derinliği ve titreşim ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bulanık sistem ile verileri işleyerek deneysel veriler ile karşılaştırmışlardır ve sonuçların oldukça uyum içerisinde olduklarını görmüşlerdir.

Bilindiği gibi mühendislik dalı açısından imalat sektöründe maliyet, zaman ve yüzey kalitesi en önemli faktörlerdir. Makine elemanı olarak imal edilecek iş parçalarının işlenmesinde öncelikle iş parçaları frezelenmekte ve daha sonraki aşamada istenilen ölçü tamlığına ve hassas yüzey kalitesine getirilmesi için taşlama işlemine tabii tutulmaktadır. Bu yapılan işlemler daha önce belirttiğimiz maliyet, zaman faktörleri açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Yapılacak bu çalışma yapılan literatür çalışmaları ışığında yanal-frezeleme yöntemi kullanılarak tek bir tezgah üzerinde istenilen ölçü tamlığı ve yüzey kalitesini elde edileceği ve bununla birlikte istenilen yüzey pürüzlülük değerini elde etmek için farklı tezgâh kullanımı ihtiyacını ortadan kaldırmak, daha kısa zaman içerisinde istenilen değer aralığını sağlamış bir yüzey elde ederek üretimin hızını artırmak düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda titreşim ve yüzey pürüzlülük üzerine çalışmaların olduğu görülmüştür. Ancak bu çalışmada direk freze çıkısının helis açısını yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir çalışmaya rastlanmamıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tezin temel amacı: Talaşlı imalat işlem yüzeylerinden biri olan yanal yüzeyden talaş kaldırma işlemlerinde üç farklı helis açılı parmak freze çakısı ile imalatta kesme parametrelerinden kesme hızının, temas yüksekliğinin, talaş derinliğindeki değişimlerinden kaynaklı oluşan titreşim ve titreşimin, işlem yüzeyi üzerindeki yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ışığında malzeme cinsine göre titreşimi minimum ve yüzey pürüzlülük kalitesinin maksimum olduğu ideal helis açılı parmak freze çakısı ile üretim yapma işlemini yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmanın talaşlı imalatta ışık tutmasının yanı sıra kullanılan tezgâhın üretim ömrünü uzatmak, titreşim kaynaklı oluşan gürültüyü azaltarak daha iyi bir çalışma ortamı yaratmak ve talaşlı imalatla olmazsa olmazlarından olan yüzey pürüzlülük kriterini ideal seviyenin üzerine çıkarmaktır.

Bu çalışma yedi ayrı bölümde hazırlanmıştır. Giriş kısmında çalışma hakkında genel bilgiler verilmiş ve yapılan çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde talaşlı imalat ve işlenebilirlik konusu işlenmiş ve talaşlı imalat işlemleri, kesici takımların sınıflandırılması ve kimyasal özellikleri verilmiştir. Üçüncü bölümde; imalat işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün önemi ideal yüzey pürüzlülük ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler ile milli standartlar verilmiştir. Dördüncü bölümde; titreşim teorisinin açıklanması, imalatla sıkça karşılaşılan periyodik ve rasgele titreşimin irdelenmesi üzerinde durulmuştur. Beşinci bölüm; materyal ve metotlarda ölçüm alma şekli, kullanılan malzemelerin cinsi, kimyasal özellikleri ve boyutsal ölçüleri, kullanılan kesici uçlar (parmak freze çakıları), kullanılan tezgâh ve ölçüm cihazlarının özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Altıncı bölüm; deneysel sonuç ve tartışmada malzeme cinsine göre deneysel çalışmalardan elde edilen değerlerin tablo haline getirilmiş, grafikler oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Yedinci bölümde yapılan yorumların analizi sonucunda verilen öneriler sunulmuştur.

2. TALAŞLI İMALAT ve İŞLENEBİLİRLİK

2.1. Talaşlı İmalat İşlemi

Talaşlı imalat işlemi, bir iş parçası üzerindeki fazlalıkları uygun kesici takım ve takım tezgâhı kullanarak uzaklaştırmaktır. İş parçası metal olduğu zaman işlem metal kesme olarak da isimlendirilir. Talaşlı imalat işleminde etkin olan kesme hareketi iş parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın talaşa dönüşmesini gerektirir. Bu yöntem çoğunlukla metalleri şekillendirmek için uygulansa da diğer bazı malzemeler de aynı yöntemle şekillendirilebilir (Groover, 1996; De Garmo, 2000). Talaşlı imalat işlemi önemli imalat yöntemlerinden bir tanesidir. Aşağıdaki sebepler dikkate alındığında talaşlı imalat işleminin en önemli imalat yöntemlerinden biri olduğu anlaşılır:

1. Çok çeşitli malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilebilir. Gerçekte bütün katı malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilir.
2. Talaşlı imalat işlemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler oluşturulabilir. Birkaç talaşlı imalat işlemi sırayla uygulanarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler elde edilebilir.
3. Talaşlı imalat işlemiyle iş parçası ölçüleri çok yakın toleranslarda elde edilebilir ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir (Groover, 1996).

2.2. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemenin (çoğunlukla metal) talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmesinin nispi kolaylığı veya zorluğudur (Sandvik, 1996). İşlenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır (De Garmo et al., 1997). İşlenebilirliği değerlendirmek için çeşitli kıstaslar kullanılır. Bunlardan en yaygın olanları:

1. Takım ömrü
2. Kesme kuvvetleri ve harcanan enerji veya güç
3. İşlenen yüzey kalitesi (Shaw, 1994).

Malzemelerin işlenebilirliklerini etkileyen malzeme özellikleri sertlik, süneklik, ısı iletkenlik, pekleşme ve malzemenin kimyasal bileşimidir. Örneğin, sertlik arttıkça kesici takımın aşınma artar ve dolayısıyla takım ömrü kısalmaktadır. Düşük sertlik ve dayanım genelde iyi işlenebilirlik anlamına gelmekle birlikte sertliği az olan çok sünek malzemelerde yığıntı talaş (Built-Up-Edge - BUE) oluşumu gerçekleştiği için yüzey kalitesi kötüleşir ve takım ömrü kısalmaktadır.

2.3. Kesici Takımlar

Kesici takımlar, bir takım tezgâhına tespit edilerek endüstriyel bir ürüne şekil veren aletlerdir. Bu şekil verme işlemi genellikle malzemeden talaş kaldırılarak meydana gelmektedir. Değişik makine ve makine parçalarının imalatını sağlamak için kullanılan kesici takımın, talaş kaldırma esnasında oluşan yüksek zorlamaları karşılaması zorunludur. Günümüz sanayisindeki rekabet ortamı, gelişen teknoloji nedeniyle meydana gelen talaş kaldırma yöntemlerinin çeşitliliği ve farklılıkları sonucunda metalik ve metalik olmayan çok sayıda kesici takım malzemesinin geliştirilmesini sağlamıştır. Halen dünyanın çeşitli yerlerinde farklı çevre şartlarında talaş kaldırma işlemleriyle değişik makinelerin üretimi sağlanmaktadır. Bir çok uygulama için birden fazla takım malzemesi uygun olabilir. Sonuç olarak takım seçimi; malzemenin kolay temin edilebilirliği ve ekonomikliğine bağlıdır (Sen, 1998).



Şekil 2.1. Freze tezgahlarında kullanılan değişik biçim ve özellikte kesici takımlar

Ticari olarak bugün mevcut takım malzemelerinin değişik uygulamalarındaki performansları; takım ömrüne, talaş kaldırma miktarına, yüzey hassasiyetine ve takım maliyetine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 2.2. Değişik biçim ve özellikte kesici takımlar

2.3.1. Kesici Takım Sınıflandırması ve Özellikleri

Kesici takım malzemeleri ; iç yapıları, ömürleri, imalat şekilleri, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

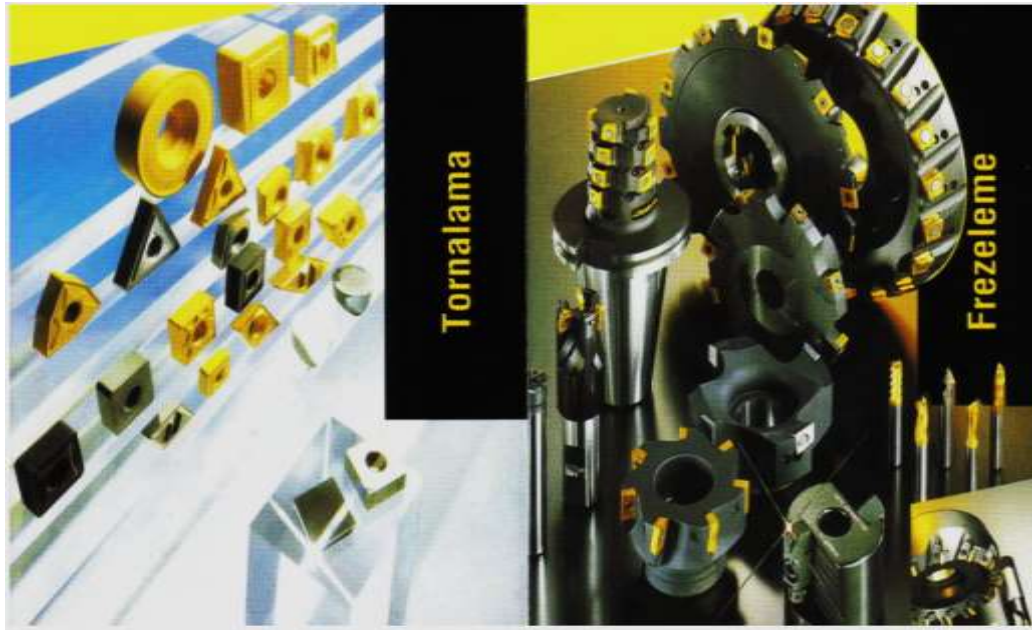
- Karbon çelikleri ve takım çelikleri,
- Yüksek hız çelikleri,
- Sert maden uçlu kesiciler,
- Seramikler,
- Sermetler,
- Siyalonlar,
- Coroniteler,
- Elmaslar,
- CBN,
- PCBN.

Talaşlı imalat esnasına kesici uçta oluşan yüksek sıcaklık ve maruz kaldığı büyük kuvvetlerin kesici takıma olumsuzlukları vardır. Bu olumsuzlukları en aza indirmek tüm bu olaylar ekonomikle beraber dikkate alınırsa kesici takımında aranan özellikler şöyle sıralanabilir (Sen, 1998).

- Aşınmaya ve şekil değiştirmeye dayanıklı olması için yüksek sertlik,
- Kırılmaya ve özellikle darbelere karşı yüksek tokluk,
- Oksidasyona dayanıklı olması için yüksek kimyasal kararlılık,
- Yüksek kızıl sertlik ve termik darbelere karşı yüksek mukavemet.

2.3.2. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri

Endüstri devriminin başlangıcından beri talaş kaldırma işlemlerinde sadece karbonlu çelikler kullanılmaktaydı. Bu yaklaşık % 0.8-2 karbon içeren demir alaşımından oluşmakta ve çelik yapmayı kolaylaştırmak için manganez, silis, sülfür ve fosfor gibi diğer alaşım elementleri katılmaktaydı. Karbonlu takım çeliği 835° C ile 850° C arasında kızıl sıcaklıkta sertleştirilir ve bunu oda sıcaklığına kadar çok hızlı suda soğutma takip etmekteydi. Bu ani soğuma neticesinde sertleştirme esnasında malzemenin iç ve dış kısımlarında çatlama eğilimi meydana gelebilmektedir. Diğer alaşımlı çeliklere göre aşınmaya karşı dayanımları daha düşüktür (Sen, 1998).



Şekil 2.3. Torna ve freze çeşitli biçimdeki kesici takımlar

2.3.3. Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS)

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen kesici takım grubu olup diğer takım malzemelerine nazaran düşük maliyeti ve işlenebilme özelliği nedeniyle yüksek hız takım çelikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri, yerini birçok uygulamada toz metalürjisi tekniği ile üretilen, daha yüksek hızlarda kesme işlemi yapabilen ve aşınma dirençleri daha yüksek olan sert metallere bırakmıştır. Fakat yüksek hız çelikleri tokluk değerlerinin yüksek olması sebebiyle bazı talaşlı İmalat yöntemlerinde önemini yitirmemiştir. Genelde helisel matkap, azdırma çakıları, kılavuzlar, parmak freze gibi kesici takım malzemelerinde hala kullanılmaktadırlar (Can, 2003).



Şekil 2.4. Yüksek hız çeliğinden (HSS) yapılmış kesiciler

Hız çelikleri, yüksek alaşımlı asal çeliklerdir. 600°C sıcaklığa kadar sertliklerini muhafaza ederler. Yüksek kesme hızlarında (30/50 m/dak) talaşlı imalatta kullanılan kesici takımlardır. Yüksek hız takım çelikleri T ve M olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Bunlar ilk alaşım olan Tungsten ve Molibden yüzdesine göre belirlenir. T serisi %12-20 tungsten ve diğer alaşım elementi olarak Vanadyum ve Kromla birlikte kobalttan oluşurken M serisi yaklaşık %3.5-10 Molibden ile diğer alaşım elementleri olarak Kobalt, Krom ve vanadyum içerir (Sen, 1998;Can, 2003).

Genel olarak M serisi, T serisinden daha yüksek abrasyon aşınma direncine sahip olmakla birlikte daha ucuz ve ısıl işlemde daha az bozulma göstermektedir.

2.4. Takım Aşınması

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımların aşınması, talaşlı imalat işleminin verimliliğini, üretilen iş parçasının boyutlarını ve yüzey kalitesini doğrudan etkiler. Kesici takımın aşınma arttıkça, kesme kuvvetleri, kesme bölgesinde sıcaklık, titreşim ve ses artar.

Artan kesme kuvvetleri sonucu daha fazla enerji gereksinimine ihtiyaç duyulur. Aynı zamanda, artan kesme kuvvetleri iş parçası ve kesici üzerinde daha fazla gerilme oluşur. Aşınmış kesici takımın, kesici takımın kesici ucunda keskin bir kenardan farklı olarak sürtünen bir bölge olacağı için bu bölgenin iş parçası ile sürtünmesi sonucu da daha fazla ısı enerjisi açığa çıkararak, kesme bölgesinde kesici takım ve iş parçasının sıcaklığı artar. Artan sıcaklıkla aynı zamanda, iş parçası boyutlarında sapma olur ve istenilen ölçü toleranslarının dışına çıkılarak hatalı parçalar üretilebilir.

Kesici takımın aşınması sonucu ortaya çıkan diğer bir olumsuzlukta titreşimdir. Titreşim sonucu iş parçası yüzey pürüzlülüğü artar. İş parçası yüzey pürüzlülüğü kesici takımın küçük kırılmalar şeklinde aşınma olduğunda da artar. Talaşlı imalat işlemi esnasında titreşim kesici takım üzerinde çevrimsel yükler oluşturacağı için kesici takımın kırılmasına da neden olabilir. (Groover 1996).

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın aşınması aşağıdakilerden biri veya birkaçının aynı anda gözlenmesiyle anlaşılır:

1. Kesme kuvvetlerindeki aşırı yükselme
2. Sıcaklık artışı
3. Aşırı titreşim
4. Yüksek gürültü
5. İşlenen malzeme boyutlarındaki değişim
6. İşlenen yüzeyin bozulması

3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

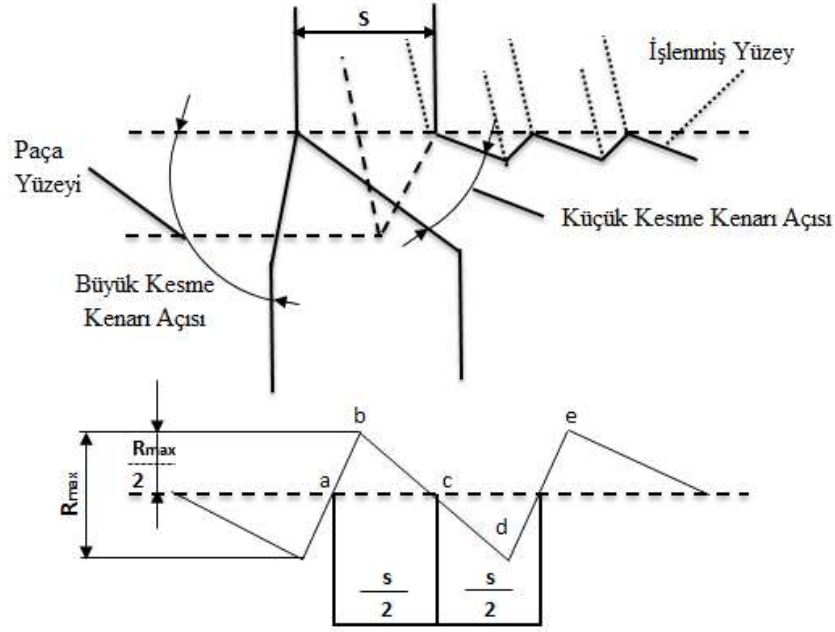
3.1. İmalatta Yüzey Pürüzlülüğü

İşlenmiş bir yüzeyin yapısı, kalite açısından en önemli kıstaslardan birisidir (Stout, 1998). Malzemelerin işlenmesi anında kullanılan her bir parametre yüzey hassasiyetini etkilemektedir (Griffiths, 2001). Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü, ilerleme miktarı, paso derinliği, kesme hızı, devir sayısı gibi parametrelere bağlıdır. İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu yüzden makine parçalarında yüzey pürüzlülük değerinin tespiti oldukça önemlidir (Çoğun, 2002).

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat metotları ile ve başka etkilerle ortaya çıkan, mutlak tarzda genellikle başka düzensizliklerle sınırlanan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımdan veya üretim sürecindeki diğer problemlerden kaynaklanan yüzey düzensizlikleri pürüzlülük olarak tanımlanır. Pürüzlülük çapraz ilerleme izleri ile diğer düzensizlikleri kapsar. Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometri, boyut ve yüzey bakımından parça resminde gösterilen belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Buna işlem kalitesi denilmektedir. Parçanın geometri, boyut ve yüzey doğruluğunu kapsayan yüzey kalitesi, günümüzde talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğidir (Korucu, 1996).

3.2. İdeal Yüzey Pürüzlülüğü

İdeal yüzey pürüzlülüğü, kesici takımdaki hatalar, vuruntular, kesici uçta oluşan malzeme sıvanması gibi etkenler azaltıldığında, verilen kesici biçimine ve ilerlemeye bağlı olarak mümkün olan en iyi bitirme yüzey değerini gösterir. Şekil 3.1`de görüldüğü üzere en ideal şartlar altında bulunan ideal bitirme yüzeyinin sivri uçlu kesici takımla tornalama operasyonu için verilmiştir (Kocagöbek, 2001).



Şekil 3.1. M Sistemine göre yüzey pürüzlülüğü profili

3.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

3.3.1 İmalatta Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

İşleme kalitesine etki eden faktörler dört grupta incelenir;

1. Takım tezgâhına ait sapmalar; tezgâhın kinematik mekanizmasındaki mevcut olan hataların etkisinden, ana mil ile kızak yüzeylerinin paralel olmamasından, tezgâhın tüm mekanizmaları ve yataklama sistemlerindeki mevcut olan sapmalar ve boşlukların etkisinden, gövde ve ana milin yeterince rijit olmamasından dolayı oluşur.

2. Tezgâh sistemine ait hatalar; ana elemanların imalat hatalarından, tertibatın yeteri kadar rijit olmamasından, ana elemanlarda oluşan hatalardan kaynaklanır.

3. Takım sistemine ait hatalar; takımın konum bakımından hatalı bir şekilde tutturulmasından, kesme kuvvetlerinin etkisi altında şekil değiştirmelerin oluşması ve takımın aşınmasından kaynaklanır.

4. Ortamın etkisi altında meydana gelen hatalar; sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeleri ve diğer tezgâhlardan gelen titreşimlerden kaynaklanır (Korucu, 1996).

3.3.2 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Önemli Faktörler

Gerçek yüzey pürüzlülüğüne etki eden önemli faktörler şöyle sıralandırılabilir.

1. Kesici takımdaki titreşimler
2. Kesici takım geometrisi
3. İşlenen iş parçasındaki titreşim ve salgılar
4. İşleme takım hareketlerindeki bozukluklar
5. Kesme sırasında ilerleme miktarı
6. Kesme sırasında hız miktarı
7. Verilen talaş derinliği
8. İlerleme mekanizmasındaki düzensizlik
9. Takım ve iş parçasının elastik deformasyonu
10. İş parçalarındaki malzeme yapı bozuklukları
11. Kesici uç üzerine talaşın yapışması
12. Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesme kenarında oluşan izler ve aşınma
13. İşlenen malzemelerin süreksiz talaş vermesi. Düşük kesme hızıyla işlenen yumuşak malzeme yüzeyindeki yırtılmalar
14. Talaş akışının sebep olduğu yüzey bozulması
15. İş parçasının talaş kaldırılan yüzeyinden 100 mikrometre derinlikteki fiziksel ve kimyasal özellikler (URL -1, 2007)

3.4. Milli Standartlar

Yüzey pürüzlülüğü tanımlanmasında kullanılan sayısal değer ve ölçümler için değişik ülkeler çeşitli milli standartlar getirmişlerdir. Avrupa'da zarf sistemi daha çok tercih edilirken, Amerika ve İngiltere gibi ülkeler ortalama çizgi sistemini tercih etmişlerdir. Bazı ülkelerin kullanmakta olduğu simgeler çizelge 3.1'de gösterilmektedir. Ayrıca, seçilen imalat sürecinin yüzey pürüzlülüğü aralıkları çizelge 3.2'de gösterilmiştir (URL-3, 2007).

Çizelge 3.1.Yüzey kalitesini değerlendirmekte kullanılan milli standartlar(URL-2, 2007)

Ülke	Kullanılan Sistem	Ölçme Birimi	Tavsiye Edilen Sayısal Değerler
Avusturya	M	μm	Rt (Rmax)
Kanada	M	μm	Ra
Çekoslovakya	M	μm	Ra veya Rt
Danimarka	M	μm	Ra
Fransa	E	μm	Ra
Almanya	E	μm	Rt
İngiltere	M	μm	Ra
İtalya	E	μm	Ra
Japonya	M	μm	Rt
Hollanda	M	μm	Ra
İspanya	M	μm	Ra
İsveç	M	μm	Düzeltilmiş Ra
Amerika	M	μm	Ra
Rusya	M	μm	Ra
Türkiye	M	μm	Ra

Çizelge 3.2. Seçilen imalat sürecinin yüzey pürüzlülüğü aralıkları (URL-3, 2007)

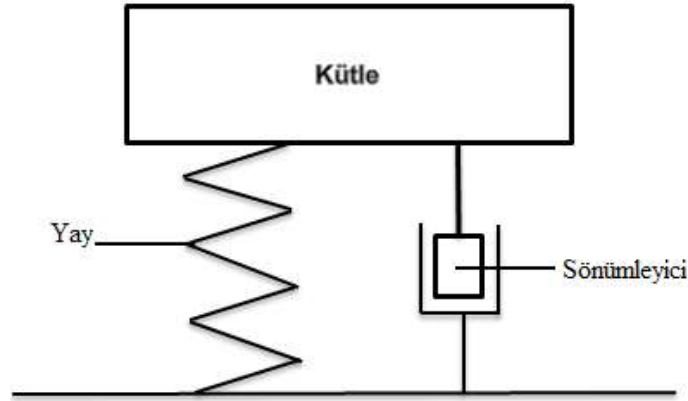


4. TİTREŞİM

4.1. Titreşim Teorisi

Titreşim bir kütlenin referans bir pozisyon etrafında yapmış olduğu salınım hareketidir (Anonymous, 1982). Başka bir deyişle titreşim, bir kütlenin belirli bir merkez etrafında çevrimsel hareketi olarak da ifade edilebilir. Titreşim, bir kütlenin elastik bir eleman üzerinde salınım hareketi yapmasıyla oluşur. Kütle ve elastik elemandan oluşan bu sistem, titreşim sistemi olarak adlandırılır. Basit bir titreşim sistemi Şekil 4.1’de görülmektedir. Şekil 4.1’de görülen titreşim sisteminde kütle kinetik enerjiyi, yay ise potansiyel enerjiyi depo eder.

