



**CoCrMo ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNİN  
İNCELENMESİ**

**Buşra MUTLU**

**2020  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR**

**CoCrMo ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Buşra MUTLU**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR**

**KARABÜK  
Ağustos 2020**

Buþra MUTLU tarafından hazırlanan “CoCrMo ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/08/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Gültekin UZUN ( GÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR ( KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Erdi KORKMAZ ( KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Buşra MUTLU

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **CoCrMo ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Buşra MUTLU**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR**

**Ağustos 2020, 59 sayfa**

Bu çalışmada, sağlık sektöründe implant malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan CoCrMo malzemesinin işlenebilirliği incelenmiştir. Kuru kesme şartlarında gerçekleştirilen tornalama deneylerinde, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği parametrelerinin üçer farklı değişkenleri kullanılmıştır. İşleme çıktısı olarak deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük (Ra) ve işleme esnasında oluşan sıcaklık (T) değerlerinin ortalamaları ele alınmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde sinyal gürültü oranı (S/N) kullanılmıştır. Kontrol faktörlerinin sonuçlara etkisinin belirlenmesi adına, varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ayrıca bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına göre, elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) çıktısında en etkin parametrenin %61,4 değerinde ilerleme miktarı olduğu, kesme anında oluşan kesme sıcaklığı üzerinde ise en etkili işleme parametresi %63,9 değeri ile kesme hızı olduğu

tespit edilmiştir. Optimum yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı değerleri kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin en düşük seviyelerinde tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** CoCrMo, Tornalama, ANOVA,

**Bilim Kodu** : 91438

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF CoCrMo ALLOY**

**Buşra MUTLU**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Asst. Assoc. Prof. Nafiz YAŞAR**

**August 2020, 59 pages**

In this study, the machinability of CoCrMo material, which is widely used in the health sector as an implant material, was investigated. Three different variables of cutting speed, feed and depth of cut were used in the turning tests carried out in dry cutting conditions. Average surface roughness (Ra) and temperature (T) machining as a result of experimental studies are considered as machining output. The signal to noise ratio (S/N) was used to evaluate the data obtained because of the experiments. Variance analysis (ANOVA) was performed to determine the effect of control factors on the results. In addition, multiple regression analysis was applied to determine the relationship between the dependent variables and the independent variables. According to variance analysis (ANOVA) results, the most effective parameters on the surface roughness (Ra) and the cutting temperature were the feed rate and cutting speed with 61.4% and 63.9% PCR, respectively. Optimum surface roughness and cutting temperature values were determined at the lowest levels of cutting speed, feed amount and cutting depth.

**Key Word** : CoCrMo, Turning, ANOVA,  
**Science Code** : 91438



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez alıőma sürecimde maddi manevi desteğini esirgemeyen eşim Serkan MUTLU'ya, tez yazım sürecinde bana her türlü konuda yardımcı olan kardeşim Sadık MUTLU'ya ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu alıőma, Karabük Üniversitesi BAP Birimi tarafından KBÜBAP-18-YL-189 no'lu proje kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	2
CoCrMo ALAŞIMLARI.....	2
BÖLÜM 3 .....	4
TALAŞLI İMALAT.....	4
3.1. TALAŞ KALDIRMA.....	4
3.1.1. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler .....	5
3.1.1.1. Kesici Takım Geometrisi .....	5
3.1.1.2. Takım Ömrü.....	8
3.1.1.3. Kesme Parametreleri.....	9
3.1.2. Talaş Oluşum Türleri.....	11
3.1.2.1. Sürekli Talaş .....	11
3.1.2.2. Yığma Talaş (BUE) .....	11
3.1.2.3. Kesintili Talaş .....	11
3.2. TORNALAMA .....	12
3.2.1. Tornalama İşleminde Kesme Kuvvetleri .....	12

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ .....	14
3.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri .....	14
3.3.1.1. Aritmetik Ortalama Sapmalarının Karekökü (Rq).....	15
3.3.1.2. Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra).....	15
3.3.1.3. Maksimum Yüzey Pürüzlülük Derinliği (Rt) .....	16
3.3.1.4. Ortalama Pürüzlülük Derinliği (Rz).....	16
3.3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Etkileyen Faktörler .....	17
3.4. KESME SICAKLIĞI .....	17
BÖLÜM 4 .....	20
TAGUCHI METODU.....	20
4.1. ÇEVİRİM İÇİ KALİTE KONTROL.....	21
4.2. ÇEVİRİM DIŞI KALİTE KONTROL .....	21
4.2.1. Sistem Tasarımı .....	21
4.2.2. Parametre Tasarımı.....	22
4.2.3. Tolerans Tasarımı .....	22
4.3. SİNYAL-GÜRÜLTÜ ORANI .....	22
4.4. VARYANS ANALİZİ (ANOVA) .....	23
4.4.1. Kareler Toplamı.....	24
4.4.2. Serbestlik Derecesi .....	24
4.4.3. Kareler Ortalaması.....	25
4.4.4. F Değeri .....	25
4.4.5. Önem Kontrolü .....	25
4.4.6. Gruplar Arası Varyansın Genel Varyanstaki Payı.....	26
BÖLÜM 5 .....	27
LİTERATÜR TARAMASI.....	27
BÖLÜM 6 .....	32
MALZEME VE YÖNTEM .....	32
6.1. MALZEME .....	32
6.2. TAKIM TEZGAHI VE DENEY DÜZENEĞİ .....	33

	<b><u>Sayfa</u></b>
6.3. KESİCİ TAKIM VE TAKIM TUTUCU .....	33
6.4. DENEY PARAMETRELERİ .....	36
6.5. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ .....	36
6.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ.....	37
6.7. TAGUCHİ OPTİMİZASYONU .....	39
BÖLÜM 7 .....	41
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
7.1. S/N ORANLARININ ANALİZİ.....	41
7.2. VARYANS ANALİZİ (ANOVA) .....	44
7.3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	46
7.3.1. İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi .....	46
7.3.2. İşleme Parametrelerinin Sıcaklık Üzerindeki Etkisi.....	48
BÖLÜM 8 .....	51
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	51
8.1. SONUÇLAR .....	51
8.2. ÖNERİLER .....	52
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	59

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. İşlenmesi zor olan malzemeler.....	3
Şekil 3.1. Talaş kaldırma bölgeler.....	4
Şekil 3.2. a) pozitif boşluk açısı b) negatif boşluk açısı.....	6
Şekil 3.3. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi. ....	6
Şekil 3.4. Takım açıları. ....	7
Şekil 3.5. Köşe açısı formları. ....	8
Şekil 3.6. Kesme hızı ve takım ömrü lineer ilişkisi.....	9
Şekil 3.7. Kesme işlemine etki eden faktörler.....	9
Şekil 3.8. Tornalama işlemi.....	12
Şekil 3.9. Tornalamada kesme kuvvetleri. ....	13
Şekil 3.10. M sistemine göre yüzey pürüzlülük profili. ....	14
Şekil 3.11. Ordinatlarla Rq değerinin gösterimi.....	15
Şekil 3.12. Alanlarla Ra değerinin gösterimi ....	16
Şekil 3.13. On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması (RZ(ISO)). ....	17
Şekil 3.14. Ortogonal (dik) kesmede ısı oluşumu. ....	18
Şekil 3.15. Metal işlemede ısı dağılımı.....	18
Şekil 3.16. Kesme hızı-sıcaklık ile ilerleme-sıcaklık ilişkisi. ....	19
Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan tibial bileşen.....	33
Şekil 6.2. DCMT formu. ....	34
Şekil 6.3. DCGT formu.....	34
Şekil 6.4. SDJCR/L 1010E07 takım tutucu. ....	35
Şekil 6.5. Sıcaklık ölçüm cihazı düzeneği. ....	37
Şekil 6.6. OPTRIS PI456 Termal kamera.....	37
Şekil 6.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm yöntemi.....	39
Şekil 6.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm düzeneği. ....	39
Şekil 7.1. Ra için S/N oranlarının ana etki grafikleri.....	43
Şekil 7.2. T için S/N oranlarının ana etki grafikleri.....	44
Şekil 7.3. A1 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.....	47
Şekil 7.4. A2 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.....	47

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 7.5. A3 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.....	48
Şekil 7.6. A1 kesici takım için kesme sıcaklığı değişimi.....	49
Şekil 7.7. A2 kesici takım için kesme sıcaklığı değişimi.....	50
Şekil 7.8. A3 kesici takım için kesme sıcaklığı değişimi.....	50

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. İşlenecek malzemeye göre takım açıları .....	7
Çizelge 3.2. ISO tarafından Ra değerinin simgelenmesi. ....	15
Çizelge 6.1. CoCrMo bileşeninin kimyasal bileşimi. ....	32
Çizelge 6.2. CoCrMo alaşımının mekanik özellikleri.....	32
Çizelge 6.3. Tezgahın teknik özellikleri. ....	33
Çizelge 6.4. X firmasına ait DCMT kesici uç bilgileri. ....	34
Çizelge 6.5. Y firmasına ait DCMT ve DCGT kesici uç bilgileri.....	35
Çizelge 6.6. SDJCR/L 1010E07 takım tutucu ürün bilgileri. ....	35
Çizelge 6.7. L27 işleme parametreleri ve seviyeleri. ....	36
Çizelge 6.8. OPTRİS PI456 Termal kamera teknik özellikleri.....	37
Çizelge 6.9. Yüze pürüzlülük cihazının özellikleri.....	38
Çizelge 6.10.Taguchi L27 dizini.....	40
Çizelge 7.1. Deney sonuçları (Ra ve T) ve S/N oranları.....	41
Çizelge 7.2. Ra ve T için S/N yanıt tablosu. ....	43
Çizelge 7.3. Ra'ya göre ANOVA analizi sonuçları. ....	44
Çizelge 7.4. T'ye göre ANOVA analizi sonuçları. ....	45

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

Co : kobalt

Cr : krom

Mo : molibden

Ra : yüzey pürüzlülük değeri, ( $\mu\text{m}$ )

T : kesme sıcaklığı, ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\mu\text{m}$  : mikron metre

$\sigma_c$  : tek eksenli basınç dayanımı

### KISALTMALAR

S/N : Sinyal Gürültü Oranı

CNC : Computer Numeric Control (Bilgisayar Sayısal Kontrol)



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Son yıllarda hızla gelişen teknolojiye bağlı olarak gelişim gösteren biyomalzemeler, canlı dokuya doğrudan temas halinde olan ve vücut içerisinde herhangi bir organ ile yer değiştirerek onun işlevlerini yerine getirmeye yarayan doğal veya sentetik olan malzemelerdir. Biyomalzemelerin tarihçesi 1880'li yıllarda fildişinin insanlarda protez olarak yerleştirilmesine dayanmaktadır. 1938 senesinde üretimi yapılan ilk alaşım Sherman-Vanadyum çeliğidir. Bu çelik kırılan kemiklerde plaka ve vida olarak kullanılmıştır. Bu alaşımlı malzemenin yapılan incelemeler neticesinde vücudun içinde korozyona uğradığı ve insan sağlığı açısından sakıncalar oluşturması nedeniyle 1960'lı yılların sonrasında kullanılması durdurulmuştur. Biyomalzemeler genellikle tıbbi malzemelerde ve biyoteknolojik alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanlarda meydana gelen ilerleme ve gelişmeler, implantların kullanımını arttırmıştır.

Tıp uygulamalarında kullanılan en önemli biyomalzemeler; metal ve metal alaşımlarından üretimi yapılan metalik biyomalzemeler, polimer biyomalzemeler, kompozit biyomalzemeler ve biyoseramik malzemelerdir [1]. Nanoteknolojinin ve teknolojinin gelişimine paralel olarak imalat yöntemlerinde de gelişmeler sağlanmaktadır. Dolayısıyla mükemmel özelliklere sahip biyomalzemeler ve bu biyomalzemelerin işlenmesi oldukça önem arz etmekte olup geliştirilmesi üzerine çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, protez ve implant malzemesi olarak kullanılmakta olan CoCrMo esaslı alaşımların tornalanması esnasında kesici takımlarda oluşan kesme sıcaklığı ve işleme sonrası meydana gelen yüzey kalitesinin deneysel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

## BÖLÜM 2

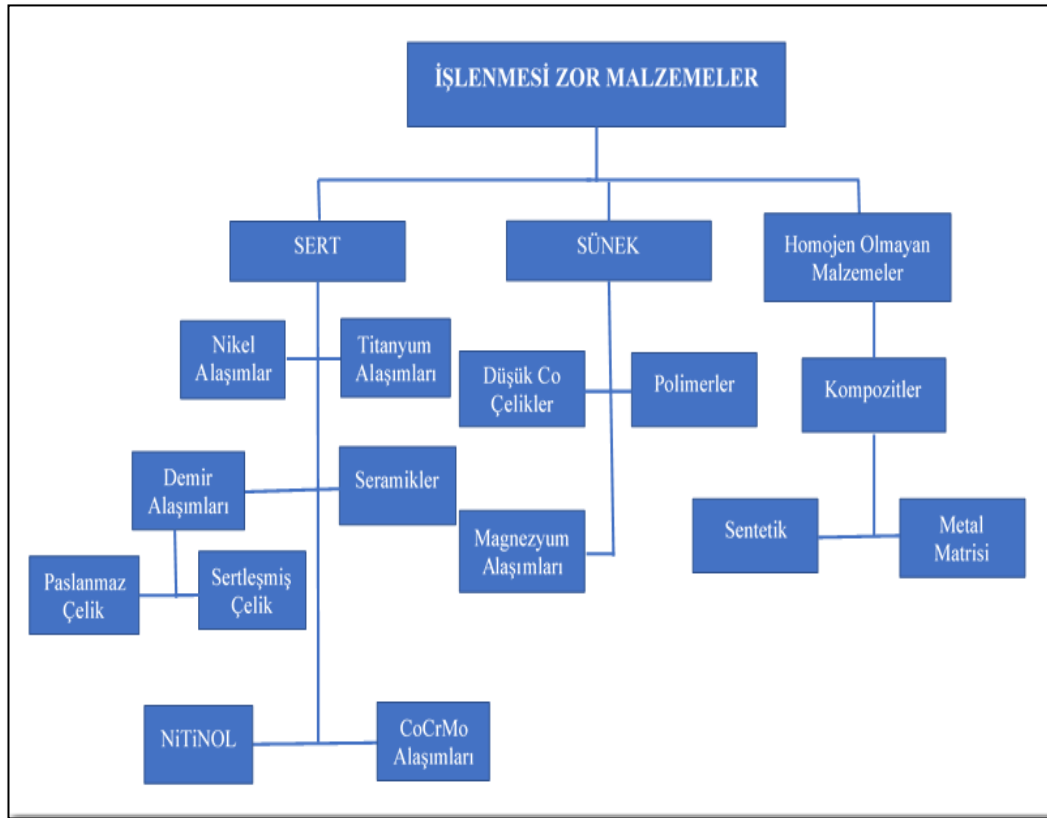
### CoCrMo ALAŞIMLARI

Kobalt, periyodik tabloda metal grubunda yer alan ve aynı grupta yer aldığı demir ve nikel ile benzerlik gösteren bir elementtir. Kobalt birçok alanda alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Kobalt alaşımları genellikle yüksek aşınma direnci, yüksek sıcaklık direnci ve yüksek korozyon direncine sahiptirler. Kobalt alaşımları genelde 650-1150 °C aralığında kullanılmaktadırlar. Kobalt alaşımları kimyasal yapısı olarak paslanmaz çelik ailesi ile benzerlik göstermektedir [2]. Kobalt, güçlü ve kalıcı mıknatıslar yapmak için alüminyum ve nikel ile yaklaşık 982 °C'ye kadar sertliğini korumasından dolayı yüksek hız ve sıcaklıkta kesme takımları için krom ve tungsten ile kullanılır. Gaz türbinleri, jet motorları yapımında, manyetik çelikler ve paslanmaz çeliklerde alaşım yapmak için de kullanılmaktadır. Ayrıca kobaltın bazı bileşikleri cam, seramik, fayans ve emayelerin renklendirilmesinde kullanılmaktadır.

