

**TORNALAMA İŞLEMİNDE LUNET KULLANIMININ
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Abdurrahman EYİĞÜN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2014**

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

**TORNALAMA İŞLEMİNDE LUNET KULLANIMININ
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Abdurrahman EYİGÜN
(201192091084)**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. M.Şemseddin ÇİMEN**

**SİVAS
ARALIK 2014**

ABDURRAHMAN EYİGÜN’ün hazırladığı ve “**Tornalama İşleminde Lunet Kullanımının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.M. Şemseddin ÇİMEN

Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Yrd.Doç.Dr.Ahmet AKKUŞ

Cumhuriyet Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr.Ü.Nazlı TEMEL

Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

TELİF HAKKI

Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Abdurrahman EYİGÜN, 2014

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

17/12/2014

Adurrahman EYİĞÜN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmalarımın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. M. Şemseddin Çimen'e ve tez çalışmam boyunca yardımcı olan TCDD Vagon Bakım ve Lokomotif Bakım Atölyeleri çalışanlarına teşekkür ederim.

ÖZET

TORNALAMA İŞLEMİNDE LUNET KULLANIMININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Abdurrahman EYİĞÜN

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Şemseddin ÇİMEN

2014, 62+xiii sayfa

Bu çalışmada, torna tezgahlarında kullanılan lunetlerin yüzey kalitesine etkisi incelenmiştir. Yapılan deneyler üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Çalışmada ilk olarak, malzeme çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi, daha sonra sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi, son olarak da hareketli lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, universal torna tezgahına bağlanan iş parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde; devir, kesme hızı, ilerleme, paso derinliği ve malzeme türü sabit tutulmuştur. Kesme sıvısı kullanılmamıştır. Her bir tornalama işlemi sonunda malzemenin değişik noktalarından yüzey pürüzlülüğü ölçülerek grafikler halinde sunulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda tornalama işleminde lunet kullanımının yüzey kalitesini iyileştirdiği ve takım ile lunet arasındaki mesafe arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Tornalama, yüzey pürüzlülüğü, titreşim, sabit lunet, hareketli lunet, kesme kuvveti.

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF EFFECTS OF USING LUNET TO SURFACE QUALITY IN LATHE

Abdurrahman EYİĞÜN

Master of Science Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Dr. M. Şemseddin ÇİMEN

2014, 76 pages

In this study, the effects of using lunet to surface quality in lathe were investigated. The experiments were applied in three different categories. In the beginning of the study, the effects of diameter of workpiece to surface roughness, after that, the effects of using stationary lunet to surface roughness, in the end, the effect of using moving lunet to surface roughness were investigated experimentally. The experiments were done with workpieces in universal lathe. During experiments, range of speed and cutting speed and range of feed and chip thickness and tool material and workpiece material were held stationary. Cutting fluid was not used. At the end of the every lathing process, surface roughness was measured from different points on the material and the results were presented with graphics. According to these experimental results, surface roughness reduces by using lunet in lathing process, and it was founded that surface roughness increases when the distance between the cutting tool and the lunet increases.

Key Words: Turning, surface roughness, vibration, stationary lunet, moving lunet, cutting force.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TELİF HAKKI.....	iv
ETİK	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. TALAŞ KALDIRMA YÖNTEMLERİNİN ESASLARI	4
2.1 Kesme Sıvılarının Özellikleri ve Sınıflandırılması	8
2.1.1 Emülsiyon kesme sıvıları	10
2.1.2 Kesme Yağları.....	10
2.1.3 Kimyasal veya Sentetik Kesme Sıvıları.....	10
2.1.4 Gazlar	10
2.2 Kesici Takımlar	11
2.2.1 Sinterlenmiş Karbürler	12
2.3 Talaş Kaldırmaya Etki Eden Faktörler.....	13
2.4 Tornalamada Talaş Kaldırma Çeşitleri	15
2.5 Tornalama İşleminde Kesme Kuvvetleri	16
2.5.1 Kesme Kuvvetinin Etkileri.....	18
2.5.2 Kesme Kuvvetlerinin Analizi.....	19
3. TORNALAMA İŞLEMİNDE LUNET KULLANIMI VE TİTREŞİMLER	20
3.1 Tornalama İşleminde Titreşim	20
3.2 Tornalama İşleminde Lunet kullanımı	22
3.3 Lunet Türleri	24
4. TALAŞLI İMALATTA İŞLEME KALİTESİ.....	27
4.1 Boyut Kalitesi	27
4.1.1 Boyut Toleransları.....	29
4.2 Geometrik Kalite	30
4.3Yüzey Kalitesi.....	33

4.3.1 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	35
4.4 İşleme Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	38
4.4.1. Takım tezgahına ait sapmalar	38
4.4.2. Tutturma sistemine ait hatalar	38
4.4.3. Takım sistemine ait hatalar	38
4.4.4. Ortamın etkisi.....	38
5. MATERYAL VE METOD	39
5.1 Materyaller	39
5.2 Deneylerin Yapılışı	40
5.2.1 Malzeme Çapı Değiştirilerek Yapılan Yüzey pürüzlülüğü deneyleri.....	40
5.2.2 Sabit Lunet Kullanılarak Yapılan Yüzey Pürüzlülüğü deneyleri.....	41
5.2.3 Hareketli Lunet Kullanılarak yapılan Yüzey pürüzlülüğü deneyleri.....	43
6.DENEY SONUÇLARI	45
6.1 Malzeme Çapındaki Değişimin Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi	45
6.2 Sabit Lunet Kullanımının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	47
6.3 Hareketli Lunet Kullanımının Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi	50
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
7.1 Malzeme çapındaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi.....	51
7.2. Sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi.....	53
7.3 Hareketli lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi.....	55
7.4 Hareketli Lunetli, Sabit Lunetli ve Lunetsiz Tornalama.....	56
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Talaş oluşumu	4
Şekil 2.2	Tornalama	5
Şekil 2.3	Frezeleme	6
Şekil 2.4	Delme	6
Şekil 2.5	Planyalama – Vargelleme – Broşlama	7
Şekil 2.6	Taşlama yöntemleri	7
Şekil 2.7	Talaşlı imalatla kullanılan kesici takımların sertliklerine göre sıralanışı	12
Şekil 2.8	Silindirik tornalama sırasında oluşan boyutlar	14
Şekil 2.9	İlerleme	15
Şekil 2.10	Pozitif ve negatif açılı kesmede kesici takıma gelen kuvvetler	16
Şekil 2.11	Tornalamada kesme kuvvetleri	17
Şekil 2.12	Kesme kuvveti bileşenlerinin oranları	17
Şekil 2.13	F_k, F_i, F_r kuvvetlerinin kesici takıma etkileri	18
Şekil 2.14	Talaş açısına bağlı olarak kesme kuvvetlerinin değişmesi	19
Şekil 2.15	Ayar açısına bağlı olarak ilerleme kuvvetlerinin değişmesi	19
Şekil 3.1	Parça – takım – tezgah titreşimleri	20
Şekil 3.2	Kesme kuvvetlerinin gösterimi	21
Şekil 3.3	Tornalama işleminde titreşim	21
Şekil 3.4	Uzun iş parçası	22
Şekil 3.5	Lunet ve lunetlerle tornalama	23
Şekil 3.6	Kesme kuvvetleri ve lunet karşıt kuvvetleri	24
Şekil 3.7	Lunet tipleri ve kullanım alanları	25
Şekil 3.8	Lunet tipleri ve kullanım alanları	26
Şekil 4.1	Çift taraflı tolerans	29
Şekil 4.2	Tek taraflı tolerans	29
Şekil 4.3	Sınır boyutlar	29
Şekil 4.4	Silindirik şekle göre sapmalar	30
Şekil 4.5	Yüzey Sapmaları	30
Şekil 4.6	Eksen Sapmaları	31
Şekil 4.7	Şekil Toleransları ve Simgelenmesi	32

Sayfa

Şekil 4.8	Ana, aktif ve serbest yüzeyler	32
Şekil 4.9	Yüzey Pürüzlülüğü ve Değerlendirilmesi	34
Şekil 4.10	Yüzey Pürüzlülüğü	34
Şekil 4.11	Yüzey Pürüzlülüğü ile ilgili örnekler	36
Şekil 4.12	Yüzey işleme yöntemleri ve erişilebilecek yüzey pürüzlülükleri	37
Şekil 5.1	Deney Numunesi	40
Şekil 5.2	Sabit lunet deney numunesi	41
Şekil 5.3	Deneyler sırasında sabit lunetin konumu	42
Şekil 5.4	Sabit lunet ile tornalama işlemi	42
Şekil 5.5	Yüzey pürüzlülüğü ölçme deneyinin yapılışı	43
Şekil 5.6	Hareketli lunet deney numunesi	43
Şekil 5.7	Hareketli lunet ile yapılan deneyler sırasında lunet konumu	44
Şekil 5.8	Hareketli lunet ile tornalama işlemi	44
Şekil 6.1	Lunetsiz tornalama işlemi ile tırlama sonucu elde edilen bozuk yüzey	47
Şekil 6.2	Lunetsiz tornalama işleminde elde edilen yüzey kalitesi	47
Şekil 7.1	Çaptaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=300 mm)	51
Şekil 7.2	Çaptaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=500).....	52
Şekil 7.3	D=40 sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=750 mm)	53
Şekil 7.4	D=35 Sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=650 mm).....	54
Şekil 7.5	D=26 sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=700).....	55
Şekil 7.6	D=40 ve D=30 Hareketli lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ...	56
Şekil 7.7	D=30 Lunetsiz, hareketli lunet kullanarak ve sabit lunet kullanarak yapılan tornalama	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 İmalat kalitelerinin kullanım alanları	28
Çizelge 4.2 Talaş kaldırma işlemlerinde elde edilen kaliteler.....	28
Çizelge 4.3 Ra ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı	36
Çizelge 5.1 ST 50-2 çeliği kimyasal bileşimi.....	39
Çizelge 5.2 Tornalama işlemine ait kesme hızları.....	40
Çizelge 5.3 Kesme Parametreleri	41
Çizelge 6.1 D=60, D=55 ve D=50 için deney sonuçları.....	45
Çizelge 6.2 D=45, D=40 ve D=38 mm için deney sonuçları	45
Çizelge 6.3 D=36, D=34, D=32 ve D=32 mm için deney sonuçları	46
Çizelge 6.4 D=40, D=35 için sabit lunet ile yapılan tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri	48
Çizelge 6.5 D=30, D=28 ve D=26 için sabit lunet ile yapılan tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri	49
Çizelge 6.6 Hareketli lunet ile yapılan tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	50

1. GİRİŞ

Metallerin talaş kaldırılarak işlenmesi temel bir imalat yöntemi olup, makine imalat endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan metal biçimlendirme işlemidir. Bir makine parçasının imalatının başlangıcı genellikle döküm olduğu gibi sonu da genellikle talaşlı imalattır. İmal edilen her bir tezgahın, makinenin, aparatların veya diğer cihazların hemen hepsinin son işlemleri talaşlı imalatla yapılır.

Talaşlı imalat yöntemleri çok çeşitlidir. Bununla beraber istenen yüzey kalitesi ve boyut hassasiyetini tek bir talaşlı imalat yöntemiyle veya işlemiyle elde etmek mümkün değildir. Bu nedenle, bazı makine parçalarına, ardışık talaşlı imalat işlemleri uygulanır.

Talaşlı imalatta istenen sonuca ulaşılabilmesi için üç parametrenin sağlanması gerekir. Bu amaçla, iş parçasının boyut, geometrik, yüzey bakımından istenen ve parça imalat resminde gösterilen toleranslara uygun olarak imal edilmesi hedeflenir.

Yüzey kalitesini arttırmak, yani yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için, taşlama, lepleme, honlama gibi ikincil işlemler yapılmaktadır. Bu işlemleri en aza indirmek, zaman ve işçilik açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Bu yüzden talaşlı imalat açısından, malzeme seçimi, takım seçimi, kesme hızı, devir, paso derinliği, ilerleme gibi kesme parametrelerinin belirlenmesi, kesme sıvısı kullanılması ve uygun imalat yönteminin seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmadaki temel amaç; tornalama işleminde, uzun parçaların işlenmesi sırasında yüzey kalitesini artırmak için kullanılan sabit ve hareketli lunetlerin, yüzey kalitesini nasıl etkilediği ya da yüzey pürüzlülüğünü, hangi parametrelere bağlı olarak, ne ölçüde azalttığı sorularına cevap bulmaktır.

Lunetler, özellikle uzun iş parçalarının tornalamasında, iş parçasını yataklayan, titreşimleri azaltan ve daha stabil bir tornalama işlemi gerçekleşmesini sağlayan makine elemanlarıdır.

Bu güne kadar, yüzey kalitesi ve yüzey kalitesini etkileyen faktörler konularında birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle, kesme parametreleri, kesici takım geometrisi,

talaşlı imalata uygun malzeme seçimi, kesme sıvısı gibi parametreler ele alınarak bunların yüzey kalitesine etkisi incelenmiştir.

Önder(1995), yaptığı çalışmada, tornalama işleminde elde edilen yüzey pürüzlülüğünün aşınmaya etkisini incelemiştir. Büyük ilerleme değerleri ile yüzey tornalama işleminde, ek kenarlı bir kalem kullanıldığında, ek kenarsız bir kalemle işlenene göre yüzey pürüzlülüğünün daha az olduğunu ve daha kaliteli bir yüzey elde edilebildiğini deneylerle saptamıştır. Aynı kesme koşullarında ek kenarlı kalemle işlenen parçada yüzey kalitesinin daha yüksek olduğunu, bu parçaların aşınma direncinin ek kenarsız kalemle işlenmiş parçalara göre daha iyi olduğu deneysel olarak belirlemiştir. (1).

Sevük(2005), yaptığı çalışmada, sürtünmeye dayalı mil göbek bağlantı şekillerinden, sıkı geçmelerde, yüzey pürüzlülüğünün önemini incelemiştir. Yaptığı deneylerde, göbeklerde, millere göre yüzey pürüzlülük kaybının %13 daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca eksenel pres geçme ile millerde %41, göbeklerde ise %51'e varan oranlarda daha fazla yüzey pürüzlülüğü, kaldığını gözlemlemiştir. (2)

Altınkaya(2006), yaptığı çalışmada, AISI 316 Austenit çeliğin işlenmesinde kesme değerlerinin ve takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkilerini incelemiştir. Yapılan deneylerde, üç farklı kaplama kalitesinde uçlar kullanılarak kaplamanın, AISI 316 paslanmaz çeliğin işlenmesinde takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. İkinci grup deneylerinde ise farklı talaş kırıcı geometrilere sahip takımlar seçilerek paslanmaz çeliğin parmak freze ile işlenmesinde, takım aşınmasının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Yaptığı deneyler sonucunda, kesme hızının artması ile takım ömründe azalma olduğunu göstermiştir. İlerlemenin artmasıyla ise takım aşınmasının azaldığını gözlemlemiştir. Ayrıca yapılan deneylerde, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, ilerlemenin artmasıyla ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı gösterilmiştir.(3)

Kerküklü(2008), yaptığı çalışmada, dönel sızdırmazlık elemanlarının performansına yüzey pürüzlülüğünün etkilerini incelemiştir. Farklı yüzey pürüzlülüğüne sahip diskler ile çalıştırılan keçelerde keçe sıcaklığını ve basıncını ölçerek zamana bağlı değişimlerini göstermiştir.(4)

Karamusaoğlu(2009), yaptığı çalışmada, küresel grafitli dökme demir'in işlenmesinde kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. CNC torna tezgahında farklı uç yarıçaplı, wiper geometrili takımlar kullanmış ve her radyus için değişik kesme hızı, her kesme hızı için de değişik ilerleme vererek deneylerini yapmıştır. 0.4mm radyuslu takımda kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığını, 0.8 ve 1.2 radyuslu takımlarda ise kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün belirli bir değere kadar iyileştiği daha sonra ise yüzey pürüzlülüğünün arttığını deneylerle göstermiştir.(5)

Tekaüt(2008), yaptığı çalışmada, takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Dört farklı talaş kırıcı formuna sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanarak, işleme deneylerini gerçekleştirmiştir. Kesme parametrelerinden, dört farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme hızı vererek sabit pasoda deneylerini gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda titreşim ivmelerinin artan değerleri ile birlikte yüzey pürüzlülüğünün de arttığını göstermiştir. (6)

Çaydaş ve Haşçalık(2005), yaptıkları çalışmada, CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. AISI 4340 çeliğini, değişik işlem koşullarında tornalama ve taşlama deneylerine tabi tutarak yüzey pürüzlülüğünü ölçmüşlerdir. Yaptıkları deneylerde, ilerleme miktarı, takım/iş parçası devir sayısı, paso derinliği ve aşındırıcı cinsi parametrelerini değiştirmişlerdir. Deney sonucunda, devir sayısı arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, ilerleme ve paso miktarının arttırılmasıyla ise yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini göstermişlerdir.(7)

Ay ve Turhan(2010), yaptıkları çalışmada, tornalama işleminde kesme parametrelerinin ve iş parçası uzunluğunun yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Kesme hızı sabit tutularak, iş parçası boyu iş parçası çapı, paso ve ilerleme hızı değiştirilerek deneylerini yapmışlardır. Zaman ve maliyetten kazanım olacağını düşünerek istatistiksel olarak Taguchi metodunu kullanmışlardır. Deneylerde 150 mm uzunluğunda ve 25 mm çapında Al 2017 alüminyum malzeme kullanmışlardır. Deney sonuçlarında, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve titreşim gibi parametreler, değişik işleme yöntemleri ile minimize edilip, performans arttırılmış ve elde edilen ürün kalitesi iyileştirilmiştir.(8)

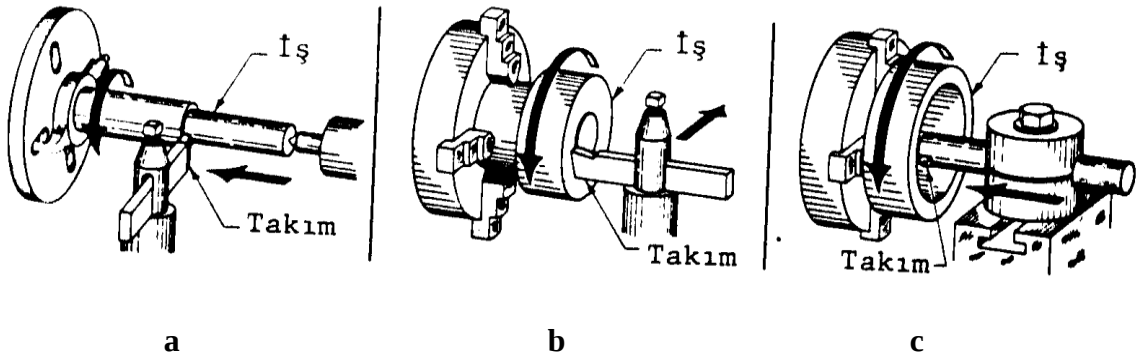
6. Taşlama

olmak üzere esasen altı talaş kaldırma yöntemi vardır. Ayrıca bu yöntemlere dayanan:

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. Kesme(metal testere ile) | 7. Diş açma |
| 2. Merkezleme | 8. Tırtıl çekme |
| 3. Vida açma | 9. Broşlama |
| 4. Pafta çekme | 10. Honlama |
| 5. Rayba çekme | 11. Lepleme |
| 6. Kılavuz çekme | |

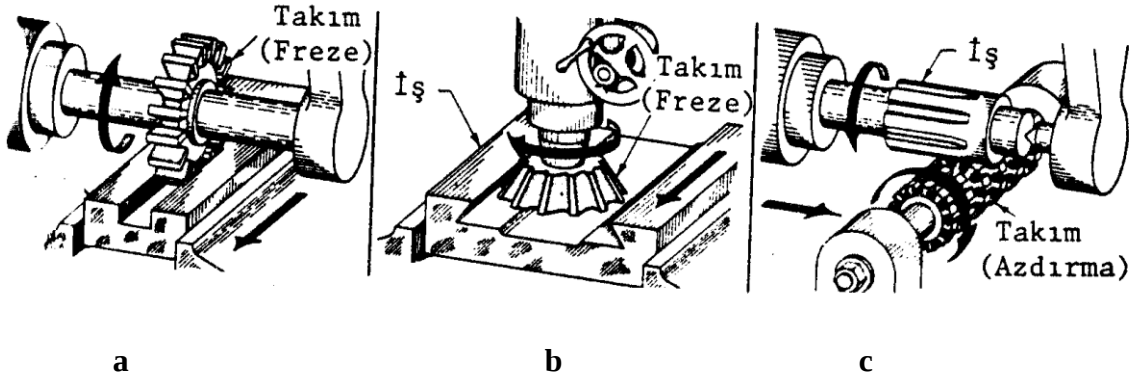
gibi türemiř yöntemler de vardır.

Tornalama işleminde, (Şekil 2.2) kesme hareketi parçanın dönmesi ile elde edilir. Takım ilerleme ve yardımcı hareketlerini yapar. Bu yöntemin: silindirik tornalama (a), alın tornalama (b), iç tornalama (c) gibi çeşitleri vardır.



