

**100Cr6 ÇELİĞİNİN  
TEĞETSEL TORNALAMA-FREZEME  
YÖNTEMİ İLE İŞLENMESİNDE  
KESME PARAMETRELERİNİN  
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

**Hasan BALLIKAYA**

**Yüksek Lisans Tezi  
Makine Eğitimi Anabilimdalı  
Danışman: Doç.Dr. Vedat SAVAŞ  
HAZİRAN-2011**

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

**100Cr6 ÇELİĞİNİN TEĞETSEL TORNALAMA-FREZEME YÖNTEMİ İLE  
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan BALLIKAYA  
(091119108)**

**Anabilim Dalı: Makine Eğitimi**

**Programı: Talaşlı Üretim**

**ELAZIĞ-2011**

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

**100Cr6 ÇELİĞİNİN TEĞETSEL TORNALAMA-FREZEME YÖNTEMİ İLE  
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan BALLIKAYA**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.06.2011**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 23.06.2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Vedat SAVAŞ (F.Ü)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Cebeli ÖZEK(F.Ü)**

**Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER(F.Ü)**

**HAZİRAN-2011**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Vedat SAVAŞ'a teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü araştırma görevlisi Dr. Çetin ÖZAY'a Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü araştırma görevlisi Dr. Emre TURGUT'a Mühendislik Fakültesi öğretim üyesi Yrd. Doç.Dr. Latif ÖZLER'e ve manevi desteğini esirgemeyen Eğitim Fakültesi Bilgisayar Ve Öğretim Teknolojileri Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç.Dr. Ahmet TEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca benden manevi desteklerini esirgemeyen aileme, hocalarım, arkadaşlarım Özlem KARATAŞ'a, Kimya mühendisliği yüksek lisans öğrencisi Fatih KAYA'ya ve Fen Fakültesi Kimya bölümü yüksek lisans öğrencisi Kenan KORAN'a teşekkür ederim. Ayrıca Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) yönetim birimi tarafından maddi olarak desteklenen TEKF.11.04 no'lu projemize katkıda bulunan bütün FÜBAP yönetici ve personellerine teşekkür ederim.

Hasan BALLIKAYA  
Elazığ, 2011

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XI
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XII
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Talaş Kaladırma Ve Takım Tezgahı Tanımı .....	5
2.1.1. İşleme Kalitesi.....	5
2.1.2. Boyut Kalitesi.....	6
2.1.3. Yüzey Kalitesi .....	6
2.1.4. Talaş Kaldırma Etkileyen Parametreler .....	8
2.1.4.1. Kesme Hızı.....	9
2.1.4.2. İlerleme .....	9
2.1.4.3. Talaş Derinliği.....	10
2.1.4.4. Kesme Sıvısı.....	10
2.1.4.5. Titreşim Etkisi .....	11
2.1.4.6. Takım Malzemesi .....	11
2.1.4.7. İş Parçası Malzemesi .....	12
2.1.5. İşleme Kalitesini Etkileyen Faktörler .....	12
2.1.6. Takım Tezgahlarının Blok Şeması ve Sınıflandırılması.....	13
2.1.7. Talaş Kaldırma Yöntemlerinin Esası.....	16
2.1.7.1. Talaş Kaldırma Yöntemlerinin Sistematiği.....	16
2.2. Talaş Kaldırma Yöntemleri .....	16
2.2.1. Geleneksel İmalat Yöntemleri.....	16
2.2.1.1. Tornalama .....	17

## Sayfa No

2.2.1.2.	Frezeleme .....	17
2.2.1.3.	Delme .....	18
2.2.1.4.	Vargelleme ve Planyalama.....	18
2.2.1.5.	Broşlama .....	19
2.2.1.6.	Taşlama .....	19
2.2.2.	Geleneksel Olmayan İmalat Yöntemleri.....	20
2.2.2.1	Mekanik Enerji Kullanılan Modern İmalat Yöntemleri .....	21
2.2.2.1.1.	Su Jeti İle Kesme .....	21
2.2.2.2.	Elektrik Enerjisi Kullanılan İmalat Yöntemleri .....	22
2.2.2.2.1.	Elektro Kimyasal İşleme .....	22
2.2.2.2.2.	Elektro Kimyasal Taşlama .....	23
2.2.2.3.	Termal Enerji Kullanılan İmalat Yöntemleri .....	24
2.2.2.3.1.	Elektro Erozyon İşleme.....	24
2.2.2.3.2.	Elektro Tel Erozyon.....	25
2.2.2.4.	Kimyasal Enerji Kullanılan Modern İmalat Yöntemleri .....	26
2.3.	Tornalama-Frezeleme Yöntemi Ve Çeşitleri .....	28
2.3.1.	Ortogonal Tornalama-Frezeleme Yöntemi .....	29
2.3.2.	Paralel Eksenli Tornalama-Frezeleme Yöntemi.....	31
2.3.3.	Teğetsel Tornalama-Frezeleme Yöntemi.....	31
2.3.4.	Tornalama-Frezeleme Yönteminin Gelişimi.....	28
3.	<b>MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>33</b>
3.1.	Düzenegın Tanıtılması.....	33
3.2.	Deneylerde Kullanılan İş Malzemesi.....	34
3.3.	Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar .....	34
3.4.	Teğetsel Tornalama-Frezeleme Deneyleri .....	35
3.5.	İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi.....	36
3.6.	Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri.....	37

<b>4.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.</b>	Deney Sonuçları .....	39
<b>4.2.</b>	Takım Kesme Hızının Ortalama Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi .....	42
<b>4.3.</b>	İş Parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi .....	46
<b>4.4.</b>	İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi .....	49
<b>4.5.</b>	Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	53
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1.</b>	<b>Genel Sonuçlar.....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>ÖNERİLER .....</b>	<b>58</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>59</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>62</b>

**ÖZET**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**100Cr6 ÇELİĞİNİN TEĞETSSEL TORNALAMA-FREZEME YÖNTEMİ İLE**  
**İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**  
**Hasan BALLIKAYA**  
**Fırat Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç.Dr. Vedat SAVAŞ**  
**Yıl: 2011, Sayfa: 62**

Son zamanlarda hızlı bir gelişme gösteren Tornalama-Frezeleme yöntemi, silindirik ve eksantrik iş parçalarının işlenmesine imkan sağlayan frezeleme ve tornalama yöntemlerinin birleşmesinden oluşan bir talaş kaldırma yöntemidir. Tornalama-Frezeleme yönteminde kesici takım ve iş parçasının eş zamanlı olarak kendi eksenini etrafında dönmesine imkân tanınmaktadır.

Yapılan bu çalışmada özellikle tezgâh motoru ve pompaları, ölçüm aletleri, kalıp parçaları, miller, kollu kılavuz ve birçok makine parçası yapımında kullanılan 100Cr6 rulman çeliği teğetsel Tornalama-Frezeleme yöntemi ile işlenmiştir. Tam faktöriyel deneysel tasarım yöntemi kullanılarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda, iş parçası devri, kesici takım devri, aksenal ilerleme ve talaş derinliği gibi kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kesme parametrelerinden kesici takım devri ve iş parçası devrinin belirli bir değere kadar artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği bu değerden sonraki değerlerde tekrar arttığı belirlenmiştir. Kesme derinliğinin ve aksenal ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 100Cr6 rulman çeliğinin teğetsel Tornalama-Frezeleme yöntemi ile işlenmesinde kesme parametrelerinin etkili olduğu elde edilen yüzey kalitesinin taşlamaya yakın olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 100Cr6, Tornalama-Frezeleme, Yüzey Pürüzlülüğü

## **SUMMARY**

**MSc Thesis**

### **THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CUTTING PARAMETERS THE PROCESSING WITH TURN-MILLING METHOD OF 100Cr6**

**Hasan BALLIKAYA**

**Firat University**

**Institute of Science**

**Department of Mechanical Education**

**Supervisor: Doç. Dr. Vedat SAVAŞ**

**Year: 2011, Page: 62**

Recently, Turning-milling method has been developing rapidly. This method is a chip removal operation that is the combination of turning and milling steps. This method provides processing of cylindrical and eccentric parts. Turning-milling method allows the cutting tool and the workpiece to revolve around its own axis simultaneously.

In this study, particularly, 100Cr6 bearing steel, that is used to make loom engines and pumps, measuring instruments, mold parts, shafts, sleeve guide and many machine parts, was processed by tangential turning-milling method. Experimental studies have been conducted by using of full factorial experimental design method. In experimental studies, cutting parameters such as workpiece rotation, cutting velocity of tools, axial propagation rate and cutting depth were investigated to understand the effect on surface roughness. It was observed in experiments, the increasing of cutting speed of tools and workpiece rotation improves the surface roughness until a certain value. After this value, surface roughness was increased dramatically. In addition, Surface roughness increase was observed with the increasing of cutting depth and axial propagation rate.

As a result of the experimental study; cutting parameters in tangential turning-milling method are effective to process 100Cr6 bearing steel and surface quality is close to the polished finish.

**KEYWORDS:** 100Cr6, Turning-Milling, Surface Roughness

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1. Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi	7
Şekil 2.2. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler	8
Şekil 2.3. Rijit işleme kalitesi üzerine etkisi	12
Şekil 2.4. İşleme kalitesine ait belge	12
Şekil 2.5. Takım tezgâhlarının geliştirilmiş modeli	14
Şekil 2.6. Mekanik otomat tezgâhların basitleştirilmiş şemaları	15
Şekil 2.7. Nc tezgâhların çalışma şeması	15
Şekil 2.8. Tornalama	17
Şekil 2.9. Frezeleme	18
Şekil 2.10. Delme	18
Şekil 2.11. Vargelleme	19
Şekil 2.12. Broşlama örnekleri	19
Şekil 2.13. Taşlama çeşitleri	20
Şekil 2.14. Su jeti ile kesme sisteminin şematik gösterimi	22
Şekil 2.15. Genel elektro- kimyasal işleme görünümü.	23
Şekil 2.16. Elektro-kimyasal taşlama	24
Şekil 2.17. Kimyasal işleme yönteminin şematik gösterimi	26
Şekil 2.18. Tornalama-frezeleme çeşitleri ve hareket sistemleri	28
Şekil 2.19. Ortogonal tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi	29
Şekil 2.20. Ortogonal tornalama-frezelemede simetriklik ve eksantriklik	30
Şekil 2.21. Paralel eksenli tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi	31
Şekil 2.22. Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminin sistematik gösterimi	32
Şekil 2.23. Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi	32
Şekil 3.1. Teğetsel tornalama-frezeleme deney düzeneği fotoğrafı	34
Şekil 3.2. Kesici takım	34

	<b><u>Sayfa no</u></b>
Şekil 3.3. Deney numunesi	35
Şekil 3.4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ve düzeneği	38
Şekil 4.1. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	42
Şekil 4.2. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	42
Şekil 4.3. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	43
Şekil 4.4. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	43
Şekil 4.5. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	43
Şekil 4.6. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	44
Şekil 4.7. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	44
Şekil 4.8. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	44
Şekil 4.9. Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	45
Şekil 4.10. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	46
Şekil 4.11. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	46
Şekil 4.12. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	47
Şekil 4.13. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	47
Şekil 4.14. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	47
Şekil 4.15. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	48
Şekil 4.16. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	48
Şekil 4.17. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	48
Şekil 4.18. İş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	49
Şekil 4.19. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	49
Şekil 4.20. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	50
Şekil 4.21. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	50
Şekil 4.22. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	51
Şekil 4.23. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	51
Şekil 4.24. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	51
Şekil 4.25. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	52
Şekil 4.26. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	52
Şekil 4.27. İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	52
Şekil 4.28. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	53
Şekil 4.29. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	54
Şekil 4.30. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	54

	<b><u>SayfaNo</u></b>
Şekil 4.31. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	54
Şekil 4.32. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	55
Şekil 4.33. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	55
Şekil 4.34. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	55
Şekil 4.35. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	56
Şekil 4.36. Paso miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi	56

## TABLolar LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 2.1. İmalat Kalitesini Kullanma Alanları	6
Tablo 2.2. Talaş Kaldırma İşleminde Elde Edilen Kaliteler	6
Tablo 2.3 Ra İle Yüzey Kalite Simgesi Arasındaki Bağını	8
Tablo 2.4. Modern Talaş Kaldırma Metotları	21
Tablo 3.1. 100Cr6 Yatak Çeliğinin Kimyasal Birleşimi	34
Tablo 3.2. 100Cr6 malzemesinin işlenmesinde kullanılan parametreler ve seviyeleri	37
Tablo 4.1. 100Cr6 Yatak Çeliğinin Teğetsel Tornalama-Frezeleme İşleme Yöntemi İle Elde Edilen Yüzey Pürüzlülükleri	39

## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>IT01,....IT16</b>	: ISO tolerans sisteminde imalat kalitesi
<b>Ra</b>	: Yüzey pürüzlülük sembolü
<b>X<sub>0</sub>.....X<sub>n</sub></b>	: Referans çizgisine göre tepe ve vadilerin değerleri
<b>y</b>	: Numune uzunluğu boyunca alınan X'lerin sayısı
<b>V</b>	: Malzeme cinsine göre kesme hızı
<b>D</b>	: Kesici takım veya İş parçası çapı
<b>n</b>	: Kesici takım veya İş parçası devri
<b><math>\pi</math></b>	: Pi (sabit sayı)
<b>f</b>	:eksenel ilerleme
<b>a</b>	: paso miktarı

## 1. GİRİŞ

100Cr6 malzemesi kollu kılavuzlarda, freze çakılarına, millerde, hassas enstrüman parçalarında, burçlarda, yataklarda, rulman bileziği ve bilyelerde, damgalama araçlarında, dişli takımlarda, kalıplarda, ölçü aletlerinde, pimlerde, sıkma bileziklerinde, vidalarda, tezgah motor ve pompa parçalarında, anti sürtünme yataklarında, makaralarda, silindir gömleklerinde ve hidrolik ekipman parçalarında kullanımı geniş olan bir çelik türüdür. 100Cr6 malzemesi genellikle talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilmektedir.

Tornalama işlemleri talaşlı şekillendirmenin büyük bir kısmını kapsamaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinde iki farklı kesme işlemi (dik-eğik, ortogonal-oblique kesme) uygulanmaktadır. Çoğu kesme işlemleri genellikle eğik kesme işlemidir. Fakat işleme parametrelerinin etkisini belirlemek için yapılan deneysel çalışmalarda, mekanik davranışın iki boyutlu olmasından dolayı dik kesme işlemi uygulanmaktadır [1,2]. Talaşlı imalatta iyi seçilmeyen kesme parametreleri, kesici takımların hızlı aşınması ve kırılması gibi kayıpların yanı sıra, iş parçasının bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır [3]. Kesme hızı ve kesici takım geometrisi, işlenebilirlik özelliklerine etki bakımından en önemli parametrelerdir [4,5].

Raja Kountanyaa ve diğerleri 100Cr6 çeliğinin ortagonal kaba tornalanmasında talaş morfolojisinin simülasyonu ve deneylerde takım kenar geometrisinin kesme şartlarına etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada farklı kesme koşulları ve takım kenar geometrisi ile yapılmış deneyler ve aynı zamanda sonlu elamanlar metodu ile yapılan deneylerin simülasyonu yapılmıştır[6].

Gabriel C. Benga ve diğerleri PCNB ve Seramik kesici takımlar ile 100Cr6 çeliğinin kaba tornalamasını yapmışlar. Bu çalışmada alüminyum oksit takviyeli tel ve çok kristalli kübik bor nitrid takımlar kullanarak sürekli sertleştirilmiş 100Cr6 yatak çeliğinin kuru tornalama yöntemi ile işlenebilirliğini araştırmıştır[7].

Endüstrinin birçok alanında kullanılan silindirik parçaların işlenmesinde genellikle tornalama işlemine tabii tutulan parçalar yüzey kalitesinin artırılması ve ölçü tamlığına getirilmesi için taşlama işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bu da üretimi yavaşlatmakta ve maliyeti arttırmaktadır. Üretimde maliyet, zaman ve yüzey kalitesi en önemli faktörlerdir. Geleneksel olan tornalama, taşlama yöntemleri ile silindirik parçaların işlenmesi belirtilen dezavantajları getirmektedir. Bunların giderilmesi için son zamanlarda tornalama-frezeleme yöntemi geliştirilmiştir.

Verimlilik ve kalite yönünden çok ağızlı takımlar daha fazla önem kazanmışlardır. Bu tür uygulama genellikle düzlemsel yüzeylerde gerçekleştirilir. Tornalama işlemlerinde çok ağızlı takımlar kullanılarak benzer avantajların, özellikle yüksek miktarda talaş kaldırmanın[8], dönele yüzeyler için de elde edilmesi freze takımlarının kullanılmasıyla sağlanabilir. Tornalama işleminde talaş kaldırmak için kullanılan kesici takım iş parçasına yalnızca bir bölgeden temas etmektedir. Bu sebepten dolayı kesici takım ile iş parçası temas yüzeyinde aşırı bir ısınma olmakta ve kesici takım kısa bir sürede körelerek kesicilik özelliğini kaybetmektedir; buna bağılı olarak da yüzey pürüzlülüğü artmaktadır[9]. Yüzey kalitesinin artırılması için kesici takımın değiştirilmesi gerekmekte, bu da maliyeti artırmaktadır. Ayrıca kesici takımın teması boyunca ilerleme devam ettiğinden bütün yüzeye temas etmemekte ve yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Tornalama-frezeleme yöntemi ise kullanılan kesici takımda talaş kaldırma işlemini birden fazla ağız yapmakta ve kesici takım da döndüğünden dolayı iş parçası ile kesici takımın her bir ağız arasındaki temas uzunluğu azalmaktadır. Temas uzunluğu azaldığından kesici takım ağzının körelmesi gecikmektedir; buna bağılı olarak da yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır, ayrıca kesici takım dönele olduğundan talaş kaldırma esnasında oluşan ısı da azaltılmaktadır[10].

Bu çalışmada yeni bir yöntem olan teğetsel tornalama-frezeleme yönteminde 100Cr6 rulman çeliğinin kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda deneysel çalışmalar tam faktöriyel yöntemi kullanılarak deneysel tasarım yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda taşlama yüzey kalitesine yakın bir yüzey elde edileceği tahmin edilmiştir.

Teknolojik gelişmelerin gün geçtikçe hızlı bir gelişme göstermesi imalat sektöründeki gereksinimleri artırmaktadır. Özellikle rekabet içerisinde olan imalat sektöründe daha az zamanda kaliteli ve en ucuz üretimin yapılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, yapılan literatür çalışmasında farklı olarak 100Cr6 rulman çeliğini teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi ile işlenmiştir. Deneysel çalışmalarda farklı kesme parametrelerinin 100Cr6 rulman çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Tilgham, 1800 yılların son yarısında tornalama işleminde kesici takımda oluşan ısının azaltılması için torna kalemi yerine freze çakısı kullanarak tornalama-frezeleme işleminin temellerini atmıştır[11].

Vedat SAVAŞ ve Çetin ÖZAY, genetik algoritma yöntemini kullanarak teğetsel tornalama-frezeleme yönteminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki

etkisini araştırmış ve optimizasyonunu yapmışlardır. alışmalarında kesici takım ve iř parçası devrinin artırılmasının belirli bir değere kadar yzey kalitesini arttırdığını o değerden daha da fazla arttırıldığında yzey kalitesinin dūřtüğünü ifade etmişlerdir[12].

Zhu ve arkadaşları, tornalama-frezeleme sisteminin mekanik dizaynı ve motor parametrelerinin seçilmesindeki problemlerin özölmesi için sanal prototip teknolojisi ile işleme sisteminin kinematik ve dinamik simölasyonunu yapmışlardır. Bu program ile prototip üretmeden önce motor ve mekanik sistemin uygunluğu kontrol edilerek üretim zamanı ve maliyeti azaltmayı amaçlamışlardır[13].

Zhu ve arkadaşları, VR sanal tornalama-frezeleme yöntemi ile üç boyutlu uygulama yapan bir program geliştirmişlerdir. Bu program vasıtası ile yapılacak işlem gerçekleştirilmeden sonuçlarını görme imkânı verdiğini belirtmişlerdir[14].

S.K. Choudhury K.S. Mangrulkar, silindirik iş parçaların işlenmesinde farklı iş parçası devri farklı kesici takım kesme hızlarında ve farklı ilerleme ve talaş derinliği gibi kesme parametrelerde tornalama ile ortagonal tornalama-frezeleme işlemlerini kıyaslamışlardır. Yapılan alışmalar neticesinde ortagonal tornalama-frezelemenin tornalama işlemine kıyasla daha iyi bir yzey kalitesi elde edildiğini ifade etmiştir[15].

SAVAş V. ve ÖZAY . yeni bir yöntem olan teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi kullanılarak MS58 pirinç malzemesinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kesici takım devri, iş parçası devri, eksenel ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesici takım helis açısı gibi kesme parametrelerinin üç farklı seviyeleri göz önüne alınarak deneylerini yapmışlardır. Kullanılan bu yöntemle taşlama kalitesine yakın bir yzey kalitesi elde ettiklerini belirtmişlerdir[16].

Liu Zhibing ve WANG Xibin Mikro ortagonal tornalama-frezeleme tezgâhında 2A12 alüminyum alaşımını yüksek hız çeliği ile işleyerek yzey profili ve yzey pürüzlülüğünü incelemiştir[17].

Neslusan Miroslav, baynit yapıdaki silindirik 100Cr6 rulman çeliğinin tornalamasını yapmıştır. Tornalama işlemi sonrasında martenzit ve baynit yapının sonuçlarını incelemiştir[18].

Gustavo de Siqueira, arkadaşları kaplamalı ve kaplamasız CBN takımlar ile temperlenmiş 100Cr6 rulman çeliğinin tornalama yöntemi ile işlemişlerdir. CBN seramik kesme takımların gelişmesi ile makine teknolojisindeki son gelişmeler geleneksel taşlama

işlemlerinin yerine geçmesiyle kesme geometrisi belli olan takımlar kullanılarak sertleştirilmiş çelik parçaları işlemek için çalışmalar yapmıştır.[19].

Gabriel C. Benga, Alexandre M. Abraro, PCBN ve seramik kesme takımları ile sertleştirilmiş 100Cr6 rulman çeliğini tornalama işlemine tabi tutmuşlardır. Sürekli kuru tornalama yöntemini kullanarak alüminyum whisker takviyeli ve PCBN takviyeli karışım kullanılarak sertleştirilmiş 100Cr6 rulman çeliğinin işlenebilirliğini araştırmışlardır[20].