Kobalt alaşımları medikal anlamda ilk döküm yöntemiyle elde edilen diş implantında kullanılmıştır [2]. Biyomedikal uygulamalarda kullanılan biyouyumlu temel iki tip kobalt alaşımı vardır. Biri döküm yolu ile üretilen (ASTM F75) CoCrMo alaşımı, bir diğeri ise sıcak haddelenmeyle üretilen (ASTM F1537) CoCrNiMo alaşımıdır [1]. Bu alaşımların %65'i Co-Cr oluşmaktadır. Cr, alaşımda yüzeyde koruyucu bir oksit tabaka oluşturarak korozyon direncini artırmakta Mo, ince bir yapı sağlayarak mekanik özellikleri iyileştirmektedir [3, 4]. Tablo 1'de CoCrMo alaşımının mekanik özellikleri verilmiştir.

CoCrMo alaşımları mükemmel korozyon ve aşınma direnci, üstün mekanik özellikleri sebebiyle yüklenmenin fazla olduğu kalça, diz, dirsek protezlerinde ve kemik plaka, vida ve çubuklarında ve ayrıca ısıya karşı dirençlerinden dolayı hava jet motorları, gaz türbinleri ve turbo şarj vb. parçaların üretiminde kullanılmaktadır [5]. CoCrMo

alaşimleri elektrik deşarj işlemleri (EDM), lazer ışın makinesi (LBM) [6] ve geleneksel tornalama, frezeleme ve taşlama gibi işleme teknikleriyle nihai halini almaktadır [7]. Şekil 2.1’de gösterildiği gibi CoCrMo alaşımları, işlenmesi zor olan nikel ve titanyum alaşımları ile eşdeğerdir. CoCrMo alaşımının sahip olduğu bu mekanik özellikler imalat aşamasında kısa takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü gibi birçok sorunu meydana getirmektedir.



Şekil 2.1. İşlenmesi zor olan malzemeler [7].

CoCrMo alaşımının işleme performansı tahmini ve optimize kesme koşulları elde etmek için araştırmacılar çeşitli işlem ve modelleme yöntemleri kullanmışlardır. Ayrıca literatürde CoCrMo alaşımlarının Ti, V, Mn, Ni gibi elementlerin ilavesi ile malzeme özelliklerinde iyileştirilme çalışmalarına rastlanmaktadır [1, 8].

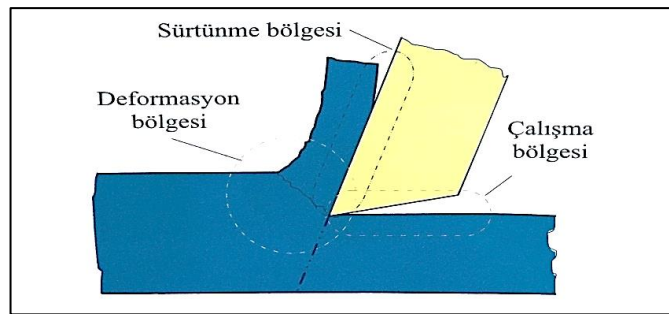
## BÖLÜM 3

### TALAŞLI İMALAT

Günümüzde imalat yöntemleri mekanik ve fiziksel-kimyasal olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. İmalat yöntemlerinde en önemli olan mekanik imalat yöntemi, talaşlı ve talaşsız imalat olarak iki gruba ayrılmıştır [9]. Talaşlı imalat, parçayı istenilen geometride elde etmek için iş parçasında fazla olan kısımların kesici takım vasıtasıyla uzaklaştırma işlemidir [10]. Bu işlemin esası birbirinden farklı sertlikte olan malzemelerin birbirini aşındırmasına dayanmaktadır. Buna örnek olarak alüminyum malzemenin çelik malzemeye çizilebilmesi veya tahta malzemenin bıçakla yontulması verilebilir [11]. Talaş kaldırma işlemi çok çeşitli takım tezgahlarında yapılmaktadır. Bunlar başlıca; torna, freze, matkap, taşlama, planya, broş ve testere tezgahlarıdır.

#### 3.1. TALAŞ KALDIRMA

Talaş kaldırma bir parçanın istenen boyut, şekil ve yüzey kalitesinde elde edilmesi için kesici takım ve buna uygulanan güç vasıtasıyla iş parçası yüzeyinden tabaka kaldırma işlemidir. Kaldırılan bu tabaka talaş olarak adlandırılır. Talaş kaldırma işlemi elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan bunun akabinde sürtünme, ısı oluşumu, talaş kırılması ve büzülmesi, parça yüzeyinin sertleşmesi, takım ağzının aşınması gibi olaylarında meydana geldiği karmaşık fiziksel bir olaydır [9].



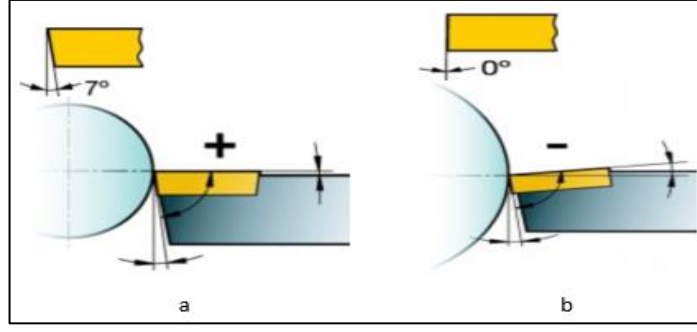
Şekil 3.1. Talaş kaldırmada bölgeler [12].

### **3.1.1. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler**

Talaş kaldırma işleminde, iş parçası üzerinde konumlandırılan kesici takım belirli bir kuvvet ile bastırıldığında ve bu kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiğinde malzemenin yüzeyinde önce elastik daha sonra da plastik deformasyon meydana gelir. Plastik deformasyon neticesinde malzemede akmalar meydana gelir. Gerilmeler malzemenin kopma sınırının üstüne çıktığında talaş olarak nitelendirdiğimiz belirli bir yüzey tabakası malzemedan ayrılır. Bu işlem adımlarını etkileyen birçok faktör vardır. Bunları; kesici takım geometrisi, takım ömrü, kesme parametreleri ve işlem sırasında oluşan ısı olarak özetleyebiliriz [10].

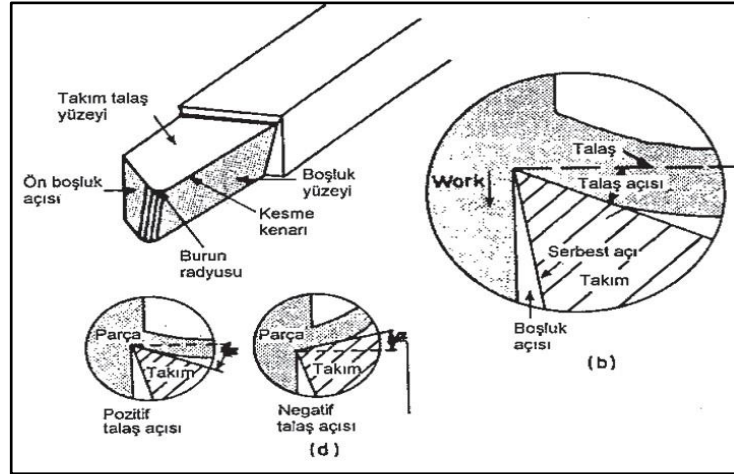
#### **3.1.1.1. Kesici Takım Geometrisi**

Kayma açısı ( $\phi$ ), boşluk açısı ( $\alpha$ ), kama açısı ( $\beta$ ) ve talaş açısı ( $\gamma$ ) gibi açılar ve takım ucunun yuvarlatma yarıçapı “r” takım geometrisini ifade etmektedir. Kayma açısı, takımın hareket yönü ile kayma düzlemi arasındaki açıdır. Kayma açısının değişmesiyle talaş kalınlığı değiştiği için bu açı içlerinde en önemlisidir. Talaş açısı, talaşın parçadan uzaklaştırılmasını sağlayan açıdır ve genellikle pozitif olarak verilir [10]. Bazı durumlarda seramik ile kesme yapıldığı zaman negatifte verilebilmektedir. Talaş açısının fazla verilmesi takım ve iş parçası arasındaki temas yüzeyi ve buna bağlı olarak sürtünme yüzeyini azalarak kesme işlemini kolaylaştırmaktadır. Fakat açının fazla verilmesi kesici ucun dayanımını azaltmakta ve kesici takım ucunun hızlı aşınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle talaş açısının uygun seçilmesi gerekmektedir [13]. Boşluk açısı, takımın işlenen parça yüzeyine sürtünmemesini sağlamaktadır. Pozitif talaş açısı, hassas parçaların iç ve dış çap tornalamasında; negatif talaş açısı, dış çap tornalamalarda tercih edilmektedir [14].



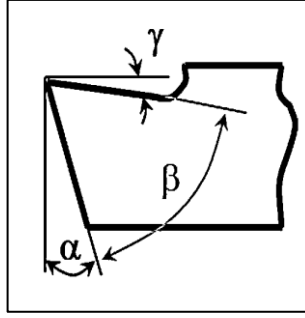
Şekil 3.2. a) pozitif talaş açısı b) negatif talaş açısı [14].

Kama açısı da takımın kesme özelliğini sağlaması yani parça yüzeyine batmasını sağlamaktadır. Şekil 3.3'te kemse terminolojisi verilmiştir. Kama, serbest ve talaş açılarının toplamı  $90^\circ$  olduğunda kesici takımın kesme kenarı, takımın hareket yönüne dik olur ve bu işlem dik kesme olarak adlandırılır [15]. Kesici takımın yönü hareket yönüne dik olmayıp  $\lambda$  gibi bir meyil açısı verilir ise bu işlem de eğik kesme olarak adlandırılmaktadır. Eğik kesme ile meyil açısı değişirse talaş açısı da değişmektedir. Ayrıca meyil açısı kesme esnasında takım ömrü, yüzey kalitesi ve kesme kuvveti gibi faktörlere de etki etmektedir.



Şekil 3.3. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi [16].

İşlenecek malzemeye göre talaş, boşluk ve kama açısı seçimi Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Takım açıları [17].

Çizelge 3.1. İşlenecek malzemeye göre takım açıları [17].

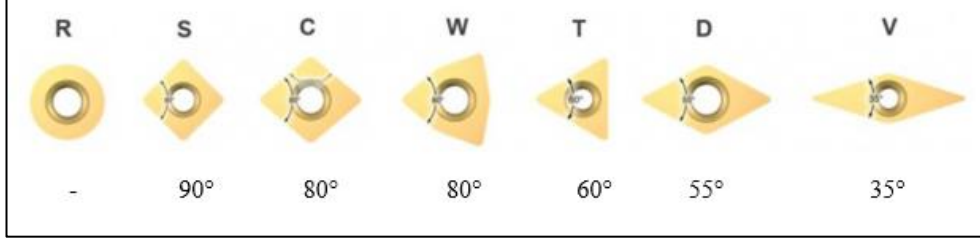
Malzeme	Boşluk açısı (α)	Kama açısı (β)	Talaş açısı (γ)
Otomat çelikleri, sert kır döküm, sert pirinç	6 – 10°	75 – 84°	0 – 5°
Kopma mukavemeti 700 MPa'dan yüksek malzemelerde, çelik döküm	6 – 8°	68 – 70°	14°
Krom nikel çelikleri, kopma mukavemeti 800 Mpa civarında olan malzemeler	8°	62 – 67°	15 – 20°
Bakır, yumuşak bronz, alüminyum malzemeler	14°	50 – 60°	15 – 25°

Takım geometrisini ifadesi olan takım uç yarıçapı da kesme işleminde en az talaş derinliğini gösterdiği için çok önemlidir. Uç radyüsünün gerekenden büyük olması durumunda takımın malzeme yüzeyinde etkisi için daha fazla bastırılması gerekir. Bununla beraber kesici uç daha fazla sürtünür ve iş parçası yüzeyi sertleşir. Kesici ucun sürtünmesinden dolayı takım ucunda daha çok ısı oluşumu olur ve takım aşınması meydana gelir. Bu da işlenen parça yüzeyinde kötü yüzey kalitesine sebep olur. Takım uç yarıçapının küçük olmasıyla takım sadece kazıma işlemi yapacağından yine takım hızla körelebilir ve yüzeyde çentik etkisi görülebilir. Takım uç yarıçapı (r, mm), yüzey kabalığında belirleyici olduğu için ilerleme miktarı (f, mm/dev) ve yüzey pürüzlülüğünün (Rt) yer aldığı teorik bir bağıntı ile ifade edilmektedir. Bu Eşitlik 3.1'de verilmiştir.

$$F^2 = (8r \times Rt) \quad (3.1)$$

Talaşlı imalatta takım geometrisi için önemli olan bir diğer ifade ise takım köşe uç açısıdır. Uç açısı büyüdükçe kesici takımın ağız dayanımı artar fakat kesici takımın

erişilebilirliği azalır. Ayrıca uç açısının büyük seçilmesi ile yüksek titreşim eğimi ve kesme kuvveti gerekir. Uç açısının küçülmesiyle ise ağız dayanımı azalır ancak takımın erişilebilirliği artar. İşlem sırasında titreşim ve güç sarfiyatı azalır [18]. Talaşlı imalatta kullanılan bazı köşe açısı formları Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.5. Köşe açısı formları [14].

