

SİLİNDİRİK YÜZEYLERİN TAŞLANMASINDA DEĞİŞİK HELİS AÇILI TAŞLARIN  
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE VE DAİRESELLİĞE ETKİSİ

Muammer KINA

Yüksek Lisans Tezi

Makina Eğitimi Anabilim Dalı

Kasım – 2011

SİLİNDİRİK YÜZEYLERİN TAŞLANMASINDA DEĞİŞİK HELİS AÇILI TAŞLARIN  
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE VE DAİRESELLİĞE ETKİSİ

Muammer KINA

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Makine Eğitimi Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Muammer GAVAS

Kasım – 2011

## KABUL ve ONAY SAYFASI

Muammer KINA'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı SİLİNDİRİK YÜZEYLERİN TAŞLANMASINDA DEĞİŞİK HELİS AÇILI TAŞLARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE VE DAİRESELLİĞE ETKİSİ başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.../.../2011

Üye: Doç. Dr. Muammer GAVAS

Üye: Yrd. Doç. Dr. Uğur KÖKLÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Recep KOÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve .....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## SİLİNDİRİK YÜZEYLERİN TAŞLANMASINDA DEĞİŞİK HELİS AÇILI TAŞLARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE VE DAİRESELLİĞEETKİSİ

Muammer KINA

Makine Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, 2011

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Muammer GAVAS

### ÖZET

Taşlama işlemi, genellikle metal malzemelerin en son işlemlerinde gerekli yüzey kalitesini ve ölçüsünü elde etmek için yapılır. Taşlama işlemlerinde genellikle düz yüzeyli zımpara taşları kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemde, zımpara taşı ve malzeme arasında çok fazla temas alanı (taş genişliği kadar) olduğundan soğutma istenen şekilde yapılamamakta, sıcaklık artmakta ve talaş zor boşalmaktadır. Bu sebeplere bağlı olarak kalitesiz yüzey ve yuvarlaklık hatası gibi istenmeyen ve beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Yüzey kalitesini artırmak ve yüzey pürüzlülüğünü düşürmek için çeşitli profillerde taşlar kullanılmış, yani zımpara taşı modifiye edilerek çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada çevresine 15°, 30° ve 45° helisel kanallar açılmış taşlar kullanılarak Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131 çelik malzemeler silindirik taşlama işlemine tabi tutulmuş elde edilen “ortalama yüzey pürüzlülüğü” ve “yuvarlaklık hatası” sonuçları düz yüzeyli zımpara taşı ile kıyaslanmıştır. Deneyler neticesinde, helisel kanallı taş kullanımıyla daha iyi yüzey kalitesi ve daha düzgün dairesellik elde edildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Helisel Kanallı Zımpara Taşı, Silindirik Taşlama, Yuvarlaklık Hatası Yüzey Pürüzlülüğü.

## **EFFECT OF VARIOUS HELICAL ANGLED GRINDING WHEEL TO SURFACE ROUGHNESS AND ROUNDNESS IN GRINDING OF CYLINDRICAL SURFACES**

Muammer KINA

Mechanical Education, M.S. Thesis, 2011

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muammer GAVAS

### **SUMMARY**

The procedure of grinding is generally used in the last step of metallic materials machining to have necessary surface quality and measurement. Generally, flat surfaced grinding wheels are used in the process of grinding. However, due to the fact that there is a great deal of contact length (as much as grinding wheel width) between grinding wheel and workpiece, the cooling is not able to be carried out as desired, the heat increases and disposal of the chips are not easy. Depending on these reasons, some undesired and unwanted results such as unqualified surface and roundness error come out. Grinding wheel with various profiles were used in order to increase surface quality and decrease roundness error; that is, grinding wheel was modified and various methods were developed. In this study, AISI 1050, AISI 4140 and AISI 7131 steel materials were subjected to cylindrical grinding process by using helical grooved wheels with 15°, 30° and 45° around them and obtained results such as “average surface roughness” and “roundness errors” were compared with flat surfaced grinding wheels. At the end of the experiments, it was seen that better surface quality and lower roundness error were acquired with the use of helical grooved grinding wheel.

**Key Words:** Cylindrical Grinding, Helical Grooved Grinding Wheel, Roundness error, Surface Roughness.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, başta danışman hocam Doç. Dr. Muammer GAVAS'a, çalışmalarına yardımcı olup yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Uğur KÖKLÜ'ye, deneylerin yapımında tezgâh ve teçhizat imkânı sağlayan Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu personeline, ölçümlerin yapılmasında yardımcı olan SuparA.Ş.'den İmalat Müdürü Ahmet KART'a ve emeği geçen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. TALAŞ KALDIRMA VE TAKIM TEZGÂHLARI.....	1
1.1. Talaş Kaldırma Mekaniği.....	1
2. TAŞLAMA.....	4
2.1. Silindirik Taşlama.....	5
2.1.1. Puntalı silindirik dış yüzey taşlama.....	6
2.2. Genel Taşlama İşlemi Hataları.....	7
2.2.1. Kullanıcı hataları ve teknolojik bilgi hataları.....	7
2.2.2. Taşlama işleminde, iş parçasından kaynaklanan hatalar.....	8
2.2.3. Zımpara taşı imalat hataları.....	8
2.2.4. Otlama.....	8
2.2.4.1. Otlamanın nedenleri.....	8
2.2.4.2. Taşlama işleminde otlamanın gerçekleşmesi.....	9
3. ZIMPARA TAŞLARI.....	12
3.1. Aşındırıcı Malzemeler .....	13
3.1.1. Doğal zımpara taşları.....	13
3.1.2. Yapay zımpara taşları.....	13
3.2. Tane Büyüklüğü ve Ölçüsü.....	14
3.3. Zımpara Taşlarını Oluşturan Aşındırıcı Tanelerin Birleştirilmesi.....	15
3.3.1. İnorganik birleştirme malzemeleri.....	16
3.3.1.1. Seramik birleştirme maddesi.....	16
3.3.1.2. Silikat birleştirme maddesi.....	16
3.3.1.3. Oksiklorit birleştirme maddesi.....	16
3.3.2. Organik birleştirme malzemeleri.....	17
3.3.2.1. Bakalit birleştirme maddesi.....	17

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2.3. Şellak birleştirme maddesi.....	17
3.4. Zımpara Taşlarının Renkleri.....	17
3.4.1. Taşların etiket renkleri.....	17
3.4.2. Taşların şerit renkleri.....	18
3.5. Taşın Sertliği.....	19
3.6. Taş Yapısı.....	21
3.7. Zımpara Taşlarının Markalanması.....	22
3.8. Zımpara Taşlarının Seçimi.....	23
4. YÜZEY KALİTESİ.....	26
4.1. Yüzey Pürüzlülüğü.....	26
4.1.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar.....	27
4.1.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler.....	28
4.2. Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi.....	28
4.2.1. Ortalama çizgi (M) sistemi.....	28
4.2.2. Zarf sistemi (E).....	29
4.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler.....	31
4.3.1. Max. profil yüksekliği ( $R_{max}$ , $R_t$ ).....	31
4.3.2. Pürüzlülük aritmetik ortalaması (CLA, $R_a$ ).....	31
4.3.3. Ortalamaların kareleri toplamının karekökü ( $R_q$ , $R_s$ , rms).....	32
4.3.4. Örneklem uzunluk.....	33
4.4. Milli Standartlar.....	33
4.5. Yüzey Pürüzlülük Ölçme Metotları.....	34
4.5.1. İzleyici uçlu cihazlarla pürüzlülük ölçümü.....	34
4.6. Yuvarlaklık (Roundness) Hatası Ölçümü.....	36
4.6.1. Yuvarlaklık hataları.....	36
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	38
6. MALZEME VE METOD.....	41
6.1. Malzeme.....	41
6.1.1. Malzemelerin sertlikleri ve kimyasal bileşenleri.....	41
6.2. Numunelerin Deney İçin Hazırlanması.....	42
6.3. Zımpara Taşı Özellikleri ve Deney İçin Hazırlanması.....	43



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.3.1. Zımpara taşı seçimi.....	43
6.3.2. Zımpara taşına helisel kanallar açılması .....	44
6.4. İşleme Parametrelerinin Hesaplanması .....	46
6.4.1. İşin ilerlemesi .....	46
6.4.2. Talaş derinliği.....	47
6.4.3. Çevresel hız oranı.....	47
6.4.4. İşin devir sayısı.....	48
6.4.5. Taşlama ve taş bileme süresi.....	48
6.5. Deneyin Yapılışı.....	49
6.5.1. Düz yüzeyli zımpara taşı ile taşlama işlemi.....	50
6.5.2. Helisel kanallı zımpara taşları ile taşlama işlemi.....	50
6.5.3. Yüzey pürüzlülük ve yuvarlaklık ölçüm uygulaması.....	53
7. BULGULAR.....	55
7.1. Sonuçlar.....	80
7.2. Yorumlar.....	85
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	88

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Taşlama işleminde sürtünme, kazıma ve kesme rejimleri.....	3
1.2 Taşlamada talaş oluşum mekanizması.....	3
2.1 İki punta arasında silindirik taşlama konumu. ....	6
2.2 Taşlama işleminde otlama olayının meydana gelmesi: .....	10
3.1 Zımpara taşının fiziksel modeli. ....	12
3.2 Zımpara taşı sertlik skalası. ....	19
3.3 Zımpara taş yapısının skalası. ....	21
3.4 Seyrek ve sık dokulu taş yapıları. ....	22
3.5 Standart markalama sistemi (ANSI Standart B74.13-1977). ....	22
3.6 Zımpara taşı üzerindeki harf ve rakamların anlamları. ....	23
4.1 Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi. ....	29
4.2 Zarf eğrisinin elde edilişi. ....	30
4.3 Ortalama zarf eğrisi. ....	30
4.4 Yüzey kalitesi için sayısal değerler. ....	31
4.5 Yüzey pürüzlülük cihazı. ....	35
4.6 İzleyici uçun yüzey pürüzlülüğü takibi. ....	36
4.7 Yuvarlaklık hatası ölçüm sonucu. ....	37
6.1 Numune parçanın teknik resmi. ....	42
6.2 Numune parçaların fotoğrafı. ....	43
6.3 Zımpara taşına helis kanal açma işlemi. ....	45
6.4 Helis kanallı zımpara taşı. ....	46
6.5 Düz yüzeyli zımpara taşının elmas ile bilenmesi. ....	49
6.6 Düz yüzeyli zımpara taşı ile bir numunenin taşlanması. ....	50
6.7 Deneyde kullanılan taşlar, a) Düz yüzeyli zımpara taşı, b) 15° Helis açılı zımpara taşı, c) 30° Helis açılı zımpara taşı, d) 45° Helis açılı zımpara taşı. ....	51
6.8 Farklı helis açılı taşların gösterimi. ....	52
6.9 Helisel kanallı taşın teknik resmi. ....	53
6.10 Yüzey pürüzlülüğü ölçüm eksenleri. ....	54
6.11 Yuvarlaklık hatası ölçüm eksenleri. ....	54

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.1 Numune parçanın ölçüm eksenleri. ....	55
7.2Düz yüzeyli zımpara taşı ileÇ 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	56
7.3 Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	57
7.415° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	58
7.5 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	59
7.6 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	60
7.730° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	61
7.8 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	62
7.945° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	63
7.10Düz yüzeyli zımpara taşı ileÇ 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	64
7.11Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	65
7.1215° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	66
7.1315° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	67
7.1430° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	68
7.1530° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	69
7.1645° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	70
7.1745° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	71
7.18Düz yüzeyli zımpara taşı ileÇ 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	72
7.19Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	73
7.2015° Helisel kanallı zımpara taşı ileÇ 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. ....	74
7.2115° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	75

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.2230° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. .....	76
7.2330° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	77
7.2445° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve $R_a$ değeri. .....	78
7.2545° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları. ....	79
7.26Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması. ....	80
7.27 Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması. ....	81
7.28 Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması. ....	82
7.29 Yüzey pürüzlülüğünün malzemeye göre değişimi. ....	82
7.30 Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması. ....	83
7.31 Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması. ....	84
7.32 Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması. ....	84
7.33 Yuvarlaklık hatasının malzemeye göre değişimi. ....	85

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Aşındırıcı malzemelerin sertlik dereceleri. ....	14
3.2. Aşındırıcı tane büyüklüğünün sınıflandırılması. ....	15
3.3. Birleştirme malzemelerinin adları ve TSE ile DIN standartlarında sembolleri. ....	16
3.4 Zımpara taşlarının renkleri (TS 291, DIN 69100). ....	18
4.1. Pürüzlülük değerleri ve sınıf numaraları. ....	27
4.2. Yüzeysel kalitesini değerlendirmede kullanılan milli standartlar. ....	33
6.1. Malzemelerin sertlikleri.....	41
6.2. Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131 malzemelerinin kimyasal bileşenleri. ....	42
7.1. Düz yüzeysel zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları...	56
7.2. Düz yüzeysel zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	57
7.3. 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	58
7.4. 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	59
7.5. 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	60
7.6. 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	61
7.7. 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	62
7.8. 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	63
7.9. Düz yüzeysel zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları..	64
7.10. Düz yüzeysel zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	65
7.11.15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları. ....	66
7.12. 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	67
7.13.30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları. ....	68
7.14.30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	69
7.15. 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzeysel pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	70

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
7.16. 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	71
7.17. Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları...	72
7.18. Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	73
7.19. 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	74
7.20. 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	75
7.21. 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	76
7.22. 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	77
7.23. 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.....	78
7.24. 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler Açıklama

$\mu\text{m}$	Mikron
"	Inch (parmak) ölçü birimi
$\alpha$	Talaş açısı, ( $^{\circ}$ ).
$\varphi$	Kayma açısı, ( $^{\circ}$ ).
d	Talaş derinliği
$R_a$	Ortalama pürüzlülük, $\mu\text{m}$ .
$R_q$	Ortalamaların karelerinin toplamının karekökü, $\mu\text{m}$ .
$R_z$	Ortalama on nokta yüksekliği, $\mu\text{m}$ .
$R_p$	Profil tepesinin maksimum yüksekli, $\mu\text{m}$ .
$R_m$	Profil tepesinin maksimum çukur yüksekliği, $\mu\text{m}$ .
$R_y, R_{\text{max}}$	Maksimum profil yüksekliği, $\mu\text{m}$ .
L, $L_n$	Standart örnekleme boyu, mm.
IT	Tolerans kalitesi
T	En üst tepe nokta
N	Pürüzlülük sınıflandırması
A	Korund, Alüminyum oksit
C, SiC	Silisyum karpit
CBS	Bor karpit
BN	Bornitrit
D	Elmas
V	Seramik
S	Silikat
Mg	Magnezit
B	Bakalit
BF	Güçlendirilmiş bakalit
R	Kauçuk
RF	Güçlendirilmiş kauçuk
E	Zarf sistemi
M	Ortalama çizgi sistemi
s	İş ilerlemesi, mm/dev.

**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
T.S.E.	Türk Standartları Enstitüsü
D.I.N.	Alman Endüstri Normu
A.N.S.I.	Amerikan Ulusal Standart Normu
M.K.E.	Makine Kimya Endüstrisi
A.I.S.I.	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü



## 1. TALAŞ KALDIRMA VE TAKIM TEZGÂHLARI

Ham madde halinde bulunan herhangi bir malzemeyi, belirli bir şekle dönüştürmeişlemine imalat denir. İmalat, insan ve hayvan gücü kullanılarak ilkel yöntemlerle veya mekanikenerji kullanılarak makineler ile yapılabilir. Çoğunlukla makinelerin kullanıldığı imalatsistemine sanayi denilir. İmalatın hedefi; olan ürün, üretim araçları ile gerçekleştirilmektedir.Çok geniş bir anlamda bütün üretim araçlarına takım tezgâhı denir. Ancak genel anlamda metal,plastik, ahşap ve taş gibi malzemeleri işleyen ve bu tür malzemelere belirli istenilen bir şekil veren, üretim araçlarına takım tezgâhı denir. Takım tezgâhlarından en yaygın olarak kullanılamı metalikmalzemeleri işleyen takım tezgâhlarıdır.

Herhangi bir imalat, şekil değişimine uğrayan malzemenin yanı sıra, imalat yöntemi,takım ve tezgâh olmak üzere üç etkenin yardımı ile gerçekleşir.

- İmalat yöntemi; ham maddeye şekil vermek için uygulanan fiziksel faaliyettir.
- Takım; imalat işlemini gerçekleştiren elemandır.
- Tezgâh; imalat yöntemini gerçekleştirmek için hammaddeye ve takıma gerekenhareketleri sağlayan makinelerdir.

Günümüzde teknolojik gelişmeler sonucunda, bu konular kendi başlarına birer bilim dalı olmuştur. Bunlar; İmalat Yöntemleri, Takım Konstrüksiyonu ve Tezgâh Konstrüksiyonudur. İmalat yöntemleri; mekanik yöntemler ve fiziksel-kimyasal yöntemler olmak üzere ikigrupta incelenmektedir. Bunlardan günümüz teknolojik gelişiminde en önemli olan mekanik imalat yöntemleri iki grupta incelenmektedir. Bunlar;

- Talaşlı İmalat Yöntemi,
- Talaşsızİmalat Yöntemidir [1].

### 1.1. Talaş Kaldırma Mekanığı

Taşlama işlemi, bir talaş kaldırma prosesidir ve bu proste kesici takım tek aşındırıcı tanedir. Bireysel aşındırıcı tane düzensiz şekle sahiptir ve taşın çevresi boyunca rastgele aralıklıdır. Taşlamada, talaş kaldırma mekanizması diğer talaş kaldırma işlemlerinden farklıdır.Aşındırıcı tanenin ortalama talaş açısı yüksek derecede negatiftir, bundan dolayı taşlamada oluşan talaşlar diğer kesme işlemlerinden çok daha fazla deformasyona maruz kalmaktadır.

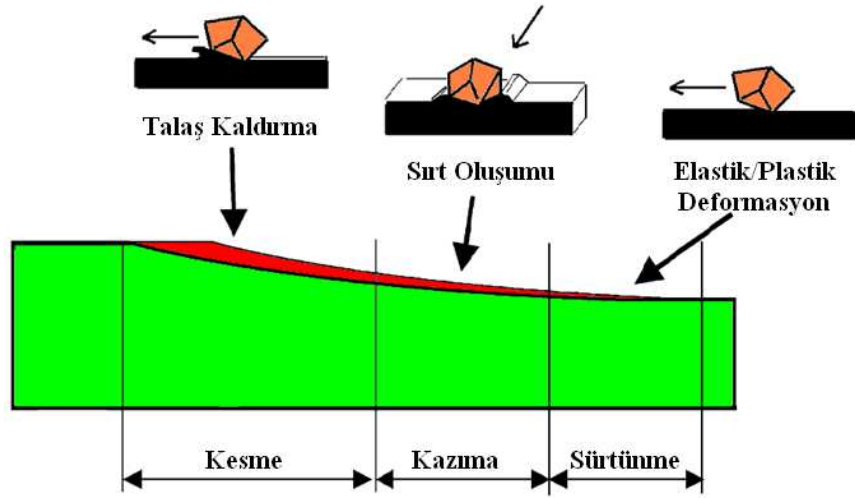
Metallerin taşlanması, taşlama şartları altında iş parçası ve aşındırıcı taneler arasında etkileşime bağlı olarak sürtünme (rubbing), kazıma (plowing) ve kesme (cutting) safhalarını

içeren kompleks talaş kaldırma operasyonudur. Taşlama, pek çok karakteristikle birbirini etkileyen parametrelili çok kompleks talaş kaldırma prosesidir. Burada zımpara taşının taneleri yüksek basınç altında ve yüksek hızda iş parçasıyla birbirini etkilemektedir. İş parçasının aşındırıcı tarafından deformasyonunun sistematik gösterimi Şekil 1.1’de verilmiştir. Zıt yönlü taşlamada iş parçasıyla aşındırıcı tane bir birine geçmiş durumdayken, sistemde elastik deformasyon olduğundan iş parçası yüzeyinde kesme olmaksızın aşındırıcı tane kayar. Bu aşama sürtünme aşamasıdır. Deformasyonun sürtünme durumunda, görünüşte sürtünme olmasına rağmen talaş kaldırma ihmal edilir. Sürtünme, iyi yağlanmış yüzeyle kesme derinliği olmaksızın uzun periyottan sonra düz taş ile finiş taşlama işlemi ya da tipik olarak parlatma işlemidir. Bu şartlar altında, uygulanan normal kuvvetin ölçülebilmesi mümkündür. Sürtünme aşamasında iş parçasına büyük nüfus etmeye sebep olabilecek her bir taneye gelen kuvvet çok küçüktür.

Tane ve iş arasında gerilme elastik sınırı aştığında plastik deformasyon olur. Bu da kazıma aşaması olarak adlandırılır. Aşındırıcı tanenin işe nüfus etmesi arttığında kazıma olur. Kazıma safhasında, kazıma çizgisi açıkça başlar ve kazımanın yanlarında sırt formundadır. Kazıma çizgisi önemli bir şekilde işe nüfus etmenin kanıtıdır. Fakat talaş kaldırma oranı önemsizdir.

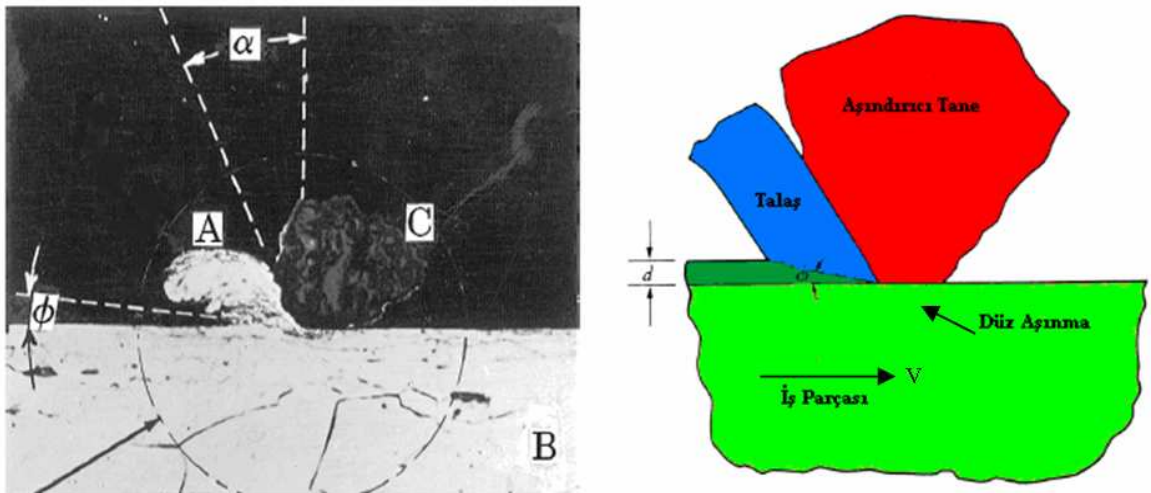
İş parçası malzemesi oluk biçiminde aşındırıcı tane önüne ve yanlara yığılır. İş parçası malzemesi yırtılma gerilmesine tahammül edemediğinde talaş formunu alır. Talaş oluşum aşaması kesme safhasıdır. Aşındırıcı tanenin işe nüfusiyeti daha fazla arttığında, talaş kaldırma hızlı bir şekilde artar ve talaşlar üretilir. Önemli talaş kaldırma olmadan önce gerekli kuvvet eşiği gözlemlenmiştir. Kesme derinliği artışıyla kesme enerjisiyle karşılaştırıldığında, sürtünme ve kazıma enerjilerinin oranları düşer ve spesifik enerji düşer.

Taşlamada enerji üç kısma ayrılır; (i) kayma enerjisi (sürtünme), (ii) kazıma enerjisi ve (iii) talaş oluşum enerjisidir. Enerjinin ısıya dönüşüm yüzdeleri (i) ve (ii) de % 100 ve talaş oluşum esnasında ısıya dönüşme yüzdesi ise % 55 tir.



Şekil 1.1 Taşlama işleminde sürtünme, kazıma ve kesme rejimleri.

Şekil 1.2’de taşlama ile talaş kaldırma mekanizmasının sistematik gösterimi verilmiştir. Burada talaş açısı ( $\alpha$ ), kayma açısı ( $\phi$ ), talaş derinliği ( $d$ ) ve iş parçasının hızı ( $V$ ) ile gösterilmektedir. Tek kesici noktadan farklı olarak taşlama prosesinde şu karakteristiklere sahiptir: (1) kullanılan aşındırıcı tane taş çevresinde rasgele dağılmıştır ve düzensiz şekillidir, (2) aşındırıcı tanenin ortalama talaş açısı son derece negatiftir (altmış derece ya da daha düşük) ve (3) taşlama hızı çok yüksektir (genellikle 30 m/s).



Şekil 1.2 Taşlamada talaş oluşum mekanizması[2].

## 2. TAŞLAMA

Taşlama; kullanılan makine takımlarının sayısına bağlı olarak metallerin işlenmesinde en geniş kullanım alanına sahip tek metottur. Bu yönden ele aldığımızda, hem silindirik yüzeylerin işlenmesinde hem de deliklerin işlenmesinde kullanılabilmesi özelliği ile bazı temel üstünlükleri vardır.

Taşlama bir aşındırma işlemidir. Bu yüzden diğer metal işleme şekillerinin çoğundan farklıdır. Bu işlemler metal kesme şeklindedir. Çünkü kesici alet birbirinden keskin kenarlar yardımıyla metal üzerinden parça kopararak çalışır. Taşlamada ise, aşındırıcı taneler yardımıyla iş parçası üzerinden parça koparılır. Bu taneler düzenli şekle sahip değildir. Birbirine benzemeyen bu aşındırıcı taneler, iş parçasının içine işleyerek birbirine benzeyen parçalar koparırlar.

Metal işleme takımları olarak aşındırıcılar diğer işlemlerde geniş uygulamalara sahiptir. Aşındırma esasına bağlı takımların kullanıldığı tüm metal işleme yöntemleri "Aşındırma Metotları" olarak adlandırılırlar.

Genel aşındırma metotları ve taşlama, modern metal işleme şekillerinin en önemlilerinden biridir. Bu metotlar, imalatta bazı avantajlar sağlamaktadır. Metal işlemedeki bilinen bütün avantajlar karlı değildir. Metodun üstünlüğü, fiyatta karlılık ve işlem (operasyon) zamanı göz önüne alındığında yüksek niteliklerinden dolayı diğer operasyonların iş durumuna göre belli bir üstünlük sağlar[3].

Taşlamacılık, iş parçası yüzeylerinde yüksek ölçü tamlığı ve düşük yüzeypürüzlülüğü sağlaması yönünden endüstride büyük önem taşır. Hassas makine parçalarının üretimi, öncelikle çeşitli takım tezgâhlarında işlenerek belirli bir ölçüye getirilir; sonra tamamlama işlemi olarak, taşlama işlemi yapılarak gerçekleştirilir.

Taşlamanın, endüstriyel üretimde sağladığı üstünlükler şunlardır:

- Yüksek ölçü tamlığı,
- Üstün yüzey kalitesi,
- Sertleştirilmiş parçaların işlenebilmesi,
- Birlikte çalışacak parçaların alıştırılması kolaylığı,
- Diğer takım tezgâhlarında işlenemeyen parçaların işlenebilmesi,
- Üretimde serilik,
- Alet ve takım bileme vb. [4].