Titreşim, potansiyel enerji ve kinetik enerji arasında enerji dönüşümü ile oluşur. Salınım sırasında sistemden enerji alarak, hareketi yavaşlatan ve sonunda durduran elemana sönümleyici denir.



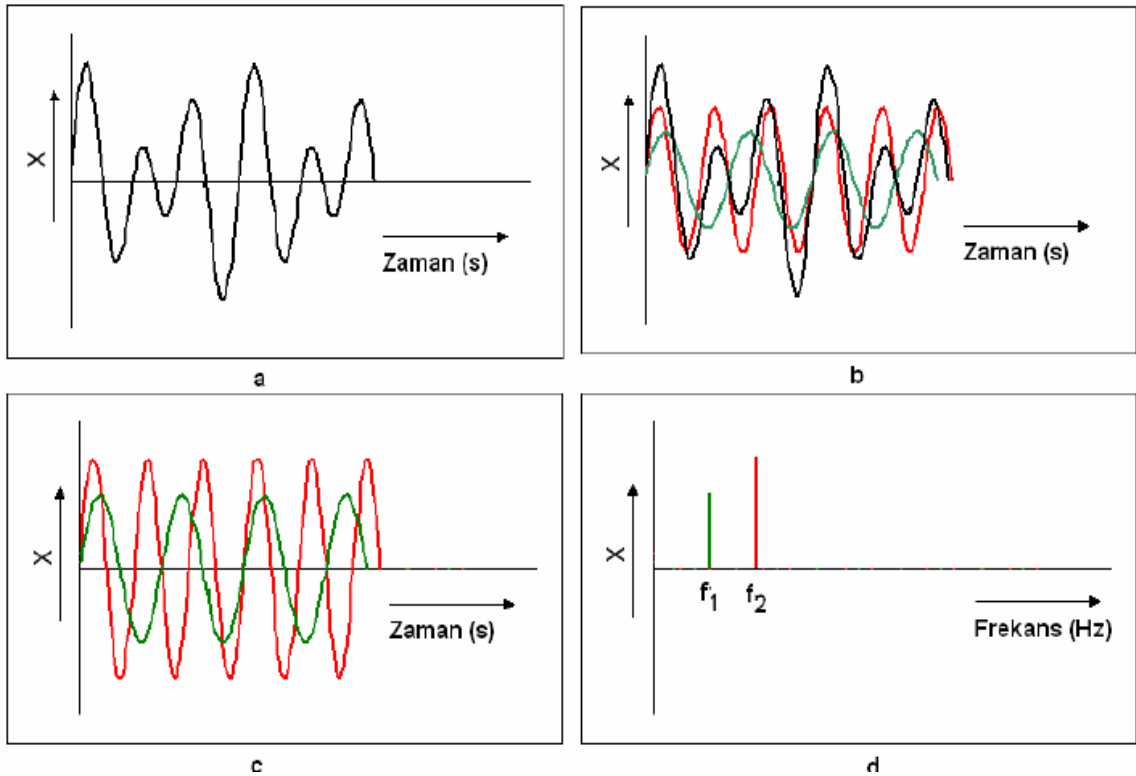
Şekil 4.1. Titreşim sistemi (Çay, 2006)

Titreşim hareketi periyodik ve rasgele titreşim hareketi olarak iki sınıfa ayrılabilir. Periyodik titreşim hareketi, belirli bir sürede aynen veya kısmen tekrar etme özelliğine sahip bir harekettir. Rasgele titreşim hareketi ise, zamanla tekrarlanabilme özelliğine sahip değildir. Titreşim hareketinin meydana geldiği doğrultu veya eksen sayısı serbestlik derecesi olarak adlandırılır. Uygulamada bir titreşim hareketi pek çok doğrultu veya ekseninde meydana gelebilir. Bu yüzden titreşim hareketi üç doğrusal eksen (x , y ve z) ve üç açısallı doğrultu (r_x , r_y ve r_z)’da ölçülür (Anonymous, 1997).

Periyodik titreşim hareketinde, hareketin tekrar süresine periyot, ve saniyede meydana gelen hareket sayısına frekans adı verilir. Matematiksel tanım ile frekans periyodun tersidir ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Hannah, 1956).

$$f = T^{-1} = 1 / T \quad \dots\dots\dots 4.1.$$

Periyodun birimi saniye, frekansın birimi Hertz'dir. Titreşim hareketi birçok doğrultu ve ekseninde meydana geldiği için, bir başka deyişle birden fazla bileşenden oluştuğu için, zaman düzleminde bir titreşim hareketini incelemek zordur. Bu yüzden titreşim ölçme ve değerlendirme uygulamalarında frekans spektrumu kullanılır. Frekans spektrumu, bir titreşimin hareketinin frekans ve titreşim niceliğine bağlı bir fonksiyon olarak gösterimidir (Sabancı, 1981). Şekil 4.2'de bir titreşim hareketi zaman düzleminde ve frekans düzleminde gösterilmiştir. Şekil 4.2.a'da periyodik, fakat harmonik olmayan bir titreşim hareketi görülmektedir. Her ne kadar görünüşte harmonik olmasa da bu hareket, aslında frekansları ve genlikleri farklı iki adet harmonik bileşene sahiptir (Şekil 4.2.b ve Şekil 4.2.c). Bu bileşenlerin zaman düzleminde analiz edilmeleri oldukça zordur. Bu yüzden hareket frekans düzleminde incelenir (Şekil 4.2.d).

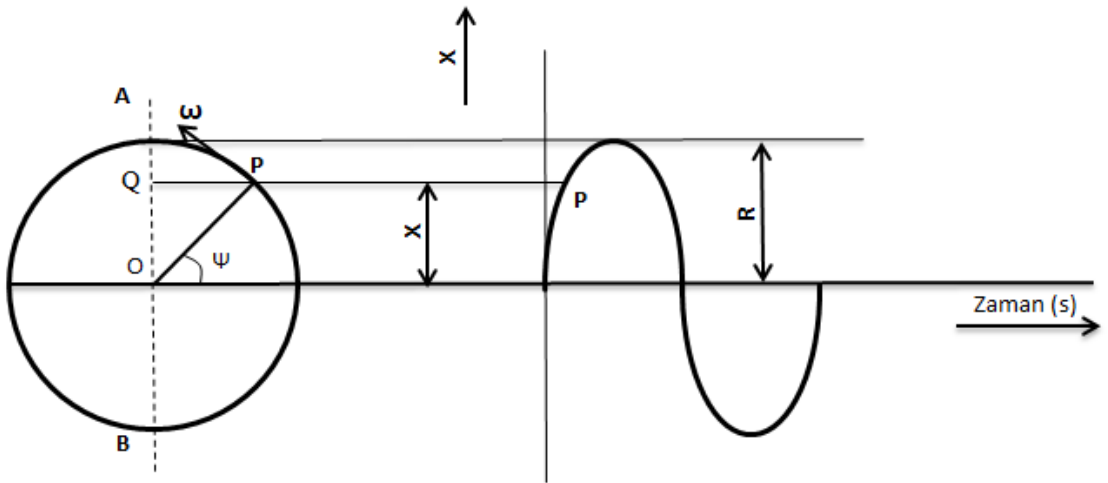


Şekil 4.2. Titreşim hareketinin zaman ve frekans düzleminde gösterilmesi (Çay, 2006)

Uygulamada bir titreşim hareketi çok sayıda frekans içerir. Bunların teker teker incelenerek titreşim büyüklüğünün belirlenmesi mümkün değildir. Bu amaçla frekans spektrumu belirli frekans aralıklarına bölünür ve bu aralıklarda titreşim niceliği ölçülür. Frekans aralıkları aritmetik dizin yerine geometrik dizinden yararlanılarak belirlenir. Buna göre birbirini izleyen iki frekans değeri arasındaki oran sabit bir sayıdır. Geometrik dizinin birer terimi olan ardışık frekansların aralarındaki aralık oktav olarak adlandırılır (Sabancı, 1981). Oktav, birbirini izleyen frekans değerleri arasındaki aralığın 2 tabanına göre logaritması olup, uygulamada sabit sayı olarak 21, 21/2 ve 21/3 değerleri kullanılır. Bu değerlerin 2 tabanına göre logaritması alındığında 1, 1/2, 1/3 olarak belirlenir.

4.2. Periyodik Titreşimler

Periyodik titreşim hareketi, yukarıdaki bölümde tanımlandığı gibi, zaman ile aynen veya kısmen tekrarlanabilme özelliğine sahip bir harekettir. Bir kütle ve yaydan oluşan bir titreşim sisteminin hareketi, zaman ile sinüzoidal olarak değişen basit harmonik hareket ile karakterize edilebilir. Sinüzoidal titreşim hareketi Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. Sinüzoidal titreşim hareketi (Çay, 2006)

Şekil 4.3'te görülen P noktası, yarıçapı R olan dairesel bir yörüngede O noktası etrafında sabit bir açısal frekansı ile dönmektedir. Q noktası, AB çapı üzerinde P noktasının iz düşümüdür.

Hareket zaman düzleminde incelendiğinde R yarıçapı sinüzoidal titreşim hareketinin tepe genliğidir. Q noktasının O noktasına olan uzaklığı x olup, t anındaki yer değiştirme miktarını verir. Ψ açısı zamanla değişir ve değeri $y = \omega \cdot t$ ile bulunur. Buna göre t anındaki yer değiştirme miktarı;

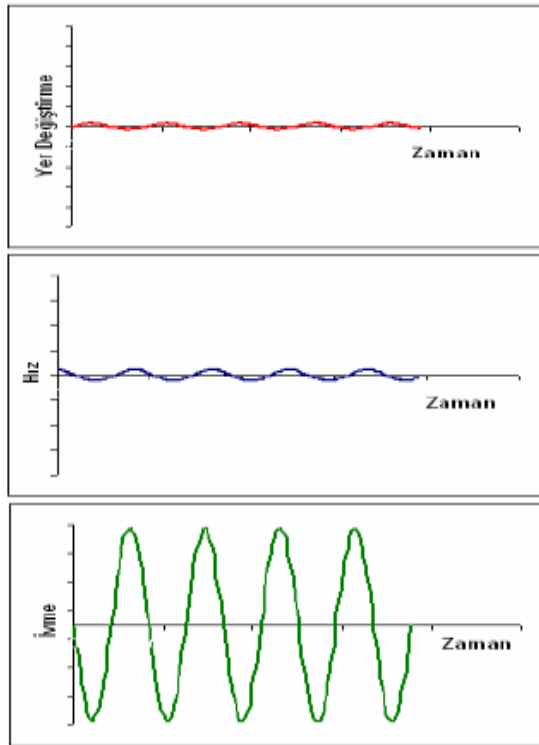
$$X(t) = R \sin \omega t \dots\dots\dots 4.2$$

ile hesaplanabilir. Sinüzoidal hareketin hız ve ivmesi 4.2 numaralı eşitliğin sırasıyla birinci ve ikinci türevidir.

$$V(t) = dx / dt = \omega R \cos \omega t \dots\dots\dots 4.3$$

$$a(t) = \frac{d^2}{dt^2} = -\omega^2 R \sin \omega t \dots\dots\dots 4.4$$

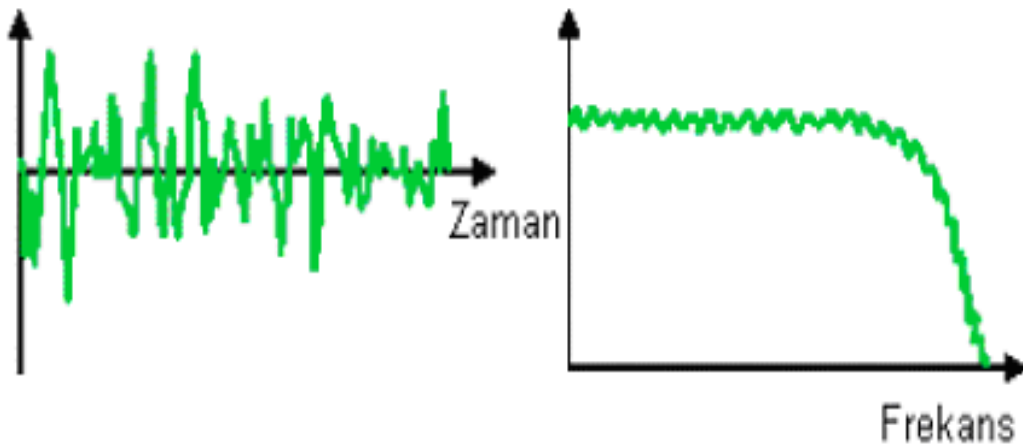
Bu eşitliklerde; 4.2, 4.3, 4.4 eşitlikleri yardımı ile elde edilen yer değiştirme, hız ve ivme dalgaları Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4. Yer değiştirme, hız ve ivme dalgaları (Çay, 2006)

4.3. Rasgele Titreşimler

Rasgele titreşimler, mevcut olan tüm frekanslarda genlik ve faz ilişkileri gelişigüzel bir dağılım gösteren, zamana bağlı olarak özellikleri tekrarlanmayan titreşimlerdir. Rasgele sinyaller, önceden tahmin edilemeyen anlık değerler şeklinde meydana gelen sinyaller ile karakterize edilebilir. Rasgele titreşime örnek olarak yağmur damlarının şemsiye üzerinde oluşturduğu hareket gösterilebilir. Şekil 4.5'te bu hareket frekans ve zaman düzleminde gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Rasgele titreşim sinyalleri (Anonymous, 1998a)

Şekil 4.5'te görülebileceği üzere, rasgele titreşim sinyali yağmur damlarının şemsiye üzerine vurmasıyla oluşan çok sayıda anlık hareketin toplamıdır. Bu anlık değerlerin matematiksel hesaplamalar yapılarak önceden tahmin edilmesi imkansızdır. Bununla beraber, rasgele titreşim hareketi istatistiksel yöntemler kullanılarak tanımlanabilir.

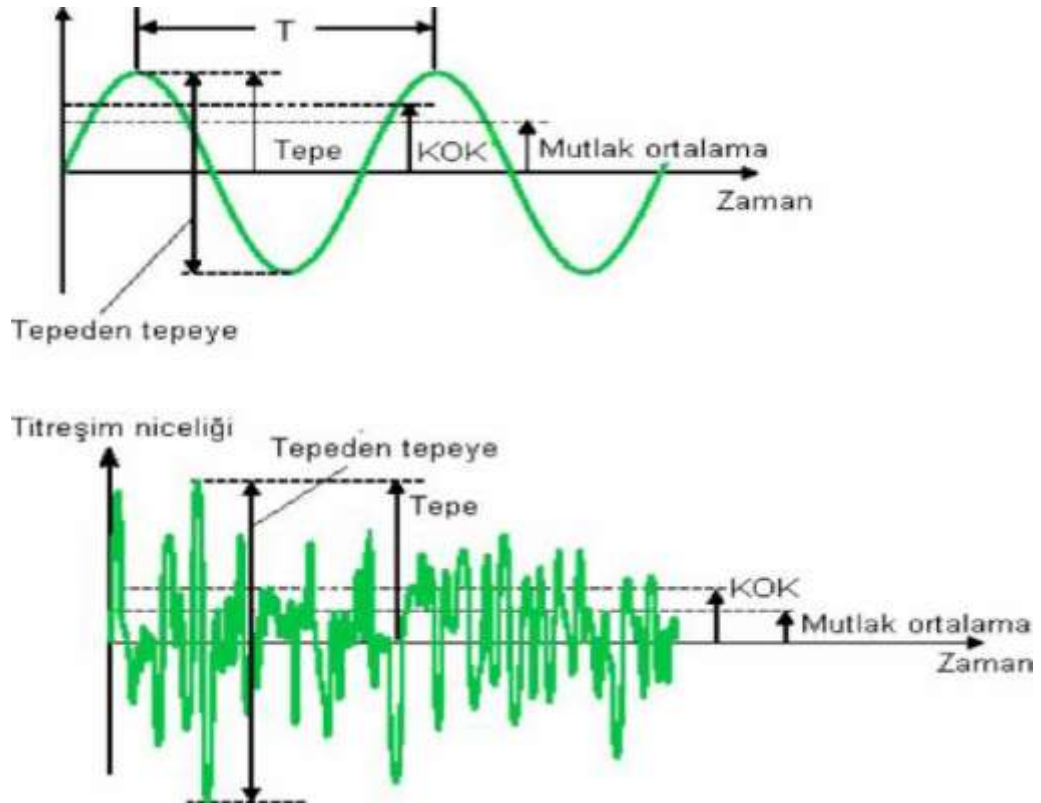
Şekil 4.5'deki frekans spektrumuna bakıldığında periyodik titreşimlerden farklı olduğu görülür. Periyodik titreşim hareketinin frekans spektrumu kesikli bir yapı gösterir iken, rasgele titreşim hareketi, belirli frekanslarda uzun süre yoğunlaşmayan sürekli bir frekans spektrumuna sahiptir (Anonymous, 1998a). Teknolojik uygulamalarda karşılaşılan titreşimlerin büyük çoğunluğu rasgele karakterlidir.

4.4. Titreşimin İrdelenmesi

Bir titreşim hareketinin nicelikleri; yer değiştirme (x), hız (v) ve ivme (a)'dır. Titreşim ölçümünde ve ölçümün değerlendirilmesinde bu niceliklerin aşağıda belirtilen parametreleri kullanılır (Anonymous, 1982; Anonymous, 1998a).

1. Tepe değer
2. Tepeden tepeye değer
3. Mutlak ortalama değeri
4. Kareler ortalamasının karekökü değeri (KOK-RMS)
5. Amplitüd (tepe) faktörü
6. Periyot veya tekrarlanma oranı süre

Bu parametreler sinüzoidal ve sinüzoidal olmayan bir hareket için Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Titreşim niceliklerinin parametreleri (Anonymous, 1998a)

Titreşim niceliği Şekil 4.6.'da görülebileceği gibi, tepe değer, titreşim hareketinin denge düzleminden (sıfır noktası) olan sapmasıdır. Tepeden tepeye değer ise, hareketin pozitif ve negatif bölgelerindeki tepe değerleri arasındaki boyuttur. Mutlak ortalama ve kareler ortalamasının karekökü (KOK-RMS) parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanır (Anonymous, 1998a).

$$x_{ORT} = \frac{1}{T} \int_0^T |X(t)| dt \quad \dots\dots\dots 4.5$$

$$x_{ORT} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T |X(t)|^2 dt} \quad \dots\dots\dots 4.6$$

Amplitüd faktörü ya da tepe faktörü ise, aşağıdaki formülle hesaplanır (Anonymous, 1998a).

$$\text{Amplitüd faktörü} = \frac{Tepe}{x_{KOK}} \quad \dots\dots\dots 4.7$$

Sinüzoidal bir harekette ise, tepe değer ile KOK değeri arasında aşağıdaki ilişki vardır.(Griffin, 1997).

$$x_{KOK} = \frac{Tepe}{\sqrt{2}} \quad \dots\dots\dots 4.8$$

Bu niceliklerden KOK değeri, en geçerli ölçüm parametresidir. Çünkü doğrudan doğruya titreşim hareketinin enerji içeriğini verir ve bundan dolayı titreşimin zarar verme etkisi hakkında bilgi sahibi olunur (Anonymous, 1982).

5. MATERYAL VE METOT

5.1. İş Parçası, Kesici Takım ve Tezgâh Özellikleri

Deneylerde kullanılan iş parçaları 150 mm uzunluğunda, 60 mm genişliğinde ve 60 mm kalınlığında AISI 1040 çeliği ve GG30 malzemesinden 24 adet deney numunesi Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3 gösterildiği gibi temin edilmiştir.

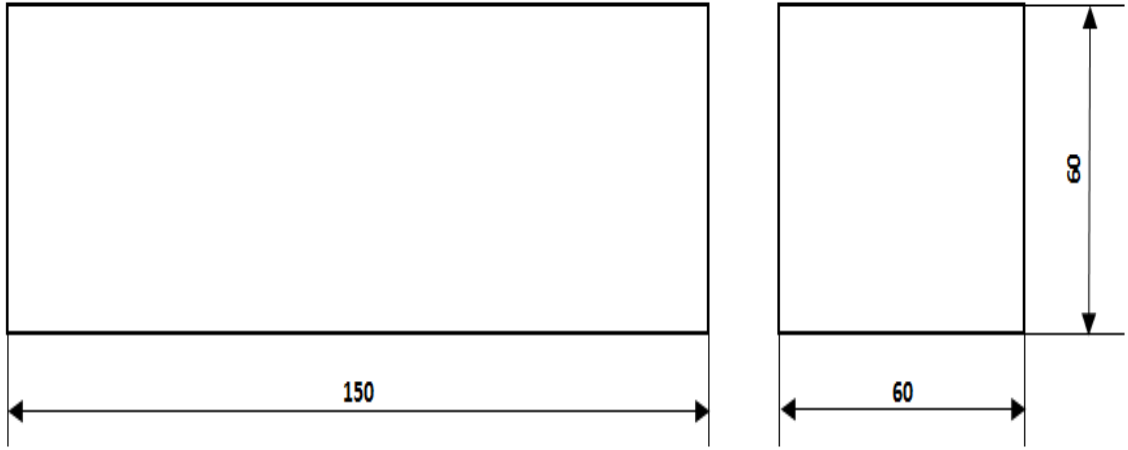
Deney için kullanılan AISI 1040 çeliği ve GG30 malzemesinden hazırlanan deney numuneleri Elazığ Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Atölyesinde universal freze tezgâhında yüzeyleri temizlenerek istenilen formata getirildi.



Şekil 5.1. Universal freze tezgahında yüzeyleri işlenmiş AISI 1040 deney numunesi



Şekil 5.2. Universal freze tezgahında yüzeyleri işlenmiş GG30 deney numunesi



Şekil 5.3. AISI 1040 ve GG30 deney numunelerinin boyutları

5.1.1. AISI 1040 Çeliği

Alaşımsız çeliklerdir. İçerdikleri yüksek oranda karbon miktarından dolayı karbon çelikleri olarakta bilinirler. Sertleşebilirlikleri içerdikleri karbon miktarına paralel olarak artarken toklukları ise karbon miktarı ile ters orantılıdır.

5.1.2. AISI 1040 Çeliğinin Kullanım Alanları ve Kimyasal Bileşimi

Taşıt, motor, makine ve aparat yapımında orta zorlamalı parçalarda, cer kancaları, dişliler, miller ve kalıp setlerinde kullanılır.

Tablo 5.1. AISI 1040 Çelik malzemenin kimyasal bileşimi.

AISI / SAE	C	Mn	Si	Smax	Pmax	Mo	N
1040	0,36-0,44	0,60-0,90	0,40	0,035	0.030	-	-

5.1.3. GG30 (Dökme Demir)

Ham dökme demirler (GG30), diğer adıyla pik döküm, dökme demir ve çelik üretim safhasından önceki ilk üründür ve mukavemeti oldukça düşük olan ham (pik) dökme demir, kupol ocakları, endüksiyon ertitme ocaklarında yapılarındaki

karbonun %4'ün altına düşürülmesi ve sülfür, fosfor gibi istenmeyen empürütelerin giderilmesinin ardından dökme demir elde edilir.

5.1.4. GG30 (Dökme Demir) Kullanım Alanları ve Kimyasal Bileşimi

Darbelere mukavemeti, sağlamlığı, şantiye şartlarına dayanıklılığı, GG30 inşaat sektöründe vazgeçilmez bir malzeme haline getirmiştir. Toprak valfleri, dişliler, motor gövdeleri, makine parçaları ve talaşlı imalatla çok kullanılan malzemelerden biridir.

Tablo 5.2. GG30 malzemenin kimyasal bileşimi.

TSE	Si	C	Mn	P (max.)	S (max.)	Mo	N
Pig - P	%1,7 – 2	% 2,95 - 3,1	% 0,4–0,7	% 0,2	% 0,1	-	-

5.1.5. Deneylerde Kullanılan Kesici Uçlar (Parmak Freze Çakıları)

AISI 1040 çeliği ve GG30 malzemesini işlemek üzere DIN 844 PARMAC FREZE HSS-E Co 5 20 MM 20° standardında olan kesici takım şekil 5.4 de verilmiştir.