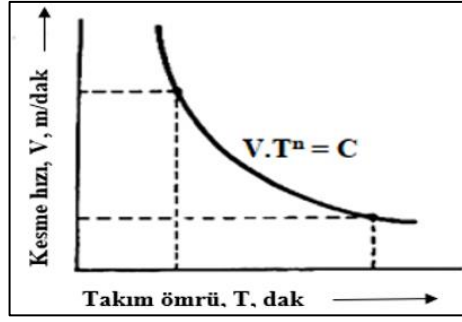
### 3.1.1.2. Takım Ömrü

Takım ömrü, takımın iki bileme arasında geçen bir fiil çalışma zamanı olarak tanımlanır. Takım ömrü aşınma olayına bağlıdır ve aşınmaya etki eden, takım malzemesi ve iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, talaş derinliği, soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. Bu faktörler içinde en önemlisi kesme hızıdır. Kesme hızı ve takım ömrü arasındaki ilişkiyi ifade eden ilk çalışma F. W. Taylor tarafından yapılmıştır. Bu ifade Eşitlik 3.2’de gösterilmektedir.

$$V \times T^n = C = \text{sabit} \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2’deki V, kesme hızı; T, takım ömrünü ifade etmektedir. n ve C ise ilerleme, iş malzemesi, kesme şartları, paso derinliği ve takım malzemesi kriterlerine bağlı olarak belirlenen sabitlerdir. n değeri takım malzemesinden etkilenirken, C değeri daha çok iş malzemesi ve kesme şartlarına bağlıdır [10].



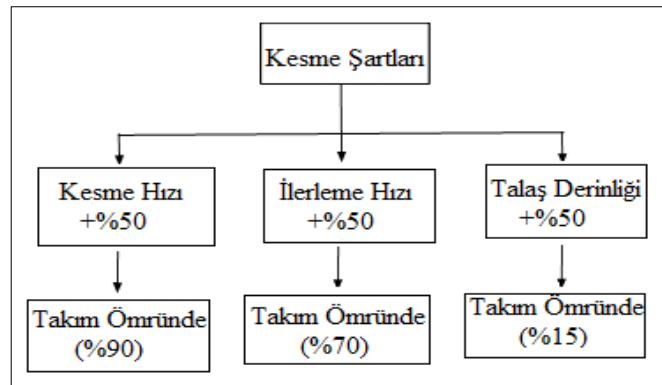


Şekil 3.6. Kesme hızı ve takım ömrü lineer ilişkisi [10].

Talaş kalınlığının da takım ömrüne etkisi büyüktür. Kesme hızının sabit tutulup talaş derinliğinin arttırıldığı durumlarda buna paralel olarak takım ömrü azalmaktadır.

### 3.1.1.3. Kesme Parametreleri

Kesme parametreleri talaş kaldırmayı etkiler. Bundan dolayı kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği optimum şartlarda tutulması gerekmektedir. Kesme parametrelerinin takım ömrüne de etkisi büyüktür. Kesme şartlarının takım ömrüne etkisi için işlenecek parça için kesme parametreleri seçilip işlem yapılır ve sonrasında her bir kesme parametresinin değeri %50 artırılmasıyla işlem tekrarlanması durumunda kesme parametrelerinin takım ömrünü ne oranda azalttığı Şekil 3.7’de verilmektedir.



Şekil 3.7. Kesme işlemine etki eden faktörler [10].

## Kesme hızı

Takımın iş parçası üzerinden talaş kaldırma hızıdır. Tornalama, frezeleme, delme ve taşlama gibi işlemlerde kesme dönme hareketi olduğundan kesme hızı çevresel (dönme) hızı olarak da ifade edilir. Bu bağıntıda; D: iş parçası çapı ve n: devir sayısını ifade etmektedir.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/dak)} \quad (3.3)$$

Kesme hızı Eşitlik 3.3'teki formülle hesaplanır. Malzemenin cinsi, ilerleme miktarı, talaş derinliği, takım malzemesi, soğutma sıvısı, işlem türü, tezgâhın rijitliği, gücü gibi faktörler dikkate alınarak optimum kesme hızı belirlenmez. Kesme hızının gereğinden küçük seçilmesiyle az parça üretilmekte ve takım ucunda talaş sıvanması meydana gelmektedir. Gereğinden büyük seçilmesi de takımın daha hızlı bozulmasına ve sık takım değişikliğine neden olacaktır.

## İlerleme hızı

Takımın iş parçası yüzeyine işlemesi için o yüzey boyunca yaptığı hareketin hızıdır [18]. İlerleme hızı,  $v_f$  mm/dak veya f mm/dev olarak ifade edilir. Bu iki ifadenin bağıntısı Eşitlik 3.4'teki gibi ifade edilir.

$$V_f = f \times n \quad (3.4)$$

Kesme hızında olduğu gibi malzemenin cinsi, talaş derinliği, kesme hızı ve tezgâhın rijitliği, tipi ve kapasitesi gibi faktörlere bağlı kalınarak ilerleme hızı belirlenmektedir.

## Kesme derinliği

Kesici takımın iş parçası içine dikey olarak aldığı mesafedir. Silindirik malzemelerde bu mesafe ilk çapla son çapın farkının yarısına eşittir ve  $\alpha$  ile gösterilir. Kaba işlemlerde kesme derinliği çok verilirken, bitirme işlemlerinde iyi yüzey kalitesi elde edilmesi için az verilir. Bu bağıntıda  $D_1$ : ilk çap ve  $D_2$ : son çapı ifade etmektedir.

$$\alpha = (D_1 - D_2) / 2 \quad (3.5)$$

### **3.1.2. Talaş Oluşum Türleri**

Talaşlı imalatta malzemeden ve işleme parametrelerinden kaynaklı olarak farklı şekillerde talaş oluşumu mevcuttur. Temel olarak talaşın parçadan ayrılması mekanik kopmadır ve bu nedenle talaşın şekli malzemenin kopma esnasında gösterdiği davranışı yansıtır [18]. En çok karşılaşılan dört tip talaş mevcuttur. Bunlar; sürekli talaş, yığılma talaş (BUE) ve kesintili talaştır.

#### **3.1.2.1. Sürekli Talaş**

Sünek malzemelerin yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme ile işlenmesi sonucu oluşur. Bu talaş tipinde iyi yüzey kalitesi elde edilir. Ancak bant şeklinde sürekli talaş işlem sırasında makine tertibatına ya da işlenmiş yüzeye zarar verebilir. Bu nedenle bu gibi durumlarda talaşın kırılması için çeşitli yöntemler kullanılmalıdır [19].

#### **3.1.2.2. Yığılma Talaş (BUE)**

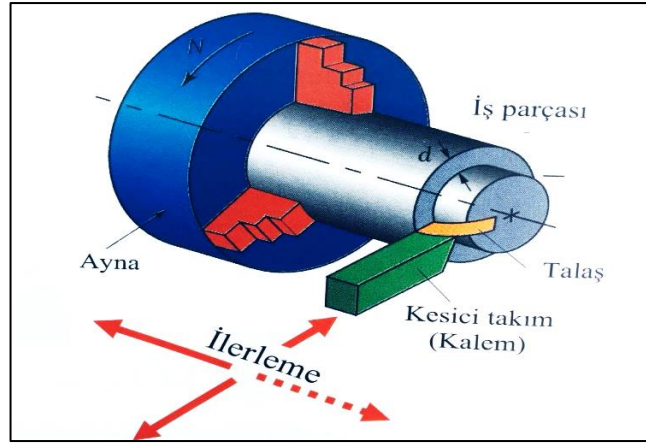
Sünek malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesi sonucu oluşan talaş tipidir. Yüzey kalitesi bakımından kötü sonuç veren bu talaş tipi ayrıca takımın ağzında birikerek takımın kısa zamanda bozulmasına yol açar [19].

#### **3.1.2.3. Kesintili Talaş**

Gevrek malzemelerde ve bazı sünek malzemelerin kötü kesme şartlarında işlenmesi durumunda oluşur. Bu talaş tipinde birbiri ardına kırılmalar meydana gelir. Gevrek malzemelerde çok iyi yüzey kalitesi elde edilirken sünek malzemelerde tam tersi sonuç elde edilir [19].

## 3.2. TORNALAMA

Tornalama, dairesel kesitli parçalar elde etmek için doğrusal hareket eden kesici takım ile dönen iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemidir. Tornalama en yaygın kullanılan üç imalat yönteminden birisidir. Tornalama işlemi şematik olarak Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Alın tornalama, silindirik tornalama, konik tornalama, profil tornalama, pah kırma, havşa ve kanal açma, kesme, delik delme genişletme, vida çekme, kılavuz çekme, pafta çekme, rayba çekme, tırtıl çekme, yay sarma, patlatma ve sıvama gibi birçok değişik işlem torna tezgahlarında gerçekleştirilir.

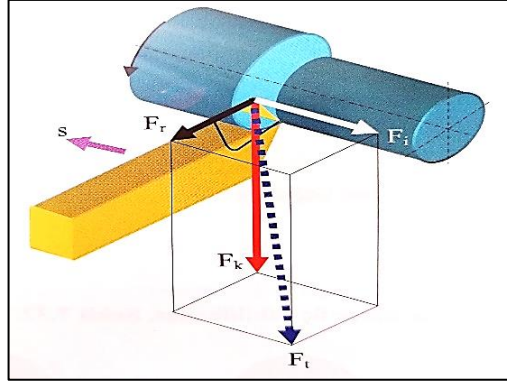


Şekil 3.8. Tornalama işlemi [12].

Tornalama işleminde, iş parçası bir aynaya bağlanır ve kater üzerine rijit bir şekilde bağlanmış kesici takım ise dönen iş parçası üzerinde ilerletilerek iş parçasından talaş kaldırılır. Bu şekilde dairesel ya da karmaşık profilli yüzeyler elde edilir [20].

### 3.2.1. Tornalama İşleminde Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma işleminde oluşan kesme kuvvetleri takım ömrü, iş parçasının yüzey kalitesi, ısı oluşumu ve iş parçası boyutları üzerinde etkili olan önemli faktörlerdendir [15]. Kesme kuvvetleri; ilerleme miktarı, talaş derinliği, talaş ve ayar açısından etkilenmektedir [12]. Tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetleri Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Tornalamada kesme kuvvetleri.

Kesme Kuvveti ( $F_k$ ): Kesme hızı yönünde etkiyen en büyük kuvettir. Kesme kuvveti, kalemi düşey düzlemde eğilmeye zorlarken iş parçasını da yine aynı düzlemde eğilmeye ve burulmaya zorlamaktadır. Eşitlik 3.6'da kesme kuvveti ifade edilmiştir. Eşitlikte  $a$ : talaş derinliği (mm),  $s$ : ilerleme (mm/dev) ve  $k_s$ : malzemenin özgül kesme kuvvetidir ( $N/mm^2$ ).

$$F_k = a \times s \times k_s \quad (3.6)$$

İlerleme Kuvveti ( $F_i$ ): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etki eden kuvettir. İlerleme kuvveti, yatay düzlemde eğmeye zorlarken iş parçasını yatay düzlemde çekme ve basmaya zorlamaktadır. İlerleme kuvveti ayarlama açısının  $90^\circ$  olduğunda maksimum olmaktadır.

Radyal Kuvvet ( $F_r$ ): İş parçasının işlenen yüzeyine dik etkiyen kuvettir. Ayar açısının  $90^\circ$  olduğu durumlara radyal kuvvet minimum olmaktadır.

Talaş Kaldırma Kuvvet (Bileşke Kuvvet) ( $F_t$ ): Kesme, ilerleme ve radyal kuvvetin bileşkesi talaş kaldırma kuvvetini vermektedir. Eşitlik 3.7'de verilen ifadede kuvvetlerden kesme kuvveti %67, ilerleme kuvveti %27 ve radyal kuvvet %6 bileşke kuvveti teşkil etmektedir [12,21].

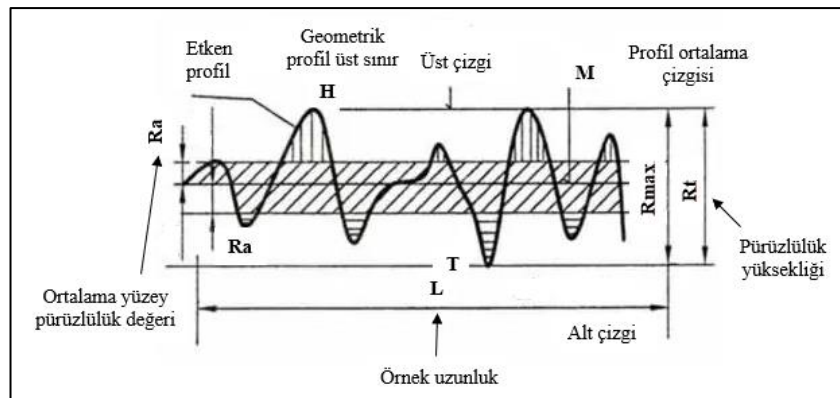
$$F_t = \sqrt{F_k^2 + F_i^2 + F_r^2} \quad (3.7)$$

### 3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Yüzey pürüzlülüğü nihai ürünlerdeki kaliteyi ve başka bir ürünle olan birleşim yüzeyini etkileyen önemli bir kalite ölçütüdür. Yüzey pürüzlülüğünün istenen değer aralığında sağlanmasıyla malzemenin yorulma, kırılma ve korozyon dayanımının artırılması yanı sıra estetik bir görüntü de sağlamaktadır [23]. Günümüzde yüzey pürüzlülüğü talaşlı imalat ile işlenmiş ürünlerde en önemli faktörlerden birisi halindedir. Yüzey pürüzlülük değer aralığı nihai ürünün kullanılacağı yerdeki işlevine bağlıdır [24]. Talaşlı imalatta malzeme yapısı, işleme şartları ve yöntemi yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerdir. Kısaca yüzey pürüzlülüğünü işlenmiş bir parça yüzeyindeki dalgalanmalar olarak da nitelendirebiliriz. Yüzeydeki dalgalanma azaldıkça parçanın yüzey kalitesi ters orantılı olarak artmaktadır.

#### 3.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

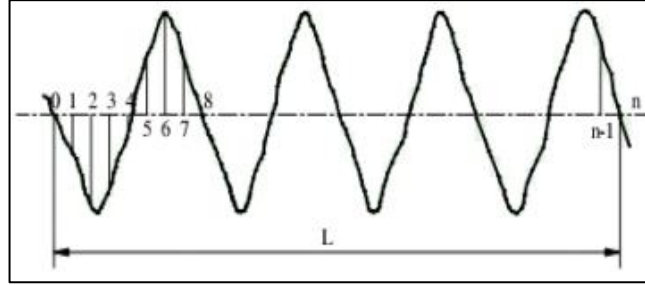
Bir iş parçası yüzey yapısı üç temel parametre ile açıklanabilir. Bunlar genel profil olarak adlandırılan P profili, dalgalanma profili olan W profili ve yüzey pürüzlülük değerini veren R profilidir. Yüzey pürüzlülüğü sayısal değeri ortalama çizgi (M) ve zarf sistemi yöntemleri kullanılarak bulunmaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerin birçoğu ortalama çizgi (M) yöntemini kullanmakta olup bir kısmı kriter olarak, ortalama yüzey pürüzlülük ( $R_a$ ) değerini seçerken diğer bir kısmı da en büyük pürüzlülük ( $R_{max}$ ) değerini almaktadır. M sisteminin yüzey pürüzlülük profili Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10. M sistemine göre yüzey pürüzlülük profili.