Taşılama işlemleri, işin biçimine ve taşla işin bağılı hareketine göre adlandırılır. Bunlar:

1. Silindirik taşılama,
  - a) Dış yüzey,
  - b) İç yüzey,
2. Konik taşılama,
3. Krank taşılama,
4. Puntasız taşılama,
  - a) Dış yüzey,
  - b) İç yüzey,
5. Düzlem taşılama,
6. Dalma taşılama,
  - a) Dış yüzey,
  - b) İç yüzey,
7. Profil taşılama,
  - a) Özel profiller,
  - b) Vida,
  - c) Dişli çark,
8. Elektrokimyasal taşılama,

### 2.1. Silindirik Taşılama

Silindirik, konik, küresel vb. gibi makine parçaları, tornalama işlemleri ile hassas bir şekilde yapılamazlar. Özellikle sertleştirilmiş parçalarda çeşitli çarpılmalar ve şekil değişiklikleri meydana gelir. Bu nedenle, böyle parçalar silindirik taşılama tezgâhlarında toleranslarına uygun olarak işlenirler. Taşlanacak parçaların üzerinde, frezeleme vb. gibi işlemlerin daha önceden bitirilmiş olması gerekir. Buna düzlem taşılamada da uymak şarttır. Çünkü bir parça üzerindeki en son işlem taşılamadır. Taşılama işlemi biten her parça montaj için hazır demektir.

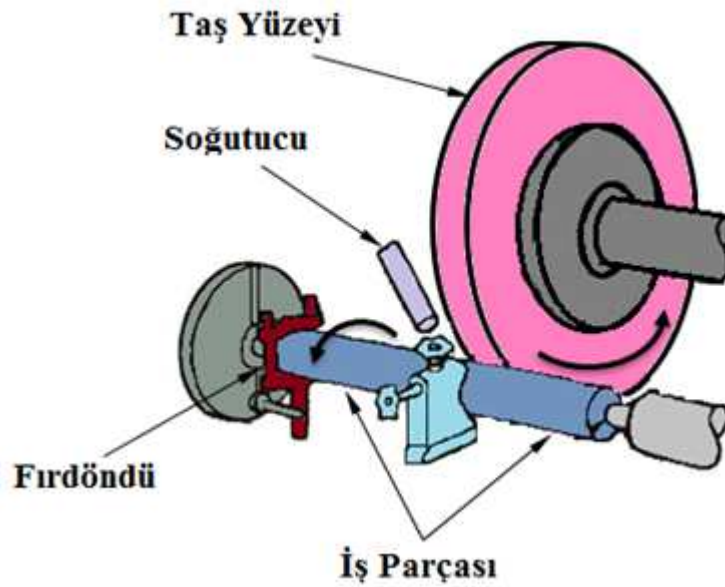
Silindirik taşılama işlemleri genel olarak iki grupta incelenir.

- Silindirik dış yüzey taşılama,
- Silindirik iç yüzey taşılama.

### 2.1.1.Puntalı silindirik dış yüzey taşlama

Silindirik düz veya kademeli miller, konik ve malafa üzerinde taşlanması gereken parçalar, iki punta arasında taşlanırlar. Taşlama konumuna göre iş parçası hareketini punta yuvasına takılan tırnaklı puntadan alır. Her iki konumda da taşlanan iş parçası, iki punta arasına normal baskıda sıkılmalıdır. İki punta arasındaki fazla baskı, işin titreşimli taşlanmasına ve aynı zamanda punta ucunun ve punta yuvasının birbirine kaynamasına neden olabilir. Şayet iki punta arasındaki baskı çok az ise, iş parçası taşın basıncından dolayı eksenini doğrultusunda ileri ve geri kaçacağından yüzey silindirik olarak taşlanamayacaktır [5].

Ayrıca, iş parçasının çapına uygun firdöndü seçilmesi gerekir. Uygun seçilmeyen firdöndü, merkezkaç kuvvetinden dolayı iş parçasının oval taşlanmasına sebep olacaktır. Şekil 2.1’de iş parçasının iki punta arasında silindirik taşlama konumunu göstermektedir.



Şekil 2.1 İki punta arasında silindirik taşlama konumu.

Puntalı taşlamanın en önemli uygulamalarından biri, küçük veya büyük çaptaki millerin üzerinde yatak yüzeyi oluşturmaktır. Bu yüzeyler; yatak elemanı veya sürtünmesiz yataklar için bağlama yüzeyleri olarak görev yapabilirler. Her iki durumda da hassas ölçü, yuvarlaklık, eksenellik ve yüzey kalitesi önemlidir.

Aynı parça üzerinde değişik çaplarda taşlanacak kısımlar olabilir. Bu tip iş parçalarının aynı tezgâhta yapılması mümkündür. Aksi takdirde, sık sık başka bir tezgâha aktarmak gerekir.

Böyle durumlarda, puntalı tip taşlama verimli olur. Çünkü tüm yüzeyler punta deliklerine göredir ve mükemmel eksenellik elde edilebilir.

Değişik uygulamaları ise; tezgâh milleri, otomobil aksları, krank ve kam mili yatakları, kam parçaları, döner kesici takımlar ve çeşitli yuvarlak parçalar üzerinedir [3].

## **2.2. Genel Taşlama İşlemi Hataları**

Taşlama sırasında meydana gelebilecek hatalar, yüzey kalitesi ve işin bozulmasına, işleme zamanının artmasına, iş kazalarına, tezgâh hasarlarına, taş parçalanmalarına ve hatta yaralanmalara neden olabilir. Dolaylı olarak da iş gücü kayıplarına ve iş günükayıplarına neden olmaktadır. Bu ise çok büyük ekonomik kayıplara neden olur. Taşlama taşları ile talaş kaldırma sırasında meydana gelebilecek hataları, aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür [4].

### **2.2.1. Kullanıcı hataları ve teknolojik bilgi hataları**

1. Kesme hızının yanlış hesaplanması,
2. İlerleme hızının yanlış hesaplanması,
3. Talaş derinliğinin fazla verilmesi,
4. Yanlış zımpara taşının kullanılması, (sertlik, birleştirme maddesi ve dokusu, taş genişliği vb.)
5. Taş devir sayısının ve iş devir sayısının uygun seçilmemiş olması,
6. Taşın dengelenmemiş olması,
7. Kurs ayarlarının iyi belirlenmemiş olması,
8. Taşın doğru bilenmemesi,
9. Taşın işe ilk ayarlar sırasında dalması,
10. Soğutmalı veya kuru taşlama yapıp yapılmayacağına dair bilgilerin eksik olması,
11. Taşın, tezgâha montajından kaynaklanan hatalar ve kazalar,
12. Uygun soğutma sıvısının seçilmemiş olması,
13. İş parçasının sağlam bir şekilde bağlanmaması,
14. Uygun olmayan bir taşlama tekniğinin seçilmiş olması,
15. Taşın çevresel hızının iyi hesaplanmamış olması,
16. Fener milinin salgılı dönmesi,
17. Otlamanın olması,
18. Kör taşla çalışma yapılması.

### **2.2.2. Taşlama işleminde, iş parçasından kaynaklanan hatalar**

1. Taşlamaya uygun malzeme profilinin olmaması,
2. Uygun punta deliklerinin açılmamış olması,
3. İş parçasının bağlanmasında kullanılan sistem hataları,
4. İş parçasının çatlak olması.

### **2.2.3. Zımpara taşı imalat hataları**

1. Birleştirici maddeden kaynaklanan hatalar,
2. Pişirme hataları,
3. Taşın çatlak olması,
4. Taşın deliğinin büyük olması,
5. Taşın deliğinin küçük olması,
6. Taşın silindirik üretilmemesi.

### **2.2.4. Otlama**

Taşlama işleminde; taşın yüzeyindeki her noktanın, iş parçasının yüzeyindeki her noktaya, (talaş kaldırma noktasında) dengeli ve eşit olarak taşlama işlemi yapmak esastır.

Zımpara taşı, iş parçasının bir kısmına temas eder talaş kaldırır ve diğer kısmına temas etmesi gerekirken, bir takım nedenlerden dolayı sağlıklı bir şekilde temas edemezse, otlama meydana gelir. Temel olarak taş, iş parçasına talaş kaldırmak için uygun bir şekilde temas etmemiş ve iş parçasının yüzeyinde çizikler oluşturmuştur. Bu ise yüzey kalitesini, olumsuz yönde etkilemektedir.

#### **2.2.4.1. Otlamanın nedenleri**

Otlama, taşlama sırasında meydana gelen istenmeyen bir durumdur. Bu durumun meydana gelmesindeki unsurlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Taş için uygun malzemenin veya malzeme için uygun taşın seçilmemesi,
2. Zımpara taşının milindeki boşluk,
3. Taşın bir sebepten dolayı, salgılı ve titreşimli çalışması,
4. Taş genişliğinin, iş parçasına göre büyük olması,
5. Kesme hızının ve ilerlemenin uygunsuzluğu,
6. Talaş derinliğinin uygunsuzluğu,
7. Taşın körlenmesi,
8. Uygun soğutma sıvısının kullanılmaması,



9. Taşın sert olması,

10. Taş dokusunun (gözeneklerinin) metal tozları ile dolması [1].

Taşlama hataları iş yüzeyinin bozuk çıkmasına neden olur. Bozuk çıkan bir yüzeyde çizgiler, kademeler, kazınma ve yanmalar, cam gibi parlak alanlar vb. kusurlar görülür. Bu durumun çeşitli nedenleri vardır.

Bunların bir kısmı taşlama taşının özellikleri ve kullanım koşulları, kesme ve ilerleme hızları, talaş derinliği, iş tezgâhının yapısal nitelikleri, bağlama, ayarlama, soğutma, iş parçasının biçim ve gereci, taşlamacının bilgi ve beceri düzeyi ile ilgilidir.

İri taneli taşlarla işlenen yüzey kaliteleri kaba olmaktadır. Yüksek ilerleme hızlarında da aynı sonuç elde edilmektedir. Körlenen taşlar yüzeylerde yanma, çizilme, kazınma oluşturmaktadır. İnce taneli taşlama taşı ile yapılan taşlamada istenen kalite sağlanamıyorsa, ya taşın devri yükselttilerek sertlik etkisi artırılmalı ya da işin devri bir miktar azaltılmalıdır. İş yüzeyi çok parlak ve yer yer yanık çıkıyorsa taş körlenmiş demektir. Normal bir körlenme değilse, ya taşın devri düşürülüp yumuşak etki yapması sağlanmalı ya da iş devri artırılmalıdır. Yüzey bozukluğu taşın dengesizliğinden, çap küçülmesinden de ileri gelebilir.

Bunların yanı sıra, tezgâhın iyi dengelenmemesi; işin iyi bağlanıp ayarlanmaması; tezgâhta fazla titreşim olması; kızak ve yataklarda aşınma nedeniyle boşlukların artması; işin çok ince olması; taşın uygun bilenmemesi; soğutma sıvısının pis ve yetersiz hale gelmesi; malzeme özelliklerine uygun taş seçilmemesi gibi faktörler de taşlama hatalarına neden olabilir.

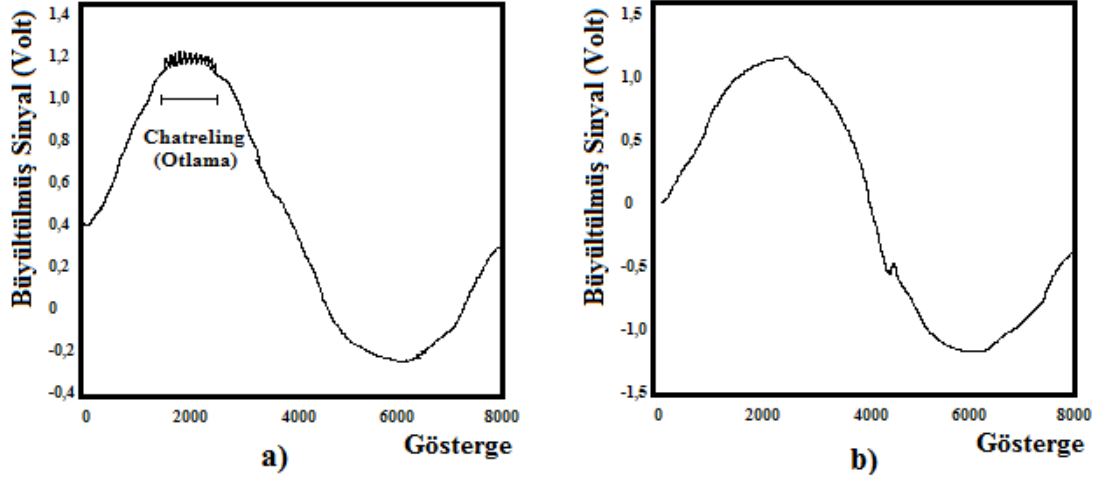
Pirinç, bronz, alüminyum gibi yumuşak malzemelerin taşlanmasında, çok küçük gözenekli ya da çok sert taş kullanıldığında veya iş parçası çok yavaş döndüğünde, taşlama taşında sıvanmalar görülür. Sıvanmayı önlemek için büyük gözenekli taş seçilerek işin devri artırılmalıdır.

#### **2.2.4.2. Taşlama işleminde otlamanın gerçekleşmesi**

Brambila ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada; Silindirik malzemelerde, taşlama işlemi sonucunda otlamanın meydana gelmesi durumunda, otlama olayının meydana geldiği konum ve zamanı grafiksel çıktı olarak haber verebilen bir cihaz geliştirmişlerdir. Bu uygulamayı, zaman- frekans analizi yardımıyla yapmışlardır. Otlamayı yüzey dalgalılığı bilgisinden karakterize eden, sonuçlarla bu çıktıya ulaşmışlardır.

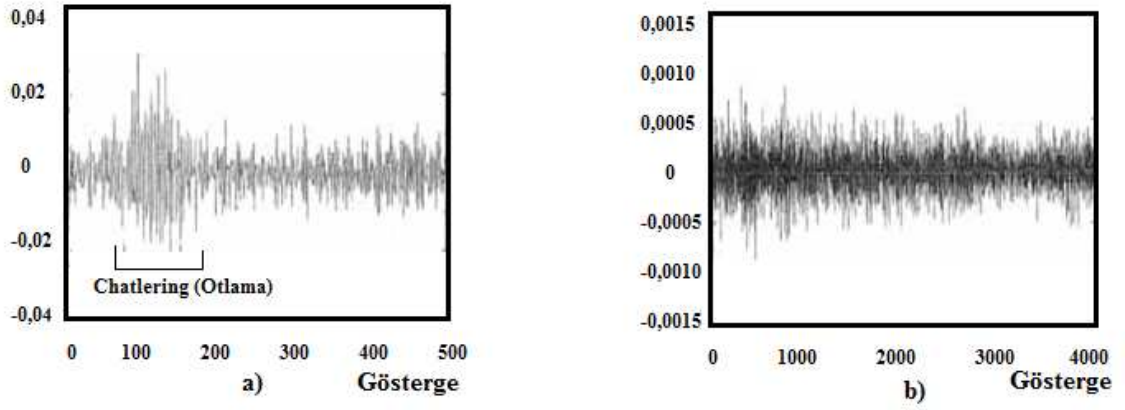
Wavelet Transform yönteminde bu cihazla, silindirik parçaların taşlanması sırasında otlamanın olup olmadığı net bir biçimde gözlenmektedir. Otlamanın olup olmadığını belirlemek

için iki temel süreç izlenmiştir. Birincisi; görsel bir incelemedir ve sadece kuvvetli otlama olayını tanımlamadan ibarettir. İkincisi ise; malzeme üzerine yansıtılan bir lazer ışığından oluşmaktadır. Güçlü veya zayıf bir otlamayı beyaz bir ekran üzerine yansıtan koyu çizgiler olarak gösterir. Şekil 2.2. (a) ve (b) de bu durum görülmektedir.



**Şekil 2.2** Taşlama işleminde otlama olayının meydana gelmesi:  
a) Otlama sinyalinin meydana geldiği taşlama,  
b) Otlama sinyalinin meydana gelmediği taşlama.

Wavelet Transform, otlamadan meydana gelen iş parçası yüzeyindeki izole edilmiş titreşim izlerini bulabilir. Hatta iş parçası üzerinde bunların yerlerini gösterebilir. İş parçasının yüzey kalitesini belirlemek için ise, iş parçasının bir kez dönme işleminde bulunması yeterli olacaktır. Elektronik cihazlar ve elmas uçlu iğne algılayıcı tarafından, grafiksel çıktılarda almak mümkündür. Şekil 2.3. (a) ve (b) de görülmektedir. Belirli skalalar da değerler grafiksel olarak da elde edilebilmektedir. Belirli ölçüde birleşen, veri analizi ölçüm araçlarının gelişmesi açısından ve yüzey kalitesi belirlemede önemli bir adımdır.



**Şekil 2.3**Taşlama işleminde otlama olayının grafiksel çıktısı:

a) Otlamanın olduğu taşlamanın grafiği

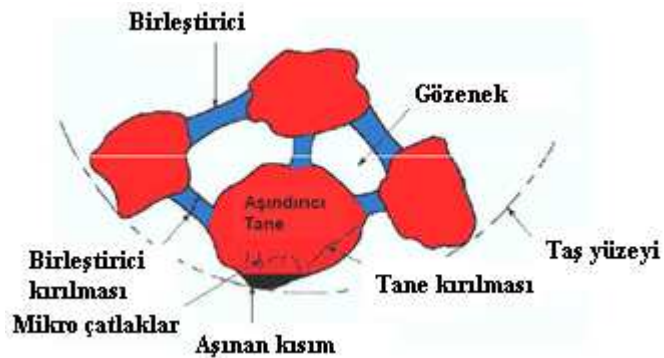
b) Otlamanın olmadığı taşlamanın grafiği [4].

### 3.ZIMPARATAŞLARI

Yapılacak işe en uygun zımpara taşını seçmek, verimli ve ekonomik bir taşlama yapabilmek için planlamanın en önemli basamağıdır, birçok taş çeşidinin bulunması açısından doğru taşı seçme işlemi oldukça zordur. Çünkü her birinin ayrı ayrı karakteristikleri vardır. Bu seçme işlemleri için değişik amaçlı tablolar geliştirilmiştir, özel ve zor uygulamalar için taşın imalatçısıyla birlikte bir karara varmak en iyisidir. Bunun yanında mevcut yenilikleri takip etmekte gerekmektedir.

Kesme sırasında körelen taneler yerlerinden koparak ayrılır. Taneleri kolayca kopan taşlar yumuşak, zor kopanlar ise sert taşlardır. Taş seçiminde, taşın sertliği, malzemenin cinsine ve biçimine göre belirlenir. Genellikle sert malzemeler için yumuşak; biçimli yüzeyler için, aynı malzemeden yapılmış profilsiz parçalara kıyasla yumuşak taşlar seçilir. Pirinç, alüminyum ve bakır alaşımları gibi yağ tutma özelliği olan ve benzeri yumuşak malzemelerin taşlanmasında iri taneli ve seyrek dokulu taşlar kullanılır.

Taşlamada, kaba yüzey kalitesi için seyrek, ince yüzey kalitesi için de sık dokulu taşlar kullanılmalıdır. Körlenmiş taşlarla işlem yapılmamalıdır. Bu tür taşlarla istenen ölçü tamlığı ve yüzey kalitesi sağlanamaz. Kaba taneli taşların iş yüzeyine basıncı, ince taneli taşa göre daha fazladır. Bu yüzden kesme alanında ısı artar; taşın dokuları çabuk dolar; körlenen tanelerin dökülmeleri ve kesme zorlaşır. Körlenen taşların yüzeyinde parlaklık ve kayganlık görülür. Şekil 3.1’de zımpara taşının fiziksel modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Zımpara taşının fiziksel modeli [6].

### 3.1. Aşındırıcı Malzemeler

İdeal aşındırıcı tane, aşınmaya karşı azami direnç göstermeli, fakat tamamen körülenmeden önce kırılabilme özelliğine sahip olmalıdır. Her aşındırıcı cinsinin kristal yapısı ve kırılabilme karakteristiği taşılayacağı malzemeye uygunluğunu belirler [2].

#### 3.1.1. Doğal zımpara taşları

Doğal zımpara taşları veya aşındırıcılar, doğadan olduğu gibi elde edilmekte ve bugün dahi başarı ile kullanılmaktadır. Bilinen en çok doğal aşındırıcılar;

1. Doğal korund (Corundum),
2. Kuvars,
3. Doğal elmas,
4. Diğer doğal zımpara taşları.

Bu doğal aşındırıcılar, bünyelerindeki değişik karakterdeki karışımlardan dolayı, taşlamada düzensizlik gösterirler. Günümüzdeki kullanımları oldukça sınırlıdır. Elmas, mineral karışımlardan az miktarda elde edilir ve karbonun kristal şeklidir. Bilinen en sert maddedir ve bundan yapılmış taşlar seramik, cam, kaya ve sert madenleri işlemede kullanılmaktadır.

#### 3.1.2. Yapay zımpara taşları

1891 yıllarında, Dr. Edward Acheson 'ın kendi araştırmaları ve yaptığı deneyler sonucu, toz halindeki kok ile kili belli oranlarda karıştırarak küçük bir elektrik fırınında bu iki maddenin birleşmesini sağlamıştır. Elde edilen bileşik maddenin kristalleri elmas sertliğinde olduğu için o güne kadar bilinmeyen bir aşındırıcı maddenin elde edilmesini ortaya koymuştur. Ayrıca bu karışımın özünden göz alıcı parlaklıktaki birkaç silisyum karpit kristallerini de tespit etmiştir.

Bundan sonra yapay zımpara taşı yapımında büyük aşamalar yapılmış ve bugüne kadar pek çok çeşitleri endüstri alanında uygulamaya konulmuştur. Başlıcaları;

1. Silisyum karpit (karborundum),
2. Alüminyum oksit (korund),
  - a) Saf korund,
  - b) Yarı saf korund,
  - c) Normal korund,
  - d) Siyah korund,
3. Elmas zımpara taşları,
4. Bornitrit (borazon) zımpara taşları,

5. Diğer yapay zımpara taşları,
- a) Berilyum oksit zımpara taşları,
  - b) Bor karpit zımpara taşları,

Aşındırıcı malzemelerin en önemli özellikleri ise sertlikleridir. Aşındırıcı malzemenin sertlik derecesi, taşın kesme kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Bunun yanı sıra kesme sırasında, dayanabileceği sıcaklık derecesi de diğer önemli unsurdur. Çizelge 3.1’de bazı aşındırıcı malzemelerin sertlik dereceleri ve dayanabildiği sıcaklık dereceleri görülmektedir.

**Çizelge 3.1** Aşındırıcı malzemelerin sertlik dereceleri.

Aşındırıcının cinsi	Mikro sertliği kg/mm <sup>2</sup>	Dayanabildiği sıcaklık derecesi, C°
Elmas	10000	700-800
Borazon	9600	1200
Bor karpit	3700-5000	700-800
Silisyum karpit	3300-3600	1300-1400
Alüminyum oksit	2000-2300	1700-1800

### 3.2. Tane Büyüklüğü ve Ölçüsü

Zımpara taşlarını oluşturan değişik ölçü ve biçimdeki aşındırıcı tanelerden her birine tane ve bu tanelerin boyutlarını belirleyen değerlere de ölçü denir. Tane büyüklüğü; bir elekte, 1" (inç) uzunluğundaki kare delik sayısı ile belirlenir. Tane büyüklüğünün seçimi; taşlama çeşidine, taşlanan malzemeye, kaldırılacak talaş miktarına ve istenilen yüzey kalitesine bağlıdır. Yumuşak malzemeler kaba taneli taşlarla işlenirler. Ortataneler, talaş kaldırma ve bitirme işlemlerinde kullanılır. Sert malzemeler ve bitirme işlemlerinde ince taneli, form taşlama işlemlerinde ise daha ince taneli taşlar kullanılır. Kaba 8-24, orta 30-60, ince 70-180 ve çok ince 220-600 taneler arasında değişir (Çizelge 3.2).

Birçok faktörler yüzey kalitesini etkiler. Taşın bilenme metodu, birleştirme maddesinin cinsi, taşın sertliği ve talaş kaldırma oranı, tane büyüklüğünden başka yüzey kalitesinde etken olan sebeplerdir [3].

**Çizelge 3.2**Aşındırıcı tane büyüklüğünün sınıflandırılması.

<b>Kaba</b>	<b>Orta</b>	<b>İnce</b>	<b>Çok İnce</b>
8	30	70	220
10	36	80	240
12	46	90	280
14	54	100	320
16	60	120	400
20		150	500
24		180	600

Aşındırıcı tanenin büyüklüğü, finiş yüzeyi ve talaş kaldırma oranını belirlediği için önemli bir parametredir. Büyük tanelerle fazla miktarda talaş kaldırırken, ufak tanelerle genellikle daha iyi finiş yüzey elde edilir. Taşlamada kullanılan tane büyüklüğü genellikle 8 (çok kaba) ile 250 (çok ince) arasındadır. Bu değerler tane çapının 2.6 mm ile 0.04 mm ye karşılık gelmektedir [2].

### **3.3. Zımpara Taşlarını Oluşturan Aşındırıcı Tanelerin Birleştirilmesi**

Birleştirme maddelerinin kullanılmasının nedeni, tanelerin istenilen şekilde bir arada tutulmasıdır. Aşındırıcı taneler kullanıldıkça ve aşındırıcı birleştirme maddeleri çözülür ve işe yaramaz aşındırıcı tanelerin ya kırılmalarını veya sökülmesini sağlar, dökülen tanelerin yerine yeni tanelerin geçmesine neden olur. Birleştirme araçları genellikle iki ana gruba ayrılmaktadır:

1. İnorganik birleştirme araçları,
2. Organik birleştirme araçları.

Birleştirme araçları genellikle sembollerle belirtilir. Çizelge 3.3'de, birleştirme araçlarının ve değişik standartlara göre sembolleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.3** Birleştirme malzemelerinin adları ve TSE ile DIN standartlarında sembolleri.

Birleştirme Malzemesinin Cinsi	Standartlar	
	TSE	DIN
İnorganik birleştirme malzemeleri		
a. Seramik birleştirme malzemesi	V	Ke
b. Silikat birleştirme malzemesi	S	Si
c. Oksi-klorit (Magnezit) birleştirme malzemesi	Mg – (O)	Mg
Organik birleştirme malzemeleri		
a. Bakalit	B – (Ba)	Ba
b. Kauçuk	R	Gu
c. Şellak	E	Nh
d. Güçlendirilmiş bakalit	BF	BF
e. Güçlendirilmiş kauçuk	RF	RF

### 3.3.1. İnorganik birleştirme malzemeleri

İnorganik birleştirme malzemelerinin çeşitlerini şu başlıklar altında sıralayabiliriz.

#### 3.3.1.1. Seramik birleştirme maddesi

Seramik birleştirme maddesini Feldspat ve kil teşkil etmektedir. Taşlama taşlarının günümüzde en çok kullanılan şekilleri seramik birleştirmeli taşlardır. Bunlar dayanıklı ve güçlüdürler. Yüksek sıcaklıklara karşı mukavemetlidirler. Fazla talaş kaldıracırlar ve düzgün yüzey kalitesi elde etmede kullanılırlar. Seramik birleştirme maddeleri sudan yağdan ve normal ısı koşullarından etkilenmezler. Çarpmaya karşı dayanıksızdırlar. Fakat yüksek sıcaklıklarda çalışılabilir.

#### 3.3.1.2. Silikat birleştirme maddesi

Kullanım alanları sınırlıdır. Özellikle ısı açığa çıkan taşlama işlemlerinde kullanımı minimuma indirilir.

#### 3.3.1.3. Oksiklorit birleştirme maddesi

Temel maddesi magnezyum oksit ve magnezyum klorittir. Taşlama taşlarında oldukça sınırlı kullanıma sahiptir. Özellikle disk taşlarda kullanılmaktadır. Birçok kuru taşlama işlemlerinde kullanılır.



### **3.3.2. Organik birleştirme malzemeleri**

Organik birleştirme malzemelerinin çeşitlerini şu başlıklar altında sıralayabiliriz.

#### **3.3.2.1. Bakalit birleştirme maddesi**

Bakalit (B) ve g¼c¼lendirilmiř bakalit (BF), y¼ksek sertlikte ve elastikiyette birleştirme maddesidir. Y¼ksek kesme hızı ile çalışmaya uygun ve çok kullanılan bir birleştirme maddesidir.