Helis Açısı : 20°



Helis Açısı : 30°

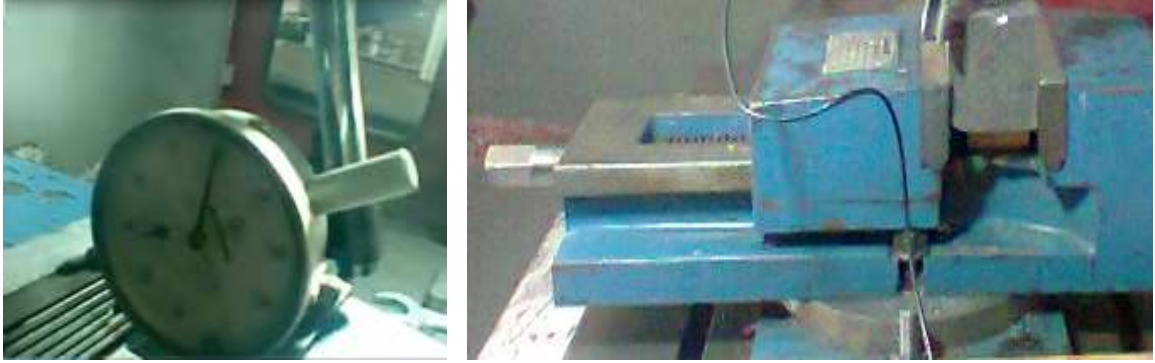


Helis Açısı : 40°

Şekil 5.4. Farklı helis açılarında parmak freze çakıları

5.1.6. Bağlama Aparatı ve Paralellik Ayarı

Yapılan deney çalışmasında önce işlenecek malzemeler freze mengenesine şekilde görüldüğü gibi bağlanmıştış ve mengene ile freze akısı paralelliği sağlandıktan sonra talaş kaldırma işlemi yapılmıştır.



şekil 5.5. Freze akısı ve mengenenin komparatör ile paralellik kontrolü

5.1.7. Deneylerde Kullanılan CNC Freze Tezgahı

Deneylerde kullanılan iş parçalarının frezelenmesinde Elazığ Fırıt Üniversitesi Teknoloji Fakültesi CNC Atölyesinde bulunan FANUC kontrol ünitesine sahip ‘Johnford VMC-550’ sanayi tipi CNC freze tezgahı kullanılmıştır. şekil 5.6’de CNC freze tezgahı gösterilmiştir.



şekil 5.6. “Johnford VMC-550” Cnc freze tezgahı

5.2. Yüzey Pürüzlüğü Ölçümü

CNC Freze tezgâhında işlenmesi sonucunda elde edilen işlenmiş yüzeylerin üzerinden alınan yüzey pürüzlülük değerleri "Mitutoyo" marka, masa üstü yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile alınmıştır (Şekil 5.7). Ölçümler iş parçası talaş kaldırma yüzeyinin işleme doğrultusuna paralel olacak şekilde ve 50 mm 'lik işlenmiş yüzeyin orta kısmından 7 mm boyunca ölçüm yapılmış, alınan ortalama (R_a) pürüzlülük değerleri veri tablosuna aktarılmıştır (Şekil 5.8). Pürüzlülük ölçümü 3 defa tekrarlanmış, elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazı ile ilgili teknik özellikler Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı (Mitutoyo (Surf test SJ-210))



Şekil 5.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçüm alma

Çizelge 5.1 Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri

MODEL Mitutoyo (Surftest SJ-210)	
Ölçme Yöntemi	İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi
Tarama Hızı	0,25 mm/sn (ölçme yaparken) 1 mm/sn (geri dönerken)
Ölçme Kuvveti	0,75 mN (0,075 gf)
Numune Uzunluğu	50 mm
Değerlendirme Uzunluğu	7 mm
İzleyici Uç Yarıçapı	5µm
Ortalama yüzey	$Ra = \frac{1}{ln} \int_0^{ln} f(x) dx$ (µm)
On nokta yüksekliği	$R = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5) - (Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10})}{5}$ (µm)
Maksimum pürüzlülük	Ry (µm)

5.3. Titreşim Ölçüm Cihazı ve Deney Düzeneği

Deney esnasında titreşimi ölçmek için detektör kesme yönüne dik konumda, işlenen malzemenin yanal yüzeyinden talaş kaldıran parmak freze çakısına Şekil 5.10.'da görüldüğü gibi monte edilmiştir. Titreşim dalgaları EXTECH INSTRUMENTS takometre cihazı ile ölçülmüş ve veriler bilgisayara aktarılmıştır.

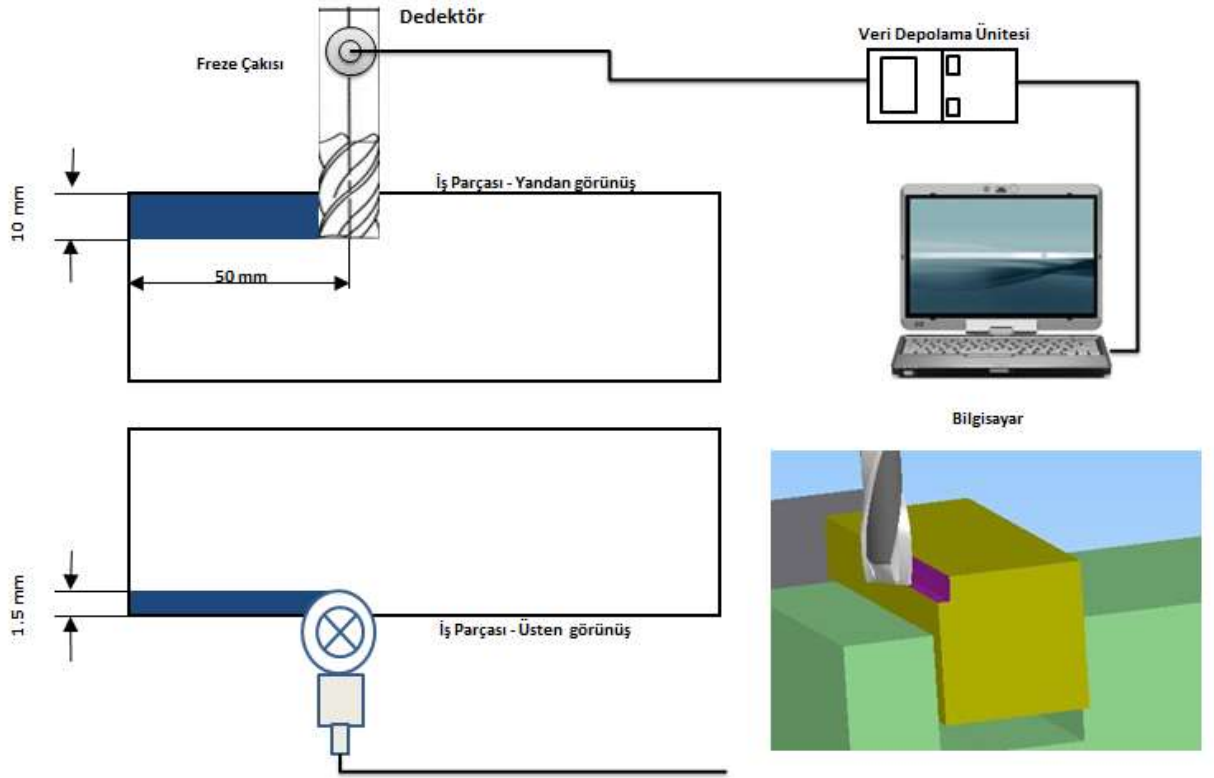


Şekil 5.9. Titreşim ölçüm cihazı ve bağlama görüntüleri

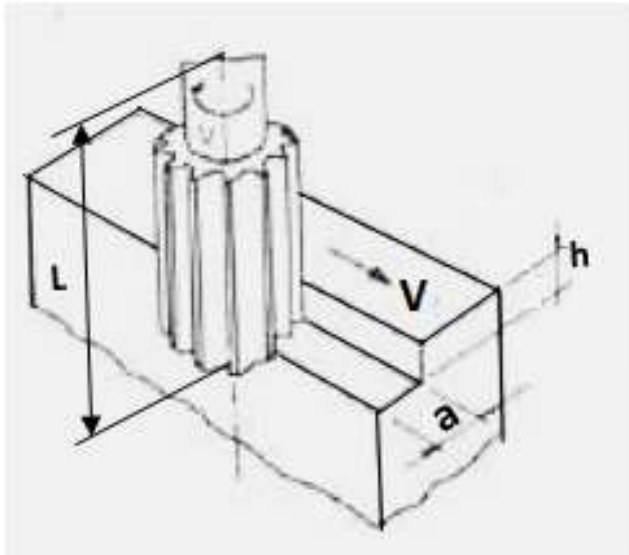
Titreşim ölçüm cihazı teknik özellikleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Ayrıca titreşim ölçme cihazı ve deney düzeneği Şekil 5.10’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri

Titreşim Ölçer Cihazın Teknik Özellikleri (Extech Instruments model: 461880 Takometre)	
İvme	656 ft/s ² , 200 m/s ² , 20.39 g (peak)
Hız	7.87 inç/s, 200 mm/s, 19.99 cm/s (peak)
Kaydırım	0.078 inç, 2 mm
Çözünürlük	1 ft/s ² , 0.01 g, ; 0.01 inç/s, 0.1 mm/s, 0.01 cm/s ; 0.001inç, 0.001mm
Temel Hassasiyet	±(5%+2 Digit)
Devir Ölçer	
Temassız	10 - 99,999 RPM
Temaslı	0,5 - 19,999 RPMΩ
Yüzey Hızı	0.2 - 6,650 ft/min. (0.05 - 1,999.9 m/min.)
Temel Hassasiyet	±(0,05%+1 dijit)
Ebatlar	188 x 75,5 x 46,8 mm



Şekil 5.10. Titreşim ölçme cihazı ile deney düzeneği



V : Kesme Hızı
a : Talaş Derinliği
h : Temas Yüksekliği
L : Bağlama Boyu

Şekil 5.11. Talaş kaldırma işleminde kullanılan parametrelerin gösterimi

6. DENEYSEL SONUÇ ve TARTIŞMA

6.1. Titreşim - Yüzey Pürüzlülük Değerlendirmeleri

AISI 1040 çeliği ve GG30 malzeme **90° Yanal frezeleme** işlemine tabi tutulmuştur. Bunun için kesme parametreleri olarak üç farklı kesme hızı (15 m/dk., 20 m/dk., 25 m/dk.), talaş derinliği **a** (0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm) **ve** temas yüksekliği **h** (10 mm, 20 mm, 30 mm) belirlenmiştir. Ayrıca üç farklı helis açısına (**α**) (20°, 30° ve 40°) **sahip** 20 mm çapında HSS parmak freze çakısı kullanılmıştır. İş parçalarının frezelenmesinde, parmak frezenin bağlama yüksekliği 70 mm’de sabit tutulmuştur ve deneysel çalışma esnasında soğutma sıvısı (Bor yağı) kullanılmıştır.

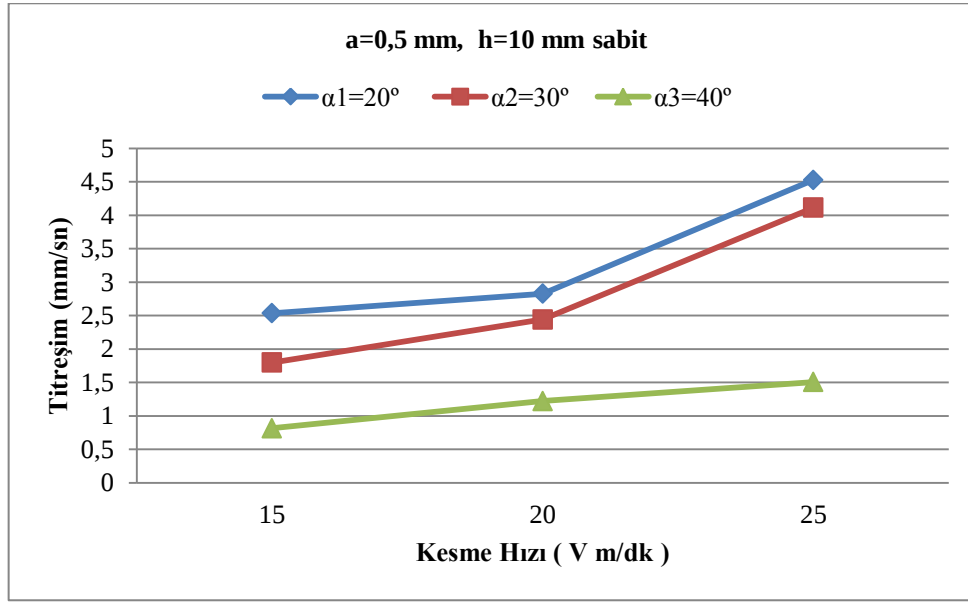
Kesici ucun helis açısı değiştiğinde yüzey pürüzlülük değerinin farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca, titreşimin de yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.

6.2. Kesme Hızının Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

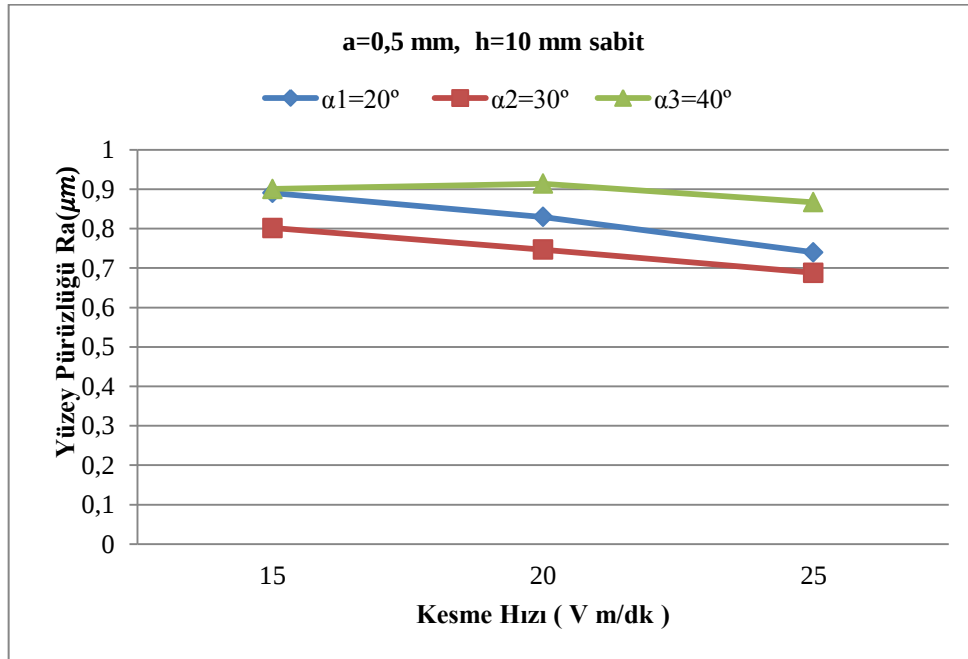
6.2.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.1.AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

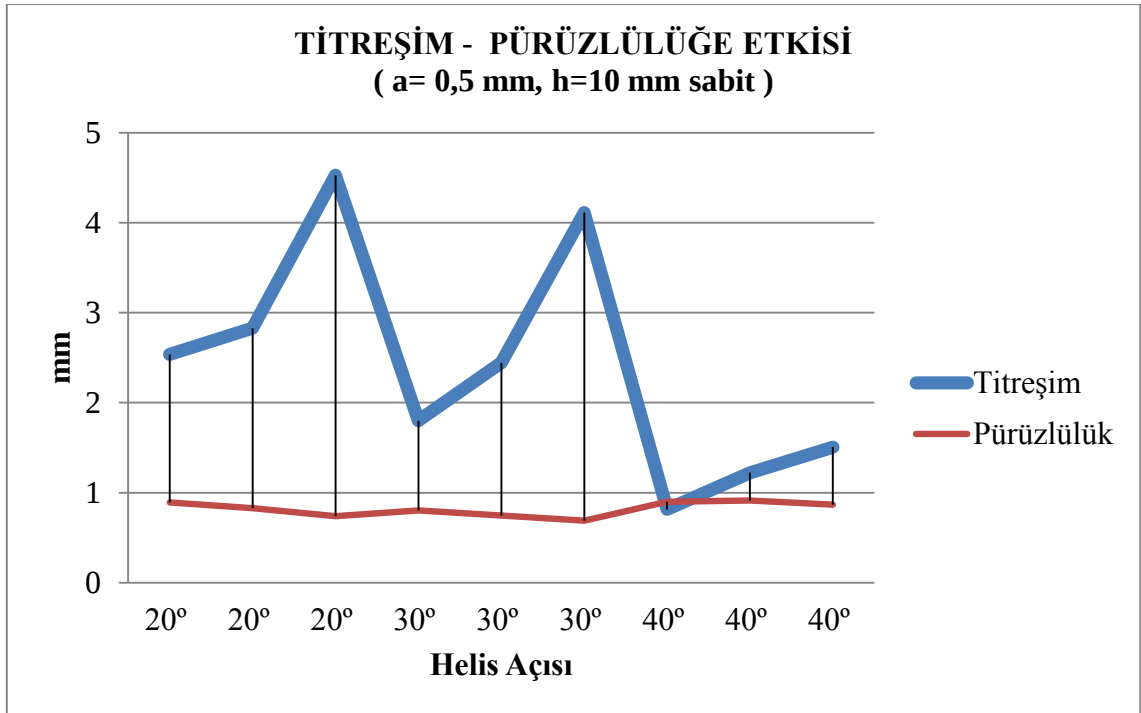
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	2,54	0,89	1,80	0,80	0,81	0,90
20	2,83	0,83	2,44	0,75	1,22	0,91
25	4,53	0,74	4,11	0,69	1,51	0,87



Şekil 6.1. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.2. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



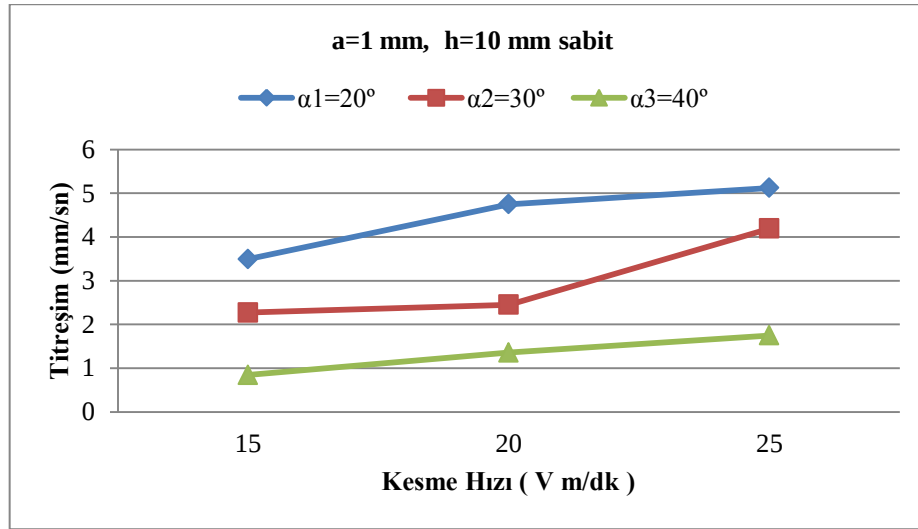
Şekil 6.3. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenmesi ile elde edilen titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinin talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve Temas yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

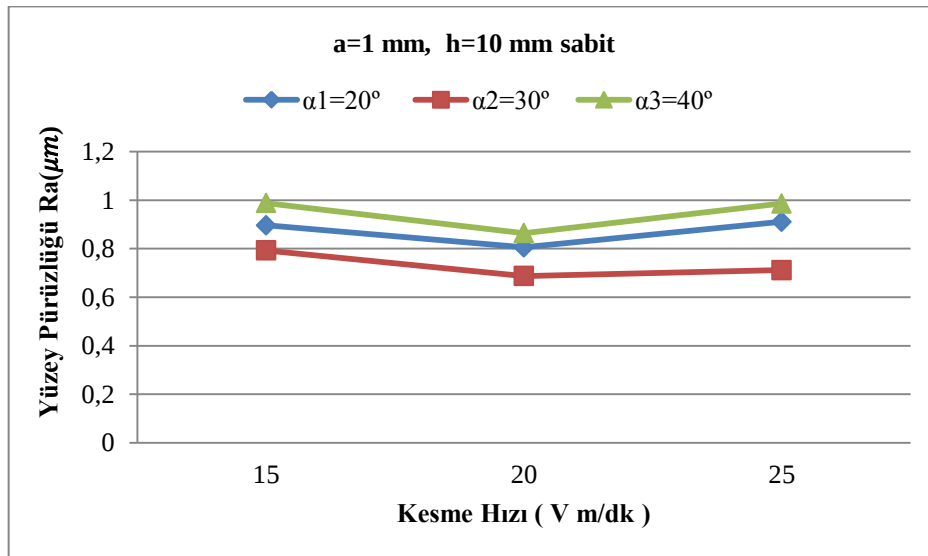
Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.3’te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafiklerin incelenme işlemi sonucunda Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı (40°) olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında (30°) olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.2. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

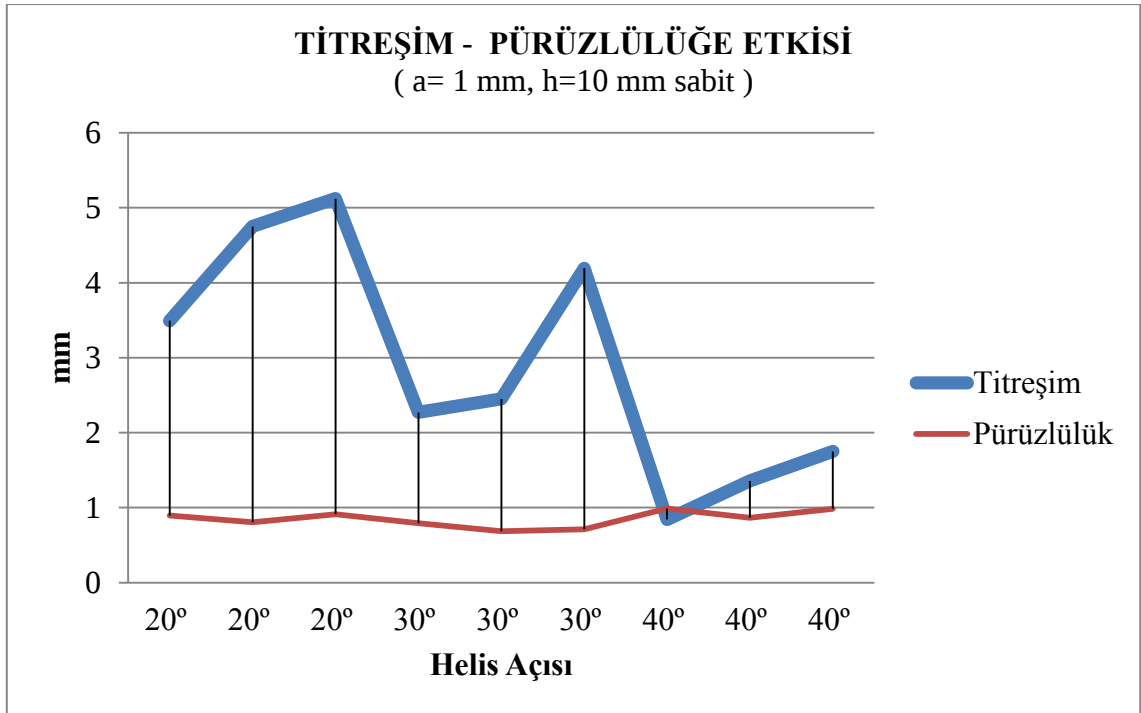
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	3,49	0,90	2,27	0,79	0,84	0,99
20	4,75	0,81	2,45	0,69	1,36	0,86
25	5,12	0,91	4,19	0,71	1,75	0,99



Şekil 6.4. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.5. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



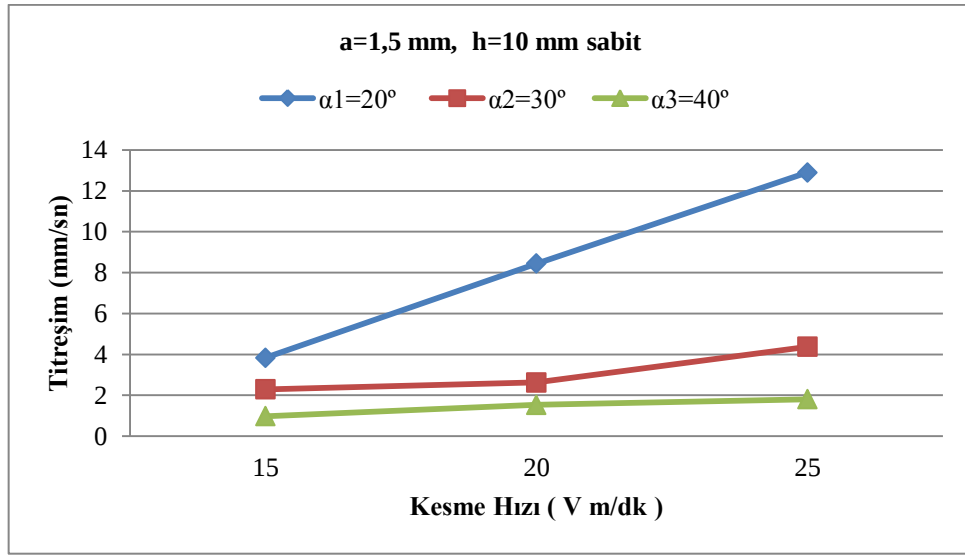
Şekil 6.6. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği a=1 mm ve yüksekliği h=10 mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinin talaş derinliği a=1mm ve Temas yüksekliği h=10 mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20°, 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir.