### 3.3.1.1. Aritmetik Ortalama Sapmalarının Karekökü ( $R_q$ )

Yüzey pürüzlülük değerlendirmesi için belirlenen örnek uzunluk sınırlarında eksen çizgisinin alt ve üst kısımlarında meydana gelen sapmaların geometrik ortalamasının değeridir.



Şekil 3.11. Ordinatlarla  $R_q$  değerinin gösterimi.

$R_q$  değeri Eşitlik 3.8'deki formülle hesaplanabilir:

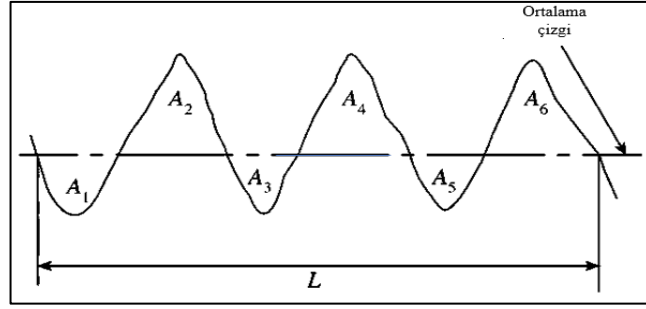
$$R_q = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + \dots + h_n^2}{n}} \quad (3.8)$$

### 3.3.1.2. Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü ( $R_a$ )

Etken örnek profilde ortalama çizgi arasında kalan alanın profil uzunluğuna bölümesiyle elde edilen değerdir.  $R_a$  değeri ISO tarafından N ile simgelenirilmiş ve sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma 0,025-50  $\mu\text{m}$  arasındadır.

Çizelge 3.2. ISO tarafından  $R_a$  değerlerinin simgelenmesi.

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
Simge	▽▽▽▽			▽▽▽			▽▽			▽		



Şekil 3.12. Alanlarla Ra değerinin gösterimi.

Şekil 3.12’de A2, A4, A6 üstte kalan; A1, A3, A5 ise altta kalan alanları belirtmektedir. Bundan yola çıkarak Ra değeri Eşitlik 3.9’daki formülle hesaplanabilir:

$$R_a = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6}{L} \quad (3.9)$$

Tornalama işlemi için Ra formülü Eşitlik 3.10’da verilmiştir. Formülde f ilerleme hızı (mm/dak) ve r takım ucu yarıçapı (mm) dır.

$$R_a = \frac{0,0642f^2}{r} \quad (3.10)$$

### 3.3.1.3. Maksimum Yüzey Pürüzlülük Derinliği (Rt)

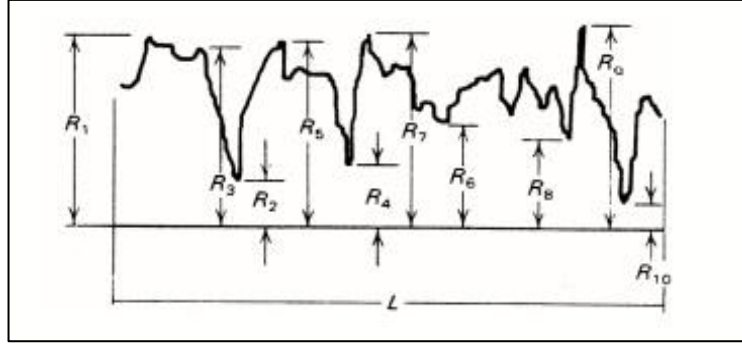
Etken örnek profildeki Şekil 3.11’de gösterilen profil en üst noktası T ile en alt noktası V’ye çizilen çizgiler arası mesafe maksimum yüzey pürüzlülük derinliğini vermektedir. Tornalama işlemi için Rt değeri Eşitlik 3.11’de verilmiştir.

$$R_t = \frac{f^2}{8r} \quad (3.11)$$

### 3.3.1.4. Ortalama Pürüzlülük Derinliği (Rz)

Ortalama pürüzlülük derinliği ISO standartlarına göre etken profildeki en yüksek beş tepe ve en düşük beş çukurun ortalamasının yükseklik farkı olarak tanımlanır. Şekil 3.13’te profile on nokta yükseklik parametresi tanımlanmıştır.





Şekil 3.13. On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması (Rz(ISO)) [16].

Eşitlik 3.12’de Rz ifadesi formülü verilmiştir.

$$R_z = \frac{(R_1+R_3+R_5+R_7+R_9)-(R_2+R_4+R_6+R_8+R_{10})}{5} \quad (3.12)$$

### 3.3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Etkileyen Faktörler

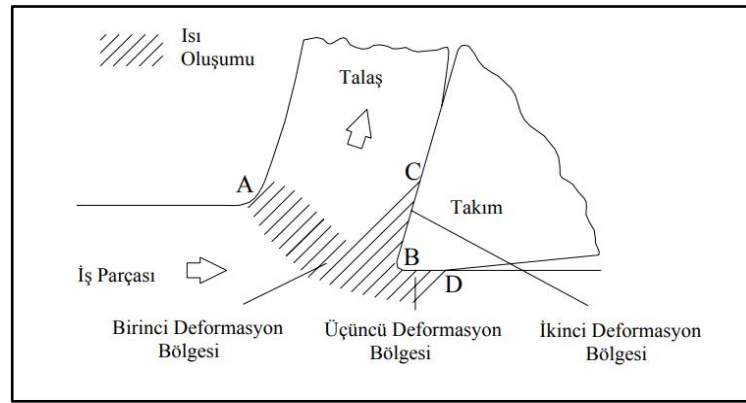
Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen birçok faktör mevcuttur. Temel olarak parçanın işleme yöntemi, parametreleri ve kesici takımın formunu alabiliriz. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler şunlardır:

- İş parçasında meydana gelen titreşim ve balans,
- İşlenen malzemenin sürekli talaş vermesi,
- Kesme hızı,
- İlerleme hızı,
- Talaş derinliği,
- Kesici takım geometrisi,
- Kesici ucun üzerine talaşın yapışması (BUE),
- Kesici takımdaki titreşimler [25, 26].

### 3.4. KESME SICAKLIĞI

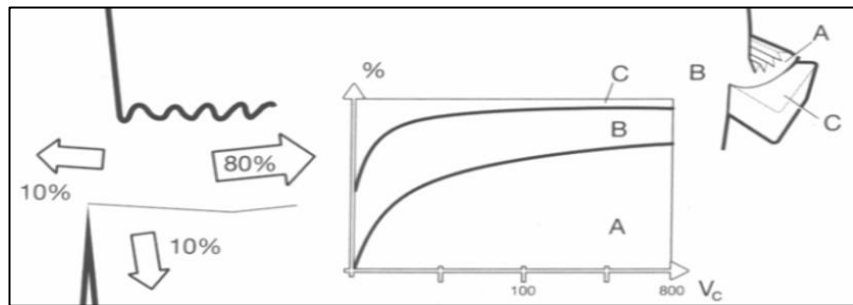
Talaşlı imalat sırasında oluşan ısı, talaşın iş parçasından ayrılması için gereken enerji, takım ile talaş arasındaki ve takım ile işlenmiş yüzey arasındaki sürtünme sonucu

meydana gelmektedir. Talaşlı imalatta ısı oluşumu Şekil 3.5'te görüldüğü gibi üç bölümden oluşmaktadır. Şekil 3.14'te birinci deformasyon (AB) bölgesi ya da diğer bir deyişle kayma bölgesindeki ısı plastik deformasyonla oluşur ve büyük kısmı talaş ile kesme bölgesinden uzaklaştırılır. İkinci deformasyon (BC) bölgesi, takım-talaş ara yüzeyidir. Burada ısı sürtünmeden dolayı meydana gelir ve bir kısmı talaşla atılırken diğer kısmı takım gövdesine geçerek uzaklaştırılır. Üçüncü deformasyon (BD) bölgesi, takım ve işlenmiş yüzey arasındaki serbest kenarda oluşur. Bu ısı oluşumu boşluk açısının kullanılmasıyla engellenir [27].

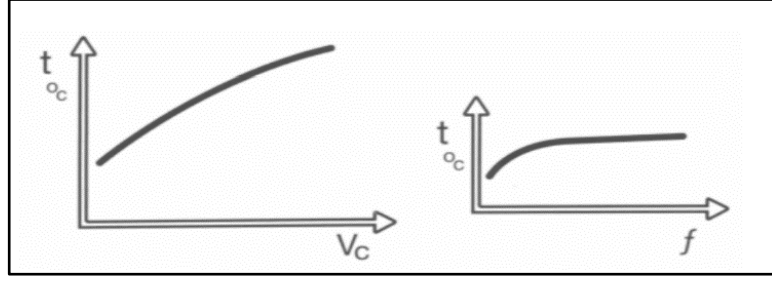


Şekil 3.14. Ortogonal (dik) kesmede ısı oluşumu [28].

Talaş kaldırma esnasında en yüksek ısı kayma bölgesinde olur. Burada oluşan ısı kesme parametreleri ve işlenen malzeme ile birebir ilgilidir. Kesme hızı ve ilerleme hızı en fazla etki eden kesme parametreleridir. Şekil 3.15'te metallerin işlenmesinde takım (C), talaş (A) ve iş parçasındaki (B) ısı dağılımı ve Şekil 3.16'da kesme ve ilerleme hızlarının ısı oluşumuyla ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Metal işlemede ısı dağılımı [28].



Şekil 3.16. Kesme hızı-sıcaklık ile ilerleme-sıcaklık ilişkisi [28].

## BÖLÜM 4

### TAGUCHI METODU

Taguchi metodu, Japonya'da 1940'lı yıllarda mühendis Genichi Taguchi tarafından kaliteli ürün ve zaman kaybını önlemek amacıyla tasarıma etki eden kontrol edilebilen etmenlerin en iyi düzeylerini bulmak için geliştirilmiş bir yöntem olup adını tasarımcısından almıştır [29]. Taguchi metodunun özellik ve getirilerini özetleyecek olursak:

- Ürünün ya da sürecin işlevsel karakteristikleri ile belirlenen hedef değer arasındaki değişmelere en aza indirgeyerek ürünün neden olduğu kayıpları en aza indirgeyen bir felsefedir.
- Bir deney tasarımının az istatistik bilgisi ile uygulayabilen bir yaklaşımdır.
- Disiplinler arası bir iletişim aracıdır.
- Bir sistemin iyi şekilde anlaşılmasını sağlayan araçtır [30].

Taguchi, olağan deney tasarım yaklaşımlarının uygulama zorluklarını en aza indirgemıştır. Bunu Euler'in Greco-Latin Kareler deney tasarımından tanımladığı ortogonal kolonlarına dayandırarak yapmaktadır. Ortogonal dizinlerin en önemli özelliği birçok faktörün en az faktörle test edilmesidir. Örnek verecek olursak 2 düzey olan 7 etmenli bir deney tasarımı için  $2^7=128$  gerekli deney sayısı, Taguchi'nin Ortogonal Kolon deney tasarımında 8'dir [30]. Ortogonal dizinler problemin özelliğine göre iki ya da üç kademeli olarak belirlenmektedir. İki kademeli olanlar için L4, L8 ve L16; üç kademeli olanlar içinse L9 ve L27 dizinleri kullanılmaktadır. Taguchi, kalite sistemini ikiye ayırmıştır. Üretim öncesi ve süreci olarak ayırdığı sistemde bir ürünün kalite ve müşteri memnuniyetini, üretimde yapılan tasarım ve geliştirmelerle ilgili olduğunu göstermektedir. Bu, Taguchi yönteminin kalite sahasına getirmiş olduğu en önemli katkıdır [31]. Kaliteyi yakalamak adına oluşturulan iki tip uygulama on-line (çevrim içi) ve off-line (çevrim dışı) kalite kontrol olarak adlandırılmaktadır.

## **4.1. ÇEVİRİM İÇİ KALİTE KONTROL**

On-line Kalite Kontrol bir ürünün imalat sırasında ve sonrasındaki kalite faaliyetlerini içermektedir. Süreç tasarımında geliştirilen yöntemlerin ürün tasarımında doğru bir şekilde uygulanmasıyla ilgilenmektedir [29]. On-line Kalite Kontrol imalat ve müşteri ilişkileri olarak iki aşamaya ayrılmaktadır. İmalat aşamasında; süreç düzenli aralıklarla kontrol edilir, değişken olan parametrelerde düzenli ölçümler alınır ve hedefte sapmalar gözlenmesi durumunda düzeltmek için ayar yapılır. Kusurlu olan ürünler ya tekrar işlenir ya da ıskartaya ayrılır. Müşteri ilişkisi aşamasında ise; müşterinin ürünü aldıktan sonra karşılaştığı arıza durumlarında ürün ya tamir edilir ya da müşteriye yenisi verilir. Bu aşamada ayrıca müşterinin maliyet kaybı ödenir. Bu aşamada gürültü faktörü etkili değildir [32].

## **4.2. ÇEVİRİM DIŞI KALİTE KONTROL**

Off-line Kalite Kontrol, ürün tasarımı ve süreç tasarımında müşterinin istek ve memnuniyetini referans alarak yapıldığı bir sistemdir. Ürün tasarımında müşteri isteklerini karşılayacak bir ürünün mühendislik bakış açısı ve tekniğiyle prototipi veya mevcut üründe iyileştirmeler yapılır. Süreç tasarımında tasarlanan ürün için uygun imalata süreci seçimi yapılır. Genichi Taguchi, hedeflenen kaliteye ulaşmak adına off-line kalite kontrolündeki bu aşamaların sistem, parametre ve tolerans tasarımı olarak üç adımdan oluşması gerektiğini bildirmektedir [29].

### **4.2.1. Sistem Tasarımı**

Taguchi metodunun ilk adımıdır. Bu adımda mevcut tüm materyeller değerlendirilir ve ayrıca teknolojik yeniliklerin sistemde kullanılabilirliği araştırılır. Sistem tasarımında amaç maksimum müşteri memnuniyeti ve en az maliyete kaliteli ürün tasarımıdır.

#### 4.2.2. Parametre Tasarımı

Üretilecek ya da geliştirilecek olan ürünü iyileştirmenin en önemli adımı parametre tasarımıdır. Burada en iyi parametreler seçilir ve üretimde kaliteyi kötü etkileyen kontrol edilemeyen parametreler belirlenir. Kontrol edilemeyen parametrelerin etkisi ise minimumda tutulması hedeflenir. Bir başka deyişle ürünün performans değişkenlerini azaltıp bu ürünün imalatı ve bakımında oluşabilecek maliyetleri düşürecek şekilde ürün seviyelerinin olması gereken değerler belirlenir. Böylece üretim ve kullanım sırasında oluşan gürültü faktörlerine duyarız olacaktır.

**Gürültü Faktörü:** Kendiliğinden veya sistemden kaynaklı oluşabilecek farklılıkların en aza indirilmesi amacıyla, bu farklılıkların sebepleri belirleyebilmek açısından optimal değerlerin belirlenmesi gerekir. Bunlar gürültü faktörleri adını almaktadır. Gürültü faktörü; dış, iç ve birimlerarası gürültü olmak üzere üç tiptir.