#### **3.3.2.2. Kauçuk birleştirme maddesi**

Kauçuk (R) ve g¼c¼lendirilmiř kauçuk (RF), y¼ksek hızda kuru ve ıslak taşlamaya uygun birleştirme maddesidir. Isıya duyarlı, ince ve profilli y¼zeylerin taşlanması için kullanılır. Ancak taşlama g¼c¼ d¼ř¼kt¼r.

#### **3.3.2.3. Şellak birleştirme maddesi**

Bir organik birleştirme maddesi olan Şellak, yuvarlak malzemelerde y¼ksek y¼zey kalitesi elde etmede, kesici alet bilemede kullanılır.

### **3.4. Zımpara Taşlarının Renkleri**

Zımpara taşı imalatçıları, taşların ¼l¼ ve biçimlerinde olduğu gibi renklerinde de belirli standartlar belirlemişlerdir. Zımpara taşlarını y¼zerine, cinslerini belirlemek amacı ile renk etiketleri yapıştırılır. Etiket renkleri, taşın cinsine g¼re değişmektedir. Taşın rengi ile etiket rengi farklı Őeylerdir. Birde taşların Şerit renkleri vardır.

#### **3.4.1. Taşların etiket renkleri**

Zımpara taşları standartlarında taşların y¼zerine renkli etiket yapıştırılır, amaç taşın cinsini belirlemektir. Etiket renkleri taşın cinsini açıklayan bir anlama sahiptir. Çizelge 3.4 'te zımpara taşlarının renkleri, taşın cinsi, etiket rengi, dayanabileceği sıcaklık, TS ve DIN standartları ile ifadesi g¼sterilmiřtir.

**Çizelge 3.4**Zımpara taşlarının renkleri (TS 291, DIN 69100).

Taşların Cinsi	DIN 69100	TS 291	Taş Rengi	Etiket Rengi	Dayanabileceği Sıcaklık °C
Doğal Korund	KO		Sarı		
Saf Korund	EK		Beyaz ve Gülpembe	Kırmızı	1700-1800
Yarı Saf Korund	HK		Sarı-K.rengi	Sarı	
Normal Korund	NK	A	Gri ve K.rengi	K.rengi	
Siyah Korund	KS		Siyah, Koyu K.rengi		
Silisyum Karpit	SİC		Açık yeşil, Siyah	Yeşil	1300-1400
Silisyum Karpit	SİCg	C	Yeşil		
Bor Karpit	B <sub>4</sub> C		Siyah ve Gri		700-800
Borazon	CBN		Mor		
Berilyum Oksit	BeO		Beyaz ve Gri		
Elmas	SD		Sarı, Mavi, Yeşil, Siyah		700-800
Zırhlandırılmış Elmas	ASD		Sarı, Mavi, Yeşil, Siyah		

### 3.4.2. Taşların şerit renkleri

Günümüzde üretilen taşlarda, taşların birleştirme maddelerine göre ve yüksek çevrehızlarına göre taşların etiketleri üzerinde şeritler kullanılır. Birleştirme maddesi içerisinde, kurşunlu sentetik reçine vb. sağlığa zararlı maddeler varsa, taş üzerine üçgen biçimli uyarıcı etiket yapıştırılır. Günümüzde kullanılan zımpara taşlarında, kullanılan renkli şeritleri aşağıdaki gibidir.

1. Mineral birleştirme maddeli taşlarda, sol üstten sağ aşağıya doğru 15 mm genişliğinde diyagonal beyaz şerit kullanılır.
2. Yüksek kesme hızında çalışabilecek taşlar için sağ üstten sol aşağıya doğru 15 mm genişliğinde diyagonal şerit kullanılır.

**Mavi renk:** 45 m/s kesme hızı için,

**Sarı renk:** 60 m/s kesme hızı için,

**Kırmızı renk:** 80 m/s kesme hızı için,

**Yeşil renk:** 100 m/s kesme hızı için,

### 3.5. Taşın Sertliği

Zımpara taşlarını oluşturan tanelerin taş üzerinden sökülebilmeye özelliğine veya taneleri birleştiren birleştiricinin taneleri bırakıp bırakmama özelliğine göre tanelerin birbirlerine olan bağlantı kuvvetine "sertlik" denir. Taşın sertliği, taşlama taşındaki birleştirme maddesinin miktarı ile ilgilidir. Birleştirme maddesi ne kadar artarsa taşın sertliği de o kadar artar. Bazı mühendisler sert olan taşları uzun ömürlerinden dolayı yanlış bir kanıya vararak daha ekonomik olarak belirtirler. Gerçekte taşın kalitesi taşın ömrü ile ilgili değil, verimliliği ile ilgilidir. Sert taşlar, yumuşak malzemelerden fazla talaş kaldırmak için kullanılır. Ayrıca birçok operasyonlarda da kullanılabilir.

Yumuşak taşlar, fazla temasla sert malzemelerden düşük oranda talaş kaldırmak için kullanılır. Bu şekilde, taşın aşınması ile gerekli olan keskin taneler açığa çıkar ve ısıya hassas malzemelerde metalürjiktahribi minimuma indirir[3].

Sertlik değeri soldan sağa doğru artmaktadır. A harfi en yumuşak zımpara taşını temsil ederken, Z harfi en sert zımpara taşını temsil etmektedir.



Şekil 3.2 Zımpara taşı sertlik skalası[2].

#### Yumuşak Taş Karakteristikleri

Ufalanabilme: Bu özelliği taşın daha ekonomik derecelere sahip olmasını sağlar. Taşın sertliği, sert olduğu gözlenene kadar bir derece arttırılır. Bu durumda, taşın en son halinden bir önceki durumu en ekonomik durumudur.

Yüzey kalitesinin zamanla katılaşması: Taş bilindikten sonra istenilen yüzey kalitesi elde edilebilir. Fakat zamanla yeni taneler düşerek bozulur.

Serbest kesme: Yumuşak taşın körelmesi az bir ihtimaldir. Böylece kesme işlemine ara verilmez.

Hızlı kıvılcım çıkması olayı: Serbest kesen taş kesme basıncının düşük olmasından dolayı kıvılcım çıkarır. Böylece tezgâhın etkilenmesi düşük olur.

Taşlamada oluşan çizgiler: Çizgilerin arasındaki mesafe fazla ise yüzey kalitesi kötüdür. Bu çizgiler kesme işlemini yapan taşın, metalle fazla temasından dolayı meydana gelir. Bu iş ve taş hızı ile kontrol edilebilir.

Taşın ölçüsünü kontrol etme zorluğu: Taş tanelerini hızla kaybederken aynı oranda çapı da değişir. Tane boyutları ne kadar kaba olursa, taş çapından o kadar kaybeder.

Tanenin işi çizmesi: Taştan kopan taneler taşlama sırasında yuvarlanırken, taşlama yüzeyinden daha derin bir iz meydana getirirler. Bir derece daha sert taş bunu ortadan kaldırır. Bazı durumda kirli sıvılar bunun nedeni olabilir.

### **Sert Taşların Özellikleri**

Kıvılcım çıkmaması: Silindirik taşlama tezgâhında paso durdurulup taşa kestirme olayı devam ettirildiğinde, tezgâh elemanlarındaki sapmadan dolayı(yüksek basınçtan)sert taş kesmeye devam eder.

İşin ölçü sorunu: Kıvılcımın az çıkmasından dolayı işin ölçüye getirilmesi zordur. Fazla kesme basıncından dolayıtezgâhın ölçüye gelmesi zor olur. Verilen paso miktarı gerçekte kaldırılan paso miktarından fazladır.

Isı kontrolü: Isı kontrolü sert ve düzgün taşlarda oluşur ve taşlama çatlakları olarak adlandırılır. Birçok durumlarda taşlar tamamen kusursuz değildir. Çünkü taşın dizaynı,metalürjik yapısıiş parçasının ısı işlemleri, buna ilaveten taşlama sıvısının tipi ve kullanımı bu problemin oluşmasında önemli bir etkidir.

Taşın körlenmesi:Taş taneleri düzleşir. Taşlama esnasındaki kesme basıncının yetersizliğinden dolayı sökülemez ve kör tane şeklinde taşın yüzeyinde kalır.

Taşın gözeneklerinin dolması: Taşlama anında, taşlanan malzemenin talaşı, taşın yüzeyine kaynar ve böylece yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur. Bu durum 55 Rc üzerindeki malzemelerde görülmez. Fakat yumuşak malzemeler de iyi yüzey kalitesi elde etmek işleminde ortaya çıkar. Bu sıvanmanın çok düzgün olduğu durumlarda, taştanesinin kopması güçleşir. Düzgün taneye sahip taşlarda bu olay çok görülür. Çünkü fazla ısı oluştururlar. Bu ısı kaynamayı kolaylaştırır.

Yanma: Taşın körlenmiş olmasından dolayı iş parçası ile taş arasında sürtünme oluşur ve taşlanan malzemenin oksitlenmesine kâfi gelecek bir sürtünme ile yüksek sıcaklıklara ulaşır. Körlenmiş taşın iş parçası ile temas yüzeyi fazladır. Bu ıyı artırır. Düzgün taneli taşlar aynı nedenlerden dolayı yumuşak davranabilmelerine rağmen yanma oluştururlar.

Aşırı ses çıkması: Sert taşlar bazı durumlarda aşırı rahatsız edici sesler çıkarırlar. Budurum, normal taşlamada şaşkınlıkla karşılanmamalıdır.

Sert kesme olmaması: Kesme işlemi yavaştır ve işle taş arasındaki basınç yüksektir.

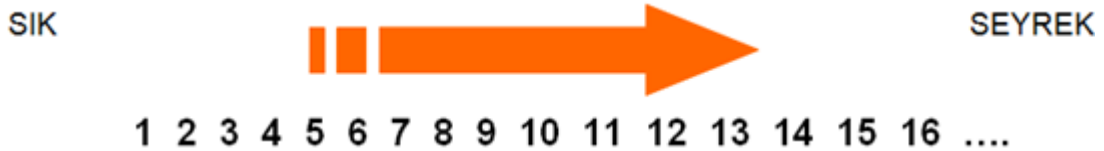
Taş dengesi: Sert taşlarda fazla basınç ve ısıdan dolayı iş bozulur ve taşın istenilen şekilde çalışmasını engeller.

Yüzey kalitesinin gittikçe iyileşmesi: Taş körlendikçe yüzey kalitesi gittikçe iyileşir (Sıvama olmadığı durumda). Fakat kesme oranı yavaşlar.

Taşlamada oluşan çizgiler: Sert taş genellikle düzgün ve yakın aralıklı çizgiler oluşturur. Yüzey kalitesi arttıkça çizgiler oluşturur. Yüzey kalitesi arttıkça çizgiler daha kesin ve yakındırlar[3].

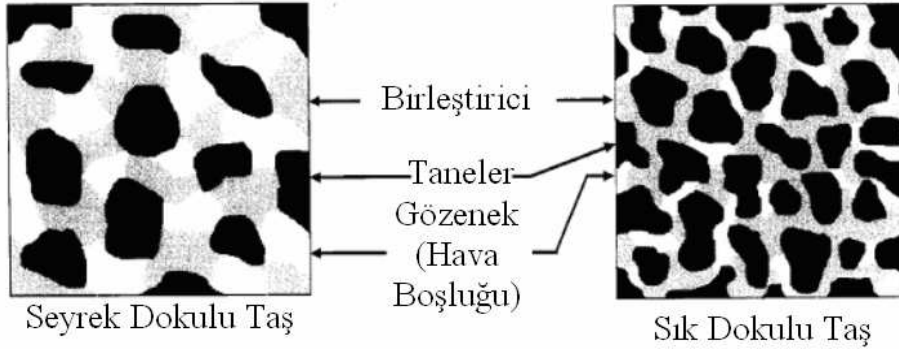
### 3.6. Taş Yapısı

Aşındırıcı taneler birleştirme maddesi ile birlikte preslenerek biçimlendirilmesi sırasında, presleme kuvvetine göre tanelerin birbirine olan uzaklığı farklı şekillenir. Bu uzaklıkla ilgili olarak, taşın yapısında gözenekler meydana gelir. Bu gözeneklerin büyüklüğü kaldırılacak talaş hacmini ve talaş tahliyesini etkiler. En sık doku 1 ile tanımlanırken, en seyrek doku da 20 rakamı ile ifade edilir. Şekil 3.3'de zımpara taş yapısının skalası gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Zımpara taş yapısının skalası.

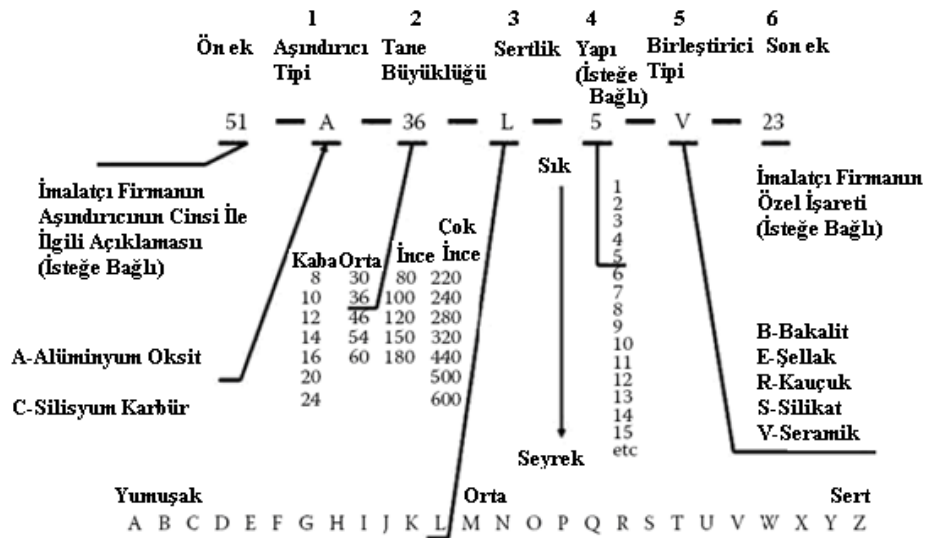
Şekil 3.4 seyrek dokulu taş ve sık dokulu taş arasındaki farklılığı göstermektedir. Sıkı dokulu taşta daha fazla tane ve daha küçük hava boşluğu varken seyrek dokulu taşta daha az tane ve daha büyük hava boşluğu vardır. Finit yüzey ve boyutsal kontrolün önemli olduğu yüzeylerde sık dokulu taş tercih edilirken, talaşın temizlenmesi önemli olduğu yerlerde seyrek dokulu taş tercih edilir. Daha büyük sayı daha az aşındırıcı taneyi ya da daha açık taşı temsil etmektedir.



Şekil 3.4 Seyrek ve sık dokulu taş yapıları.

### 3.7. Zımpara Taşlarının Markalanması

American National Standards Institute (ANSI) tarafından tanımlanmış bir standart markalama sistemi (ANSI Standart B74.13-1977) tüm imalatçılar tarafından kullanılmaktadır. Bu markalama sistemi harflerle ve rakamlarla ifade edilmektedir. Şekil 3.5’de standart bir markalama sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Standart markalama sistemi (ANSI Standart B74.13-1977)[2].

Zımpara taşı üzerindeki harf ve rakamların anlamları Şekil 3.6’da verilmiştir.



- 1- Aşındırıcı türü
- 2- Tane büyüklüğü
- 3- Sertlik
- 4- Doku
- 5- Bağlayıcı türü
- 6- Taş çapı
- 7- Taş yüzey genişliği
- 8- Flanş çapı

Şekil 3.6 Zımpara taşı üzerindeki harf ve rakamların anlamları.

### 3.8. Zımpara Taşlarının Seçimi

Zımpara taşının seçiminde birçok unsur önemli rol oynamaktadır. Ancak en önemlisi; taşlanacak malzemenin özelliğidir. Bu malzemenin özelliği, taş seçiminde esastır. Seçilen zımpara taşı, taneleri körelene kadar görev yapmalı, körlendiğinde dökülebilmeli ve yeni kesiciler çıkmalıdır. Taş seçiminde genel olarak aşağıdaki hususlar göz önünde bulunmalıdır.

#### 1- Taşlanacak malzemenin cinsi ve özellikleri:

- Malzemenin alaşım olup olmadığı ve sertlik derecesi,
- Malzemeye uygulanmış diğer işlemler ve özellikler.

#### 2- Taşlanacak parçanın sayısı, biçimi ve boyutsal ölçüleri:

- Parça sayısı,
- Parçanın boyutsal ölçüleri,
- Parçaya, varsa uygulanması gereken işlemler ve biçimleri,
- Parçada bırakılan taşlama payı miktarı,
- Düz, kademeli silindirik veya dar yüzeyli oluşu.

### 3- Taşlama işleminin cinsi ve özellikleri:

Silindirik iç ve dış yüzey taşlama, konik taşlama, düzlem yüzey taşlama, çeşitli aletlerinbilenmesi, profiltaşlama, v.b. diğer özel taşlama işlemleri,

- Taşlama işleminin kuru veya ıslak oluşu,
- Taşlanan yüzeyin kalitesi,
- Kaba ve ince (hassas) taşlama,
- Elle veya otomatik taşlama,
- Taşlama süresi.

### 4- Taşlama tezgâhının cinsi ve özellikleri:

- Üretim ve eğitim sistemine göre basit, yarı otomatik veya otomatik taşlama tezgâhları,
- Taşlanacak parçanın boyutları ve ağırlığı,
- Tezgâhın yıpranma durumu ve verimi,
- Taşlama işlemindetalaşderinliği ve miktarı,
- Soğutma sıvısı cinsi, özellikleri ve debisi.

### 5- Zımpara taşının cinsi ve özellikleri:

- Taşın cinsi ve tane büyüklüğü,
- Birleştirme maddesinin cinsi ve özellikleri,
- Taşın sertliği ve dokusu,
- Taşın biçimi,
- Taşın taşlama yüzeyi,
- Taşın boyutsal ölçüleri ve uygunluğu,
- Taşın bilenmesinde kullanılması gereken bileme aletinin biçimi ve cinsi.

Yukarıdaki unsurları göz önünde bulundurarak aşağıdaki maddeler açıklanabilir;

1- Zımpara taşının cinsine göre seçim: Sert maden, hafif madenler ve pres maddeleri için korund zımpara taşları seçilir.

2- Zımpara taşının sertliğine göre seçim: Sert malzemeler için yumuşaktaş; yumuşakmalzemeler için sert taş seçilmelidir. Aksi halde sert malzeme için sert taş seçilirse, tanelerkolay dökülmez ve taş çabuk körlenir. Ancak bakır ve pirinç gibi



yapışkanmetaller için bu özellik geçerli değildir. Bakır ve pirinç taşlamak için bitkisel birleştirme maddeli yumuşaktaş seçilmelidir.

**3-** Zımpara taşının dokusuna göre seçim: Sert malzemelerin kaba olarak taşlanması için seyrek dokulu; ince taşlamalar için sık dokulu taşlar seçilir.

**4-** Taşın tane büyüklüğüne göre seçim: Yumuşak malzemeler için kalın (iri) taneli; sert malzemeler için ince taneli taşlar seçilir [1].

## 4. YÜZEY KALİTESİ

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ) gereksinimi yaklaşık olarak  $1.6\mu\text{m}$ 'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayımla yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir [7].

### 4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarında bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısıl faktörlerin ve kesici-iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir [8].

İmalatı yapılan iş parçasının yüzey pürüzlülüğü, elemanların yataklama ve aşınma özelliklerinin incelenmesi ile malzeme yorulması için son derece önemli olduğu yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Yüzey kalitesinin değerlendirilmesi ve matematiksel büyüklüklere (parametrelere) çevrilmesi için pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi gerekir. Pürüzlülük ölçümlerinin değerlendirmek amacıyla ölçülen profil pürüzlülük, form ve dalgalılık sapmaları birbirinden ayrılır [4].

Profilometre ve Brush surface analyzer yüzey kalitesi ölçümünde kullanılan iki alettir. Ölçüm, aletlerin elmas ucunun pürüzlülüğü ölçülen yüzeye paralel değiştirilmesi ve yüzey üzerinde aşağı-yukarı hareket ettirilmesiyle yapılır. Elmasın hareketi alet içinde bulunan bobinin magnetik bir alan içinde hareketine neden olur ve bu da değişken bir voltaj meydana getirir. Bu voltaj amplifike edilerek pürüzlülüğün belirlenmesinde ve kaydedilmesinde kullanılır. Mikroinç veya mikrometre cinsinden ölçüm yapmak mümkündür. Bu aletler ile  $R_a$  (ortalama pürüzlülük),  $R_q$  (kareler ortalaması ve karekök sapması),  $R_z$  (ortalama pürüzlülük derinliği),  $R_y$  (düzleme derinliği) ve  $S_m$  gibi pürüzlülük parametreleri ölçülebilir [15].

Birçok makinenin performansını artırmak için daha hassas işlenmiş yüzeyler gerekir. Bu amaçla, istenen yüzey kalitesinin elde edilmesinde esas alınacak standart yüzey pürüzlülük değeri

belirlenir ve bu değer resim üzerinde bir sembol ile gösterilir. Pürüzlülük değerleri, sınıf ve numaraları TS 2040 ile standartlaştırılmıştır(Çizelge 4.1) [9].

**Çizelge 4.1** Pürüzlülük değerleri ve sınıf numaraları.

Pürüzlülük Değeri ( $R_a$ )		Pürüzlülük Sınıfı Numarası (N)
$\mu\text{m}$	$\mu\text{inç}$	
50	2000	N12
25	1000	N11
12.5	500	N10
6.3	250	N9
3.2	125	N8
1.6	63	N7
0.8	32	N6
0.4	16	N5
0.2	8	N4
0.1	4	N3
0.05	2	N2
0.025	1	N1

#### 4.1.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

- Sürtünmeli yataklar,
- Korozyon ortamında çalışan parçalar,
- Yuvarlanmalı yataklar,
- Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
- Sızdırmazlık yüzeyleri,
- Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
- Masterlar vb.

#### 4.1.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler

Yüzey pürüzlülüğüne birden fazla faktörün etkisi bulunmaktadır. En önemlileri aşağıda listelenmiştir:

- İşlenen malzemede bağlamadan dolayı oluşan deformasyon,
- İlerleme mekanizmasındaki düzensizlikler,
- İşlenen malzemedeki yapı bozuklukları,
- Kırılgan malzemelerin işlenmesi sırasında düzensiz talaş akışı,
- Kolay şekillendirilebilir malzemeler düşük kesme hızlarında işlendiği zaman, işlenen malzeme yüzeyindeki yırtılmalar,
- Talaş akışının sebep olduğu bozukluk,
- Kesme hızında meydana gelen düzensizlikler, ilerleme hızında meydana gelen düzensizlikler,
- Kesme esnasındaki kesme derinliği,
- Kesici takımın soğutulma ve yağlanma koşulları,
- İşlenen malzemenin kimyasal bileşimi ve metalurjik (atomik) yapısı,
- Kesicinin tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi,
- Takım tezgâhının tipi, rijitliği ve çalışma şartları,
- Kalıp ve bağlama aparatları,
- İşlenen malzemedeki talaş kaldırma şekli,
- Yatak ve takımlarda oluşacak geometrik bozukluklar, vb.

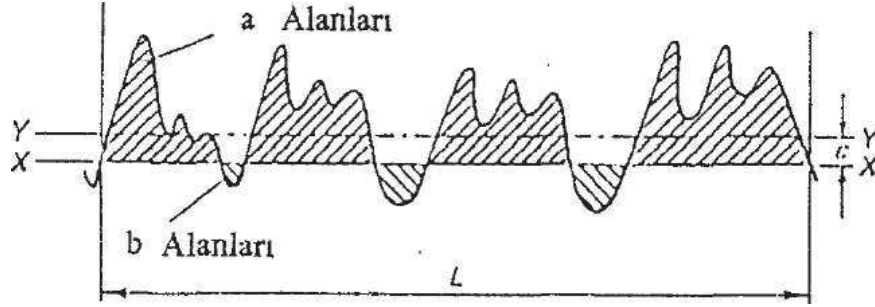
#### 4.2. Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi

Yüzey kalitesinin sayısal değerlerinin belirlenebileceği “ortalama çizgi” ve “zarf sistemi” olarak adlandırılan iki yöntem kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerin büyük bir çoğunluğu ortalama çizgi yöntemini benimsemekte, bu ülkelerin bir kısmı ortalama pürüzlülüğü ( $R_a$ ) bir kısmı da maksimum pürüzlülüğü ( $R_{max}$ ), yüzey pürüzlülük ölçme kriteri olarak kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü, pürüzlülük değerine bağlı olarak değişen ve "değerlendirme uzunluğu" olarak tanımlanan standart bir aralıkta ölçülmektedir[10].

##### 4.2.1. Ortalama çizgi (M) sistemi

Ortalama çizgi, elde edilen geometrik profili tasdik eden bir çizgi olarak tanımlanabilir. Bu ortalama çizgi öyle bir yere yerleştirilmiştir ki, bu çizgi ile profil arasındaki ordinatların karelerinin toplamı minimum olmalıdır. Dolayısıyla ortalama veya merkez çizgisi pratikte

profilin genel yönüne paralel bir çizgi olarak belirlenebilir ve bu çizginin altında ve üstündeki profili oluşturan alanlar (a ve b) birbirine eşittir.



**Şekil 4.1** Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi.

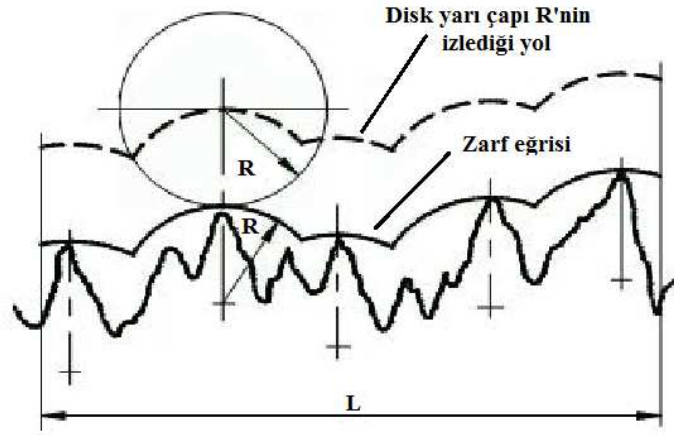
Verilmiş olan bir profil için ortalama çizginin konumu, aşağıda açıklanan yöntemle belirlenebilir. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi bir XX doğrusu çizilir. Bu çizgi uygun örnekleme uzunluğu (L)'nin üzerindeki profilin genel yönüne paraleldir. Bir planimetre veya ordinat metodu kullanılarak a ve b alanları ölçülür. Sonra XX ve istenen ortalama çizgi YY arasındaki c mesafesi şu şekilde verilir (Denklem 1).

$$c = \frac{\sum \text{alan}(a) - \sum \text{alan}(b)}{L} \quad (1)$$

#### 4.2.2. Zarf sistemi (E)

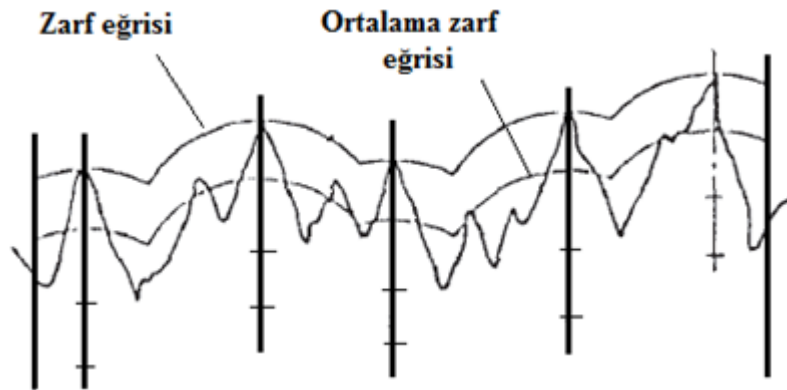
Zarf sistemi, izlere karşı yuvarlanan bir dairenin yarıçapı tarafından üretilen bir çizgi esasına dayanır. Daire merkezinin hareketinden oluşturulan bu eğri R mesafesi tarafından düşey olarak yerleştirilmiştir. Bu çizgi yüzeyin üzerinde yer alır. Şekil 4.2'de gösterildiği gibi zarf eğrisi, ideal geometrik profile dik açılarda en yüksek profile doğru çizilen ordinatlar tarafından oluşturulur.