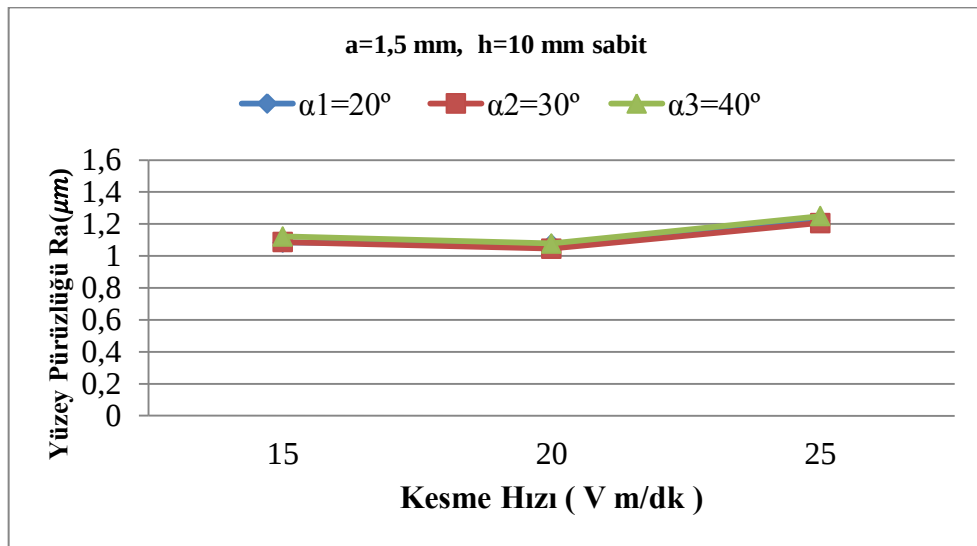
Şekil 6.4 ve Şekil 6.5 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.6’da Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafiklerin incelenme işlemi sonucunda Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.3. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

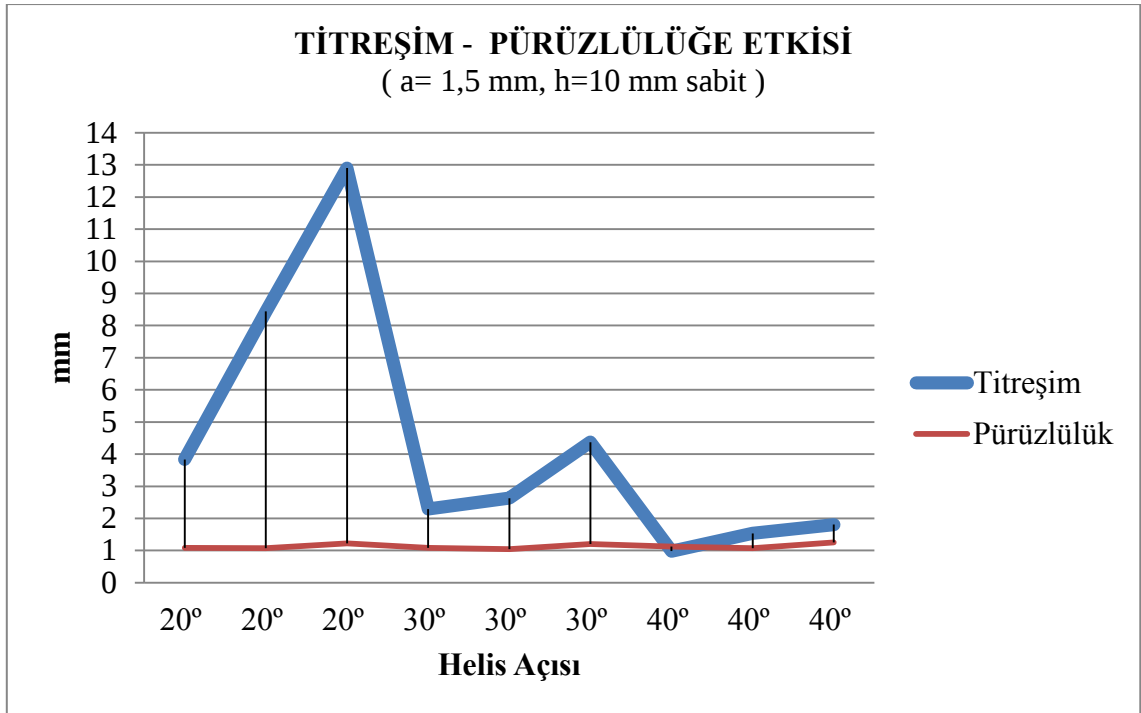
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	3,84	1,08	2,29	1,09	0,98	1,12
20	8,44	1,07	2,63	1,05	1,54	1,08
25	12,90	1,22	4,37	1,21	1,81	1,25



Şekil 6.7. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.8. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.9. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=1,5 \text{ mm}$ ve yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim - pürüzlülük grafiği

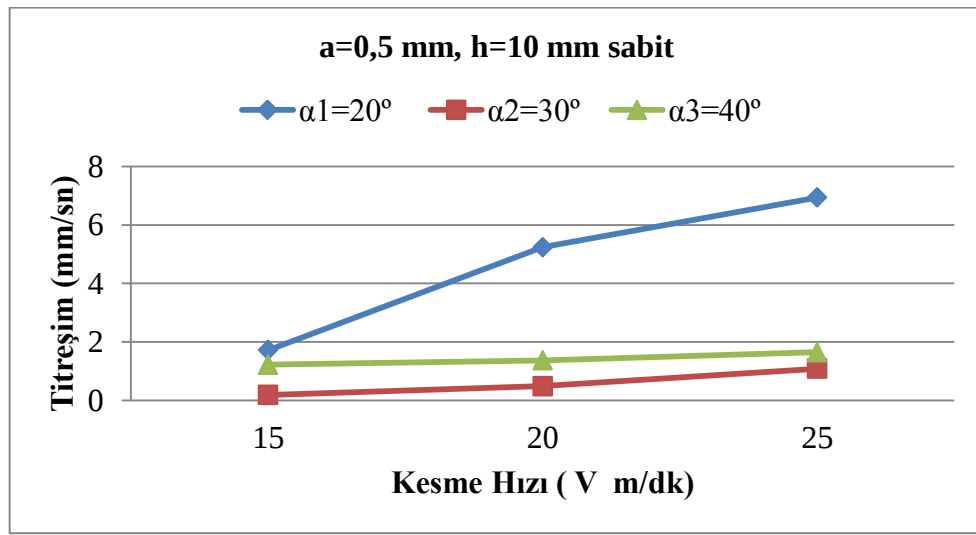
AISI 1040 çelik malzemesinin talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve Temas yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce sabit ve sonrasında yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.9'da Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

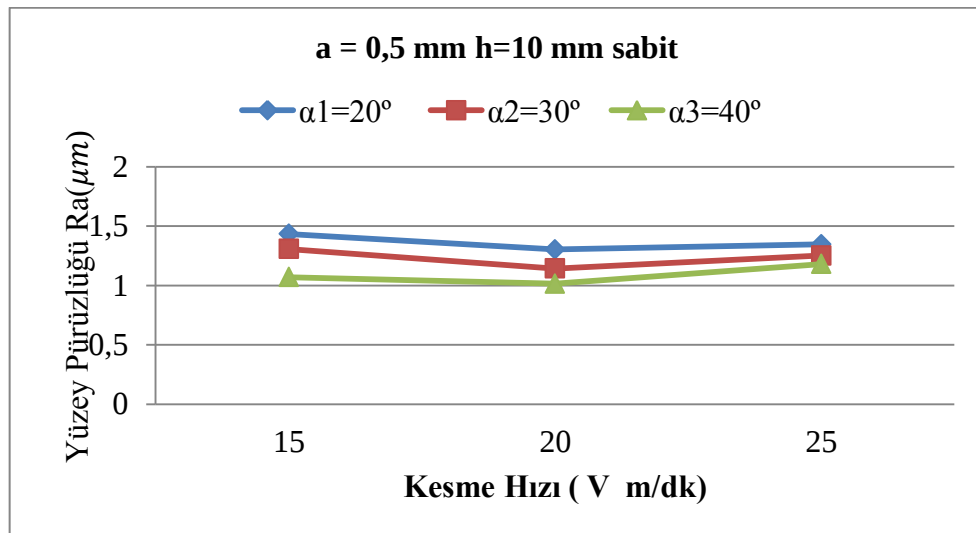
6.2.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.4. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

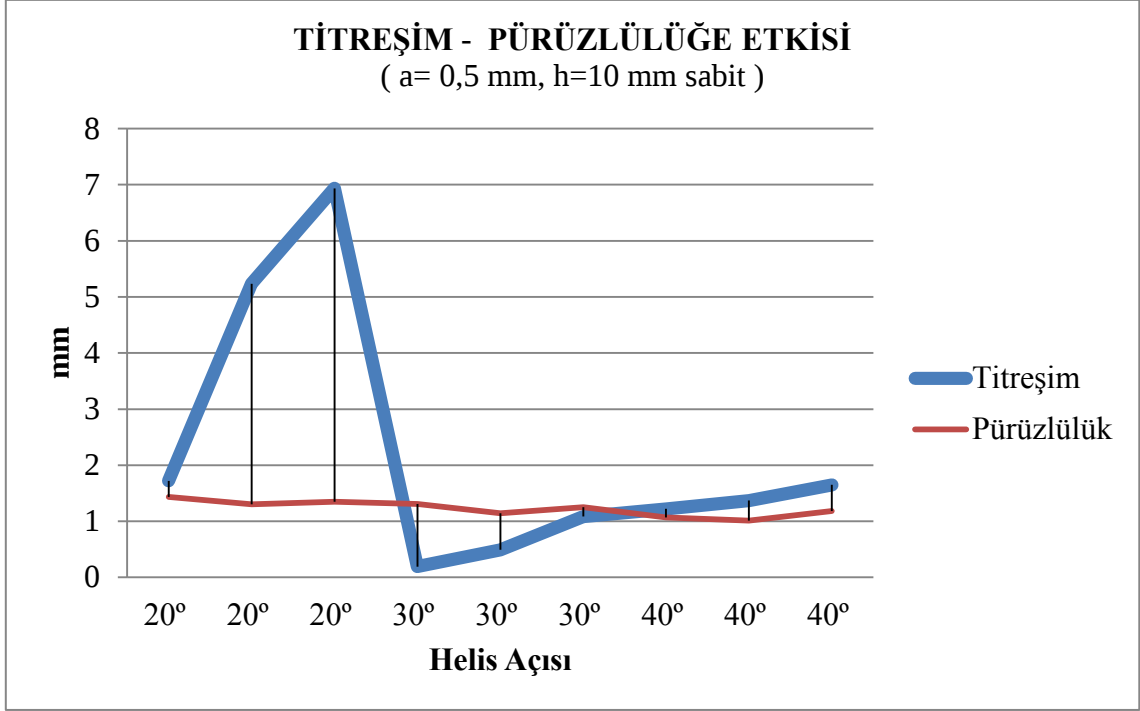
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	1,72	1,43	0,19	1,31	1,22	1,07
20	5,24	1,30	0,49	1,14	1,37	1,01
25	6,94	1,35	1,09	1,25	1,65	1,18



Şekil 6.10. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.11. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



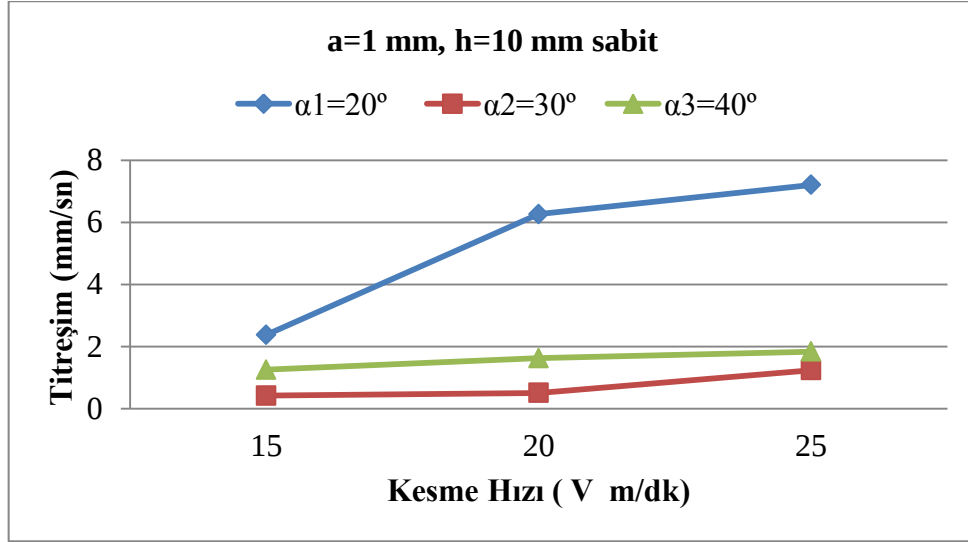
Şekil 6.12. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve Temas yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.4’de verilmiştir.

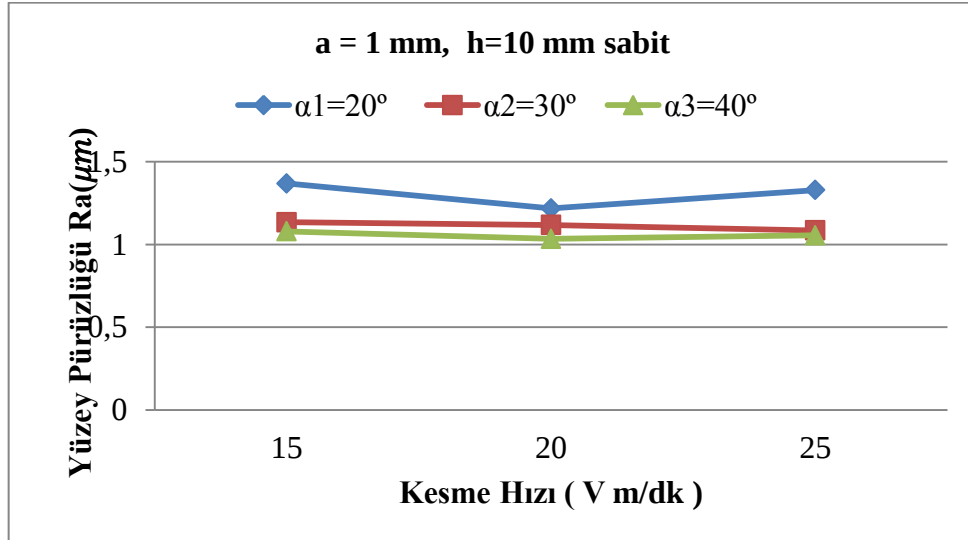
Şekil 6.10 ve Şekil 6.11 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce sabit ve sonrasında yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.12’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri önce azalmakta ve daha sonra artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.5. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

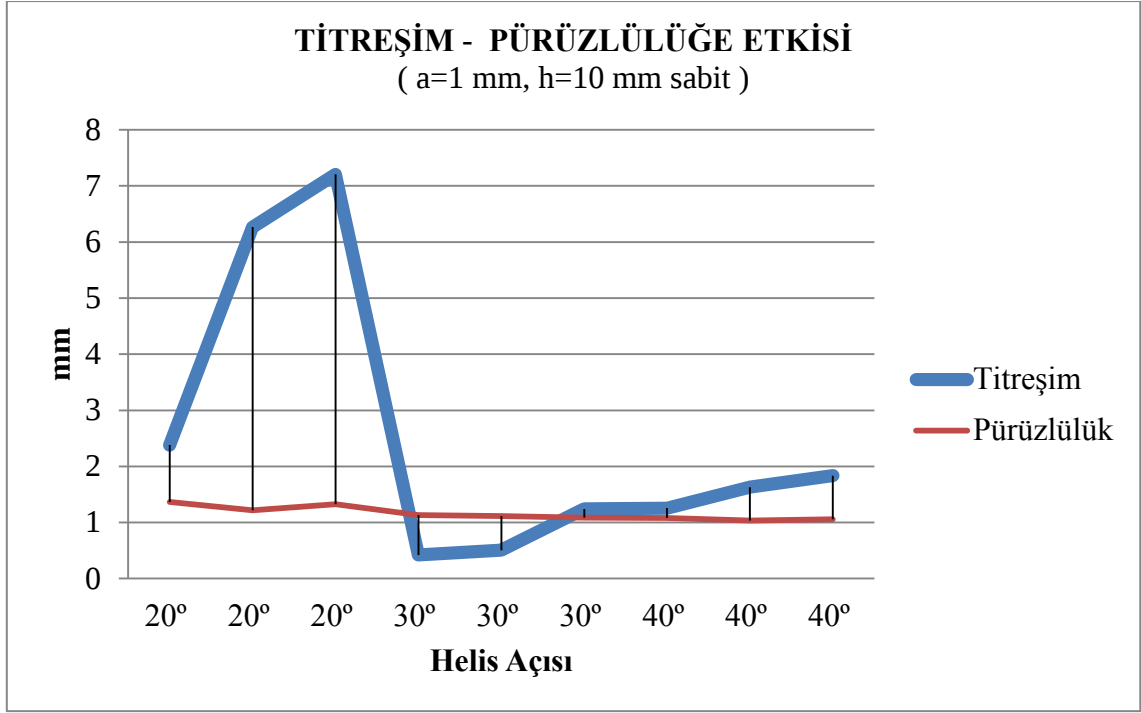
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	2,38	1,37	0,42	1,13	1,26	1,08
20	6,26	1,22	0,51	1,12	1,63	1,03
25	7,21	1,33	1,24	1,09	1,84	1,06



Şekil 6.13. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.14. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



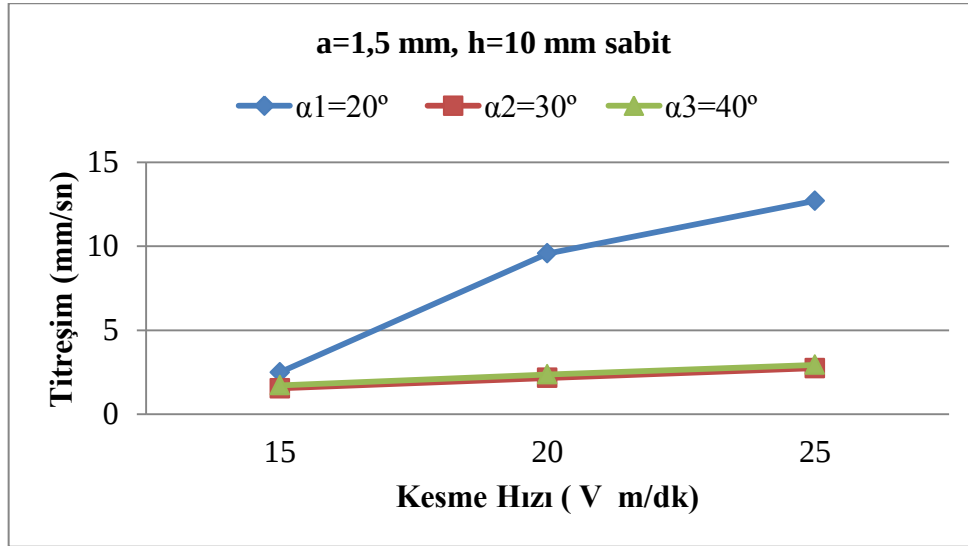
Şekil 6.15. GG30 malzemesinden talaş derinliği a=1 mm ve yüksekliği h=10 mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinden talaş derinliği a=1 mm ve Temas yüksekliği h=10 mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20°, 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.5'te verilmiştir.

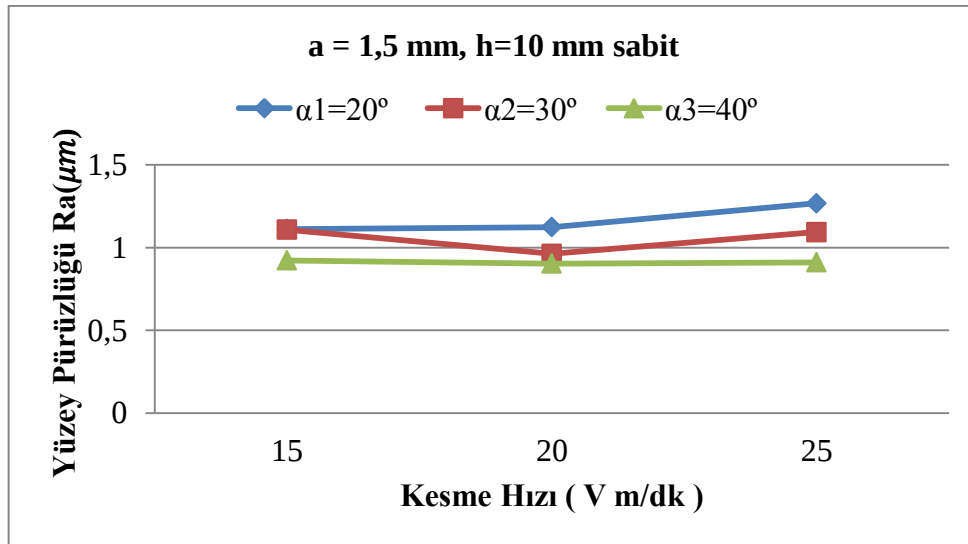
Şekil 6.13 ve Şekil 6.4 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve sonrasında yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.15'te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri önce azalmakta ve daha sonra artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.6. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

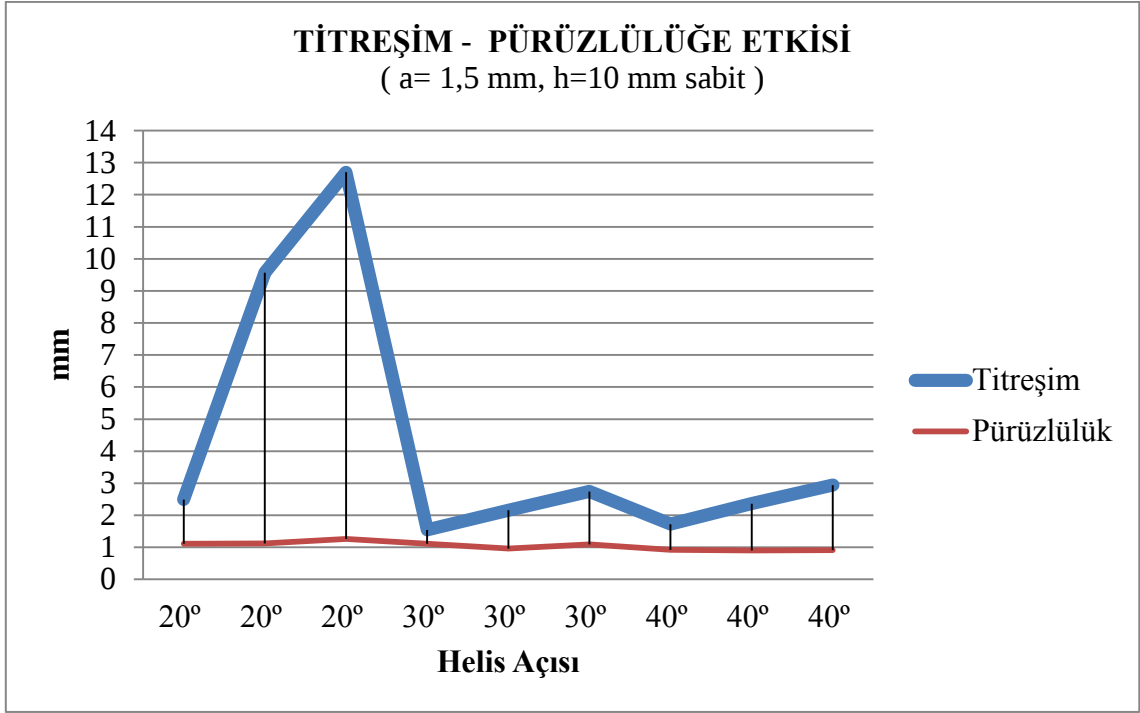
Helis Açısı	20°		30°		40°	
V(m/dk.)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
15	2,49	1,11	1,54	1,11	1,72	0,92
20	9,57	1,12	2,16	0,96	2,36	0,90
25	12,70	1,27	2,74	1,09	2,94	0,91



Şekil 6.16. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim grafiği



Şekil 6.17. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1,5$ mm ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve kesme hızına göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.18. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1,5 \text{ mm}$ ve yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenmesi ve kesme hızına göre titreşim – pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=1,5 \text{ mm}$ ve Temas yüksekliği $h=10 \text{ mm}$ sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.6’da verilmiştir.