Ali Rıza MOTORCU ısılsız ve küreselleştirilmiş 100Cr6 rulman çeliğinin üç farklı takımla işlenmesinde ana kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır[21].

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Talaş Kaldırma Ve Takım Tezgâhı Tanımı**

İmalatın amacı ham madde halinde bulunan bir malzemeyi belirli bir şekle dönüştürmektir. İmalat insan ve hayvan gücü kullanılarak ilkel yöntemlerle veya mekanik enerji kullanarak makinelerle yapılabilir. Makinelerin kullanıldığı imalat sistemine sanayi denir.

İmalatın hedefi olan ürün çeşitli üretim kullanılması ile gerçekleştirilir. Çok geniş alanda tüm üretim araçlarına takım tezgâhı adı verilir. Metalik malzemeyi işleyen takım tezgâhları en yaygın olanıdır.

Şekil değişimine uğrayan herhangi bir malzemenin üretimi imalat yöntemi, takım ve tezgâh olmak üzere üç faktöre bağlıdır. İmalat; ham maddeye şekil vermek için uygulanan fiziksel olay takım; imalat işlemi gerçekleştiren elaman tezgâh; imalat yöntemini gerçekleştirmek için ham maddeye ve takıma gereken hareketleri sağlayan ise makinedir. Günümüzde imalat yöntemi, takım konstrüksiyonu ve tezgâh konstrüksiyonu olmak üzere iki ayrı bilim dallarına ayrılmıştır[9].

İmalat yöntemleri mekanik ve fiziksel-kimyasal olarak iki gruba ayrılır. En önemlisi olan mekanik imalat yöntemleri talaşlı ve talaşsız olmak üzere iki gruba ayrılır. Talaşsız imalat yöntemleri döküm, kaynak, plastik şekillendirme ve toz metalurjisidir. Talaşlı imalat ise tornalama, delme, frezeleme, planyalama, vargelleme, bronşlama, taşlama, honlama, lepleme, gibi işlemlerdir. Fiziksel-kimyasal işleme grubuna elektro erozyon, tel erozyon, kimyasal, elektro kimyasal, lazer ve plazma ile işleme gibi yöntemler girmektedir.

Talaşsız imalat yöntemleri çok kısa sürmesine rağmen yüzey, boyut ve şekil kalitesi bakımından parça istenilen kaliteyi sağlayamamaktadır. Bu nedenle bu şekilde imal edilen parçaların yüzeylerinin bir kısmı ya da tamamı talaşlı imalat yöntemleri ile işlenmektedir[9].

#### **2.1.1. İşleme Kalitesi**

Talaş kaldırma işleminin amacı parçalara sadece bir şekil vermek değil bunları geometrik, boyut ve yüzey bakımından önceden belirlenen şartlara uygun olarak belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Bu işleme imalat kalitesi denir. Günümüzde işleme kalitesi talaş kaldırmanın en önemli özelliğidir[9].

### 2.1.1. Boyut Kalitesi

Boyut kalitesi parçanın gerçek boyutları ile nominal (ideal) boyutları arasında müsaade edilen sapmalardır. Bu sapmalar boyut toleransları ile ifade edilir. Boyut toleransları imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre tayin edilir(Tablo 2.1). ISO tolerans sisteminde IT01, IT0, IT1, IT2....IT16 şeklinde gösterilen 18 imalat kalitesi vardır(Tablo 2.2).

**Tablo2.1** İmalat kalitesini kullanma alanları[9]

<b>Kalite</b>	<b>Kullanım alanı</b>
0.1, 0, 1, 2, 3	Mastar ve ölçü aletleri
4, 5, 6	Uçak ve takım tezgâhları
7, 8, 9	Normal makine konstrüksiyonu
10, 11, 12	Genel makine konstrüksiyonu
13, 14, 15, 16	Döküm dövme çelik konstrüksiyonu

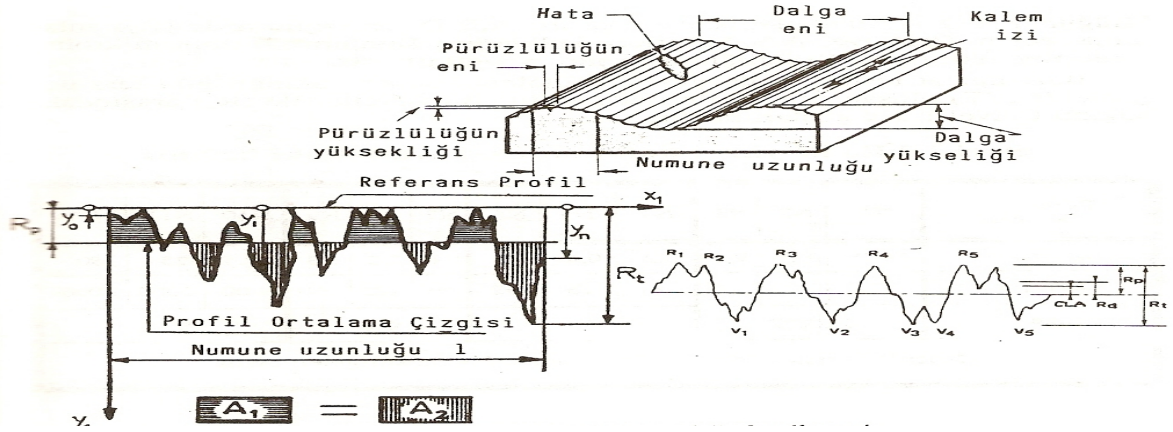
**Tablo 2.2** Talaş kaldırma işleminde elde edilen kaliteler[9]

<b>Kalite</b>	<b>Talaş kaldırma işlemi</b>
IT8	Tornalama, delme, frezeleme, vargelleme, planyalama
IT7	Broşlama ince tornalama
IT6	Dış ve iç taşlama raybalama
IT5	İnce taşlama
IT4	Çok ince taşlama, lepleme
IT3	Parlatma

Toleranslarla işleme maliyeti arasında sıkı bir bağ vardır. Toleranslar küçüldükçe parçanın maliyeti önemli ölçüde artar. Ancak parçanın fonksiyon bakımından değeri toleransların küçülmesi ile büyür. Bu nedenle toleranslar kalite ve maliyet arasında bir uyum sağlayacak şekilde belirlenmelidir[9].

### 2.1.2. Yüzey Kalitesi

Talaş kaldırma ile istenen yüzeylerde; dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir(Şekil 2.1). Dalga geometrik sapmalar grubuna dahildir. Dolayısıyla yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğünü tayin eder.



Şekil 2.1 Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi[9]

$$R = \frac{1}{L} \int |x| dx \quad (3.1)$$

$$R_a = \frac{|X_0| + \dots + |X_n|}{y} \quad (3.2)$$

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılır. Bu kriterlere göre pürüzler yüzeye dik olan kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Yüzey pürüzlülüğünün derinliği ( $R_t$ ) yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği ( $R_p$ ) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri ( $R_a$ ) gibi kriterlere göre değerlendirilir. ( $R_t$ ) referans profiline göre en derin pürüzün değeri ; ( $R_p$ ) referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe ( $R_a$ ) ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliklerinin veya derinliklerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

Pratikte yüzey kalitesi genellikle ( $R_p$ ) veya ( $R_a$ ) 'nın değerleri ile ifade edilir. İmalat resminde bu değerlerin birinin verilmesi yeterlidir.

Yüzey pürüzlülüğünün değeri  $\mu m$  olarak ifade edilir. A.B.D ve İngiltere de  $R_a$  anlamına gelen CLA ve AA kriterleri kullanılır. Bunların birimi ise  $\mu m$  dir. Bilindiği gibi 1  $\mu m = 1/40 \mu m$  dir.

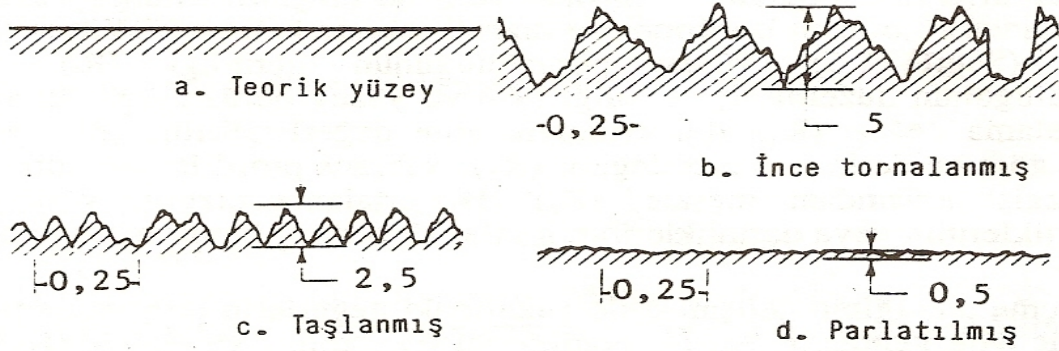
Yüzey kaliteleri ters üçgen ile ( $\nabla$ ) gösterilir. Bu üçgenler ile  $R_a$  arasındaki bağıntı cetvellerde bulunmaktadır (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3** Ra İle yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı[9]

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

Not: ISO sistemine göre  $R_a$  değerleri N ile simgelenmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü talaşlı imalat yöntemine bağlı olarak değişir(Şekil 2.2).



**Şekil 2.2** Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler[9]

Parçanın boyut şekil ve yüzey kalitesi konstrüksiyon sırasında tayin edilir ve parçanın imalat resminde açık ve hiçbir tereddüde neden olmayacak şekilde gösterdiği gibi belirtilir.

### 2.1.3. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Parametreler

Talaş kaldırma işleminde, kesici takım iş parçası üzerinde belirli kuvvetlerle temas ettirildiği ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği zaman takım ucunun temas ettiği malzeme katmanında, önce elastik daha sonrada plastik şekil değişiklikleri oluşarak malzeme tabakasında akmalar başlar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını geçtiği anda “talaş” olarak adlandırılan belirli bir yüzey tabakası, iş parçası boyunca parçadan ayrılır. Bu parçanın ayrılış biçimi, parça malzemesinin mekanik özelliklerine ve kesme şartlarına bağlı olarak değişik şekilde ve farklı talaş tiplerinde meydana gelir. Bu nedenle, talaş

kaldırma işlemine etki eden faktörlerin bilinmesi ve birbirine etkilerinin dikkate alınması gereklidir.

#### 2.1.4.1. Kesme Hızı

Kesme hızı, talaş kaldırma esnasında kesici takımın dönerek iş parçası çevresinden dakikadaki metre cinsinden aldığı yol olup, tornalama ve frezelemede aynı formül kullanılmaktadır.

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} \left( \frac{m}{dak} \right) \quad (3.3)$$

olarak ifade edilir.

Burada V kesme hızı ( m/dak), n: iş parçası / kesici takım devri ( dev/dak ), D: iş parçası / kesici takım çapı ( mm ) ' nı göstermektedir.

Talaş kaldırma esnasında uygulanması gereken kesme hızı aşağıdaki faktörlere göre değişmektedir:

- İş parçası malzemesi
- Kesici takım malzemesi
- Talaş derinliği
- İlerleme miktarı
- Soğutma sıvısı
- Tezgâhın rijitliği ve tipi v.b.

Her iki kesme konumunda kesme hızı dış çapa göre belirlenir. Kesme hızları talaş kaldırma faktörleri göz önüne alınarak ideal seçilmelidir. Kesme hızının çok düşük seçilmesi üretim zamanını artırır ve oldukça düşük kesme hızlarında takım ucunda talaş sıvanması meydana gelir. Bu durum takım değişikliğini zorunlu kılar. Ancak kesme hızının çok yüksek seçilmesi ise takımın hızlı aşınmasına neden olur ve sıkça takım değişikliğini gerektirir. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma işlemi için optimum kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir [22].

#### 2.1.4.2. İlerleme

İlerleme, takımın iş parçası üzerinde bir tam devrindeki temasına karşılık aldığı yoldur. İlerleme miktarı işlenen yüzeyin kalitesini ve talaş oluşum karakteristiğini belirler.

İlerleme değerinin düşük tutulması, kesici takımın işlenmiş yüzeye bakan kenarında meydana gelen serbest yüzey aşınmasına sebep olur ve takım ömrünü düşürür. Çok yüksek ilerleme değerlerinde ise, kesme sıcaklığı artmakta ve serbest yüzey aşınması daha etkili olmaktadır[23].

#### **2.1.4.3. Paso Derinliği**

Talaş kaldırmak üzere kesici takımın kesilecek malzemeye battığı derinliğe “paso” veya talaş derinliği (a - mm) denilmektedir. Talaş derinliği, ilerleme yönüne dik olacak şekilde ölçülmektedir.

Paso derinliği; iş parçasından kaldırılacak talaş miktarına, iş parçasının şekline, tezgâhın gücüne ve rijitliğine, ayrıca kesici takımın rijitliğine göre belirlenir[23].

#### **2.1.4.4. Kesme Sıvısı**

Kesme sıvıları, sahip oldukları yağlama ve soğutma özellikleriyle kesici takım-iş parçası kesişim ara yüzeyindeki sıcaklığı ve sürtünmeden kaynaklanan kuvvetleri düşürürler[13]. Düşük hızda işlemlerde, kesme sıvısının yağlama özelliği önemlidir. Soğutma ana fonksiyon değildir. Çünkü oluşan ısının büyük bir kısmı talaşla uzaklaştırılır. Orta kesme hızlarında kesme sıvısının hem soğutma hem de yağlama özellikleri önemlidir. Yüksek hızda işlemlerde ise, soğutma kesme sıvısının ana fonksiyonudur. Çünkü talaş, ısıyı uzaklaştıracak kadar zaman bulamaz. Keza, yüksek hızlı operasyonlarda kesme sıvısının yağlama etkisi de sınırlanır. Ayrıca yüksek hızlarda, sıcaklığın çok yükselmesi sebebiyle kesme sıvısı içindeki yağlayıcı maddeler bozulabilirler [24].

Kesme sıvılarının fonksiyonlarını özetlemek gerekirse, şu özelliklere sahip olmak zorundadırlar:

- Yüksek basınç altında yağlayıcılık sağlamak (sınır yağlayıcılık).
- Yüzey sürtünmesini azaltarak sıcaklık artışını önlemek (kimyasal soğutma).
- Talaş kaldırmadan kaynaklanan ısıyı uzaklaştırmak (fiziksel soğutma).
- Yüzeyler arasında yastıklama görevi görerek metal yapışmasını (adhezyon) önlemek (fiziksel yüzey etkinliği).
- İş parçası takım ara yüzeyinde kimyasal etki göstererek iş parçası ve takımın sürtünme yapışmasını ve takımın hızlı aşınmasını önlemek.
- Kesme bölgesindeki talaşı ve kirlilikleri uzaklaştırmak.

- İş parçasının metalürjik özelliklerini korumak.

Genellikle bu özelliklerin hepsine sahip olan bir soğutma sıvısı bulmak mümkün olmamakla birlikte bir metal işleme operasyonu için tatmin eder sonuçlar veren sıvılar bulmak mümkündür [ 25].

#### **2.1.4.5. Titreşimin Etkisi**

Titreşimin, kesici takım ile iş parçası arasında sürekli oluşan bir relatif titreşimin mevcut olması nedeni ile kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine kötü etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında genellikle, zorlanmış titreşim ve kendiliğinden oluşan titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgâhın mekanik hareketlerinden ileri gelirken; kendiliğinden oluşan titreşim ise talaş kaldırmadan dolayı meydana gelen titreşimdir. Genelde kendiliğinden meydana gelen titreşim, kesme hızı arttığı zaman kesme kuvvetlerinin artmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşimin en kötü hali ise, işlenen yüzeyde titreşimden doğan takım izleri bırakacak derecede büyük olan “ tırlama” veya “ otlama ” olarak adlandırılan titreşimin ortaya çıkmasıdır ki bu doğrudan yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Bunları kısaca şu şekilde açıklayabilir.

- İş parçası bağlama mesafesi mümkün olduğunca en aza indirgenmeli
- İş parçası dengeli bir şekilde tespit edilmeli ve kesici takımlar altına altlıklar konulmalı
- Rijit tezgâh ve takımlar kullanılmalı
- Tezgâhın hareket eden elemanları arasındaki boşluklar en aza indirgenmeli
- Kesme şartları ( kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği ) optimize edilmeli ve kesmede oluşan kuvvetleri azaltmak için talaş derinliği ve ilerleme miktarı azaltılmalı
- Kesme kuvvetini azaltmak için kesici takım tasarımında gerekli değişiklikler yapılmalı ve aşınma kriterine ulaşmış olan aşınmış bir takımla talaş kaldırma işlemine devam edilmemeli
- Kesme hızlarının takım tezgâhı kontrol sisteminin doğal frekansına yaklaşılmasına müsaade edilmemeli [23].

#### **2.1.4.6. Takım Malzemesi**

Kesme takımlarının sahip olması gereken özellikleri yüksek sertlik, tokluk, iyi aşınma direnci, mekanik ve ısıl darbe direnci ve bu özellikleri yüksek sıcaklıklarda

koruyabilmeleridir. Üretim bakımından, takım malzemeleri kolay elde edilebilmelidir. Yüksek sertlik genellikle takıma iyi aşınma direnci verir, ancak alçak tokluk zayıf mekanik darbe direnci ile birleşebilir.

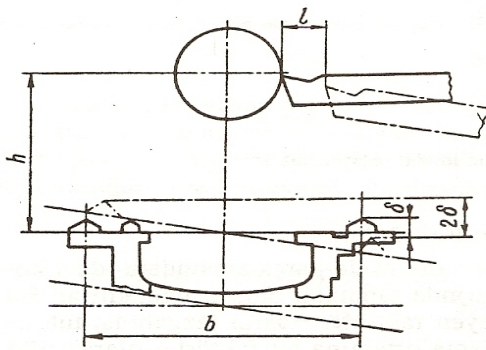
#### 2.1.4.7. İş Parça Malzemesi

Talaş kaldırma sırasında parça malzemelerinin davranışları farklıdır. Bu farklılık işleme kabiliyeti ile ifade edilir[26,27]. Malzemelerin işlenme kabiliyeti genellikle kesme hızına bağlı olarak değerlendirilir. Buna göre takımın belli bir ömrü için en yüksek hızı ile en iyi işleme kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir. Malzemelerin işleme kabiliyeti; kimyasal bileşenlere, yapıya kazandırdığı süneklik, sertlik ve mukavemet gibi mekanik özelliklere bağlıdır.

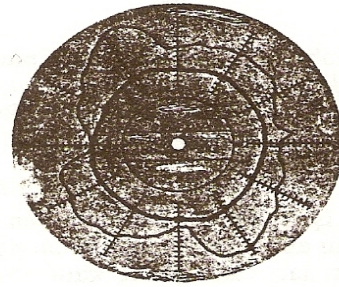
#### 2.1.5. İşleme Kalitesini Etkileyen Faktörler

İşleme kalitesini etkileyen faktörler, takım ile parça arasındaki ideal konumu etkilemekte ve işlenen parça üzerinde sapmalar oluşturmaktadırlar. Bu sapmalar, takım tezgâhına, tutma sistemine ve çalışma ortamına ait faktörler olarak dört grup altında incelenebilir.

- a) Takım tezgâhına ait sapmaların nedenleri; tezgâhın kinetik mekanizma, tüm mekanizma ve yataklama sistemindeki salgılar ve boşluklar, gövde ve ana milin (fener mili) yeterli derecede rijit olmamasıdır(Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Rijit işleme kalitesi üzerine etkisi[9]



Şekil 2.4 İşleme kalitesine ait belge[9]

- b) Tutma sistemine ait hatalar; ana elemanların imalat hatalarından tertibatın yeteri kadar rijit olmamasından, ana elemanlardan oluşan aşınmalardan kaynaklanır.

- c) Takım sistemine ait hatalar; takımın konum bakımından hatalı bir şekilde tutturulması kesme kuvvetlerinin etkisi altında, şekil değiştirmelerin oluşması takımın aşınmasıdır.
- d) Ortamın etkisi altında meydana gelen hata kaynaklarının arasında en önemlileri; sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeler, diğer makinelere gelen titreşimlerdir[9].

### 2.1.6. Takım Tezgâhlarının Blok Şeması Ve Sınıflandırılması

Karmaşık ve farklı görünen takım tezgâhları basite indirildiğinde parça, takım ve işlem üçlüsünden meydana gelmektedir. Buradaki işlem parçaya şekil vermek için parça takım ikilisinin izafi hareketlerini kapsar. Takım parça işlem üçlüsünden hareket ederek bir takım tezgâhı kinematik sistem parça sistemi takım sistemi yardımcı sistemler ve bu tüm sistemleri taşıyan gövde sisteminden meydana gelmiştir.

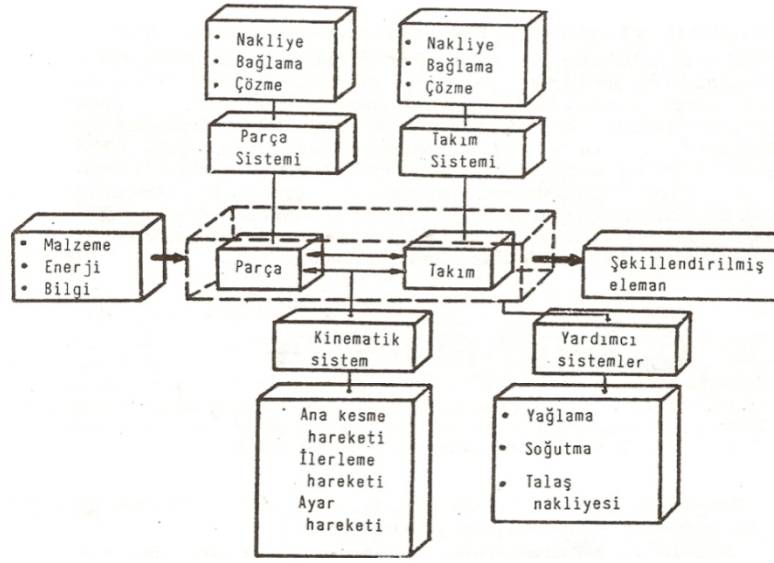
Tezgâh sisteminde giriş olarak malzeme enerji ve bilgi çıkışı olarak ta şekillendirilmiş parça gösterilebilir.

Takım tezgâhları talaş kaldırma yöntemine, kontrol sistemine ve amacına göre sınıflandırılabilir.