Yarıçap R'nin dairesel yayları ordinatlar üzerindeki merkezleriyle birlikte tepelere doğru çizilerek zarf eğrisini oluşturur. Bu eğrinin oluşumu yüzey kalitesinin grafik çıktısının dikey ve yatay eksenlerde aynı oranda büyütüldüğünü kabul eder.



Şekil 4.2 Zarf eğrisinin elde edilişi.

Dikey büyümelerin yataydaki büyümelerden dikhati çekecek kadar fazla olması ve dairesel yayların bozularak eliptik şekil alması olağandır. Eğer V dikey büyüme ve H da grafiğin yatay büyümesi ise zarf profili dairesel yayların yarıçapının R yerine  $(R \times H^2)/V$  olarak düzeltilmesiyle yeniden elde edilir. Daha sonra üretilmiş haldeki temas eden zarf çizgisinin altında ve üstünde eşit olan yüzey profili tarafından kapatılmış yayların pozisyonu ile değiştirilebilir. Bu durum Şekil 4.3'te görülmektedir. Bunun manası, zarf eğrisi M sistemindeki ortalama çizgiyi karşılar [9].

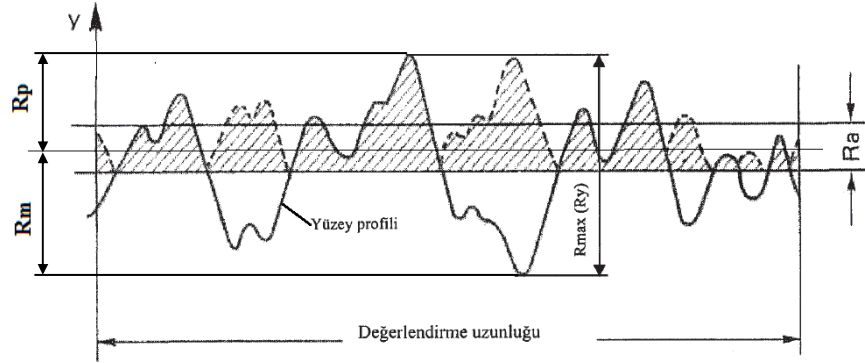


Şekil 4.3 Ortalama zarf eğrisi.

#### 4.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesinde Kullanılan Parametreler

Yüzey pürüzlülüğü belirlenmesi sürtünme, temas deformasyonu, ısı ve elektrik akım yoğunluğu, temaslı birleştirmelerin sıklığı ve pozisyonel gereklilik gibi birçok malzeme problemlerinin yok edilmesi için çok önemlidir. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü son yıllarda

deneysel ve teorik olarak araştırma konusu olmuştur. Gerçek pürüzlülük geometrisi oldukça karmaşıktır ve sonsuz sayıdaki parametre tam olarak bunu tanımlayamaz. Eğer kullanılan parametrelerin sayısı artarsa daha güvenilir bir tanımlama elde edilebilir. Bu, yüzey araştırmalarında yani parametrelerin araştırılması için bir sebeptir [15].



Şekil 4.4 Yüzey kalitesi için sayısal değerler.

#### 4.3.1. Max. profil yüksekliği ( $R_{max}$ , $R_t$ )

Şekil 4.4’de gösterildiği gibi, örnekleme boyunda dikkate alınan en yüksek tepe ve en düşük çukur arasındaki mesafe tepe-çukur yüksekliği olarak adlandırılır. Bu  $R_t$  değeri, örnekleme boyundaki yüzey düzensizliklerinin frekansı göz önüne alınmazsa yüzey pürüzlülüğününün tam bir tanımıdır. Bu parametre yüksek tepeleri ya da derin çukurları ifade etmesi açısından çok hassastır.

Tepe-çukur yüksekliği ortalama değerini daha da iyileştirmek için, en yüksek tepe ve en düşük çukur hesaba katılmaz. Böylece örnekleme uzunluğunda çok yüksek tepe veya çukurun bulunması etkili olmaz [9].

#### 4.3.2. Pürüzlülük aritmetik ortalaması (CLA, $R_a$ )

Merkez ortalama çizgisi (CLA) olarak da bilinen, yükseklik aritmetik ortalaması kalite kontrolünde oldukça sık kullanılan pürüzlülük parametresidir. Şekil 4.4’de gösterildiği gibi bir örnekleme boyu üzerindeki ortalama çizgisinin altında ve üstünde kalan mutlak düzensiz pürüzlülüklerin aritmetik ortalamasıdır. Bu parametreyi tanımlamak ve ölçmek çok kolaydır ve yükseklik dağılımları hakkında iyi ve genel bir tanımlama verir.

Fakat bu parametre dalga boyu hakkında hiçbir bilgi vermez ve profildeki küçük değişikliklerin hassas değildir. Bu parametrenin matematiksel ifadesi aşağıdaki formüldeki (Denklem 2) gibidir [15].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^1 |y(x)| dx \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2)$$

l: Örneklem uzunluğu

y: Ortalama eksen çizgisinden bağımsız dikeydeki yer değiştirmeler.

$R_a$ 'nın değeri eksen çizgisinin üstünde (a) ve altında (b) kalan alanların toplamının örnek uzunluğa bölünmesiyle planimetrik metotlar yoluyla belirlenebilir (Denklem 3). Böylece:

$$R_a = \frac{\sum \text{alan(a)} + \sum \text{alan(b)}}{L} \quad (3)$$

#### 4.3.3. Ortalamaların kareleri toplamının karekökü ( $R_q$ , $R_s$ , rms)

Seçilen örnekleme uzunluk sınırlarında, eksen çizgisinin altında ve üstünde meydana gelen saptmaların geometrik ortalama değeridir. Matematiksel olarak şöyle açıklanabilir (Denklem 4):

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^1 y^2(x) dx} \quad (4)$$

Ortalamaların karelerinin toplamının kareköküne karşılık elde edilen sayısal değer yaygın olarak kullanılmaz. Ortalama değer eksen çizgisi, alan ölçme metotları yoluyla bir grafiğin kolayca ölçülmesi ve izleyici ucun hareketinin hesaplandığı bir elektriksel cihazdaki okuma kolaylığı ve ortalama sonucun bir sayaç üzerinde okunuyor olması avantajlar sağlamaktadır.

#### 4.3.4. Örnekleme uzunluk

Sayısal değer olarak pürüzlülük belirleneceği zaman, seçilen profil uzunluğunun etkisi dikkate alınmalıdır. Basit periyodik biçimli yüzeyler için seçilen örnekleme boyu önemsizdir. Çünkü adımların sayısı sonucu yorumlamak için yeterlidir.

Bir örnek uzunluk  $L_1$ , max. tepe-çukur değeri  $R_{t1}$  değeri ile bağlantılı olacaktır. Eğer örnek uzunluk  $L_2$ 'ye artırılırsa tepe-çukur değeri de  $R_{t2}$ 'ye artırılmış olacaktır. Bundan dolayı, birbirine uygun sonuçlar elde etmek için yapılan ölçmeye uygun örnek uzunluk seçilmelidir. Seçilen örnek uzunluk yüzey yapısının görünümünü temsil edecek büyüklükte olmalıdır [9].



#### 4.4. Milli Standartlar

İşlenmiş yüzeyin tanımlanmasında kullanılan sayısal değer ve yüzey kalite ölçümünün yapılmasında, çeşitli milli standartlar yayınlanmıştır. İngiltere, Amerika ve Kanada'da ortalama eksen çizgisi kullanılırken, Avrupa kıtasında zarf sistemi revaçtadır. Bazı ülkelerin kullanmakta olduğu sistemler Çizelge 4.2'de görülmektedir.

**Çizelge 4.2.** Yüzey kalitesini değerlendirmede kullanılan milli standartlar [1].

Ülke	Kullanılan sistem	Ölçme birimi	Tavsiye edilen sayısal değer
Avusturya	M	$\mu\text{m}$	$R_t (R_{\text{max}})$
Kanada	M	$\mu\text{inç}$	$R_a$
Çekoslovakya	M	$\mu\text{m}$	$R_a$ veya $R_t$
Danimarka	M	$\mu\text{m}$	$R_a$
Fransa	E	$\mu\text{m}$	$R_a$
Almanya	E	$\mu\text{m}$	$R_t$
İngiltere	M	$\mu\text{inç}$	$R_a$
İtalya	E	$\mu\text{m}$	$R_a$
Japonya	M	$\mu\text{m}$	$R_t$
Hollanda	M	$\mu\text{inç}$	$R_a$
İspanya	M	$\mu\text{m}$	$R_a$
İşveç	M	$\mu\text{m}$	Düzeltilmiş $R_t$
Amerika	M	$\mu\text{inç}$	$R_a$
Rusya	M	$\mu\text{m}$	$R_a$
Türkiye	M	$\mu\text{m}$	$R_a$

#### 4.5. Yüzey Pürüzlülük Ölçme Metotları

Yüzey pürüzlülüğü ölçmekte kullanılan en yaygın cihaz temaslı yüzey pürüzlülükölçme aletidir. Cihaz bir izleyici kafa ve bir sinyal yükseltici/kuvvetlendiriciden oluşur. İzleyici kafada uç yarıçapı küçük olan bir elmas iğne vardır. Yüzeyde izleyici kafa otomatik olarak gezdirilir. Yüzeydeki pürüzlülüğten kaynaklanan iğne hareketleri izleyici kafa tarafından elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyaller yükseltici tarafından büyütülür ve cihaza kaydedilir. Göstergedeki değerler referans çizgisine göre yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalamasını ( $R_a$ ),

ortalamanın karekökü ( $R_q$ ) veya ortalama pürüz yüksekliği ( $R_z$ ) gibi düzeltilmiş yüzey pürüzlülük değerlerini verir.

Yüzey yapısı için en önemli ölçme tekniği mekanik- elektronik cihaz kullanımı olup küçük yarıçaplı elmas iğne işlenmiş yüzey çizgisi üzerinden geçmesi esnasında yüzey profilinden alınan pürüzlülüğü okuyarak çıktı olarak gösterir. Çok genel olan standart elmas iğnenin eğrilik yarıçapı 10  $\mu\text{m}$ , ancak araştırmalarda 2.5  $\mu\text{m}$  kadar küçük radyuslu iğne uçları da kullanılmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü; ölçülmek istenen yüzeyin özelliği bilinen bir yüzeyle karşılaştırılması esasına dayanan, izleyici problemlerle veya optik cihazlarla ölçüm yapılması ile belirlenir.

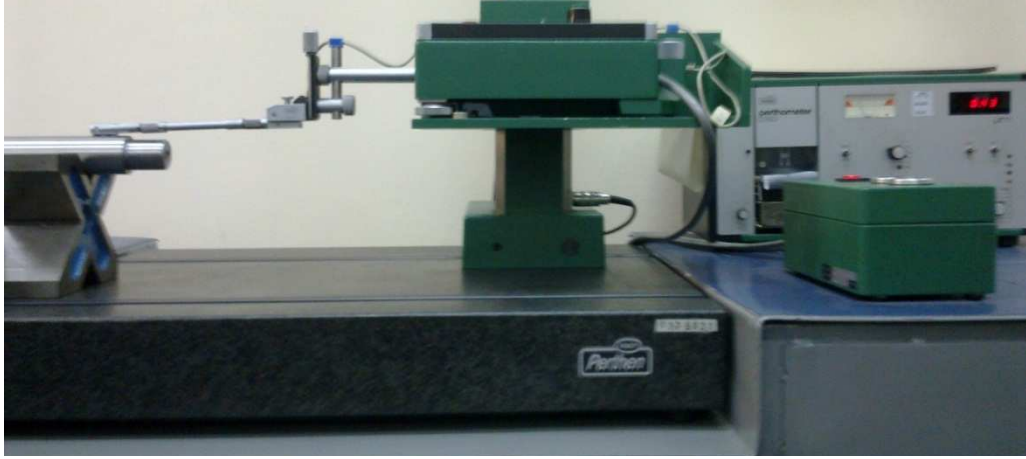
Yüzey pürüzlülük ölçüm metotları aşağıda verilmiştir.

- Dokunma metodu,
- Mekanik metot,
- Hidrolik metot,
- Pnömatik metot,
- Kapasitans metodu,
- X ışını metodu,
- Elektron mikroskop metodu,
- Optik mikroskop metodu,
- Yüzey dinamometresi metodu,
- Kesit alma metodu,
- Karşılaştırma mikroskobu metodu,
- İnterferometrik metotlar,
- İzleyici uçlu cihazlarla pürüzlülük ölçümü,
- Optik yansıtma metodu,
- Optik parazit aletleri metodu,
- Replika (Mask) metodu.

#### **4.5.1. İzleyici uçlu cihazlarla pürüzlülük ölçümü**

İzleyici uçlu cihazlar, kullanılan çok sivri bir izleyici ucun, ölçüm yapılan yüzey üzerinde, yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket boyunca meydana gelen titreşimlerin büyütülerek, yine hareketli bir şerit üzerine kayıt

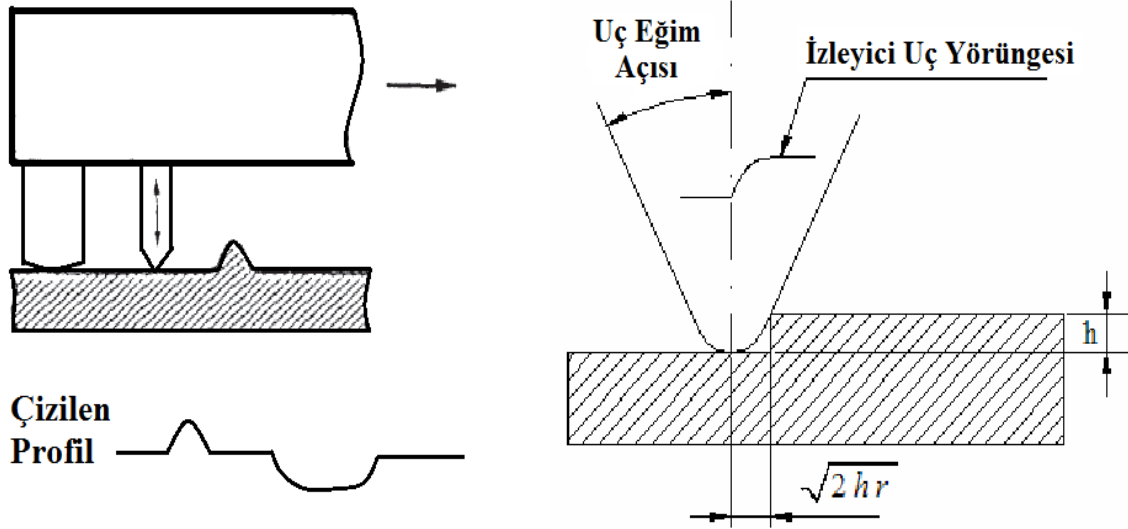
edilmesi veya göstergeden okunması esasına dayanır (Şekil 4.5). İzleyici ucun yüzey üzerindeki baskısı çok azdır ve pürüzlülük büyütme oranı 100.000kata kadar çıkarılabilir.



Şekil 4.5 Yüzey pürüzlülük cihazı.

Numune yüzeyini ölçmek için kullanılan iğnenin idealde keskin bir uca sahip olması gerekir. Bu ise pratikte mümkün değildir. İğnenin ucundaki sonlu yarıçap, ölçmeyapılan yüzeyin şekline bağlı hareketin hassasiyetinde bazı kayıplara sebep olur. İzleyici ucun sonlu yarıçapından dolayı meydana gelen hatanın pratikte çok ciddi olmadığı görülmüştür. 0.0001 inç yarıçaplı bir uca sahip olan iğne 0.0002 inç genişliğinde bir hata ile ölçülmesi beklenirken, sonucun bundan daha iyi olduğü görülmüştür.

Şekil 4.6'da ölçüm yapılan yüzeyleri birbirinden ayıran bir tepe üzerinden, izleyiciuca kızaklık eden elemanın geçmesiyle, profilde ortaya çıkan yanlış çukurun şematik şekli gösterilmiştir. Küçük, keskin bir basamak üzerinden geçen küresel uçlu izleyicinin takip ettiği yol şematik olarak gösterilmiştir [4].



Şekil 4.6 İzleyici uçun yüzey pürüzlülüğü takibi.

#### 4.6. Yuvarlaklık (Roundness) Ölçümü

Yuvarlaklık, parça eksenini dik kesen düzlemdeki bütün elemanların dönmeeksenine eşit mesafede olma şartıdır. Parça eksenini dik kesen düzlemdeki elemanların tolerans mesafesinde eş eksenli iki daire içinde olması koşulu yuvarlaklık toleransı olarak adlandırılır.

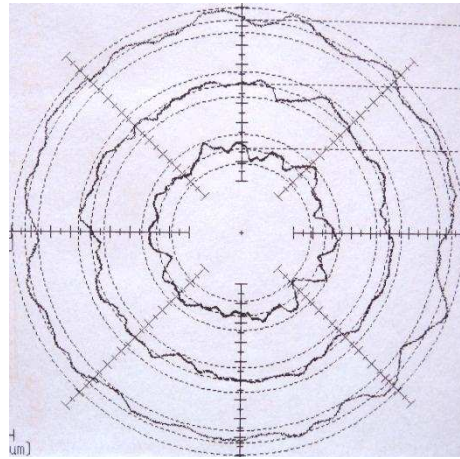
Yuvarlaklık toleransı;

- 1.Sadece silindirik yüzeylere uygulanır,
- 2.Parça özelliklerinden bağımsızdır. Sadece yuvarlaklık ölçümü için parça eksenine ilişkilidir,
- 3.Çap ölçüsü sınırları içerisinde olmalıdır.
- 4.Genel olarak parça tolerans mesafesinin yarısından az olmalıdır [11].

##### 4.6.1. Yuvarlaklık hataları

Üç-nokta ölçüm metoduna dayalı, gerçek gösterim sistemi yuvarlaklık hatasını ölçmek için geliştirilmiştir. Yuvarlaklık hatası ise talaş kaldırma işleminde hangi tekniğin kullanılması gerektiğini belirleyen en önemli faktördür. Yuvarlaklık hatası belirleme işleminin ardından, kesme kuvvetinin belirlenmesi de mümkündür. Böylelikle gerekli kesme sistemleri belirlenebilir. Yapılan araştırmada mekanik ve elektronik sistemler yardımıyla ve formüller kullanılarak ve bilgisayara aktarılan verilerle sonuç çıktı olarak elde ediliyor. Şekil 4.7’de bu çıktılarda bir örnek görülmektedir.

Hassas bir şekildetalaş kaldırma işlemi yapılması istenilen iş parçalarında, yuvarlaklıkhataları değerlendirilir. Aşırıyuvarlaklık hatası bulunan iş parçaları işlenmez. İşparçasının kullanılacağı yere göre, bu hatalarda “kabul edilebilir hata” değeri vardır. Bu değeri aşan işparçaları, işlenmez veya işlenmiş dahi olsa kullanılmaz. Özellikle bazı makine parçaları da bu geometri biçime daha çok önem verilir. Yüzey pürüzlülük değerindoğrudan etkileyen bir faktördür. Yuvarlaklık hatası, muhakkak bir parçada vardır. Önemli olan bu kusurun kabul edilebilir değerler arasında yer alıp almadığıdır. Yapılan araştırmalar; yuvarlaklıktan uzaklaşan parçalarda yüzey kalitesidüşmekte, yuvarlaklık hatası az olan işparçalarında ise yüzey kalitesi artmakta olduğunu belirtmektedir [1].



**Şekil 4.7**Yuvarlaklık hatası ölçüm sonucu.

## 5.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İnsanların kendi araç ve gereçlerini yapmaya başlamasından itibaren yüzey işleme tekniklerinden belki de ilk olarak "taşlama" kullanılmaya başlanmıştır. Bazı doğal malzemelerin diğer malzemeleri belli şekilde çizdiği ve aşındırdığı gözlenmiştir. Doğrudan mekanik etki ile kullanılan bu sert cisimler "aşındırıcılar" olarak anılagelmiş ve teknolojinin gelişimine paralel olarak aşındırıcılar ve aşındırma işlemi de gelişme kaydetmiştir. Taşlama işleminin başarılı olabilmesi için dört anahtar faktör olan takım tezgâhı, zımpara taş seçimi, iş malzemesinin özellikleri ve operasyon şartları dikkate alınmalıdır.

Araştırmacılar yıllardır imal edilen ürünlerin kalitesini iyileştirmeye ve maliyeti minimize ederek talaş kaldırma performansını artırmaya odaklanmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü, taşlamanın önemli bir kalite karakteristiğidir ve ölçü tamlığı, yüzey kalitesi, takım ömrü, aşınma direnci, sürtünme, korozyon, yağlama gibi imal edilen parçaların fonksiyonel karakteristiğini etkiler [16-18].

Güllü [9], "Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu" isimli doktora tezinde taş tane büyüklüğü, taş dokusu, taş sertliği, malzeme, iş ilerlemesi, çevresel hız oranı, talaş derinliği ve taş bileme oranı gibi parametrelerin ayrı ayrı yüzey kalitesine etkileri incelenerek varyans analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde oldukça tatminkar sonuçlar alındığı belirtilmiştir.

Demir [10], "Alüminyum oksit zımpara taşlarıyla silindirik taşlamada çeşitli çelikler için taşlama oranlarının belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinde Ç1050, Ç1390, Ç3330, Ç10110 ve Ç51420 çelikleri çeşitli fiziksel özellik ihtiva eden alüminyum oksit zımpara taşları kullanarak deneysel çalışma yapmıştır. Taş tane sayısı, taş dokusu, taş sertliği, iş ilerlemesi, talaş derinliği ve iş malzemesinin taşlama oranı üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirtilmiştir.

Demir ve Güllü [13], "Taş sertliği ve işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetlerine etkilerinin incelenmesi" adlı çalışmanın sonucunda taş sertliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün yanı sıra yüzey yapısının da önemli derecede değiştiğini belirtmişler. Ayrıca, sert taşların kullanımıyla, taş tanelerinin uçları körlenip düzleştikçe işparçasından talaş kaldırma anında temas alanı büyümekte ve buna bağlı olarak ta sürtünmenin arttığı vurgulanmıştır. Taşlama esnasında oluşan yüksek sıcaklıklar (yaklaşık 1500 °C), taşlanan malzemenin yüzeyinde yanmaların oluşmasına neden olmaktadır. Taşlanan malzemelerin yüzeyinde oluşan bu yanmalar ve hasarlar, makine elamanlarında yüzey kalitesi açısından istenmeyen bir özellik doğuracaktır. Sert taşlarla yapılan taşlama işleminde kesme derinliği

arttıkça taşlanan malzeme yüzeyinde gözle görülebilen renk değişimlerinin olduğu gözlemlenmiştir.

Demir ve Güllü [12],“Taş dokusunun yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetlerine etkilerinin incelenmesi” adlı çalışmalarında taş dokusu küçük olan taşlama diskindeki taş tanelerinin koparak taşlanan malzemeye nüfuz ettiğini vurgulamışlar. Taş dokusunun sık olması, taş tanelerinin bağlama mukavemetinin azalmasına ve tanelerin daha az kuvvetlerle taşlama diskinden kopmalarına neden olduğu düşünülmektedir. Sık dokulu taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde, taşlanan iş parçası üzerine nüfuz etmiş taş taneleri, paçaların çalıştıkları yerlerde istenmeyen etkiler yapabileceği belirtilmiştir.

Lin ve diğerleri [19], zımpara taşının dönme hızı, tabla hızı ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne ve taşlama kuvvetine etkilerini araştırmışlar. Tabla hızı ve talaş derinliğindeki artış ile hem taşlama kuvvetleri hem de yüzey pürüzlülüğünün arttığını (yüzeyin kötüleştiğini) vurgulamışlardır.

Yüzey kalitesini artırmak ve yüzey pürüzlülüğünü düşürmek için zımpara taşının çevresine kanal açılarak yani taş modifiye edilerek çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kesikli taşlama işleminin daha iyi soğutma, yüzey yanıklarının, dalgalanmaların ve taş aşınmasının azalması, taşlama kuvvetleri, spesifik enerji ve sıcaklığın düşmesi gibi faydaları olduğu çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir [20-22].

Son yıllarda kesikli taşlama ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Örneğin, Kaya [1], düz yüzeyli zımpara taşı ile helisel oluklu zımpara taşı kullanarak dört farklı özellikte malzemeyi taşlamıştır. Deney sonuçları yüzey pürüzlülüğü ve yuvarlaklık hatası grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir. Deney neticesinde, düz yüzeyli zımpara taşına oranla, helisel oluklara sahip, zımpara taşının kullanılması ile yüzey kalitesinin arttığı belirtilmiştir.

Kesikli zımpara taşının imalatı ve performansı Kim ve arkadaşları [23], Jin ve Meng [24] tarafından araştırılmıştır. Kanallı zımpara taşının önemli ölçüde taşlama performansını ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiği belirtilmiştir. Ayrıca kanallı taş kullanımıyla alüminyum alaşımları gibi taşlanması zor olan malzemeler daha derin kesme derinliği ile daha etkili bir biçimde taşlandığı belirtilmiştir.

Helisel kanallı taşların taşlama kuvveti, spesifik enerji ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri Nakayama ve arkadaşları [20] tarafından çalışılmıştır. Deneysel çalışmanın sonucunda kanallı taşların kullanımıyla taşlama kuvveti ve spesifik enerjinin düştüğü, taş aşınmasının artmadığı ve yüzey pürüzlülüğünün ise bozulmadığı belirtilmiştir.

Suzuki ve arkadaşları [25], helisel scan taşlama (HSG) olarak bilinen yeni bir taşlama tekniği geliştirmişlerdir. Bu teknik kullanımıyla finiş yüzeyin yedi kat daha iyileştiği belirtilmiştir.

Zhang [26], seramik, cam ve çelik gibi malzemeleri HSG tekniği kullanarak taşlamış, HSG tekniği kullanımının yalnızca yüzeyi iyileştirmediği aynı zamanda kesici tanelerin iş parçasına yapışmaların azaldığını belirtmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda taşlama parametrelerinin, taşın çevresine vidaya benzer şekilde kanal açılmasının, kanal sayısı ve genişliğinin yüzey kalitesine etkisine odaklanılmıştır. Bu çalışmada ise zımpara taşının çevresine üç farklı helis açılarında kanallar açılarak deneysel çalışma yapılmıştır. Literatürde helis açılarının yüzey kalitesini nasıl etkileyeceği yönünde bir çalışma olmadığından hem endüstriye hem de akademik çalışmalar yararlı olacaktır.



## 6. MALZEME VE METOD

Bu tez çalışmasında üç farklı malzeme kullanılmıştır. Bu malzemelerin standart kodları, sertlikleri, kimyasal bileşenleri aşağıda verilmiştir. Numunelerin hazırlanması ve taşlara helisel kanalların açılması ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır. Son olarak, yüzey pürüzlülüğü ve yuvarlaklık hatası ölçüm metotları ise açıklanmıştır.

### 6.1. Malzeme

Bu çalışmada, endüstride yaygın olarak kullanılan üç farklı çelik malzeme kullanılmıştır. Bu malzemeler; Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131'dir.