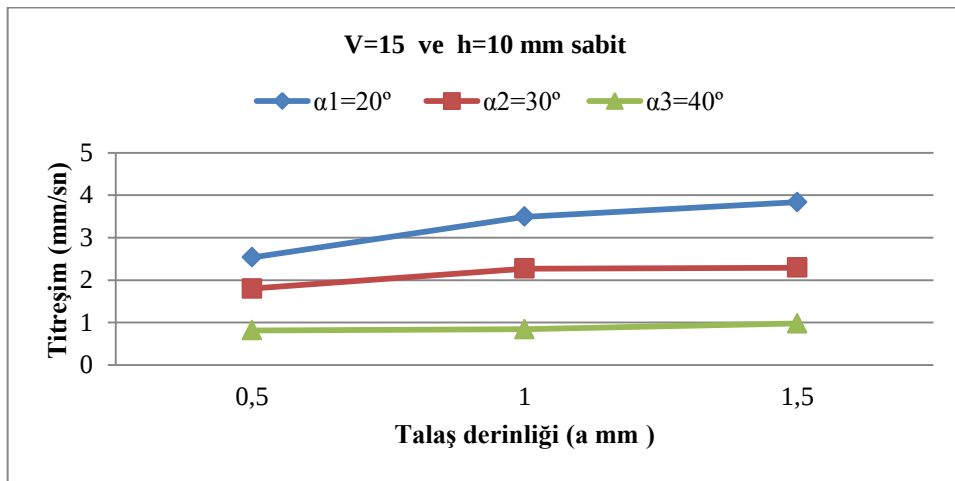
Şekil 6.16 ve Şekil 6.17 incelendiğinde kesme hızı değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve sonrasında ters yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.18’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri önce azalmakta ve daha sonra artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

6.3 Talaş Derinliğinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

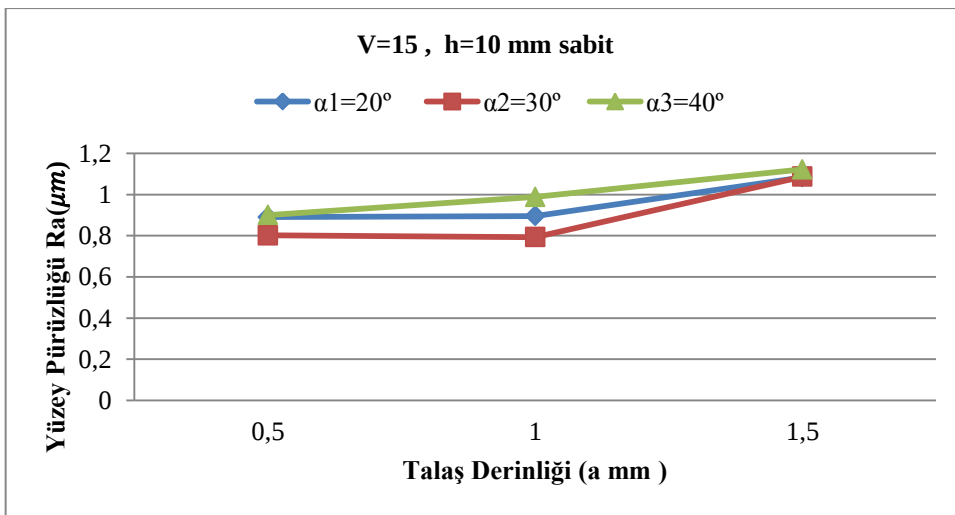
6.3.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.7. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

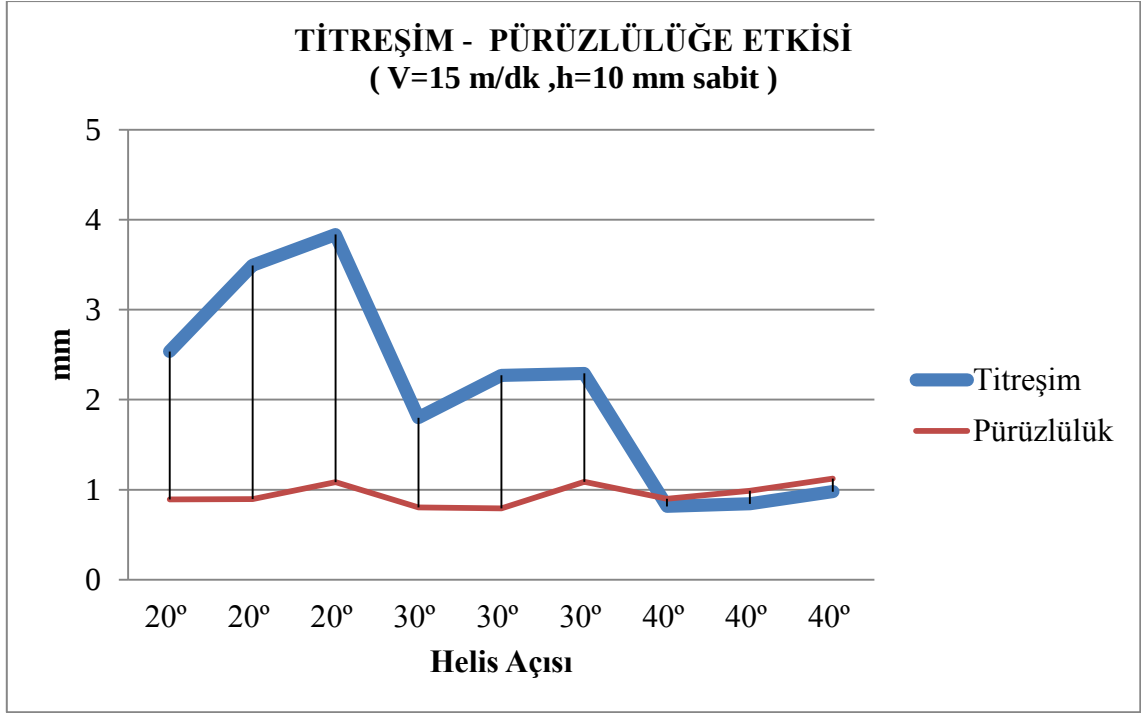
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	2,54	0,89	1,80	0,80	0,81	0,90
1	3,49	0,90	2,27	0,79	0,84	0,99
1,5	3,84	1,08	2,29	1,09	0,98	1,12



Şekil 6.19. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.20. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



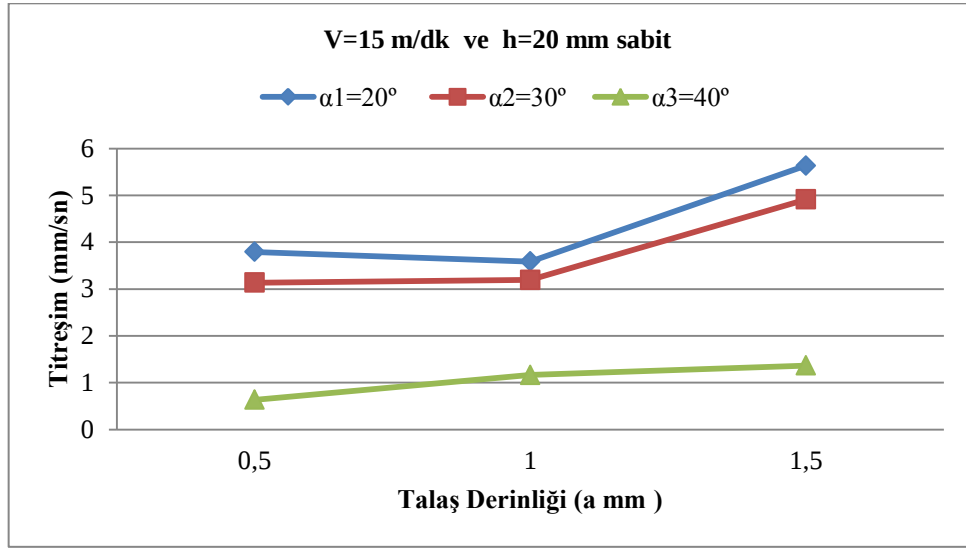
Şekil 6.21. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.7’de verilmiştir.

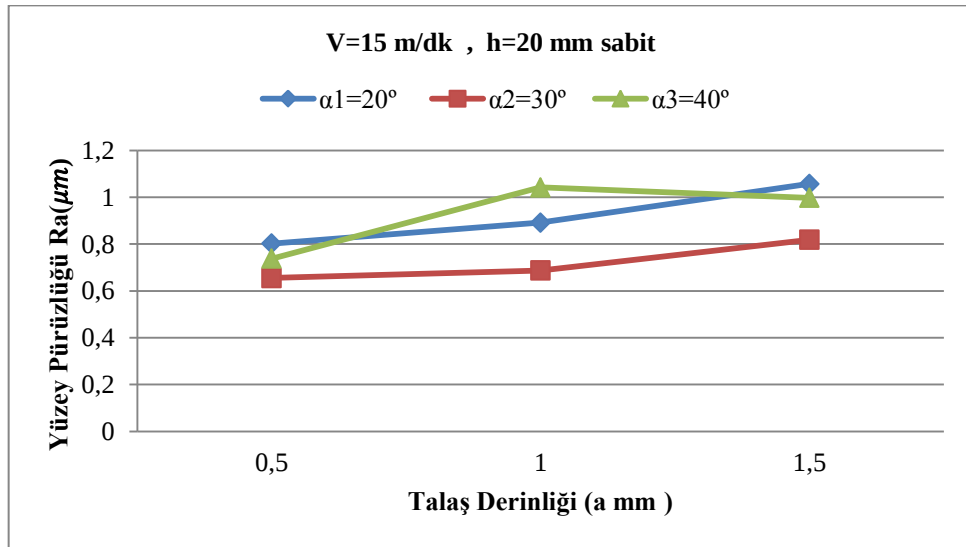
Şekil 6.19 ve Şekil 6.20 incelendiğinde talaş derinliği değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce sabit ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.21’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.8. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

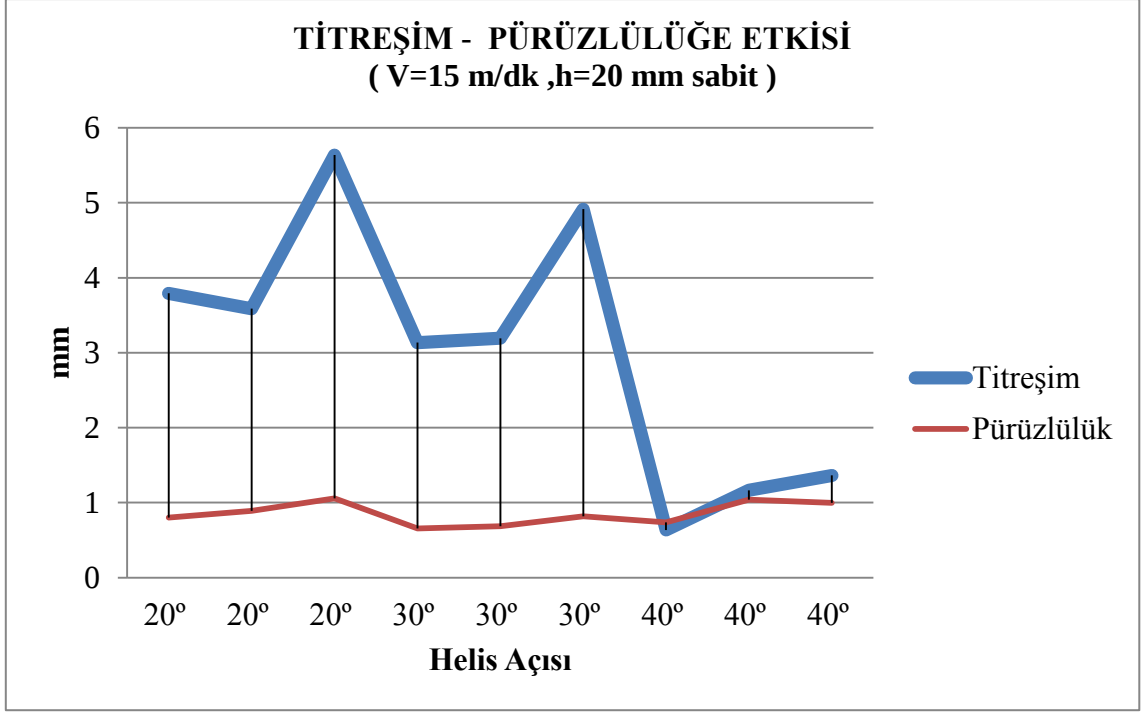
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	3,79	0,80	3,14	0,66	0,64	0,74
1	3,59	0,89	3,19	0,69	1,16	1,04
1,5	5,64	1,06	4,91	0,82	1,36	1,00



Şekil 6.22. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.23. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



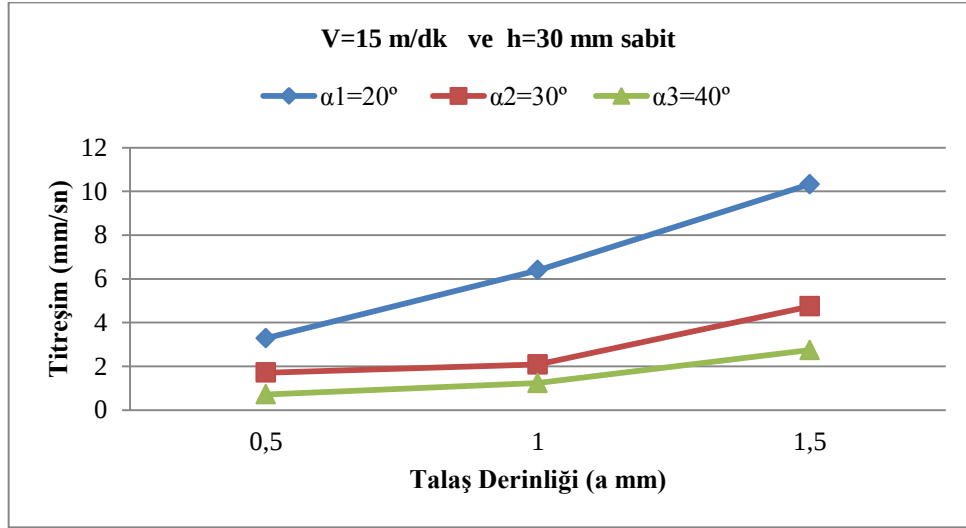
Şekil 6.24. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.8’de verilmiştir.

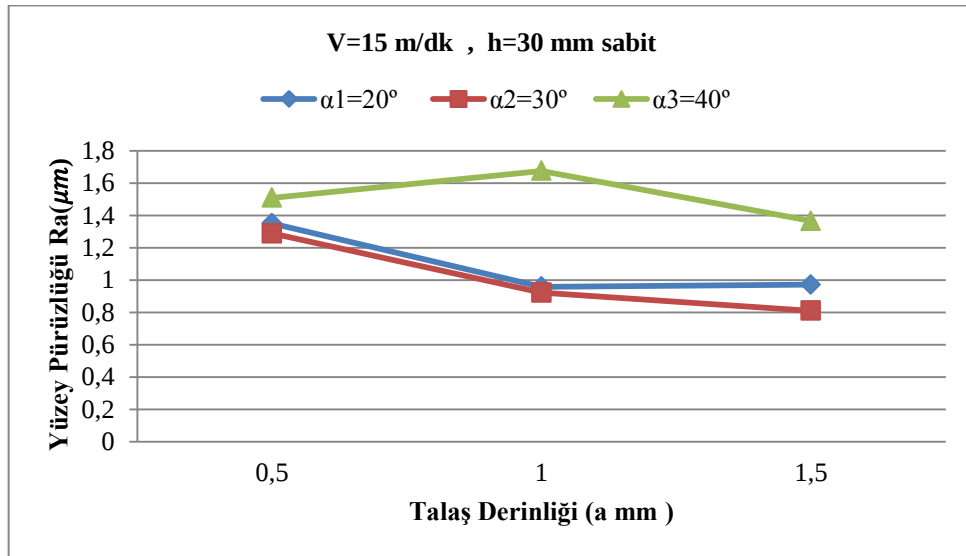
Şekil 6.22 ve Şekil 6.23 incelendiğinde talaş derinliği değeri arttıkça titreşim değeri artmakta, pürüzlülük değerlerinde yukarı yönde artış eğilimi göstermektedir. Şekil 6.24’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce aşağı yönde azalma sonrasında ise yukarı yönde artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.9. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

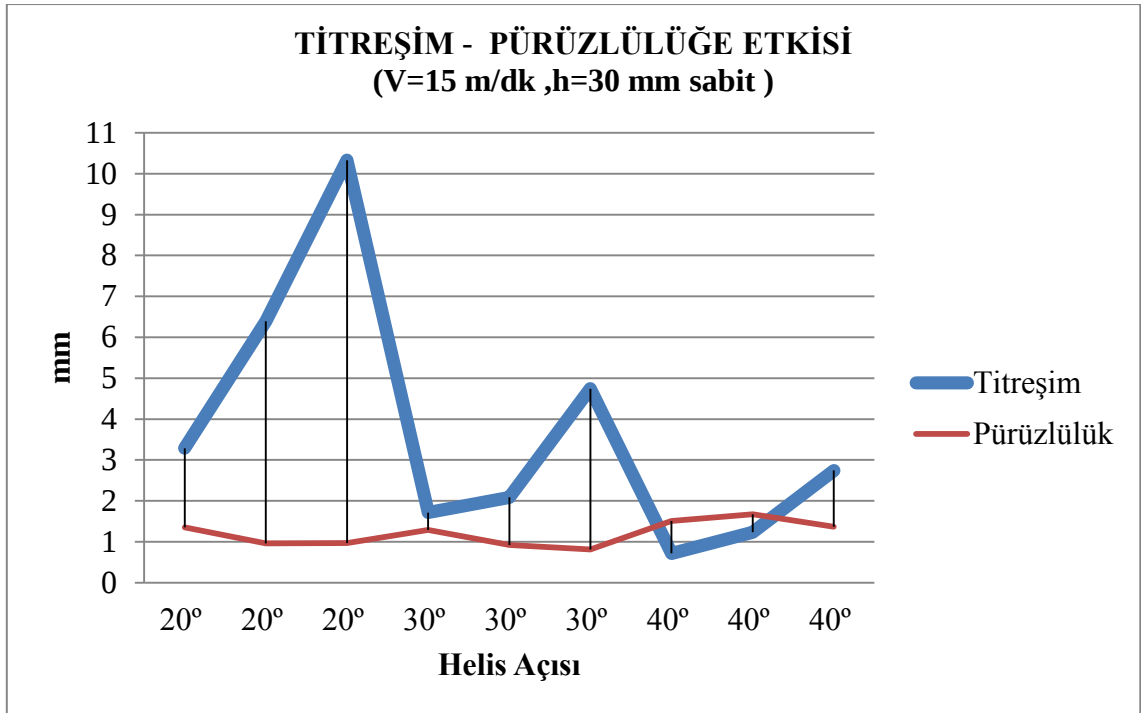
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	3,29	1,35	1,71	1,29	0,71	1,51
1	6,39	0,96	2,09	0,92	1,23	1,68
1,5	10,33	0,97	4,74	0,81	2,74	1,37



Şekil 6.25. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.26. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.27. AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı V=15 m/dk. ve yüksekliği h=30 mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

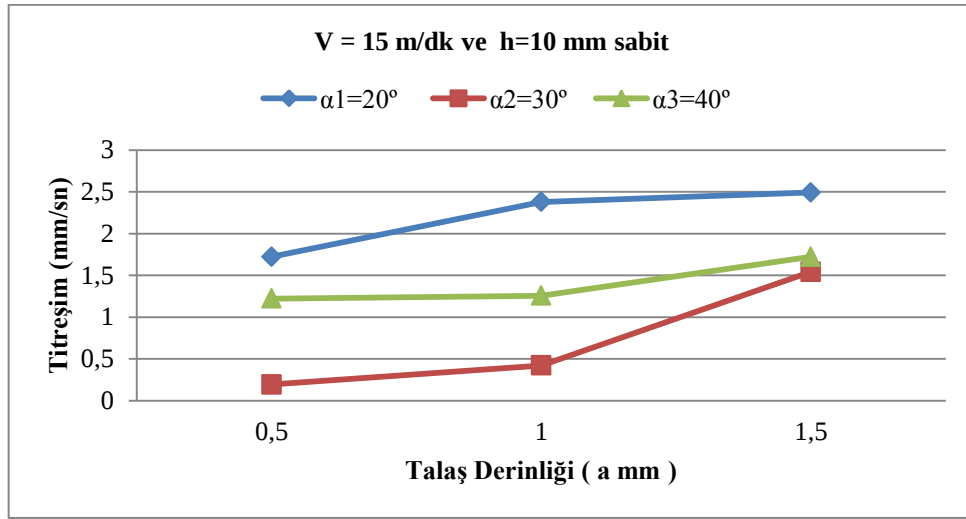
AISI 1040 çelik malzemesinden kesme hızı V=15 m/dk ve yüksekliği h=30 mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20°, 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.9’da verilmiştir.