- a) Talaş kaldırma yöntemine göre sınıflandırma: parçaya dönme şeklinde olan hareketi ve takıma ilerleme hareketi veren torna tezgâhı; takıma dönme ve parçaya ilerleme hareketi veren freze tezgâhı; takıma dönme ve ilerleme hareketi veren matkap tezgâhı; takıma doğrusal hareketi veren planya tezgâhı; parçaya doğrusal hareketi veren vargel tezgâhı; takıma dönme ve parçaya veya takıma ilerleme hareketi veren taşlama tezgâhı gibi tipleri vardır. Bunların yanı sıra bronşlama ve vida açma diş açma gibi tezgâhlarda vardır.
- b) Kontrol sistemine göre tezgâhların sınıflandırılması: takım tezgâhlarında herhangi bir parçanın işlenmesi aşağıda gösterilen teknik ve ekonomik koşullarda gerçekleştirilmesi gerekir. Teknik koşullar: kalite, sabit kalite ve güvenilirlik; ekonomik koşullar: üretkenlik ucuzluk esneklik ve enerji tasarrufu gibi faktörleri kapsar. Bu koşullar en iyi şekilde otomasyon olgusu ile sağlanabilir.  
Enerji faktörü mekanizasyon bilgi ise otomasyon olgusunu tayin eder. Enerji, tezgâhı oluşturan bütün mekanizmaların hareketi ve bunun sonucu olan mekanik iş

ile ilgilidir. Tezgâha verilen enerji insan veya motor enerjisi olabilir. İnsan enerjisine elle hareket motor enerjisine ise mekanizasyon denir. Örneğin parçanın dönmesi mekanizasyon ancak tezgâh ayarlarının yapılması ise elle harekettir.

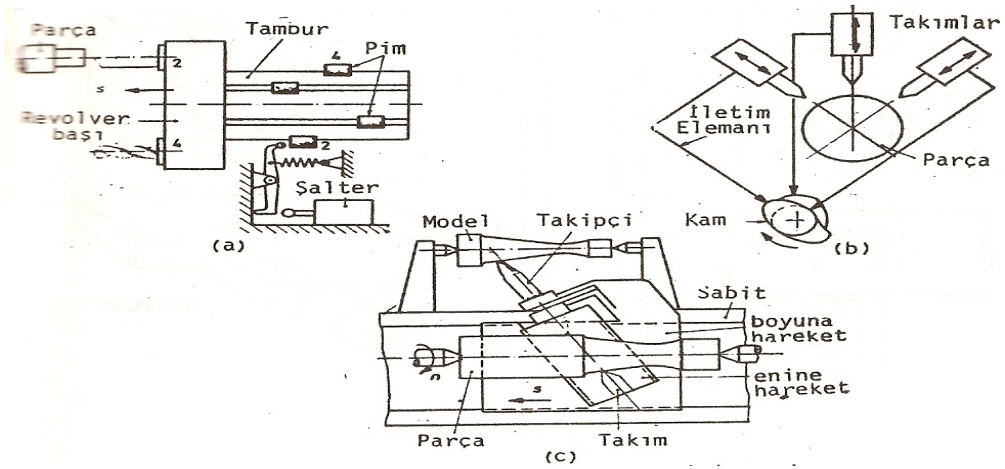
Tezgâha verilen bilgiler geometrik ve teknolojik olmak üzere ikiye ayrılır. Geometrik bilgiler takımın parça üzerindeki hareketlerini kapsar teknolojik bilgiler ise kesme hızı, ilerleme, talaş kalınlığı gibi değerlerden oluşur. Bilgilerin direk olarak insan tarafından tezgâha verilmesi konvansiyonel, program yolu ile verilmesine otomasyon denir(Şekil 2.5)[9].



Şekil 2.5 Takım tezgâhlarının geliştirilmiş modeli[9].

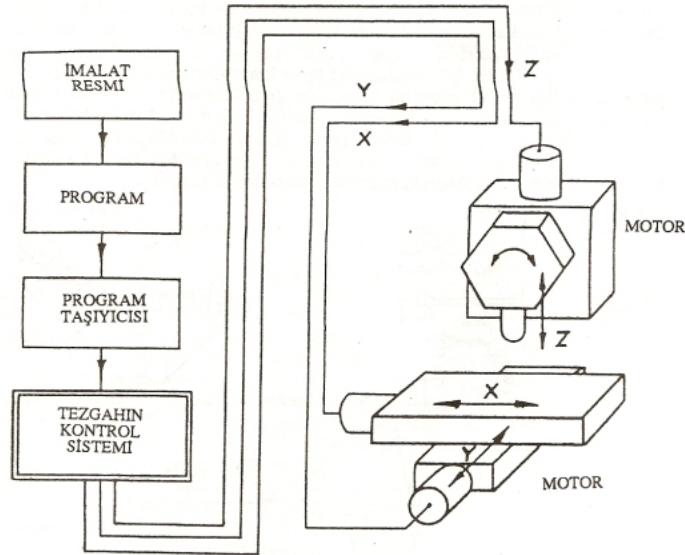
Tezgâhlar programların veriliş şekline göre mekanik ve numetik kontrollü olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Mekanik tezgâhlarda program mekanik bir tertibatla gerçekleşir(Şekil 2.6). Bu bakımdan pim kontrollü, kam kontrollü ve kopya kontrollü mekanik otomat tezgâhları vardır. Mekanik otomat tezgâhlar rijit sistemdedir. Herhangi bir parça değişiminde tezgâh ayarlarının yapılması bi hayli uzun zaman alır.



Şekil 2.6 Mekanik otomat tezgâhların basitleştirilmiş şemaları (a) pim kontrollü b) kam kontrollü c) kopya kontrollü[9]

Numetik bilgi kontrollü tezgâhlarda bilgi dönerlerini kapsayan program: delikli kart, şerit, manyetik bant, klavye veya bilgisayar yardımı ile verilir. Numetik kontrollü tezgâhlarda parçanın imalat resmine ve teknolojik bilgilere dayanarak teknolojik planı hazırlanır, bu planın belirli bir kod veya lisana göre programı yazılır ve programın taşıyıcısına aktarılır(Şekil2.7).



Şekil 2.7 NC tezgâhların çalışma şeması[9]

Basit NC tezgâhlarının yanı sıra CNC ( computer numerical control) ve DNC (direct numerical kntrol) tezgâhları merkezi bir bilgisayar ile kontrol edilen NC ve CNC tezgâhlarından oluşan sistemdir.

- c) Amaca göre tezgâhın sınıflandırılması: Amaca göre tezgâhlar üniversal veya çok amaçlı olabilirler. Üniversal tezgâhlarda çok çeşit parça işlenebilir. Çok amaçlı tezgâhlarda ise işlenecek parça çeşidi ve işlemler sınırlıdır. Örneğin vida açma diş açma vs...[9].

## **2.1.7. Talaş Kaldırma Yöntemlerinin Esası**

### **2.1.7.1. Talaş Kaldırma Yöntemlerinin Sistematiği:**

Talaş kaldırma; ucu keskin bir takım ile parça üzerinden malzeme kaldırma işlemidir. Bu şekilde kaldırılan malzemeye talaş denir. Talaş kaldırma işleminin sistematiği izafi hareketlere takım ucunun geometrisine ve takımların kesici uc sayısına göre yapılır.

Talaş kaldırma işlemi, takım ile parça arasındaki izafi hareketlerin sonucu oluşur. Bu hareketler kesme ilerleme ve yardımcı hareketler olmak üzere üçe ayrılır. Kesme hareketi esas talaş kaldırma hareketidir. İlerleme hareketi parçanın uzunluğu veya genişliği boyunca belirli kısmın işlenmesini sağlayan hareketlerdir. Yardımcı hareketler ise çeşitli ayar hareketleridir. Genellikle kesme hareketi dönme ve doğrusal ilerleme ve yardımcı hareketler ise doğrusal olarak gerçekleşir. Bu bakımdan tornalama, frezeleme, delme, planyalama, vargelleme ve taşlama olmak üzere esasen beş farklı talaş kaldırma yöntemi vardır.

## **2.2. Talaş Kaldırma Yöntemleri**

Talaş kaldırma, önceden geometrisi, ölçüleri ve yüzey kalitesi belli olan parçaların kesici takım kullanılarak fiziksel temas ile veya belli enerjileri ( mekanik, ısı veya kimyasal ) kullanılarak parça üzerinden malzeme kaldırması ve şekillendirmesi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemler temas durumlarına, kesme şekillerine ve kullanım alanlarına göre belli sınıflara ayrılmaktadır. Geleneksel imalat yöntemleri ve geleneksel olmayan imalat yöntemleri olarak iki gruba ayrılır.

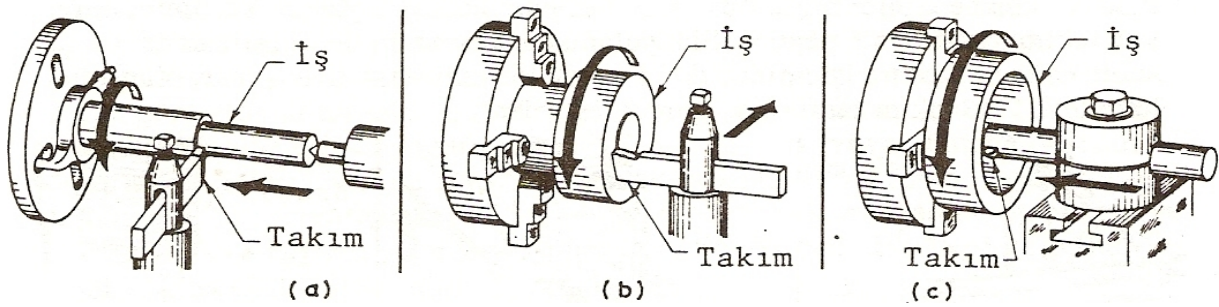
### **2.2.1. Geleneksel İmalat Yöntemleri**

Geleneksel yöntemler kesici uç, matkap ucu veya taşlama taşı gibi takımlar kullanarak ve malzemenin takım ile fiziksel teması sonucu talaş kaldıran yöntemlerdir. Bu yöntemler için takım ile iş parçası arasında sürekli temas ve izafi hareket gerekmektedir [28].

### 2.2.1.1.

### Tornalama

Tornalama işleminde kesme hareketi parçanın dönmesi ile elde edilir. Kesici takım ilerleme ve yardımcı hareketlerini yapar[9]. İşlenecek olan iş parçası kendi eksenine etrafında dönen bir aynaya bağlanır. Takım tutucu üzerine rijit olarak bağlanmış kesici takım dönen iş parçası eksenine boyunca paralel veya açılı bir şekilde ilerler ve iş parçasından bir katman kaldırılarak, dairesel veya daha karmaşık profilli yüzeyler oluşturulur[29]. Bu yöntemle boyuna tornalama alın tornalama ve delik tornalama gibi işlemler yapılır(Şekil 2.8).

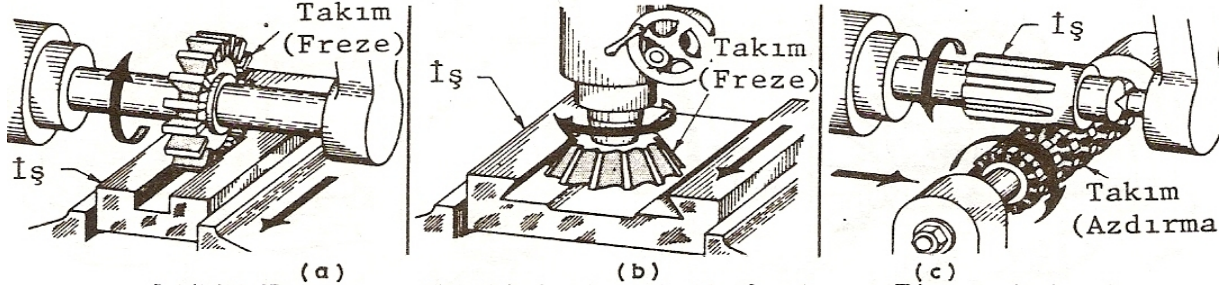


Şekil 2.8 Tornalama a) Boyuna tornalama b) Alın tornalama c) Delik tornalama[9]

### 2.2.1.2. Frezeleme

Frezeleme, tezgâhın tabla adı verilen kısmına tespit edilen ve tablayla birlikte belirli bir ilerleme hareketi yapan iş parçası üzerinden dönen ve çevresinde birçok kesici ağız bulunan takım aracılığı ile talaş kaldırma işlemidir. Frezeleme işleminde; kesme hareketi takımın dönmesi ve iş parçasının ilerleme hareketi ile meydana gelir. Yardımcı hareketler işe parça ve takım tarafından yapılabilir. Bu yöntem çevresel frezeleme alın frezeleme dişli açma ve azdırma gibi çeşitleri vardır.

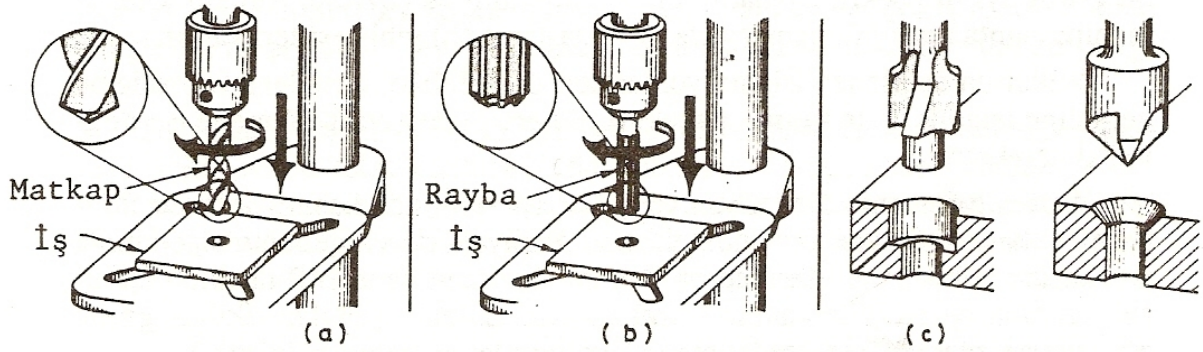
Frezeleme işleminde farklı geometrideki iş parçalarının talaşlı işlenebilmesi, freze tezgâhının X, Y, Z eksenlerinde hareket edebilme kabiliyetine bağlıdır. Bu işleme tekniğinde, çok eksenli takım tezgâhlarının kullanımının mevcut olması, farklı geometrilerdeki iş parçalarının talaşlı işlenmesini mümkün kılmaktadır(Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Frezeleme a) Silindirik frezeleme b) Alın frezeleme c) Diş açma (azdırma) [9]

### 2.2.1.3. Delme

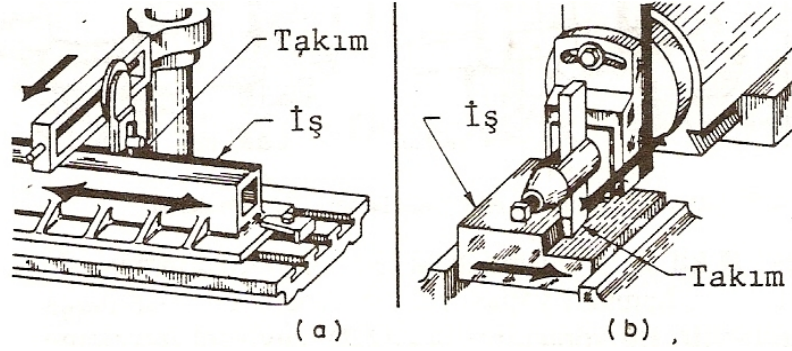
Delme işleminde; kesme ve ilerleme hareketini takım yapar. Yöntemin çeşitleri delik delme, delik genişletme, raybalama ve havşa başı açma gibi işlemlerdir. Silindirik parçaların ekseni boyunca delinmesi torna tezgâhında veya matkap tezgâhında düz plakaların ise freze veya matkap tezgâhında yapılabilir.



Şekil 2.10 Delme a) Delik delme veya genişletme b) Raybalama c) Havşa başı açma [9]

### 2.2.1.4. Vargelleme ve Planyalama

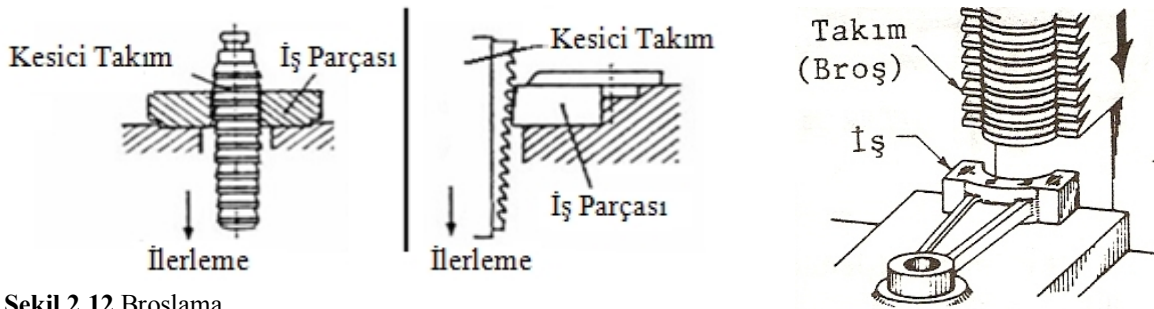
Vargelleme-Planyalama işleminde, kesme doğrusal bir hareket ile gerçekleşir. Ancak vargelleme işleminde kesme parçanın doğrusal hareketi, planyalama işleminde ise kesme takımın doğrusal hareketi ile gerçekleşir. Vargelleme işleminde takım, kesme hareketi sırasında sabit kalır ve kesme işlemi bittikten sonra ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareket takım tarafından yapılır (Şekil 2.11). Planyalama işleminde kesme hareketi sırasında parça sabit kalır ve kesme işlemi bittikten sonra ilerleme hareketi yapar yardımcı hareketler ise takım tarafından yapılır [9].



Şekil 2.11 Vargelleme- Planyalama a) Planyalama b) Vargelleme[9]

### 2.2.1.5. Broşlama

Çok sayıda enine kesici uçlara sahip bir takım ile yüzey üzerine veya delik içerisine itme ve çekme ile yapılan ince talaş kaldırma işlemidir. Özellikle özdeş parçaların işlenmesinde kullanılır. Broşlama hareketinde biri birini takip eden her kesici diş bir miktar malzeme kaldırır. Her diş bir öncekinden 0.07 mm daha büyüktür. Son üç diş genellikle aynı derinliğe sahip olup bunlar bitirme yüzeyine sahip olup bunlar bitirme yüzeyine gerekli son şekli verirler. Bu işlemle üretilen şekiller düz yüzeyli fakat çok sık olarak dişliler veya türbin disklerinin diplerindeki çıkıntılar gibi yivli parçalar veya değişik şekildedeki delikler olabilir. Başlangıç deliği matkapla delinebilir veya dökümle elde edilmiş delikler olabilir ve bitirme deliği yuvarlak, kare, dikdörtgen ve düzensiz şekilli bir geometri olabilir(Şekil 2.12). Ancak bu işlemde uygulanan kesme hızları ve ilerleme miktarları düşük olup kâfi derecede yağlamanın yapılması gereklidir.



Şekil 2.12 Broşlama

### 2.2.1.6.

### Taşlama

Aşındırıcı özelliğe sahip taneler ve bunları birbirine bağlayan malzemenin yapılmış zımpara taşı denilen takımın dönme hareketi ile dönme ya da hem dönme ve hemde de ilerleme hareketi yapan iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemidir. Taşlama işleminde; kesme hareketi takımın dönmesi ile oluşur. İlerleme ve yardımcı hareketler

takım veya parça veya her ikisi tarafından yapılır. Taşlama silindirik ve satıh olmak üzere ikiye ayrılır. Satıh taşlama alın ve çevresel silindirik taşlama ise punta arası puntasız ve iç taşlama gibi çeşitleri vardır. Taşlama işlemleri genellikle işlenmiş yüzeylerin yüzey kalitesini artırmak ve iş parçalarını ölçü tamlığına getirmek için yapılan bitirme işlemleridir. Taşlama işlemi sonucunda 0,01 mm ile 0,002 mm arasında ölçü tamlığı ve 6,3 µm ile 0,05 µm ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) elde etmek mümkündür [30].