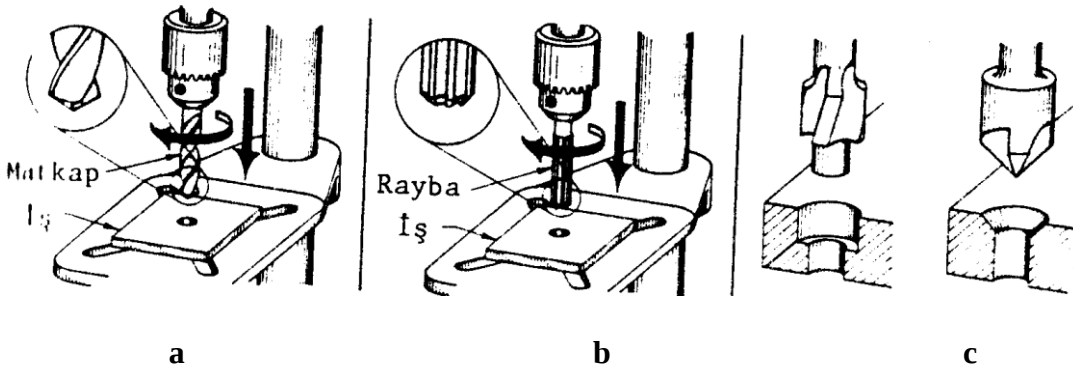
Şekil 2.2 Tornalama [10]

Frezeleme işleminde, (Şekil 2.3), kesme hareketi takımın dönmesi ile meydana gelir; parça da ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketler ise parça tarafından yapılır. Borvenk tezgahlarında ilerleme ve ayarlama hareketlerini takım da yapabilir. Bu yöntemin (Şekil 2.3) : çevresel frezeleme (a), alın frezeleme (b) ve diş açma (azdırma) (c) gibi çeşitleri vardır.



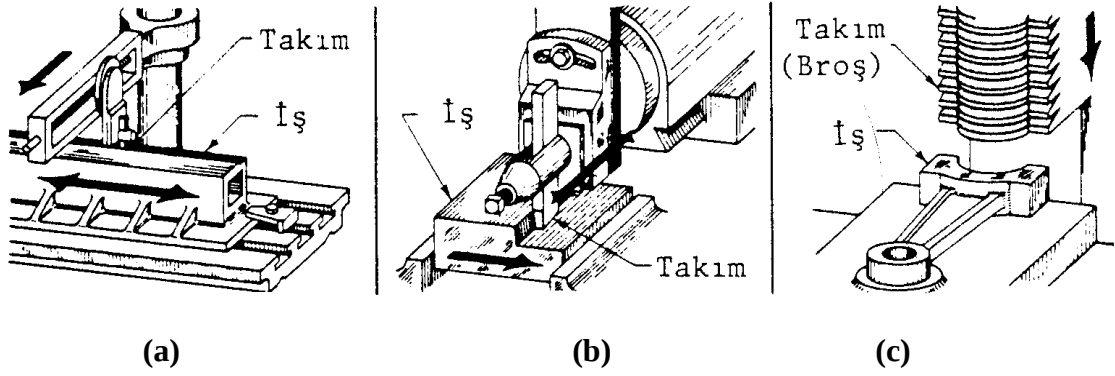
Şekil 2.3 Frezeleme [10]

Delme işleminde (Şekil 2.4), kesme ve ilerleme hareketi takımın dönme ve doğrusal hareketi ile oluşturulurken, parça sabit kalır. Radyal matkap tezgahlarında ilerleme hareketini iş parçası yapabilir. Yöntemin çeşitleri :delik delme veya delik genişletme (a), raybalama (b), ve havşa başı açma (c) .



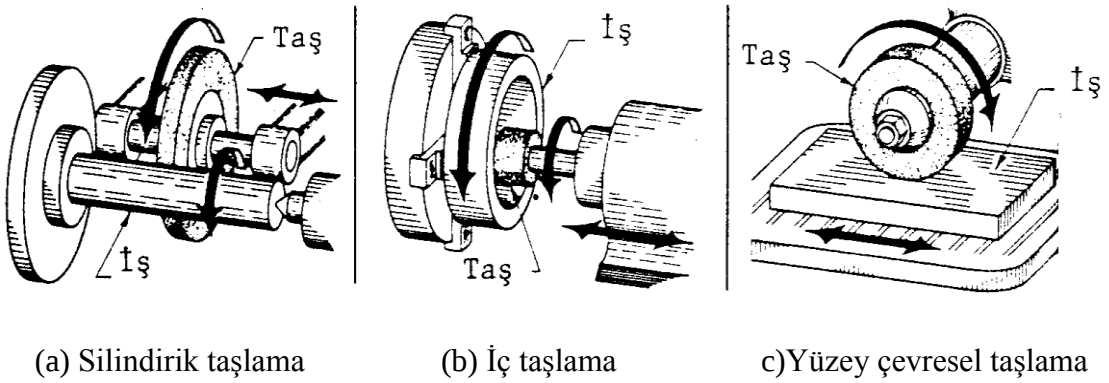
Şekil 2.4 Delme [10]

Vargelleme ve planyalama işlemlerinde, kesme doğrusal bir hareketle gerçekleşir. Ancak, vargelleme işleminde kesme parçanın doğrusal hareketi (Şekil 2.5 a) planyalama işleminde ise kesme takımın doğrusal hareketi (Şekil 2.5 b) ile gerçekleşir. Vargellemede takım, kesme hareketi sırasında sabit kalır ve kesme işlemi bittikten sonra, ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareket takım tarafından yapılır. Planyalamada kesme hareketi sırasında parça sabit ve kesme işlemi bittikten sonra ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketler ise takım veya iş parçası tarafından gerçekleştirilir.



Şekil 2.5 (a)Vargelleme, (b)Planyalama, (c)Broşlama [10]

Taşılama işleminde (Şekil 2.6), kesme hareketi, takımın (taşın) dönmesi ile olur. İlerleme ve yardımcı hareketleri, takım veya parça, veya her ikisi tarafından yapılabilir. Taşılama işlemi, silindirik taşılama (a) ve yüzey taşılama (b) olmak üzere iki gruba ayrılır (Şekil 2.6). Yüzey taşılamasının : alın ve çevresel (c); silindirik taşılamasının : punta arası (a), puntasız ve iç taşılama (b) gibi çeşitleri vardır.



Şekil 2.6 Taşılama yöntemleri [10]

Yukarıda açıklanan işleme yöntemleri özetlenirse: tornalama, frezeleme ve delme işlemlerinde kesme hareketi, dönme hareketi iken planyalama, vargelleme işlemlerinde doğrusal harekettir.

Ayrıca tornalama, frezeleme ve delme işlemlerinde kesme hareketi ile ilerleme hareketi aynı zamanda eş zamanlı olarak yapılır. Planyalama, vargelleme işlemlerinde ise, kesme hareketi bittikten sonra ilerleme hareketi yapılır. Bu bakımdan birinci gruba

giren tornalama, frezeleme ve delme işlemleri, ikinci grubu oluşturan planyalama, vargelleme işlemlerinden daha prodüktiftir.

Tornalama, frezeleme, delik delme, planyalama ve vargelleme işlemleri, esasen parçaya şekil veren talaş kaldırma yöntemleridir. Taşlama ise genelde boyut, şekil ve yüzey kalitesini iyileştiren talaş kaldırma yöntemidir. Bu nedenle taşlama ile daha önce tornalama, frezeleme, delik delme, planya veya vargelleme ile işlenmiş tüm dönel, prizmatik ve profil parçaların yüzeyleri işlenir. Bu nedenle taşlamaya, nihai talaş kaldırma işlemi denilir. Ayrıca taşlama esasına dayanan, fakat sadece yüzey kalitesini iyileştiren honlama ve lepleme gibi işleme yöntemleri de vardır.

2.1 Kesme Sıvılarının Özellikleri ve Sınıflandırılması

Talaş kaldırma sırasında kullanılan sıvıların başlıca amacı, soğutma ve yağlamadır. Soğutma sıvısı kullanılmasının amacı, talaşın plastik deformasyonu ve kesici takım ile malzeme arasındaki sürtünme sonucunda oluşan ısı enerjisini ve yağlama etkisi ile sürtünmeyi azaltarak, işleme koşullarını optimum bir seviyede tutmaktır. Soğutma sıvıları, kesme bölgesine doğru bir şekilde yönlendirildiği takdirde, bu amaçlara ulaşmak mümkündür, aksi halde etkileri azalır.

Soğutma sıvılarının sağladığı, ekonomik ve diğer avantajlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Takım maliyetini ve takım aşınmasını azaltır, takım ömrünü uzatır, bileme ve takımı söküp, tekrar bağlama için harcanan zamanı kısaltır.
2. Üretim hızını arttırır. Soğutma sıvıları, sürtünme ve ısı oluşumunu azalttığından talaş kaldırma işlemlerinde daha yüksek kesme hızı kullanılmasına imkan verir.
3. İşçilik maliyetini azaltır. Soğutma sıvısı kullanıldığında, takım ömrü uzayıp bileme işçiliği ve zamanı azalacağından takımın çalışmama süresi azalır dolayısıyla, parça başına düşen işçilik maliyet azalmış olur.
4. Enerji maliyeti azalır. Sürtünme azaldığından, talaş kaldırma işlemlerinde daha az güç gerekir, bunun sonucu olarak tezgah daha az elektrik enerjisi ile aynı işi yapabilir ve enerji maliyeti azalmış olur.

Sıvıların soğutma fonksiyonlarını iyi bir şekilde yapabilmesi için yüksek ısı iletme kabiliyetine ve yüksek özgül ısıya sahip olmaları gerekir. Yağlama görevini yerine getirebilmeleri için de, sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturmaları gerekir. Sıvıların bu özelliğine yapışma kabiliyeti denir. Bu olayda sıvının kimyasal yapısı önem taşır. Tüm sıvılar yapışmış bir tabaka oluşturamaz; Ancak, molekülleri polar gruplara sahip sıvılar, özellikle yağlar, yapışmış bir tabaka meydana getirebilirler. Yapışma kabiliyetlerini arttırmak için sıvılara, az miktarda, aditif denilen katkı maddeleri katılır. Bunların arasında, yüksek basınçlara karşı oldukça dayanıklı, yapışmış bir tabaka oluşturan ve EP (extreme pressure) denilen aditifler vardır.

Kesme sıvılarından istenilen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- 1.Yüksek ısı iletme kabiliyetine sahip olmalıdır.
2. Metalik yüzeyler üzerinde, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturabilme kabiliyetine, (yağlama özelliğine) sahip olmalıdır.
3. Kararlı olmalıdır, yani özelliklerini uzun süre koruyabilmelidir.
4. Anti korozif olmalı, yani paslanmaya yol açmamalıdır.
5. İnsan sağlığına zarar vermemelidir.
6. Alev alma tehlikesi olmamalıdır.

Tüm bu özellikleri taşıyan bir kesme sıvısı yoktur. İlk iki özellik göz önüne alınırsa, kesme sıvıları soğutucu ve yağlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Soğutucular iyi bir özgül ısıya (ısı iletme kabiliyetine), yağlayıcılar da iyi bir ıslatma kabiliyetine sahiptir. Soğutucuların arasında en iyi sıvı su, yağlayıcıların arasında da en iyi sıvılar yağlardır. Suyun özgül ısısı 1,0 olarak alınırsa, normal yağların özgül ısısı yaklaşık 0,45'dir. Buna karşın, suyun ıslatma kabiliyeti hemen hemen hiç yoktur. Dolayısıyla, kesme sıvılarının bir ucunda, soğutma etkisi en iyi olan su, diğer ucunda da, yağlama etkisi en iyi olan yağ bulunur. Ancak yüksek soğutma kabiliyetine rağmen yağlayıcı özelliği çok düşük ve üstelik pas (oksit) yapıcı olduğundan temiz su kesme

sıvısı olarak kullanılmaz. Suyun yerine, su ve yağ karışımı veya içerisine aditif maddeler katılmış kesme sıvıları kullanılır.

Genel olarak kesme sıvıları emülsyon (sübye) yağları, kesme yağları ve kimyasal veya sentetik kesme sıvıları olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Bunlara gazlardan oluşan dördüncü grup ta eklenebilir.

2.1.1 Emülsyon kesme sıvıları

Boryağı adını taşıyan bu sıvılar, içinde emülsyonu kolaylaştıran katkıları bulunan su- yağ karışımlarıdır. Soğutma kabiliyeti yüksek olan bu sıvılara, polar aditifler veya EP aditifleri eklenirse, yağlama özellikleri büyük ölçüde iyileşir.

2.1.2 Kesme Yağları

Kesme yağları, genellikle mineral yağlar veya bunlara katılan domuz yağı, kunduz yağı gibi polar aditifli veya kükürt ve klorit gibi kimyasal aditifli yağlardır. Mineral yağlar genellikle alüminyum, magnezyum ve kükürtlü otamat çelikleri için kullanılır. Aditifli yağlar ise vida açma, diş açma, broslama gibi ağır işlemlerde kullanılır.

2.1.3 Kimyasal veya Sentetik Kesme Sıvıları

Bu sıvılar, suya, bazı kimyasal katkı maddelerinin katılması ile elde edilirler. Görünüşleri emülsyonlara göre çok daha berrak olan bu sıvılar, katılan maddelere göre aditifli ve aditifsiz olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Birinci grup, çok iyi soğutma özelliğinin yanı sıra, yağlayıcı ve korozyona karşı koruma gibi özelliklere sahiptir. Bu sıvılar, yüksek kaliteli kesme sıvıları gerektiren frezeleme, broslama ve raybalama işlemlerinde kullanılır.

2.1.4 Gazlar

Havanın iyi bir soğutma ve çok az da olsa bir yağlama özelliği vardır. Bu bakımdan kesme sıvısı kullanılmayan ” kuru” talaş kaldırmada, çevrede bulunan hava bir kesme akışkanı görevi yapar. Bununla beraber bazı hallerde, daha iyi bir soğutma elde etmek için bir kompresör yardımı ile talaş kaldırılan ortama, basınçlı hava verilir. Bu amaçla, havanın yanı sıra nitrojen, argon ve helyum gibi gazlar da kullanılmaktadır.

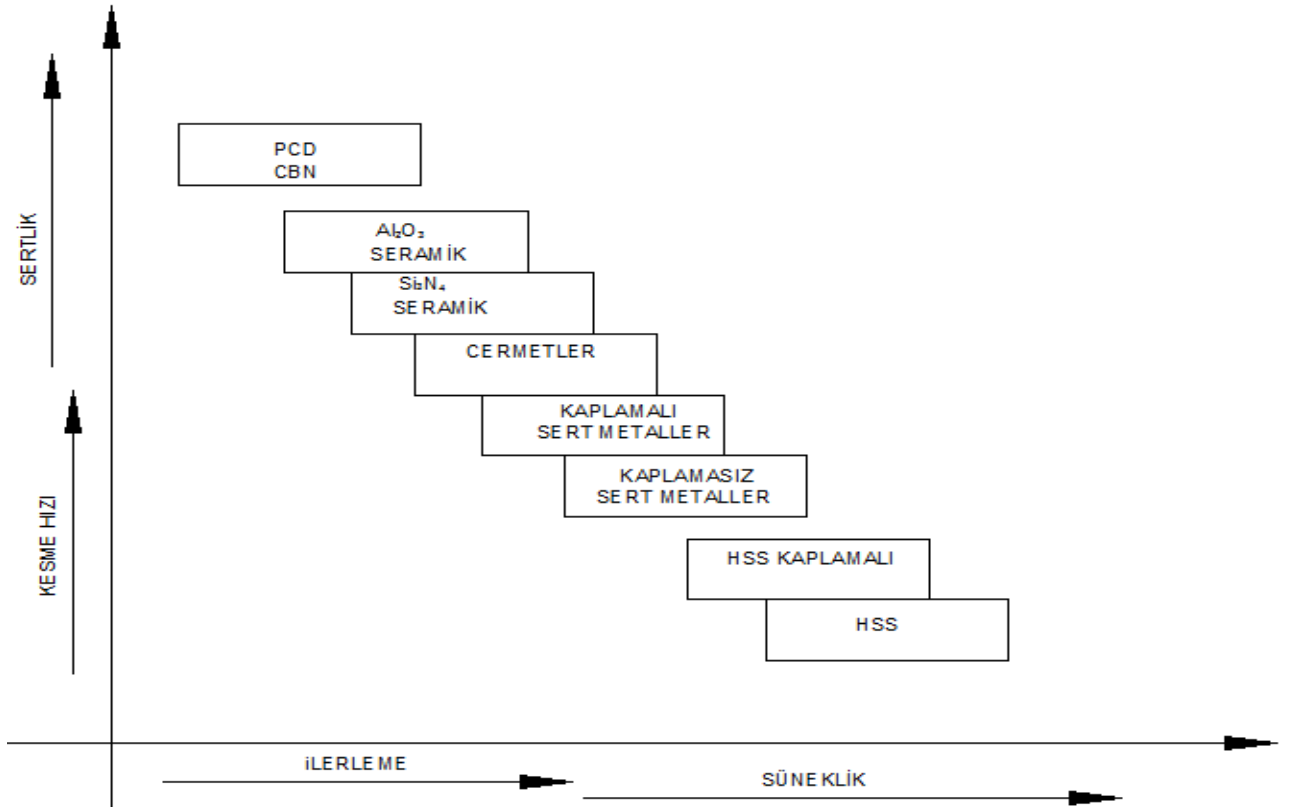
2.2 Kesici Takımlar

Kesici takım malzemelerinin gelişmesi, takım tezgahlarının, malzemelerin, özellikle kompozit malzemelerin ve üretim yöntemlerinin gelişmesine paralellik göstermektedir. Şekil 2.7’ de talaşlı imalatta kullanılan kesici takımların sertliklerine göre sıralanışı gösterilmektedir. Günümüzde, mekanik özellikleri çok farklı olan kesici takımlar kullanılmaktadır. Genel olarak kesici takımlarından beklenen özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Yüksek sertlik
- Yüksek eğilme mukavemeti
- Yüksek basma mukavemeti
- Tokluk
- Kızıl setlik (Yüksek sıcaklıkta sertliğini kaybetmeme)
- Aşınmaya dayanım
- Kolay işlenebilme
- Ekonomik olma

Bu özelliklerin hepsinin optimum düzeyde bir tek kesici takımda bulunması mümkün değildir. İmalatta çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak aşağıdaki malzemelerden yapılmış değişik şekillerdeki kesici takımlar veya döküm veya toz metalurjisi yöntemiyle üretilmiş sert metal uçlar kullanılmaktadır.

- Alaşımsız takım çelikleri (karbon çelikleri)
- Az alaşımlı takım çelikleri
- Yüksek hız çelikleri (HSS, SS)
- Demir olmayan metalik alaşımlar (stellitler)
- Sinterlenmiş karbürler (sert metaller)
- Seramikler (metal olmayan)
- Elmaslar (metal olmayan)



Şekil 2.7 Talaşlı imalatda kullanılan kesici takımların sertliklerine göre sıralanışı [11]

Son yıllarda yaygın olarak kullanılan CNC ve diğer otomatik tezgahlarda kullanılan bir kesici ucun köreldikten sonra elle bilenmesi ve tekrar bağlanarak ayarlarının yapılması çok fazla tercih edilen bir yol değildir. Bileme ve takım ayarı uzun zaman alan bir ara işlem olduğundan ve aynı zamanda kalite ve üretim hızını azalttığından, takımların kesici ağızlarının yalnızca bir defa kullanılması tercih edilmektedir. Bu nedenle, günümüzde, CNC ve benzeri otomasyona yönelik tezgahlarda kullanılan kesici takımlar, plaket şeklinde standartlara göre imal edilir ve kullanıma hazır vaziyette satılır. Bu takımların genellikle birden fazla kesici ağızları bulunur. Takımın tüm kesici ağızları kullanıldıktan sonra yeni bir takım ile değiştirilir.

2.2.1 Sinterlenmiş Karbürler

Avrupa’da sert metal adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan ; tungsten (WC), titan (TiC) ve tantal (TaC) karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Bu işlemde tungsten, titan ve tantal karbürleri, toz haline getirilerek istenilen oranlarda birbirleri ile karıştırılır. Bu işlemden sonra, preslerde yaklaşık 4000-5000 atm basınç altında ön şekil verilir. Daha sonra elektrik fırınlarında

900-950 °C sıcaklıkta ön sinterleme yapılır. Bu işlem bittikten sonra taşlama yolu ile son şekil verilir ve 1400-1600 °C de nihai sinterleme yapılır.

Çok sert, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip bu malzemeler günümüzde gittikçe daha çok kullanılmaktadır.

ISO'ya göre sinterlenmiş karbürler, üç gruba ayrılmış ve bu gruplar, P, M, K gibi büyük harfler ve aşağıda gösterilen renklerle simgelenmiştir.

P serisi (mavi) : Yüksek alaşımlı, tugsten karbürü takım olup uzun talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde kullanılır.

M serisi (sarı) : Alaşımlı tugsten karbürü takım olup titanyum oranı P serisinden azdır. Çelikler ve dökme demirlerin işlenmesinde kullanılır.