Ç 1050; alaşımsız çeliktir ve yüksek oranda karbon içerdiğinden dolayı karbon çelikleri olarak da bilinirler. Sertleştirilebilirlikleri içerdikleri karbon miktarına paralel olarak artarken, toklukları ise karbon miktarı ile ters orantılıdır.

Ç 4140; kimyasal bileşimleri özellikle karbon miktarı bakımından, sertleştirilmeye elverişli olan ve ıslah işlemi sonunda belirli bir çekme dayanımında yüksek tokluk özelliği gösteren, alaşımlı ve alaşımsız makine imalat çelikleridir.

Ç 7131; sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlanmalara dayanıklı parçaların imalinde kullanılan düşük karbonlu, alaşımsız veya alaşımlı çeliklerdir. Parçaya bu özelliklerin kazandırılması, yüzeyine karbon emdirilmesi ile olur.

#### 6.1.1. Malzemelerin sertlikleri ve kimyasal bileşenleri

Deneyde kullanılan malzemelerin sertlik dereceleri Çizelge 6.1'de verilmiştir. Taşlama işleminde malzemenin sertliğine göre taş seçildiğinden malzemenin sertliğinin bilinmesi önemlidir.

**Çizelge 6.1** Malzemelerin sertlikleri.

Malzeme	Sertlik
Ç 1050	96 HRB
Ç 4140	99 HRB
Ç 7131	58-62 HRC

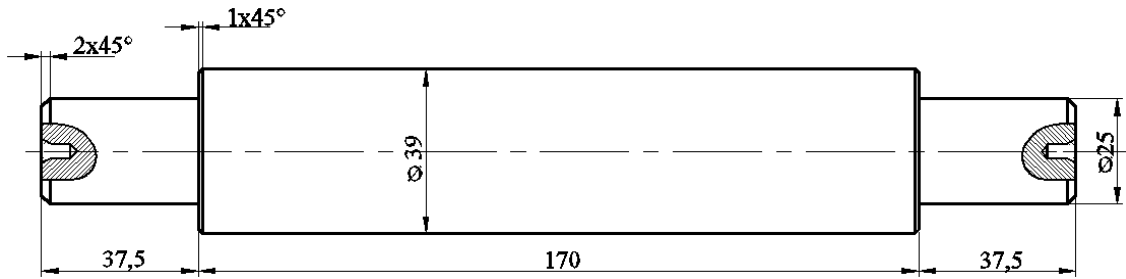
Deneylerde kullanılan çelik malzemelerin kimyasal bileşenleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

**Çizelge 6.2** Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131 malzemelerinin kimyasal bileşenleri.

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Ç 1050	0.47-0.55	0.15-0.35	0.60-0.90	0.04	0.05	-----	-----
Ç 4140	0.35-0.44	0.15-0.40	0.60-0.90	0.035	0.035	0.80-1.10	-----
Ç 7131	0.14-0.19	0.15-0.40	1.00-1.30	0.035	0.035	0.80-1.10	0.15-0.25

## 6.2. Numunelerin Deney İçin Hazırlanması

Her bir malzeme; 39 mm çapında ve 245 mm boyunda ve 170 mm taşlama yüzeyine sahip olacak şekilde, torna tezgâhında iki punta arasında hassas bir şekilde işlenmiştir. Puntadelikleri hassas bir biçimde açılmıştır. İki punta arasında taşlanabilmesive firdöndüye bağlanabilmesi için, işparçasının iki tarafına da 37.5mm boyunda ve 25mm çapında faturalar açılmıştır. Tornalama ve taşlama işlemleri sonrasında malzemelerin birbiri ile karışmaması için tüm numunelere numaratorle seri numarası vurulmuştur. Deney numunelerinin teknik resmi Şekil6.1’de, fotoğrafları da Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 6.1** Numune parçanın teknik resmi.



**Şekil 6.2** Numune parçaların fotoğrafı.

### **6.3. Zımpara Taşı Özellikleri ve Deney İçin Hazırlanması**

Deneylerde dört adet zımpara taşı kullanılmıştır. Zımpara taşı 400x40x127 TS 291-3 EKR 60 K 6 V etiketlidir. Taşın detaylı spesifikasyonları aşağıda verilmiştir.

#### **6.3.1. Zımpara taşı seçimi**

##### **Aşındırıcı malzeme seçimi**

Bu araştırmada, geleneksel yapay aşındırıcı grubuna giren, yaygın bir üretim ve kullanım alanı bulunan, saf korundüğe bir adıyla, asil korundaşındırıcı tipi seçilmiştir. Aşındırıcı sembolü taş üzerinde EKR olarak ifade edilmektedir.

Bu taşın özellikleri; hiçbir katkı maddesi ilave edilmeksizin, bileşiminde %99.5 oranında alüminyum oksit bulunan gül pembesi renkte aşındırıcıdır. Kristallerin sertliği 9.4 Mohs olduğundan aşındırıcı taneler hafif zorlanma olduğunda, kolayca ufalanabilecek birleştirme maddeleri ile birleştirilir. Bu zımpara taşları genellikle çelik, sert ve sertleştirilmiş parçaların taşlanması, aynı zamanda kesici aletlerin bilenmesinde kullanılmaktadır.

##### **Taş tane büyüklüğü seçimi**

Endüstride kullanım oranı en yüksek olanlar orta ve ince grubu oluşturan değerlerdir. Bu neden göz önünde bulundurularak, 60 tane büyüklüğü seçilmiştir.

##### **Taş tane dokusunun seçimi**

Aşındırıcı tanelerin birleştirme maddesi ile birlikte preslenerek şekillendirilmesi sırasında, tanelerin birbirine olan uzaklığı presleme kuvvetine bağlı olarak farklılıklar

göstermektedir. Bu uzaklıkla ilişkili olarak, taşın yapısında gözenekler meydana gelir. En sık doku 0 ile tanımlanırken, en seyrek doku 14 ile ifade edilmektedir.

Bu araştırmamızda, tanelerin ideal dizildiği kabul edilen, 6 numaralı dokukullanılmıştır. Orta sıklıktaki bir doku olarak sınıflandırılmaktadır.

### **Taşın birleştirme maddesinin seçimi**

Aşındırıcı taneleri bir arada tutarak taş şeklininoluşmasınısağlayan, birleştirmemaddeleridir. Her bir aşındırıcı tane birer takım kabul edilirse, birleştirme maddesi için takım tutucusu benzetmesini yapılabilir.

Deneysel çalışmada inorganik birleştirme grubundan, seramik (V) sembolü ile ifade edilen, birleştirme maddesi kullanılmıştır. Uygulanan kuvvetten dolayı kırılan veya aşımnaşındırıcı taneleri rijit olarak tutan, bunun yanında nispeten kırılğan bir yapıdadır. Seramik birleştirme maddeleri ergime dereceleri oldukça yüksek ve ısı geçirmez özelliktedirler. Genellikle aşındırıcı ile kimyasal birleşime girerler. Gerek kullanım alanı yaygınlığı, gerekse özellikleri bakımından seramik birleştirme tercih edilmiştir.

### **Taşsertliği seçimi**

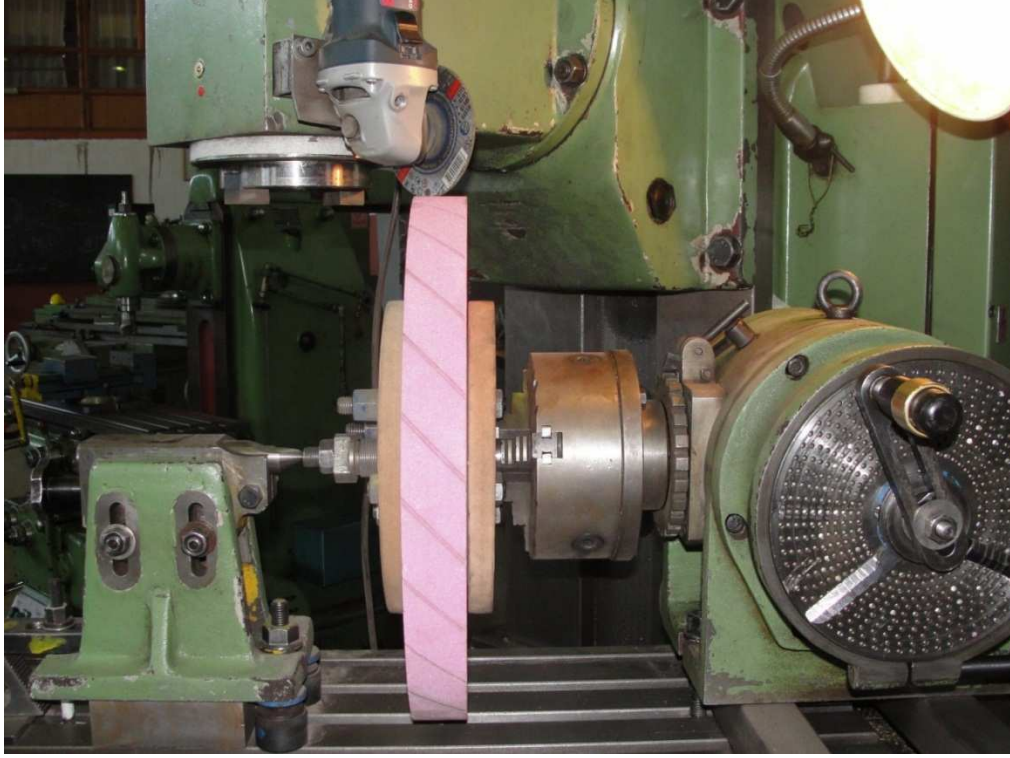
Taşların sertliği A'dan Z'ye kadar kodlanmıştır. A en yumuşaktaş, Z ise en sert taşıifade etmektedir. Buçalışmada K sertliğindetaş seçilmiştir, nedeni ise zımpara taşları enyaygın kullanım alanı itibariyle yumuşak, orta ve sert taşların çok kullanılıyor olmasıdır. Ksertlik derecesindeki taş ise yumuşak zımpara taşı grubunun en sert taşı olmasıdır. Yani biranlamda, imalatta en çok kullanılan sertlikte bir taş olmasıdır.

### **6.3.2. Zımpara taşına helisel kanalların açılması**

Zımpara taşı üzerindeki helisel kanal açısının yüzey pürüzlülüğüne ve yuvarlaklık hatasına etkini araştırmak için aynı özelliklere sahip üç farklı zımpara taşlarının üzerlerine 15°, 30° ve 45°'lik helisel kanallar açılmıştır.

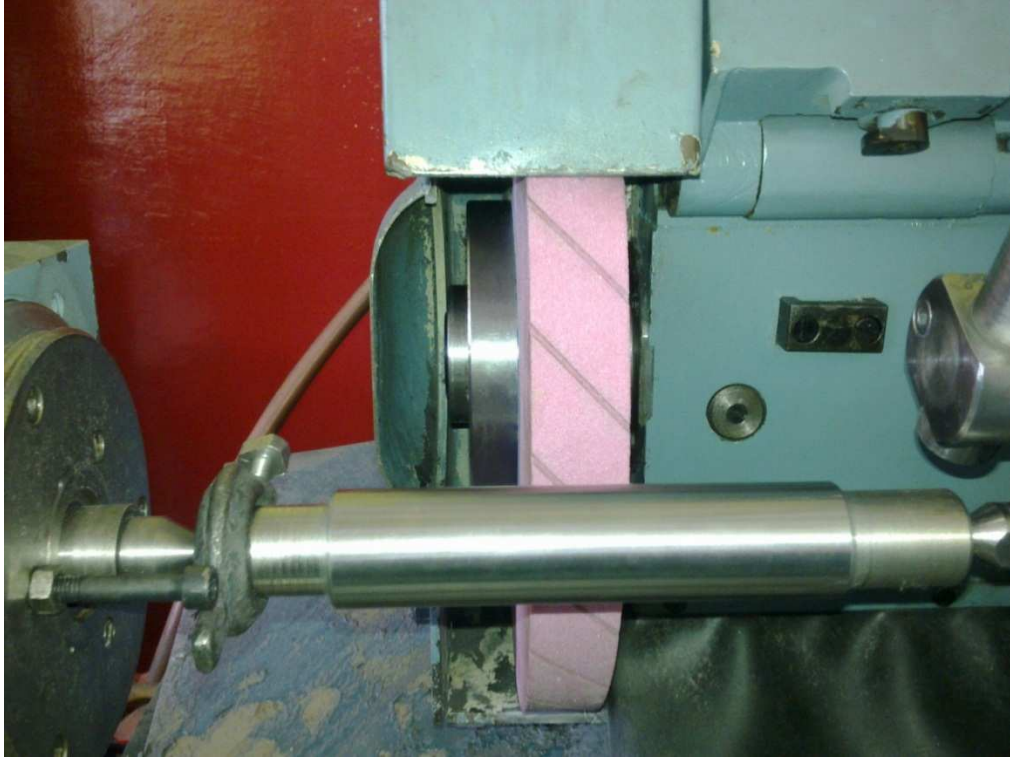
Freze başlığına, metallerin çapak alma ve kesme işleminde kullanılan flex, geliştirilen aparatla rijit bir şekilde monte edilmiştir. Silindirik zımpara taşı ise daha önce MDF'den imal edilen iki flanş arasına vidalar yardımıyla bağlanmıştır. Daha sonra freze tezgâhına bağlanan divizöre ve punta arasına takılmıştır. Zımpara taşına helisel kanal açma işlemi tıpkı helisel dişli açma işlemi gibi paraçol yardımıyla yapılmıştır. Helisel kanallar 2.6 mm genişliğinde, 3 mm derinliğinde ve çevrede 24 adet bulunmaktadır.Helisel dişli açılımlında freze tabla milinden divizör kuyruklu ayna miline dişliler yardımıyla iletilen hareket sayesinde uygun helis adımı elde

edilir. Her taş için hesaplamalar ve gerekli ayarlamalar yapılarak helisel kanallar açılmıştır. Taşa helis kanal açma işlemi Şekil 6.3’de gösterilmektedir.



**Şekil 6.3** Zımpara taşına helis kanal açma işlemi.

Helis kanallı taş olarak adlandırılan zımpara taşının tezgaha bağlanmış hali Şekil 6.4’de gösterilmektedir.



Şekil 6.4 Helis kanallı zımpara taşı.

#### 6.4. İşleme Parametrelerinin Hesaplanması

Deney numunelerinin işlenmesi için gerekli olan tüm işleme parametreleri hesaplamaları yapılmıştır.

##### 6.4.1. İşin ilerlemesi

Silindirik taşlamada seçilebilecek en büyük ilerleme, taşın her bir devrinde taşın kendigenişliği kadar ilerlemesi veya tablanın taşgenişliği kadar taş önünden geçmesidir. Genelde işin ilerlemesi, kaba yüzeyler için büyük, bitirme yüzeyleri için küçük seçilir. Aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Denklem 5,6).

$s$ : İşin bir devrinde, taş önündeki boyuna ilerleme miktarı,	mm/dev.
$V_T$ : Tabla hızı,	m/dak.
$d_w$ : İş parçasının çapı	mm
$n_w$ : İş parçasının devir sayısı	dev/dak.
$V_w$ : İş parçasının çevresel hızı	m/dak.

$$S = \frac{1000 V_T}{n_w} \text{ mm/dev} \quad \text{veya} \quad (5)$$

$$S = \frac{\pi V_T d_w}{V_w} \text{ mm/dev} \quad (6)$$

$$V_T = 0.22 \text{ m/dak}$$

$$d_w = 39 \text{ mm}$$

$$V_w = 17.14 \text{ m/dak}$$

$$s = \frac{3.14 \cdot 0.22 \cdot 39}{17.14} = 1.571 \text{ mm/dev}$$

#### 6.4.2. Talaşderinliği

Taşlamada talaşderinliği, taşı oluşturan aşındırıcı tane büyüklüğü ile ilişkilidir. Aktif yüzeyde, tanenin en az yarısının taş gövdesinde olduğudur düşünülür. Diğer yarısı isekesmeye hazır uç olarak kabul edilmektedir. Bu da normal bir silindirik taşlama işleminde maksimum talaş derinliğini ifade eder. Çalışmamızda 60 taneli taş seçildiği için ve 1"lik ölçü eleğinden düşen tane sayısı 60'tır.

$$1" = 25.4 \text{ mm den} \Rightarrow 25.4 / 60 = 0.423 \text{ mm'dir.}$$

Bulunan rakamın yarı değeri 0.212 mm'dir.

Malzeme sertliğine göre verilecek maksimum talaş miktarı değişkendir. Taşlama aymalatta son işlem kabul edildiği için, mümkün olduğu ölçüde talaşderinliği az seçilmelidir. Çalışmamızda 0.01 mm talaşderinliği seçilmiştir.

#### 6.4.3. Çevresel hız oranı

Silindirik taşlamada önemli olan parametrelerden biri de; taşın çevresel hızı ile işin çevresel hızı arasındaki orandır. Taşın çevresel hızı aşağıdaki formülle hesaplanır (Denklem 7).

çho: Çevresel hız oranı

$V_s$ : Taşın çevresel hızı m/sn.

$D_s$  : Taşın çapı mm

$n_s$  : Taşın devir sayısı dev/dak.

$$V_s = \frac{\pi D_s n_s}{1000 \cdot 60} \quad \text{m/sn.} \quad (7)$$

$$V_w = \frac{\pi d_w n_w}{1000} \quad \text{m/dak} \quad (8)$$

$$\zeta_{ho} = \frac{V_s}{V_w} \quad (9)$$

$$D_s = 400 \text{ mm}, n_s = 1570 \text{ dev/dak}$$

$$V_s = \frac{3.14 \cdot 400 \cdot 1570}{1000 \cdot 60} = 1968 \text{ m/dak}$$

$$d_w = 39 \text{ mm}, n_w = 140 \text{ dev/dak}$$

$$V_w = \frac{3.14 \cdot 39 \cdot 140}{1000} = 17.14 \text{ m/dak}$$

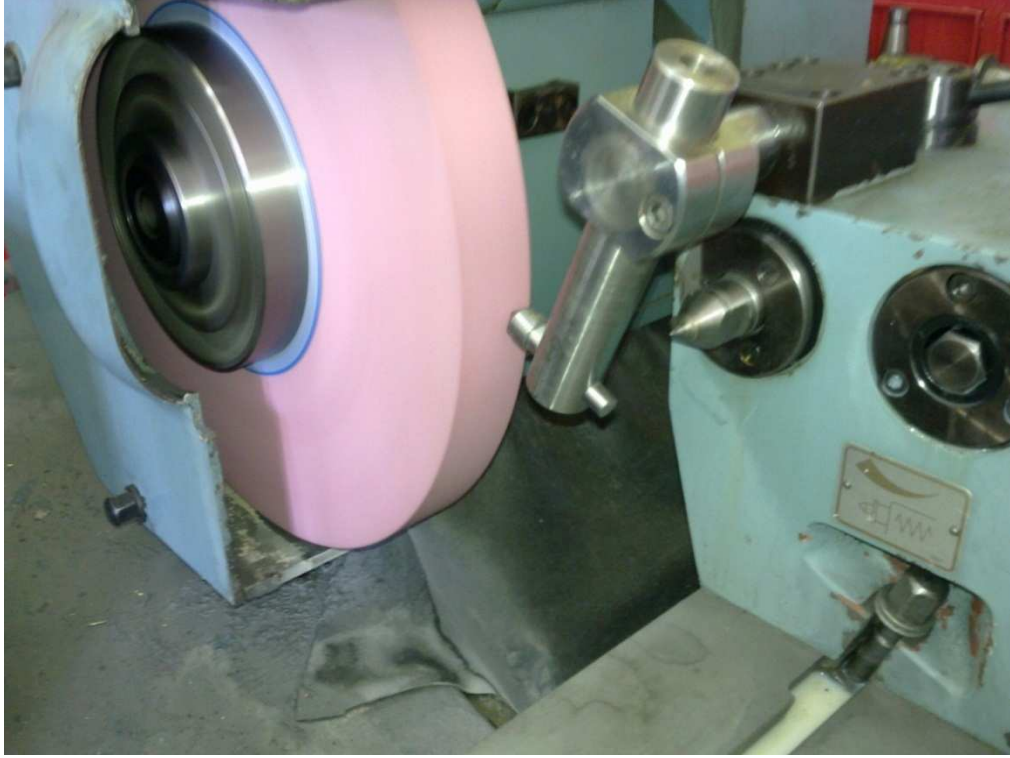
#### 6.4.4.İşin devir sayısı

Çalışmanın yapıldığı tezgâhın, iş parçasının devir sayısını 38, 64, 95, 140, 255, 380 dev/dak'dır. Silindirik taşlamada, iş parçasının çapı büyürse, devir sayısı düşmektedir. Yukarıdaki hesaplamaların da yardımıyla, 140 dev/dak'ya tezgâh ayarlanmıştır.

#### 6.4.5.Taşlama ve taş bileme süresi

Deney uygulamasında; her iş parçası, 5 dakika süre ile ve daha önce belirtilen parametreler çerçevesinde taşlanmıştır. Her taşlama işleminden sonra ise aynı bileme metodu kullanılarak zımpara taşları bileme aleti ile 0.015 mm'lik pasolarla 20 defa gidip gelerek 0.30 mm derinlikte bilenmiştir. Şekil 6.5'de bileme işlemi görülmektedir.





**Şekil 6.5**Düz yüzeyli zımpara taşının elmas ile bilenmesi.

### 6.5. Deneyin Yapılışı

Taşlama deneylerinde aynı özelliklere sahip dört adet zımpara taşı kullanılmıştır. Bu taşlardan birisine hiçbir işlem yapılmamıştır. Bu taş düz yüzeyli zımpara taşı olarak bahsedilecektir. Diğer üç taşa ise sırasıyla 15°, 30° ve 45°'lik helisel kanallar açılmıştır. Bu taşlar ise 15° helisel kanallı zımpara taşı, 30° helisel kanallı zımpara taşı ve 45° helisel kanallı zımpara taşı olarak bahsedilecektir. Bu taşlar ilk başta dengeleme sehpasında statik olarak dengelenerek tezgâha teknolojik kurallara riayet ederek takılmıştır. Daha önce hesaplanan tüm işleme parametreleri ayarlanmıştır. İş parçası iki punta arasına güvenli bir şekilde bağlanmış ve soğutma sıvısının debisi ve konumu ayarlanmıştır.

Her bir zımpara taşı ile üç farklı malzeme taşlanmıştır. Toplamda 12 deney yapılmıştır. Her bir deneyden sonra taş bilenmiştir. Taşlama süreleri ve taşların bileme metodu ve süresi her taş için sabit tutulmuştur. Taşlama işleminden sonra ise numunelerin yüzey pürüzlülüğü ve yuvarlaklık hataları ölçülmüştür. Çalışma sırasında soğutma sıvası olarak, bor yağ kullanılmıştır.

Bu çalışmada amaç, düz yüzeyli bir zımpara taşı ile helisel kanallara sahip aynı özellikteki diğer zımpara taşının farklı malzemelerde, meydana getirdiği yüzey pürüzlülük değerlerinin ve yuvarlaklığının karşılaştırılmasıdır.

### 6.5.1. Düz yüzeyli zımpara taşı ile taşlama işlemi

Düz yüzeyli zımpara taşı kullanılarak, üç ayrı numune aynı parametreler kullanılarak taşlama işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 6.6'da düz yüzeyli zımpara taşı kullanılarak, yapılan bir numunenin taşlanması görülmektedir.

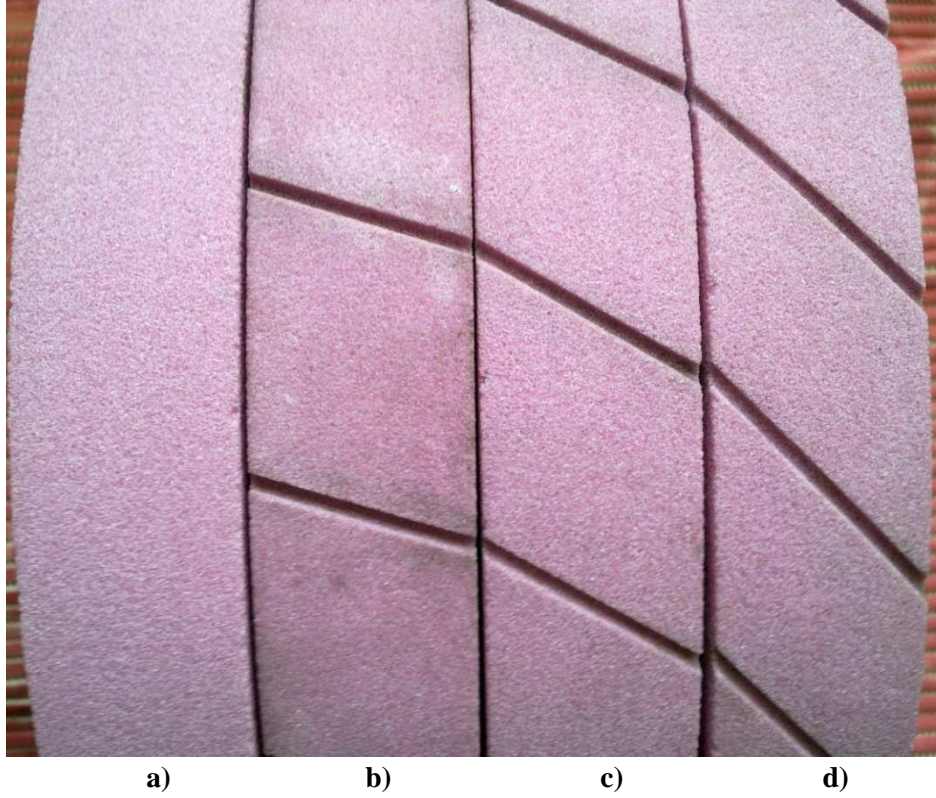


Şekil 6.6 Düz yüzeyli zımpara taşı ile bir numunenin taşlanması.

Tüm numuneler taşlandıktan sonra yüzey pürüzlülükleri ölçülmek üzere özenle korunarak, yüzey pürüzlülük ölçüm noktasına taşınmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek gerekli çıktılar alınmıştır. Ayrıca her bir numunenin çevresel salgı değerleri belirlenmiştir.

### 6.5.2. Helisel kanallı zımpara taşları ile taşlama işlemi

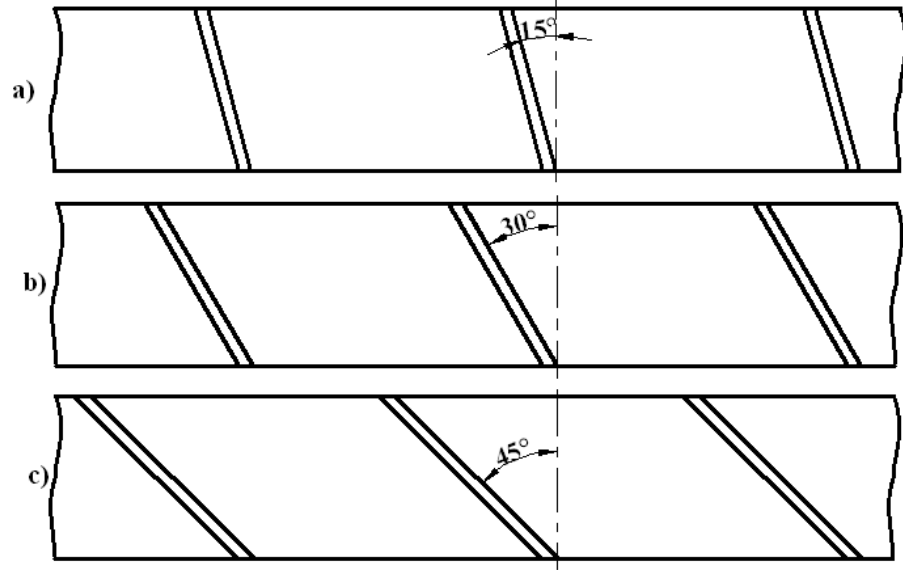
Helisel kanallı zımpara taşı, düz yüzeyli zımpara taşının tüm özelliklerini taşımaktadır. Ancak bu zımpara taşı 2.6mm genişliğinde, 3mm derinliğinde çevresinde 24 adet helisel kanalaçılmıştır. Böylelikle düz yüzeyli zımpara taşına göre, taşlama işleminde iş parçasına talaş kaldırmak için daha az yüzey temas etmektedir. Bu kanallar da taşlama sırasında otalamanın önlenmesini sağlamıştır. Şekil 6.7'de düz zımpara taşı ve helisel kanallı zımpara taşları görülmektedir.