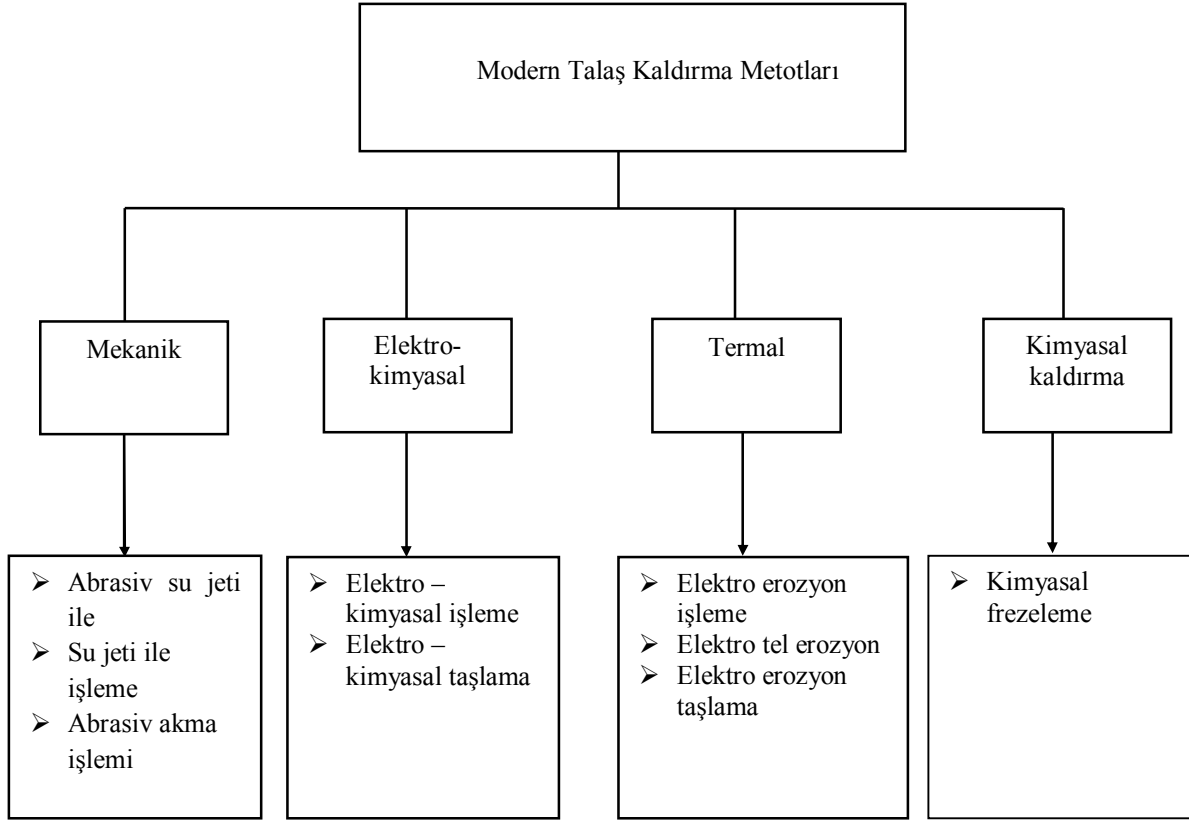


Şekil 2.13 Taşlama Çeşitleri

## 2.2. Geleneksel Olmayan İmalat Yöntemleri

Modern imalat yöntemleri özellikle ikinci dünya savaşından sonra gelişmiş ve çağdaş teknolojide yaygın uygulama alanı bulmuş yöntemlerdir. Bu yöntemler geleneksel yöntemlerden farklı olarak temas ve göreceli hareket yerine mekanik kuvvet uygulanmadan çeşitli enerji türlerini kullanarak malzeme işleyen, aşındıran veya şekillendiren yöntemlerdir. Genellikle kullanılan düşük yoğunluklu enerjiyi dar bir alanda odaklayarak ve denetleyerek işleme olayını gerçekleştirmek için uygun bir takım veya odaklayıcı düzen kullanılır. Bu yöntemin yeni bir yöntem olarak kabul görmesi için geleneksel işleme tekniklerden farklı olması ve endüstride veya laboratuarlarda kullanılması gerekir. Son yıllarda özel amaçlar için 70- 80 dolaylarında alışılmamış imalat yöntemi ortaya çıkmıştır. Bunların hepsinden söz etmek yerine kullandıkları enerji türlerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

**Tablo 2.4** Modern talaş kaldırma metotları

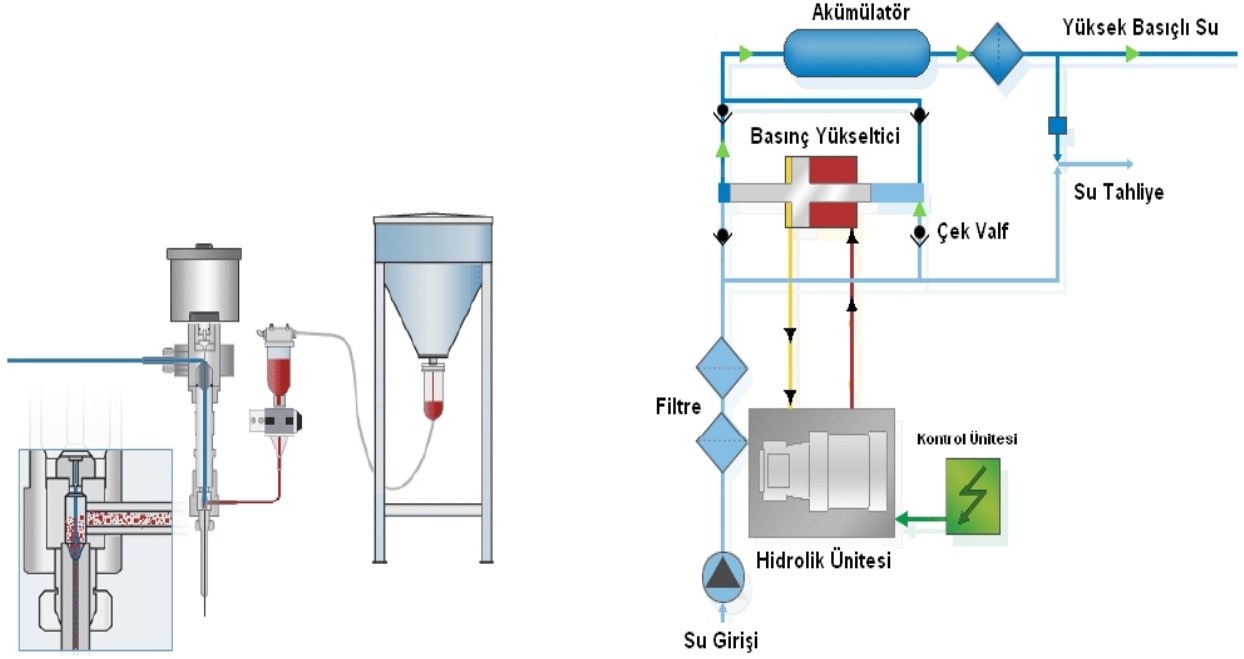


## **2.2.1. Mekanik Enerji Kullanan Modern İmalat Yöntemleri**

### **2.2.1.1. Su Jeti İle Kesme**

Su jetinin iki önemli unsuru vardır; kesme kafasını kesilecek malzemenin üzerinde hareket ettiren sistem ve 4160 bar ( 60.000 ) psi basınç üreten pompa. Bu basınçla su plastik, köpük, tahta, esnek yer kaplama malzemeleri, lastik, kompozit malzeme ve her türlü metali kusursuz kesebilir. Taş, metal, seramik, cam ve yoğun kompozitleri keserken su jetine daha yüksek erozyon hareketi için grena eklenir. Su jeti çalışılan malzeme üstünde herhangi bir ısı veya basınç oluşturmaz. Su jeti hem mimari hem de endüstriyel uygulamalar için üretim yöntemleri açısından çok önemli bir yeniliktir. Malzeme kalınlığı ve kesim zorluğu açısından geleneksel kesim yöntemlerine karşın, su jetinin çok önemli avantajları vardır. Diğer kesim yöntemleriyle kesilemeyen her türlü detaylı şekil su jeti ile büyük bir ustalık ve mükemmellikte kesilebilir. Bu kesim yöntemi, diğer kesim yöntemleriyle karşılaştırıldığında maliyet unsurunun çok ötesinde avantajlar sağlar. Bilgisayar destekli bir program olduğu için eşit boyutlarda ve istenilen sayıda kesim yapılması mümkündür. Isıyı, herhangi bir mekanik zararı ve sınırlandırmayı tolere etmeyen

kompozit malzeme ve plastiğin kesimi için de su jeti ideal bir kesim yöntemidir. Su jetinin ekstra kalıp ve malzeme maliyeti yoktur. Ayrıca bilgisayar destekli kesim ve üretim sayesinde, çok pahalı olan titanyum, kompozit malzeme ve optik cam kesimleri için en uygun yöntemdir.



Şekil 2.14 Su jeti ile kesme sisteminin şematik gösterimi

Su jeti bilgisayar destekli soğuk bir kesim teknolojisidir ve birçok maddeyi iki boyutlu olarak kesebilir. Mermer, granit, porselen, seramik ve tüm metaller su jeti ile kesim için uygun malzemelerdir. Su jeti metalleri ısıtmadan, sertleştirmeden veya herhangi bir deformasyon yaratmadan keser. Porselen, taş ve seramik kusursuz bir şekilde yalnızca su jeti ile kesilebilir. Bilgisayarla çizilebilen her düzlemsel şekil su jeti ile kesilebilir. Taş, porselen ve paslanmaz çelik gibi malzemelerden her türlü kompleks şekil elde etmenin en uygun ve ekonomik yolu su jeti kesimidir.

## 2.2.2. Elektrik Enerjisi Kullanan Modern İmalat Yöntemleri

### 2.2.2.1. Elektro – kimyasal işleme

Elektro – kimyasal işleme yöntemi, kimyasal reaksiyonlar neticesinde anodik kutuptaki işlenecek parçanın yüzeyinden metal atomlarının katotik kutuptaki takım üzerinden geçirilen doğru akım yardımıyla parçalanarak iyon forma dönüştürülmesi ve bu

iyonların elektrolit olarak adlandırılan sıvı yardımıyla metal iyonu şeklinde işleme bölgesinden uzaklaştırılması şeklinde talaş kaldıran bir alışılmamış imalat yöntemidir.

Elektrokimyasal işlemenin temeli, elektrolit hücre içinde iş parçası ve elektrot çifti arasındaki kontrollü erime olayına dayanmaktadır (Şekil 2.15)[31].



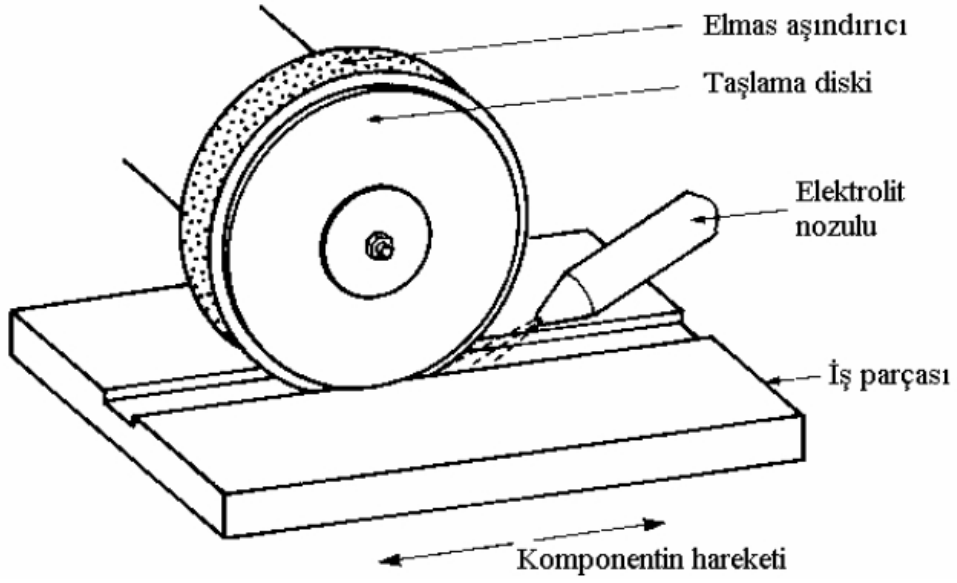
Şekil 2.15 Genel elektro-kimyasal işleme görünümü

Anot iş parçası yüzeyi metalik iyonlarına ayrılır, böylelikle takım elektrot şeklinin aynısı iş parçasına aktarılmış olur. İş parçası ve takım üzerinde çözünmeyen ve tortulaşarak yüzeye yapışan atıklar, çok yüksek hızlarda akan elektrolit ile ara bölgeden atılır. Ara bölgede ısı ve gaz baloncukları meydana gelir

İşlem süresince işlem aralığı sabit tutularak, takım elektrotu iş parçası boyunca hareket eder. Elektrotlar arasında potansiyel bir fark meydana geldiği anda anot ve katot' da birkaç reaksiyonun meydana gelir[31].

#### 2.2.2.2. Elektro – Kimyasal Taşlama

Elektrokimyasal taşlama ve elektriksel deşarjla işleme endüstride genelde birbirine karıştırılmaktadır. Elektrokimyasal taşlama bir elektrolit sıvının içindeki elektrik akımı pasajından doğan kimyasal etki ile metali kaldıran bir işlemdir. Bir deşarj işlemi değildir. Bu işlem bazen tam tersine elektriksel kaplama ile karşılaştırılır. Bakır kaplamada olduğu gibi iş parçası üzerinde metal biriktirme yerine metal iş parçasından çöünerek kaldırılır. Metal deformasyona uğratılmaz, çözündürülür. Bununla birlikte elektrokimyasal taşlama aşındırıcı bir yardıma gerek duyar. Şekil 2.16'da elektrokimyasal taşlama işleminde kullanılan temel aparatlar görülmektedir[32].



Şekil 2.16 Elektro-kimyasal taşlama[31].

Tüm elektrokimyasal işlemler bir DC güç kaynağına bağlanmış ve elektrolit adıyla bilinen elektriksel iletkenliğe sahip bir solüsyona daldırılmış iki elektrota gerek duyar. Elektrokimyasal taşlamada iş parçası pozitif elektrot (anot) ve elektriksel iletken aşındırıcı disk de negatif elektrottur. Elektrolit genelde tuzdur ya da kimyasal tuzların ve su içinde çözünen diğer katı maddelerin kimyasal bir karışımıdır. Bir lüle içinden iş parçasına ve diske kuvvetli bir akışla pompalanır[33].

Elektrik akımı elektrolitten geçerek iş parçası ile disk arasından akarken, iş parçasında yüzeydeki metalin bir metal okside dönüşmesine neden olan kimyasal bir reaksiyon oluşur. Bu yumuşak yüzeysel metal oksit diskteki aşındırıcılar tarafından süpürülür. Oksit film süpürülürken daha fazla metal yüzeyini kimyasal olarak oksitlenmeye maruz bırakır. İşlem oksit süpürüldüğü müddetçe devam eder. Süpürme işlemi durduğu anda kimyasal reaksiyon durur. Sonuç olarak iş parçasının sadece disk ile temas eden yüzeylerinde metal kaldırılır [33].

## 2.2.3. Termal Enerji Kullanılan İmalat Yöntemleri

### 2.2.3.1. Elektro erozyon işleme

Takım görevi gören ve işlenecek kısmın geometrik şekline sahip elektrot ile işlenecek iş parçası arasında oluşan yüksek frekans ile ortaya çıkan kıvılcıklar yardımıyla

malzemelerin işlenmesini sağlayan geleneksel olmayan imalat yöntemidir. Kullanılan dielektrik sıvı sayesinde kaldırılan parçacıklar işleme bölgesinden uzaklaştırılmaktadır[34].

Elektroerozyon işleme yöntemi işlenmesi zor malzemelerin ve karmaşık şekilli parçaların imalatında kullanılmaktadır. Özellikle kalıp imalatında kullanılmaktadır. Elektroerozyon işleme yöntemi üzerindeki çalışmalar bu yöntemin değişik uygulama alanlarında kullanımını sağlamış ve bu imalat yöntemini temel alan geleneksel olmayan başka imalat yöntemlerindeki ortaya çıkarmıştır. Örneğin telerozyon bu yöntemler içinde en çok bilinenidir, ayrıca elektroerozyon ile taşlama, kesme işlemleri de imalat sektöründe kullanılmaktadır[33].

#### **2.2.3.1.1. Elektro Tel Erozyon**

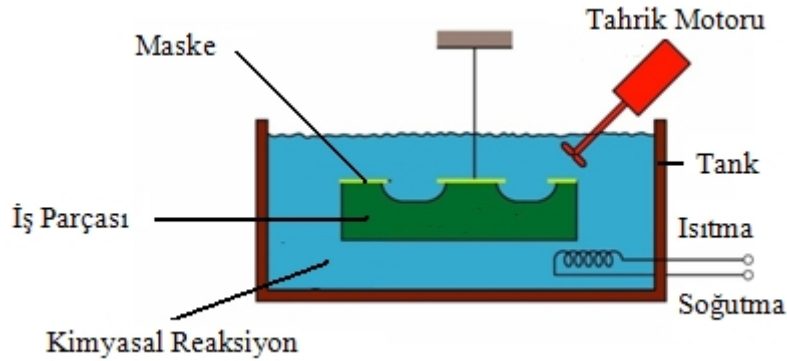
Elektro erozyon iletken elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan kontrollü (Puls on-Puls off, düzeninde) talaş kaldıran alışılmamış imalat yöntemlerinden biridir. Puls on süresinde kıvılcım aralığı kurularak kıvılcım oluşturulur ve talaş kaldırılır. Puls off süresinde ise sıvının nötrleştirilmesi ve temizlenmesi sağlanır. Yöntemin günümüzde iki temel şekli bulunmaktadır. Bunlar dalma erozyon (Die sinking) diğeri ise tel erozyon yöntemidir. ( WEDM, wire elektro discharge machining) her iki yönteminde talaş kaldırma mekanizmaları aynıdır. Dalma erozyonda kalıp boşluğu şeklinde biçimlendirilen iletken elektrotun (alüminyum, bakır ve grafitten yapılır) düşey yönde hareketi ile talaş kaldırırken tel erozyonda ise iletken bir tel vasıtasıyla kesme yapmaktadır. Tel erozyon yöntemi iletken bir tel üzerinde yoğunlaştırılan ardışık akımlar yardımıyla kesme yöntemidir[35].

Tel erozyon tezgâhında çoğunlukla çapları 0,05-0,4 mm arasında değişen molipten, tungsten ve pirinç teller kullanılmaktadır. Ekonomiklik açısından pirinç tercih edilir. Kesme işlemi esnasında telde de erozyon oluşmaktadır. Bu durum telin çapında incelme deformasyon ve küçük çukurcuklar şeklinde sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla tel ikinci kez kullanılmayıp atık tel deposunda toplanmaktadır. Kesme işlemi tamamen su içerisinde gerçekleşmektedir. Bu sayede sabit bir işlem sıcaklığı sağlanmakta ve suyun sirküle edilmesiyle iş parçasından kopan parçacıkların ara bölgeden uzaklaştırılması sağlanmaktadır[35].

#### 2.2.4. Kimyasal Enerji Kullanan Modern İmalat Yöntemleri

Kimyasal enerji kullanan modern imalat yöntemlerinin ortak özelliği, kontrollü kimyasal aşınma ile hassas şekilde malzeme işlenebilmesidir. Genellikle, aşınması istenmeyen yüzeyler uygun bir koruyucu madde (maske) ile kaplanır. Açıkta kalan yüzeylere aşındırıcı kimyasal sıvı püskürtülür veya iş parçası bu sıvı içine daldırılır(Şekil 2.17). İş malzemesinin sıvı ile temas süresi işleme miktarı ve/veya derinliğini belirler. İşleme hızı genellikle sıvı özelliklerine bağlı olmakla beraber sıvı yoğunluğu tipik olarak 0.025 mm/dak doğrusal işleme hızları verecek şekilde ayarlanır. Bu grup imalat yöntemlerine giren başlıca 4 işleme yöntemi vardır:

- Kimyasal İşleme
- Fotokimyasal İşleme
- Kimyasal Parlatma
- Isıl Kimyasal İşleme



Şekil 2.17 Kimyasal işleme yönteminin şematik gösterimi

Talaş kaldırma yöntemlerine yukarıda kısaca bahsedildikten sonra bu yöntemlerin özellikleri ve birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları aşağıda değerlendirilmiştir.

Geleneksel imalat yöntemlerinin özellikleri ve sınırlılıkları:

- Geleneksel imalat yöntemlerinde kesici takım kullanılarak iş parçası ile kesici takım arasındaki izafi hareketlerin sonucunda talaş kaldırılır.
- Talaş kaldırma olayı mekanik kuvvetlerin etkisi ile malzeme üzerinde plastik deformasyon ve kayma gerilmesi oluşması ile meydana gelir.
- İşlenen malzemenin mekanik özelliklerine bağlı olarak maliyeti yüksek kesici takımlar kullanılabilir.

- Takım ile parçanın birbirine göre hareketleri doğrusal ya da dairesel olacak şekilde sınırlanabilir.
- Teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilgisayar destekli tezgâhların imalatı seri imalata geçilerek kullanım alanları artmıştır.
- Kesici takımın özellikleri işlenecek malzemeye nazaran daha sert ve ısıya karşı daha dayanıklı olmalıdır.
- Talaş kaldırma işlemi sırasında kesme koşullarından veya tezgâhtan kaynaklanan nedenlerden dolayı titreşim oluşabilmektedir.
- Takım aşınması büyük sınırlılıklarından biridir.
- Oluşan talaşlar çalışan kişiye ve yüzeye zarar verebilir.
- Küçük boyuttaki talaş kaldırma işlemleri yapılamayabilir.
- İşleme hassasiyeti mekanik zorlamaya bağlı olarak düşebilir.

Geleneksel olmayan imalat yöntemlerinin özellikleri ve sınırlılıkları:

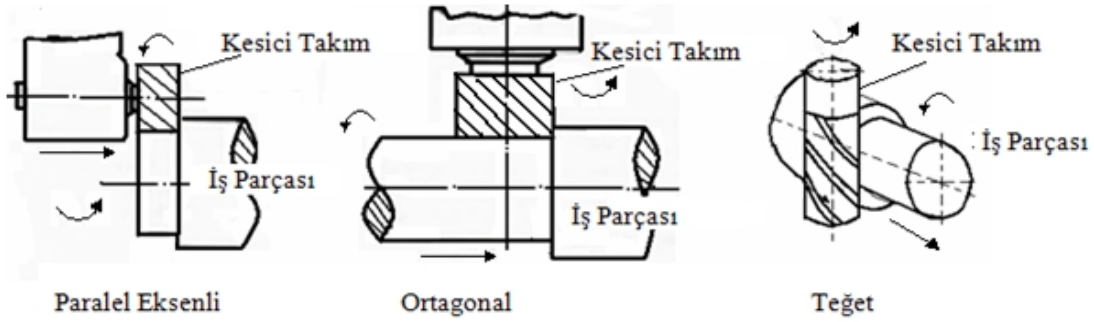
- Modern imalat yöntemlerinde talaş kaldırma olayında kesici takım yerine mekanik, kimyasal veya ısı enerjisi gibi enerjiler kullanılmaktadır.
- Talaş kaldırma işleminde geleneksel yöntemlerde olduğu gibi kesicinin mekanik özelliklerinin işlenen malzemeye göre daha sert olması gerekmez. Burada talaş kaldırma işlemi yapan ya bir elektron demeti ya da bir kimyasal çözücü ya da basınçlı bir akışkandır.
- Çok küçük boyuttaki iş parçaları kolayca işlenebilmektedir.
- Farklı şekil ve boyuttaki işlemler işlenebilmektedir.
- Bazı yöntemlerde aşındırıcı parçacıklar hızlandırılarak bunlara kinetik enerji kazandırılarak gerilme yırtılması ile malzeme işlenebilmektedir.
- Geleneksel imalat yöntemleri ile işlenmesi güç malzemeler modern imalat yöntemleri ile rahatlıkla işlenebilir.
- İşleme hassasiyeti çok yüksektir.
- Sistemin kurulum maliyeti yüksek olabilir.
- Yapılan işleme bağlı olarak farklı enerji ve kesme elektrotları kullanılmalıdır.