K serisi (kırmızı) : Düz tugsten karbür kobalt alaşımlı takım olup, dökme demir, demir olmayan metaller ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılır.

2.3 Talaş Kaldırmaya Etki Eden Faktörler

a. Kesme Hızı : Tornalamada kesme hızı, tornalama işlemi sırasında iş parçası üzerinde oluşan ortalama çap için çevresel hıza eşittir ve takımın iş parçasına göre dakikada metre cinsinden aldığı yol veya takımın dakikada kestiği talaş uzunluğudur şeklinde tanımlanabilir. Şekil 2.8 de silindirik tornalama sırasında oluşan boyutlar şematik olarak gösterilmiştir. Kesme hızı, talaş kaldırma işlemlerinde en önemli parametredir. İş parçası bir devir yaptığında, takım, iş parçasının çevresi (πD) kadar kesme yapar. İş parçası için devir sayısı, n (devir/dakika) ise, $V=\pi Dn$ mm/dk olur. Kesme hızı birimi olarak, m/dk kullanıldığından, kesme hızı;

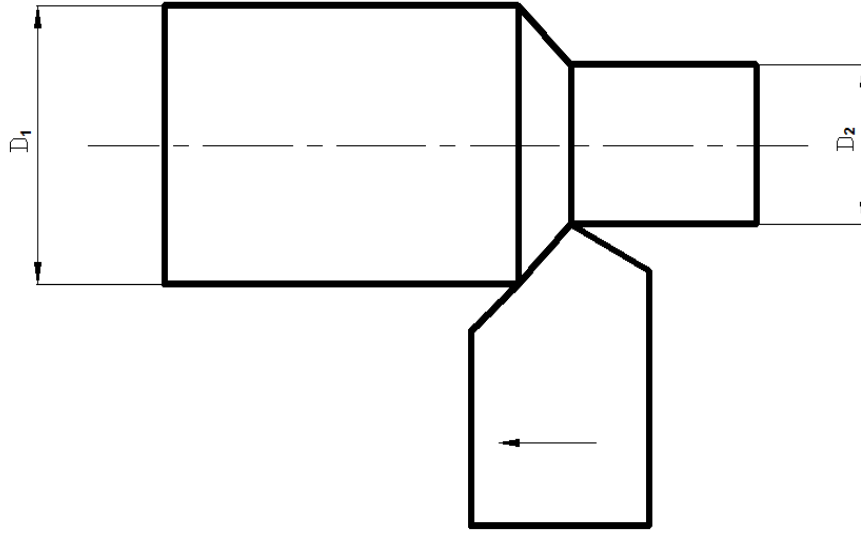
$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ (m/dak) şeklinde tanımlanabilir.} \quad [2.1]$$

V : Kesme hızı [m/dk.]

D : Ortalama çap [mm]

n : İş parçasının devir sayısıdır [dev/dk]. Burada,

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2} \text{ şeklinde tanımlanır.} \quad [2.2]$$



Şekil 2.8 Silindirik tornalama sırasında oluşan boyutlar

b. İlerleme (avans) : İlerleme, iş parçasının bir devrinde kalemin iş parçası eksenine paralel veya dik bir şekilde doğrusal olarak aldığı yol olup, birimi mm/devir'dir (Şekil 2.9). Talaş kesiti arttığında kesme kuvveti artar ve kesme performansı azalır. İlerlemedeki artış, kesme hızındaki artıştan daha az kalem aşınmasına neden olur. Tornalama işlemi sırasında bu durumlar dikkate alınarak, ilerleme, mümkün olduğu kadar yüksek seçilmelidir. Son talaşta, yüzey kalitesini artırmak amacı ile genellikle düşük seçilir. İlerleme ne kadar az olursa yüzey kalitesi o kadar iyi olur. İlerleme:

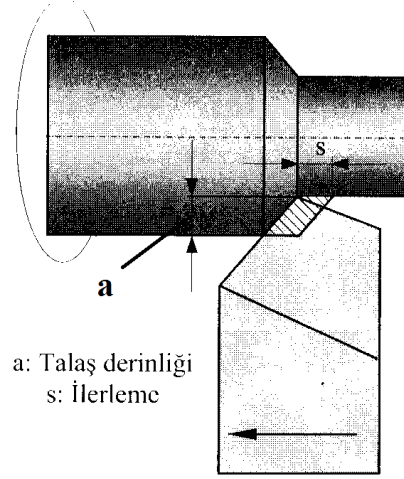
$$s = \frac{u}{n} (\text{mm/dev}) \quad [2.3]$$

şeklinde tanımlanır.

S : İlerleme (mm/dev)

u : İlerleme hızı (mm/dk)

n : İş parçasının devir sayısı (dev/dk)



Şekil 2.9 İlerleme [11]

c. Talaş (paso) derinliği : Talaş derinliği, kalemin esas kesme kenarının iş parçasına batma miktarıdır. Şekil 2.9 da gösterilmiştir. Talaş derinliği, kesici takım aşınmasında fazla etkili değildir. Bazen maksimum talaş derinliği, malzemenin rezilyansı ve bağlama şartları tarafından sınırlanır. Talaş derinliği, motor gücüne ve bağlama sistemine bağlıdır. Örneğin kaba talaş için 2-4 mm, ince talaş için 0.5-2 mm ve çok ince talaş için ise 0.1-0.4 mm arasında seçilebilir.

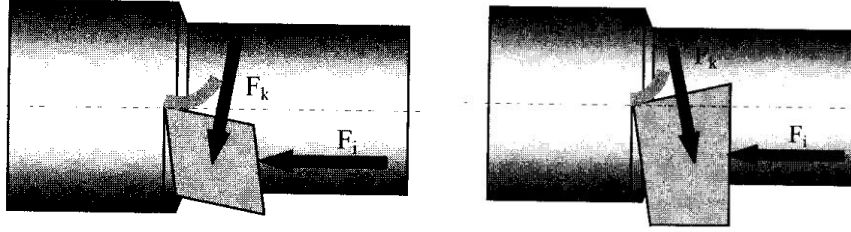
Parçanın çapı başlangıçta D ve bir paso kaldırıldıktan sonra d olursa, paso kalınlığı dış tornalama ve iç tornalama için sırasıyla denklem 2.4 deki gibi ifade edilir.

$$a = \frac{D-d}{2} (\text{mm}) \quad ; \quad a = \frac{d-D}{2} (\text{mm}) \quad [2.4]$$

2.4 Tornalamada Talaş Kaldırma Çeşitleri

Tornalamada kesme çeşitleri:

- Pozitif talaş açılı kesme
- Sıfır talaş açılı kesme
- Negatif talaş açılı kesme



(a) Pozitif talaş açılı kesme

(b) Negatif talaş açılı kesme

Şekil 2.10 Pozitif ve negatif açılı kesmede kesici takıma gelen kuvvetler [11]

Pozitif ve negatif talaş açılı kesmede kesici takıma etkiyen kesme kuvvetleri Şekil 2.10 de gösterilmiştir. Pozitif açılı kesmede kesici takım iş parçasına daha kolay batır, kesme kolaydır fakat kesme ucu mukavemeti zayıf olduğundan kesici takım daha çabuk kırılabilir. Sıfır talaş açılı kesmede kesici takım iş parçasına daha zor batır, kesme biraz daha zordur fakat kesme ucu daha mukavemetlidir. Bu çeşit kesme daha çok bileme esnasında kesici takım profilinin bozulmamasının istendiği takımlarda tercih edilir. Negatif açılı kesmede ise kesici takım iş parçasına çok zor batır, kesme çok zordur, özellikle gevrek malzemelerde talaşlar kırılarak çıkar fakat kesme ucu mukavemeti yüksektir.

2.5 Tornalama İşleminde Kesme Kuvvetleri

Şekil 2.11 de tornalama işlemlerinde kesme kuvvetleri gösterilmiştir. F_k , F_i ve F_r kuvvetleri arasında direkt bir bağıntı yoktur, Talaş kaldırma esnasında tezgah üzerinde bu kuvvetler çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Kesme kuvvetleri; talaş derinliği, ilerleme, ayar açısı ve talaş açısı tarafından etkilenmektedir. Talaş kaldırma kuvveti:

$$F_t = \sqrt{F_k^2 + F_i^2 + F_r^2} \quad [2.5]$$

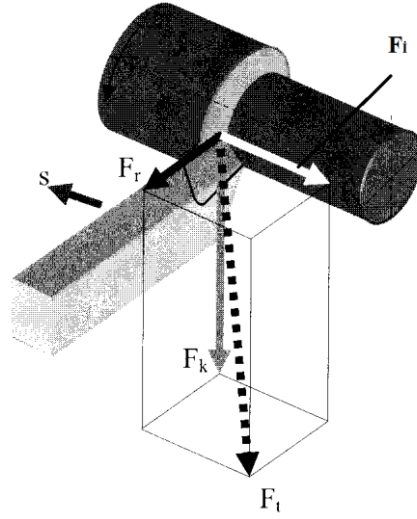
şeklinde tanımlanır. Burada:

F_t : Talaş kaldırma kuvveti (Bileşke kuvvet)

F_k : Kesme kuvveti

F_i : İlerleme kuvveti

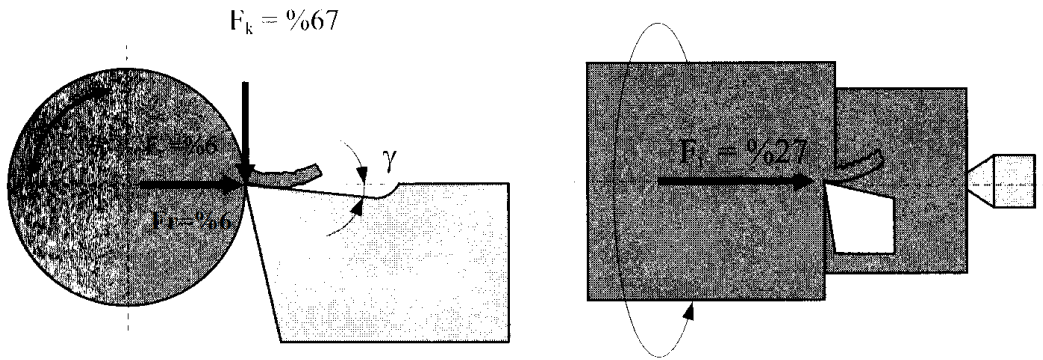
F_r : Radyal kuvvet



Şekil 2.11 Tornalama işleminde kesme kuvvetleri [11]

Genel olarak kesme kuvvetlerinin ;

$F_k = \%67$, $F_t = \%27$, $F_f = \%6$ 'sını oluşturur.



Şekil 2.12 Kesme kuvveti bileşenlerinin oranları [11]

$$F_k = a \cdot s \cdot k_s$$

F_k : Kesme kuvveti [N],

a : Talaş derinliği [mm],

s : İlerleme [mm/devir]

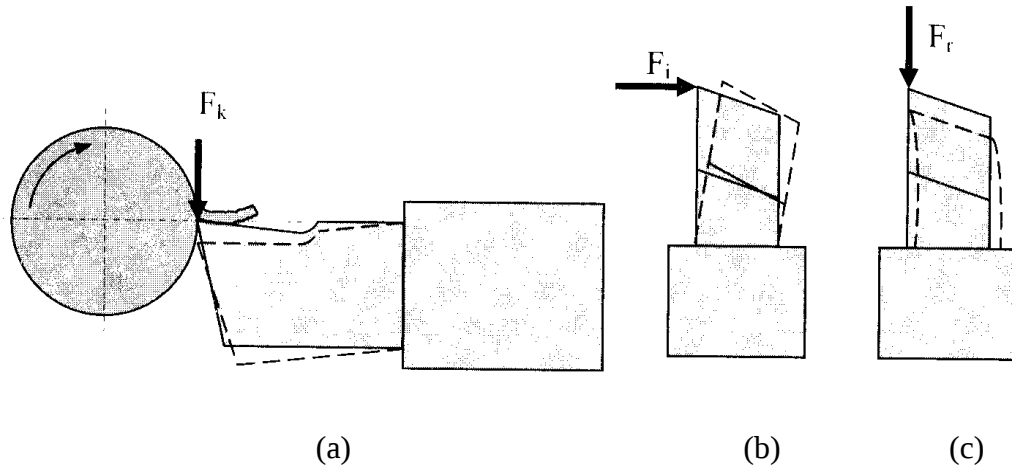
k_s :Malzemenin özgül kesme kuvveti [N/mm^2].

Şekil 2.12 de kesme kuvveti bileşenlerinin oranları gösterilmiştir.

2.5.1 Kesme Kuvvetinin Etkileri

Şekil 2.13'te F_k , F_i , F_r kuvvetlerinin kesici takıma etkileri gösterilmektedir. Bu kuvvetlerin etkileri:

1. İş parçası malzemesinin kopma gerilmesi arttıkça kesme kuvvetleri de artar.
2. 60-70⁰'lik bir ayar (χ) açısı, optimum bir değerdir.
3. Ayar açısı 90⁰ olursa, ilerleme kuvveti maksimum, radyal kuvvet ise minimum olur.
4. Talaş açısı (γ)'nin büyümesi ile kama açısı azalacağından ve takım malzemeyi daha kolay keseceğinden, kesme kuvveti azalır.
5. Kesme kuvveti; takımı, düşey düzlemde eğilmeye, ilerleme kuvveti takımı yatay düzlemde eğilmeye, radyal kuvvet ise takımı basmaya ve burkulmaya zorlar (Şekil 2.13).

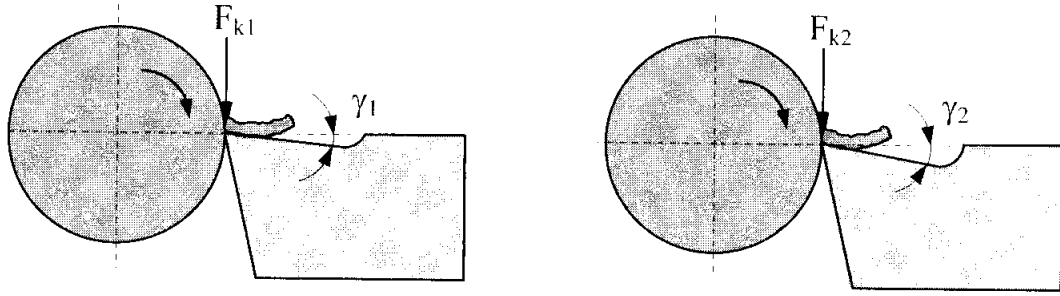


Şekil 2.13 F_k , F_i , F_r kuvvetlerinin kesici takıma etkileri [11]

6. Takım iyi bağlanmazsa, ilerleme kuvveti takımın ayar açısını küçültebilir, radyal kuvvet takımını geri itebilir.
7. İyi bir bağlama işleminde takım mümkün olduğu kadar kısa bağlanmalıdır.
8. Parçanın bir ucu puntaya alınırsa, parça, puntanın sıkma kuvvetinin etkisi ile basmaya ve burkulmaya zorlanır.

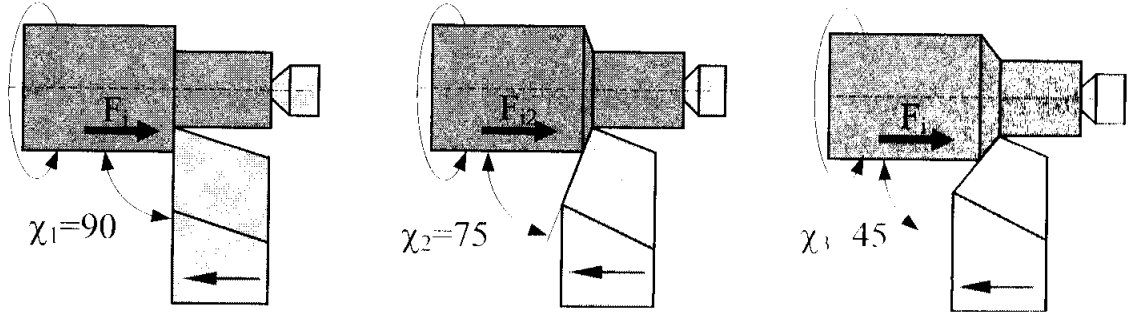
2.5.2 Kesme Kuvvetlerinin Analizi

Kesme kuvvetleri talaş açısına bağlı olarak Şekil 2.14'deki gibi, ilerleme kuvvetleri ise ayar açısına bağlı olarak Şekil 2.15'deki gibi değişir.



$$\gamma_1 < \gamma_2 \text{ ise } F_{k1} > F_{k2}$$

Şekil 2.14 Talaş açısına bağlı olarak kesme kuvvetlerinin değişmesi [11]



$$F_{i1} > F_{i2} > F_{i3}$$

Şekil 2.15 Ayar açısına bağlı olarak ilerleme kuvvetlerinin değişmesi [11]

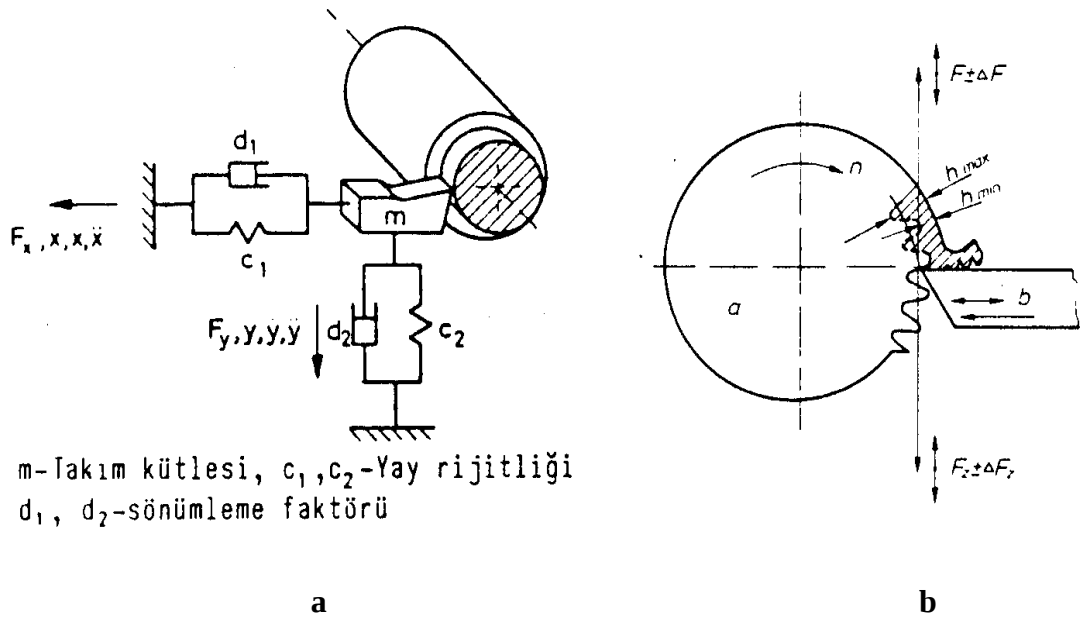
3. TORNALAMA İŞLEMİNDE LUNET KULLANIMI VE TİTREŞİMLER

3.1 Tornalama İşleminde Titreşim

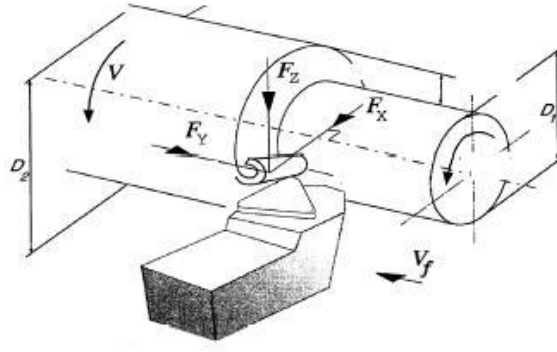
Şekil 3.1 de parça-takım-tezgah titreşimleri gösterilmektedir. Esasen parça – takım tezgah zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla, talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimler şiddetli olduklarında, kötü bir yüzey kalitesine neden olan **tırlama** olayını oluştururlar. Şekil 3.1 b de tırlama olayı gösterilmektedir. Talaş kaldırma zincirini oluşturan parça – takım – tezgah sisteminde, tırlama olayını etkileyen faktörler:

- Eğilme ve burulma rijitliğinin yeterli olmaması,
- Parçanın uygun bir şekilde tutturulmaması,
- Takım ile tutturma tertibatı ve takımın çeşitli elemanları arasında izin verilen sınırların üzerinde boşlukların bulunması,
- Parçanın dengelenmemiş olması,
- Kesme parametrelerinin uygun olarak seçilmemesidir.

Bu faktörlerden bir veya birkaçı nedeni ile tırlama oluşabilir.