**İç gürültü:** Kullanım şartlarına bağlı olarak üründe ya da ürünün herhangi bir parçasında oluşabilecek yıpranmadır.

**Dış gürültü:** Dış etkenlerden kaynaklı oluşan değişkenliklerdir.

**Birimlerarası gürültü:** üretim şartlarının aynı olmasına rağmen imalatta oluşabilecek farklılıklardır [29].

#### 4.2.3. Tolerans Tasarımı

Tolerans tasarımı, imalat maliyetinin düşürülerek parametre tasarımında hedeflenen tolerans değerini belirlemektir [32]. Parametre tasarımında belirlenen hedefe ulaşamadığı durumlarda sapmanın belirlenmesi bu sapmaların getirdiği kayıpların tespiti ve sapmaların en aza indirgenmesidir.

### 4.3. SİNYAL-GÜRÜLTÜ ORANI

Sinyal/gürültü oranı, matematiksel kurallar ile geliştirilmiş ve deney tasarımında en iyi değerin belirlenmesinin hedefi olarak adlandırılmaktadır. Taguchi metodu problemin türüne göre hedef faktörünü en küçük-en iyi, en büyük-en iyi ve hedef

değer-en iyi olarak üçe ayırmıştır. Bu hedef faktörleri için ayrı ayrı sinyal/gürültü oranı tanımlanmıştır. “Y” denklemlerde kalite değişkenidir [33].

En Küçük – En İyi

$$Y = 0$$

$$S/N Oranı = -10 \cdot \log \left( \sum \frac{Y^2}{n} \right) \quad (4.1)$$

En Büyük – En İyi

$$Y = \infty$$

$$S/N Oranı = -10 \cdot \log \left[ \sum \left( \frac{1}{Y} 2 \right) / n \right] \quad (4.2)$$

Hedef Değer – En İyi

$$Y = \text{Hedef değer}$$

$$S/N Oranı = 10 \cdot \log \left( \frac{Y^2}{s^2} \right) \quad (4.3)$$

#### 4.4. VARYANS ANALİZİ (ANOVA)

Varyans analizi (ANOVA) tanımlanan bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdikleri ve bu etkileşimin tanımlanan bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ilk defa Fisher tarafından kullanılmıştır. Diğer adlandırmaları standart sapmanın karesi veya kareler ortalaması olan varyans analizinde sıfır hipotezin denetimde F testi kullanılır. Varyans analizinde tek bir grup veya birden fazla grubun kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması veya varyansı hesaplanır. Ayrıca gruplar arası farkın önemliliği bu önemliliğin derecesi ve önemliliği oluşturan nedenler araştırılır [34,35]. Basit varyans analizinin aşamalarını şu şekilde sıralayabiliriz [36]:

- Kareler toplamı,
- Serbestlik derecesi,
- Kareler toplamı,
- F değeri,
- Önem kontrolü.

- Gruplar arası varyansın genel varyanstaki payı.

#### 4.4.1. Kareler Toplamı

Kareler toplamı üç farklı eşitlik ile ifade edilmektedir. Bunlar genel kareler toplamı ( $G_nKT$ ), gruplar arası kareler toplamı (GAKT) ve grup içi kareler toplamıdır (GİKT). Her bir toplam için eşitlikler şu şekilde yazılabilir [36]:

[n: varyant sayısı m: o gruptaki n sayısı]

$$G_nKT = \sum x - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (4.4)$$

$$GAKT = \left[ \frac{(\sum x_1)^2}{m_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{m_2} + \dots + \frac{(\sum x_n)^2}{m_n} \right] - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (4.5)$$

$$GİKT = G_nKT - GAKT \quad (4.6)$$

#### 4.4.2. Serbestlik Derecesi

Genel serbestlik derecesi ( $G_nSD$ ), bütün varyant sayısından (n) 1 çıkarılarak bulunur.

$$G_nSD = n - 1 \quad (4.7)$$

Gruplar arası serbestlik derecesi (GASD), grup sayısından (k) 1 çıkarılarak bulunur.

$$GASD = k - 1 \quad (4.8)$$

Gruplar içi serbestlik derecesi (GİSD) genel serbestlik derecesinden gruplar arası serbestlik derecesi çıkarılarak bulunur.

$$GİSD = G_nSD - GASD \quad (4.9)$$



#### 4.4.3. Kareler Ortalaması

Kareler toplamasının kendi serbestlik derecesinde bölünmesi ile kareler ortalaması elde edilir. Bu her bir kareler toplamı için ayrı ayrı bulunabilir. Her bir toplam için eşitlikler şu şekilde verilebilir [36]:

$$G_nKO = \frac{G_nKT}{G_nSD} \quad (4.10)$$

$$GAKO = \frac{GAKT}{GASD} \quad (4.11)$$

$$G_iKO = \frac{G_iKT}{G_iSD} \quad (4.12)$$

#### 4.4.4. F Değeri

Gruplar arası kareler ortalamasının (GAKO) gruplar içi kareler ortalamasına (G<sub>i</sub>KO) oranı F değerini vermektedir [36].

$$F = \frac{GAKO}{G_iKO} \quad (4.13)$$

#### 4.4.5. Önem Kontrolü

Önem kontrolü için öncelikli olarak bir hipotez kurulur. Daha sonra hesaplanan F değeri cetveldeki %5 olasılık sınırında elde edilen F değeri ile karşılaştırılır ve karşılaştırmaya göre hipotez ya kabul edilir ya da reddedilir. Hipotez, elde edilen F değeri cetvelde elde edilen F değerinden küçük ise kabul eşit veya büyük ise reddedilir. Buradan gruplar arası farkın ortaya çıkma ihtimali %5'ten daha az olduğu ve gruplar arası farkın önemli olduğu sonucunu çıkarılır [36].

#### 4.4.6. Gruplar Arası Varyansın Genel Varyanstaki Payı

İki ya da daha fazla sayıdaki örneklere üç farklı varyans bulunur. Bunlar; genel varyans (GnV), gruplar arası varyans (GAV) ve grup içi varyanstır (GİV). Her biri için eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$GnV = GAV + GİV \quad (4.14)$$

$$GAV = \frac{GAKO - GİKO}{m} \quad (4.15)$$

m: gruplardaki ortalama varyans sayısı.

$$GİV = GİKO \quad (4.16)$$

Burada genel varyans 100 kabul edilip GAV ve GİV genel varyanstaki değeri % olarak bulunur. GİV'nin grup varyans içinde payının küçük olması hali grup arası farklılığın önemini artırmaktadır [36].

## BÖLÜM 5

### LİTERATÜR TARAMASI

Akgün ve arkadaşları, AISI 1040 ve AISI 1050 imalat çeliklerinin tornalama işlemi sırasında farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Deneyleri kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin üçer farklı parametresini kullanarak kuru kesme şartlarında CNC torna tezgahında CNMG formunda karbür kesici takım kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Yapılan deneyler sonucu yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkin parametrenin %52,19 katkı oranı ile ilerleme hızı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca AISI 1050 çeliğinin AISI 1040 çeliğine göre karbon içeriğinin fazla olması çeliğin sertliğini artırmış ve AISI 1050 çeliğinin daha iyi yüzey kalitesi elde edildiğini ifade etmişlerdir [37].

Bahçe ve arkadaşları diz protezinde tibial bileşeni olarak kullanılan CoCrMo alaşımının işlenmesinde tornalama-taşlama yöntemini kullanarak yüzey bütünlüğü ve kalitesini artırmayı amaçlamışlardır. Geleneksel tornalama ve tornalama-taşlama yöntemi karşılaştırıldığında iki yöntem içinde parlatma sonrası yüzey pürüzlülük değerleri benzer sonuçlar vermiştir. Tornalama-taşlama yönteminde mikro gözenek ve çatlakların boyutlarında yaklaşık %64 azalma ve mikro setliğinde nispeten %31 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir [38].

Bordin ve arkadaşları, Elektron Işın Ergitme (EBM) yöntemi ve döküm yöntemiyle üretilen CoCrMo alaşımlarında, mineral yağ ve su emülsiyonu yağlama koşullar altında TiAlN kaplı tungsten karbür kesici uç kullanarak tornalama işlemi gerçekleştirmişler ve bu alaşımlar üzerinde takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve mikro yapı malzeme analizi yapmışlardır. İşlemler ve deneyler sonucunda EBM ile üretilen CoCrMo alaşımının daha aşındırıcı mikro yapı sergilemesinden dolayı döküm CoCrMo alaşımına göre daha zor işlendiğini bildirmişlerdir [39].

Bordin ve arkadaşları, CoCrMo alaşımının ASTM F1537'nin işlenebilirlik özelliklerini araştırmışlardır. Deneyleri CNC torna tezgâhın talaş derinliğini sabit tutarak kesme hızı ve ilerleme miktarlarının farklı parametrelerinde ıslak (yağlama) koşullarda gerçekleştirmişlerdir. Takım aşınması eğrileri, yüzey pürüzlülüğü, mikro sertlik ve mikro yapısal özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan testler sonucunda takım aşınması ve işlenmiş yüzeyin sertliği ilerleme hızından etkilenirken kesme hızının ihmal edilebilir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. İşlem sırasında gerilme sertleşmesine bağlı olarak oluşan deforme olmuş mikro yapının en belirgin yüksek kesme ve ilerleme hızında gerçekleştiğini bildirmişlerdir [40].

Bordin ve arkadaşları, bu çalışmada geleneksel yağlama koşullarının maliyetli ve zaman alıcı bir işlem olması sebebiyle CoCrMo alaşımının kuru şartlarda tornalama işleminde yüzey bütünlüğü için işlem parametrelerinin etkisini araştırmışlardır. PVD kaplı TiAlN karbür kesici takım ile farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı kullanarak gerçekleştirdikleri testlerde yüzey pürüzlülüğünü ve buna bağlı olarak yapışkan talaşları, kopmaları ve olukları gözlemlenmişlerdir. İlerleme hızının artmasıyla olukların belirginleştiğini gözlemleyerek en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca düşük ilerleme hızında kısa sarmal talaş, yüksek ilerleme hızında uzun sarmal talaş meydana geldiğini gözlemleyerek ilerleme hızının talaş morfolojisini etkilediğini bildirmişlerdir. Deneyler sonucunda parça bütünlüğünün kuru koşullar tarafından değişmeyeceğini gözlemlenmişlerdir [41].

Karpuschewski ve arkadaşları, farklı kesme kenarına sahip  $95\text{Al}_2\text{O}_3\text{ZrO}_2$  ( $r: 6,03\ \mu\text{m}$ ),  $70\text{Al}_2\text{O}_3\text{TiC}$  ( $r: 6,89\ \mu\text{m}$ ) ve  $55\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $r: 8,45\ \mu\text{m}$ ) üç farklı seramik kesici takım ile soğutucu yağlayıcı içermeyen tornalama işlemi sırasında CoCrMo alaşımının işlenebilirliğini araştırmışlardır. Deneyleri, ilerleme hızını ( $0,2\ \text{mm/dev}$ ) ve kesme derinliğini ( $1\ \text{mm}$ ) sabit tutarak farklı kesme hızlarında ( $200, 300$  ve  $400\ \text{mm/dak}$ ) gerçekleştirmişlerdir. İki farklı pah açısı ( $0,0254$  ve  $0,0508\ \text{mm}$ ) ve talaş açısı ( $15^\circ$  ve  $30^\circ$ ) verilen kesici takımlarda pah açısının küçük talaş açısının büyük olduğu durumlarda takım ömrünün daha iyi olduğunu gözlemlenmişlerdir. Ve takım geometrisinin takım ömrü üzerinde önemli etkisi olabileceğini ve alaşımın tornalama işleminin doğru seramik kesici takımlarla yapılabileceğini bildirmişlerdir [42].

Shokrani ve arkadaşları, CoCr alaşımının kriyogenik soğutma (-197 C) ortamında CNC frezede takım aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Yapılan deneyler sonucu kriyojenik soğutmanın MQL koşullarına kıyasla yüzey pürüzlülüğünde azalma sergilediğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca kriyojenik işlemede kullanılan kesici takımlarda minimum krater aşınması gözlemlemişlerdir [43].

Song ve arkadaşları, CoCrMo alaşımının ayna kaplaması için eliptik titreşim kesme uygulayarak yüzey pürüzlülüğü, sertlik ve takım aşınmasını incelemişlerdir. Deneysel sonuçlar, kesici takım titreşimi olmadan eliptik titreşim kesmenin sıradan elmas ile kesiminden daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir [44].

Pawade ve arkadaşı, CoCrMo alaşımını kuru ve ıslak ortamda farklı kesme hızı (95, 190 ve 285 m/dak) ilerleme hızı (0,05, 0,1 ve 0,15 mm/dev) ve kesme derinliklerinde (0,2, 0,6 ve 1 mm) yapılan hassas tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin analizini yapmışlardır. Kuru işlemede ilerleme kuvvetinin diğer kuvvetlere göre daha küçük, ıslak işlemede kesme kuvveti büyüklüğünün diğer kuvvet bileşenlerine göre daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca seramik, karbür ve CBN kesici takımları kullanarak bunların yüzey bütünlüğü açısından karşılaştırmasını yapmışlar ve diğerlerine göre daha sert olan CBN kesici takım ile daha iyi yüzey kalitesi elde edildiğini söylemişlerdir [45].

Aykut ve ark., Stellite 6 alaşım malzemesinin yüzey frezelemesi sırasında TiN PVD kaplı kesici takım ile farklı kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği) kullanarak optimum yüzey pürüzlülüğü için en uygun kesme parametre değerlerini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme koşullarını 0,25 mm kesme derinliği, 90 m/dak kesme hızı ve 100 m/dak ilerleme miktarında elde etmişlerdir [46].

Cassar ve dig., CoCrMo alaşımının, tribo korozyon direncini geliştirmek için düşük sıcaklıkta karbürizasyon işlemiyle alaşım numuneler de bir S-fazı tabakası elde etmişlerdir. Karbürizasyon işlemi sonrası hem açık devre hem de anodik koşullar altında karbürlenen tabakanın daha iyi tribo-korozyon direnci gösterdiğini bildirmişlerdir [47].

Dijmarescu ve diğ., TiAlN PVD kaplamalı CNMG 120404-VL kesici uçlar kullanarak farklı kesme hızı (25,1, 31,4 ve 40,2 m/dak), ilerleme hızı (0,03, 0,04, 0,05, 0,06 ve 0,07mm/dev) ve kesme derinliklerinde (0,25, 0,375, 0,5, 0,625 ve 0,75 mm) CoCrMo alaşımının kuru tornalama sırasında işlenebilirliğini incelemiş ve parçanın yüzey kalitesine etki eden kesme parametrelerini analiz etmişlerdir. Yüzey kalitesinin kesme hızı ve kesme derinliğinin artan değerlerinde azaldığı ve ilerleme miktarının artan değerlerinde ise arttığı sonucuna ulaşmışlardır. [48].