### 2.3. Tornalama-Frezeleme Yöntemi ve Çeşitleri

Tornalama –frezeleme yöntemi, simetrik ve eksantrik iş parçalarının işlenmesinde kullanılan hem iş parçasının hem de kesici takımın döndüğü, tornalama ve frezeleme işleme yöntemlerinin birleşimi gibi düşünülebilen bir imalat yöntemidir. Bu yöntem talaş kaldırma mekanizması olarak geleneksel imalat yöntemleri grubunda görülmesine rağmen yapılan işlemlere ve gelişme sürecine bakıldığında geleneksel olmayan imalat yöntemleri grubunda düşünülebilir.

Tornalama-frezeleme, kendi ekseninde dönen bir iş parçası üzerinden; etrafında birden fazla kesici ağız bulunan ve kendi ekseninde dönen bir kesici takım yardımıyla talaş kaldırma işlemi yapan bir yöntemdir. Tornalama ve frezeleme yöntemlerinde sınırlı işlemler yapılırken; tornalama-frezeleme yöntemi ile tornalama ve frezeleme ayrıca delme gibi birçok işlem aynı tezgâh üzerinde yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra işlem kalitesi göz önüne alındığında taşlama işlemini aratmayacak şekilde bir yüzey kalitesi ortaya çıkmaktadır.

Tornalama-frezeleme yöntemi kesici takım ile iş parçasının dönme eksenlerine ve temas durumuna bağlı olarak üç farklı tip olarak incelenebilir. Bu yöntemlerin sistematik hareket ve temas durumları Şekil 2.18’de gösterilmektedir.



Şekil 2.18 Tornalama-frezeleme çeşitleri ve hareket sistemleri

Tornalama- frezeleme yöntemi, Tilghman tarafından 1800 yılların sonlarında tornalama işleminde ısınan kesici takımın ısısını azaltmak amacı ile çevresel freze çakısını kullanılması ile başlamıştır[11]. 1900 yılların ilk yarısında motor imalatındaki manivela eksantrik millinin işlenmesinde ve daha sonra spiral, salyangoz, helezon şeklindeki parçaların işlenmesinde kullanılmıştır.

Tornalama-frezeleme yönteminin tornalamaya göre avantajları:

- Kesik kesme özeliğinden dolayı uygun talaş kaldırma yapılabilir, talaşın temizleme problemi ve seri çalışmayı engelleme gibi sorunları yoktur.
- İş parçasının devrinden bağımsız olarak kesme hızının optimum değerinde seçilmesi kesik kesme işlemi ile iş parçasındaki oluşan ısı talaş ile ısı dışarı atılır
- İstenilen değerlerde düşük iş parçası devri ve kesici takım devri elde edilebilir.
- Tornalamada yapılan alın yüzey işleme, silindirik dış yüzey işleme, konik işleme, silindirik iç yüzey işleme işlemleri bu yöntemle yapılabilmektedir.
- Frezelemede yapılan kanal açma, yüzeyden talaş kaldırma, kademeli delik işleme gibi işlemler bu yöntem ile yapılabilmektedir[36].

Tornalama-frezeleme yönteminin kullanım alanları:

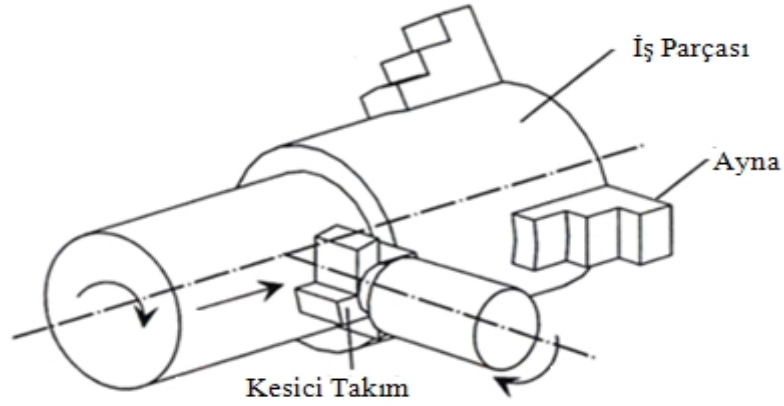
- Düzensiz bir yapıya sahip 500 mm çapında olan alçak basınç silindirlerin imalatında,
- İşlenmiş malzemelerin düzeltilmesinde kullanılan çapı 300 mm ile 600 mm, uzunlukları 12 m ve ayrıca ağırlıkları 60 tona kadar çıkabilen ruloların işlenmesinde,
- Eksantrik millerin işlenmesinde,
- Boyutları büyük ağır silindirik iş parçalarının işlenmesinde,
- Kam ve krank mili ve benzeri farklı geometrilere sahip iş parçaların işlenmesinde
- Kam milleri, radial kam ve kontrol kamları konveks yada basit konkav profil şekillerin işlenmesinde,
- Dönel iş parçaların karmaşık işlemlerinin işlenmesinde kullanılır[37].

İş parçası devrinden bağımsız olarak kesme hızının optimum seçilmesi ile iş parçasında oluşan ısı kesik kesme hızı işlemi ile talaşla dışarı atılır. Kesici takım soğutma işlemi yaparak aynı zamanda soğutma sıvısı görevinde üstlenir.

### **2.3.1. Ortogonal Tornalama-Frezeleme Yöntemi**

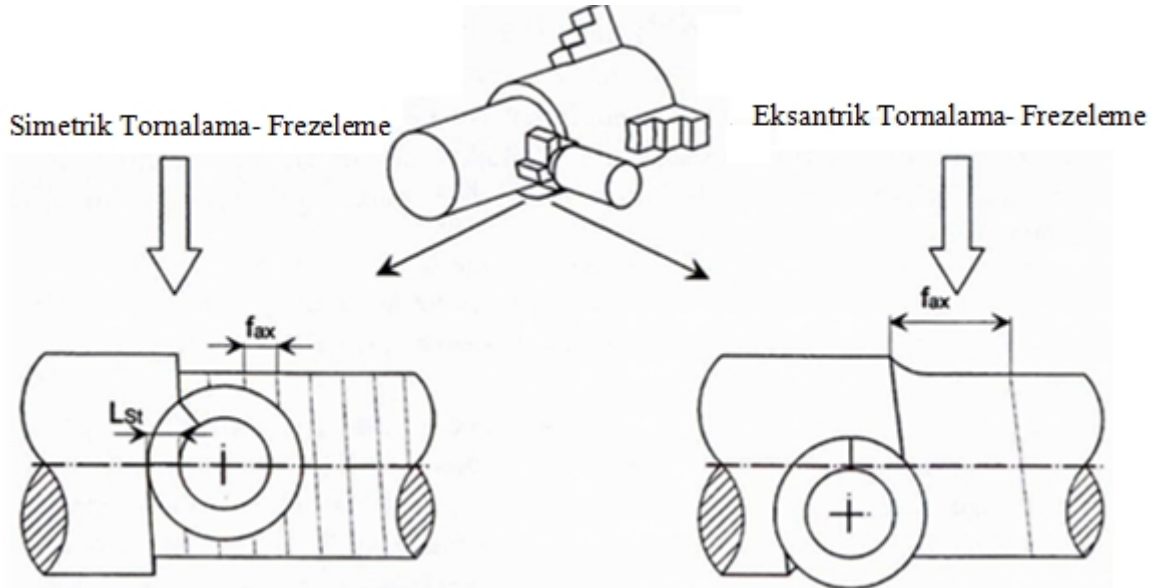
Ortogonal tornalama-frezeleme, kesici takımın ekseni ile iş parçası eksenin bir birine dik olduğu şartlardaki tornalama-frezeleme yöntemidir. Bu yöntemdeki hareket yönleri ve çakının temas durumu Şekil 2.19'de görülmektedir. Ortogonal tornalama-frezeleme yöntemindeki kesici takımın dönmesi kesme hareketi olarak; ayrıca iş parçasının

dönmesi ile kesici takımın iş parçası eksenine paralel hareket etmesi de ilerleme hareketi olarak adlandırılır.



Şekil 2.19 Ortogonal tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi

Kesici takım iş parçası üzerindeki temas etme noktası, ortogonal tornalama-frezeleme yönteminin işleme durumundaki bir özelliğdir. Kesici takım eksenini ile iş parçası eksenini arasındaki kesişim noktası eş ise simetrik ortogonal tornalama-frezeleme olarak tanımlanır. Her iki dönel eksen bir birini kesmiyor ise; kayık eksenli ortogonal tornalama-frezeleme veya eksantrik ortogonal tornalama-frezeleme olarak adlandırılır(Şekil 2.20). Bu yöntemdeki ilerleme hareketi silindirik iş parçası üzerinde bir helise benzer[37].



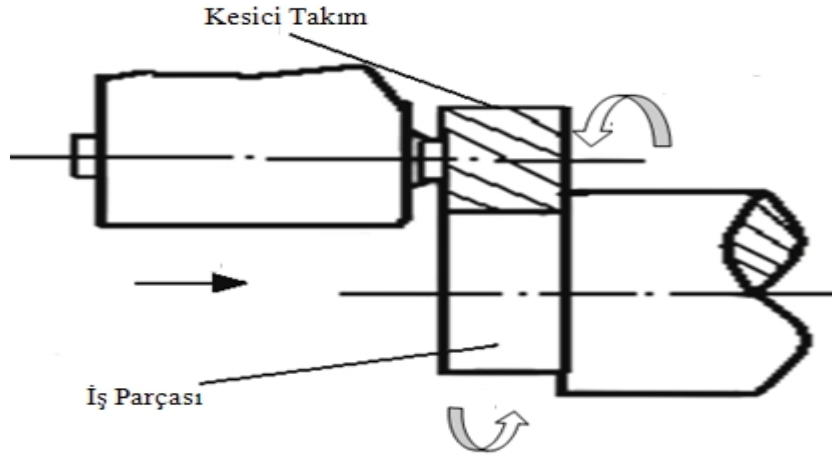
Şekil 2.20 Ortogonal Tornalama-frezelemede simetriklik ve eksantriklik

Ortogonal tornalama-frezelemede kesici takımın iş eksenine dik pozisyonda olduğundan dolayı iç yüzey işleme yapılamaz. İşleme uzunluğu ile ilgili bir sınırlama

yoktur. Kesici takımın ve iş parçasının temas anındaki dönme yönlerine göre frezelemede ki gibi eş yönlü ve zıt yönlü olarak da ayrılabilir.

### 2.3.2. Paralel Eksenli Tornalama-Frezeleme Yöntemi

Paralel eksenli tornalama-frezeleme, kesici takımın eksenini ile iş parçası eksenini aynı doğrultuda olduğu şartlardaki tornalama-frezeleme yöntemidir. Bu yöntemdeki hareket yönleri ve çakının temas durumu Şekil 2.21’de görülmektedir. Paralel eksenli tornalama-frezeleme yöntemindeki kesici takımın dönmesi kesme hareketi olarak; ayrıca iş parçasının dönmesi ile kesici takımın iş parçası eksenine paralel hareket etmesi de ilerleme hareketi olarak adlandırılır.

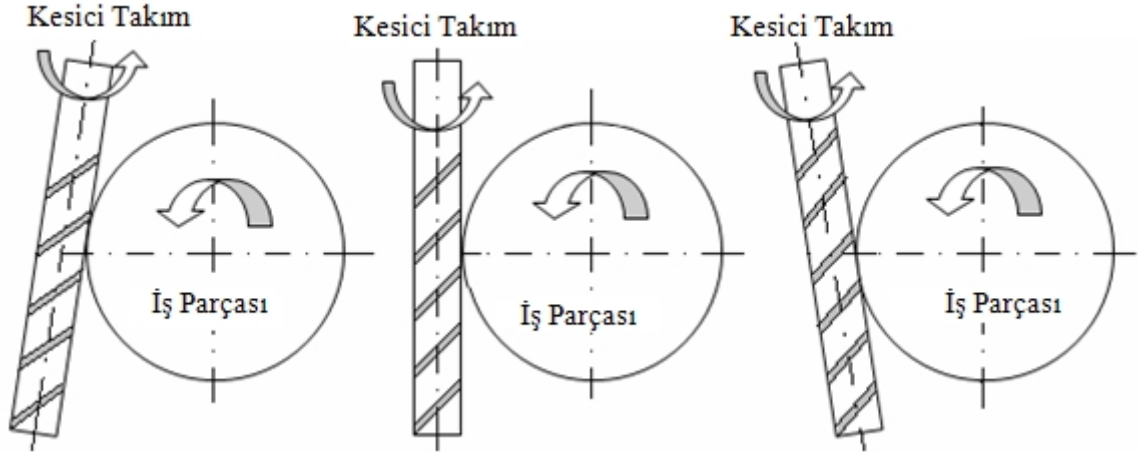


Şekil 2.21 Paralel eksenli tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi

Paralel eksenli tornalama-frezeleme iş parçasının hem iç yüzeyin hem de dış yüzeyinin işlenmesine imkân sağlamaktadır. Genellikle bu yöntemde işleme uzunluğu sınırlıdır. İşleme uzunluğu en fazla kesici takım kesme boyu kadardır.

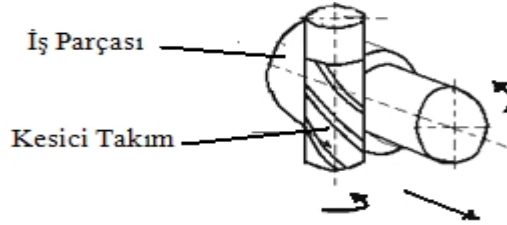
### 2.3.3. Teğetsel Tornalama-Frezeleme Yöntemi

Teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi, Ortogonal ve paralel eksenli tornalama-frezelemedeki hareket sisteminden farklı bir yapıya sahip olduğu için bu ayrı bir grup olarak tanımlanabilir. Bu yöntemde kesici takım ile iş parçası eksenleri birbirleri ile kesişir ne de birbirleri ile paraleldir. Kesici takım iş parçasının dış yüzeyine teğet olarak temas etmektedir. Şekil 2.22’ de bu yöntemdeki kesici takım ile iş parçasının farklı temas durumları gösterilmektedir.



Şekil 2.22 Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminin sistematik gösterimi

Teğetsel tornalama-frezeleme yöntemindeki kesici takımın dönmesi kesme hareketi olarak; ayrıca iş parçasının dönmesi ile kesici takımın iş parçası eksenine paralel hareket etmesi de ilerleme hareketi olarak adlandırılır(Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminin hareket sistemi

### 3. MATERYAL VE METOT

100Cr6 malzemesi endüstrinin birçok alanında kullanılan özellikle kollu kılavuzlarda, freze çakılarında, millerde, hassas çalgı aleti parçalarında, burçlarda, yataklarda, rulman bileziği ve bilyelerde, damgalama araçlarında, dişli takımlarda, kalıplarda, ölçü aletlerinde, pimlerde, sıkma bileziklerinde, vidalarda, tezgâh motor ve pompa parçalarında, anti sürtünme yataklarında, makaralarda, silindir gömleklerinde ve hidrolik donanım parçalarında kullanımı geniş olan bir çelik türüdür. Birçok yerde kullanılmasından dolayı bu çelik türü deney numunesi olarak seçilmiştir. 100Cr6 malzemesi genellikle talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilmektedir.

Üretilen imalat parçalarının çalıştığı yere uyum göstermesi ve daha verimli çalışmasını sağlamak için talaş kaldırma yöntemleri her geçen gün gelişme ve yenilenme sürecine girmektedir. Talaş kaldırma yöntemlerinde, işlenen parçada iyi bir yüzey geometrisi ve ölçü tamlığı elde etmek ayrıca malzemenin yapısında ısının, nemin ve darbelerin neden olduğu çatlama, içyapı gerginlikleri korozyon ve termal zararlara neden olan sebeplerin ortadan kaldırılması istenir.

#### 3.1. Deney Düzenine Tanıtılması

Teğetsel tornalama-frezeleme deneyleri CNC JOHNFORD WMC 850 FANUC OM dikey işlemeli freze tezgâhında yapıldı(Şekil 3.1). Deneylerin yapılabilmesi için CNC freze tezgâhının tablası üzerine farklı devirlerde dönebilen bir ayna ve diğer tarafına iş parçasını desteklemek amacı ile punta yerleştirildi. Bu deney düzeninde bir taraftan iş parçası kendi eksenini etrafında döndürülürken diğer taraftan da freze çakısının kendi eksenini etrafında döndürülmesi ve tablanın X ekseninde ilerlemesi sağlandı.



Şekil 3.1 Teğetsel tornalama-frezeleme deney düzeneği fotoğrafı

### 3.2. Deneylerde Kullanılan İş Parçası Malzemesi

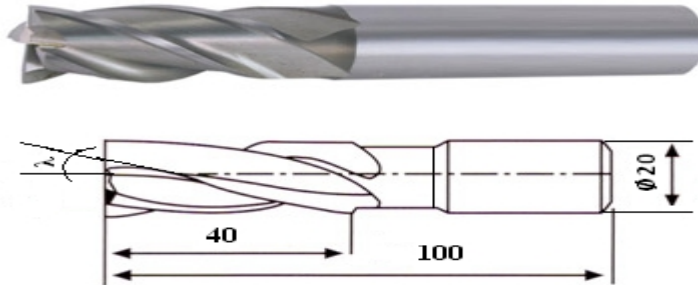
Deneylerde tornalama-frezeleme yöntemiyle işlenen iş parçasının kimyasal analizi tablo 3.1 de verilmiştir. İş parçası herhangi bir ısıl işleme tabii tutulmadan deneyler yapılmıştır.

Tablo 3.1 100Cr6 Yatak Çeliğinin Kimyasal Birleşimi

Element	C	Cr	Fe	Mn	Si	P	S
Yüzdece ağırlık	1,03	1,4	0,35	0,35	0,23	0,01	0,001

### 3.3. Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar

Teğetsel tornalama-frezeleme deneylerinin yapılmasında temin edilen  $\varnothing 20$  mm çapında 100 mm uzunluğunda 4 ağızlı  $30^\circ$  HSS kesici takım kullanıldı. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2 Deneysel çalışmalarda kullanılan kesici takım

### 3.4.

### Teğetsel Tornalama-Frezeleme Deneyleri

Teğetsel tornalama-frezeleme deneyleri Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü CNC atölyesinde yapıldı.

Teğetsel tornalama-frezelemede kullanılan 100Cr6 iş parçası Ø24x60 mm çapındaki 100Cr6 malzemesi testere ile kesildi. İş parçası boyu ISO 3685 ve TSE 10379 standartlarına göre hazırlanmıştır. Punta ile desteklenmesi için iş parçasının bir tarafına punta deliği açıldı(Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Deney numunesi

Ayrıca iş parçasının ve kesici takım devrinin kalibrasyonu için takometre kullanılarak devir sayısı kontrol edildi.

Deney çalışmalarına kullanılan tezgâhın, iş parçasının x ve y eksenine paralel olduğunu kalibre etmek için ayna ile punta arasına kontrol mastarı bağlandı ve komparatör yardımıyla ayna ve punta eksenlerinin aynı merkezde olması sağlandı. İş parçasının bir tarafı aynaya bağlanırken diğer tarafı punta ile desteklendi. Ayna ile punta arasına bağlanan iş parçası belirli devirde döndürüldükten sonra kesici takım belirli bir devirde döndürülerek iş parçası eksenine dik ama iş parçasına teğet olacak şekilde temas ettirildi. Gerekli talaş derinliği verildikten sonra X eksenine yönünde aynaya belirli bir ilerleme hızı verilerek talaş kaldırıldı.

Teğetsel tornalama-frezeleme deneylerinde bor yağı soğutma sıvısı kullanıldı

### 3.5. İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi

Deneysel çalışmalar yapılmadan önce kullanılan talaş kaldırma yönteminin işleme parametrelerinin ve istenilen amaç üzerinde hangi parametrelerin etkili olduğunun tespit edilmesi gerekir. Tornalama-frezeleme yöntemi, frezeleme ve tornalama yöntemlerinin bir kombinasyonu olarak düşünüldüğünden tornalamada ve frezelemede etkili olacak bütün parametrelerin bu yöntemde de etkili olacağı düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı tablo 3.2 de verilen kesme parametreleri seçilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kesme parametreleri literatür ışığında belirlenmiştir. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini belirlemek için yapılacak deneylerde faktöriyel deney tasarımı yöntemi kullanılmıştır.

Tam faktöriyel deneysel tasarım yöntemi ile parametrelerinin etkilerinin araştırılmasında dört farklı parametre kullanıldı.

Tablo 3.2’ de bulunan parametreler tam faktöriyel deney tasarımı yöntemi kullanılarak  $3^4 = 81$  deney yapıldı.

Deneysel çalışmalarda takım kesme hızı ve iş parçası devir sayısı, talaş kaldırılacak malzemelerin ve kullanılan kesici takımların malzeme özelliklerine göre verilen kesme hızı (3.3) denklemdeki hesaplanan takım kesme hızı ve iş parçası devri bu değerlerin alt ve üst değerlerindeki takım kesme hızı ve iş parçası devri alınarak yapıldı.

Eksenel ilerleme hızı parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan tezgâhın en küçük ilerleme hızı ve daha büyük ilerleme hızları dikkate alındı.

Talaş derinliği parametresinin seviyeleri ise genellikle taşlama işlemi için bırakılan 0.1 mm talaş derinliği ve bu değer üzerindeki değerler olacak şekilde belirlendi.