Şekil 3.1 Parça – takım – tezgah titreşimleri [12]



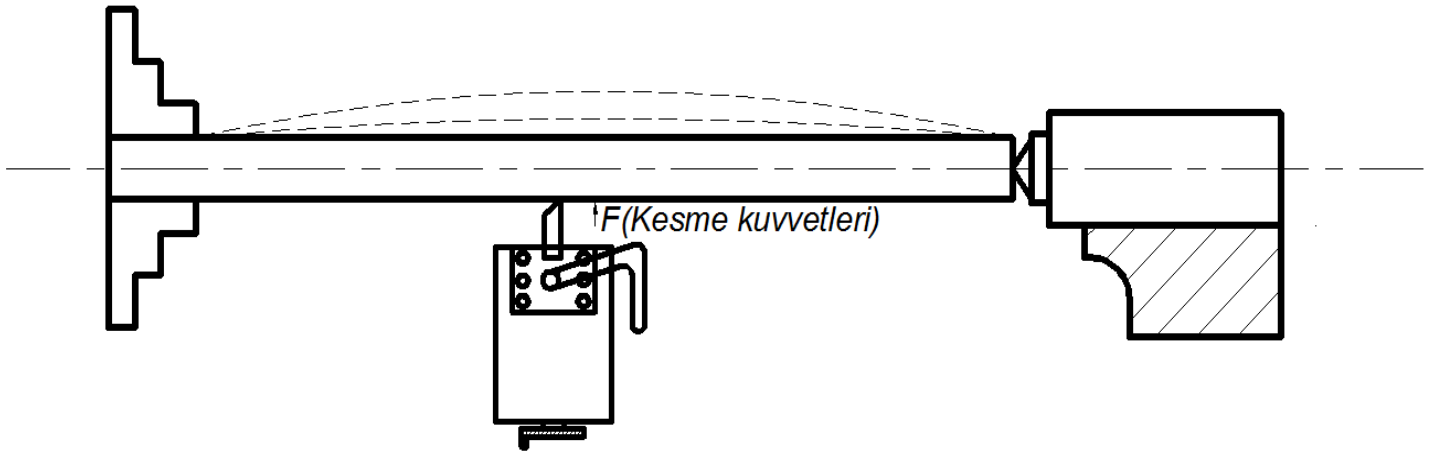
Şekil 3.2 Kesme kuvvetlerinin gösterimi [6]

Kesici takım kesme işlemini yapabilmesi için Şekil 3.2 de ki kuvvetlere ihtiyaç duyar. Bu kuvvetler malzemeyi eğilmeye zorladığından kalitesiz bir yüzey meydana getirirler.

F_x : Bu kuvvet kesici takımın talaş kaldırma derinliğine ulaşınca kadar yüksek olur.

F_y : İlerleme hareketini oluşturan kuvvet

F_z : Tornalama işlemi esnasında kesme kuvvetini oluşturan kuvvet



Şekil 3.3 Tornalama İşleminde Titreşim

Şekil 3.3 de gösterildiği gibi, tornalama işlemi sırasında, kesme kuvvetleri malzemeyi eğilmeye zorlamakta ve bunun sonucunda titreşim meydana gelmektedir. Oluşan titreşimler malzemenin yüzey kalitesini düşürmektedir.

3.2 Tornalama İşleminde Lunet kullanımı

Tornalama işleminde titreşimleri azaltmak amacıyla aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Parça – takım tutturma tertibatlarının rijitliği artırılmalı,
- Takım iyi bir temas yüzeyine oturtulmalı,
- Parçayı desteklemek için lunet veya lunetler kullanılmalı,
- Lunetler arası mesafenin çok büyük olmamasına dikkat edilmeli,
- Tezgah elemanları arasındaki boşluklar izin verilen değerlere indirilmeli,
- Gerekli ise parça desteklenmeli,
- Kesme koşulları, özellikle kesme hızı, ilerleme, ve paso derinliği uygun seçilmeli,
- Takımın kesici ağzı iyi bir durumda tutulmalı. Yani aşınmış takımlarla işlem yapılmamalı.

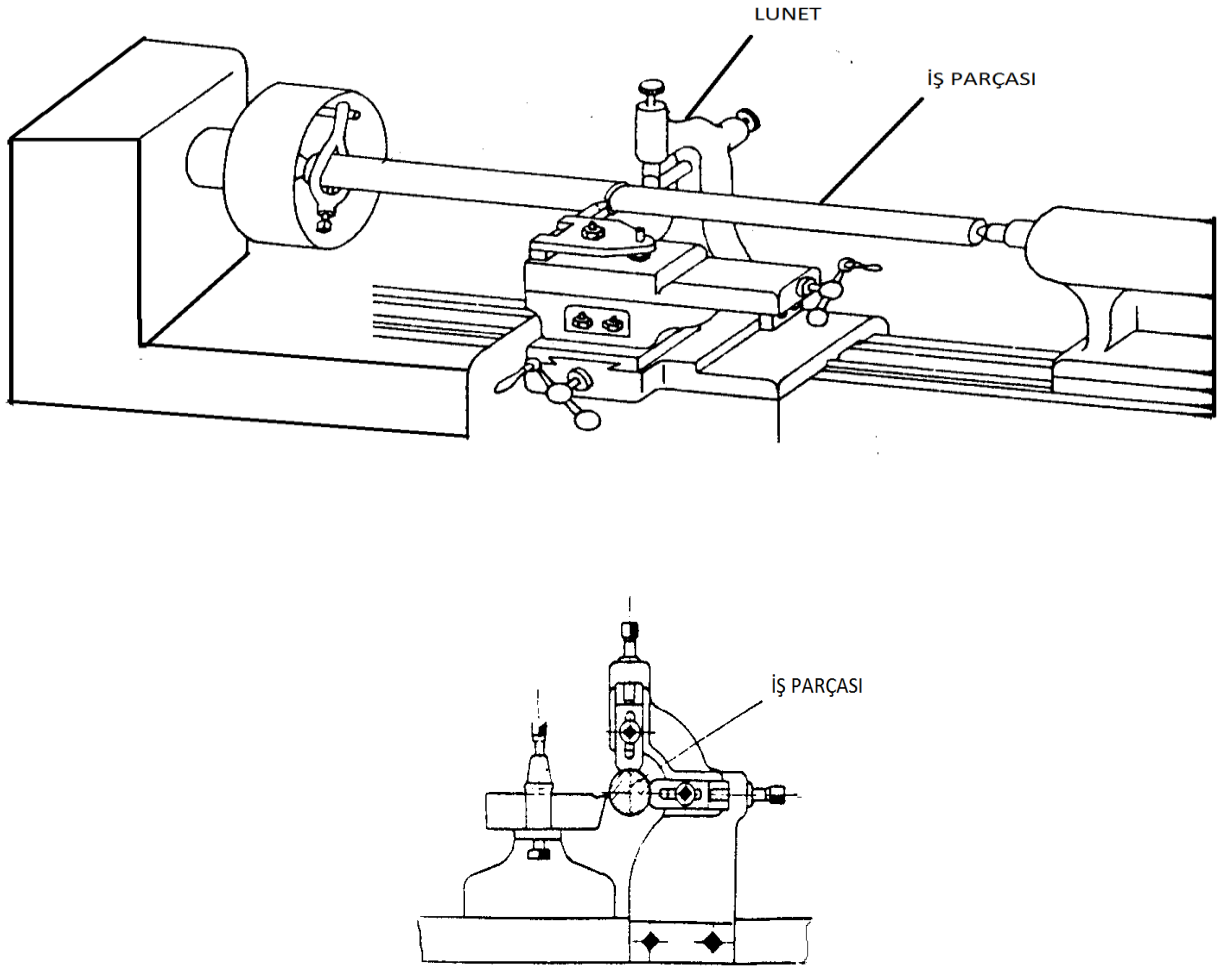


Şekil 3.4 Uzun iş parçası

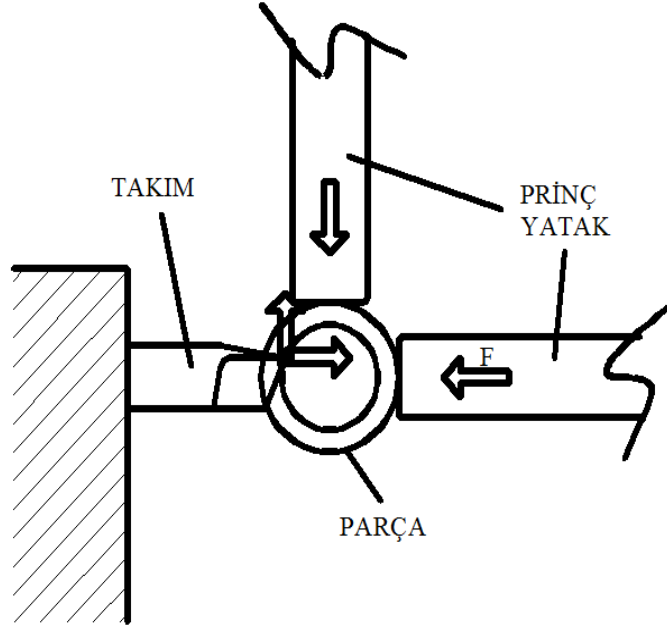
Tornalama işleminde özellikle uzun parçaların işlenmesinde parçanın sehim yapmasını engellemek amacıyla, lunet adı verilen yardımcı makine elemanları kullanılmalıdır. Parça boyu L ve parça çapı D ise küçük çaplı parçalar için, $L \geq 2D$ olduğunda torna tezgahına lunet bağlanarak, parça işlemenin daha uygun olacağı söylenebilir. Ancak, çap büyüdüğünde bu yaklaşım değişir.

Şekil 3.5'te lunetlerin torna tezgahına bağlanması ve işlenmesi gösterilmiştir. Lunetler tezgahın bankosuna ya da arabaya bağlanır. Şekilde hareketli lunet tezgahın arabasına bağlanmıştır.

Lunetler, uzun iş parçalarında sehimi ortadan kaldırırlar ve tırlamanın olumsuz etkilerinden parçayı korurlar. Böylece yüzey pürüzlülüğü daha az olan, daha kaliteli bir yüzey meydana gelir.



Şekil 3.5 Lunet ve lunetlerle tornalama [10]



Şekil 3.6 Kesme kuvvetleri ve lunet karşıt kuvvetleri

Şekil 3.6 da kesici takımın oluşturduğu kesme kuvvetlerine karşın lunetin oluşturduğu dengeleyici karşıt kuvvetler gösterilmektedir. Kesme kuvvetleri iş parçasını, düşey düzlemde eğilmeye ve burulmaya zorlamaktadır. Lunetler, bu zorlamaları, karşıt kuvvetlerle minimize eder ve daha stabil bir tornalama işlemi gerçekleştirilmesini sağlarlar.

3.3 Lunet Türleri

Lunetler genelde iki başlık altında toplanır. Bunlar:

a . Sabit Lunet: Lunet, tezgah bankosuna bağlanır.

b . Hareketli Lunet: Lunet, tezgah arabasına bağlanır.

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8 de farklı tip ve konstrüksiyona sahip lunetler gösterilmiştir.

Tip	Resim	Kullanım Alanı
Üstten Katlanabilir Lunet		Çapı, 4mm ile 450mm arasında olan iş parçalarında kullanılan lunetlerdir.
Üstten Kaldırılabilir Lunet		400 ile 1500 mm çapındaki iş parçalarının işlenmesinde kullanılır.
Üstten Döndürülebilir Lunet		Bu tip lunetler büyük çapta ve uzunlukta malzemelerin tornalanması amacıyla kullanılırlar. Ağırlığı 30 ton olan iş parçalarında kullanılabilir.
Hareketli Lunet		Hareketli lunet tornalama süresince, sabit bir hızla torna arabası ile hareket eder. Ayrıca bu tip lunetler torna takımlarına gelen basıncı absorbe ederler.
C Tipi Sabit Lunet		CNC torna tezgahlarında sıklıkla kullanılan C tipi lunet özellikle uzun shaftların tornalanmasında kullanılır.
Açık Taşlama Luneti		Bu tip lunetler farklı türdeki metal ve plastiklerin taşlanmasında kullanılır.

Şekil 3.7 Lunet tipleri ve kullanım alanları

Kapalı Taşlama Luneti		Kapalı tip olan bu lunetler taşlama ile yüzey kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılır.
Açık Lunet		100 mm çapa kadar ve küçük parçaların işlenmesinde kullanılır.
Makaralı Lunet		Uzun şaftların(3000mm) işlenmesinde kullanılır ve malzemenin sehim yapmasını engeller.
Kayar Lunet		Jeneratör ve türbin rotorlarının; imalat, bakım ve onarımında kullanılır. İşlenen parçalara hidrolik destek vererek sehim yapmalarını engeller.
Kayar Makaralı Lunet		Bu tip lunetler özellikle krank millerinin işlenmesinde parçaya yataklık ederler.
Halka Lunet		Uzun, ince, ham iş parçalarının ve yapısal bozukluğu bulunan iş parçalarının işlenmesinde kullanılır. İş parçası makaralara yataklanır ve birlikte dönerler.
Plaka Yüzeyle Halka Lunet		Metal ve plastik boru şeklindeki parçaların birleştirilmesinde kullanılır.

Şekil 3.8 Lunet tipleri ve kullanım alanları

4. TALAŞLI İMALATTA İŞLEME KALİTESİ

Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometrik, boyut ve yüzey bakımından parça teknik resminde gösterilen belirli bir toleransa uygun olarak imal etmektir. Buna işleme kalitesi denir.

Bilindiği gibi iş parçaları, işlendikten sonra, resim üzerinde gösterilen nominal şekillerine göre bazı nedenlerden dolayı geometrik, boyut, ve yüzey bakımından bir takım sapmalar göstermektedir. İşleme yöntemine bağlı olarak daha büyük veya daha küçük olabilen bu hatalar, parçanın kullanma yerine göre müsaade edilen bir değerde tutulursa, parçanın çalışmasına engel olmamaktadırlar. Müsaade edilen hatalar genellikle toleranslar yardımıyla ifade edilir.

Hatalar ile kalite arasında ters orantı vardır. Yani, hatalar ne kadar küçük olursa, kalite o kadar yüksektir.

Talaşlı imalatta işleme kalitesi;

1.Boyut kalitesi

2.Geometrik kalite

3.Yüzey kalitesi

olmak üzere üç ayrı bölümden oluşur.

4.1 Boyut Kalitesi

Boyut kalitesi, parçanın gerçek boyutları ile nominal boyutları arasında müsaade edilen sapmalardır. Bu sapmalar boyut toleransları ile ifade edilir. Boyut toleransları, imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre tayin edilir. ISO standartlarında, ITO1, ITO, IT1, IT2,.....,IT6, IT7,.....IT15, IT16 şeklinde ifade edilen, 18 işleme kalitesi vardır.

Çizelge 4.1’de, standart gruplarının, kullanım alanları gösterilmiştir. Kalite kodu azaldıkça, tolerans değerleri daralmakta başka bir deyişle işleme kalitesi artmaktadır.

Çizelge 4.1 İmalat kalitelerinin kullanım alanları [10]

Kalite	Kullanım Alanı
01,0,1,2,3	Mastarlar ve ölçü aletleri
4,5,6	Uçak ve Takım Tezgahları
7,8,9	Normal Makina Konstrüksiyonu
10,11,12	Genel Makina Konstrüksiyonu
13,14,15,16	Döküm, Dövme, Çelik Konstrüksiyonu

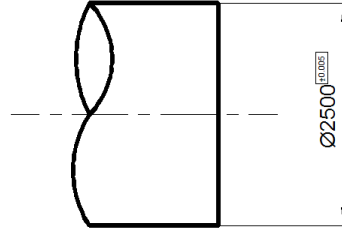
Çizelge 4.2 Talaş kaldırma işlemlerinde elde edilen kaliteler [10]

Kalite	Talaş Kaldırma İşlemi
IT8	Tornalama, delme, frezeleme, vargelleme, planyalama
IT7	Broşlama, İnce tornalama
IT6	Dış ve iç taşlama, raybalama
IT5	İnce taşlama
IT4	Çok ince taşlama, lepleme
IT3	Parlatma

Çizelge 4.2’de farklı talaş kaldırma yöntemleri ile ISO normuna göre elde edilebilen kalite kodları gösterilmiştir. En hassas yüzeyler ikincil talaş kaldırma yöntemleri olan taşlama, lepleme ve parlatma işlemlerinde elde edilmektedir.

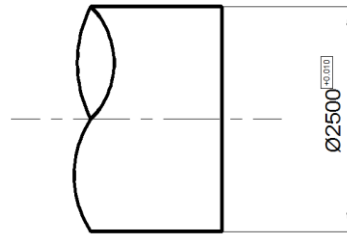
4.1.1 Boyut Toleransları

Çift Taraflı Tolerans: Nominal boyuttan hem negatif hem de pozitif yönde değişimlere izin verilebilir.



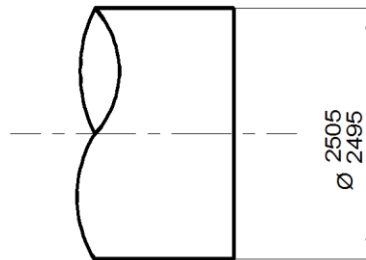
Şekil 4.1 Çift taraflı tolerans

Tek Taraflı Tolerans: Belirlenen boyuttan değişime sadece tek yönde izin verilebilir.



Şekil 4.2 Tek taraflı tolerans

Sınır Boyutlar: Bir parça boyutu için kabul edilebilir boyutlara, izin verilen maksimum ve minimum boyutlar dahildir. Bu boyutlar arasındaki değerler kabul edilir.

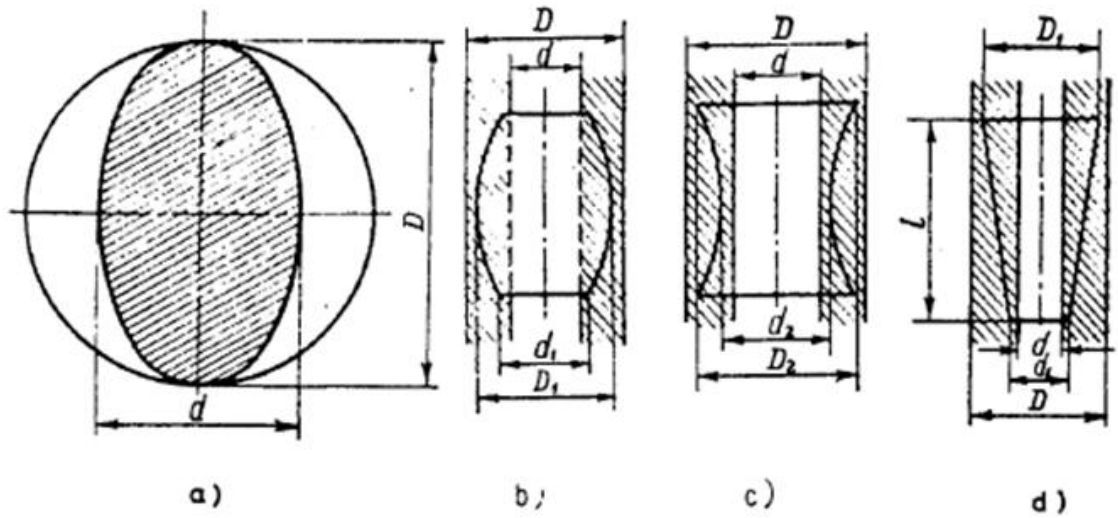


Şekil 4.3 Sınır boyutlar

4.2 Geometrik Kalite

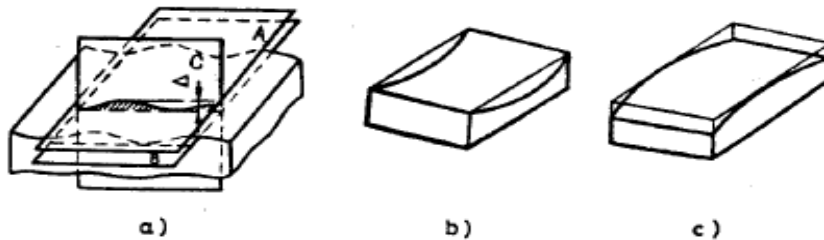
Geometrik kalite, müsaade edilen şekil ve konum sapmalarını kapsamaktadır. Bunlar, ideal silindirik şekle göre sapmalar, ideal yüzeye göre sapmalar ve eksen sapmaları olarak üç gruba ayrılır.

İdeal silindirik şekle göre sapmalar, silindirin çapına ve uzunluğuna ait olabilirler. Ovallık olarak bilinen kesite ait sapmalar, kesitin tam daire olmamasından ileri gelir. (Şekil 4.4a). Silindirin uzunluğuna göre sapmalar, dışa bombeli (Şekil 4.4b), içe bombeli (Şekil 4.4c) ve koniklik şeklinde olabilirler.