**Şekil 6.7** Deneyde kullanılan taşlar, a) Düz yüzeyle zımpara taşı, b) 15° Helis açılı zımpara taşı, c) 30° Helis açılı zımpara taşı, d) 45° Helis açılı zımpara taşı.

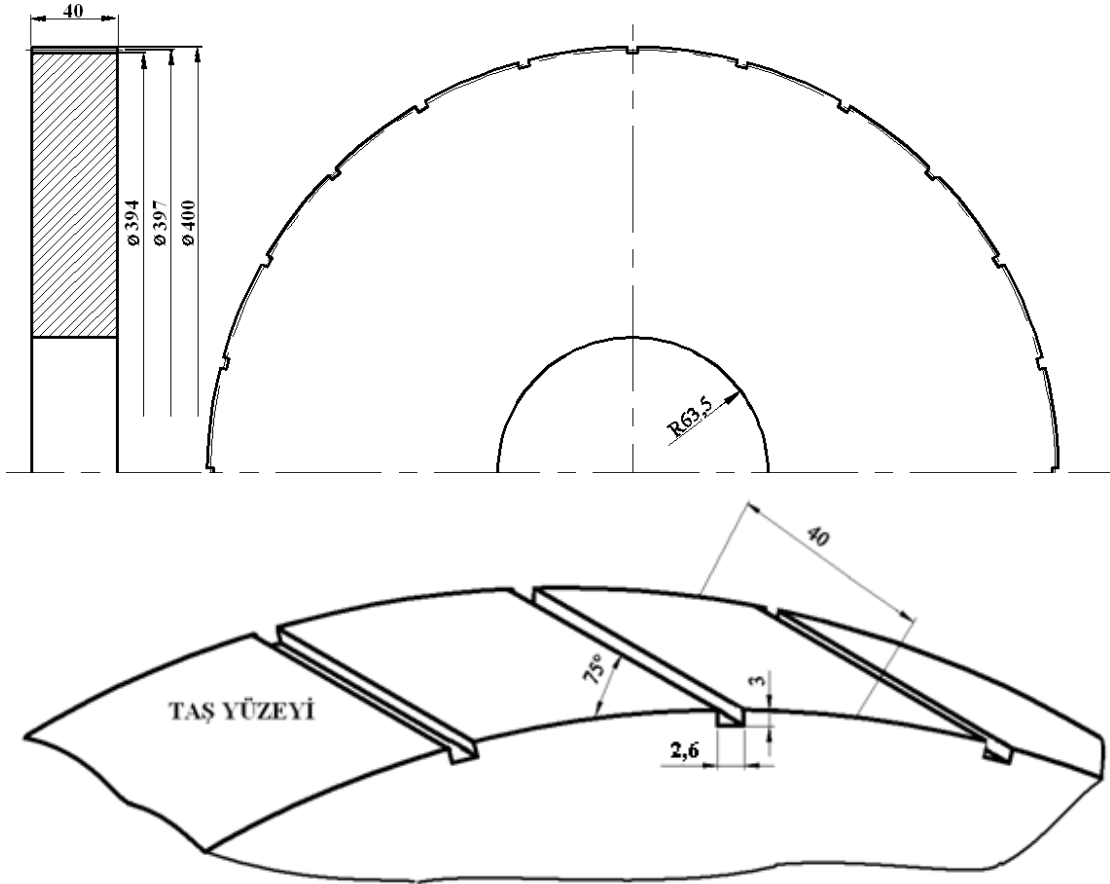
Her taşlamadan sonra yine bileme işlemi yapılmıştır. Tüm malzemeler taşlandıktan sonra yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve çıktılar alınmıştır. Ayrıca her bir numunenin çevresel salgı değerleri belirlenmiştir.

Helis açılı zımpara taşlarının helis açıları Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 6.8**Farklı helis açılı taşların gösterimi.

15° Helis açılı zımpara taşının teknik resmi Şekil 6.9’da gösterilmektedir.



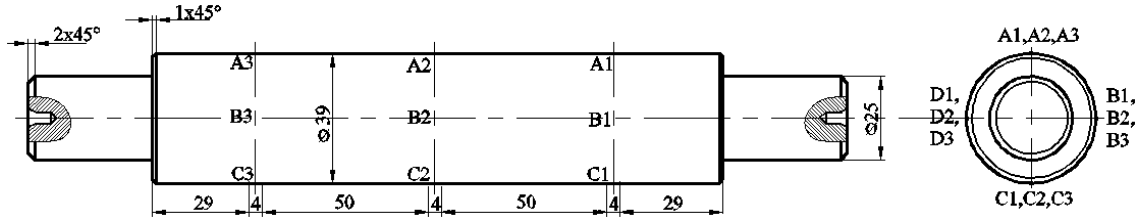
Şekil 6.9 Helisel kanallı taşın teknik resmi.

### 6.5.3. Yüzey pürüzlülük ve yuvarlaklık hatası ölçüm uygulaması

Taşlanan parçaların ölçüm işlemi gerçekleştirilmeden önce, yüzey pürüzlülük ölçme cihazının kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Çalışmada, ölçülen değerlendirme uzunluğunu (Ld), 4 mm alınmıştır. Daha önce yapılan akademik çalışmalarda bu uzunluklar; 0.076 mm, 0.25 mm, 0.76 mm ve 2.54 mm olarak alınmıştır. İmalat sanayinde ise maksimum 4 mm alınmaktadır. Ölçme işlemine geçmeden önce ortam sıcaklığı 20°C olarak ölçülmüş ve cihaz titreşimi kontrol edilmiştir. Taşlanan her numunenin yüzey pürüzlülüğü, işin yüzeyi basınçlı hava ile temizlendikten sonra ölçülmüştür.

Herhangi bir numunenin bir eksen üzerinde 170 mm tam işlenmiş bir boyu ölçmek mümkün değildir. Bundan dolayı taşlanan parçaların yüzey pürüzlülüğü, numunenin her iki ucu ve ortadan olmak üzere üç ayrı noktadan ve iş parçası, her seferinde 90° döndürülerek 4 ayrı eksen üzerinden alınmıştır. Yani her bir parçası 12 ayrı noktadan ölçülmüştür. Profilometrenin kurs uzunluğu 4 mm seçilmiştir. Tek bir eksen ölçümü sonucunda; yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ) değeri çıktı

olarak alınmıştır. Şekil 6.10'da numune parçanın yüzey pürüzlülüğü ölçüm uzunlukları görülmektedir.



Şekil 6.10 Yüzey pürüzlülüğü ölçüm eksenleri.

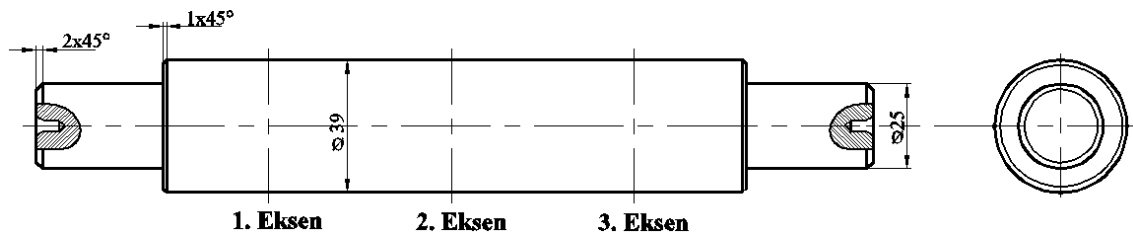
Yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçüm aralıkları;

A1, B1, C1, D1 için, 29 mm - 33 mm aralığıdır, (4 mm).

A2, B2, C2, D2 için, 83 mm - 87 mm aralığıdır, (4 mm).

A3, B3, C3, D3 için ise 137 mm - 141 mm aralıklarıdır, (4 mm).

Taşlanan parçaların yuvarlaklık hatası ölçümü numunenin her iki ucu ve ortadan olmak üzere üç ayrı noktadan alınmıştır. Yapılan üç ölçüm sonucu tek grafiğe yazdırılmış ve nümerik değerleri alınmıştır. Şekil 6.11'de yuvarlaklık hatası ölçümü yapılan yüzeyler (eksenler) görülmektedir.



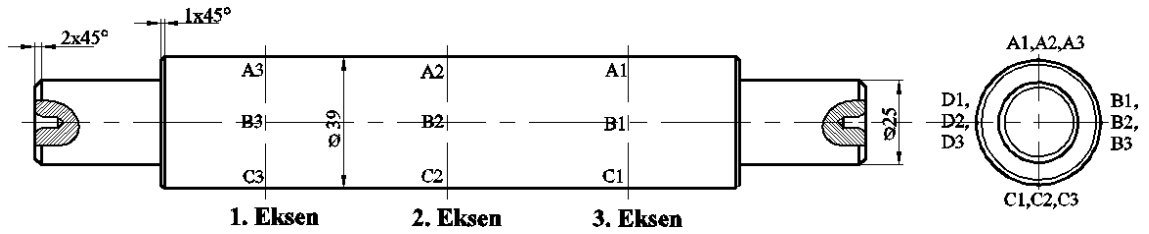
Şekil 6.11 Yuvarlaklık hatası ölçüm eksenleri.

Taşlanan numunelerin yüzey pürüzlülüğü TümosonAlçelik A.Ş. firmasının ölçme ve kontrol laboratuvarında kullanılan MahrPerthen cihazı ile 4 mm strok ayarlanarak yapılmıştır. Ayrıca, numunelerin yuvarlaklık hatası ölçümleri Supar A.Ş.'nin araştırma geliştirme laboratuvarında kullanılan MitutoyoRA-114 ovallik ölçüm cihazında yapılmıştır.

## 7. BULGULAR

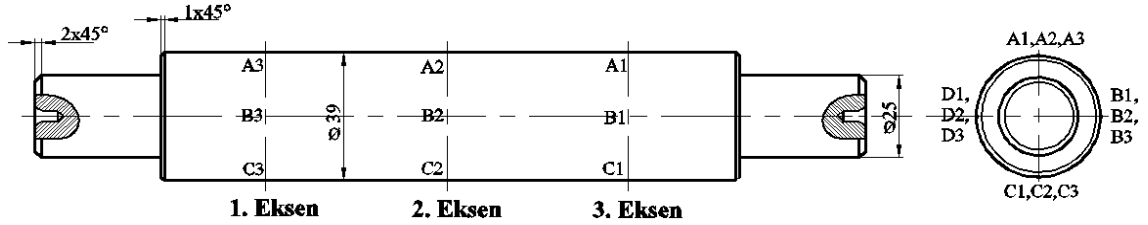
Düz ve farklı helis açılı taşların yüzey pürüzlüğüne ve yuvarlaklık hatasına etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Daha önce hesaplanan tüm işleme parametreleri ayarlandıktan sonra deneyler yapılmıştır. Düz yüzeyli zımpara taşı ve helisel kanallı zımpara taşları ile taşlama işleminden sonra varılan bulgular aşağıda verilmiştir.

Her bir numune için elde edilen pürüzlülük ve yuvarlaklık hatası ölçümleri Şekil 7.1'de gösterilen eksen aralıklarında yapılarak elde edilen grafik ve sayısal değerler belirtilmiştir.



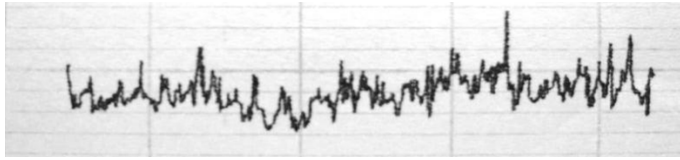
Şekil 7.1 Numune parçanın ölçüm eksenleri.

Şekil 7.2’de, düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



**Pürüzlülük Grafiği**

**$R_a(\mu\text{m})$**



0.51

Şekil 7.2 Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

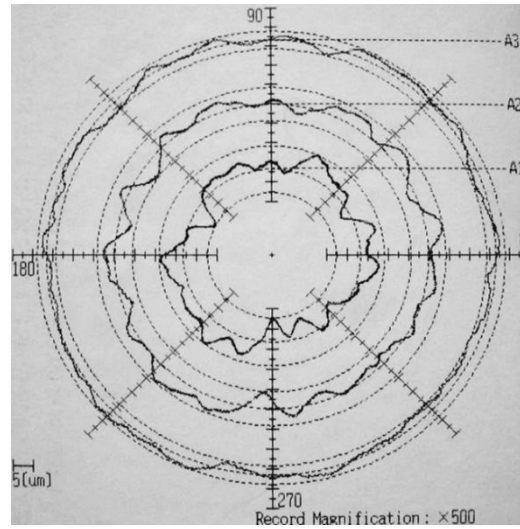
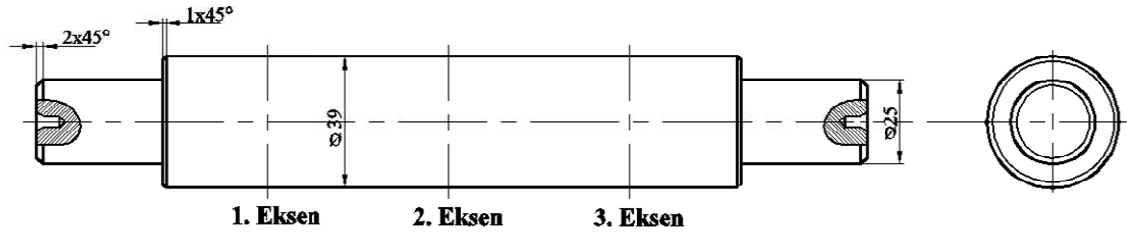
Çizelge 7.1’de düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

Çizelge 7.1 Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA ( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
Düz Yüzeyle Taş	Ç 1050	0.51	0.57	0.61	0.53	0.55	0.52	0.54
		0.52	0.54	0.53	0.54	0.52	0.52	
		0.54	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	
		0.54	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	



Şekil 7.3’de, düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



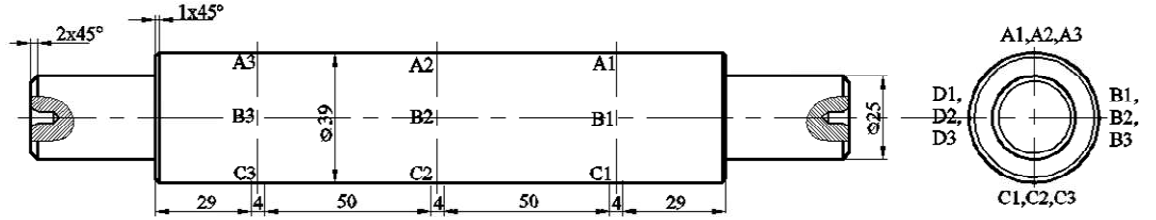
Şekil 7.3Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.2’de düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 7.2Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

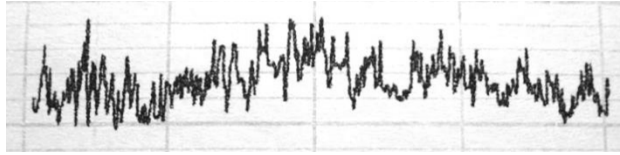
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama ( $\mu\text{m}$ )
A1	1.Eksen	11.8	8.33
A2	2.Eksen (Merkez)	8.5	
A3	3.Eksen	4.7	

Şekil 7.4'de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği

$R_a(\mu\text{m})$



0.56

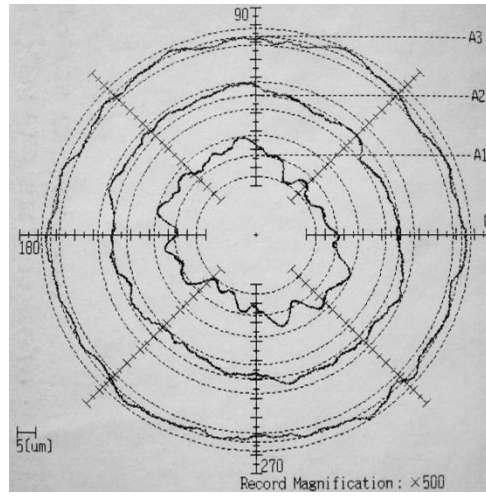
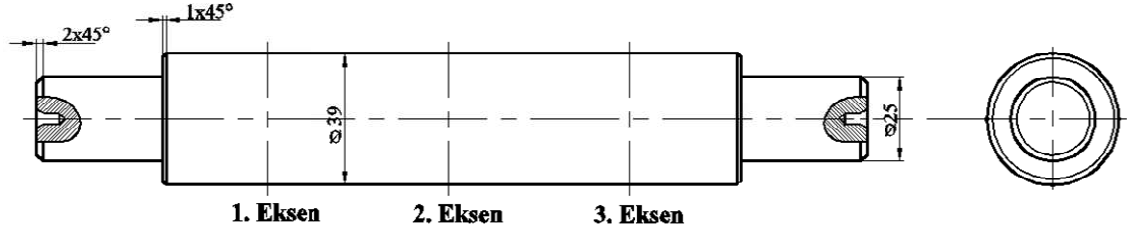
Şekil 7.4 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.3'de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

Çizelge 7.3 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
15° Helis açılı taş	Ç 1050	A1	0.64	A2	0.61	A3	0.51	0.58
		B1	0.63	B2	0.59	B3	0.53	
		C1	0.58	C2	0.60	C3	0.56	
		D1	0.59	D2	0.58	D3	0.51	

Şekil7.5’de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



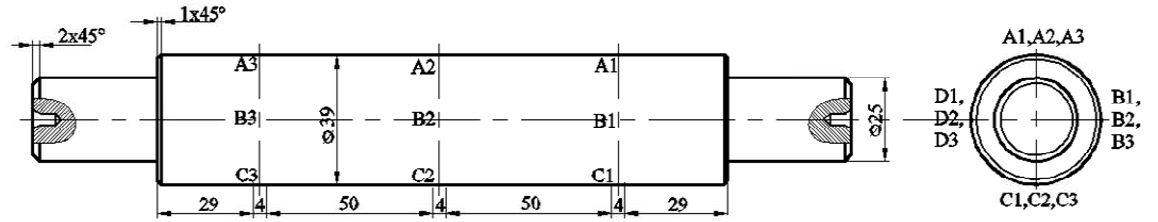
Şekil 7.5 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.4’de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 7.4 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

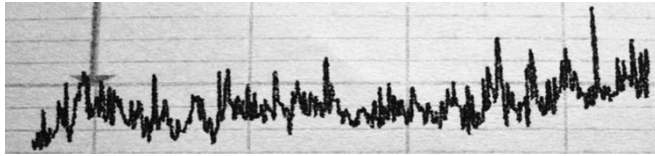
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	11.3	7.9
A2	2.Eksen (Merkez)	7.6	
A3	3.Eksen	4.8	

Şekil 7.6'da, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği

$R_a(\mu\text{m})$



0.54

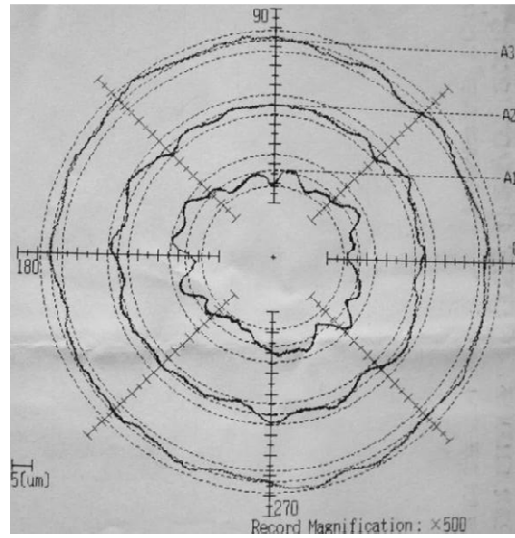
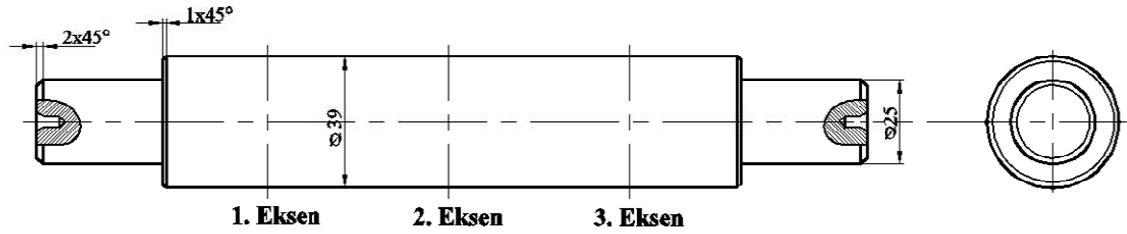
Şekil 7.6 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.5'de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.5** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
30° Helis açılı taş	Ç 1050	A1	0.54	A2	0.53	A3	0.51	0.53
		B1	0.50	B2	0.51	B3	0.61	
		C1	0.47	C2	0.50	C3	0.56	
		D1	0.50	D2	0.53	D3	0.61	

Şekil 7.7’de, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



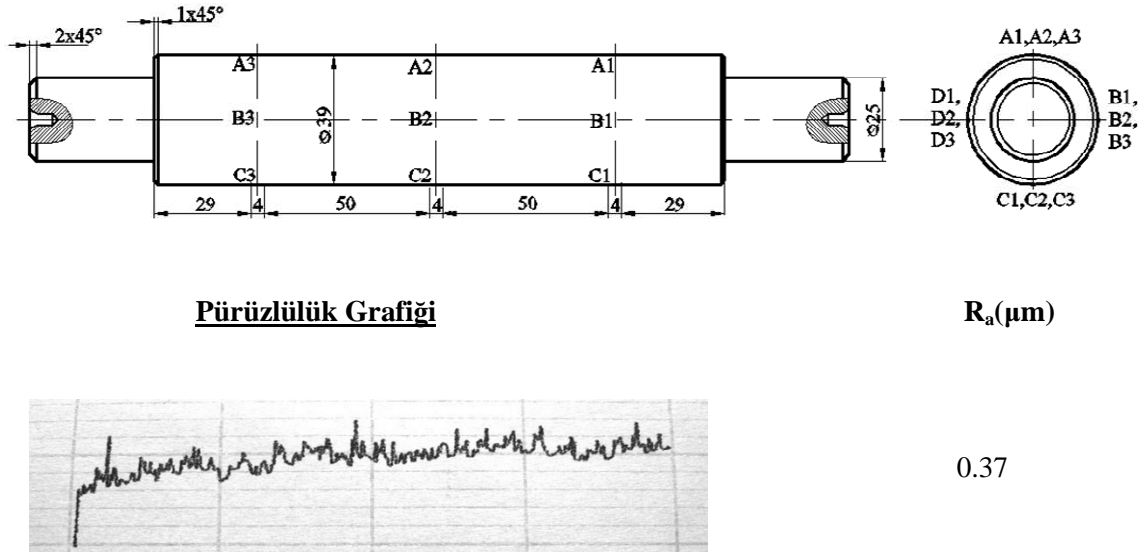
**Şekil 7.7** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.6’de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 7.6** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Ekseni	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama (µm)
A1	1.Eksen	7.9	6.1
A2	2.Eksen (Merkez)	5.1	
A3	3.Eksen	5.3	

Şekil 7.8'de, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



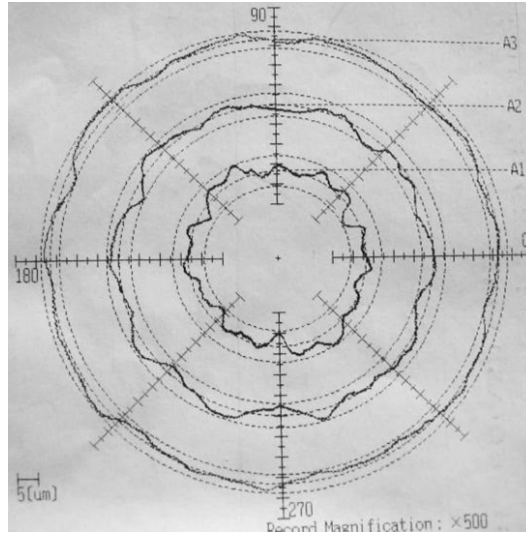
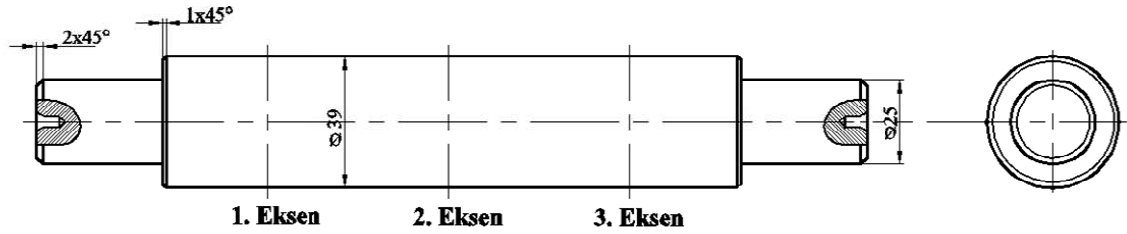
**Şekil 7.8** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.7'de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 1050 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.7** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
45° Helis açılı taş	Ç 1050	A1	0.48	A2	0.50	A3	0.35	0.48
		B1	0.37	B2	0.48	B3	0.56	
		C1	0.51	C2	0.46	C3	0.57	
		D1	0.45	D2	0.47	D3	0.53	

Şekil 7.9’da, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile  $\text{Ç } 1050$  malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



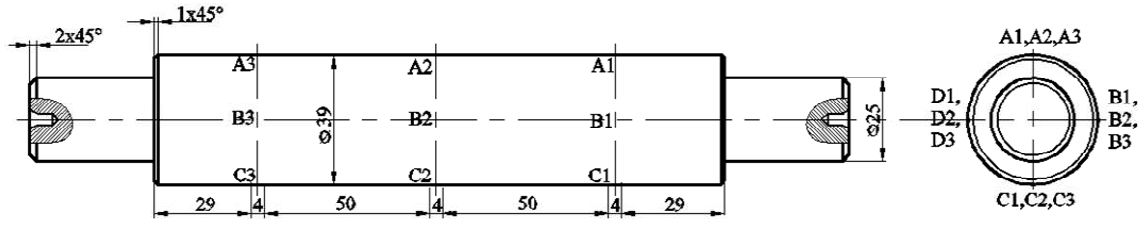
Şekil 7.9 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile  $\text{Ç } 1050$  malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.8’de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile  $\text{Ç } 1050$  malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

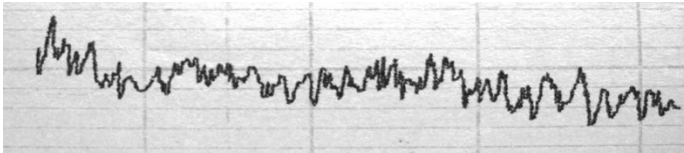
Çizelge 7.8 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile  $\text{Ç } 1050$  malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Ekseni	Ölçülen Değer ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama ( $\mu\text{m}$ )
A1	1.Eksen	7.5	5.9
A2	2.Eksen (Merkez)	5.8	
A3	3.Eksen	4.5	