Dijmarescu ve diğ., CoCrMo alaşımının kuru tornalama işleminde kesme kuvvetleri tahmini için kesme parametreleri (Fp, Ff ve Fc) ile kesme rejimi parametreleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde karşılaşılan hata (%1,179) kabul edilebilir olduğundan CoCrMo alaşımının kesme parametreleri tahmininde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [49].

İnce, bu çalışmada, CoCrMo alaşımının CNC tornalama işleminde kesici uç yarıçapı (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), devir sayısı (318, 477 ve 636 dev/dak), ilerleme (0,1, 0,15 ve 0,25mm/dev) ve talaş derinliği (0,5, 0,7 ve 0,9 mm) giriş parametreleri olarak kullanmış ve optimum yüzey pürüzlülük (Ra, Rz) ve titreşim için kesme parametrelerini belirlemiştir. Ra ve Rz için en etkili parametrenin takım uç yarıçapı olduğunu ve genellikle takım uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülük değerinin azaldığını bildirmiştir. Ayrıca titreşimin takım uç yarıçapının artmasına bağlı olarak azaldığını gözlemlemişlerdir [15].

Chan ve diğ., CoCrMo alaşımının yüzeyini açık havada fiber lazer sistemi ile işlemişler ve parçanın tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Tribometri ve Dinamik Işık Saçılımı (DLS) testiyle tribolojik özellikleri değerlendirilen lazerle işlenmiş parça yüzeyinin tribolojik sürtünmeyi azalttığını bildirmişlerdir [50].

Aykut ve arkadaşları, kobalt esaslı süper alaşımın PVD kaplamalı ve kaplamasız kesici takım ile yüzey frezeleme işlemini araştırmışlardır. Bu çalışmada kesme kuvvetleri, takım ömrü ve talaş morfolojisini kaplamalı ve kaplamasız takımlar için karşılaştırmasını yapmışlardır [51].

Shao ve arkadaşları, kaplamalı ve kaplamasız karbür kesici takımların tornada kuru kesme koşullarında Stelit 12 alaşımının işlenebilirliğini araştırmışlardır. Kesme koşullarının 16, 27 ve 43 m/dak kesme hızları, 0,2 ve 0,25 mm/dev ilerleme hızları ve 0,30 mm kesme derinliğinde tornalama işlemiyle takımların aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Stelit 12 işlenmesinde takım ömrünün kaplanmış takımların kaplanmamış takımlardan daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir. Takımlarda aşındırıcı ve yapışkan aşınması düşük kesme hızlarında, difüzyon ve kimyasal aşınmanın ise yüksek kesme hızlarında elde edildiğini gözlemlemişlerdir. [52].

Karpuschewski ve arkadaşları, seramik kesici uç ile farklı soğutma sistemleri kullanarak CoCr alaşımının takım ömrü, proses kuvvetleri ve yüzey bütünlüğünü araştırmıştır. Deneylerde kuru ve basınçlı hava ve üç farklı soğutma yağı kullanarak (kozla yağı, emülsiyon ve MQL) işleme deneyleri yapmışlardır. Minimum yüzey tabakasını tam jet soğutmalı emülsiyon ve kuru işleme, küçük kuvvet ve düşük aşınmayı ise MQL olarak kullanılan mineral yağsız, düşük viskoziteli yüksek performanslı yağlayıcının verdiğini bildirmişlerdir [53].

## BÖLÜM 6

### MALZEME VE YÖNTEM

#### 6.1. MALZEME

Deneyleerde diz implantlarında yoğun olarak kullanılan CoCrMo alaşımı kullanılmıştır. Alaşımın kimyasal özellikleri Çizelge 6.1’de, mekanik özellikleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. Deneyleerde kullanılan diz protezi bileşenlerinden tibial bileşenin numunesi Şekil 6.1’de gösterilmektedir. Döküm yöntemiyle üretilen bu bileşenin nihai halini alması için talaşlı imalat operasyonlarından olan tornalama işlemi uygulanmaktadır.

Çizelge 6.1. CoCrMo bileşenin kimyasal bileşimi.

	Cr	Mo	C	Fe	Mn	Si	Ni	Co
% Bileşen	27,30	5,96	0,057	0,37	0,62	0,67	0,22	Kalan

Çizelge 6.2. CoCrMo alaşımının mekanik özellikleri [39].

MEKANİK ÖZELLİKLER	CoCrMo (ASTM F75)
Çekme Dayanımı (MPa)	1020
Akma Dayanımı (MPa)	600
Uzama (%)	14
Sertlik (HRC)	35
Elastik Modülü (GPa)	220





Şekil 6.1. Deneyleerde kullanılan tibial bileşen.

## 6.2. TAKIM TEZGAHI VE DENEY DÜZENEĞİ

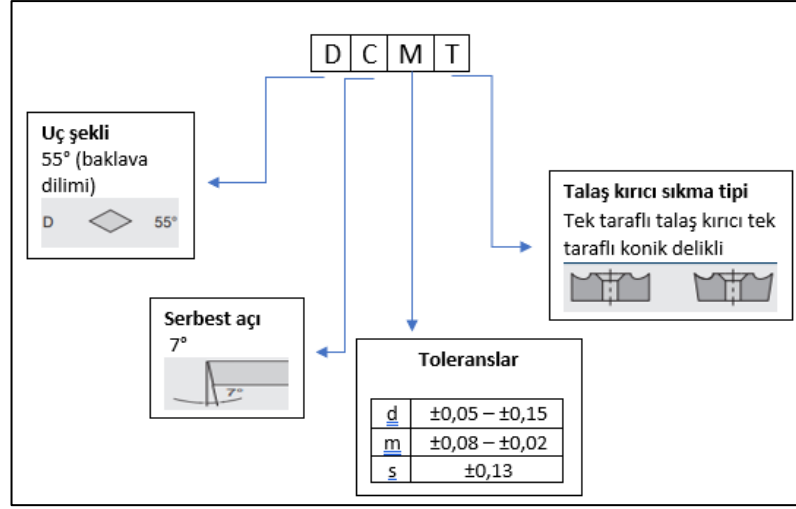
Bu çalışmada deneysel çalışmalar Ankara Ostim ATISAN sanayi sitesindeki Pasifik Medikal bünyesinde yer alan HAAS ST-20Y CNC torna makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.3'te tezgâhın bazı teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.3. Tezgâhın teknik özellikleri.

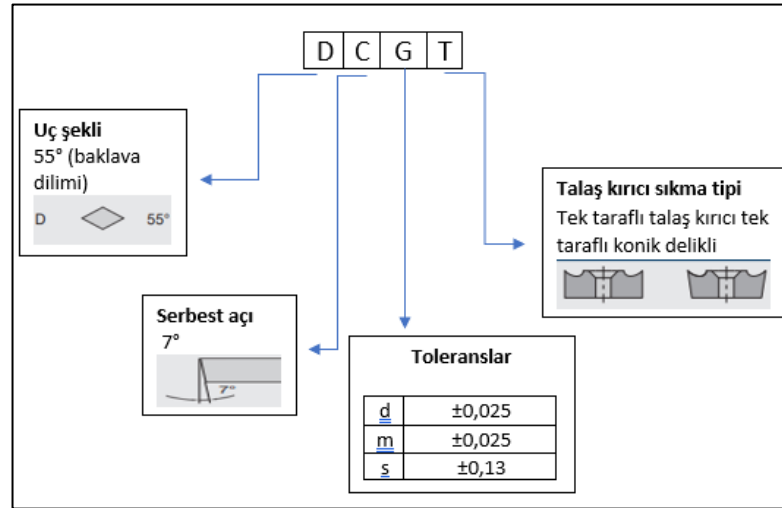
<b>Tezgâh gücü</b>	14,9 kW
<b>Max devir sayısı</b>	4000 rpm
<b>Kesici bağlama hane sayısı</b>	12
<b>Max parça dönüşü</b>	533 mm
<b>Mil çapı</b>	88,9 mm
<b>Max kesme uzunluğu</b>	572 mm
<b>Max kesme çapı</b>	381 mm

## 6.3. KESİCİ TAKIM VE TAKIM TUTUCU

Deneyleerde, X ve Y firmalarına ait DCMT 11T302-FP, BC6170 formuna sahip kesici uç ve Y firmasına ait DCGT 11T302-BAL, LC610T formunda kesici uç olmak üzere toplam 3 adet kesici takım kullanılmıştır. Şekil 6.2'de DCMT formuna Şekil 6.3'te de DCGT formuna ait bilgiler verilmiştir. Ayrıca, kesici takıma ait bilgiler Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilmiştir.

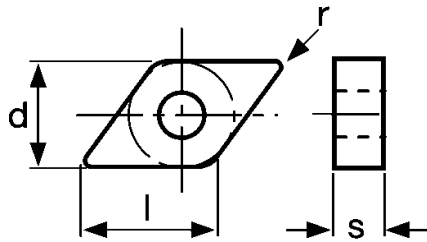


Şekil 6.2. DCMT formu.



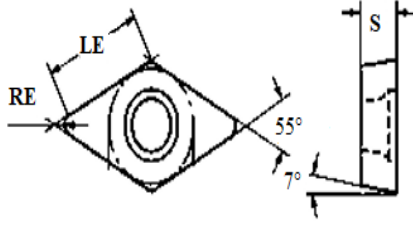
Şekil 6.3. DCGT formu.

Çizelge 6.4. X firmasına ait DCMT kesici uç bilgileri.



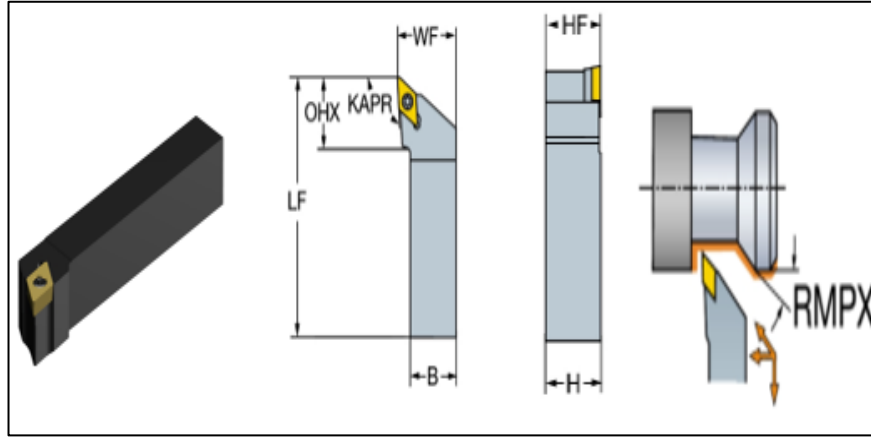
l	Kesme kenarı uzunluğu	11,60 mm
s	Kesici uç kalınlığı	3,97 mm
r	Köşe radyüsü	0,2 mm

Çizelge 6.5. Y firmasına ait DCMT ve DCGT kesici uç bilgileri.



LE	Kesme kenarı uzunluğu	11,228 mm
S	Kesici uç kalınlığı	3,97 mm
RE	Köşe radyüsü	0,2 mm

Deneylede SDJCR/L 1010E07 takım tutucu kullanılmıştır. Takım tutucuya ait görsel Şekil 6.4'te verilmiştir. Takım tutucunun ürün bilgileri de Çizelge 6.6'da yer almaktadır.



Şekil 6.4. SDJCR/L 1010E07 takım tutucu.

Çizelge 6.6. SDJCR/L 1010E07 takım tutucu ürün bilgileri.

LF	Fonksiyonel uzunluk	70 mm
OHX	Maksimum çıkıntı	15,7 mm
KAPR	Takım kesme kenar açısı	93°
WF	Fonksiyonel genişlik	12 mm
B	Sap genişliği	10 mm
H	Sap yüksekliği	10 mm
HF	Fonksiyonel yükseklik	10 mm
RMPX	Maksimum rampa açısı	27°

#### 6.4. DENEY PARAMETRELERİ

Deneylede tornalama işlemleri için kesme parametreleri literatür taraması, kesici takım firmalarının tavsiyeleri ve CoCrMo alaşımını işleyen üreticilerin tavsiyeleri dikkate alınarak Çizelge 6.7’teki gibi belirlenmiştir.

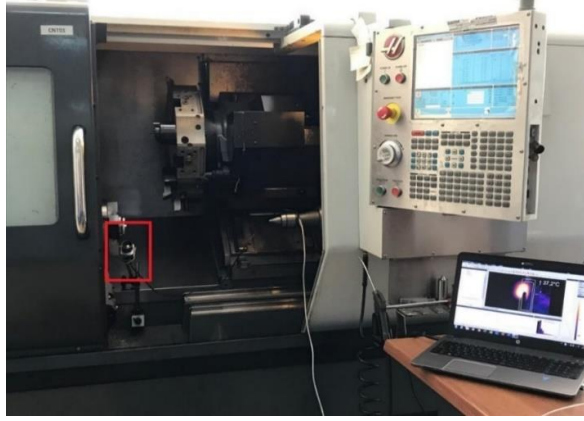
Çizelge 6.7. L27 işleme parametreleri ve seviyeleri.

Kontrol faktörleri	Sembol	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesici takım	A	DCMT (X)	DCMT (Y)	DCGT (Y)
Kesme hızı (m/dak)	B	40	60	80
İlerleme miktarı (mm/dev)	C	0,05	0,075	0,1

#### 6.5. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

Talaşlı imalat sırasında takım ve iş parçası arasında sürtünmeden kaynaklı ısı oluşmaktadır. Takım ve iş parçası arasında oluşan bu ısı yapılan işlem hakkında bize önemli ipuçları vermekte ve yapılan işlemin kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Özellikle sert malzemelerin talaşlı imalatında oluşan yüksek ısı takımın erken aşınmasına sebep olduğundan CoCrMo gibi sert malzemenin deneyi sırasında sıcaklık ölçümü önem arz etmektedir.

Bu çalışmada tornalama esnasında sıcaklık ölçümleri OPTRIS PI 456 Termal kamera ile yapılmıştır. Termal kamera ve düzeneği Şekil 6.5’te gösterilmiştir. OPTRIS PI 456 Termal kameranın görseli Şekil 6.6’da teknik özellikleri de Çizelge 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.5. Sıcaklık ölçüm cihazı düzeni.



Şekil 6.6. OPTRIS PI456 Termal kamera.

Çizelge 6.8. OPTRIS PI456 Termal kamera teknik özellikleri.