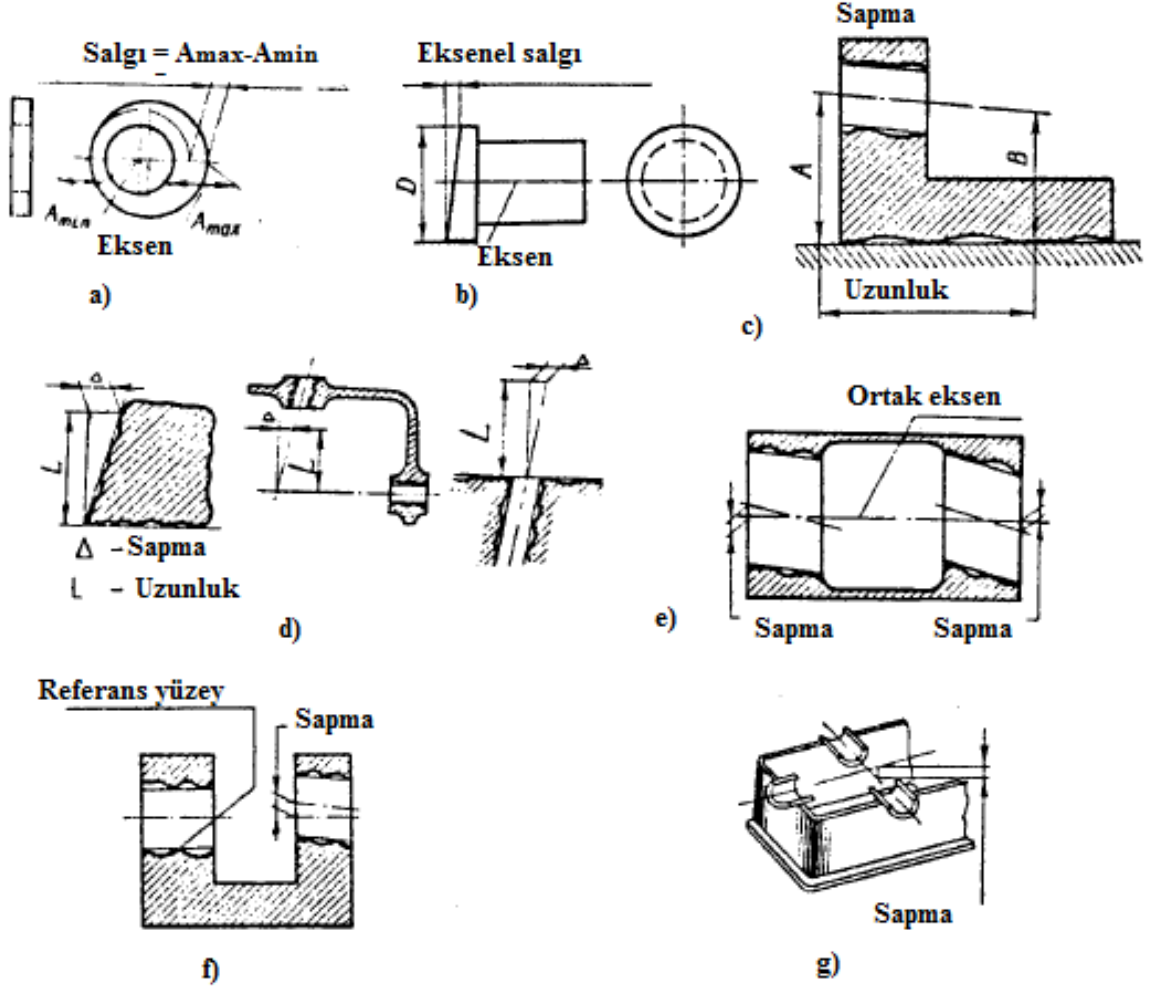
Şekil 4.4 Silindirik şekle göre sapmalar [10]

Şekil 4.5'te yüzey sapmaları gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Yüzey Sapmaları [10]

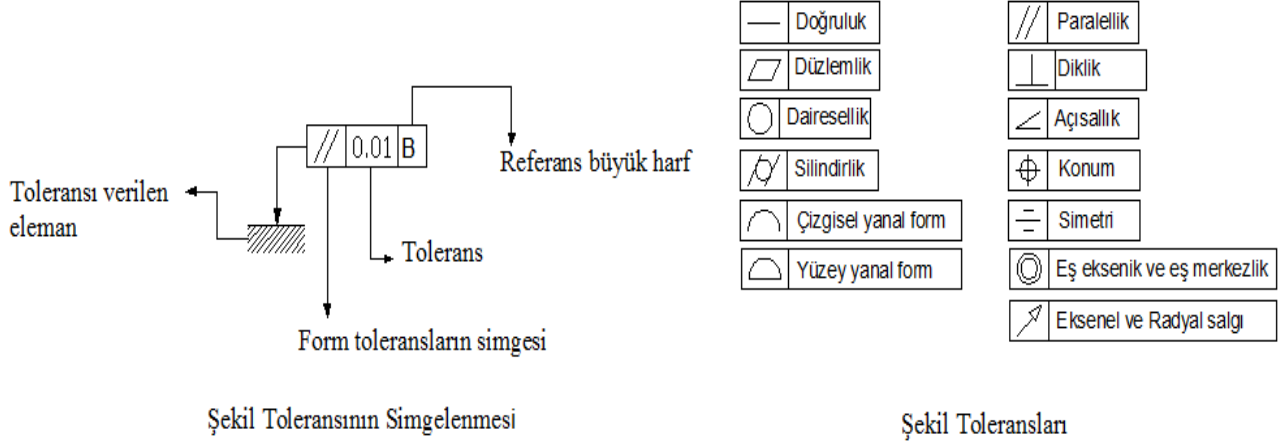
Eksen sapmaları, Şekil 4.6 da eksen sapmaları gösterilmektedir. Radyal salgı (a) ve eksenel salgı (b), bir eksenin yüzeye göre paralel olmaması (c), iki eksenin birbirine dik olmaması (d) ortak eksene göre sapmalar (e), eş eksensizlik (f), eksenlerin kesişmemesi (g) şeklinde olabilir.



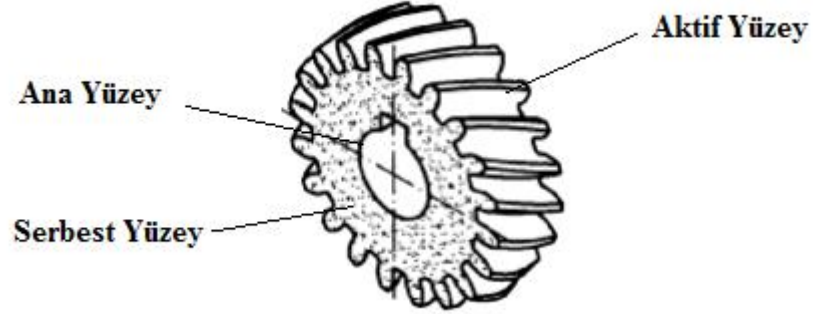
Şekil 4.6 Eksen Sapmaları [10]

Boyut kalitesinde olduğu gibi, geometrik kalite de toleranslarla ifade edilir. Şekil 4.7 de şekil toleransları ve simgelenmesi gösterilmektedir. Şekil toleransları adını taşıyan bu toleranslar, parçanın fonksiyonuna göre tayin edilir ve imalat resminin üzerinde sembollerle gösterilir. Şekil toleranslarının seçimi yüzeyin önemine bağlıdır. Bu bakımdan bir parçanın yüzeyleri ana, aktif ve serbest olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Ana yüzeyler, parçanın bir başka parça ile temasta bulunan ve diğer parçaya göre izafi olarak hareket etmeyen yüzeylerdir. Aktif yüzeyler ise başka parça ile temasta

bulunan ve diğer parçaya göre izafi olarak hareket eden yüzeylerdir. Serbest yüzeyler, diğer iki gruba girmeyen yüzeylerdir. Şekil 4.8 de ana, aktif ve serbest yüzey için örnek verilmiştir.



Şekil 4.7 Şekil Toleransları ve Simgelenmesi



Şekil 4.8 Ana, aktif ve serbest yüzeyler

4.3 Yüzey Kalitesi

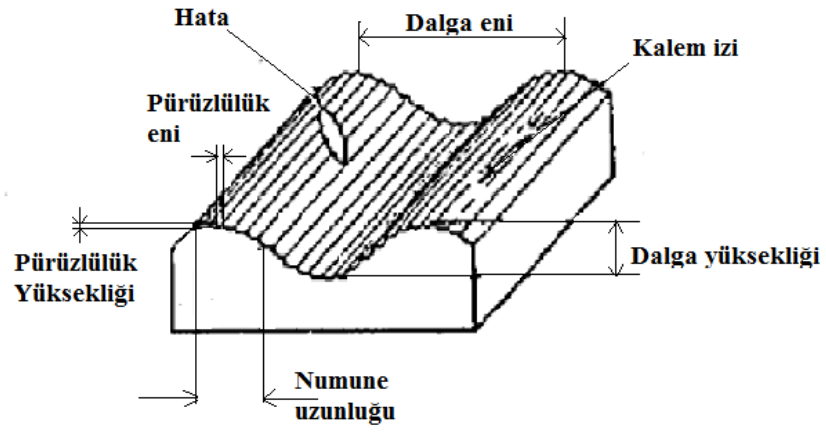
Yüzey kalitesi, parçanın yüzeyinde meydana gelen izler, hatalar ve dalgalı gibi düzgünlüklerin toplamı olarak ifade edilebilmektedir. Bu düzgünlükler, parçalar arası gerçek temas yüzeyini küçültmekte, aşınmayı hızlandırmakta, sürtünmeyi artırmakta ve yorulma mukavemetini azaltmaktadır. Bu nedenle parçanın fonksiyonuna göre yüzey kalitesini tayin etmek tasarımcının başlıca görevidir. Pratikte yüzey kalitesi; şekil sapmaları, yüzey dalgalı ve yüzey pürüzlülüğünden oluşmaktadır.

Talaşlı imalat işlemlerinde üretim maliyeti, işlenecek parçanın geometrik özelliklerine ve imalat şartlarına bağlı olarak değişim gösterir. Yüzey kalitesindeki artma, üretim maliyetini de artıracaktır. Tasarımcı hizmet, ömür, performans, görünüm ve diğer mekanik fonksiyonlar için iyi özellikleri sağlayacak karakteristikleri belirlemelidir. Tasarım aşamasında belirlenen yüzey pürüzlülüğü değerinin üretim maliyetini etkileyeceği açıktır. İşlenmiş bir yüzeyin üretim maliyeti daha ince bir bitirme işlemi gereksinimi ile artmaktadır.

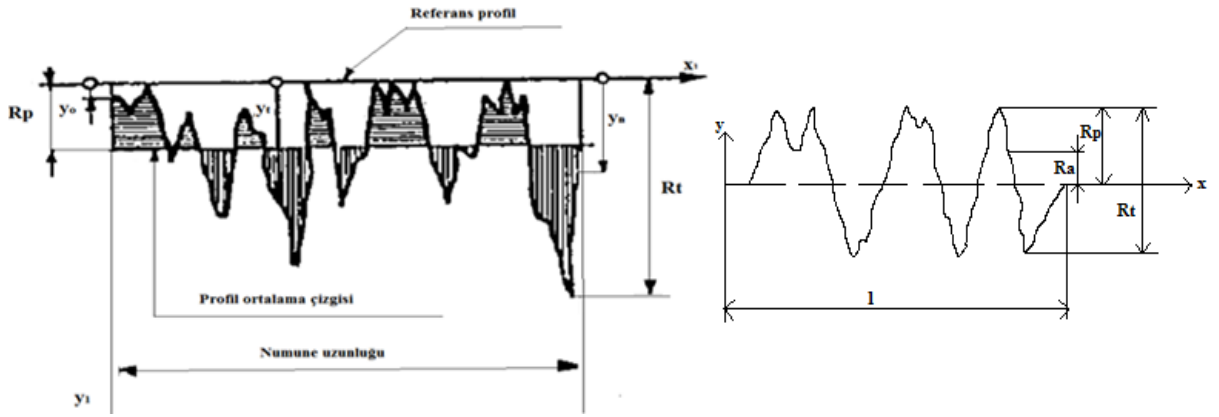
Talaşlı işlemle imal edilen parçaların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için boyut ve boyutsal toleranslara ilaveten yüzey bitirme kalitesinin de tayin edilmesi ve talaşlı işlemle bu değere ulaşılması gerekmektedir. Geometrik kriterlerin yanı sıra, parça yüzeyleri istenmeyen metalurjik değişimlere uğramamalı, kalıntı gerilmeleri içermemeli ve yüzey çatlağı gibi hatalar oluşmamalıdır. Bahsedilen kriterler, özellikle parçaların tahribatlı bir işletme koşullarında, yorulma yüklemelerine maruz kalmaları halinde veya yorulmaların trajik sonuçlara yol açabileceği hallerde daha da önem kazanmaktadır.

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyinde ki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), gereksinimi yaklaşık olarak $1,6\mu m$ ' yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğünü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda, yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir.

Şekil 4.9 da Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi gösterilmektedir. Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir. Dalga, geometrik sapmalar grubuna dahildir; dolayısıyla yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder.



Şekil 4.9 Yüzey Pürüzlülüğü ve Değerlendirilmesi [10]



Şekil 4.10 Yüzey Pürüzlülüğü [10]

Ortalama yüzey pürüzlülüğü,

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx \quad [4.1]$$

Şeklinde tanımlanır. Burada:

R_t : Yüzey pürüzlülüğünün derinliği

R_p : Yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği

R_a : Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri

4.3.1 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

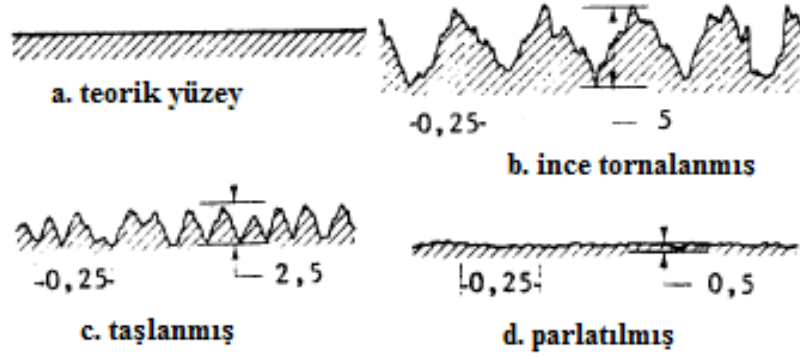
1. Kesici takımdaki titreşimler
2. Kesici takım geometrisi
3. İşlenen iş parçasındaki titreşim ve salgılar
4. Takım hareketlerindeki bozukluklar
5. İlerleme
6. Kesme hızı
7. Verilen talaş derinliği
8. İlerleme mekanizmasındaki boşluklar
9. Takım ve iş parçasının elastik deformasyonu
10. İş parçalarındaki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

Yüzey pürüzlülüğüne en fazla etki eden faktörlerden titreşim ve salgıları minimize etmek amacıyla torna tezgahında **lunet** adı verilen ara yatak elemanları kullanılır.

Bazı imalat resimlerinde yüzey kaliteleri, ters üçgenlerden oluşan simgelerle ifade edilir. Bu işaretler ile (R_a) arasındaki bağıntı Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3 R_a ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı [10]

Pürüzlülük Derecesi	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Ra(μm)	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
CLA(μin)	1	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000	2000
Simge	▽ ▽ ▽ ▽			▽ ▽ ▽			▽ ▽			▽		
ISO normuna göre Ra değerleri N ile simgelenmiştir.												



Şekil 4.11 Yüzey Pürüzlülüğü ile ilgili örnekler [10]

Şekil 4.11 de yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bir örnek gösterilmiştir. İnce tornalama işleminden sonra ikincil talaş kaldırma yöntemleri ile yüzey kalitesi artırılmıştır.

Şekil 4.12 de talaşlı imalat yöntemleri ve bu yöntemlere göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri gösterilmiştir. Beyaz kutular ilgili imalat yöntemindeki tüm ekonomik alanı göstermekte, siyah kutucuklar ise kullanılan alanını göstermektedir.

İmal Usulü	Ra (µm)												
	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0
Alev kesmesi, testere ile kesme													
El ile taşlama													
Eğeleme													
Planyalama													
Kaba tornalama													
Kaba frezeleme													
Kaba taşlama													
Delme (zımba)													
Delme (matkapla)													
İnce tornalama veya frezeleme													
Broşlama													
Alın düzlem taşlama													
Raybalama													
Silindirik taşlama													
Parlatma													
Tornalama (elmas kalemle)													
Honlama													
Parlatma (deri ile)													
Lepleme													
Çok hassas parlatma													
Kullanılan alan													
Tüm ekonomik alan													

Şekil 4.12 Yüzey işleme yöntemleri ve erişilebilecek yüzey pürüzlülükleri [10]

4.4 İşleme Kalitesini Etkileyen Faktörler

4.4.1. Takım tezgahına ait sapmalar

- a. Tezgahın kinematik mekanizmasındaki mevcut olan hataların etkisi
- b. Ana mil ile kızak yüzeylerinin paralel olmaması
- c. Tezgahın tüm mekanizmaları ve yataklama sistemlerinde mevcut olan salgılar
- d. Gövde ve ana milin yeterli derecede rijit olmaması

4.4.2. Tutturma sistemine ait hatalar

- a. Ana elemanların imalat hataları
- b. Tertibatın yeterli kadar rijit olmaması
- c. Ana elemanlarda oluşan aşınmalar

4.4.3. Takım sistemine ait hatalar

- a. Takımın konum bakımından hatalı tutturulması
- b. Kesme kuvvetlerinin etkisi altında şekil değiştirmelerin oluşması
- c. Takımın aşınması

4.4.4. Ortamın etkisi

- a. Sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeler
- b. Diğer makinalardan gelen titreşimler

5. MATERYAL VE METOD

5.1 Materyaller

Bu çalışmada, iş parçası (deney numunesi) malzemesi olarak ST50-2 çeliği kullanılmıştır. St50-2 çeliğinin kimyasal bileşimi, Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Deney numuneleri uygun boyda kesilerek, önce merkezleme işlemi yapılmıştır. Yani, torna tezgahına bağlanarak alın yüzeyleri tormalanmış, tutma yeri açılmış ve punta deliği açılarak deney için hazır duruma getirilmiştir.

Çizelge 5.1 ST50-2 çeliği kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

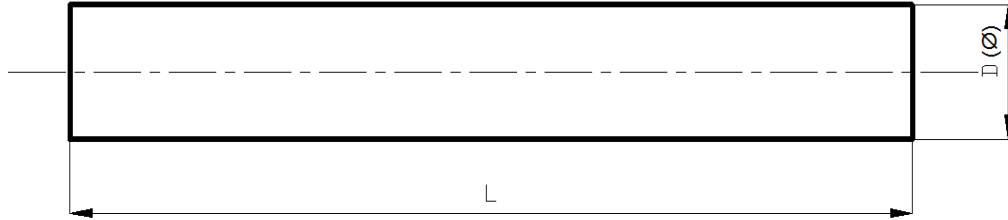
Malzeme	Kimyasal Bileşim(max %ağırlık)				Mekanik Özellikler	
	%C	P max	S max	N max	σ_k (dan/mm ²) Kopma dayanımı	σ_{ak} (dan/mm ²) Akma dayanımı
ST 50-2	0,30	0,050	0,050	0,007	50-60	29

Deney numunelerinin hazırlanması için bir universal torna tezgahı kullanılmıştır. Ölçme için yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihazın hassasiyeti: 0.02 μ m dir. Ayrıca, ölçümleri düzgün bir şekilde yapabilmek için, ölçüm aparatı kullanılmıştır. Bu aparat üzerine, yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı yerleştirilmiş ve cihazın ölçüm sırasında sabit kalması sağlanmıştır. Ayrıca her bir deney başlangıcında, ölçüm cihazının kalibrasyonu 6 μ m yüzey pürüzlülüğü olan bir referans numune ile yapılmıştır. Kesici takım olarak P-20 sinterlenmiş karbür kullanılmıştır. Lunet olarak 1 adet sabit lunet ve 1 adet de hareketli lunet kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı çalışma prensibi: Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı; prob, bağlantı kablosu ve dijital gösterge olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Cihazın probu üzerinde ince bir iğne vardır ve bu iğne yüzeye temas ettirilerek ölçüm yapılır. Deneylerde prop 25 mm hareket ederek yüzeydeki çıkıntılarının aritmetik ortalamasını dijital göstergede göstermektedir.

5.2 Deneylerin Yapılışı

5.2.1 Malzeme Çapı Değiştirilerek Yapılan Yüzey pürüzlülüğü deneyleri



Şekil 5.1 Deney Numunesi

Şekil 5.1 de başlangıç deney numunesi görülmektedir. Deney numunesi olarak, iki adet 1000 mm boyunda ve 65 mm çapında ST50-2 çeliği kullanılmıştır.

D=60mm'den başlayarak, D=30mm'ye kadar sabit devir sayısı, paso derinliği ve ilerlemede tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra malzeme yüzeyinde işaretleme yapılarak yüzey pürüzlülüğü değerleri 17 ayrı noktadan ölçülmüş ve elde edilen deneysel sonuçlar tablo ve grafik halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.2 Tornalama işleminde kullanılan kesme hızları [10]

Parça Malzemesi	Mukavemet <i>daN/mm²</i>	Takım Malzemesi	İlerleme(mm/dev)													
			0,1		0,16		0,25		0,4		0,65		1		1,6	
			Kesme hızları (m/dak)													
St 50–St60 C35-C45	50-60	SS	45	30	40	26	35	22	30	20	25	16	20	15	15	10
		P10	240	160	210	140	190	125	170	110	150	100	130	85	-	-
		P20	-	-	170	110	150	100	130	90	120	80	100	70	90	60
		P30	-	-	-	-	-	-	100	65	90	60	80	55	70	50

Çizelge 5.2 de, iş parçası malzemesi, takım malzemesi, ilerleme ve kesme kuvvetlerine bağımlı olarak genellikle tercih edilen kesme hızları verilmiştir.