Şekil 6.25 ve Şekil 6.26 incelendiğinde talaş derinliğine değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.27’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri aşağı yönde azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce aşağı yönde azalma sonrasında ise yukarı yönde artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

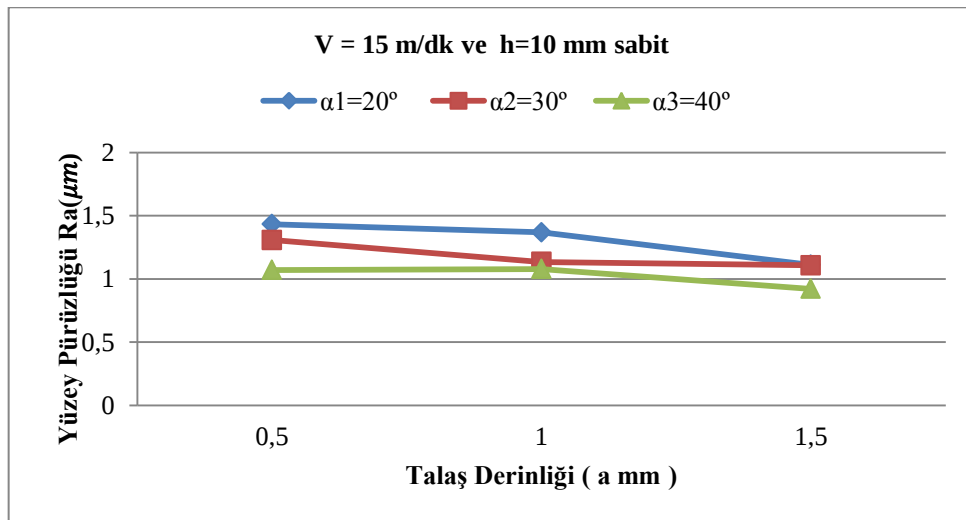
6.3.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.10. GG30 malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

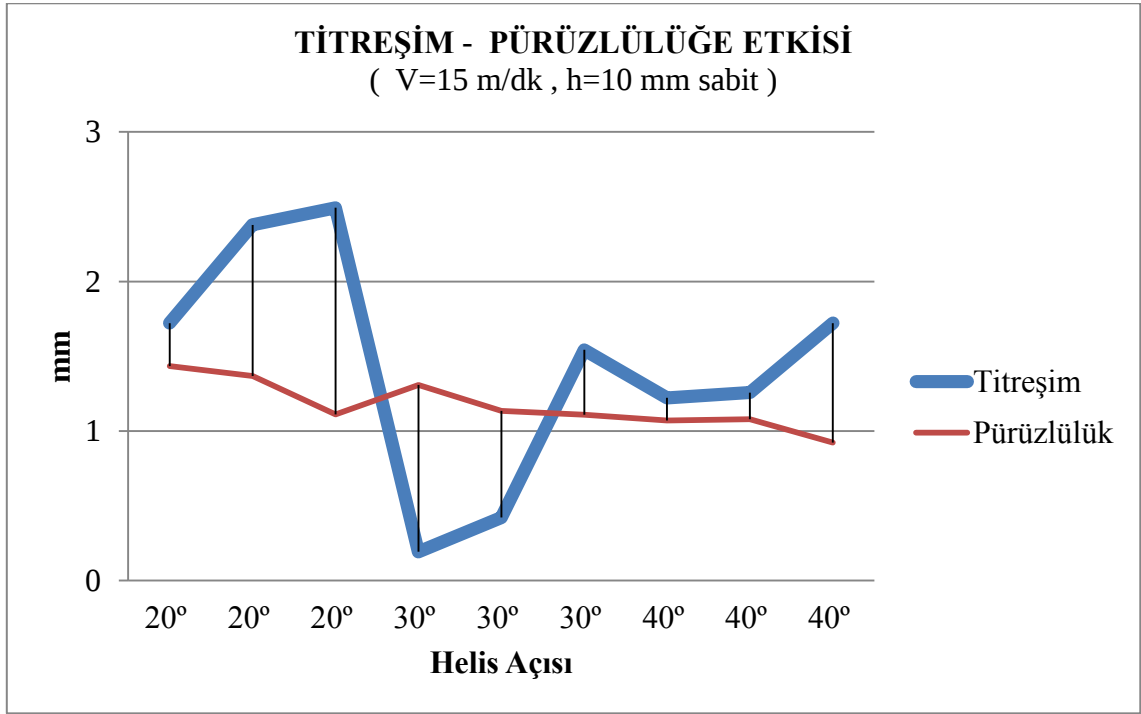
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	1,72	1,43	0,19	1,31	1,22	1,07
1	2,38	1,37	0,42	1,13	1,26	1,08
1,5	2,49	1,11	1,54	1,11	1,72	0,92



Şekil 6.28. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.29. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



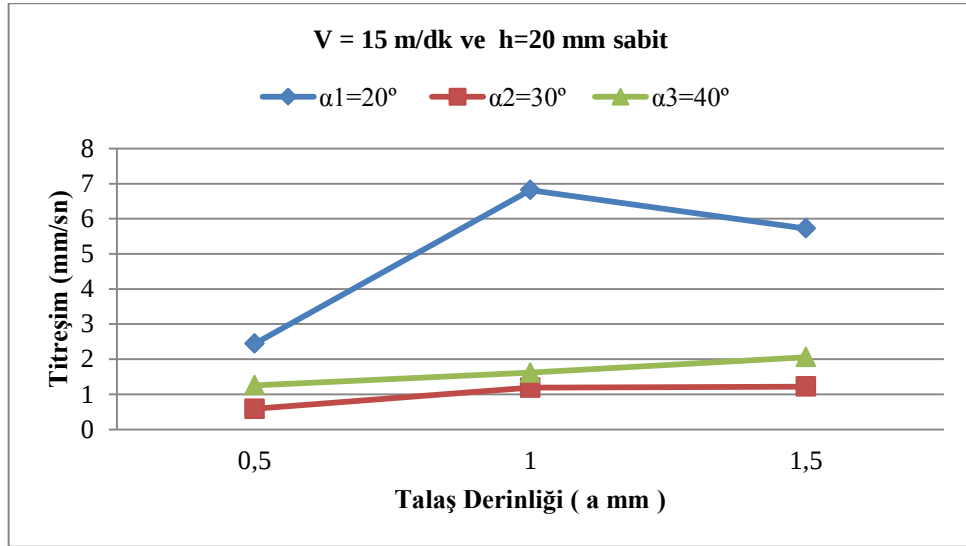
Şekil 6.30. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=10$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

GG30 Malzemesinden malzemesinin işlenmesinde kesme hızı $V=15$ m/dk ve Temas yüksekliği $h=10$ mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.10'da verilmiştir.

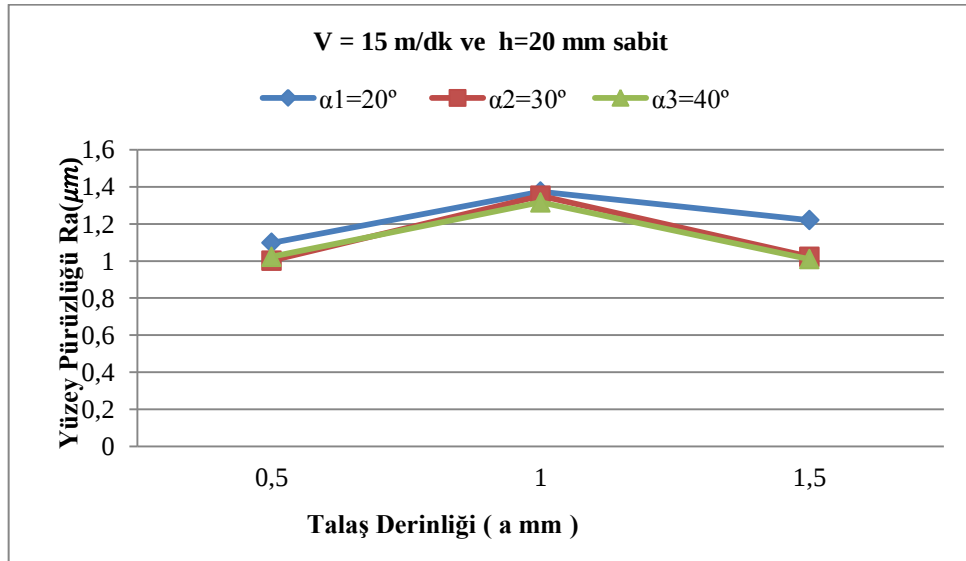
Şekil 6.28 ve Şekil 6.29 incelendiğinde talaş derinliğine değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri ise aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.30'te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı artığında titreşim değerleri önce aşağı yönde azalmakta ve daha sonra yukarı yönde artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir

Tablo 6.11. GG30 malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

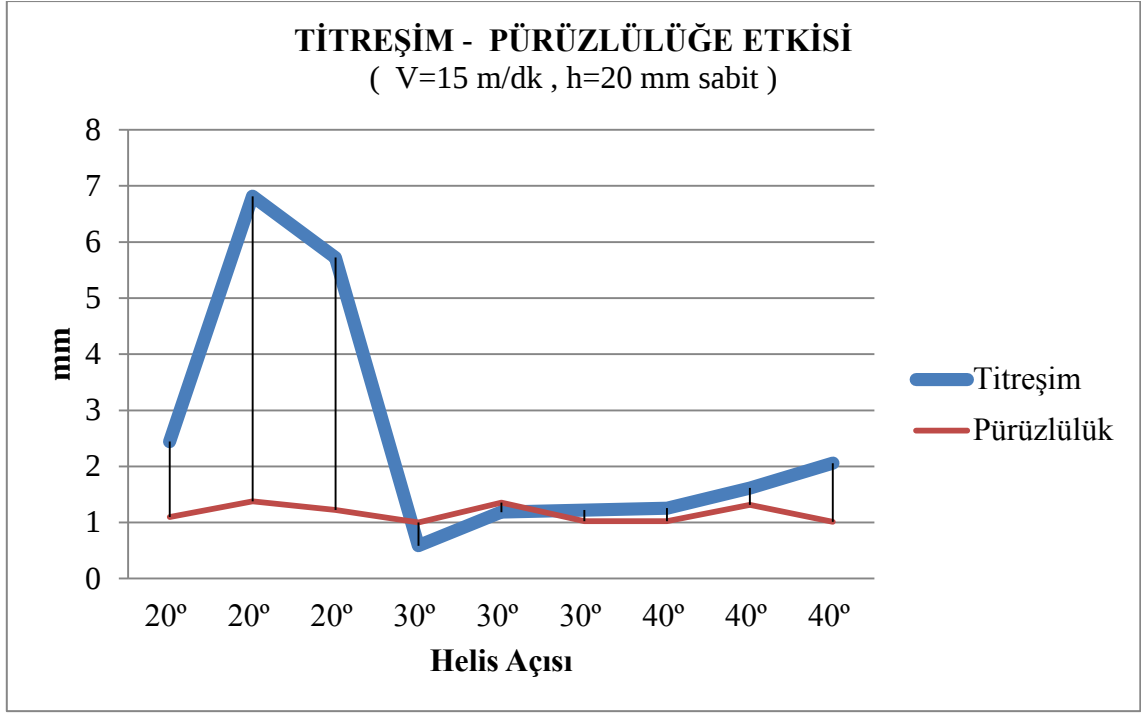
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	2,44	1,10	0,59	1,00	1,26	1,02
1	6,81	1,37	1,19	1,35	1,61	1,32
1,5	5,72	1,22	1,22	1,02	2,06	1,01



Şekil 6.31. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.32. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



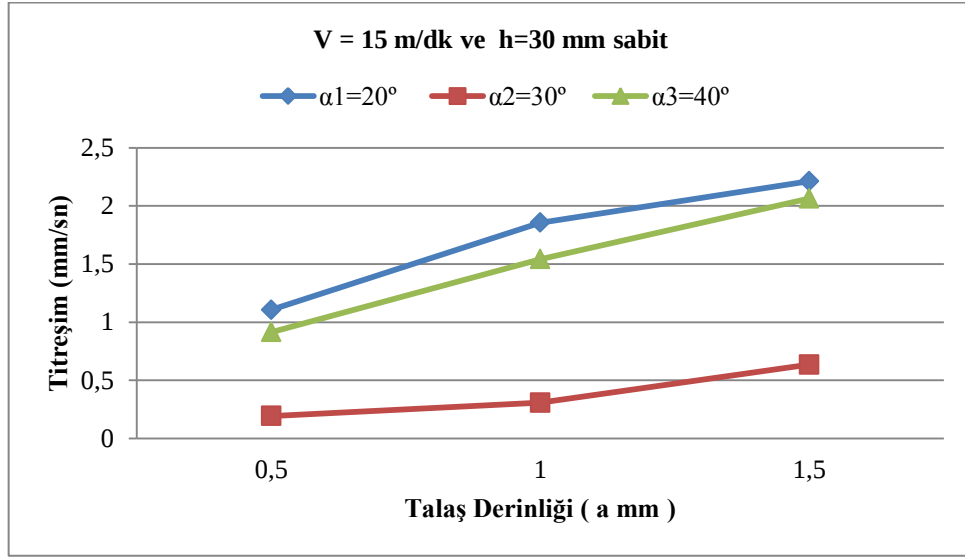
Şekil 6.33. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=20$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinin işlenmesinde kesme hızı $V=15$ m/dk ve Temas yüksekliği $h=20$ mm sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.11’de verilmiştir.

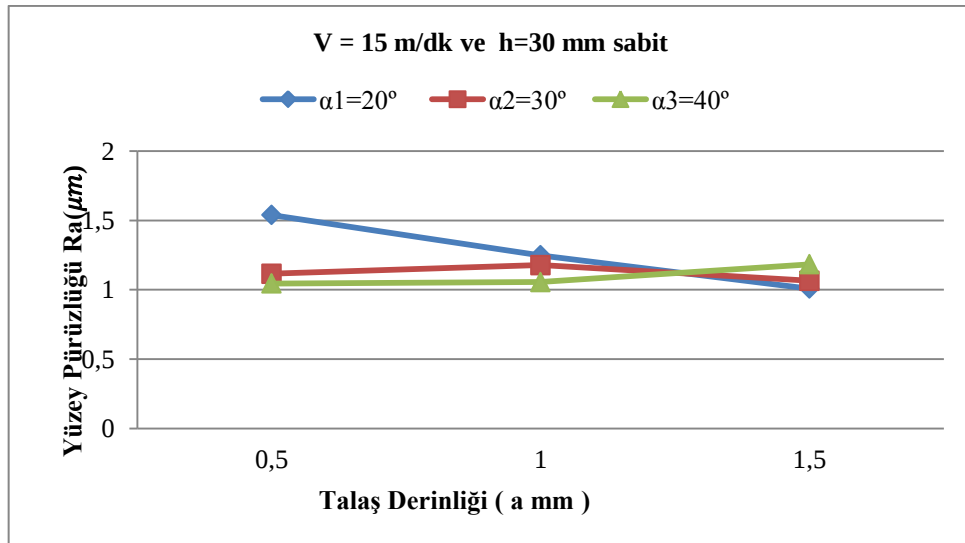
Şekil 6.31 ve Şekil 6.32 incelendiğinde talaş derinliğine değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce yukarı yönde artma ve daha aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.33’te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri önce aşağı yönde azalmakta ve daha sonra yukarı yönde artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir

Tablo 6.12. GG30 malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

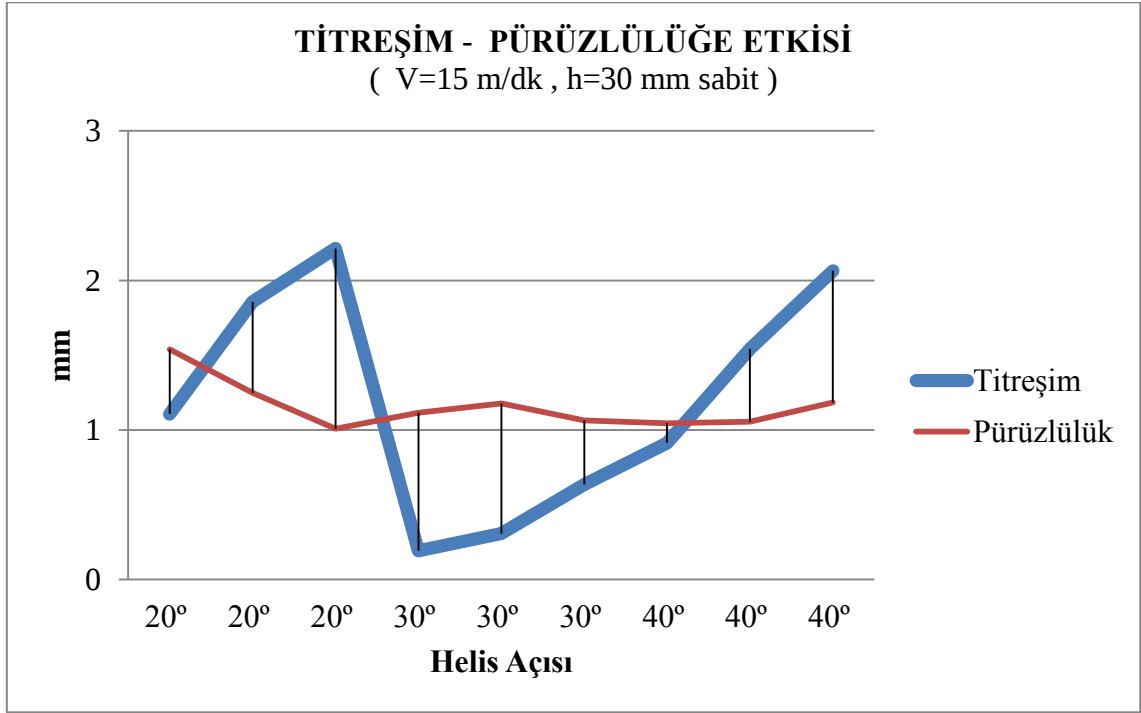
Helis Açısı	20°		30°		40°	
a (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
0,5	1,11	1,54	0,19	1,12	0,91	1,05
1	1,86	1,25	0,31	1,18	1,54	1,06
1,5	2,21	1,01	0,64	1,07	2,06	1,18



Şekil 6.34. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.35. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.36. GG30 Malzemesinden kesme hızı $V=15$ m/dk. ve yüksekliği $h=30$ mm sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinin işlenmesinde kesme hızı $V=15$ m/dk ve Temas yüksekliği $h=20$ mm sabitlenerek $\varnothing 20$ (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler Tablo 6.12’de verilmiştir.

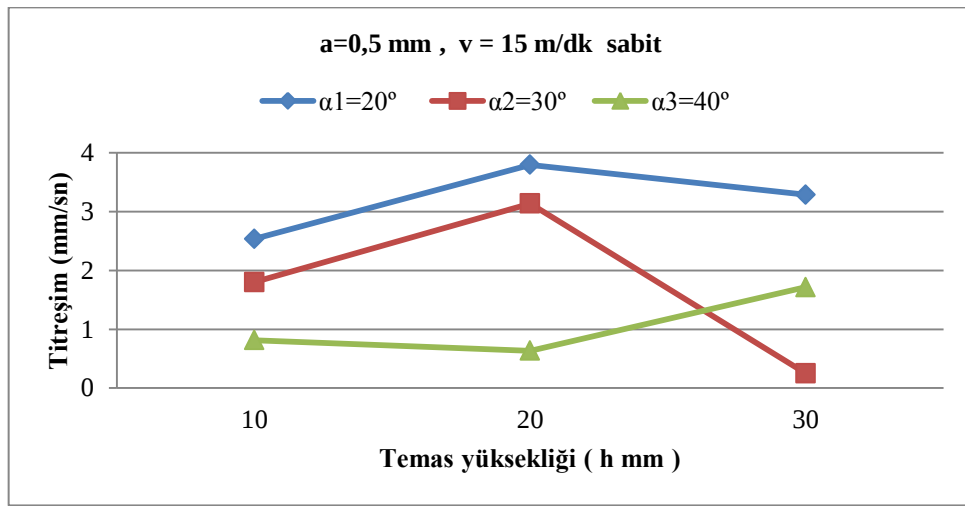
Şekil 6.34 ve Şekil 6.35 incelendiğinde talaş derinliğine değeri arttıkça titreşim değeri yukarı yönde artmakta, fakat pürüzlülük değerleri önce yukarı yönde artma ve daha sonra aşağı yönde azalma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.36’da Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri önce azalmakta ve daha sonra artmaktadır, fakat pürüzlülük değerlerinde ise helis açısı arttıkça pürüzlülük değeri azalmaktadır. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde $\varnothing 20$ (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

6.4. Temas Yüksekliğinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

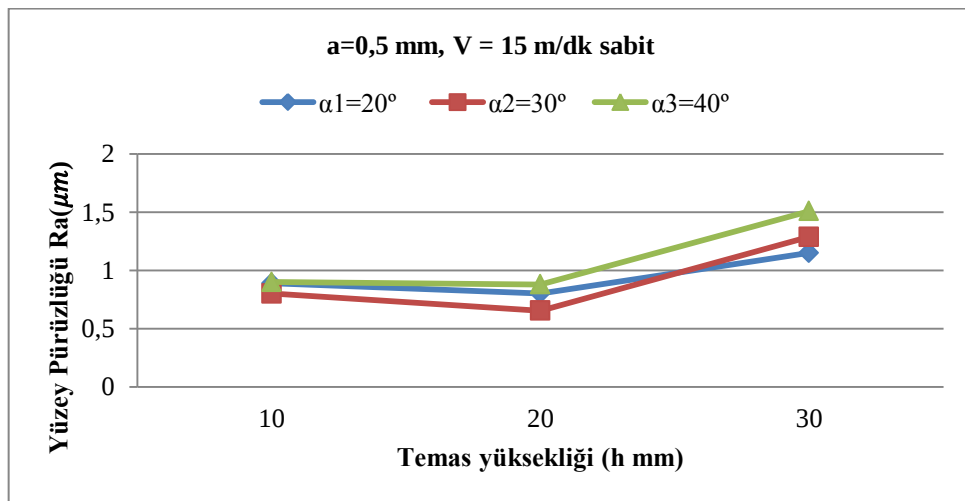
6.3.1. AISI 1040 Çelik Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.13. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

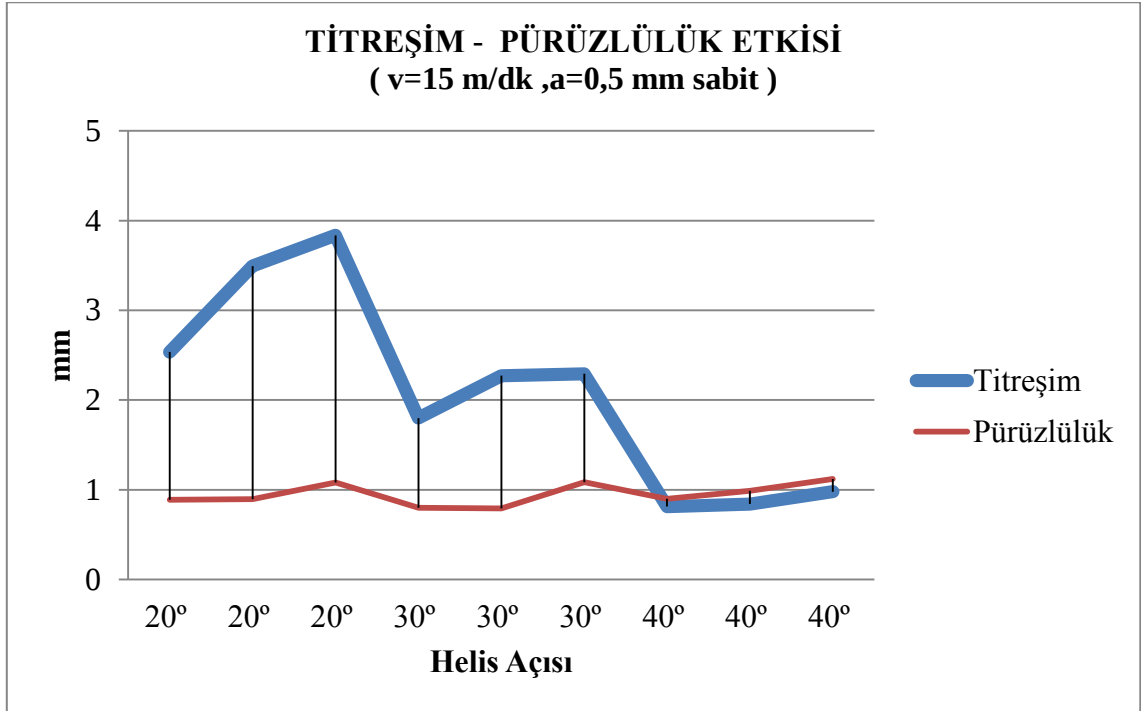
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	2,54	0,89	1,80	0,80	0,81	0,90
20	3,49	0,90	2,27	0,79	0,84	0,99
30	3,84	1,08	2,29	1,09	0,98	1,12



Şekil 6.37. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.38. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



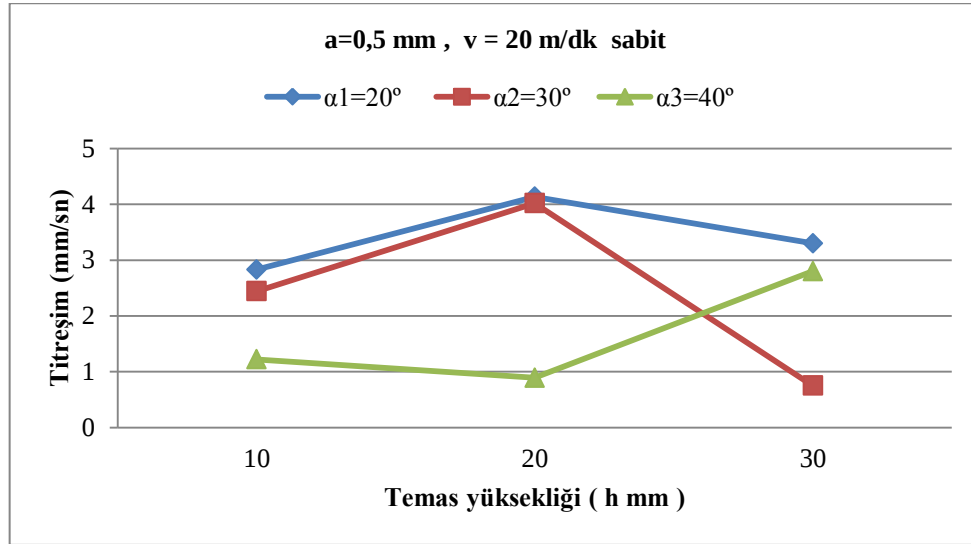
Şekil 6.39. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.13'te verilmiştir.