<b>Sıcaklık ölçüm aralığı (min./maks.)</b>	-20 ile 900 °C
<b>Spektral Aralık</b>	7.5-13 $\mu\text{m}$
<b>Termal Hassasiyet</b>	40 mK yüksek termal hassasiyet
<b>Optik Çözünürlük</b>	382x288 piksel detektör
<b>Çerçeve Hızı</b>	80 Hz
<b>Boyut</b>	46x56x90

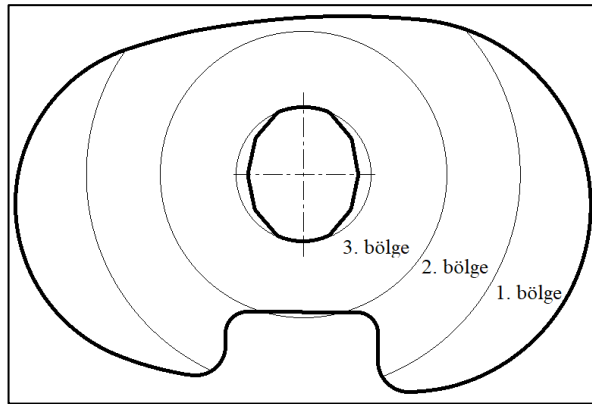
## 6.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde Marh marka MarSurf M 300 tipi yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Çizelge 6.9'da yüzey pürüzlülük cihazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.9. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.

Ölçme Prensipleri	Tarama ucu yöntemi
Ölçüm aralığı $\mu\text{m}$	350 – 180- 90
Temas hızı	0,5 mm/s
Tarama ucu	2 $\mu\text{m}$
Ölçüm kuvveti	0,7 mN
Kalibrasyon İşlevi	Dinamik
İşletim Sıcaklık Aralığı	+5 °C± 40 °C
Depolama için Sıcaklık Aralığı	-15 °C± 55 °C
mm cinsinden Tahrik ünitesi için (U x G x Y) boyutları.	139 x 26 mm
Ölçüm aleti için mm cinsinden (U x G x Y) boyutları.	190 x 140 x 75 mm
Ağırlık Tahrik ünitesi	Yaklaşık 300 g

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü Şekil 6.7’de görüldüğü gibi tibial bileşen 3 farklı bölgeye ayrılarak ölçümler yapılmıştır. İşleme merkezinden doğru oluşturulan dairesel halkaların çevresinde pürüzlülük değerleri ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının kararlılığını artırmak için oluşturulan 3 dairesel bölgeden üçer ölçüm alınarak ortalaması alınmıştır. İş parçası geometrisinde çap farklılığı ve kanal olmasından dolayı 1. ve 2. bölgede kesintili işleme meydana gelmektedir. Bu durum yüzey pürüzlülüğü çıktılarında düzensizliklere sebep olduğu için ANOVA ve deney sonuçlarının değerlendirilmesinde 3. bölgeden ölçülen değerlerin ortalaması dikkate alınmıştır. Şekil 6.8’de yüzey pürüzlülük deney düzeneği verilmiştir.



Şekil 6.7. Yüzey pürüzlülük ölçüm yöntemi.



Şekil 6.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm düzeneği.

## 6.7. TAGUCHİ OPTİMİZASYONU

Taguchi optimizasyon yöntemi oluşturulan deney tasarımında tanımlanan ortogonal dizinlerle birçok faktörün en az faktörle test etmesine dayanan bir metottur. Ortogonal dizinler problemin özelliğine göre iki ya da üç kademeli belirlenmektedir. Bu çalışmada üç kademeli olanlar L9 dizini kullanılmıştır. Deney tasarımında en iyi değer belirlenmesinin adına farklı şekilde S/N oranı belirlenmektedir. S/N değeri en küçük-en iyi, en büyük-en iyi ve hedef değer-en iyi olarak belirlenen değerlerden bu çalışmada en küçük-en iyi oranı seçilmiştir. Seçilen en küçük-en iyi S/N oranına ait eşitlik aşağıda verilmiş olup denklemde Y kalite değişkenini ifade etmektedir.

En Küçük – En İyi

$$Y = 0$$

$$S/N \text{ Oranı} = -10 \cdot \log \left( \sum \frac{x^2}{n} \right)$$

Bu çalışmada, Taguchi (L<sub>27</sub>) dikey dizininde, kesici takım kalitesinin, yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme sıcaklıkları (T) üzerine etkileri irdelenmiştir. Taguchi L<sub>27</sub> kullanarak gerçekleştirilen deneylerde kontrol faktörleri ve seviyeleri Çizelge 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.10. Taguchi L27 dizini.

Deney No	Kod	Kesici Takım	Kod	Kesme Hızı (m/dak)	Kod	İlerleme Miktarı (mm/dev)
1	A1	DCMT (X)	B1	40	C1	0,05
2	A1	DCMT (X)	B1	40	C2	0,075
3	A1	DCMT (X)	B1	40	C3	0,10
4	A1	DCMT (X)	B2	60	C1	0,05
5	A1	DCMT (X)	B2	60	C2	0,075
6	A1	DCMT (X)	B2	60	C3	0,10
7	A1	DCMT (X)	B3	80	C1	0,05
8	A1	DCMT (X)	B3	80	C2	0,075
9	A1	DCMT (X)	B3	80	C3	0,10
10	A2	DCMT (Y)	B1	40	C1	0,05
11	A2	DCMT (Y)	B1	40	C2	0,075
12	A2	DCMT (Y)	B1	40	C3	0,10
13	A2	DCMT (Y)	B2	60	C1	0,05
14	A2	DCMT (Y)	B2	60	C2	0,075
15	A2	DCMT (Y)	B2	60	C3	0,10
16	A2	DCMT (Y)	B3	80	C1	0,05
17	A2	DCMT (Y)	B3	80	C2	0,075
18	A2	DCMT (Y)	B3	80	C3	0,10
19	A3	DCGT (Y)	B1	40	C1	0,05
20	A3	DCGT (Y)	B1	40	C2	0,075
21	A3	DCGT (Y)	B1	40	C3	0,10
22	A3	DCGT (Y)	B2	60	C1	0,05
23	A3	DCGT (Y)	B2	60	C2	0,075
24	A3	DCGT (Y)	B2	60	C3	0,10
25	A3	DCGT (Y)	B3	80	C1	0,05
26	A3	DCGT (Y)	B3	80	C2	0,075
27	A3	DCGT (Y)	B3	80	C3	0,10



## BÖLÜM 7

### DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

#### 7.1. S/N ORANLARININ ANALİZİ

Talaşlı imalat operasyonlarında işlenebilirlik çıktısı olarak en önemli parametrelerden birisi olarak yüzey pürüzlülüğü gösterilmektedir [54]. Ayrıca işleme esnasında kesme bölgesinde oluşan sıcaklık yüzey kalitesi ve kesici takım performansını etkileyen başka bir önemli parametredir [55,56]. Bu sebeple yüzey pürüzlülüğü ve talaşlı imalat işlemi sırasında oluşan sıcaklığın optimize edilmesi işlenebilirlik verimliliği açısından oldukça önem arz etmektedir.

Kesici takım, kesme hızı ve ilerleme miktarı kontrol faktörleri kullanılarak Taguchi'nin L27 dizinine (full faktöriyel) göre tornalama performans deneyleri yapılmıştır. Çizelge 7.1, deneyler sonucunda elde edilen Ra ve T çıktıları ile analiz sonucundan elde edilen S/N oranlarını vermektedir. Eş. 4.1. kullanılarak S/N oranlarının elde edilmesinde en küçük en iyi yaklaşımı kullanılmıştır.

Gerçekleştirilen performans deneyleri sonucunda, yüzey pürüzlülüğü için ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değeri 0,680  $\mu\text{m}$  ve ortalama S/N oranı 3,68 dB olarak elde edilmiştir. Kesme sıcaklığı için ise ortalama sıcaklık (T) değeri 199  $^{\circ}\text{C}$  ve ortalama S/N oranı -45,88 dB olarak elde edilmiştir.

Çizelge 7.1. Deney sonuçları (Ra ve T) ve S/N oranları.

Deney No	Kod	Kesici Takım	Kod	Kesme Hızı (m/dak)	Kod	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Ra S/N	Ortalama Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	Sıcaklık S/N (dB)
1	A1	DCMT (X)	B1	40	C1	0,05	0,597	4,480513	152	-43,6369
2	A1	DCMT (X)	B1	40	C2	0,075	0,792	2,025496	168	-44,5062
3	A1	DCMT (X)	B1	40	C3	0,10	1,131	-1,06925	180	-45,1055
4	A1	DCMT (X)	B2	60	C1	0,05	0,494	6,125461	175	-44,8608
5	A1	DCMT (X)	B2	60	C2	0,075	0,718	2,877511	191	-45,6207

Çizelge 7.1. (devam ediyor).

6	A1	DCMT (X)	B2	60	C3	0,10	0,904	0,876631	202	-46,107
7	A1	DCMT (X)	B3	80	C1	0,05	0,455	6,839772	218	-46,7691
8	A1	DCMT (X)	B3	80	C2	0,075	0,599	4,451464	235	-47,4214
9	A1	DCMT (X)	B3	80	C3	0,10	0,774	2,225181	251	-47,9935
10	A2	DCMT (Y)	B1	40	C1	0,05	0,612	4,264972	160	-44,0824
11	A2	DCMT (Y)	B1	40	C2	0,075	0,773	2,23641	191	-45,6207
12	A2	DCMT (Y)	B1	40	C3	0,10	1,168	-1,34886	198	-45,9333
13	A2	DCMT (Y)	B2	60	C1	0,05	0,518	5,713405	203	-46,1499
14	A2	DCMT (Y)	B2	60	C2	0,075	0,755	2,441061	225	-47,0437
15	A2	DCMT (Y)	B2	60	C3	0,10	0,948	0,463833	234	-47,3843
16	A2	DCMT (Y)	B3	80	C1	0,05	0,486	6,267275	235	-47,4214
17	A2	DCMT (Y)	B3	80	C2	0,075	0,615	4,222498	249	-47,924
18	A2	DCMT (Y)	B3	80	C3	0,10	0,793	2,014536	265	-48,4649
19	A3	DCGT (Y)	B1	40	C1	0,05	0,513	5,797653	138	-42,7976
20	A3	DCGT (Y)	B1	40	C2	0,075	0,601	4,422511	149	-43,4637
21	A3	DCGT (Y)	B1	40	C3	0,10	0,929	0,639686	160	-44,0824
22	A3	DCGT (Y)	B2	60	C1	0,05	0,453	6,878036	157	-43,918
23	A3	DCGT (Y)	B2	60	C2	0,075	0,537	5,400514	201	-46,0639
24	A3	DCGT (Y)	B2	60	C3	0,10	0,684	3,298878	213	-46,5676
25	A3	DCGT (Y)	B3	80	C1	0,05	0,408	7,786797	196	-45,8451
26	A3	DCGT (Y)	B3	80	C2	0,075	0,511	5,831582	214	-46,6083
27	A3	DCGT (Y)	B3	80	C3	0,10	0,607	4,336226	236	-47,4582

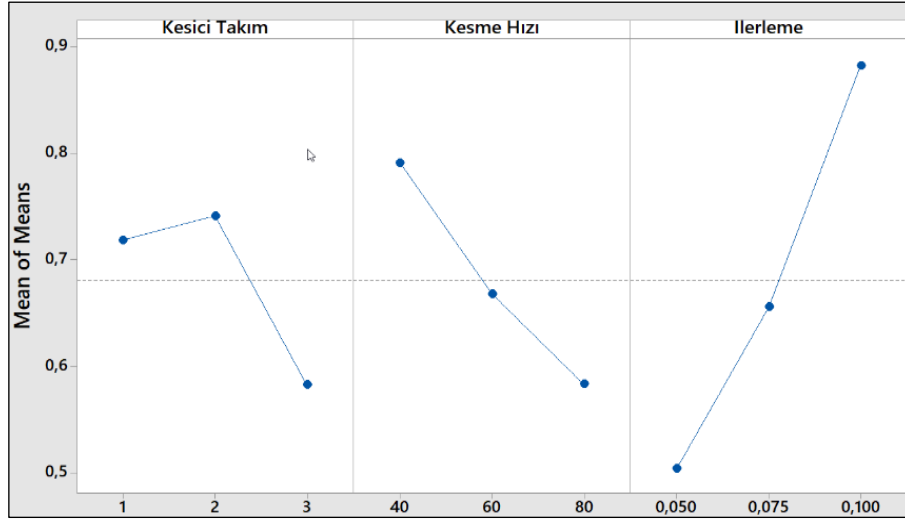
Yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme sıcaklığı (T) üzerinde etki eden kontrol faktörlerinin önem sırasını ortaya koymak amacıyla S/N yanıt tablosu kullanılmaktadır. Taguchi metoduyla oluşturulan bu analiz tablosu Çizelge 7.2’de verilmiştir. Bu tablo optimum yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı için optimum kontrol faktörlerini göstermektedir. S/N yanıt tablosuna göre en iyi seviye her kontrol faktörünün kendi seviyeleri içerisindeki en küçük S/N oranına göre bulunmuştur. Buna göre en düşük Ra değeri için kontrol faktörleri ve seviyeleri A3B3C1 ve T için ise A3B1C1 olarak belirlenmiştir. Ra için kontrol faktörlerinin önem sırası ilerleme miktarı, kesme hızı ve kesici takım cinsi olarak verilmektedir. Bu sıralama T değeri için ise kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesici takım olarak sıralanmaktadır.

Çizelge 7.2. Ra ve T için S/N yanıt tablosu.

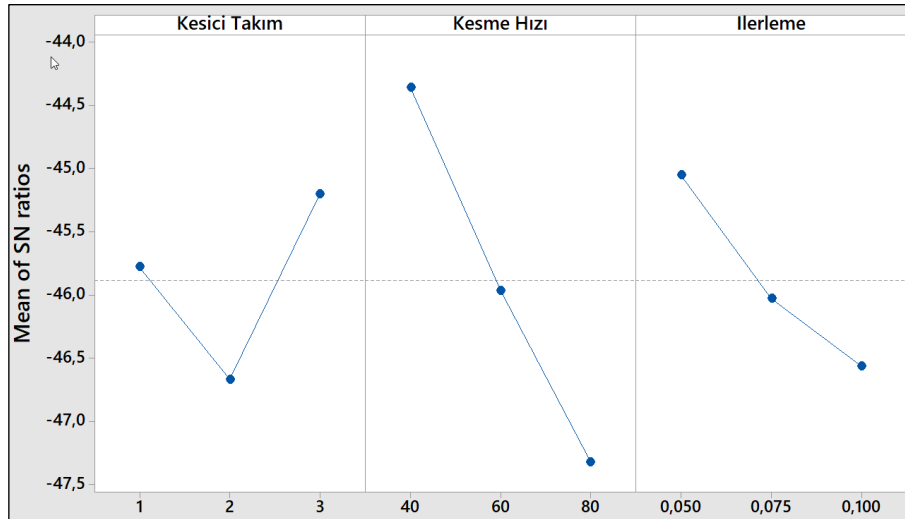
Seviyeler	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)			Kesme Sıcaklıkları (T)		
	A	B	C	A	B	C
1	0,7182	0,7907	<b>0,5040</b>	196,9	<b>166,2</b>	<b>181,6</b>
2	0,7409	0,6679	0,6557	217,8	200,1	202,6
3	<b>0,5826</b>	<b>0,5831</b>	0,8820	<b>184,9</b>	233,2	215,4
Delta	0,1583	0,2076	0,3780	32,9	67,0	33,9
Önem sırası	3	2	1	3	1	2

\*Koyu ile gösterilen veriler optimum koşullardır.