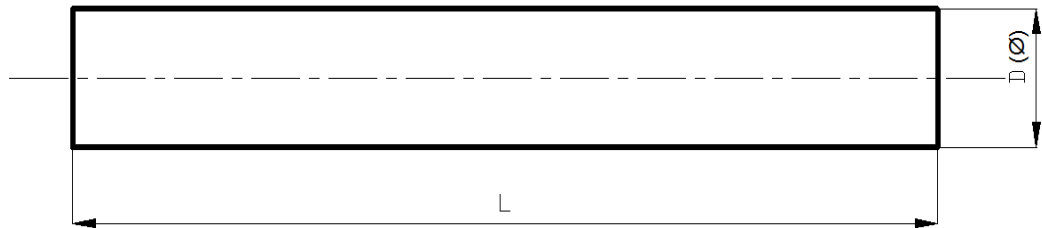
Deneylerde seçtiğimiz takım P20 sinterlenmiş karbürdür, iş parçamız ise St50-2 çeliğidir. Bu parametrelere göre, deneyler için Çizelge 5.3'e uygun olarak kesme hızları ve ilerleme değerleri seçilmiştir. İlerleme için 0,25 mm/dev 'e en yakın değer olan 0,28 mm/dev seçilmiştir ve bu kesme parametreleri bütün deneylerde sabit tutulmuştur.

Çizelge 5.3 Kesme Parametreleri

Devir sayısı	500 dev/dak
İlerleme	0,28 mm/dev
Paso derinliği	1 mm
Malzeme	ST50-2

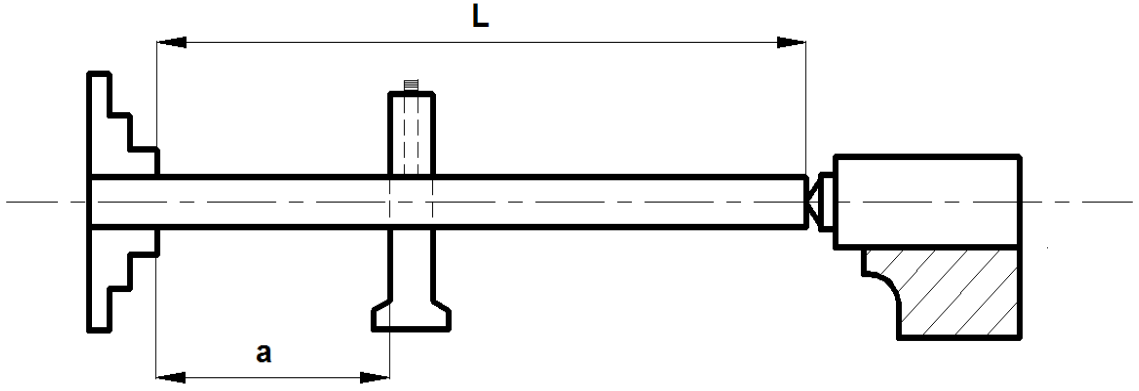
5.2.2 Sabit Lunet Kullanılarak Yapılan Yüzey Pürüzlülüğü Deneyleri

Malzemesi ST50-2 çeliği olan ve çapları 40, 35, 30, 28, 26 mm olan, 1000 mm boyundaki deney numuneleri sabit lunet kullanılarak ve sabit lunet değişik konumlarda konumlandırılarak, tornalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sırasında, devir sayısı, ilerleme ve paso derinliği sabit tutulmuştur. Daha sonra yüzey pürüzlülüğü ölçülerek, elde edilen deneysel sonuçlar, grafik halinde sunulmuştur.



Şekil 5.2 Sabit lunet deney numunesi

Şekil 5.2 de sabit lunet kullanarak yapılan deneylerde kullanılan deney numunesi gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Deneyler sırasında sabit lunetin konumu

Şekil 5.3 de sabit lunet kullanarak yapılan deneyler için, sabit lunetin konumu gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Sabit lunet ile tornalama işlemi

Şekil 5.4 de sabit lunet kullanarak yapılan tornalama işlemi gösterilmiştir.

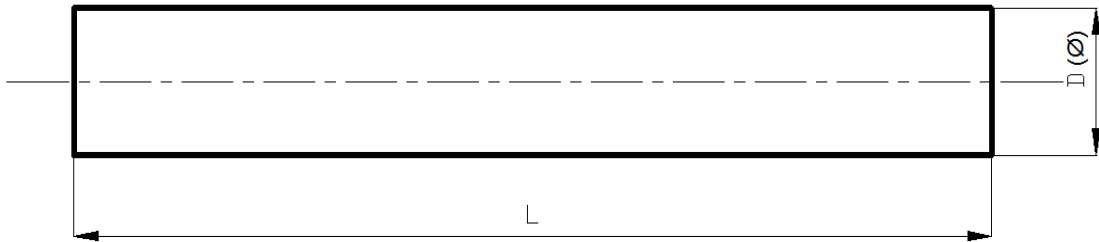


Şekil 5.5 Yüzey pürüzlülüğü ölçme deneyinin yapılışı

Şekil 5.5 de tornalama işlemi sonucunda elde edilen yüzeylerde, yüzey pürüzlülüğü deneyinin yapılışı gösterilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı, tabanı konik olan aparat üzerine yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır.

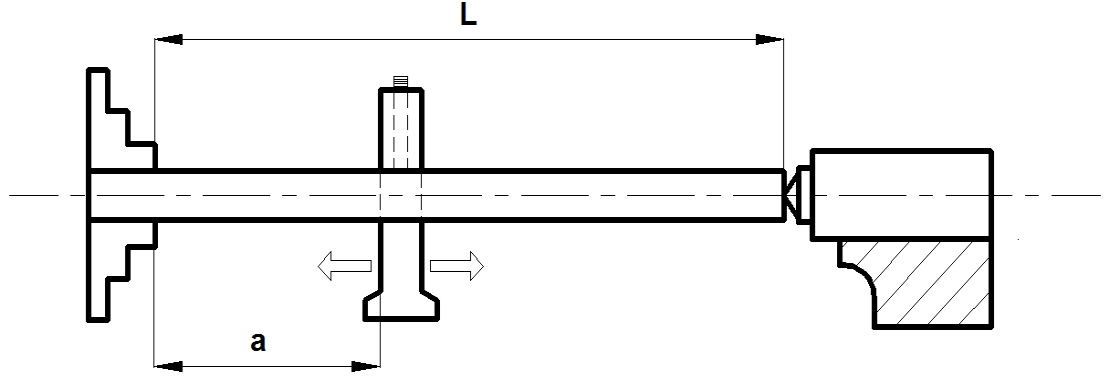
5.2.3 Hareketli Lunet Kullanılarak Yapılan Yüzey pürüzlülüğü Deneyleri

40 ve 30 mm çapındaki iş parçaları, torna tezgahına punta ile desteklenerek bağlanmıştır. Daha sonra hareketli lunet bağlanarak, sabit devir sayısı, ilerleme ve paso derinliği kullanılarak tornalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülüp grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.6 Hareketli lunet deney numunesi

Şekil 5.6 da hareketli lunet kullanarak yapılan deneylerde kullanılan, deney numunesi gösterilmiştir. Deney numunelerinin çapları 40 ve 30mm, uzunluğu 1000mm ve malzemesi ST50-2 çeliğidir.



Şekil 5.7 Hareketli lunet ile yapılan deneyler sırasında lunet konumu

Şekil 5.7 de hareketli lunet kullanarak yapılan deneyler sırasında, lunetin konumu gösterilmiştir. Burada (a), lunetin aynadan uzaklığını (l), ise iş parçasının boyunu göstermektedir.



Şekil 5.8 Hareketli lunet ile tornalama işlemi

Şekil 5.8 de hareketli lunet kullanarak yaptığımız deneylerin fotoğrafı gösterilmiştir. Hareketli lunet, fotoğrafta da görüldüğü gibi torna tezgahının arabasına bağlanmıştır ve kesici takım ile birlikte hareket etmektedir.

6.DENEY SONUÇLARI

6.1Malzeme Çapındaki Değişimin Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi

Çizelge 6.1 D=60, D=55 ve D=50 için deney sonuçları

b(Ölçüm noktası) [mm]	D=60 mm			D=55 mm			D=50 mm		
	1. Deney	2.Deney	Ortalama	1. Deney	2.Deney	Ortalama	1. Deney	2.Deney	Ortalama
	Ra(μm)	Ra(μm)		Ra(μm)	Ra(μm)		Ra(μm)	Ra(μm)	
100	2,28	2,1	2,19	2,94	2,82	2,88	3,68	3	3,34
150	2,52	2,31	2,415	3,04	2,9	2,97	4,04	2,8	3,42
200	1,94	1,98	1,96	3,38	2,74	3,06	3,72	2,92	3,32
250	1,96	1,96	1,96	3,68	2,84	3,26	3,84	2,86	3,35
300	2,12	2,12	2,12	3,2	2,9	3,05	3,64	2,94	3,29
350	1,6	1,89	1,745	3,4	2,84	3,12	3,8	2,94	3,37
400	1,82	1,82	1,82	3,28	2,82	3,05	3,56	2,96	3,26
450	1,6	1,76	1,68	3,15	3	3,075	3,88	3,02	3,45
500	2,04	1,92	1,98	3,32	3	3,16	3,68	3,02	3,35
550	1,52	1,68	1,6	3,16	3,05	3,105	3,8	2,96	3,38
600	1,38	1,52	1,45	3,28	2,9	3,09	3,88	2,88	3,38
650	1,6	1,6	1,6	3,12	2,88	3	3,98	2,88	3,43
700	1,46	1,46	1,46	3,25	2,79	3,02	3,86	2,96	3,41
750	1,48	1,48	1,48	3,45	2,85	3,15	3,98	2,96	3,47
800	1,78	1,56	1,67	3,38	2,8	3,09	3,86	2,85	3,355
850	1,5	1,5	1,5	3,34	2,72	3,03	3,62	2,8	3,21
900	1,64	1,61	1,625	3,9	2,62	3,26	3,64	2,8	3,22

Çizelge 6.2 D=45, D=40 ve D=38 mm için deney sonuçları

b(Ölçüm noktası)	D=45 mm			D=40 mm			D= 38 mm		
	1. Deney	2.Deney	Ortalama	1. Deney	2.Deney	Ortalama	1. Deney	2.Deney	Ortalama
	Ra(μm)	Ra(μm)		Ra(μm)	Ra(μm)		Ra(μm)	Ra(μm)	
100	3,72	4	3,86	4,22	4	4,11	5,66	3,56	4,61
150	3,2	2,74	2,97	4,3	2,44	3,37	5,54	3,2	4,37
200	3,36	2,76	3,06	3,7	2,6	3,15	5,26	3,36	4,31
250	3,66	2,74	3,2	5,3	2,8	4,05	5,1	3,66	4,38
300	3,34	2,84	3,09	3,5	2,7	3,1	4,82	3,34	4,08
350	3,38	2,98	3,18	3,56	2,84	3,2	5,06	3,38	4,22
400	3,3	3,04	3,17	3,18	3,54	3,36	4,76	3,4	4,08
450	3,3	3,04	3,17	3,36	3,04	3,2	4,72	3,38	4,05
500	3,48	3,2	3,34	3,5	3,14	3,32	4,64	3,6	4,12
550	3,48	3,24	3,36	3,1	3,3	3,2	4,46	3,5	3,98
600	3,82	3,22	3,52	3,72	3,22	3,47	4,6	3,82	4,21
650	3,92	3,15	3,535	3,55	3,16	3,355	5,8	3,96	4,88
700	3,8	3,16	3,48	3,38	3,16	3,27	4,54	3,8	4,17
750	3,86	3,08	3,47	2,92	3,12	3,02	4,3	3,84	4,07
800	3,78	3,08	3,43	3,2	3,22	3,21	4,1	3,78	3,94
850	3,94	2,96	3,45	3,2	3,02	3,11	4,16	3,94	4,05
900	4	2,92	3,46	3,14	3,04	3,09	4,2	3,8	4

Çizelge 6.1 ve 6.2 de D=60, D=55, D=50, D=45, D=40 ve D=38 mm çapları için yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçme deneylerinin sonuçları gösterilmektedir. “b”, ölçüm yapılan noktaların konumunu yani yüzey pürüzlülüğü ölçülen noktaların torna aynasından uzaklığını göstermektedir. Ölçümler, torna aynasından 100 ile 900 mm uzaklıkta, 17 ayrı noktada yapılmıştır.

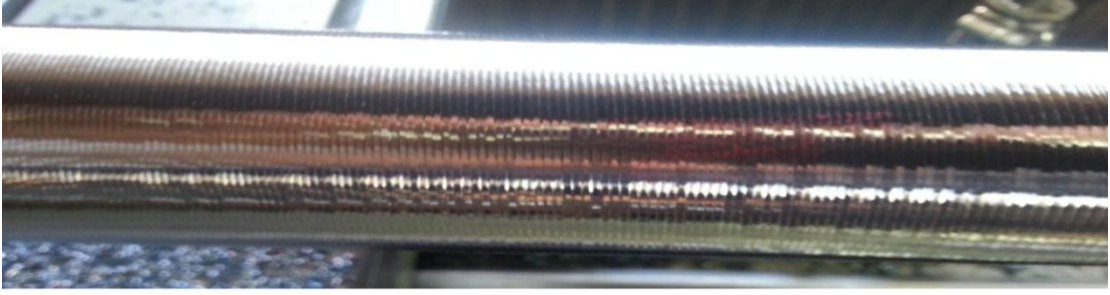
Çizelge 6.3 D=36, D=34, D=32 ve D=30mm için deney sonuçları

	D=36 mm			D=34 mm			D=32 mm			D=30 mm		
	1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney	
(b) Ölçüm noktası(mm)	Ra (µm)	Ra (µm)	Ortalama	Ra (µm)	Ra (µm)	Ortalama	Ra (µm)	Ra (µm)	Ortalama	Ra (µm)	Ra (µm)	Ortalama
100	5,22	2,9	4,06	5,44	4	4,72	6,6	6,86	6,73	6,3	6,8	6,55
150	5,44	2,92	4,18	5,24	3,48	4,36	6,64	7,06	6,85	6,45	6,92	6,685
200	5,22	3,28	4,25	5,04	3,56	4,3	6,38	6,2	6,29	6,9	8	7,45
250	4,96	3,3	4,13	4,84	3,68	4,26	6,48	6,8	6,64	9,22	8,7	8,96
300	5,22	3,56	4,39	5,2	3,59	4,395	6	6,7	6,35		8,9	8,9
350	4,84	3,7	4,27	5,5	3,6	4,55	6,2	6,7	6,45			
400	5	4,1	4,55	5,04	3,78	4,41	6	6,68	6,34			
450	5	4,5	4,75	5,26	4,1	4,68	6,3		6,3			
500	4,78	4,04	4,41	4,58	4,68	4,63						
550	5	4,34	4,67	5,07	4,8	4,935						
600	5	4,3	4,65	4,6	4,82	4,71						
650	4,96	4,36	4,66	4,62	4,78	4,7	6,7	6,44	6,57		9	9
700	5,04	4,46	4,75	4,32	4,62	4,47	6,36	5,62	5,99	9,4	8,4	8,9
750	5	4,32	4,66	4,74	4,6	4,67	5,7	5,86	5,78	9,24	8	8,62
800	4,82	4,32	4,57	4,64	4,56	4,6	6,5	5,8	6,15	6,35	6,34	6,345
850	4,96	4,4	4,68	4,62	4,5	4,56	6,12	5,96	6,04	6,28	6,3	6,29
900	4,95	4,34	4,645	5	4,52	4,76	5,3	6,66	5,98	6,22	6,1	6,16

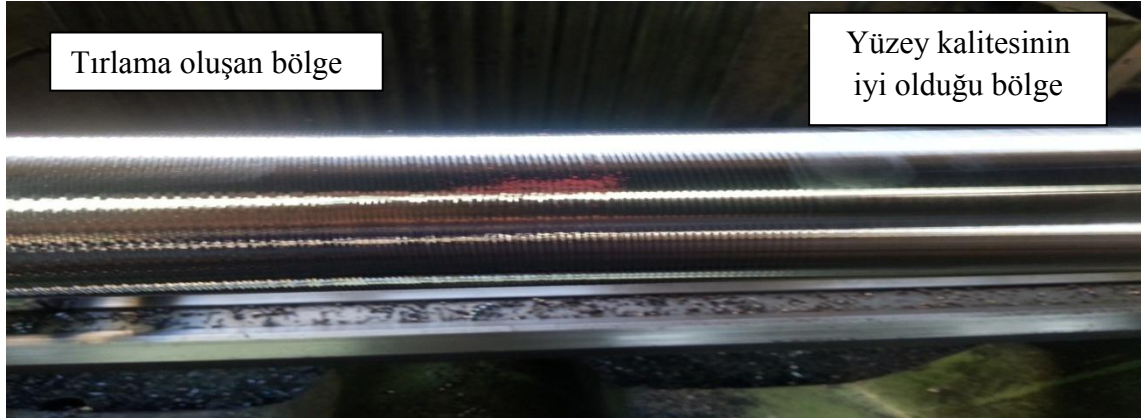
Çizelge 6.3 de, D=36, D=34, D=32 ve D=30 mm çapları için yapılan yüzey pürüzlülüğü deney sonuçları gösterilmektedir. Burada “b”, torna aynası ile ölçüm yapılan noktalar arasındaki uzaklığı göstermektedir. Ölçümler, torna aynasından, 100 ile 900 mm uzaklıkta 17 ayrı noktada yapılmıştır. Çizelgede boş bırakılan yerlerde tırlama oluştuğundan ölçüm yapılamamıştır.

Şekil 6.1 de uzun ve ince iş parçalarında, kesme kuvvetlerinin oluşturduğu titreşim nedeni ile oluşan tırlama olayına bağımlı olarak elde edilen bozuk yüzey

gösterilmektedir. İş parçasının çapı azaldıkça malzemenin rijitliği azaldığından titreşim artmaktadır. Tornalama işlemi sırasında, özellikle iş parçasının ağırlık merkezine yakın yerlerinde yüzey kalitesi düşmekte, ayna ve puntaya yakın yerlere oranla daha düşük kalitede bir yüzey oluşmaktadır.



Şekil 6.1 Lunetsiz tornalama işlemi ile tırlama sonucu elde edilen bozuk yüzey



Şekil 6.2 Lunetsiz tornalama işleminde elde edilen yüzey kalitesi

Şekil 6.2 de, lunet kullanılmadan yapılan tornalama sonucunda elde edilen yüzey gösterilmiştir. İş parçasının ağırlık merkezine yaklaştıkça yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Çünkü bu bölgelerde oluşan sehimi dengeleyecek bir makine elemanı kullanılmamıştır.

6.2 Sabit Lunet Kullanımının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5 de, sabit lunet kullanarak yapılan tornalama işlemi sonucunda oluşan ve deneysel olarak ölçülen, yüzey pürüzlülüğü değerleri gösterilmektedir. Boş bırakılan yerlerde tırlama oluşması nedeniyle ve yüzey kalitesinin çok kötü olduğundan, ölçüm yapılamamıştır. Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5 de, “D” İş parçasının çapını, “a” lunet konumunu, “b” ölçüm noktasını, “Ra” Yüzey pürüzlülüğünü göstermektedir.