Şekil 7.10’da, düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği



$R_a(\mu\text{m})$

0.48

**Şekil 7.10** Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

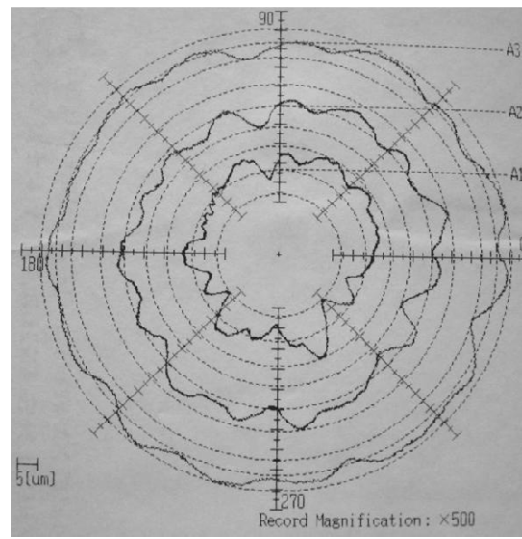
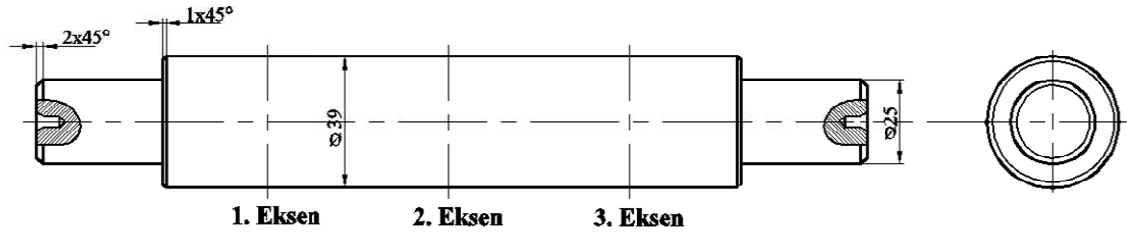
Çizelge 7.9’da düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.9** Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
Düz Yüzeyle Taş	Ç 4140	A1	0.48	A2	0.47	A3	0.43	0.46
		B1	0.42	B2	0.44	B3	0.49	
		C1	0.49	C2	0.46	C3	0.41	
		D1	0.50	D2	0.43	D3	0.46	



Şekil 7.11’de, Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



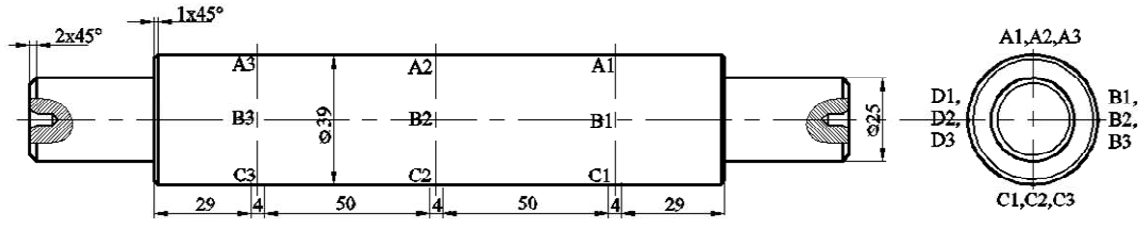
**Şekil 7.11** Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.10’de Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

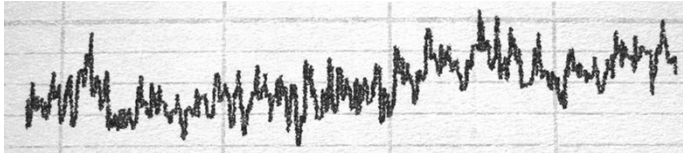
**Çizelge 7.10** Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	12.3	10.4
A2	2.Eksen (Merkez)	11.2	
A3	3.Eksen	7.7	

Şekil 7.12’de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği



$R_a(\mu\text{m})$

0.40

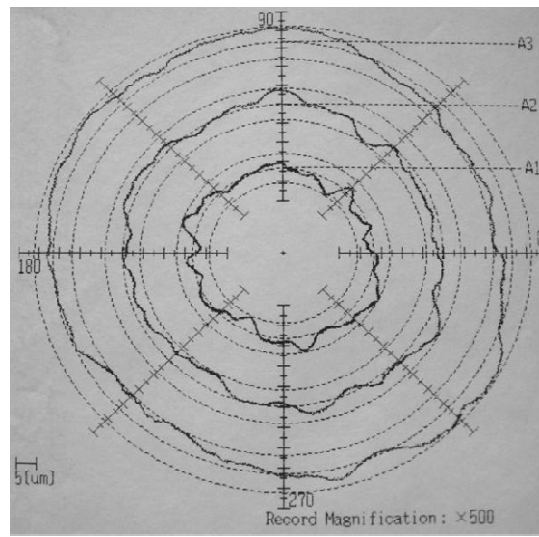
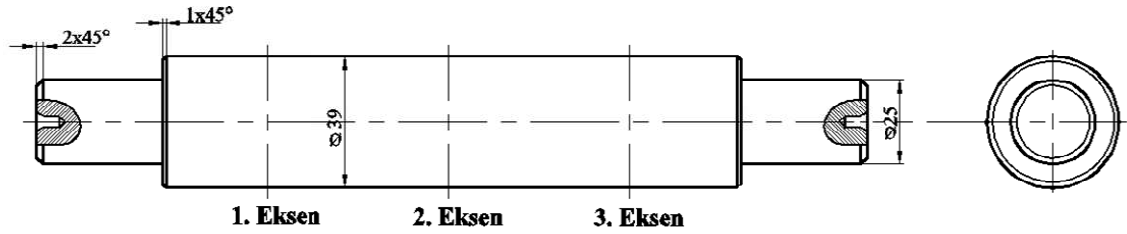
Şekil 7.12 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.11’de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.11** 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
15° Helis açılı taş	Ç 4140	A1	0.40	A2	0.42	A3	0.40	0.41
		B1	0.45	B2	0.40	B3	0.36	
		C1	0.39	C2	0.38	C3	0.44	
		D1	0.43	D2	0.45	D3	0.38	

Şekil 7.13’de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



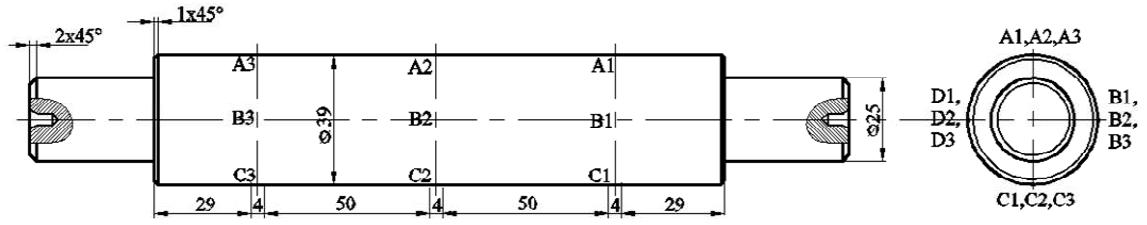
Şekil 7.13 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.12’de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

Çizelge 7.12 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

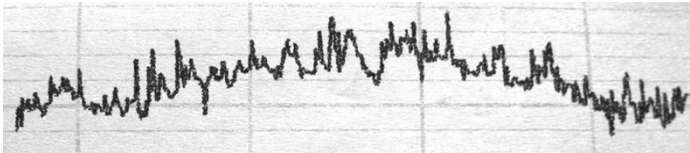
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Ekseni	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	7.7	8.4
A2	2.Eksen (Merkez)	8.2	
A3	3.Eksen	9.2	

Şekil 7.14'de, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



**Pürüzlülük Grafiği**

**$R_a(\mu\text{m})$**



0.53

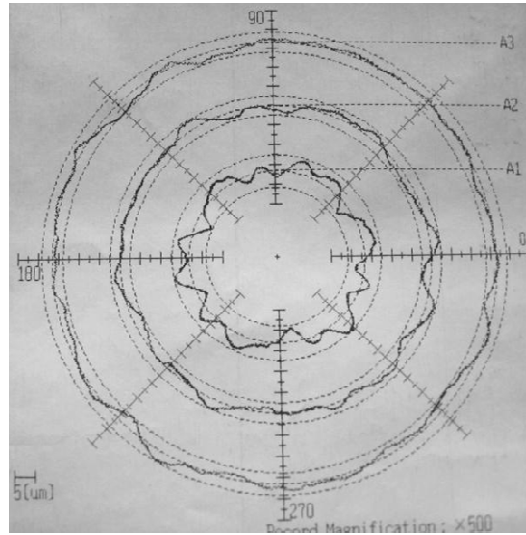
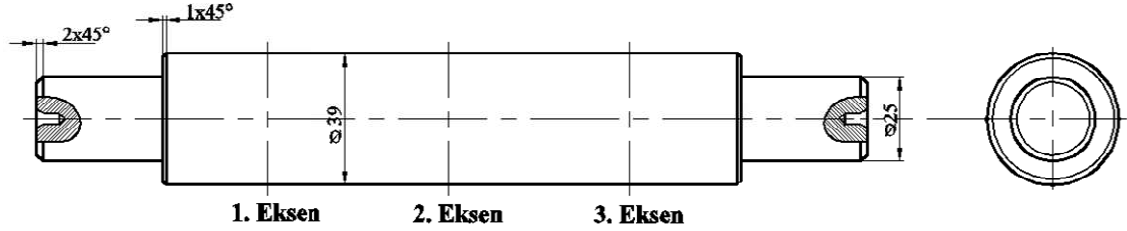
Şekil 7.14 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.13'de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

Çizelge 7.13 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
30° Helis açılı taş	Ç 4140	0.53	0.50	0.51	0.43	0.48	0.54	0.50
		0.51	0.52	0.48	0.48	0.48	0.48	
		0.48	0.51	0.51	0.48	0.48	0.48	
		0.48	0.51	0.51	0.48	0.48	0.48	

Şekil 7.15’de, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



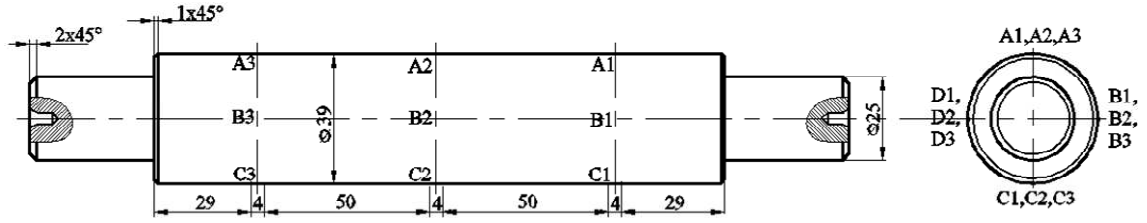
**Şekil 7.15** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.14’de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 7.14** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

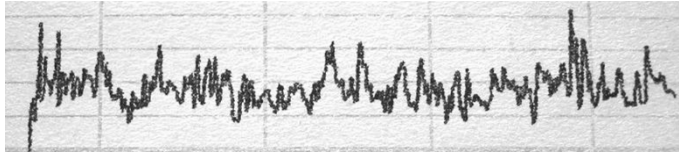
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	8.2	6.1
A2	2.Eksen (Merkez)	4.9	
A3	3.Eksen	5.3	

Şekil 7.16'da, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği

$R_a$  ( $\mu\text{m}$ )



0.40

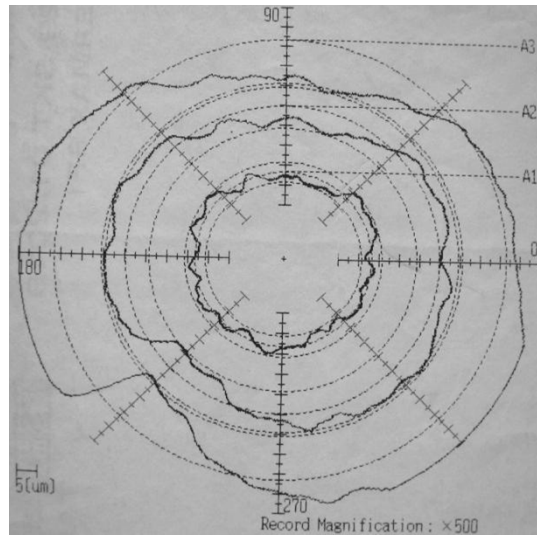
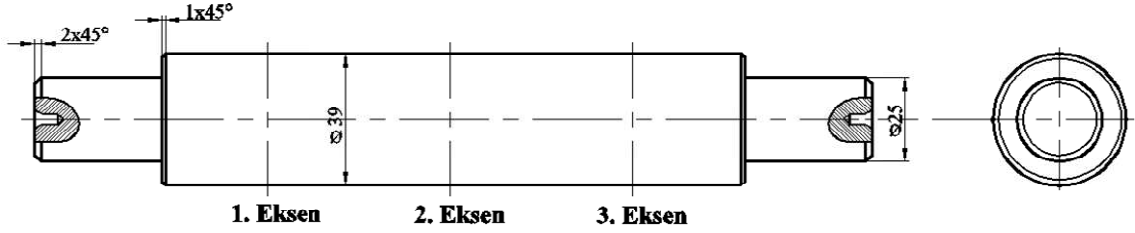
Şekil 7.16 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.15'de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 4140 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.15** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
45° Helis açılı taş	Ç 4140	A1	0.40	A2	0.44	A3	0.46	0.45
		B1	0.42	B2	0.47	B3	0.57	
		C1	0.45	C2	0.45	C3	0.38	
		D1	0.43	D2	0.41	D3	0.50	

Şekil 7.17’de, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



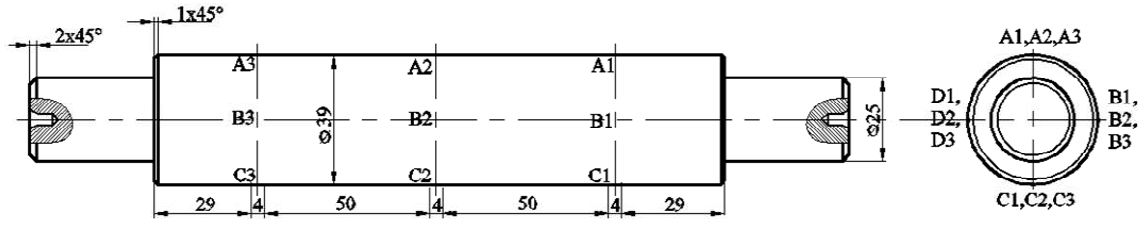
Şekil 7.17 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.16’de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 7.16** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

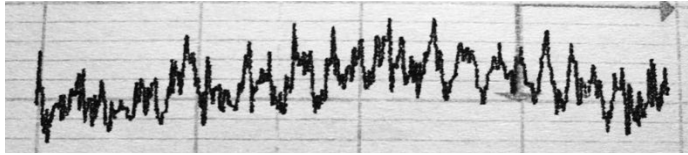
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Ekseni	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	5	13.4
A2	2.Eksen (Merkez)	11.3	
A3	3.Eksen	23.9	

Şekil 7.18’de, düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



**Pürüzlülük Grafiği**

**$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )**



0.75

**Şekil 7.18** Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

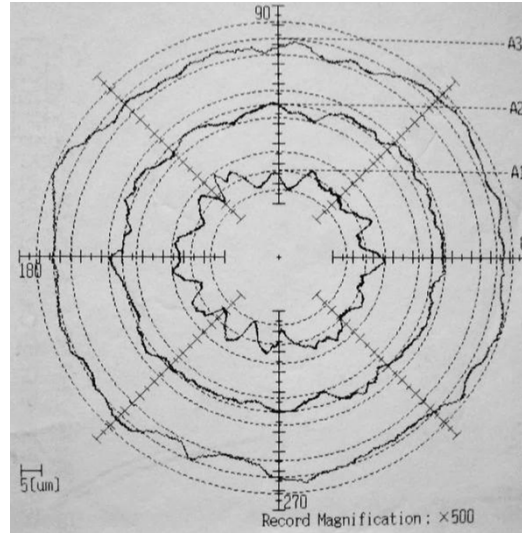
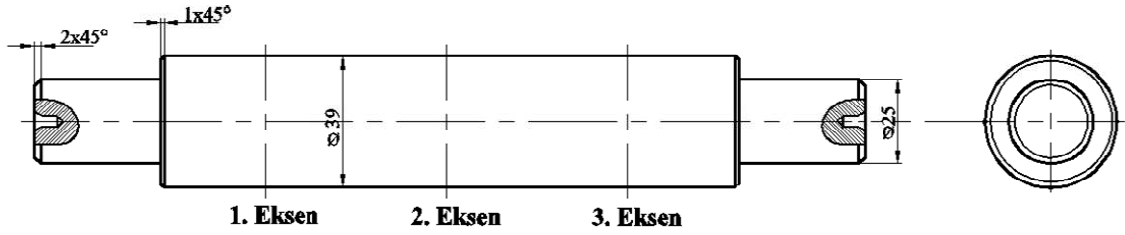
Çizelge 7.17’de düz yüzeyle zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.17** Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
Düz Yüzeyle Taş	Ç 7131	A1	0.75	A2	0.70	A3	0.67	0.72
		B1	0.76	B2	0.67	B3	0.88	
		C1	0.67	C2	0.71	C3	0.61	
		D1	0.69	D2	0.76	D3	0.79	

Şekil 7.19’da, Düz yüzeyle zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.





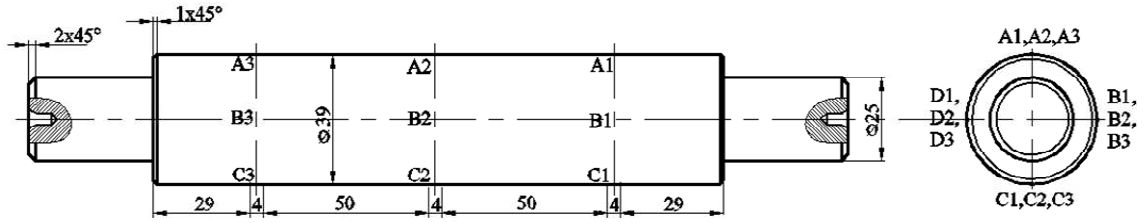
**Şekil 7.19** Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.18’de Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 7.18** Düz yüzeyli zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

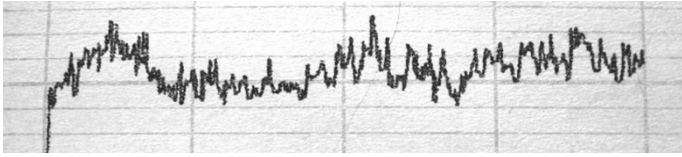
Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama( $\mu\text{m}$ )
A1	1.Eksen	9.6	8.2
A2	2.Eksen (Merkez)	6.9	
A3	3.Eksen	8.3	

Şekil 7.20’de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği

$R_a(\mu\text{m})$



0.45

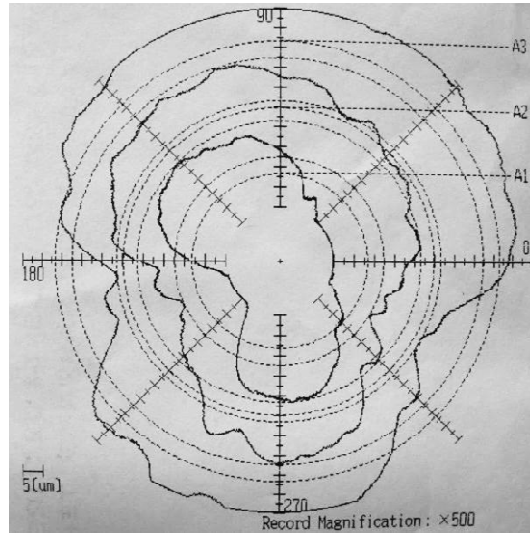
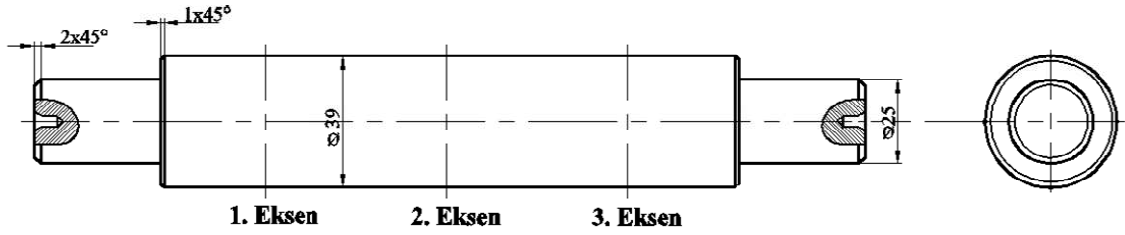
**Şekil7.20** 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.19'de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.19** 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
15° Helis açılı taş	Ç 7131	A1	0.45	A2	0.47	A3	0.39	0.51
		B1	0.54	B2	0.53	B3	0.52	
		C1	0.60	C2	0.50	C3	0.56	
		D1	0.58	D2	0.47	D3	0.51	

Şekil 7.21'de, 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



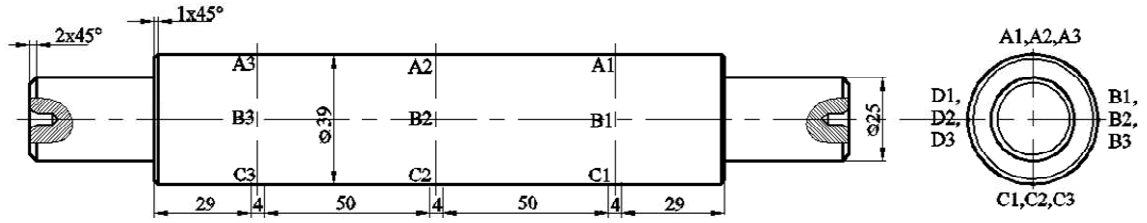
**Şekil 7.21** 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.20’de 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

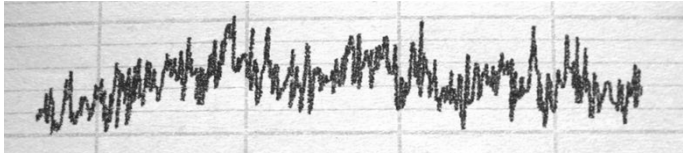
**Çizelge 7.20** 15° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer (μm)	Ortalama(μm)
A1	1.Eksen	26.7	27.2
A2	2.Eksen (Merkez)	25	
A3	3.Eksen	29.9	

Şekil 7.22’de, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği



$R_a(\mu\text{m})$

0.61

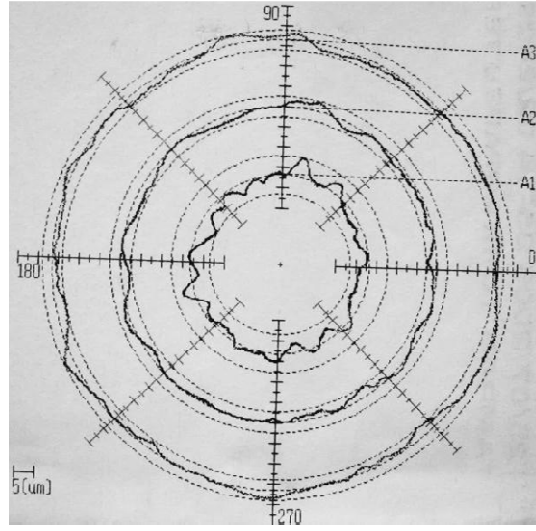
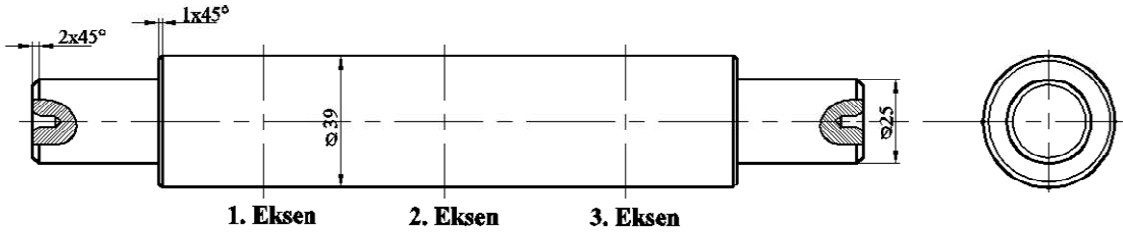
**Şekil 7.22** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.21’de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.21** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
30° Helis açılı taş	Ç 7131	A1	0.61	A2	0.56	A3	0.51	0.54
		B1	0.51	B2	0.51	B3	0.51	
		C1	0.58	C2	0.54	C3	0.54	
		D1	0.59	D2	0.51	D3	0.53	

Şekil 7.23’de, 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



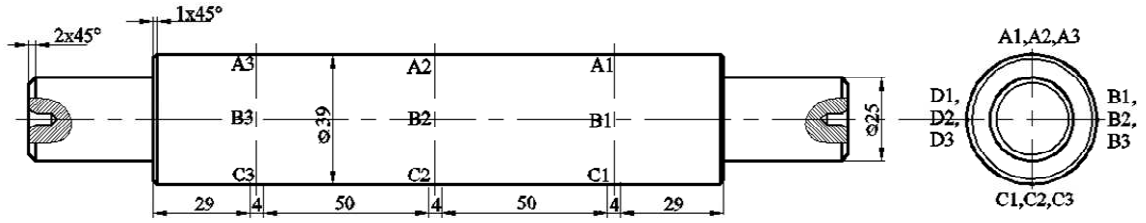
**Şekil 7.23** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.22’de 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

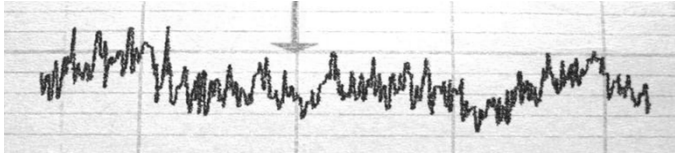
**Çizelge 7.22** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Ekseni	Ölçülen Değer (μm)	Ortalama(μm)
A1	1.Eksen	9.2	6.4
A2	2.Eksen (Merkez)	5.1	
A3	3.Eksen	4.9	

Şekil 7.24’de, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemede meydana gelen yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri görülmektedir.



### Pürüzlülük Grafiği



$R_a(\mu\text{m})$

0.56

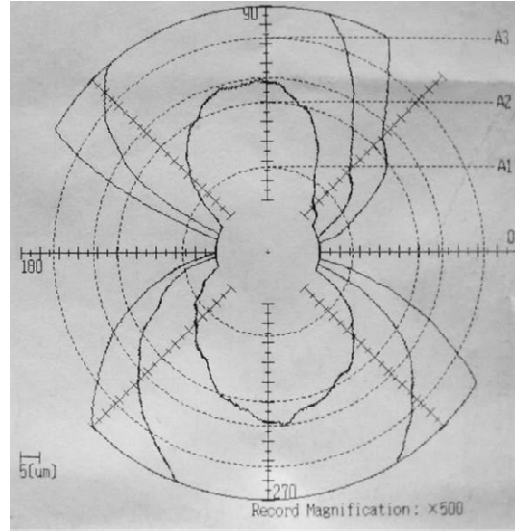
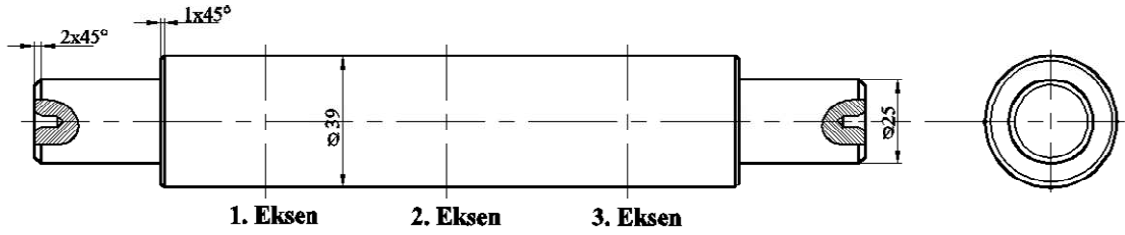
**Şekil 7.24** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük grafiği ve  $R_a$  değeri.