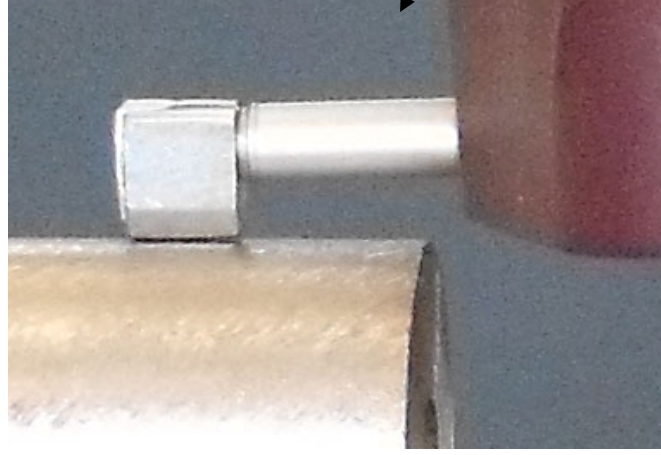
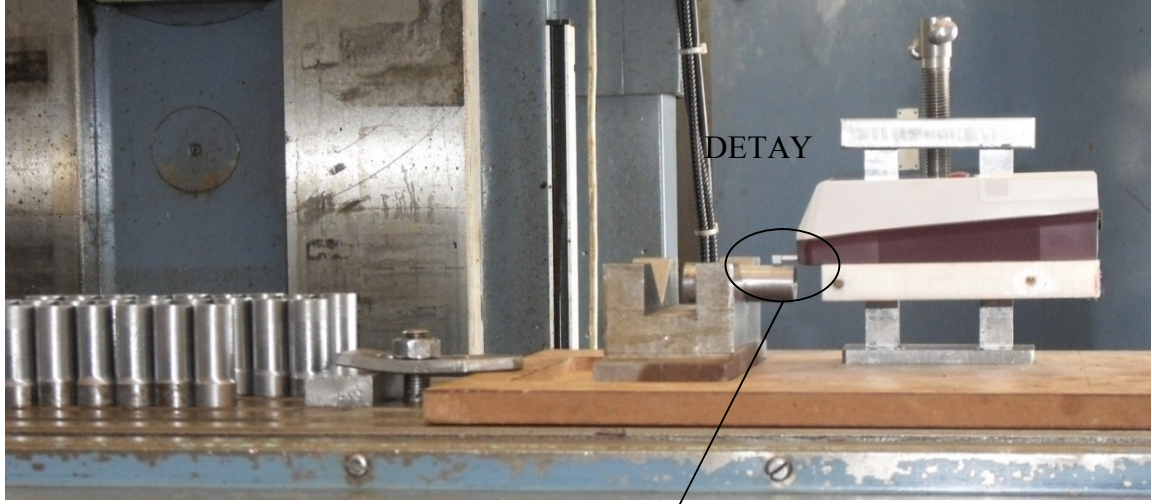
Deneysel çalışmalarda kullanılan kesme parametreleri ve bunlara ait seviyeler tablo 3.2 de verilmiştir. Ayrıca deneysel çalışmalarda tam faktöriyel yöntemi ile tasarlanmış olan deneysel çalışma planı ve yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları tablo 4.1’de görülmektedir.

**Tablo 3.2** 100Cr6 malzemesinin işlenmesinde kullanılan parametreler ve seviyeler

Parametreler	Seviyeler		
	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Takım Kesme hızı (m/dak)	35	40	50
İş Parçası Devri (dev/dak)	280	450	710
Eksenel İlerleme Hızı ( mm/dak )	2,0	5,0	12.6
Talaş Derinliği (mm)	0.1	0.5	1.0

### 3.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

100Cr6 çeliğinin teğetsel tornalama-frezeleme deneylerinde işlenen silindirik iş parçalarının yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi amacı ile şekil 3.4 'te gösterilen düzenek tasarlandı. Ölçümlerin sağlıklı alınması için ölçüm düzeneği tasarlanırken iş parçasının yerleştirildiği V yatağının merkezi ile ölçüm cihazının yerleştirildiği U kanalının merkezi aynı eksene ayarlandı. (Ölçümler esnasında düzenekte oluşacak titreşimlerin etkisini ortadan kaldırmak için atelyemizde bulunan freze tezgâhı tablasına bağlama papuçları yardımıyla bağlandı.) Ölçümler ISO 1997 standartında MİTUTOYO SJ-210 ve 0,8X5 mm uzunluğunda ölçüm yapıldı. Her üç ölçümden sonra cihazın kalibresi kontrol edildi. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri silindirik iş parçası eksenine doğrultusunda ve ilerleme hızı yönünde alındı. İşlenen yüzeylerin 3 farklı noktasından ölçüm alınarak bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alındı.



Şekil 3.4: yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ve düzeneği

## 4. BULGULAR

### 4.1. Deney Sonuçları

Tam Faktöriyel deney tasarım yöntemi ile yapılan deney planına göre teğetsel tornalama-frezleme talaş kaldırma yöntemi ile işlenen 100Cr6 rulman çeliğinin yüzeyinden ölçülen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri tablo 4.1’de görülmektedir.

**Tablo 4.1** 100Cr6 Çeliğinin teğetsel tornalama-frezleme işleme yöntemi ile elde edilen yüzey pürüzlülükleri

Çakı Devri (dev/dak)	İş parçası Devri (Dev/dak)	Talaş Derinliği (mm)	İlerleme (mm/ dak)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü ( $\mu\text{m}$ )
460	280	0,1	2,0	1,4
460	280	0,1	5,0	1,5
460	280	0,1	12,6	1,7
460	280	0,5	12,6	2,22
460	280	0,5	5,0	1,9
460	280	0,5	2,0	1,8
460	280	1	12,6	2,93
460	280	1	5,0	2,47
460	280	1	2,0	1,92
460	450	0,1	12,6	1,45
460	450	0,1	5,0	1,42
460	450	0,1	2,0	1,3
460	450	0,5	12,6	2,14
460	450	0,5	5,0	1,82
460	450	0,5	2,0	1,71
460	450	1	12,6	2,82
460	450	1	5,0	2,4
460	450	1	2,0	1,83
460	710	0,1	12,6	1,6
460	710	0,1	5,0	1,57
460	710	0,1	2,0	1,5
460	710	0,5	12,6	2,27
460	710	0,5	5,0	1,93
460	710	0,5	2,0	1,88

460	710	1	12,6	3,14
460	710	1	5,0	2,52
460	710	1	2,0	2,02
560	280	0,1	12,6	1,33
560	280	0,1	5,0	1,1
560	280	0,1	2,0	0,97
560	280	0,5	12,6	1,68
560	280	0,5	5,0	1,6
560	280	0,5	2,0	1,52
560	280	1	12,6	2,03
560	280	1	5,0	1,78
560	280	1	2,0	1,62
560	450	0,1	12,6	1,19
560	450	0,1	5,0	1
560	450	0,1	2,0	0,82
560	450	0,5	12,6	1,51
560	450	0,5	5,0	1,4
560	450	0,5	2,0	1,38
560	450	1	12,6	1,72
560	450	1	5,0	1,65
560	450	1	2,0	1,53
560	710	0,1	12,6	1,4
560	710	0,1	5,0	1,2
560	710	0,1	2,0	1
560	710	0,5	12,6	1,6
560	710	0,5	5,0	1,5
560	710	0,5	2,0	1,46
560	710	1	12,6	3,1
560	710	1	5,0	1,8
560	710	1	2,0	1,64
660	280	0,1	12,6	1,5
660	280	0,1	5,0	1,41
660	280	0,1	2,0	1,31
660	280	0,5	12,6	1,8
660	280	0,5	5,0	1,72
660	280	0,5	2,0	1,61
660	280	1	12,6	2,64
660	280	1	5,0	2,17

660	280	1	2,0	1,93
660	280	0,1	12,6	1,39
660	450	0,1	5,0	1,31
660	450	0,1	2,0	1,23
660	450	0,5	12,6	1,65
660	450	0,5	5,0	1,49
660	450	0,5	2,0	1,45
660	450	1	12,6	2,57
660	450	1	5,0	1,98
660	450	1	2,0	1,88
660	710	0,1	12,6	1,59
660	710	0,1	5,0	1,42
660	710	0,1	2,0	1,34
660	710	0,5	12,6	1,8
660	710	0,5	5,0	1,71
660	710	0,5	2,0	1,63
660	710	1	12,6	3,2
660	710	1	5,0	2,68
660	710	1	2,0	2,24

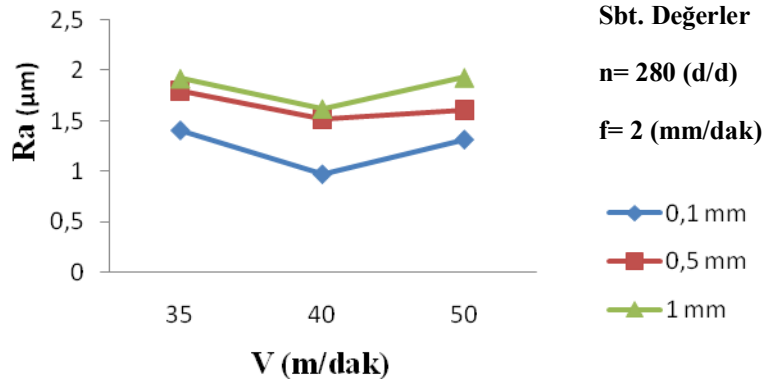
Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin üzerinde kesme parametreleri etkilerinin daha iyi anlaşılması için kesme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi açıklayan grafikler çizilmiştir.

Belirtilen grafiklerin tümünde 100Cr6 rulman çeliği malzemenin işlenmesi sonucunda işlenen yüzeyden ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerinde işleme parametrelerinin etkisi görülmektedir. Grafikler incelendiğinde takım kesme hızının, iş parçası devrinin artışı belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğünü iyileştirdiği bu değerlerin daha da artırılması durumunda yüzey pürüzlülüğü değerinin kötüleştiği görülmektedir. Tornalama ve frezeleme yöntemleri dikkate alındığında iş parçası devrinin veya kesici takımın kesme hızının belirlenmesinde en iyi sonucu 3.3 nolu denklemde verilen kesme hızı formülünden çıkan değer olduğu kabul edilir. Teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi ile yapılan deneysel çalışmalarda yüzey pürüzlülüğü değerinin optimum olduğu değer bu formülde bulunan takım kesme hızı ve iş parçası devri değerlerine atfedilebilir. Bunun yanı sıra talaş derinliğinin ve aksel ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görülmektedir. Talaş derinliğinin ve aksel ilerleme hızının artması ile kesme

kuvvetlerinin artması ve bu sebepten dolayı titreşimin artması neticesinde yüzey pürüzlülüğü değerinin de artığı görüldü.

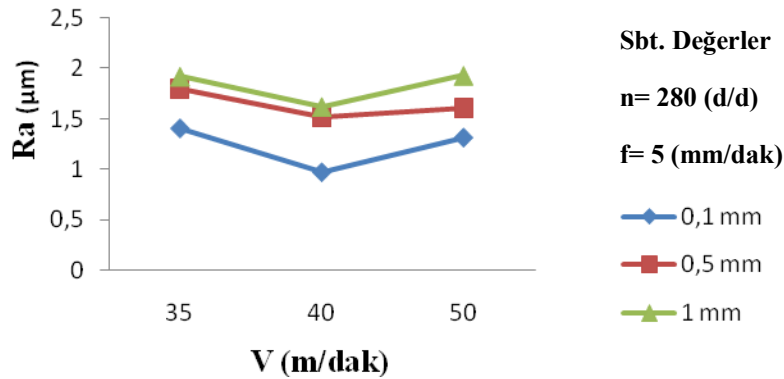
Titreşim ivmesinin (RMS) artan değerleri ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değerleri de artış göstermiştir[38].

#### 4.2. Takım kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



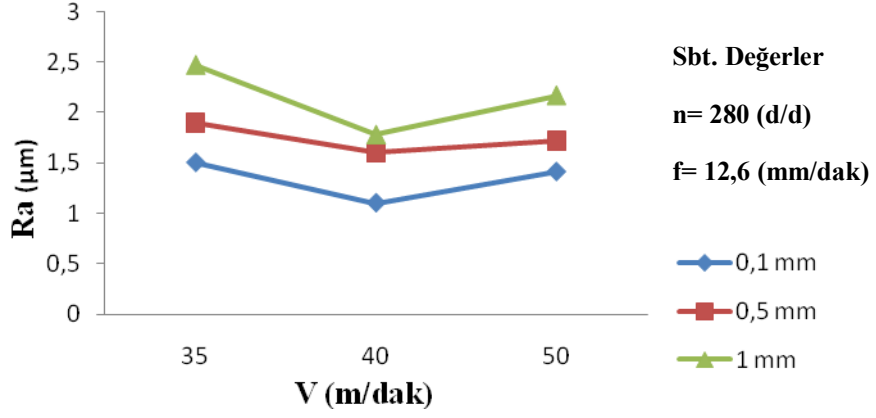
Şekil 4.1 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4.1 de görülen 0,1 mm paso miktarı için ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri 35m/dak kesme hızı için 1,4 µm, 40 m/dak kesme hızı için 0,97 µm ve 50 m/dak kesme hızı için ise 1,31 µm dir. Litaratür ışığında belirlenen 100Cr6 çeliği için ideal kesme hızı 40 m/dak dır. Kesme hızı miktarı 35 m/dak'daki seviyede kesici takımın iş parçası üzerindeki aldığı yol daha az olacaktır, 40 m/dak ise kesici takımın iş parçası üzerinde aldığı yol artacaktır ve böylece kesici takımın aynı noktaya temas süresi daha fazla olacağından ortalama pürüzlülük değeri azalacaktır. Kesme hızı 50 m/dak çıktığında ise kesici takımın merkez kaç kuvveti artacağı nedeniyle titreşimin artacağı ve haliyle pürüzlülük değerlerindeki artacağı belirlenmiştir. Diğer paso miktarları içinde aynı şartlar geçerli olacaktır.

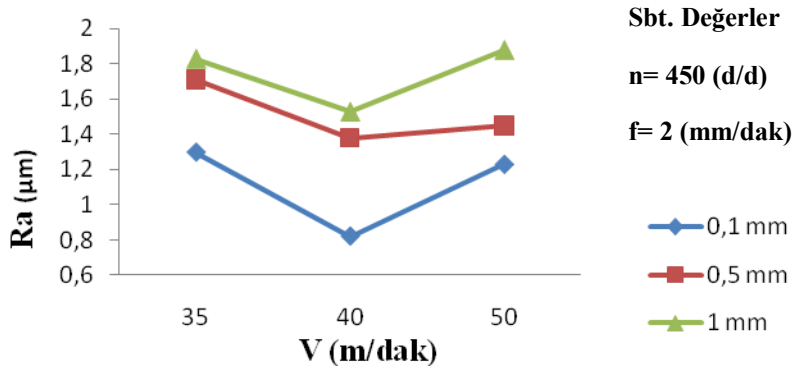


Şekil 4.2 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

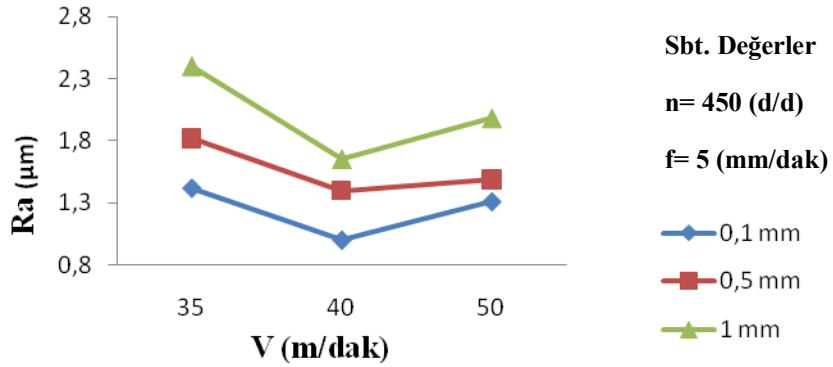
Şekil 4.2 te görülen grafikte Şekil 4.1 deki grafikte görülen değerlerden fazla olmasının sebebi ise ilerlemenin artmasıdır. İlerlemenin artması ile kesme kuvvetlerinin ve titreşimin artması ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini artırmıştır[39].



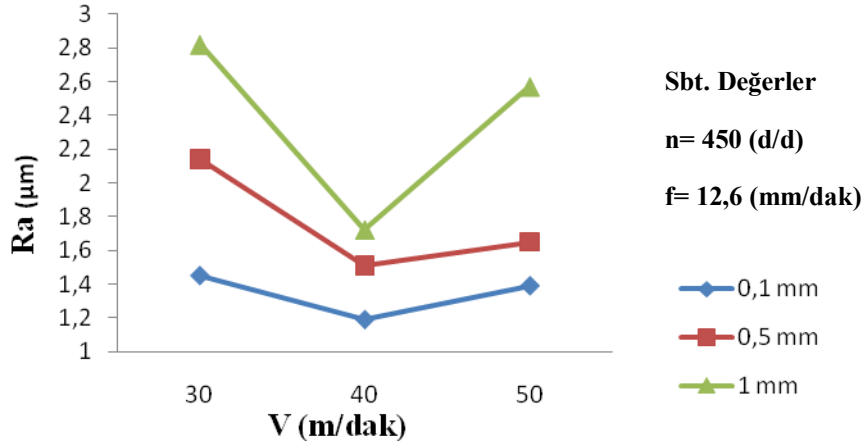
Şekil 4.3 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



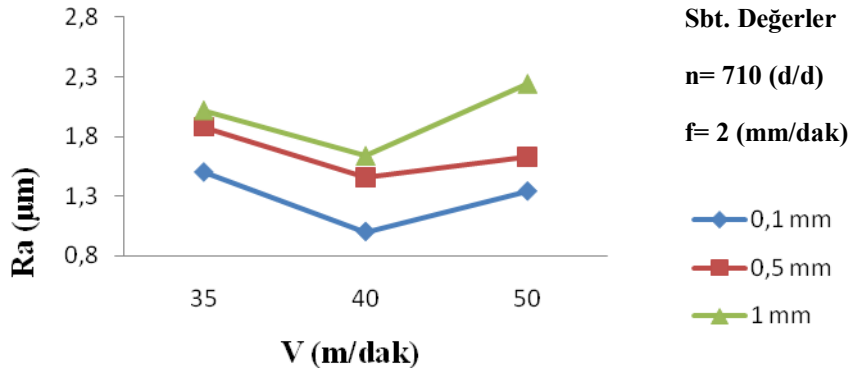
Şekil 4.4 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



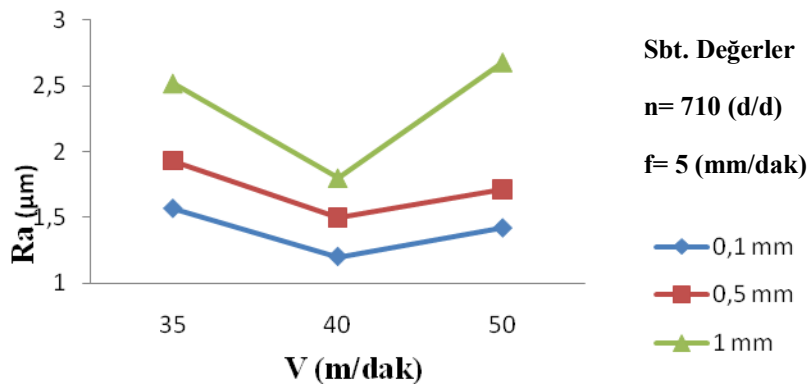
Şekil 4.5 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



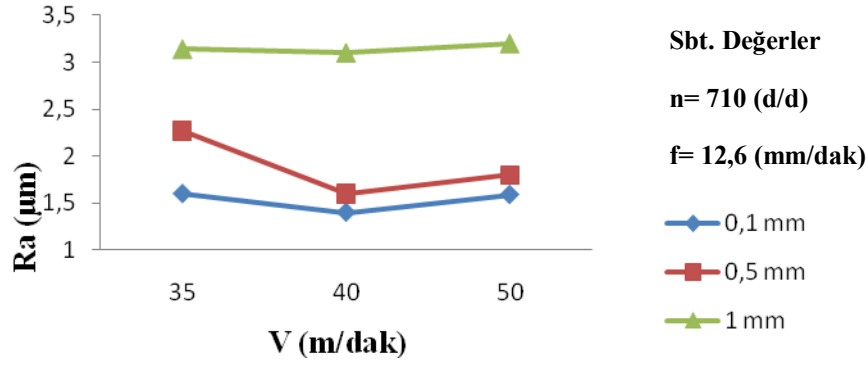
Şekil 4.6 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.7 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.8 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



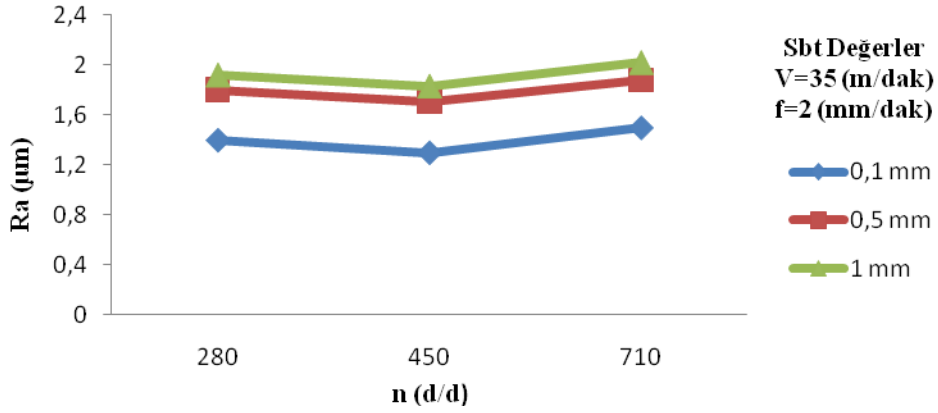
Şekil 4.9 Takım kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4.1-4.9 incelendiğinde takım kesme hızının 35 m/dak ‘dan 40 m/dak’ kadar arttığında ortalama yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü ve bu değerden sonraki kesici takım devri artışlarında ise yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı gözlenmektedir. Bilindiği gibi frezeleme, tornalama, delme ve taşlama gibi talaş kaldırma yöntemlerinde kesici takım cinsine göre ideal bir kesme hızı verilmektedir. Bu ideal hız üretici firmalar tarafından veya yapılan deneyler sonucunda belirlenmiştir. 100Cr6 rulman çeliği malzemesi için de önerilen kesme hızı 40 m/dak dır. Verilen bu değer 3.3 nolu denkleme göre ideal kesme hızı denkleminde elde edilen uygun devir değerlerinin ikinci seviyede verilen 40 m/dak değer olduğu hesaplanmıştır. Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminde diğer geleneksel talaş kaldırma yöntemlerinde olduğu gibi kesici takım ve iş parçası için bu değerler ayrı ayrı hesaplandı ve deneysel çalışmalarda elde edilen devir değerinin bu devre yakın bir değer olduğu tespit edildi.

Takım kesme hızının belirli bir değere kadar artması malzeme üzerinde aldığı yolun daha fazla olmasından ve aynı noktaya daha fazla temasından dolayı ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri iyileşmiştir. İdeal kesme hızından sonraki değerlerde ise takımda oluşacak merkez kaç kuvvetinin artması nedeniyle titreşiminde artmasıdır. Titreşim artması ise yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmaktadır[38].