Çizelge 6.4 D=40, D=35 için sabit lunet ile tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri

Lunet konumu a[mm]	Ölçüm noktası [mm]	D=40mm		Ortalama (μ m)	D=35mm		Ortalama (μ m)
		1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney	
		Ra(μ m)	Ra(μ m)		Ra(μ m)	Ra(μ m)	
300	450	2,72	2,84	2,78	3,32	3,52	3,42
	500	2,74	2,86	2,8	3,3	3,54	3,42
	550	2,7	2,8	2,75	3,42	3,62	3,52
	600	2,78	2,9	2,84	3,6	3,78	3,69
	650	2,8	3,02	2,91	3,72	3,9	3,81
	700	2,86	3,1	2,98	3,8	3,92	3,86
	750	3	3,06	3,03	3,86	3,9	3,88
	800	2,88	3	2,94	3,9	3,9	3,9
	850	2,86	2,9	2,88	3,76	3,82	3,79
	900	2,8	2,86	2,83	3,7	3,72	3,71
350	500	2,68	2,78	2,73	3,3	3,46	3,38
	550	2,7	2,74	2,72	3,36	3,4	3,38
	600	2,72	2,8	2,76	3,32	3,42	3,37
	650	2,76	2,86	2,81	3,5	3,56	3,53
	700	2,74	2,82	2,78	3,6	3,7	3,65
	750	2,8	2,84	2,82	3,64	3,68	3,66
	800	2,84	2,9	2,87	3,7	3,74	3,72
	850	2,72	2,86	2,79	3,72	3,8	3,76
	900	2,7	2,84	2,77	3,62	3,72	3,67
400	550	2,6	2,74	2,67	3,26	3,34	3,3
	600	2,58	2,7	2,64	3,3	3,4	3,35
	650	2,66	2,8	2,73	3,32	3,44	3,38
	700	2,7	2,84	2,77	3,44	3,5	3,47
	750	2,72	2,86	2,79	3,5	3,62	3,56
	800	2,78	2,82	2,8	3,56	3,64	3,6
	850	2,8	2,82	2,81	3,48	3,54	3,51
	900	2,82	2,78	2,8	3,44	3,5	3,47
450	600	2,6	2,62	2,61	3,22	3,3	3,26
	650	2,58	2,64	2,61	3,24	3,28	3,26
	700	2,66	2,7	2,68	3,36	3,32	3,34
	750	2,7	2,76	2,73	3,4	3,44	3,42
	800	2,72	2,74	2,73	3,38	3,46	3,42
	850	2,78	2,68	2,73	3,36	3,4	3,38
	900	2,8	2,7	2,75	3,34	3,42	3,38
500	650	2,54	2,6	2,57	3,2	3,28	3,24
	700	2,52	2,62	2,57	3,22	3,28	3,25
	750	2,56	2,6	2,58	3,2	3,3	3,25
	800	2,56	2,58	2,57	3,32	3,4	3,36
	850	2,6	2,54	2,57	3,34	3,42	3,38
	900	2,52	2,5	2,51	3,3	3,4	3,35
550	700	2,48	2,58	2,53	3,18	3,22	3,2
	750	2,5	2,56	2,53	3,24	3,2	3,22
	800	2,44	2,6	2,52	3,26	3,32	3,29
	850	2,46	2,54	2,5	3,2	3,3	3,25
	900	2,5	2,56	2,53	3,12	3,2	3,16
600	750	2,46	2,5	2,48	3,14	3,18	3,16
	800	2,44	2,54	2,49	3,26	3,24	3,25
	850	2,38	2,52	2,45	3,1	3,2	3,15
	900	2,36	2,48	2,42	3,1	3,2	3,15

Çizelge 6.5 D=30, D=28 ve D=26 için sabit lunet ile yapılan tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri

		D=30mm			D=28mm			D=26mm		
		1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney	
Lunet konumu	b	R _a	R _a	Ort.	R _a	R _a	Ort.	R _a	R _a	Ort.
300	450	6,2	5,96	6,08	6,72	6,54	6,63	6,72	6,54	6,63
	500	6,24	5,9	6,07	6,7	6,5	6,6	6,8	6,62	6,71
	550	6,2	5,94	6,07	6,74	6,56	6,65	7	6,9	6,95
	600	6,32	6	6,16	6,82	6,6	6,71		8	8
	650	6,36	6	6,18	6,9	6,7	6,8			
	700	6,4	6,02	6,21	7	6,78	6,89			
	750	6,4	6,04	6,22	7	6,9	6,95			
	800	6,5	6	6,25	7,02	6,92	6,97	6,8	7,62	7,21
	850	6,38	6	6,19	6,98	6,86	6,92	6,68	7,4	7,04
	900	6,34	5,98	6,16	6,9	6,86	6,88	6,7	7	6,85
350	500	6,16	5,84	6	6,74	6,5	6,62	6,7	6,6	6,65
	550	6,2	5,86	6,03	6,72	6,48	6,6	6,78	6,72	6,75
	600	6,2	5,9	6,05	6,7	6,56	6,63	6,76	6,8	6,78
	650	6,24	5,9	6,07	6,78	6,62	6,7	6,9	7,4	7,15
	700	6,3	5,96	6,13	6,8	6,7	6,75			
	750	6,34	6	6,17	6,84	6,76	6,8			
	800	6,4	6,04	6,22	6,92	6,8	6,86			
	850	6,32	5,88	6,1	6,9	6,76	6,83	6,76	6,9	6,83
	900	6,3	5,9	6,1	6,9	6,72	6,81	6,72	6,7	6,71
400	550	5,8	5,62	5,71	6,5	6,32	6,41	6,6	6,52	6,56
	600	5,82	5,6	5,71	6,52	6,3	6,41	6,62	6,5	6,56
	650	5,76	5,68	5,72	6,5	6,36	6,43	6,8	6,56	6,68
	700	5,7	5,72	5,71	6,56	6,4	6,48	6,76	6,64	6,7
	750	5,72	5,58	5,65	6,6	6,46	6,53	6,84	6,7	6,77
	800	5,74	5,5	5,62	6,58	6,5	6,54	6,84	6,72	6,78
	850	5,7	5,48	5,59	6,5	6,48	6,49	6,76	6,66	6,71
	900	5,7	5,48	5,59	6,5	6,44	6,47	6,74	6,6	6,67
450	600	5,62	5,3	5,46	6,2	6,26	6,23	6,62	6,38	6,5
	650	5,56	5,28	5,42	6,22	6,24	6,23	6,6	6,3	6,45
	700	5,5	5,36	5,43	6,24	6,22	6,23	6,54	6,4	6,47
	750	5,5	5,4	5,45	6,32	6,2	6,26	6,5	6,42	6,46
	800	5,46	5,4	5,43	6,4	6,28	6,34	6,5	6,48	6,49
	850	5,52	5,32	5,42	6,38	6,2	6,29	6,6	6,44	6,52
	900	5,5	5,32	5,41	6,3	6,22	6,26	6,58	6,4	6,49
500	650	5,38	5,14	5,26	5,9	6,02	5,96	6,32	6,12	6,22
	700	5,3	5,16	5,23	5,92	6	5,96	6,3	6,06	6,18
	750	5,24	5,16	5,2	5,94	6,04	5,99	6,36	6,1	6,23
	800	5,2	5,08	5,14	5,9	6,1	6	6,28	6,16	6,22
	850	5,24	5,1	5,17	5,9	6,14	6,02	6,3	6,2	6,25
	900	5,2	5,1	5,15	5,88	6,1	5,99	6,26	6,2	6,23
550	700	4,8	4,9	4,85	5,7	5,82	5,76	6,2	6,04	6,12
	750	4,76	4,94	4,85	5,66	5,8	5,73	6,2	6	6,1
	800	4,7	5	4,85	5,64	5,8	5,72	6,14	5,9	6,02
	850	4,66	5	4,83	5,6	5,84	5,72	6,12	5,92	6,02
	900	4,7	4,92	4,81	5,56	5,8	5,68	6,14	5,9	6,02
600	750	4,38	4,7	4,54	5,3	5,56	5,43	6,04	5,7	5,87
	800	4,3	4,64	4,47	5,36	5,5	5,43	6	5,64	5,82
	850	4,34	4,72	4,53	5,24	5,52	5,38	5,96	5,6	5,78
	900	4,3	4,68	4,49	5,2	5,48	5,34	5,9	5,6	5,75

6.3 Hareketli Lunet Kullanımının Yüzey pürüzlülüğüne Etkisi

Çizelge 6.6 da hareketli lunet kullanarak yapılan tornalama işlemi sonrasında, ölçülerek elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri gösterilmektedir. D=40 ve D=30mm çapları için yapılan deneyler iki kez tekrarlanmıştır ve ortalaması alınmıştır.

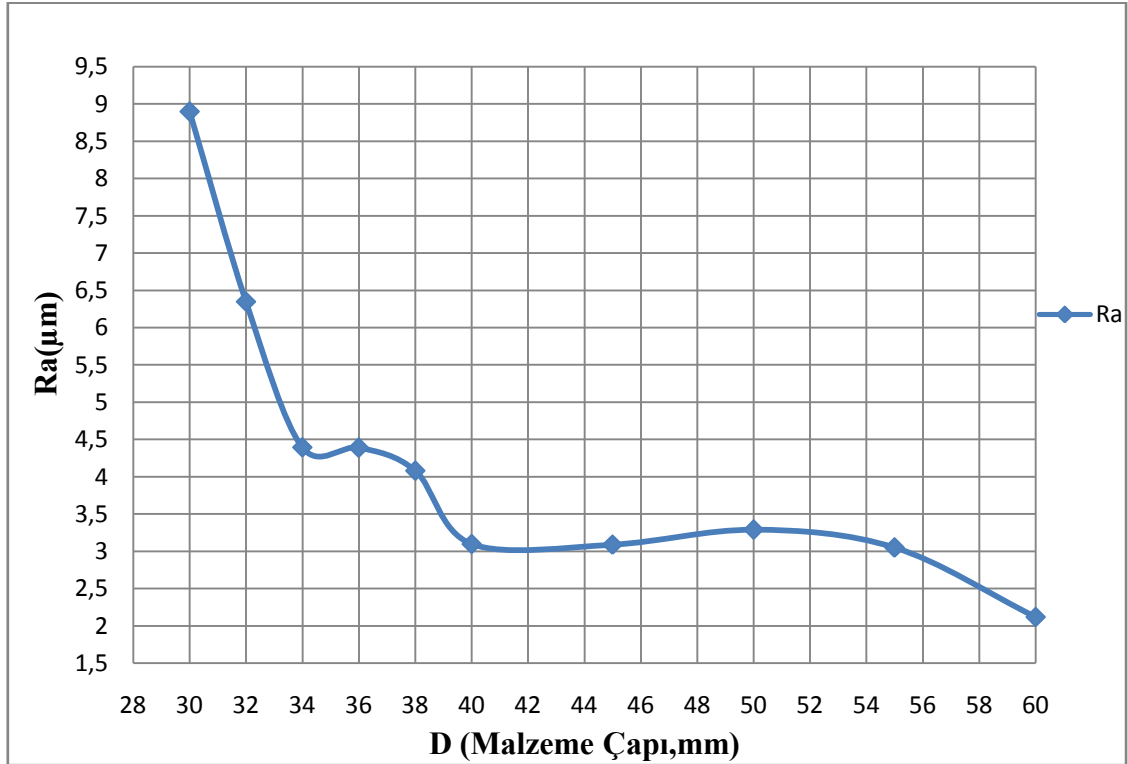
Çizelge 6.6 Hareketli lunet ile yapılan tornalamadan sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri

Ölçüm noktası(mm)	D=40 mm		Ortalama	D=30mm		Ortalama
	1. Deney	2. Deney		1. Deney	2. Deney	
	Ra(μm)	Ra(μm)		Ra(μm)	Ra(μm)	
250	1,64	1,82	1,73	3,38	3,12	3,25
300	1,7	1,8	1,75	3,4	3,32	3,36
350	1,8	1,8	1,8	3,5	3,4	3,45
400	2	1,92	1,96	3,6	3,52	3,56
450	2,18	2,12	2,15	3,56	3,52	3,54
500	2,2	2,14	2,17	3,54	3,48	3,51
550	2,24	2,2	2,22	3,48	3,44	3,46
600	2,18	2,2	2,19	3,6	3,4	3,5
650	2,22	2,32	2,27	3,4	3,42	3,41
700	2,3	2,28	2,29	3,5	3,4	3,45
750	2,28	2,2	2,24	3,2	3,38	3,29
800	2,26	2,08	2,17	3,2	3,3	3,25
850	2,2	2,08	2,14	3,52	3,4	3,46
900	2,14	2	2,07	3,48	3,42	3,45

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

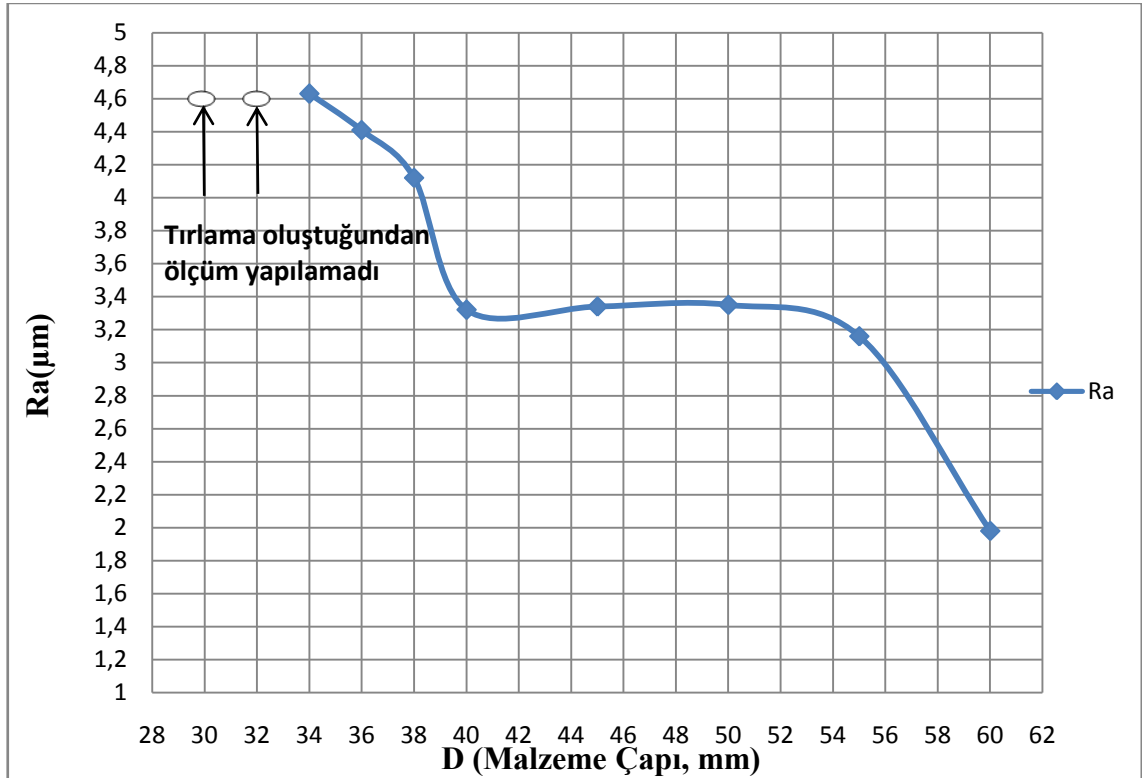
7.1 Malzeme Çapındaki Değişimin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi

Yapılan iki ayrı deney sonucunda iş parçası çapı azaldıkça yüzey kalitesinin olumsuz etkilendiği, yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. D=32mm'ye düştüğünde iş parçasının özellikle orta kısımlarında tırlama oluşmaktadır. D=32 mm de iş parçasının ağırlık merkezinde ve ağırlık merkezine yakın yerlerde ölçüm yapılamamıştır. Şekil 7.1 de ki grafik, ölçüm noktası b=300 mm için yapılan iki ayrı deney sonuçlarının ortalaması kullanılarak çizilmiştir. Şekil 7.1 de ki grafiğe göre; D=60mm den D=55 mm'ye düştüğünde yüzey pürüzlülüğünde bir artış olduğu görülmüş, D=55 mm ile D=40 mm arasında yüzey pürüzlülüğünde önemli bir değişme olmamıştır. D=40 ile D=34mm aralığında yüzey pürüzlülüğünde 1,5µm bir artış olmuştur ve D=34 den itibaren yüzey pürüzlülüğünde büyük bir artış meydana gelmiştir. D=32 mm de malzemenin ağırlık merkezine yakın yerlerde yüzey pürüzlülüğü çok yüksek çıkmıştır. D=34mm'ye kadar lunet kullanmadan tornalama işlemi yapılabilir. Ancak, D=32 mm ve daha küçük çaplar için lunet kullanarak tornalama işlemi gerçekleştirilmelidir.



Şekil 7.1 Çaptaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=300 mm)

Şekil 7.2 de malzeme çapındaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi grafik olarak sunulmuştur. $b=500$ mm için deneysel olarak elde edilen değerler kullanılarak grafik oluşturulmuştur. $D=55$ mm ile $D=60$ mm aralığında yüzey pürüzlülüğünde $1,2\mu\text{m}$ değerinde bir azalma gözükmemektedir. $D=40$ ile $D=55$ mm aralığında yüzey pürüzlülüğünde çok büyük bir değişim olmamaktadır. $D=34$ mm ile $D=40$ mm aralığında yine yüzey pürüzlülüğünde hızlı bir artış olduğu görülmektedir. $D=32$ mm ve $D=30$ mm de yüzey pürüzlülüğü çok yüksektir ve istenmeyen bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. $D=34$ mm den daha düşük çaptaki iş parçalarında, lunet kullanılması gerekmektedir. Çünkü $D=32$ mm de iş parçası işlenirken tırlama oluşmuştur.

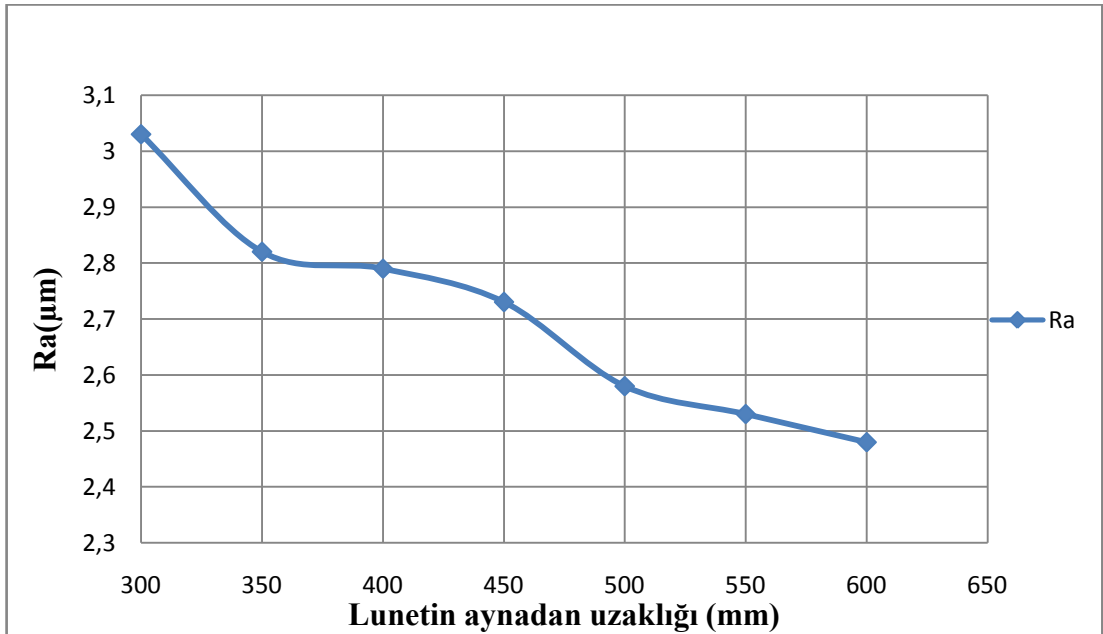


Şekil7.2 Çaptaki değişimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($b=500$ mm)

Yapılan deneylerde, iş parçasının çapı azaldıkça, malzemenin rijitliği azaldığından, titreşimin arttığı ve sonuçta, tormalanmış yüzeylerde yüzey kalitesinin kötüleştiği saptanmıştır.

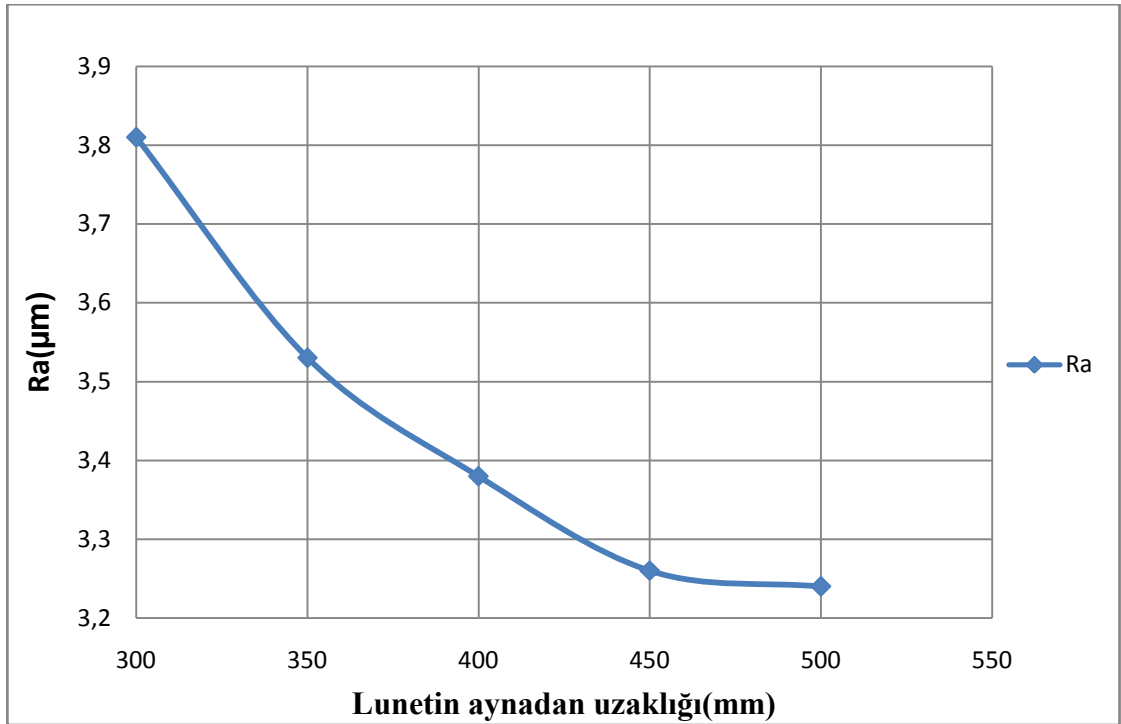
7.2. Sabit Lunet Kullanımının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi

Bu çalışmada ilk olarak, $D=40$ mm için sabit lunet 7 farklı konuma bağlanarak, lunet konumunun yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Şekil 7.3 de grafik halinde sunulmuştur. Ölçüm noktası $b=750$ mm'dir. Lunet konumu 300mm ile 350mm aralığında iken yüzey pürüzlülüğünde hızlı bir düşüş olduğu, yani yüzey kalitesinin iyileştiği, lunet konumu 350mm ile 450mm de iken yüzey kalitesinin çok fazla değişmediği, ancak yüzey kalitesinin az da olsa iyileşmeye devam ettiği ve lunet konumu 450mm ile 600 mm de iken yine yüzey kalitesinin hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmektedir. Grafikte lunet konumu 300 mm de yüzey pürüzlülüğü $3,03\mu\text{m}$ dur. Luneti, kesici takıma yaklaştırdıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. Yani kesici takım ile lunet arasındaki mesafe kısaldıkça yüzey kalitesinin arttığı saptanmıştır. Grafikte de görülebileceği gibi, yüzey pürüzlülüğündeki en sert düşüş, lunet 450 ile 500 mm ye bağlı iken gerçekleşmiştir. Lunet 500 mm den, daha ileriye bağlandığında yüzey kalitesindeki artışın devam ettiği ancak artış hızının azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, lunet, tornalama işlemi yapılan noktaya yaklaştıkça, yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, başka bir deyişle, yüzey kalitesinin arttığı söylenebilir.