Çizelge 7.23'de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile taşlama işleminden sonra Ç 7131 malzemesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.23** 30° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları.

TAŞ	MALZEME	ÖLÇÜMLER( $\mu\text{m}$ )						ORTALAMA( $\mu\text{m}$ )
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	
45° Helis açılı taş	Ç 7131	A1	0.45	A2	0.56	A3	0.48	0.54
		B1	0.56	B2	0.53	B3	0.70	
		C1	0.57	C2	0.50	C3	0.48	
		D1	0.51	D2	0.52	D3	0.63	

Şekil 7.25'de, 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının grafiksel sonucu görülmektedir.



**Şekil 7.25** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının grafiksel sonuçları.

Çizelge 7.24'de 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin, taşlanması sonucu elde edilen, silindirik malzemenin yuvarlaklık hatasının ölçüm sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 7.24** 45° Helisel kanallı zımpara taşı ile Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatalarının ölçüm değerleri.

Ölçülen Eksen Sayısı	Ölçülen Referans Eksen	Ölçülen Değer (µm)	Ortalama(µm)
A1	1.Eksen	37.7	39.2
A2	2.Eksen (Merkez)	39.5	
A3	3.Eksen	40.4	

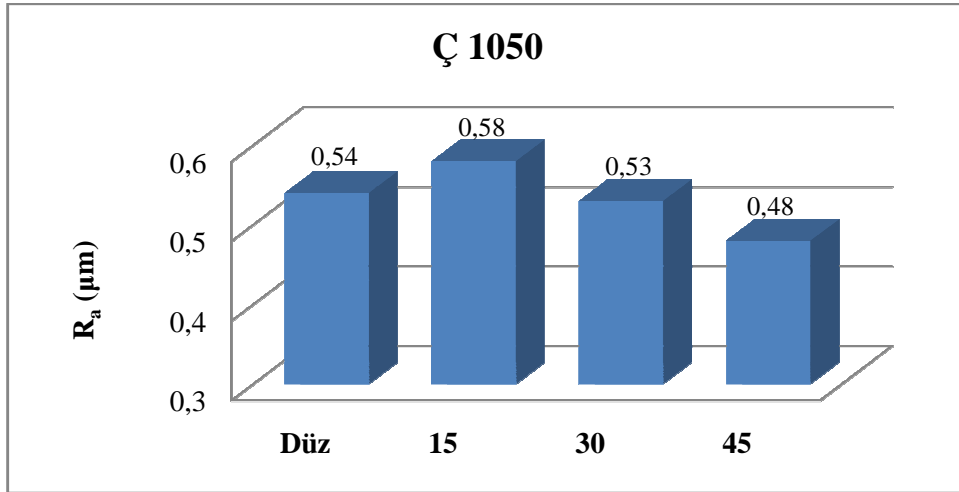
## 7.1. Sonuçlar

Ç 1050 malzemenin düz yüzeyle zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırılması Şekil 7.26'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 7 daha iyi,

30° helis kanallı taştan; % 1 ve

45° helis kanallı taştan; % 12 oranlarında daha kötü yüzey pürüzlülük değerinin ortaya çıktığı görülmektedir.



Şekil 7.26Ç 1050 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması.

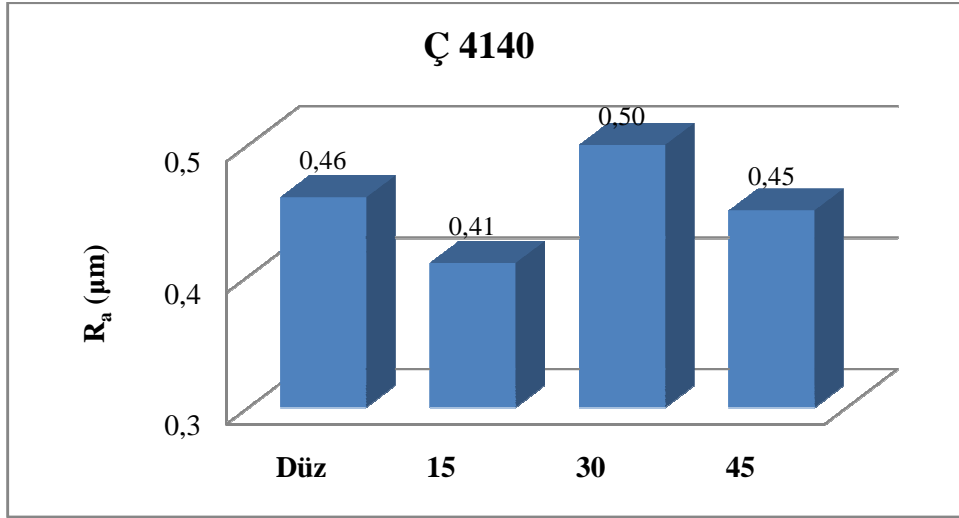
Ç 4140 malzemenin düz yüzeyle zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırılması Şekil 7.27'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 11 daha kötü,

30° helis kanallı taştan; % 9 daha iyi,

45° helis kanallı taştan; % 2 daha kötü oranlarında yüzey pürüzlülük değerinin ortaya çıktığı görülmektedir.





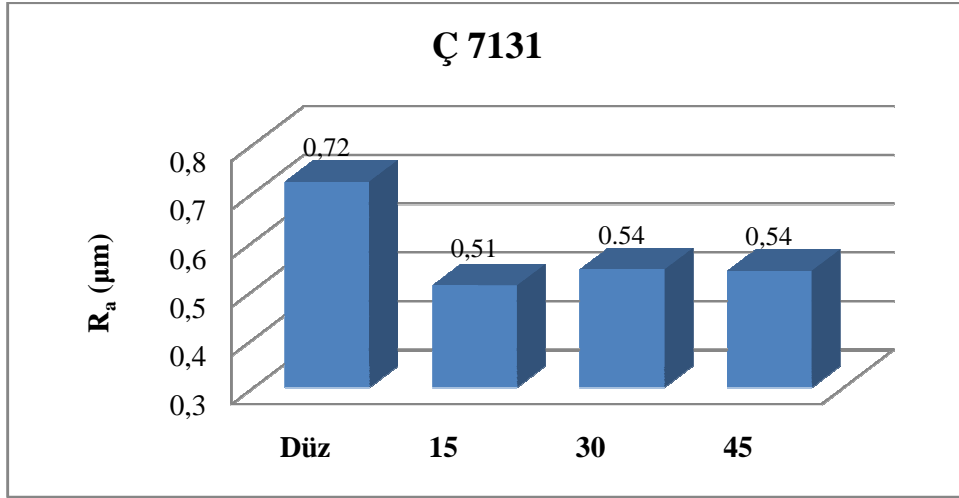
**Şekil 7.27** Ç 4140 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması.

Ç 7131 malzemenin düz yüzeyli zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırılması Şekil 7.28'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyli zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyli zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 29,

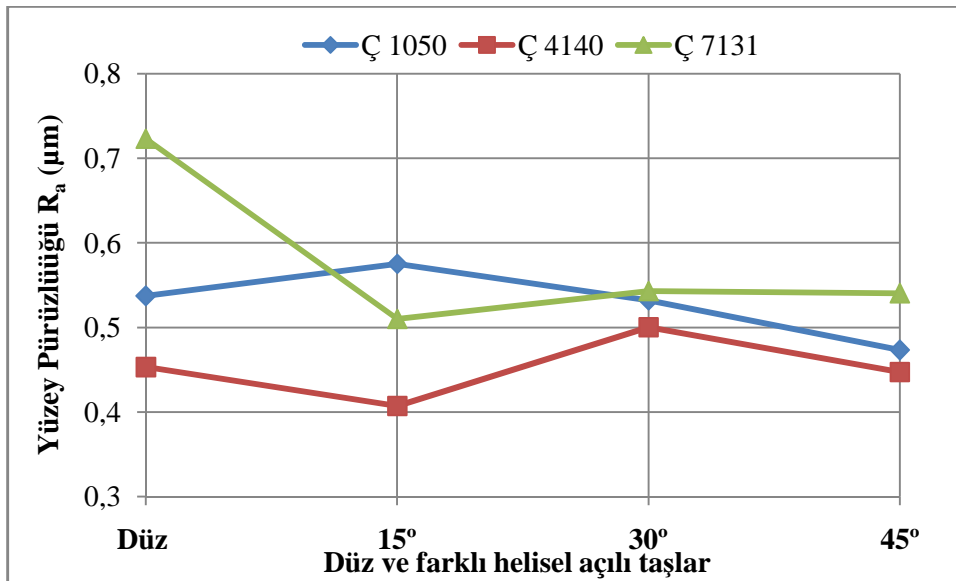
30° helis kanallı taştan; % 25 ve

45° helis kanallı taştan; % 25 oranlarında daha kötü yüzey pürüzlülük değerinin ortaya çıktığı görülmektedir.



**Şekil 7.28** Ç 7131 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması.

Düz ve farklı helisel kanallı taşlarla farklı malzemelerin işlenmesi sonucunda yüzey pürüzlülüğünün malzemeye göre değişimi Şekil 7.29’da gösterilmiştir.



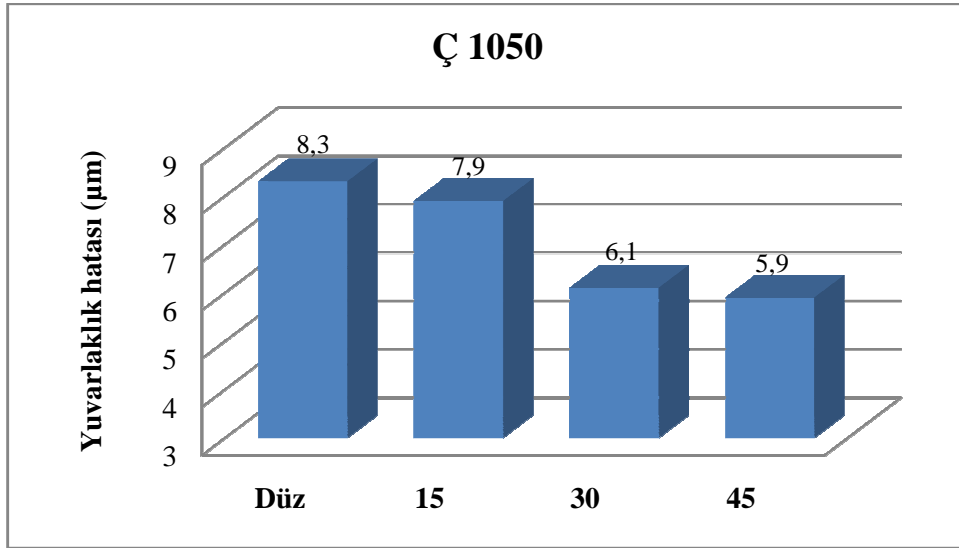
**Şekil 7.29** Yüzey pürüzlülüğünün malzemeye göre değişimi.

Ç 1050 malzemenin düz yüzeyle zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması Şekil 7.30'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 5,

30° helis kanallı taştan; % 27 ve

45° helis kanallı taştan; % 29 oranlarında daha kötü yuvarlaklık hatası değerinin ortaya çıktığı görülmektedir.



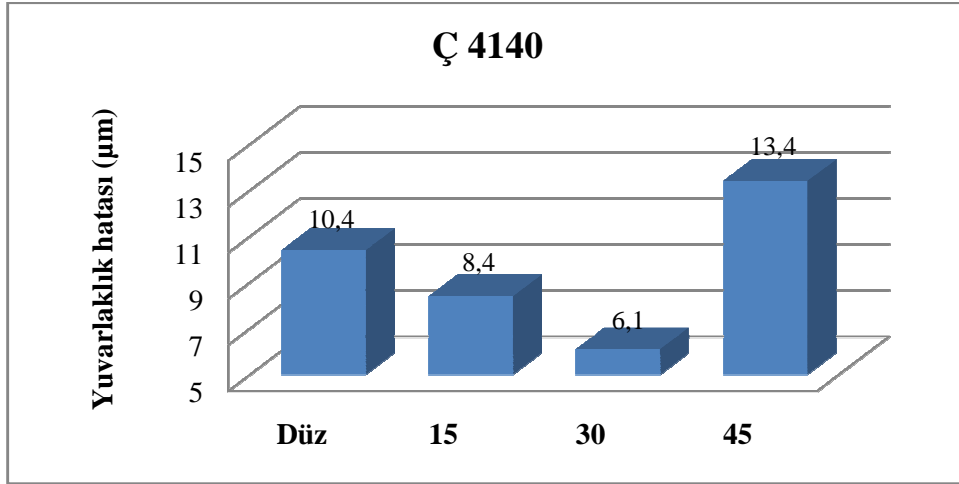
Şekil 7.30 Ç 1050 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması.

Ç 4140 malzemenin düz yüzeyle zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması Şekil 7.31'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyle zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 19 ve

30° helis kanallı taştan; % 41 daha kötü,

45° helis kanallı taştan; % 29 oranlarında daha iyi yuvarlaklık hatası değerinin ortaya çıktığı görülmektedir.



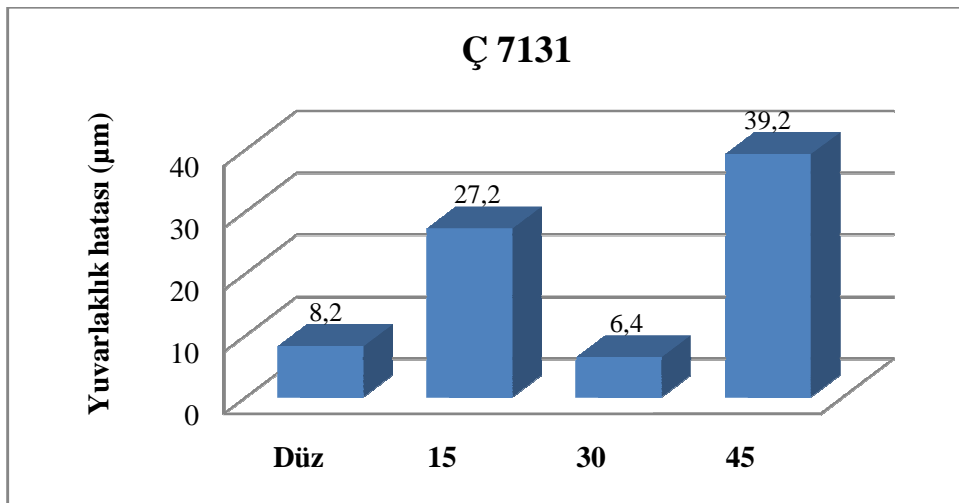
**Şekil 7.31** Ç 4140 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması.

Ç 7131 malzemenin düz yüzeyli zımpara taşı, 15°, 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla işlenmesi sonucu elde edilen yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması Şekil 7.32'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Düz yüzeyli zımpara taşı ile farklı helis açılı zımpara taşlarıyla işlemi sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri, %' de üzerinden değerlendirilmiştir. Düz yüzeyli zımpara taşı ile yapılan taşlama işleminin sonucunda elde edilen yuvarlaklık hatası değerleri;

15° helis kanallı taştan; % 232 daha iyi,

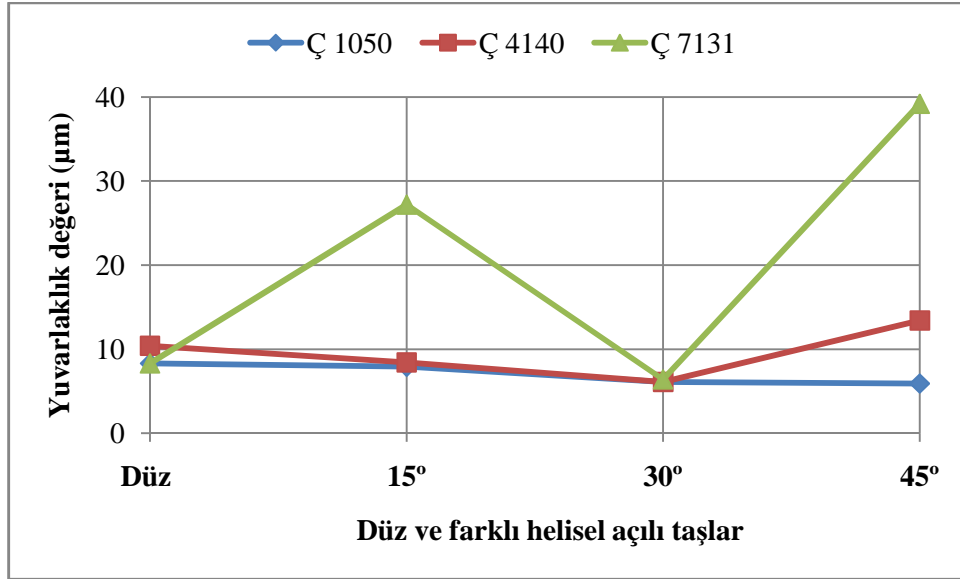
30° helis kanallı taştan; % 22 daha kötü,

45° helis kanallı taştan; % 378 oranında daha iyi değişen yuvarlaklık hatası değerleri elde edilmiştir.



**Şekil 7.32** Ç 7131 malzemenin yuvarlaklık hatası değerlerinin karşılaştırılması.

Düz ve farklı helisel kanallı taşlarla farklı malzemelerin işlenmesi sonucunda yuvarlaklık hatasının malzemeye göre değişimi Şekil 7.33’de gösterilmiştir.



Şekil 7.33 Yuvarlaklık hatasının malzemeye göre değişimi.

## 7.2. Yorumlar

Bu çalışmada; Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131 çelik malzemeler aynı özelliklere sahip dört farklı geometri (düz yüzeyli, 15°, 30° ve 45° helisel kanallı) taşlar ile silindirik taşlama işlemine tabi tutulmuştur. Deneysel neticesinde numunelerin “ortalama yüzey pürüzlüğü” ve “yuvarlaklık hatası” ölçümleri yapılmıştır. Düz ve farklı helis açılı taşların yüzey pürüzlüğüne ve yuvarlaklık hatasına etkileri deneysel olarak belirlenmiştir. Zımpara taşı, işlenecek malzemeye uygun olarak seçildiğinde; düz yüzeyli zımpara taşı ile taşlama işlemi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ile farklı helisel kanallı zımpara taşlarının kullanılması sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri arasında farklılıklar olduğu saptanmıştır. Bu farklar, yüzey pürüzlülük değerlerini olumlu olarak etkilemiştir.

Ç 1050 malzemenin taşlanması sırasında oluşan yüzey pürüzlülükleri değerlendirildiğinde sadece 15° helis kanallı taşın yüzey pürüzlülüğü düz yüzeyli taştan daha fazladır. 30° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla Ç 1050 malzemenin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değeri düz yüzeyli zımpara taşından elde edilen yüzeyden daha iyi netice alınmıştır. Ç 4140 malzemenin taşlanması sırasında oluşan yüzey pürüzlülükleri değerlendirildiğinde sadece 30° helis kanallı taşın yüzey pürüzlülüğü düz yüzeyli taştan daha fazladır. 15° ve 45°'lik helis kanallı taşlarla Ç 4140 malzemenin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değeri düz yüzeyli

zımpara taşından elde edilen yüzey den daha iyi netice alınmıştır. Ç 7131 malzemenin taşlanması oluşan yüzey pürüzlülükleri değerlendirildiğinde düz yüzeyli taştan elde edilen yüzey pürüzlülüğü helisel kanallı taşlardan elde edilenden daha fazladır.

Yüzey kalitesinin artmasını sağlayan, helisel oluklu taştaki, geometrik farklılık göz önüne alındığında; düz yüzeyli taşın, iş parçasına temas ederek kaldırdığı talaş yüzeyinin, helisel kanallı taştan daha az olmasından dolayı, otlamanın olmaması bir etkidir. Öyle ki; düz yüzeyli taştan, iş parçasına temas eden yüzey yani taş genişliği 40 mm iken, helisel kanallı taştan, bu yüzey, 0 dan 40 mm kademeli olarak artarak temas etmektedir. Bu da talaşın kolay boşalmasına, soğutma sıvısının daha iyi yağlama ve soğutma yapmasına, kuvvetin azalmasına, sürtünmenin dolayısıyla sıcaklığın azalmasına sebep olmaktadır. Bu da taşlama kusurlarından biri olan otlama olayını en aza indirgemektedir. Helisel oluklu taştaki helis açısı yüzey kalitesinin artmasını sağlayan bir diğer etkidir. Deney sonuçlarında tam net bir eğilim olmamakla beraber helis açısının artmasıyla yüzey kalitesi biraz daha iyileşmektedir. Zımpara taşı çevresindeki helisel olukların sayısının artırılması ya da azaltılması yüzey kalitesine ne şekilde etkileyeceği de ayrı bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaya [1], “Silindirik Taşlamada Helisel Kanallı Taşların Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi” adlı çalışmada; Kesme yüzeyinde meydana gelen talaşlar yüzeye zarar vermeden helisel oluklar yardımıyla kesme noktasından uzaklaştığını, bu olay da yüzey kalitesinin artmasını neden olduğu belirtilmiştir. Farklı helis açılı taşlarla yapılan bu çalışma, Kaya'nın ya çalışmayla paralellik göstermekte ve desteklemektedir.

Taşlanan malzemeler açısından değerlendirildiğinde en düşük yüzey pürüzlülüğü Ç 4140 malzemenin işlenmesiyle elde edilmiştir. İkinci kaliteli yüzey Ç 1050 malzemesinin işlenmesiyle oluşmuştur. En kötü yüzey kalitesi ise Ç 7131 malzemesinin taşlanmasıyla oluşmuştur.

Düz yüzeyli zımpara taşı ile taşlama işlemi sonucunda elde edilen yuvarlaklık hataları değerleri ile farklı helisel kanallı zımpara taşlarının kullanılması sonucunda elde edilen yuvarlaklık hataları değerleri arasında farklılıklar olduğu saptanmıştır. Bu farklar, yuvarlaklık hataları değerlerini olumlu olarak etkilemiştir. Ç 1050 malzemenin taşlanması oluşan yuvarlaklık hataları değerlendirildiğinde düz yüzeyli taştan elde edilen yuvarlaklık hataları helisel kanallı taşlardan elde edilenden daha fazladır. Ç 4140 malzemenin taşlanması oluşan yuvarlaklık hataları değerlendirildiğinde sadece 45° helis kanallı taşın yuvarlaklık hataları düz yüzeyli taştan daha fazladır. 15° ve 30°'lik helis kanallı taşlarla Ç 4140 malzemenin işlenmesi sonucu elde edilen yuvarlaklık hataları değeri düz yüzeyli zımpara taşından elde edilen yüzey den daha iyi netice alınmıştır. Ç 7131 malzemenin taşlanması oluşan yuvarlaklık hataları

değerlendirildiğinde ise 15° ve 45° helis kanallı taşın yuvarlaklık hataları düz yüzeyli taştan daha fazladır. 30° helis kanallı taşın yuvarlaklık hatası düz yüzeyli taştan daha düşüktür.

Taşlanan malzemeler açısından değerlendirildiğinde en düşük yuvarlaklık hataları Ç 1050 malzemenin işlenmesiyle elde edilmiştir. Ç 4140 malzemesinin işlenmesiyle ikinci az yuvarlaklık hatalı işleme gerçekleştirilmiştir. En kötü yuvarlaklık hatasına ise Ç 7131 malzemesinin taşlanmasıyla oluşmuştur.

### KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Kaya E., 2007, Silindirik Taşlamada Helisel Kanallı Taşların Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 105 s.
- [2] Köklü U., 2009, Değişik Şekillerde Aralıklı (Kesikli) Yüzeylerin Taşlanmasında Oluşan Şekil Hatalarının Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 206 s.
- [3] Sak C., 1986, Genel Taşlamacılık, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 180 s.
- [4] Çelik L., 2010, Taşlama İşleminde Titreşimin İzlenmesi ve Yüzey Pürüzlülüğünün Regresyonla Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 133 s.
- [5] Bağcı M., Erişgin Y. ve Aslaner M., 1996, Taşlamacılık ve Alet Bileme Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, 135-150 s.
- [6] Aslantaş K., Taşlama ve Taşlama Tezgahı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 31 s.
- [7] Balcı B., 2008, AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Malzemesinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , 87 s.
- [8] İşbilir F., 2006, Takım Ömrünün Sebep-Sonuç Diyagramları İle Açıklanması, Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Ömrüne Etkili Faktörlerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 87 s.
- [9] Güllü A., 1995, Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 220 s.
- [10] Demir H., 1998, Alüminyum Oksit Zımpara Taşlarıyla Silindirik Taşlamada Çeşitli Çelikler İçin Taşlama Oranlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s.
- [11] Töre C., 2005, Geometrik Toleranslar, Bileşim Yayıncılık, Ankara.
- [12] Demir H. ve Güllü A., 2007, Taş Dokusunun Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Kuvvetlerine Etkilerinin İncelenmesi, Makale, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi, Cilt 23, No 1, 1-7 s.
- [13] Demir H. ve Güllü A., 2008, Taş Sertliği ve İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Kuvvetlerine Etkilerinin İncelenmesi, Makale, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No3, 1-8 s.



### **KAYNAKLAR DİZİNİ(Devam)**

- [14] Demir H. ve Güllü A., 2001, Taşlamada Parametrelerin Etkisi, Makale, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, 189-198 s.
- [15] www.Belgeler.com, Ödev ve Tez Kategorisi, 1-4 s, (20.03.2011).
- [16] Rafai, N. H., Islam, 2009, M. N., An Investigation into Dimensional Accuracy and Surface Finish Achievable In Dry Turning, Machining Science and Technology, Cilt 13, No 4, 571–589.
- [17] Latha, B., Senthilkumar, V. S., 2010, Modeling and Analysis of Surface Roughness Parameters in Drilling GFRP Composites Using Fuzzy Logic, Materials and Manufacturing Processes, Cilt 25, No 8, 817–827.
- [18] Bakkal, M., Nakşiler, V., 2009, Cutting Mechanics of Bulk Metallic Glass Materials on Meso-End Milling, Materials and Manufacturing Processes, Cilt 24, No 12, 1249– 1255.
- [19] Lin, S.Y., Liu, Y.C., Huang, C.W., 2008, An Investigation of Surface Grinding Characteristics for Titanium Alloy with CBN Wheel, Key Engineering Materials, Cilt 364-366, 237-242.
- [20] Nakayama, K., Takagi, J. and Abe T., Grinding Wheel with Helical Grooves- An Attempt to Improve the Grinding Performance Ann. CIRP 25 1 (1977), pp. 133–138.
- [21] Shaji S. and Radhakrishnan, 2002, Investigations on the application of solid lubricants in grinding, Journal of Engineering Manufacture, 216, pp. 1325-1343.
- [22] Shaji S. and Radhakrishnan, V. Application of solid lubricants in grinding: investigations on graphite sandwiched grinding wheels, Machining Science and Technology 7 (2003) (1), pp. 137–155.
- [23] Kim, J.D.; Kang, Y.H.; Jin D.X.; Lee, Y.S., 1997, Development of Discontinuous Grinding Wheel With Multi-Porous Grooves, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 37 (11) ,1611–1624.
- [24] Jin, D.X., Meng, Z., 2004, Research for Discontinuous Grinding Wheel with Multi-porous Grooves, Key Engineering Materials Vols., 259-260 117-121.
- [25] Suzuki, K., Uematsu, T., Nakagawa, T., 1993, Highly Efficient Finishing of Ceramics by Helical Scan Grinding, Proceedings of the International Conference on Machining of Advanced Materials, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, p.17.
- [26] Zhang, B., 1999, Helical Scan Grinding of Brittle and Ductile Materials, Journal of Materials Processing Technology 91:196–205.