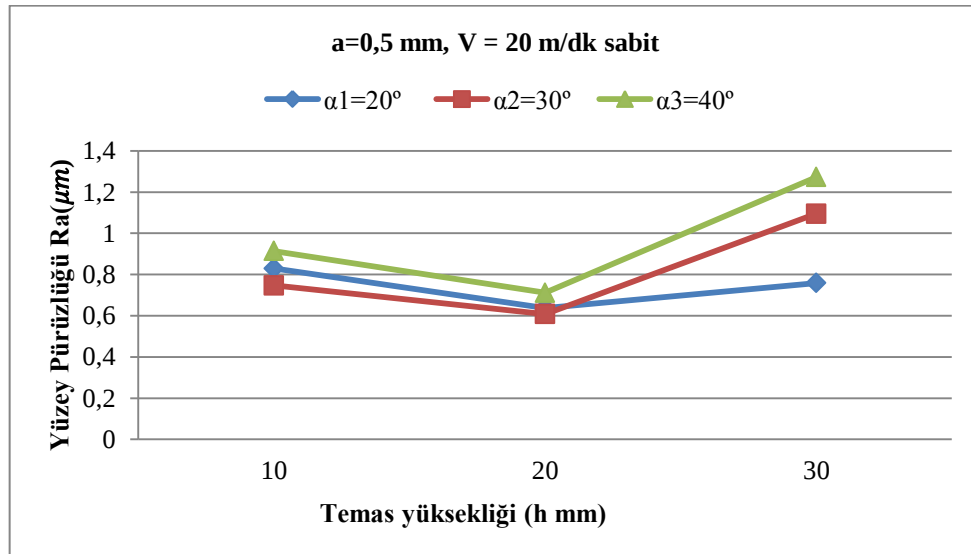
Şekil 6.37 ve Şekil 6.38 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.39'da Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.14. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

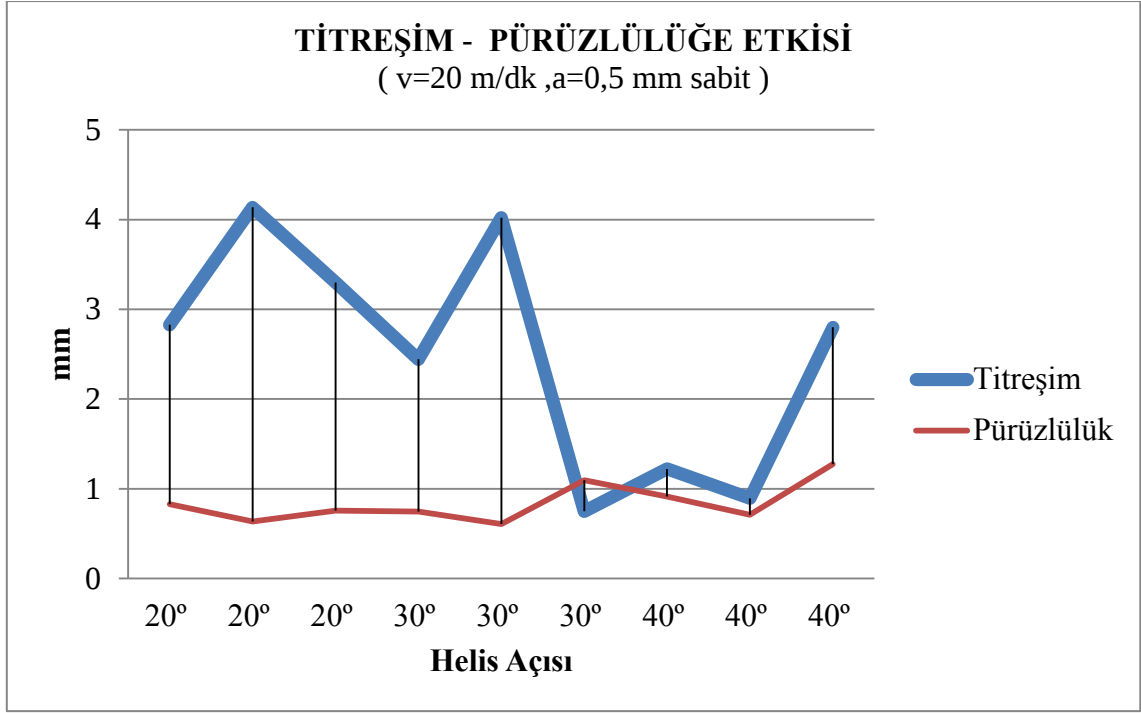
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	2,83	0,83	2,44	0,75	1,22	0,91
20	4,14	0,64	4,02	0,61	0,89	0,71
30	3,30	0,76	0,75	1,10	2,80	1,27



Şekil 6.40. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.41. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



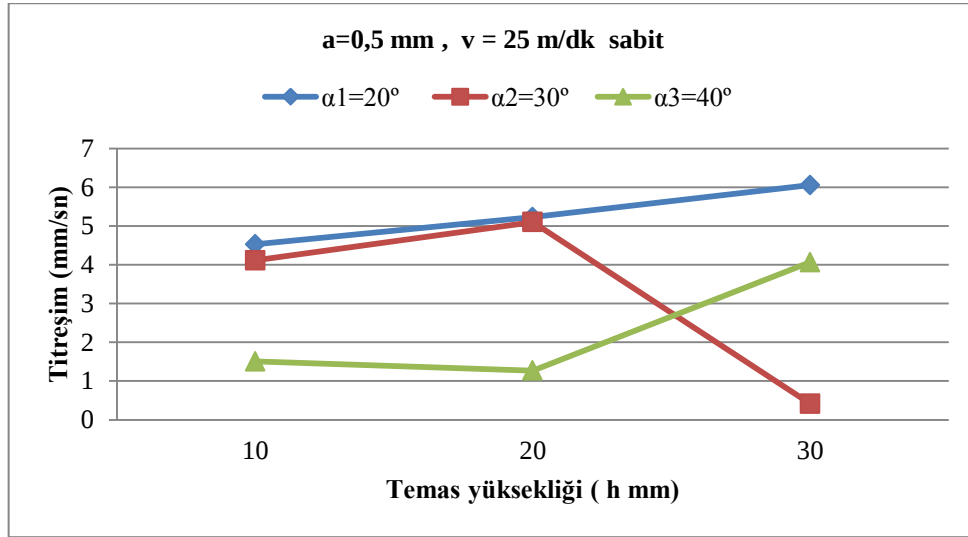
Şekil 6.42. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

AISI 1040 çelik malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.14'te verilmiştir.

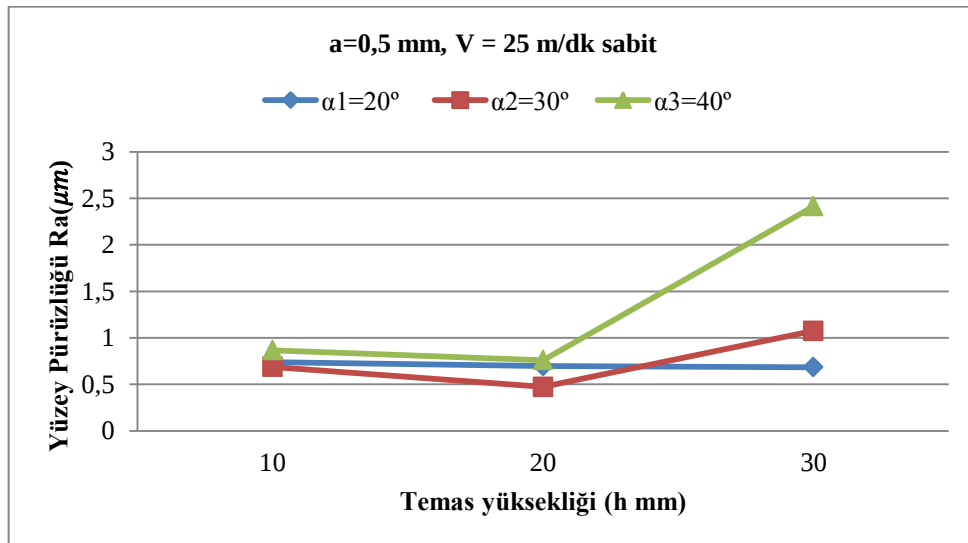
Şekil 6.40 ve Şekil 6.41 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.42'te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.15. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

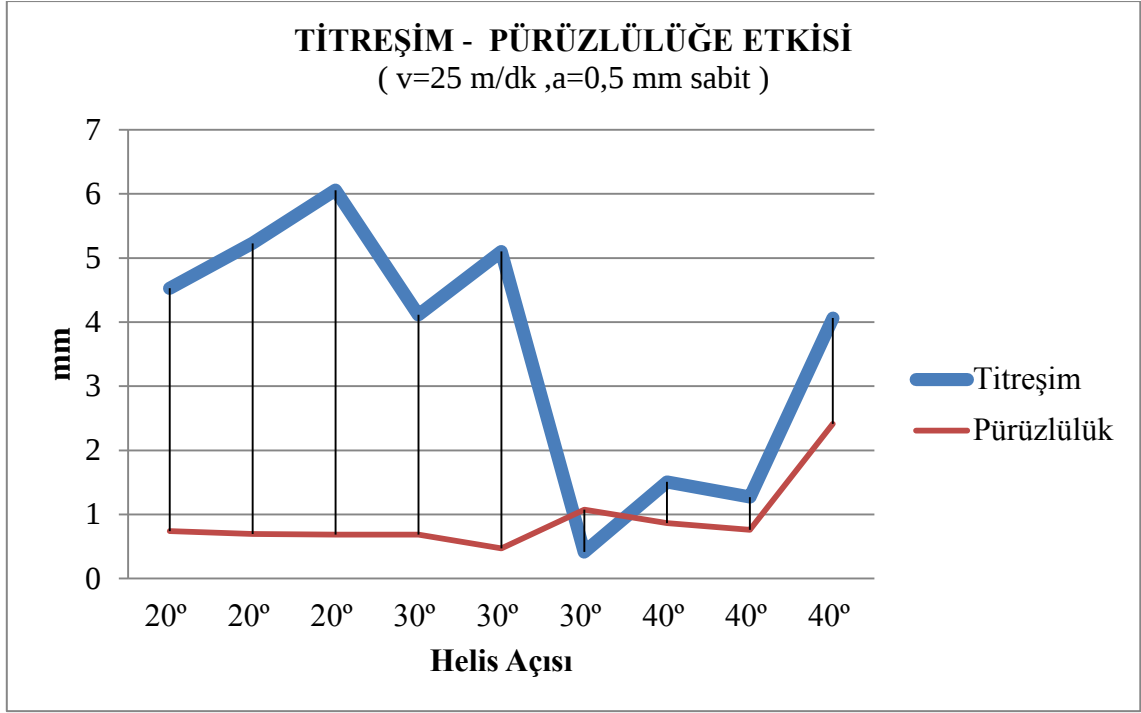
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	4,53	0,74	4,11	0,69	1,51	0,87
20	5,23	0,70	5,10	0,47	1,27	0,76
30	6,06	0,69	0,41	1,08	4,06	2,42



Şekil 6.43. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.44. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.45. AISI 1040 çelik malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve talaş derinliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

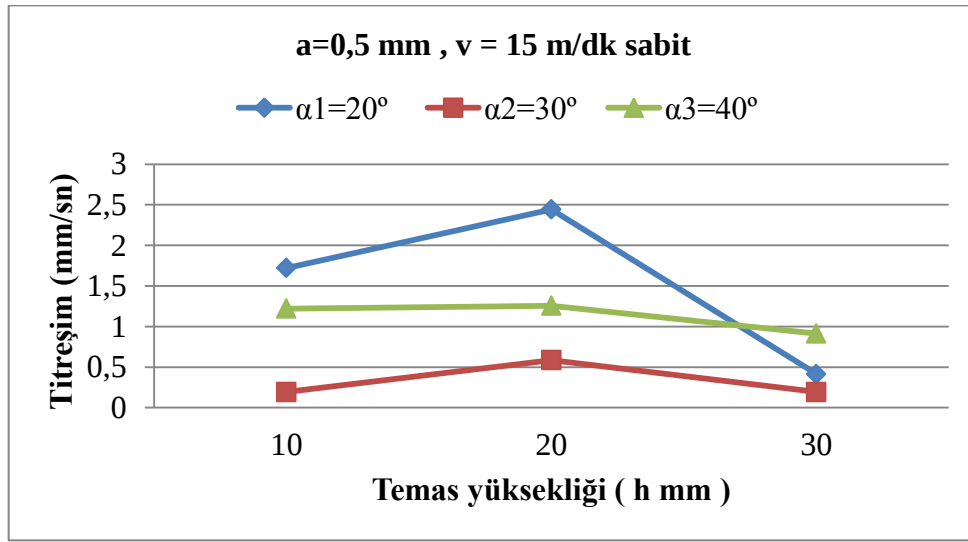
AISI 1040 çelik malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.15'te verilmiştir.

Şekil 6.43 ve Şekil 6.44 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.45'te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 40° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 30° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

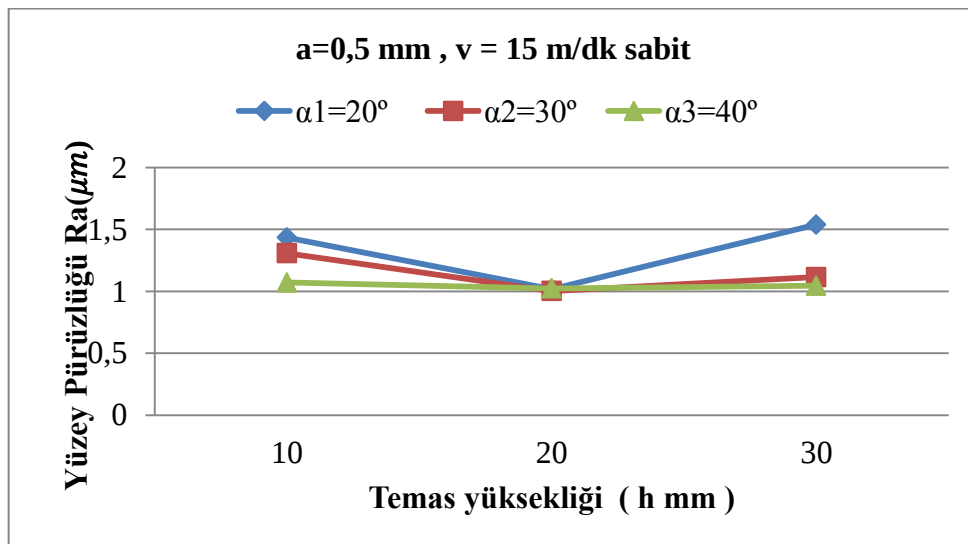
6.3.2. GG30 Malzemesinin Deney Sonuçları

Tablo 6.16. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

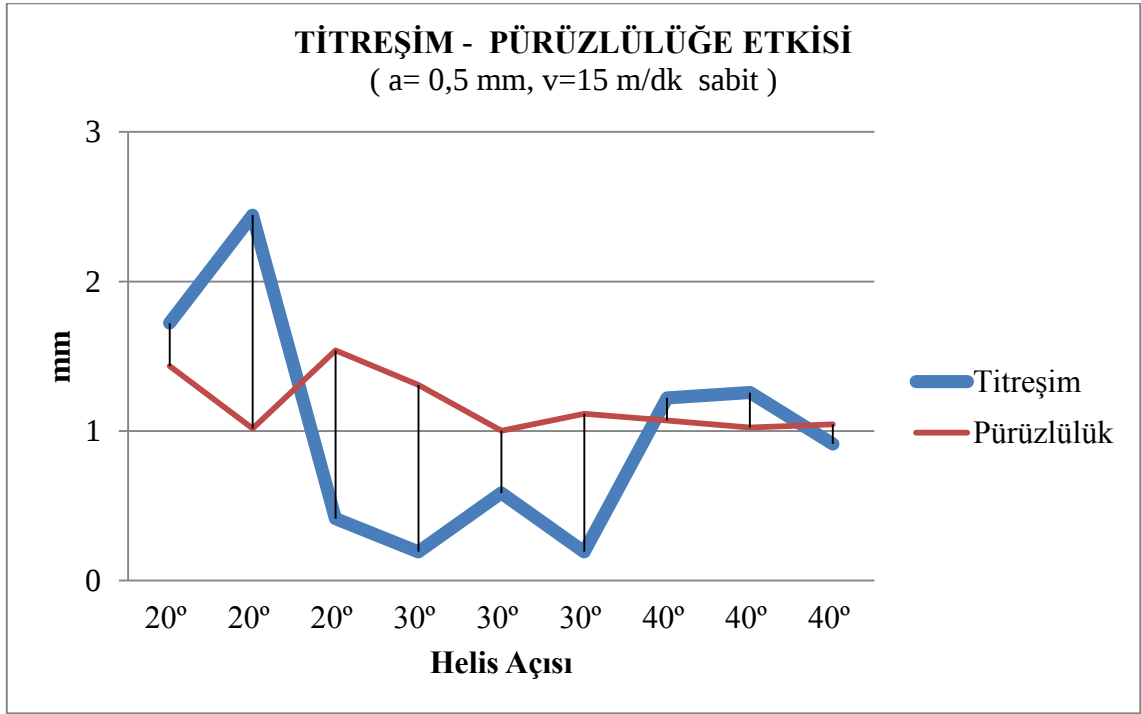
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	1,72	1,43	0,19	1,31	1,22	1,07
20	2,44	1,02	0,59	1,00	1,26	1,02
30	0,41	1,54	0,19	1,12	0,91	1,05



Şekil 6.46. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.47. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=15$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre pürüzlülük grafiği



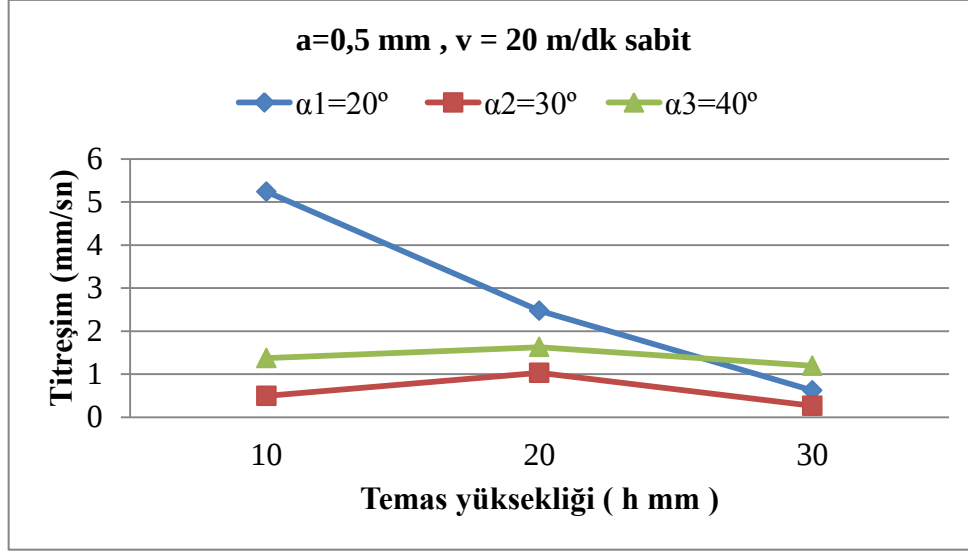
Şekil 6.48. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve kesme hızı $V=15 \text{ m/dk}$. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5 \text{ mm}$ ve kesme hızı $V=15 \text{ m/dk}$. sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.16'da verilmiştir.