Şekil 7.3 $D=40$ için sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($b=750$ mm)

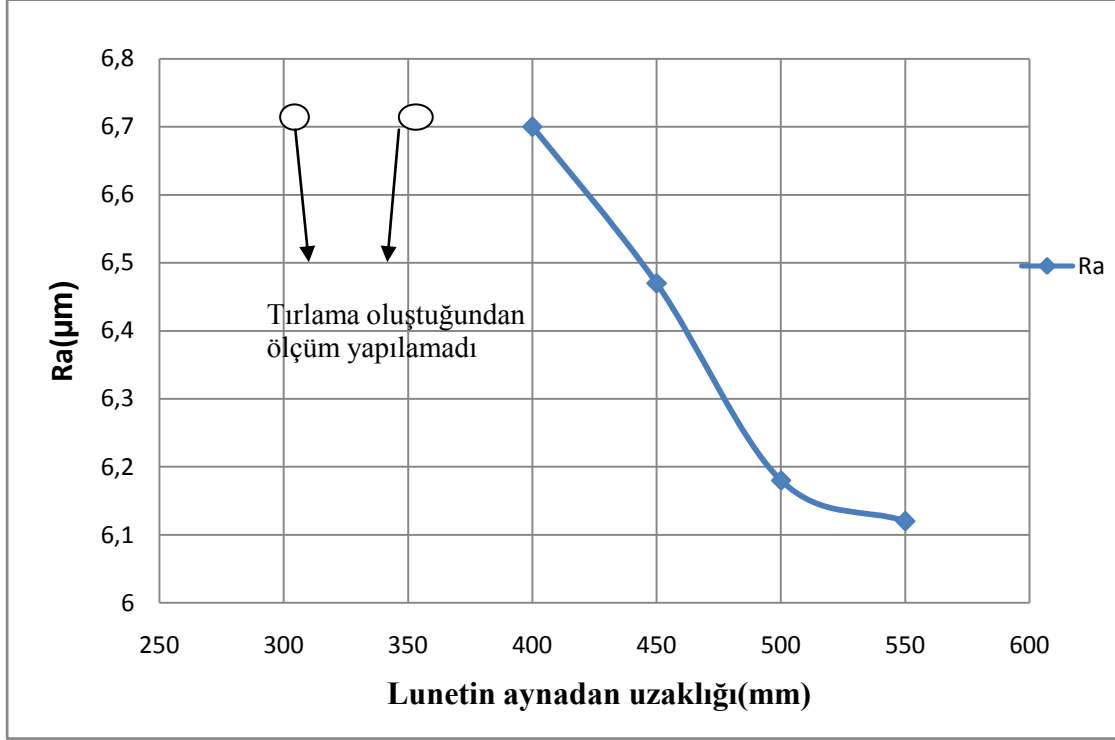
Sabit lunet için yapılan ikinci deneysel çalışmada, $D=35$ mm için sabit lunet 5 farklı konuma bağlanarak, $b=650$ mm konumunda yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Şekil 7.4 de grafik halinde sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, $a=300$ mm ile $a=450$ mm aralığında yüzey pürüzlülüğünde hızlı bir düşüş olduğu yani yüzey kalitesinin hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. $a=450$ ile $a=500$ mm aralığında ise bu değişim daha azdır. Lunet kesici takıma yaklaştıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Yüksek yüzey kalitesi istenen iş parçalarında sabit lunet kullanımı yüzey kalitesini iyileştirmektedir. Tornalama işleminde, sabit lunet kullanırken mümkün olduğunca kesici takım ile sabit lunet arasındaki mesafe küçük tutulmalıdır. Kesici takım ile lunet arasındaki mesafe arttıkça, titreşim çoğalmakta ve buna bağımlı olarak yüzey kalitesi azalmaktadır.



Şekil 7.4 $D=35$ Sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ($b=650$ mm)

Sabit lunet için yapılan üçüncü çalışmada ise $D=26$ mm için sabit lunet 6 farklı konumda bağlanarak $b=700$ mm de ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Şekil 7.5 de grafik halinde sunulmuştur. Grafikte de görülebildiği gibi $a=400$ mm'ye kadar tırlama nedeni ile ölçüm yapılamamıştır. $a=400$ mm ile $a=500$ mm aralığında yüzey pürüzlülüğünde hızlı bir azalma olduğu daha sonra azalma hızının azaldığı, ancak azalmanın azda olsa devam ettiği görülmektedir. Sabit lunet kullanarak yapılan

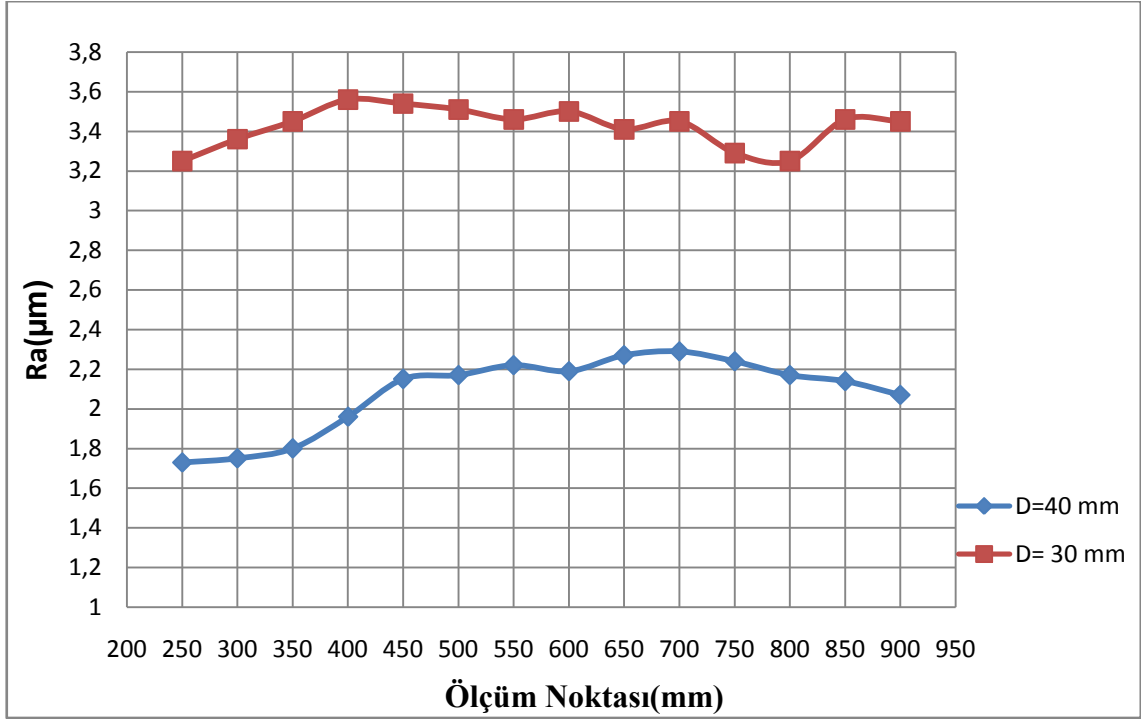
tornalama işleminde kesici takım ile lunet arasındaki mesafe kısa tutulmalıdır. Özellikle uzun ve küçük çaplı malzemelerin tornalanmasında bu konu daha önemlidir. Çünkü iş parçası çapı küçüldükçe malzemenin rijitliği azalmakta ve titreşimin artmasına neden olmaktadır. Bu da kalitesiz bir yüzey oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 7.5 D=26 sabit lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (b=700)

7.3 Hareketli Lunet Kullanımının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi

Şekil 7.6 da ki grafikte, D=40 mm ve D=30 mm için hareketli lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmektedir. Hareketli lunet ile yapılan tornalamada yüzey pürüzlülüğünde ki değişim daha stabildir. D=30 mm de yüzey pürüzlülüğü daha yüksek çıkmaktadır. Çünkü malzeme çapı küçüldükçe titreşim artmaktadır. Grafikte, kesici takım ayna veya puntaya yaklaştıkça yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana geldiği görülmektedir. Çünkü ayna ve punta da birer yataklama elemanıdır.



Şekil7.6 D=40 ve D=30 için hareketli lunet kullanımının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

7.4 Hareketli Lunetli, Sabit Lunetli ve Lunetsiz Tornalama

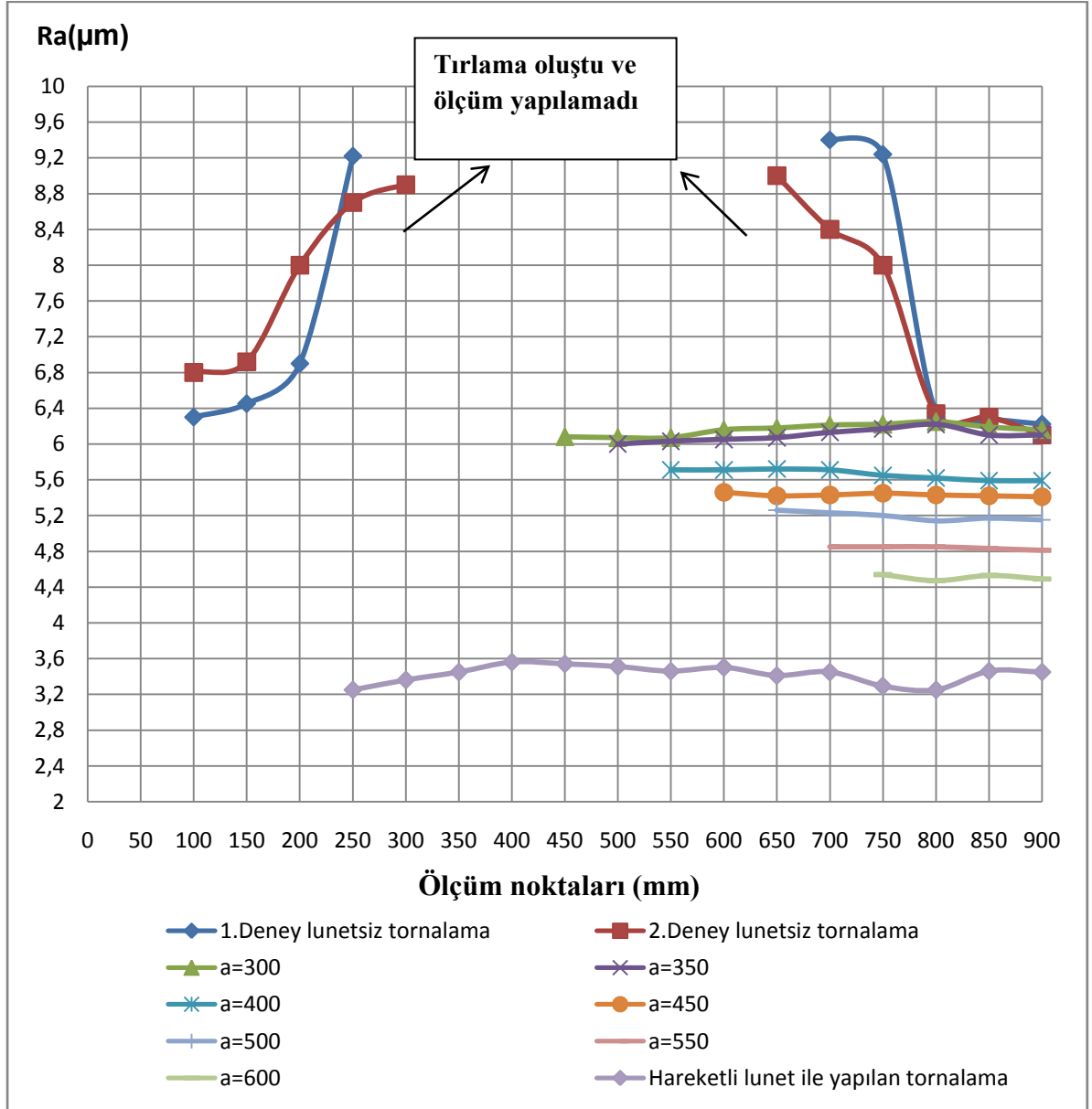
Şekil 7.7 de hareketli lunet, sabit lunet ve lunet kullanılmadan yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri kıyaslamalı olarak gösterilmiştir. Grafikteki sonuçlar D=30mm için elde edilmiştir. Lunet kullanmadan yaptığımız tornalamada, malzemenin ayna veya punta tarafından malzemenin orta kısmına yaklaştıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri hızlı bir yükselme eğilimindedir. İş parçasında, a=300-600mm aralığında yüzey pürüzlülüğü çok yüksektir ve tırlama oluştuğundan ölçüm yapılamamıştır. İş parçasının ağırlık merkezine yakın yerlerinde, kesme kuvvetlerinin oluşturduğu eğilme momenti artmaktadır. Bu da iş parçasının orta kısımları işlenirken titreşimin artmasına ve kalitesiz bir yüzey oluşmasına neden olmaktadır.

Sabit lunet ile yapılan tornalama da yüzey kalitesi iyileşmiştir ve grafikte de görüldüğü gibi lunet, kesici takıma yaklaştıkça yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır.

Şekil 7.7 de ki grafikte, özellikle hareketli lunet kullanarak yapılan tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğünün düşük çıkmasının sebebi, kesme kuvvetlerinin oluşturduğu eğilme ve burulma zorlamalarını lunetin minimize etmesidir. Hareketli

lunette, takım ile lunet arasındaki mesafe kısa olduğundan ve sürekli sabit kaldığından daha stabil tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir ve yüzey kalitesi iyileşmiştir.

Grafikte, tornalama işlemlerinde, en yüksek yüzey kalitesinin, hareketli lunet kullanılarak elde edilebileceği görülmektedir. Uzun ve ince iş parçalarında lunet kullanılmadan stabil bir tornalama işlemi gerçekleştirilememiştir. Lunetsiz tornalama sırasında oluşan titreşimler, tırlama olayının oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 7.7 D=30 Lunetsiz, hareketli lunet kullanarak ve sabit lunet kullanarak yapılan tornalama

Uzun ve ince iş parçalarının, sabit lunet kullanarak tornalanması sırasında da takım ile lunet arasındaki uzaklık arttığında yüzey kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Bütün metaller, tornalama işlemi sırasında kesici takımdan sapma eğilimi gösterirler. Bu sebeple kesme kuvvetlerinin etkilerini en aza indirmek gerekir. Bu nedenle, uzun ve ince iş parçalarının tornalama işleminde, işleme kalitesini arttırmak amacıyla, sabit veya hareketli lunet kullanılmalıdır. Sabit lunet kullanıldığında da, lunet, mümkün olduğu kadar takıma yakın olacak şekilde bağlanmalı, gerek görülürse birden fazla sabit lunet kullanılmalıdır. Bu çalışmamızda lunet kullanımının sadece yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Lunetler, sadece yüzey kalitesini değil, boyut ve geometrik kalitesini de olumlu yönde etkiler.

Lunetler kesme kuvvetlerinin oluşturduğu eğilme ve burulma momentlerini minimize ederek titreşimleri azaltır ve daha stabil bir tornalama imkanı sağlarlar. Bu da yüzey pürüzlülüğünü olumlu yönde etkiler.

Büyük çaplı iş parçaları, lunet kullanmadan tornalanabilir ancak yüzey, boyut ve geometrik kalite açısından, istenmeyen sonuçlarla karşılaşılabilir.

Lunet torna tezgahına bağlandığında, iş parçasını iyi kavramalıdır. Aksi halde kesme kuvvetlerinin etkisiyle titreşim oluşabilir.

Uzun iş parçalarının işlenmesinde lunet ile kesici takım arasındaki mesafe kısa tutulmalıdır. Yaptığımız deneylerde lunet, kesici takımdan uzağa konumlandırıldığında yüzey kalitesinin kötüleştiği ve tırlamanın olduğu saptanmıştır.

Tornalama işleminde uzun iş parçalarının sehim yapması istenmeyen bir durumdur ve işleme kalitesini olumsuz etkiler. Bu etkileri en aza indirmek için lunet veya lunetler kullanılmalıdır.

Tornalama işleminde sabit lunet kullandığında, kesici takım ile lunet arasındaki mesafe mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Hareketli lunet torna tezgahı arabasıyla hareket ettiğinden bu mesafe tornalama işlemi boyunca kısa ve sabittir.

Yaptığımız bütün deneylerde, en iyi yüzey kalitesi hareketli lunet kullanarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, hareketli lunet kullanım rahatlığı nedeniyle, sabit lunete göre daha avantajlıdır.

Sonuç olarak, uzun ve ince iş parçalarında, titreşimi engellemek ve sonuçta stabil bir tornalama yapabilmek için bir veya birden fazla lunet kullanılması gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Önder, A.**, (1995). “Silindirik parçaların yüzey tornalanmasında elde edilen yüzey pürüzlülüğünün aşınmaya etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40-41s.
- [2] **Sevük, A.**, “ Sürtünmeye dayalı mil göbek bağlantı şekillerinden sıkı geçmelerde yüzey pürüzlülüğünün önemi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- [3] **Altınkaya, E.**, (2006). “ AISI 316 ostenitik çeliğin işlenmesinde kesme değerlerinin ve takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [4] **Kerküklü, Y.**, (2008). “ Dönel sızdırmazlık elemanlarının performansına yüzey pürüzlülüğünün etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Karamusaoğlu, H.A.**, (2009). “ Küresel grafitli dökme demir’in işlenmesinde kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [6] **Tekaüt, İ.**, (2008). “Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 20-21, 33-36s.
- [7] **Çaydaş, U., Hasçalık, A.**, (2010). “CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Makale, Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, (2005)
- [8] **Ay, M., Turhan, A.**, “Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin ve İş Parçası Uzunluğunun Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi”, Makale, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, İstanbul
- [9] **Groover M. P.**, (1996). “Fundamentals of modern manufacturing- Materials, processes and systems”, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- [10] **Akkurt, M.**, (1999). “ Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, Birsan Yayınevi, İstanbul, 4-11,18-20.

- [11] **Aydın, M.**, (2011). Gavas, M., Yaşar, M., Altunpak, Y., ‘‘ Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri’’, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 249 – 250, 254-255, 259 – 260.
- [12] **Akkurt, M.**, (2000) ‘‘ Makine Bilgisi’’, Birsen Yayınevi, İstanbul, 110 – 114, 163 – 164.
- [13] **Çakır, M.C.**, (2010). ‘‘ Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri’’, Dora Yayıncılık, Bursa, 19 – 20,46, 68-69.
- [14] **Peter, E.**, (2010).’’Steady Rest’’ Lns Coparation, America
- [15] **Danilevsky, V.**, (1987). ‘‘İmalat Mühendisliği’’, Yorum Basın Yayın San. Ltd. Şti, Ankara, 41 – 51s.
- [16] **Akkuş, H.**, (2010). ‘‘Tornalama İşlemlerine Yüzey Pürüzlülüğünün İstatiksel ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,33 – 36s.
- [17] **Soydan, Y., Ulukan, L.**, (2003).’’ Triboloji’’ Teknoloji Araştırma Geliştirme Merkezi – Teknolojik Yayınlar Serisi No:1 Sakarya, 10-12s.
- [18] **Tekaüt, İ., Günay M., Şener U.**, ‘‘Tornalama işlemlerinde kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin araştırılması’’, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Abdurrahman Eyigün
Doğum Yeri ve Tarihi	Rize, 26/03/1988
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	TCDD Vagon Bakım Onarım Atelye Müdürlüğü/Sivas
E-posta Adresi	a.eyigun@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Tarık Buğra Lisesi, 2005
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü 2010

İş Tecrübesi

Trakya Oto Cam Fabrikası	İşletme mühendisi, 2010-2011
TCDD	Atölye Mühendisi, 2012-

Üyelikler

TMMOB/MMO	Asil Üye, 2010-
-----------	-----------------