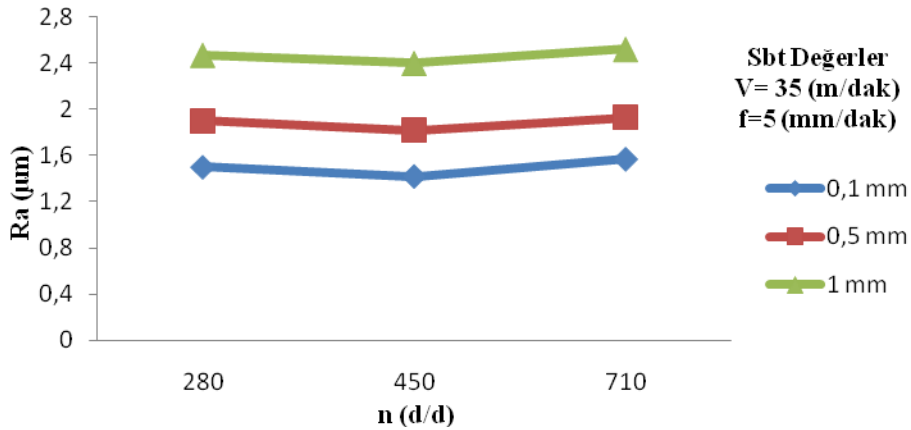
#### 4.3. İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

#### İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



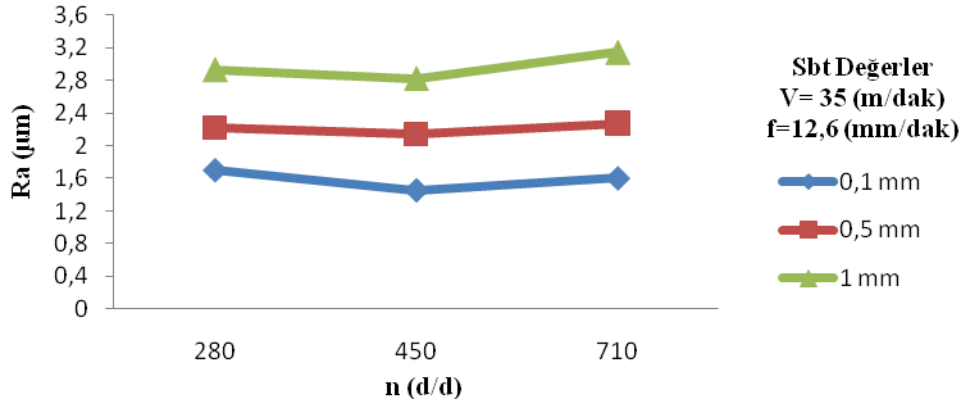
Şekil 4.10 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4.10 de görünen grafikte en ideal ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 450 d/d'da elde edildi. Bunun sebebi literatür ışığında belirlenen hemde ise ideal kesme hızı denkleminde (3.3) elde edilen sonuca yakın bir değer olmasıdır. İş parçası 280 d/d'da kesici takım üzerinde bırakmış olduğu yığıntı talaşın oluşması nedeniyle yüzey pürüzlülüğünün artmasından kaynaklanmaktadır. 710 d/d'daki iş parçası devrinde ise oluşan merkez kaç kuvvetinin artması ve bunun sebebi olan titreşimin artması nedeniyle yüzey pürüzlülüğü tekrar artış göstermiştir.

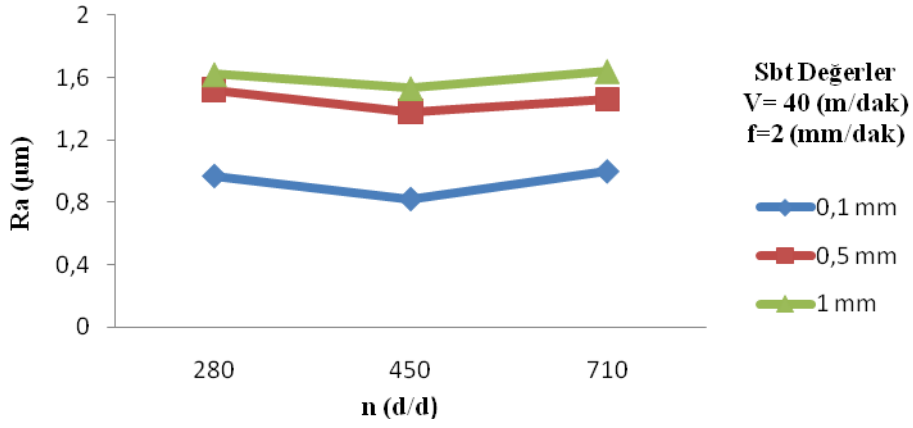


Şekil 4.11 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

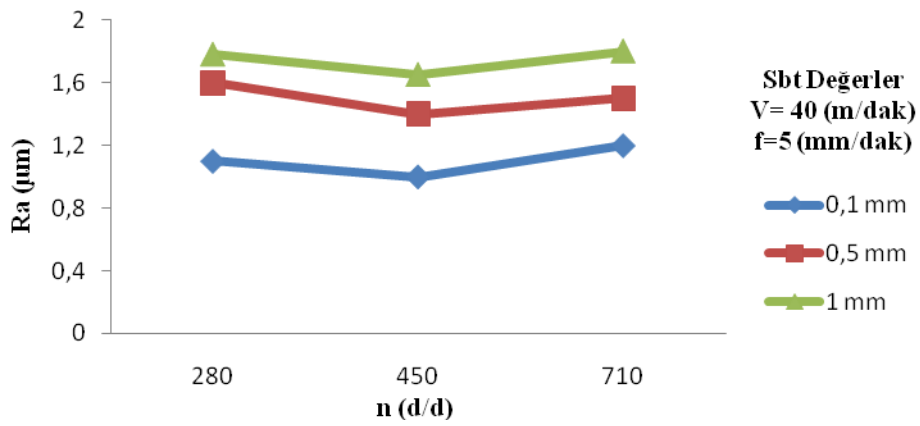
Şekil 4.11'de görülen grafik değerlerinin Şekil 4.10'deki grafik değerlerinden fazla olması ilerlemenin artmasından kaynaklanmaktadır. İlerlemenin artması ile oluşan titreşim ve kesme kuvvetlerinin artması ortalama yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemiştir.



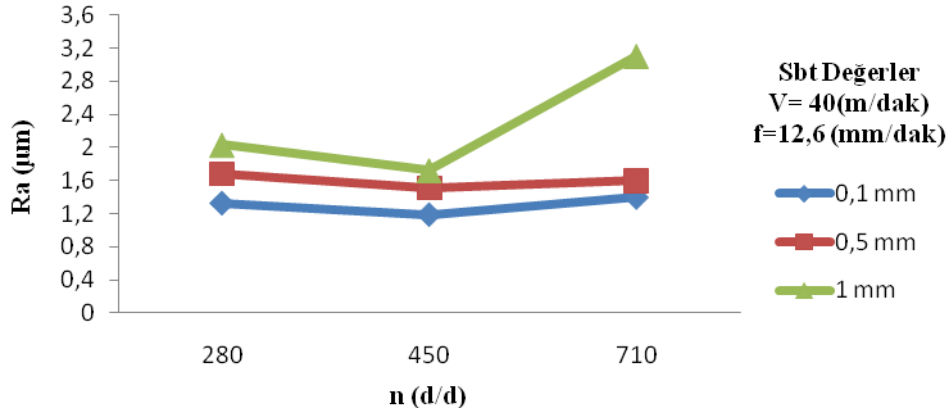
Şekil 4.12 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



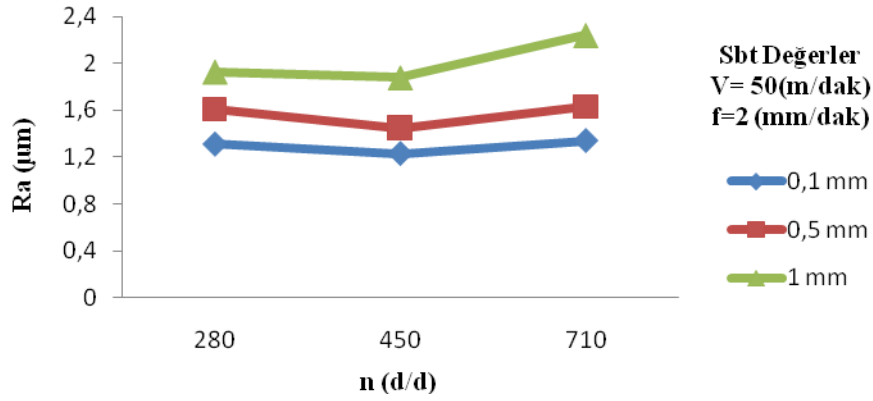
Şekil 4.13 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



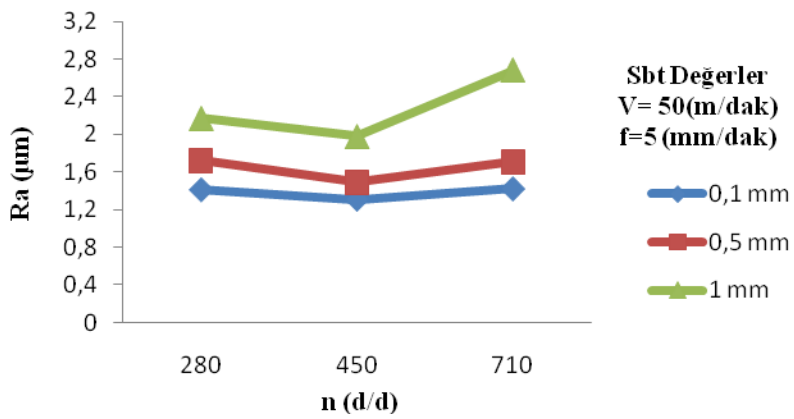
Şekil 4.14 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



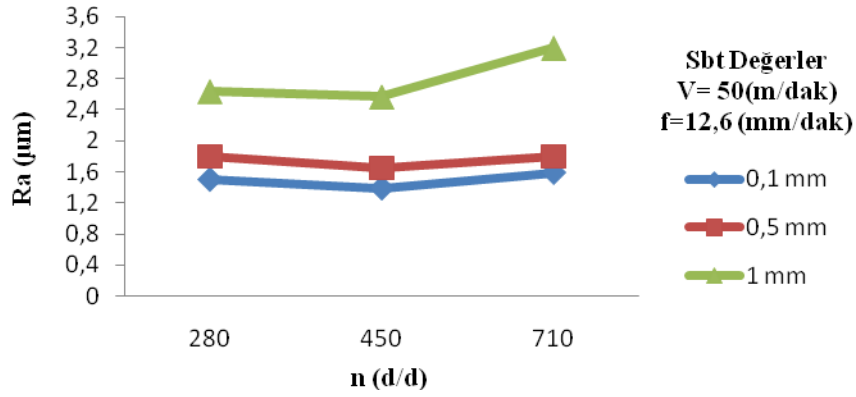
Şekil 4.15 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.16 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.17 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



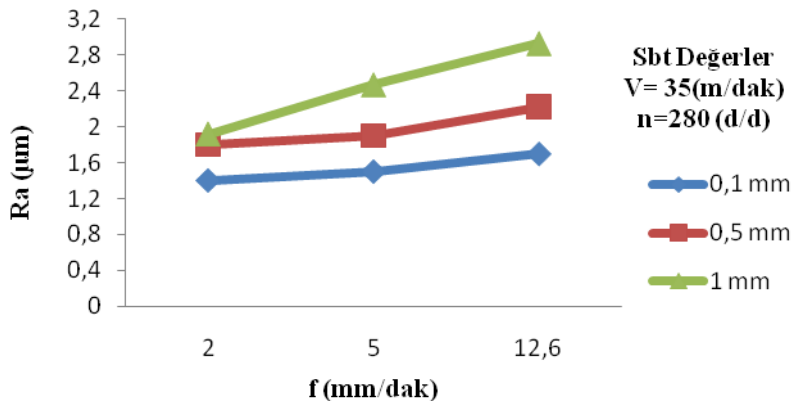
Şekil 4.18 İş parçası devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

100Cr6 malzemesinin teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi ile işlenmesi deneylerinde iş parçası devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri Şekil 4.10-4.18'a verilmiştir. Şekiller incelendiğinde takım kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine göstermiş olduğu etkilere benzer etkiler sergilediği görülmektedir.

İş parçası devrinin ikinci seviyesinde en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri elde edildiği görülmektedir. İkinci seviyenin üzerindeki iş parçası devri değerinde merkezkaç kuvvetinin artmasından dolayı titreşimin arttığı ve bunun sonucu olarak yüzey pürüzlülük değerinin arttığı söylenebilir. AISI 304 paslanmaz çelik malzemelerde oluşan yığıntı talaş tipi oluşmaktadır. Oluşan bu yığıntı talaşlar düşük devirde malzemenin özelliğine bağlı olarak oluşturduğu, yüksek devirlerde ise oluşan yüksek sıcaklıklarda yığıntı talaşın sertliğini ve dayanımını kaybederek uzaklaştığı şeklinde izah edilebilir. Çiftçi'de yapmış olduğu çalışmalarda 304 paslanmaz çeliğin işlenmesinde benzer sonuçlar elde etmiştir [40].

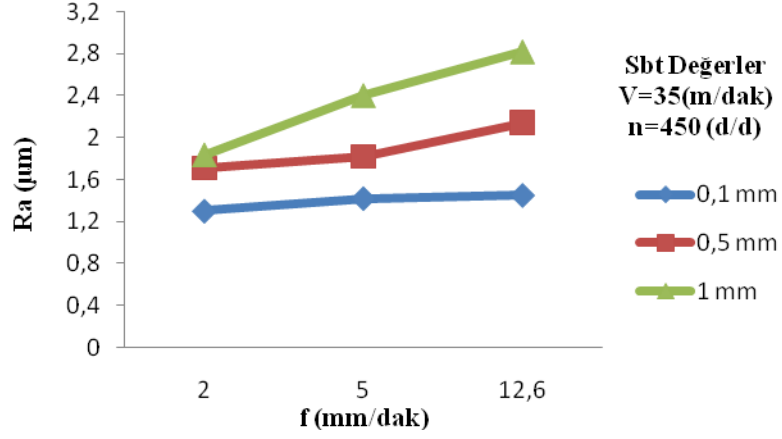
#### 4.4.

#### İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

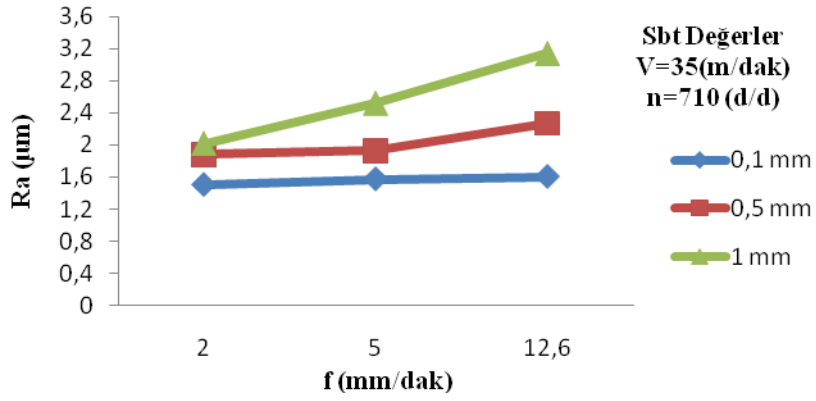


Şekil 4.19 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

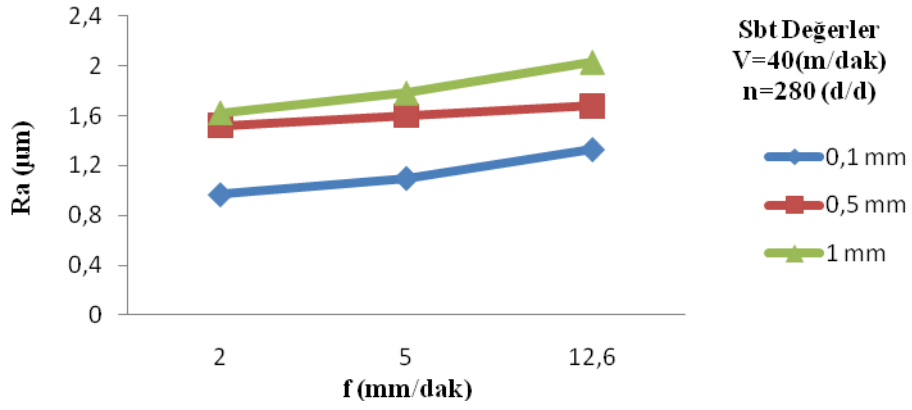
Şekil 4.19'deki grafikte görülen ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkileridir. İlerleme ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir bağında vardır. İlerleme miktarı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri de artmaktadır. Bunun sebebi ise ilerleme arttıkça kesme kuvveti ve titreşimin artmasıdır.[39]



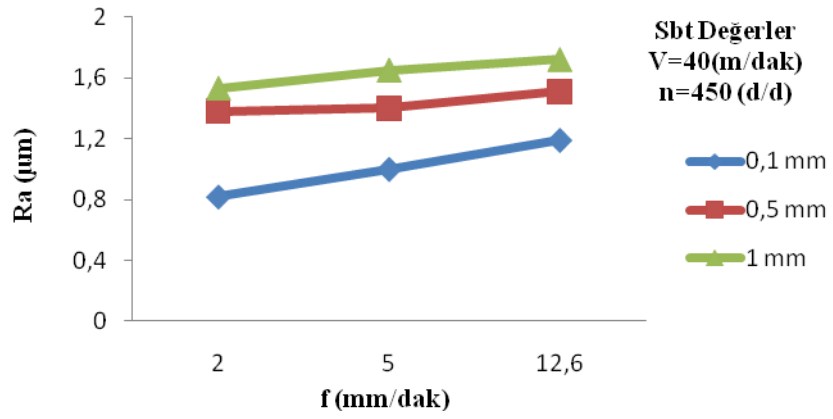
Şekil 4.20 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



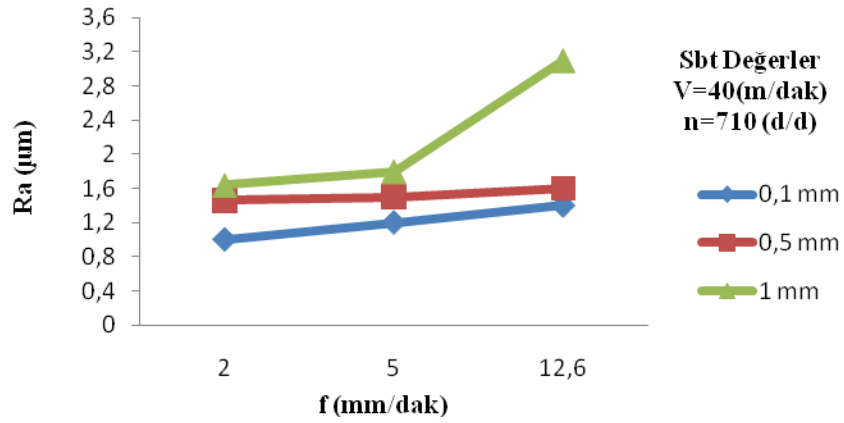
Şekil 4.21 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



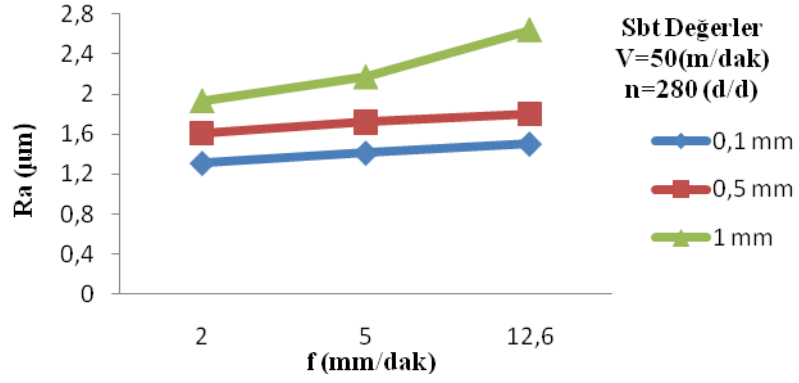
Şekil 4.22 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



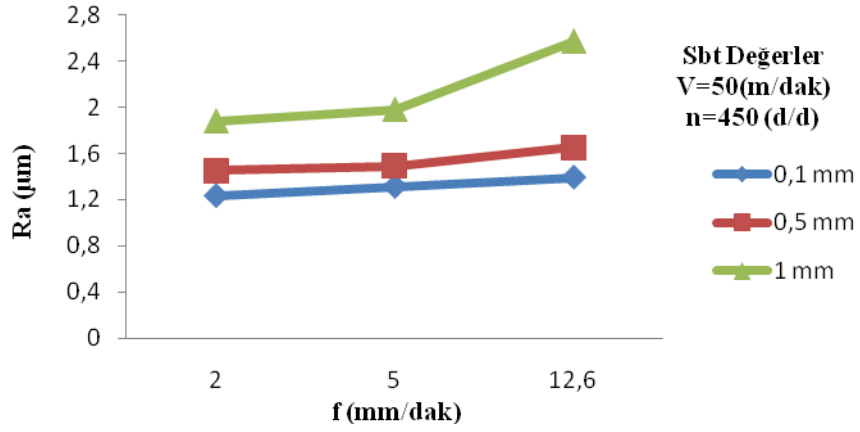
Şekil 4.23 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



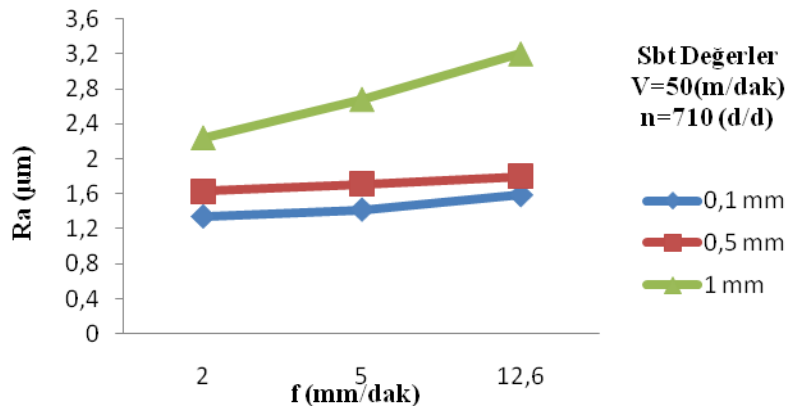
Şekil 4.24 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.25 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.26 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



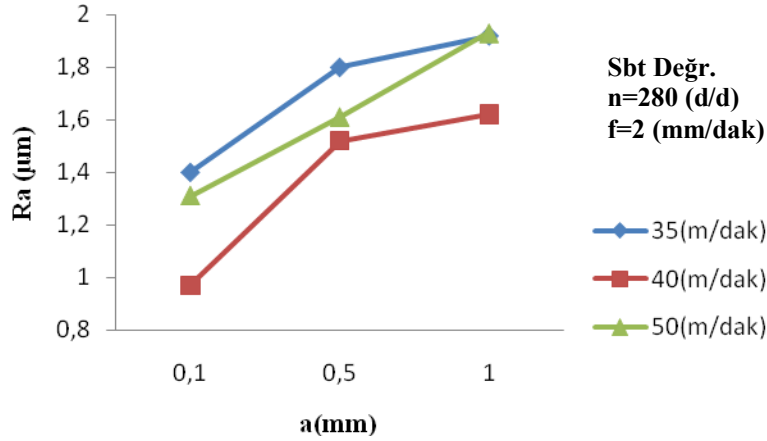
Şekil 4.27 İlerlemenin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4.19-4.27 incelendiğinde teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi ile işlenen 100Cr6 rulman çeliğinin yüzeyinden ölçülen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri görülmektedir. İlerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görülmektedir. İlerleme hızının artması ile birim zamanda kaldırılacak malzeme miktarının

artacağı ve bunun sonucunda kesme kuvvetlerinin ve titreşimin artmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığı sonucuna varılmıştır. Genel olarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ilerleme hızındaki artışa bağlı olarak artmış[39].