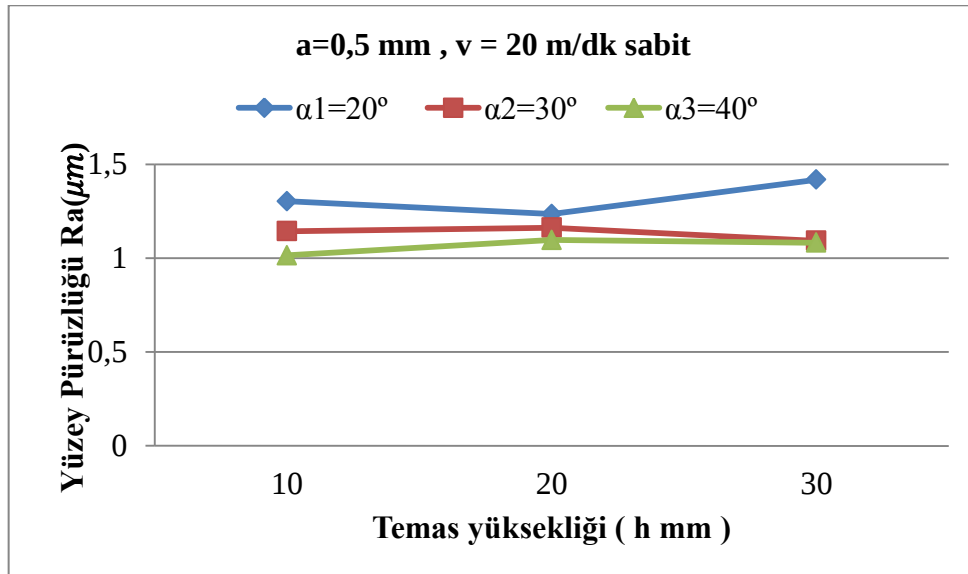
Şekil 6.46 ve Şekil 6.47 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.48'de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.17. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

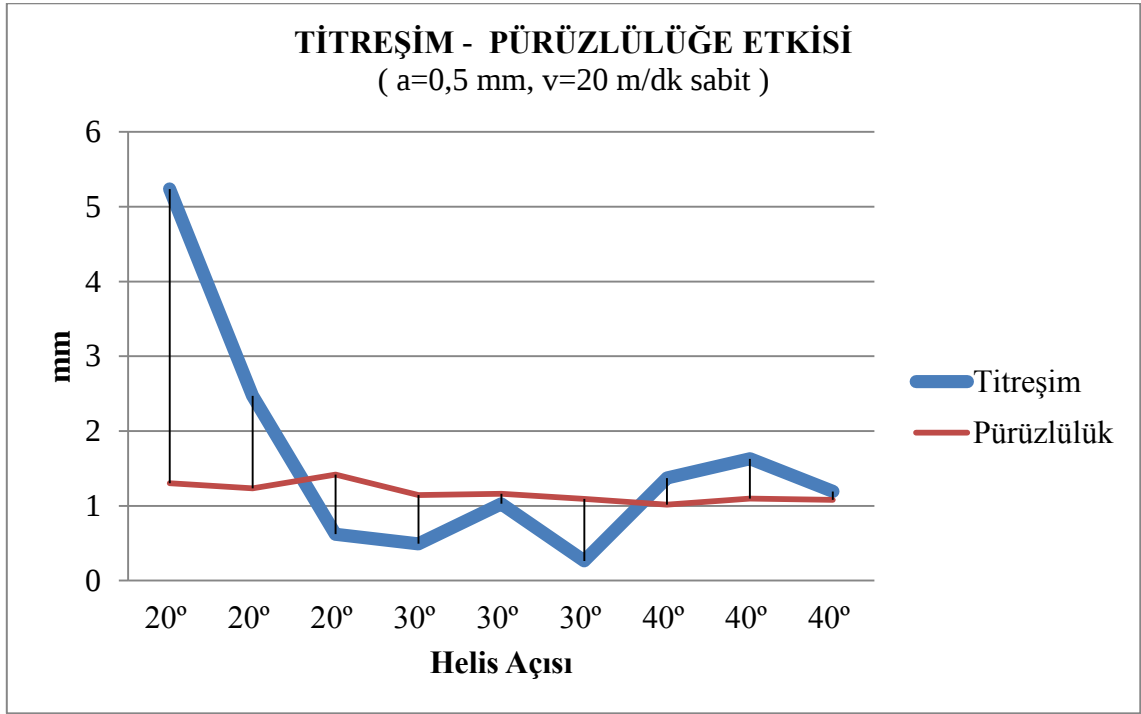
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	5,24	1,30	0,49	1,14	1,37	1,01
20	2,47	1,24	1,03	1,16	1,63	1,10
30	0,62	1,42	0,26	1,09	1,19	1,08



Şekil 6.49. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği



Şekil 6.50. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim ve pürüzlülük grafiği



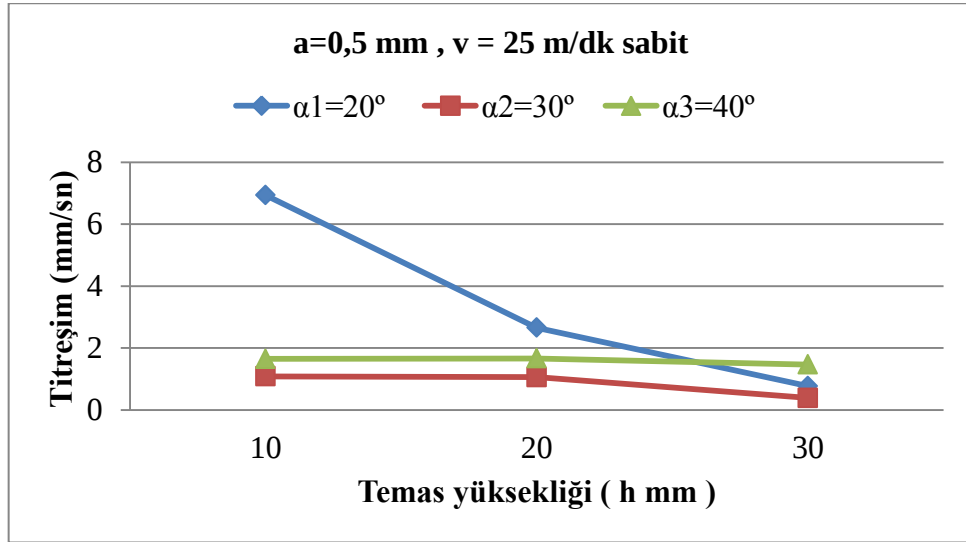
Şekil 6.51. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=20$ m/dk. sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.17’de verilmiştir.

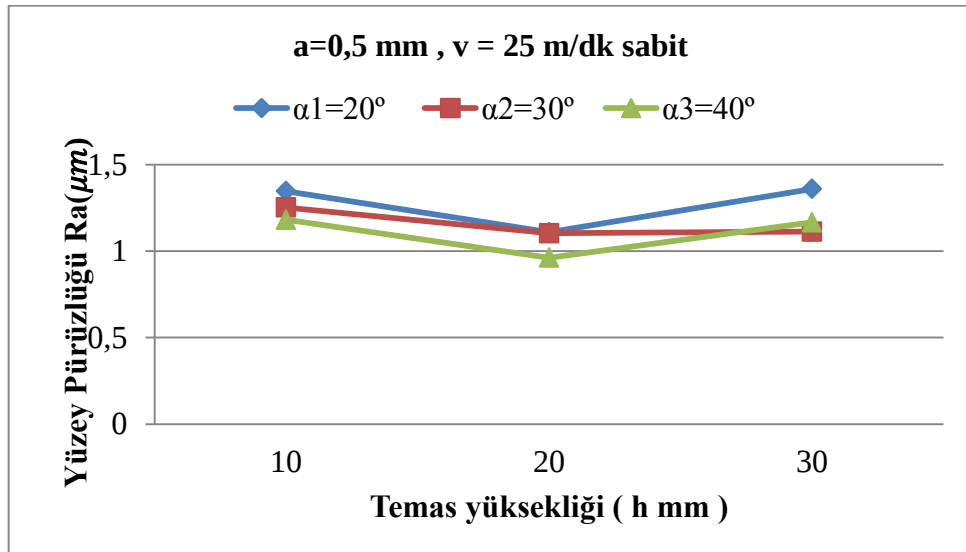
Şekil 6.49 ve Şekil 6.50 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.51’de Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.18. GG30 malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ile elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri

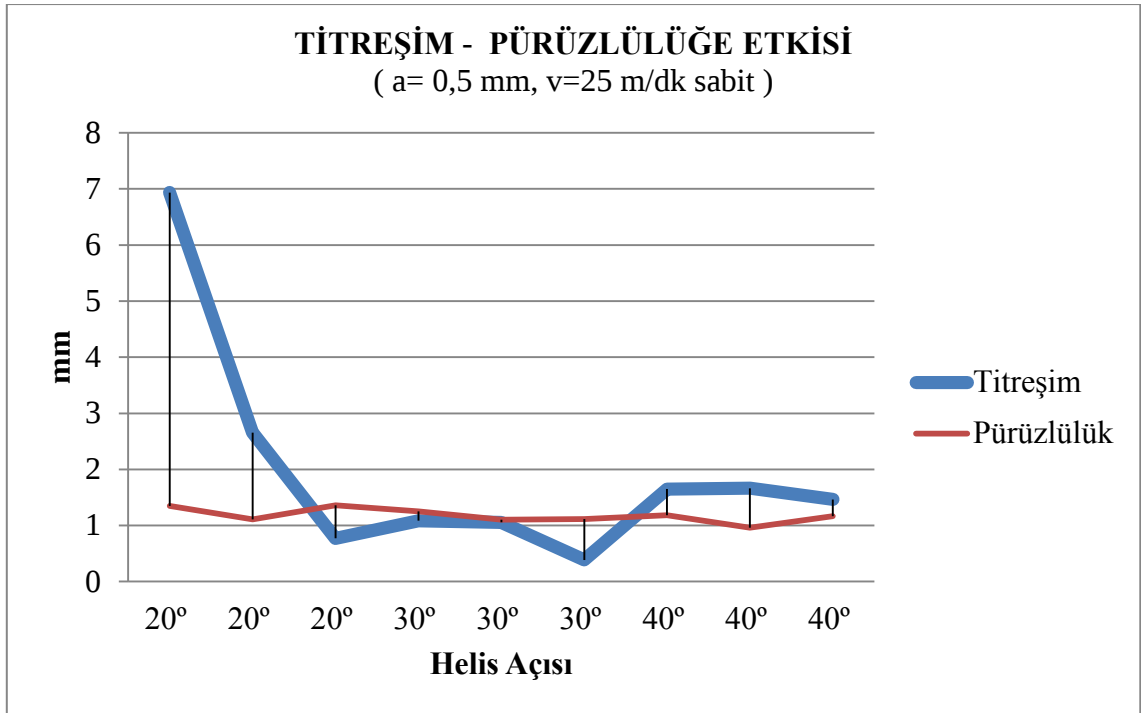
Helis Açısı	20°		30°		40°	
h (mm)	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük	Titreşim	Pürüzlülük
10	6,94	1,35	1,09	1,25	1,65	1,18
20	2,66	1,11	1,06	1,10	1,66	0,96
30	0,77	1,36	0,39	1,11	1,46	1,17



Şekil 6.52. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim grafiği



Şekil 6.53. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre pürüzlülük grafiği



Şekil 6.54. GG30 Malzemesinden talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenmesi ve temas yüksekliğine göre titreşim - pürüzlülük grafiği

GG30 malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği $a=0,5$ mm ve kesme hızı $V=25$ m/dk. sabitlenerek Ø20 (HSS) parmak freze çakısının üç farklı helis açısı (α) (20° , 30° ve 40°) kullanılarak deney numunesi üzerinde yapılan talaş kaldırma işleminde titreşim ve pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen titreşim ve pürüzlülük değerleri Tablo 6.18’de verilmiştir.

Şekil 6.52 ve Şekil 6.53 incelendiğinde temas yüksekliği değeri arttıkça titreşim değeri önce artmakta ve daha sonra aşağı yönde azalmaktadır, fakat pürüzlülük değerleri önce aşağı yönde azalma ve daha sonra yukarı yönde artma eğilimi göstermektedir. Şekil 6.54’te Titreşim – Pürüzlülük grafiğinde ise helis açısı arttığında titreşim değerleri azalmakta fakat pürüzlülük değerlerinde ise önce azalma sonrasında ise artış gözlenmektedir. Yukarıda verilen tablo ve grafikler incelendiğinde Ø20 (HSS) parmak freze çakılarından helis açısı 30° olan çakı ile en düşük titreşim değeri elde edilmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, 40° olan parmak freze çakısı ile en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği görülmektedir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Frezeleme işlemi esnasında oluşan titreşim ve yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü sonucunda elde edilen verilerin analizi ışığında temas yüksekliği, talaş derinliği, helis açısı ve kesme hızının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne önemli etkileri olduğu saptanmıştır.

- Kesme hızının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılmasında AISI 1040 çeliği ve GG30 (dökme demir) malzeme üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda en düşük titreşim değeri, 15 m/dk kesme hızında elde edilmiştir. Ancak kesme hızının artırılmasıyla ($V=25$ m/dk) titreşim değerini arttırmakta fakat yüzey kalitesinin olumlu yönde etkilendiği bulunmuştur.
- Talaş derinliğinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılmasında AISI 1040 çeliği ve GG30 (dökme demir) malzemede en düşük titreşim değeri $a=0,5$ mm talaş derinliğinde elde edilmiştir. Ancak talaş derinliği $a=1,5$ mm'ye çıkması ile titreşim değerini arttırmakta fakat yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.
- En yüksek titreşim değeri $h=10$ mm temas yüksekliğinde elde edilmiştir. Ancak temas yüksekliği $h=30$ mm'ye çıkması ile titreşim değerini azalmakta fakat yüzey kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür.
- Helis açısının titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılmasında helis açısı arttığında titreşim azalmıştır. En yüksek titreşim değeri $\alpha_1 = 20^\circ$ ve en düşük titreşim değeri ise $\alpha_3 = 40^\circ$ elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değeri en düşük olan helis açısının $\alpha_2 = 30^\circ$ olduğu bulunmuştur.

- GG30 (dökme demir) malzemede helis açısı artığında önce titreşim değeri azalmakta daha sonrada artmaktadır. En yüksek titreşim değeri $\alpha_1 = 20^\circ$ ve en düşük titreşim değeri ise $\alpha_2 = 30^\circ$ helis açılarında elde edilmiştir. Helis açısı $\alpha_3 = 40^\circ$ olduğunda yüzey pürüzlülük değeri en düşük bulunmuştur.

7.2. Öneriler

- AISI 1040 çeliğin talaş kaldırma işleminde oluşan titreşimleri azaltabilmek için helis açısı $\alpha_3 = 40^\circ$ olan freze çakısı kullanılmalıdır.
- AISI 1040 çeliğin talaş kaldırma işleminde iş parçasının yüzey pürüzlülük değerinin düşük olması amaçlanıyorsa bunun için helis açısı $\alpha_2 = 30^\circ$ olan freze çakısı kullanılmalıdır.
- GG30 (dökme demir) malzemesinin talaş kaldırma işleminde oluşan titreşimleri azaltabilmek için helis açısı $\alpha_2 = 30^\circ$ olan freze çakısı kullanılmalıdır.
- GG30 (dökme demir) malzemenin talaş kaldırma işleminde iş parçasının yüzeyin pürüzlülük değerinin düşük olması için helis açısı $\alpha_3 = 40^\circ$ olan freze çakısı kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Anonymous (1982) Measuring Vibration. Brüel & Kjaer, 40 p, Naerum- Denmark

Anonymous (1997) ISO 2631-1 Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration. International Organization for Standardization, 31 p, Geneve-switzerland.

Anonymous (1998a) Indroduction to Shock & Vibration. Brüel & Kjaer Sound and Vibration Mesurament A/S, 36 p, Denmark

Anonymous (1998b) Vibration Measurement and Analysis. Brüel & Kjaer Sound and Vibration Measurement A/S, 28 p, Denmark.

Arkun, E (1983) Yapı Bilgisi, Makine Mühendisliği El kitabı, Cilt 4, s. 141-144.

Avuncan, G.,(1998) Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, Makine Takım Endüstri A.S. Mayıs 1998

Benardos P G Vosniakos G C (2003) "Predicting Surface Roughness in Machining: A Review", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43, 833-844, 2003.

Brezocnik, M Kovacic M, Ficko M (in press) "Prediction of Surface Roughness with Genetic Programming", Journal of Materials Processing Technology, Article in Press.

Can,(2003) AISI 5140 Çeliğinin Sermet , PVD İle T1 AIN – CUD İle TIN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tamamlanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve

Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Temmuz 2003

Chattopadhyay AB (2007) "Estimation of Tool Wear during CNC Milling Using Neural Network-Based Sensor Fusion", Mechanical Systems and Signal Processing, 21, 466-479.

Choi Y, Narayanaswami R, Chandra A (2004) "Tool Wear Monitoring in Ramp Cuts in End Milling Using the Wavelet Transform", International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, 23, 419-428.

Çakır M. C., (1999) Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Ceylan Matbaacılık , Mayıs 1999

Çakır M.C., (2000) Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Rota Ofset ve Matbaacılık,

Çakır, C., (2000) Modern Talaşlı imalat Yöntemleri, Vipar A.S., Bursa 2000

Çay İ C (2006) Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümleme Elemanları Üzerine Bir Araştırma Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.

Çiftçi İ (2005) Kesici takımlar ve kesme teorisi ders notları", Z.K:Ü Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları, Karabük, 3-15.

Çoğun C, Özses B (2002) "Bilgisayar sayısal denetimli takım tazgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak. Der. Cilt 17, No1, 59 - 75.

Davis, J. R., (1998) Tool Materials, ASM SPECIALTY HANDBOOK, 2th Edition, Haziran 1998-92

- DeGarmo E P** (2000) "Face milling of nickel-based superalloys with coated and uncoated carbide tools", PhD thesis, School of engineering, Coventry Universty, England, Coventry, 1-60.
- DeGarmo E P, Black J T and Kohser, R A** (1997) "Materials and processes in manufacturing", *Prentice-HallInc.*, New Jersey, 214-652.
- Dong-Woo, Cho Sang J L, Chong N C** (1998) The State of Machining Process Monitoring Research in Korea, *Int. Journal of Machine Tools &Manufacture*, 39, 1697-1715.
- Engin Nas** (2008) Frezeleme İşleminde Kesici Uç Sayısının Titreşim ve Yüzey
- Ghosh N, Ravi Y B, Patra A, Mukhopadhyay S, Paul S, Mohanty A R,**
- Göknıl, A.**, (1985) Kesici Takımların Tuz Banyoları, Koruyucu gaz atmosferli Fırın ve Vakum ocaklarında Isıl işlemi, Metal Dünyası Dergisi, Haziran 1995 [21]
- Akkurt, M.**, Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, Gayrettepe, Haziran 1985
- Griffin M J** (1997) Vibration and Motion. Handbook of Human Factors and Ergonomics; p. 828-857, A Willey & Sons Inc., New York/ Chichester / Wienheim / Toronto / Singapore.
- Griffiths B J** (2001) Manufacturing surface technology, in: Surface Integrity and Functional Performance, Penton Press, London.
- Groover M P** (1996) "Fundamentals of modern manufacturing- Materials, processes and systems", Prentice-Hall Inc., New Jersey, 220-639.

- Güven, A., Özcan, M.,** Sade Karbonlu Çeliklerin Mineral Ortamlarda Abrasif Aşınmasında Malzeme Sertliğinin Aşınma Üzerine Etkisi, Mühendis ve Makina, Cilt 46, Sayı 545
- Habalı K.**(2003) Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Nisan 2003
- Hacısalıhoğlu, H H, Balcı M ve Gökdağ F** (1989) Temel ve Genel Matematik, Cilt: 3. Özyeşim Web Ofset Tesisleri, 310 s, Ankara.
- Hannah and Stephens R C** (1956) Examples in Mechanical Vibrations, Edvard Arnold (Publishers) Ltd, 152p,London.
- Holmberg, K., Matthews, A.**(1994) Coating Tribology, Elsevier Science B.V., pp.1-33
- Kalpajian S** (1991) Manufacturing Processes for Engineering Materials, Second Edition, Addison-Wesley.
- Karabulut A** (1995) Traktör Sürücü Oturakları Yalıtım Sistemi Üzerinde Bir Araştırma. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi (Makine Eğitimi), 105 s, Ankara.
- Karakan, M., Alsaran, A.,**(2002) Plazma Borlama, Müh. ve Makine, Sayı 512
- Kocagöbek M Ali** (2001) "Frezelemede Kesme Parametrelerinin Yüzey Kalitesi ve Mikro Yapıya Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü.
- Kopaci J and Bahor M** (1999) "Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining parameters on the desired quality of the surface roughness of a product", Journal of Materials Processing Technology, 92-93: 381387.

- Korucu S** (1996) "Hidrolik Kopya Aparatı Yardımı İle Elde Edilen Parçalarda Yüzey Pürüzlülüğünün Deneysel İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü.
- Krar S.F.,Oswald J.W., Amand J.E.**,Techonology Of Machine Tools,Third Editions.
- KRAR, S., OSWALD, J.**(1991), Technology of Machine Tools, 4th Edition, international Edition 1991
- Kulaksız, Ö., Çakır, Ö.**,(1997) Metal Meslek Bilgisi, MEB, Ajans- Türk Matbaacılık Sanayi A.S., Ankara1995
- Lee K Y, Kang M C, Jeong Y H, Lee D W, Kim J S** (2001) Simulation of Surface Roughness and Profile in High Speed End Milling. J. Material Processing Technology, 113: 410-415.
- Li C J, Tzeng T C** (2000) "Multimilling-Insert Wear Assesment Using Non Linear Virtual Sensor, Time Frequency Distribution and Neural Networks", Mechanical Systems and Signal Processing, 14, 945-957.
- Lou S J, Chen J C** (1999) "In-Process Surface Roughness Recognition (ISSRR) System in End-Milling Operations", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 15, 200-209.
- Mercurio, D., Petrov K., Peshev, P., Zahariev Z., J.** Less Common Met. 67 (1979) 59. Ali Osman AYDEMİR (TORNA ve FREZE TEZGAHLARINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ KESİCİ TAKIM SEÇİMİ)
- Orhan S, Er A O, Camuşcu N, Aslan E** (2007) "Tool Wear Evalution by Vibration Analysis During End Milling of AISI D3 Cold Work Tool Steel with 35 HRC Hardness", NDT&E International, 40, 121-126.

Öktem, Z., Takım Çeliklerinin Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle Vanadyum Karbür Kaplanması , Doktora Tezi, Ekim 1997

Özbek, İ., (1998) Borlama Yöntemiyle (AISI M50, AISI M2) Yüksek Hız Çeliklerinin ve AISI W1 Çeliğinin Yüzey Performanslarının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, 1998

Özkan, Ö., İpek, M. (2003) Kesici Takım Malzemeleri, Mühendis ve Makine, Sayı 53291

Pamir, C., (1969) Teknoloji, MEB, istanbul

Sabancı A (1981) Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Tarım makineleri Araştırma Enstitüsü Yayın No:1, 196 s, Ankara.

Sabancı A (1984) Tarım Traktörlerinde Titreşim Sorunları ve Sürücü Oturaklarının Yalıtım Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Mesleki Yayınları Yayını No:35, 188 s, Ankara.

Sabancı A (1985) Traktör Oturaklarında Titreşim Yalıtım Olanakları, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi 20-22 Mayıs 1985 Adana, Bildiri Kitabı; s.209-218, Adana.

Sahin, N., (2000) Tesviyecilik Meslek Teknolojisi 3, Kozan ofset, Ankara

Sahin, S., Bayça, S., (2004) Borlama, Mühendis ve Makine, Mayıs 2004, Sayı 532

Sahin, Y., _mal Usulleri, Gazi Kitabevi Haziran 2003

Sahin, Y., (2000) Talaş Kaldırma Prensipleri 1, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2000

- Sahin, Y.**,(2001) Talaş Kaldırma Prensipleri 2, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2001
- Sandvik Coromant** (1996)"Modern metal cutting - A practical handbook", English Edition, Sandvik Coromant, Sweden, I-III.
- Saral A** (1976) Yerli Yapı Traktörlerde Oturma Yerlerinin Sürücüye Olan Etkileri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Ziraat Kuvvet makineleri Kürsüsü Doktora Tezi, 99 s, Ankara.
- Sen, S. ,** (1998) Termokimyasal Borlama işlemiyle AISI 5140, AISI 4140 ve AISI 4340 Çeliklerinin Yüzey Performanslarının Geliştirilmesi, Doktora Tezi
- Shaw M C** (1994) "Metal cutting principles", Oxford Univ. Pres, Oxford, 1-9 (1989).
- Silleli H. H., Taşbaş H, Aygöl A ve Çay C İ,** (2003) Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörlerinin Sürücü Koltuğu Test Yöntemi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül 2003, s.147-156, Konya.
- Sinha ,A.K., Asm** Handbook, 3rd edition, 1991, p 437
- Stout K J** (1998) Engineering surfaces - a philosophy of manufacture (a proposal for good manufacturing practise), Proc. Instn.Mech.B 212 -169 - 174.
- Şahin Y** (2000) Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt I, Nobel Yayınevi, Ankara.
- Şahin Y. ,**(2003) İmal Usulleri ,Gazi Kitapevi , Haziran 2003
- Şahin Y.,** (2003) Talaş Kaldırma Prensipleri ,Cilt 1. ,Gazi Kitapevi Ekim 2003
- Şahin Y.,**(2000) Talaş Kaldırma Prensipleri , Cilt 1., Nobel Yayın Dağıtım ANKARA
- Trent E M** (1989) "Metal cutting", Butterworths Press, London, 1-71.

Trent, E.M., (1991) Metal Cutting, Buuerworth Heinemann,

Tsai Y H., Chen J C, Lou S J (1999) "An in-Process Surface Recognition System Based on Neural Networks in End Milling Cutting Operations", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39, 583-605.

URL- 1 (2007) http://cfaww.harvard.edu/cfa/oir/MMT/mmt/foltz/mmt_conv5/node33.html

URL- 2 (2007) http://www.flexbar.com/productmenu_surfaceroughness.htm

URL- 3 (2007) <http://www.iso.com>

URL- 4 (2015) <http://www.cncelmas.com>

Yalçın, B., Özsoy, A., (2003) Tornalama Kesici Takımlarda Aşınma Davranışlarının iyileştirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7-1 52-57

Zahar_Ev, Z. T., Mar_Nov, M. I., J. Alloys Comp. 201 (1993) 1

Zahariev, Z., Petrov, K., Christov, M., J. Less Common Met. 82 (1981) 57.

ÖZGEÇMİŞ

1975 tarihinde Batman’da doğdu. İlköğretimini Cumhuriyet İlköğretim Okulu’nda ortaöğrenimini Batman Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi’nde tamamladı. 1996 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine/Kalıp Öğretmenliği Bölümü’ne yerleşti, 2000 yılında mezun oldu. 2010 yılından itibaren Batman Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. 2011 yılında Elazığ Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim dalında Talaşlı Üretim programında yüksek lisansa başladı.

M. Salih EKMEN