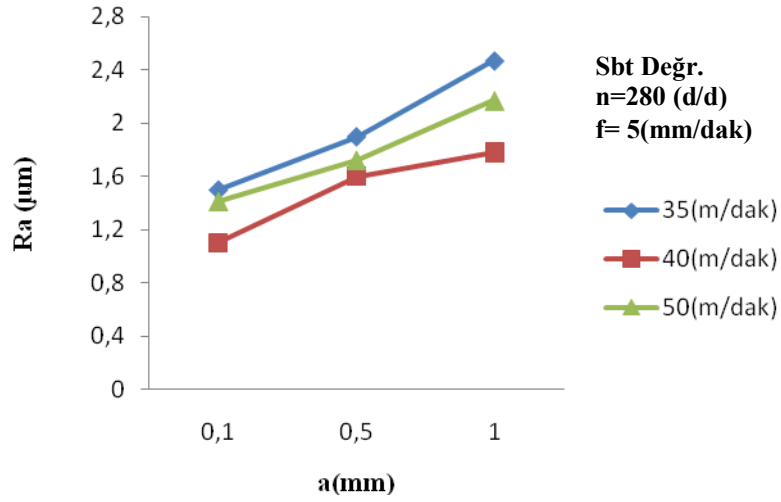
#### 4.5. yüzey pürüzlülüğüne etkisi

#### Talaş derinliğinin ortalama

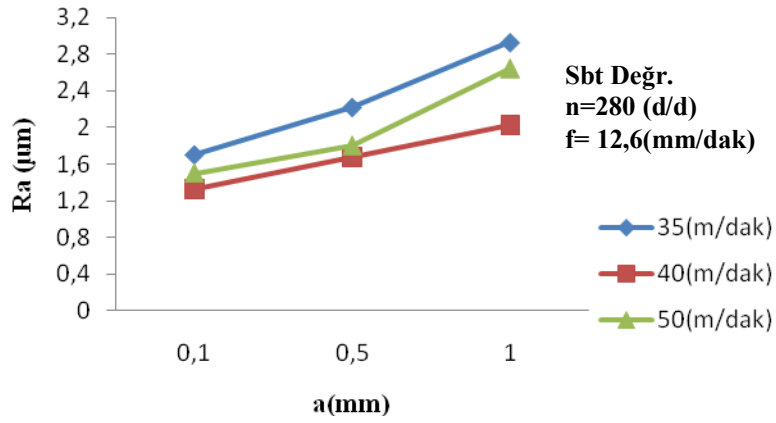


Şekil 4.28 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

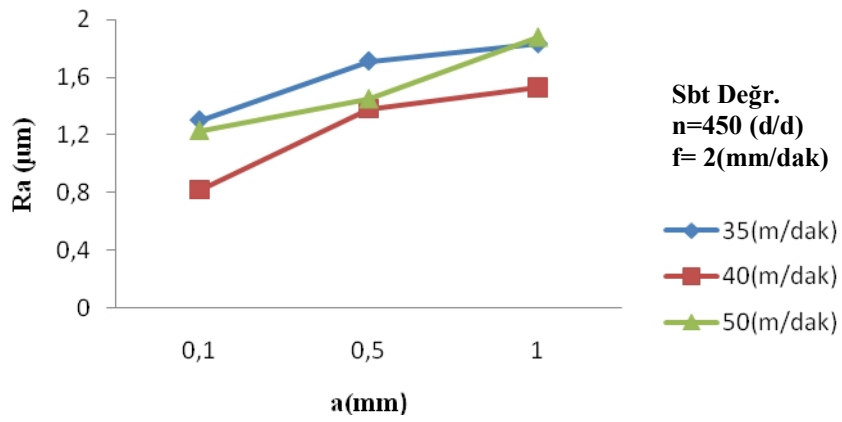
Şekil 4.28 incelendiğinde talaş miktarının ortalama yüzey pürüzlülüğüne doğru orantılı olduğu görülmektedir. Talaş miktarının artması oluşacak kesme kuvvetinin artmasına ve takımın kaldıracacağı talaş miktarı alanlarını artıracaktır. Grafikte görüldüğü gibi en uygun kesme hızında ortalama yüzey pürüzlülük değeri en az ken kesme hızının 50 m/dak olduğu yerde ise en fazla değere ulaşmıştır. Bunu sebebi ise iş parçasının merkez kaç kuvvetinin artması hem talaş miktarının artması hemde kesme kuvvetinin artmasıdır.



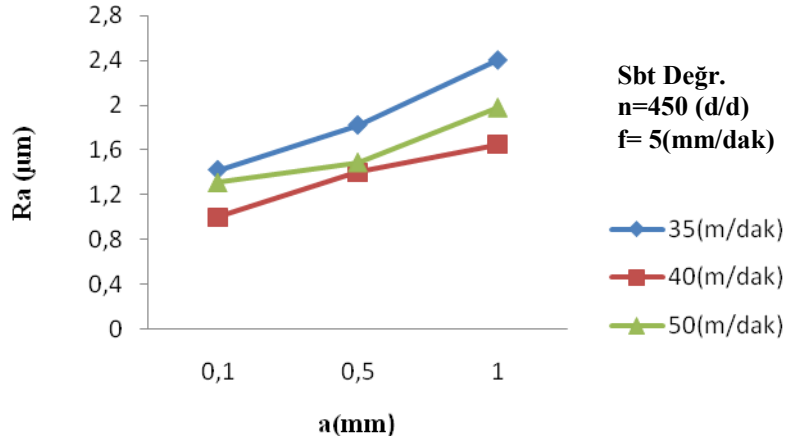
Şekil 4.29 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



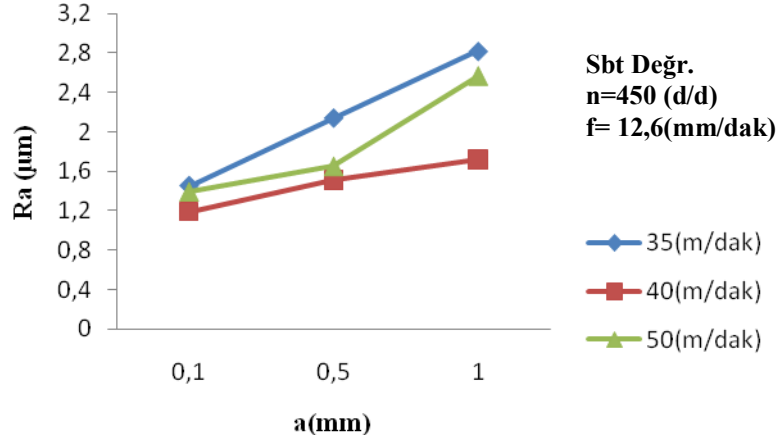
Şekil 4.30 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



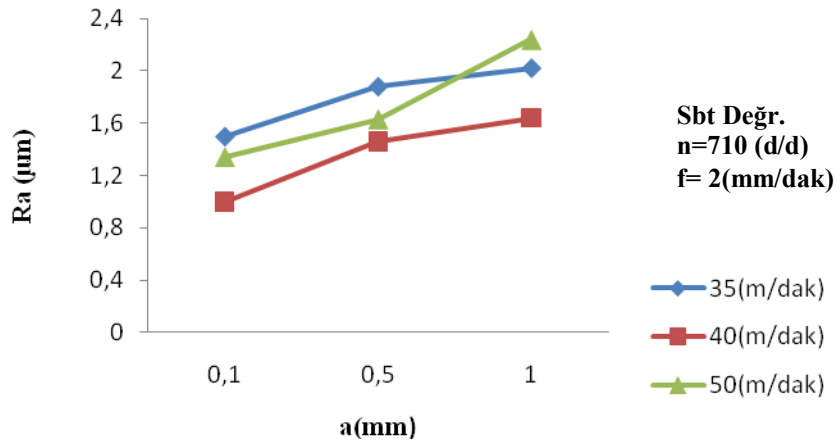
Şekil 4.31 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



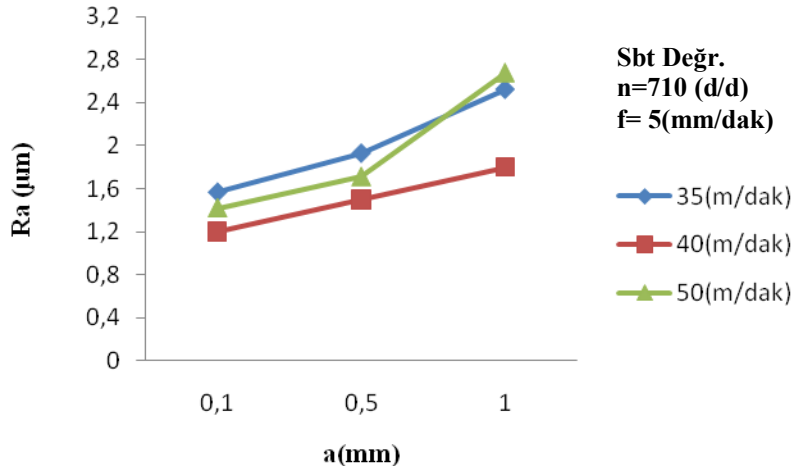
Şekil 4.32 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



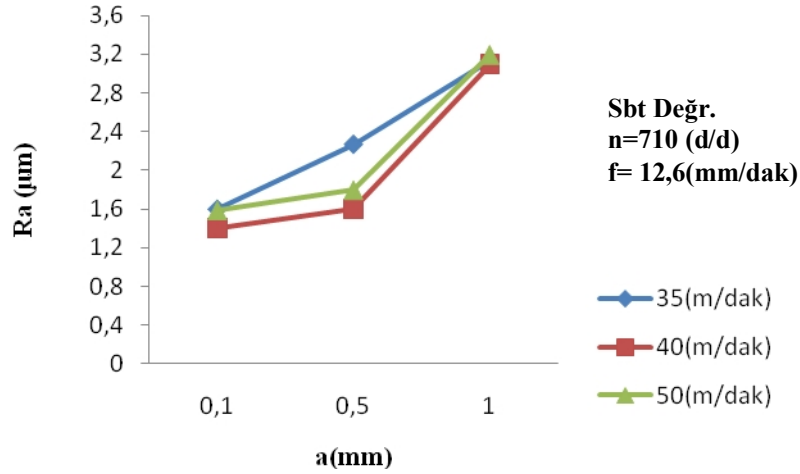
Şekil 4.33 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.34 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.35 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.36 Talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4.28-4.36 deki 100Cr6 malzemesinin teğetsel tornalama-frezeleme işlemi ile işlenmesinde talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri görülmektedir.

Grafikler incelendiğinde talaş derinliğinin artması ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmektedir. Talaş derinliğinin artması ile talaş kaldırmadaki temas alanı artmakta ve birim zamanda kaldıracacağı malzeme miktarı da artmaktadır. Birim zamanda daha fazla malzemenin kaldırılması kesme kuvvetlerinin artmasına ve bunun yanı sıra yüzey pürüzlülük değerinin de artmasına sebep olur[39].

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 5.

#### 5.1. Genel Sonuçlar

Bu çalışmada 100Cr6 rulman çeliği malzemesi teğetsel tornalama-frezeleme yöntemi ile işlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar ve incelemeler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 100Cr6 rulman çeliği malzemesi teğetsel tornalama-frezeleme ile işlenmesinde takım kesme hızının ve iş parçası devrinin belirli bir değere kadar artırılmasında ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı ve bu değer aşıldıktan sonra yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı tespit edildi. En iyi ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin her iki parametrenin ikinci seviyelerinde elde edilen bu değer 0,82  $\mu\text{m}$  olarak taşlamaya yakın bir değer elde edildi.
- 100Cr6 rulman çeliği malzemesinin işlenmesinde talaş derinliği ve aksel ilerleme hızının artması ile ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görüldü. En uygun seviyelerin birinci seviyeler olduğu tespit edildi. Bu değer 0,82  $\mu\text{m}$  dan talaş miktarı ve aksel ilerleme miktarı arttıkça 3,2  $\mu\text{m}$  ye kadar artmıştır.
- Formül 3,3 ün verdiği çakı ve işparçası devir değerlerinin tüm şartlarda yüzey kalitesi için bir optimum değer sağladığı tespit edildi.

Bu işlem ile elde edilen yüzey kalitelerinin uygun kesme parametreleri kullanıldığında taşlama işlemine gerek kalmaksızın imalatta iyi bir yüzey kalitesi oluşturduğu, böylece tek bir bağlamada parçalara nihai kalitenin verilebileceği zaman ve maliyetin bu şekilde azatılabileceği sonucuna varıldı.

## **ÖNERİLER**

Teğetsel tornala-frezeleme son yıllarda gelişen bir talaş kaldırma yöntemi olduğundan bu yöntem üzerinde birçok çalışma yapılabilir.

Bu çalışmaların bazılarını şu şekilde sıralaya biliriz.

- Farklı profile ve özelliğe sahip takımlar kullanılarak oluşacak yüzey kalitesi incelenir.
- Bu yöntemde oluşacak titreşimler ve kesme kuvvetleri araştırılabilir.
- 100Cr6 malzemesi farklı şartlarda sertleştirilip işlenebilirliği araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Practical Handbook, Sandvik**, 1994 *Modern Metal Cutting*.
- [2] **Şahin, Y.**, 2003 “Talaş Kaldırma Prensipleri”, *Cilt 1, Gazi Kitabevi, Ankara*,
- [3] **Thomas T.R.**, 1982 “Rough Surface”, *Longman, New York*.
- [4] **Özçatalbaş, Y.**, 2002. “The Effects Of Tool Wear And Mechanical Properties Of Work Piece Material On Surface Roughness And Cutting Forces”, *G.Ü. Journal of Polytechnic, Vol. 4, Special Issue 47- 52*,
- [5] **Whitney, E. D.**, 1994. “Ceramic Cutting Tools, Noyes Publications”, *New Jersey*,
- [6] **Raja Kountanyaa,, Ibrahim Al-Zkeri , Taylan Altan**, 2009 “Effect of tool edge geometry and cutting conditions on experimental and simulated chip morphology in orthogonal hard turning of 100Cr6 steel” *Journal of Materials Processing Technology 209 5068–5076*
- [7] **Gabriel C. Benga, Alexandre M. Abrao**, 2003 “Turning of hardened 100Cr6 bearing steel with ceramic and PCBN cutting tools” *Journal of Materials Processing Technology 143–144 (2003) 237–241*
- [8] **Chen P., Hoshi T.**, 1992 “High performance machining of SiC whisker-reinforced aluminium composite by self-propelled rotary tools”, *Annals of CIRPv.41 p. 59-62*,
- [9] **AKKURT M..**, 2004 “Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları” *Birsen Yayın Evi*.
- [10] **C.OZAY**, Kasım-2009 “Doktora Tezi”
- [11] **Tilgham, B. C.** 1889. “Verfahren und Werkzeuge zum Schneiden oder Bearbeiten von Metallen unter Anwendung eines elektronischen Stromes”, *Kaiserliches Patentschrift Nr. 53224 vom*.
- [12] **SAVAŞ V.; ÖZAY Ç.**; 2007. “Analysis of the surface roughness of tangential turn-milling for machining with end milling cutter” *Journal of Materials Processing Technology 186 279–283*.
- [13] **Zhu, L.; Wang, J.; Chen, E.; Yang J.; Wang, W.**; 2008. “Applications of Virtual Reality in Turn-milling Centre” *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics*, P. 2302-2305.
- [14] **Zhu, L.; Tang, L.; Su, C.; Hou J.; Wang, W.**; 2008. “Co-simulation of Rigid-flexible Coupling System for Turn-milling Center” , *Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation* , P 3683-3686.

- [15] **Choudhury, S.K. ve Mangrulkar, K.S.** 2000. “Investigation of orthogonal turn-milling for the machining of rotationally symmetrical work pieces” *Journal of Materials Processing Technology* 99, 120-128.
- [16] **SAVAŞ V., ÖZAY Ç.,** 2009. “Teğetsel Tornalama-Frezeleme Yöntemi Kullanılarak Ms 58 Pirinç Malzemesinin İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Araştırılması” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 6, No: 4, 2009 (65-70)
- [17] **LID Zhibing WANG Xibin** 2010 “Characteristic Of Surface Profile And Roughness In Micro Turn-Milling Of Aluminum Alloy 2a12” *School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China.*
- [18] **Neslusan Miroslav,** May 17-18, 2007. “Turning Of Roll Bearing Steel 100Cr6 Of Bainite Structure” *7<sup>th</sup> International Multidisciplinary Conferance* Baia Mare, Romania ISSN-1224-3264
- [19] **Gustavo de Siqueira, Marco Stipkovic Filho, GilmarFerreira Batalha,** 2006. “Hard Turning Of Tempered DIN 100Cr6 Steel With Coated No Coated CBN Insert” *Journal Of Metarals Processing Technology* 179 146-153
- [20] **Gabriel C. Benga, Alexandre M. Abraro,** 2003. ” Turning Of Hardened 100 Cr6 Bearing Steel With Ceramic And PCBN Cutting Tools” *Journal Of Metarals Processing Technology* 143-144 (2003)237-241
- [21] **Ali Rıza MOTORCU,** 2010 “Isıl İşlemsiz Ve Küreselleştirilmiş Ç52100 Rulman Çeliğinin Farklı Takımlarla İşlenmesinde Takım Ömrü Ve Aşınmasının İncelenmesi” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 25, No 1, 65-75, 2010
- [22] **Gezgin, A.;** 2007. “Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi” , *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi üniversitesi Makine eğitimi ana bilim dalı, Ankara.
- [23] **Şahin, Y.;** 2000. “Talaş Kaldırma prensipleri 1 “ *Nobel yayınları, Ankara.*
- [24] **Schey, J.A.,** 1983. “Tribology in Metalworking, American Society for Metals”,
- [25] **Gündoğdu, H.E.;** 2006. “Kesme sıvılı ve kuru talaşlı işlemenin iş parçası ve kesici takım üzerindeki etkileri “, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine mühendisliği ana bilim dalı, İstanbul.
- [26] **Kartal, M.S.;** 2000. “Alaşımız çeliklerin cnc torna tezgahında işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının taguchi yöntemiyle incelenmesi”, *Yüksek Lisans tezi*, Marmara Üniversitesi Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

- [27] **Black , P.:** 1969. “ Theory Metal Cutting ” , *McGraw – Hill Book Company , Inc.*
- [28] **Erden, A.;** “Alışılmamış ( Geleneksel olmayan) imalat yöntemleri” ,  
<http://mechatronics.atilim.edu.tr/edm/publications/aiy.pdf>
- [29] **Çevik, E.;** 2006. “Tornalama işleminde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşım” , *Yüksek lisan tezi*, Gazi üniversitesi Makine Eğitimi Anabilim dalı, Ankara.
- [30] **Kaya, E.;** 2007. “Silindirik taşlamada helisel kanallı taşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi” *Yüksek lisan tezi*, Dumlupınar üniversitesi Makine Eğitimi Anabilim dalı, Kütahya.
- [31] **ÇAYDAŞ U., HASÇALIK A.,** 2004“Elektro – kimyasal işleme yöntemi” *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları;*
- [32] **DALKILIÇ S., TANATMIŞ A.,** Temmuz 2003 “Gaz Türbinli Motorların İmalatı Ve Onarımında Kullanılan Gelişmiş İşleme Yöntemleri” *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi Cilt 1 Sayı 2 (49-61).*
- [33] **Phillips, R.E.,** 1986 “What Is Electrochemical Grinding and How Does It Work” ,  
*Nontraditional Conference Proceedings, ASM International, USA, 65-70*
- [34] <http://www.makineteknik.com/forumdetay.asp?id=3548>
- [35] **HASÇALIK A.,** 2003 “Tel Erozyon Lisans Ders Notları” *T.E.F Makine Eğitimi Bölümü*
- [36] **Dawim J. P.;** 2001. “A Note On the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using desing of experiments” , *Journal of Materials Processing Technology* 116, 305-308
- [37] **Dietmar,S.;** 1996. “Oberflächenbeschaffenheit und Produktivität beim orthogonalen hochgeschwindigkeits drehfräsen”. Shaker , Aachen.
- [38] **Tekaüt İ., Günay M., Şeker U.,** 2009 “Tornalama işlemlerinde kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin araştırılması” *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye*
- [39] **Tekarslan Ö., Gerger N., Şeker U.,** 2008“CNC torna tezgahında aısı 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti” *Fen bilimleri enstitüsü dergisi* 16 Eylül
- [40] **Çiftçi İ.;** 2006. “Machining of austenetic stanless steel using CVD multi-layer coated cemented carbide tools”, *Tribology international* 39, p.565-569.

## 6. ÖZGEÇMİŞ

Hasan BALLIKAYA 1986 yılında Elazığ'da doğdu. İlköğrenimini Elazığ'da, lise öğrenimini 2004 yılında Mehmet Akif Ersoy lisesinde tamamladı. 2005 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Öğretmenliği bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2009 yılında lisans programından mezun oldu ve aynı yıl Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Bölümü'ünde yüksek lisans eğitimine başladı.