Şekil 7.1 ve 7.2 'de Ra için S/N oranları grafiği verilmiştir. S/N oranlarının en yüksek olduğu seviyeler optimum seviye olarak grafiklerde görülmektedir. En yüksek S/N oranları dikkate alınarak optimum Ra değerinin DCGT (A3) kesici takımını ile 80 m/dak kesme hızı (B3) ve 0,05 mm/dev ilerleme miktarında (C1) elde edildiği görülmektedir. En yüksek S/N oranı dikkate alındığında ise T değer için ise DCGT (A3) kesici takımını ile 40 m/dak kesme hızı (B1) ve 0,05 mm/dev ilerleme miktarı (C1) değerlerinde elde edildiği görülmektedir. Grafik eğilimleri faktörlerin etki düzeyleri hakkında da fikirler vermektedir. Ra değeri için en etkin parametrenin ilerleme miktarı, T için ise kesme hızının etkili parametre olduğu söylenebilir.



Şekil 7.1. Ra için S/N oranlarının ana etki grafikleri.



Şekil 7.2. T için S/N oranlarının ana etki grafikleri.

## 7.2. VARYANS ANALİZİ (ANOVA)

Varyans analizi (ANOVA) kontrol faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklıkları üzerindeki etki düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Varyans analizi (ANOVA) %95 güven aralığında yapılmıştır. Çizelgelerdeki katkı oranları kontrol faktörünün çıktılar üzerindeki önem derecesini belirtmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı için varyans analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'te verilmiştir.

Çizelge7.3. Ra'ya göre ANOVA analizi sonuçları.

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	P değeri	Katkı Oranı (%)
A	2	0,13197	0,065983	178,80	0,000	12,44
B	2	0,19602	0,098011	265,59	0,000	18,47
C	2	0,65134	0,325670	882,51	0,000	61,4
A * B	4	0,00418	0,001045	2,83	0,098	0,39
A * C	4	0,02153	0,005383	14,59	0,001	2,02
B * C	4	0,05281	0,013203	35,78	0,000	4,97
Artık hata	8	0,00295	0,000369	-	-	0,27
Toplam	26	1,06080	-	-	-	%100
R <sup>2</sup>	99,72					

Çizelge 7.3'teki veriler dikkate alındığında yüzey pürüzlülüğü için en etkili faktörün %61,4 katkı oranı ile ilerleme hızı (C) olduğu tespit edilmiştir. İkinci ve üçüncü sırada en etkili faktörler sırasıyla %18,42 katkı oranı ile kesme hızı (B) ve %12,44 katkı oranı ile kesici takım (A) olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.4. T'ye göre ANOVA analizi sonuçları.

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	P değeri	Katkı Oranı (%)
A	2	6,3373	3,1686	50,21	0,000	15,8
B	2	25,6209	12,8104	202,97	0,000	63,9
C	2	6,7545	3,3772	53,51	0,000	16,84
A * B	4	0,5545	0,1386	2,20	0,160	1,38
A * C	4	0,1521	0,0380	0,60	0,672	0,37
B * C	4	0,1656	0,0414	0,66	0,639	0,41
Artık hata	8	0,5049	0,0631			1,25
Toplam	26	40,0897	-	-	-	%100
R <sup>2</sup>	98,74					

Çizelge 7.4 incelendiğinde; %63,9 katkı oranıyla kesme sıcaklığı üzerindeki en etkili faktörün ile kesme hızı (B) olduğu ve bunu sırasıyla %16,84 ve %15,8 katkı oranlarıyla ilerleme miktarı (C) ve kesici takım (A) takip etmektedir.

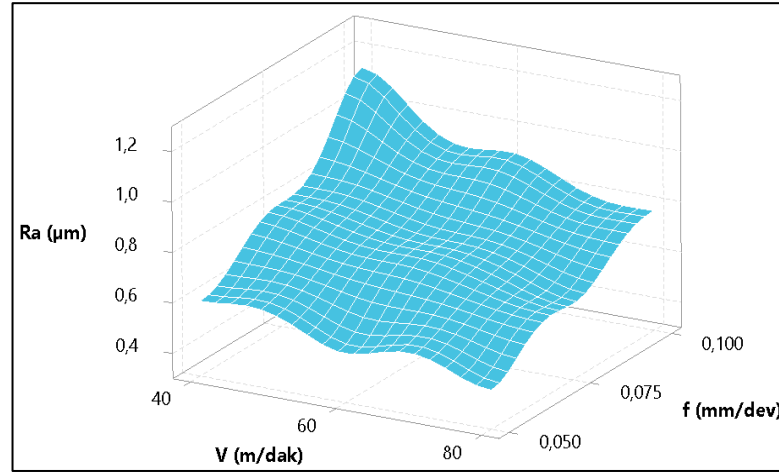
### **7.3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu çalışmada CoCrMo implant malzemesinin tornalama yöntemiyle işlenebilirlik özellikleri incelenmiştir. Performans deneyleri kuru kesme şartlarında ve belirlenen kesme parametrelerinde (kesici takım, kesme hızı ve ilerleme hızı) gerçekleştirilmiştir. Taguchi L27 ful faktöriyel dizini kullanılarak optimum yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı için işleme parametreleri değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri için her işleme sonrası belirlenen üç farklı bölgeden ölçümler gerçekleştirilmiş ve ortalama değerler tespit edilmiştir. Sıcaklık ölçümü içinse işleme süresince ölçümler sürekli yapılmış ve ortalama değer tespit edilmiştir.

#### **7.3.1. İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi**

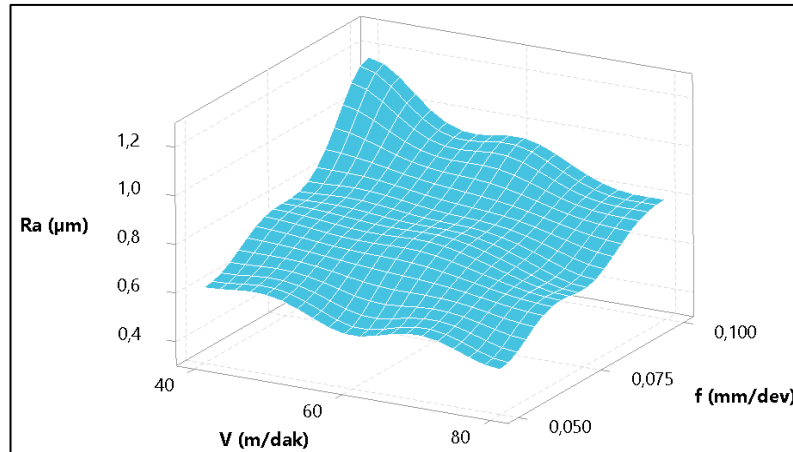
Yapılan performans deneylerinde, her bir takım için kesme parametrelerinin (kesme hızı ve ilerleme miktarı) Ra üzerindeki etkisi Şekil 7.3-7.5'teki grafiklerde verilmiştir. Şekil 7.3, A1 kesici takım için incelenecek olursa 80 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme miktarında en iyi Ra değerini (0,455  $\mu\text{m}$ ) verdiği görülmektedir. Ra açısından en olumsuz değer ise 40 m/dak kesme hızında ve 0,10 mm/dev ilerleme miktarında 1,131  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur. Takımlar için Ra grafikleri incelendiğinde kesme hızının artması ile ters orantılı olarak yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Talaşlı işlemede kesme hızının artmasıyla daha iyi yüzey kalitesi elde edildiği bilinmektedir. Bunun nedeni, kesme hızının artmasıyla, takım-talaş ara yüzeyindeki azalmaya bağlı olarak sürtünmenin azalması ve artan sıcaklığın malzeme akma mukavemetini düşürmesi olarak açıklanabilir [57]. Ayrıca grafikler incelendiğinde ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kesme işlemi sırasında ilerleme hızı kesici takımın birim zamanda kaldırmaya çalıştığı talaşın kesitini direk etkilemektedir. İlerleme hızının artması ile talaş kesit alanı artmakta ve artan talaş kesitiyle birinci deformasyon bölgesindeki kayma düzlemi büyümekte, kesme işlemi için daha fazla kuvvet gerekmekte ve kesme işlemi zorlaşmaktadır [29].

Literatürde de ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin arttığı ve yüzey pürüzlülük değeri üzerindeki kesme hızı ile ilerleme miktarı kıyaslandığında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük değeri üzerinde daha etkili bir parametre olduğu ifade edilmektedir [37, 40, 41, 48]. Bu durum, varyans analizinde elde edilen en etkili faktörün %61,4 katkı payı ile ilerleme miktarı olması durumunu doğrular niteliktedir.



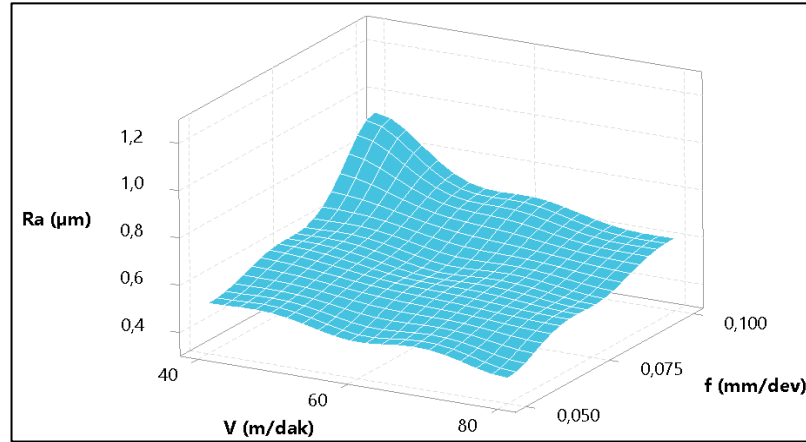
Şekil 7.3. A1 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.

A2 kesici takım için Şekil 7.4 incelendiğinde aynı forma sahip A1 kesici takım ile yüzey pürüzlülük değerleri açısından belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. En düşük Ra değeri 80 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme miktarında 0,486 µm olarak elde edilmiştir. En yüksek elde edilen Ra değeri ise 1,168 µm olarak 40 m/dak kesme hızı ve 0,10 mm/dev ilerleme miktarında elde edilmiştir.



Şekil 7.4. A2 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.

Talaşlı imalatta talaş açısının artmasıyla kesici takım ve iş parçası yüzeyi arasındaki alan azalacağından sürtünmenin daha az olması ve kesme işleminin daha kolay gerçekleştiği bilinmektedir [13]. Ucu taşlanmış olan A3 kesici takım diğer kullanılan A1 ve A2 kesici takımlarına göre talaş açısı daha büyük olduğu için daha iyi yüzey kaliteleri elde edilmiştir. Literatürde çalışmalarında da bu ifadeye sıkça rastlanmaktadır [42, 13, 58]. A3 kesici takım için Şekil 7.5 incelendiğinde yine en iyi yüzey pürüzlülük değerinin 80 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme miktarında 0,408  $\mu\text{m}$  olduğu görülmektedir. En yüksek elde edilen Ra değeri ise 0,929  $\mu\text{m}$  olarak 40 m/dak kesme hızı ve 0,10 mm/dev ilerleme miktarında elde edilmiştir. Şekil 7.5'te görüldüğü gibi A3 kesici takım içinde en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğu görülmektedir. Şekil 7.5, S/N yanıt tablosuna göre yüzey pürüzlülük değeri için en iyi sonucun A3 kesici takım ile alınacağı bilgisini doğrular niteliktedir. Sonuç olarak ucu taşlanmış kesici takımlar kullanarak daha iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edileceğini söylemek mümkündür.



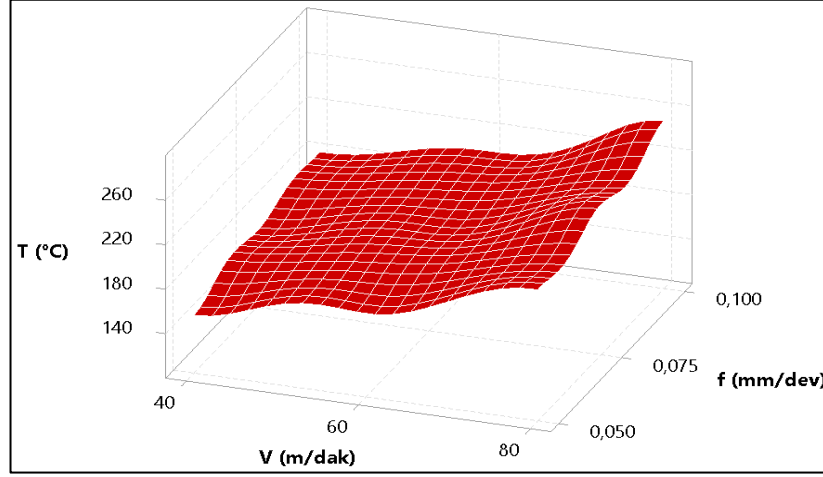
Şekil 7.5. A3 kesici takım için yüzey pürüzlülük değişimi.

### 7.3.2. İşleme Parametrelerinin Sıcaklık Üzerindeki Etkisi

Talaşlı imalat işleminde yüzey ve kesici takım arasında sürtünme sonucu oluşan sıcaklık kesme işlemini kolaylaştırdığı gibi sıcaklığın istenenden fazla olması durumunda takım yüzeye gereğinden fazla nüfuz ederek (yapışarak) işleme kalitesini düşürdüğü bilinmektedir [59]. Bu durum kesme sıcaklığını sağlıklı bir kesme işlemi

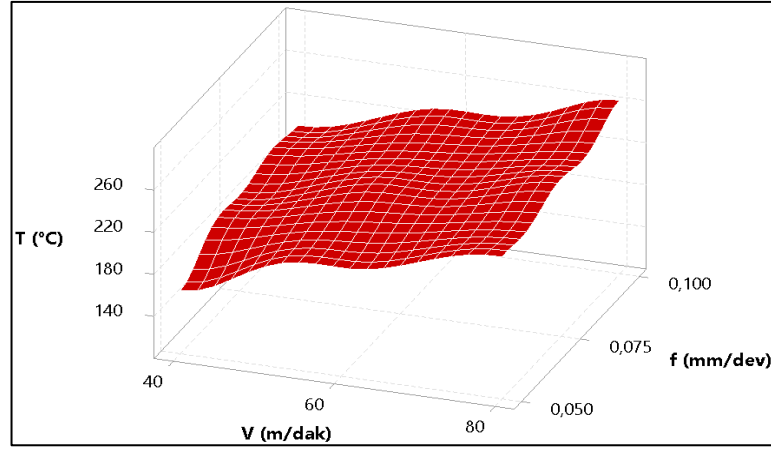


için oldukça önemli parametrelerden birisi haline getirmektedir. Performans deneylerinde her takım için kesme parametrelerinin (kesme hızı ve ilerleme miktarı) kesme sıcaklığına etkisi Şekil 7.6-7.8'deki grafiklerde verilmiştir.



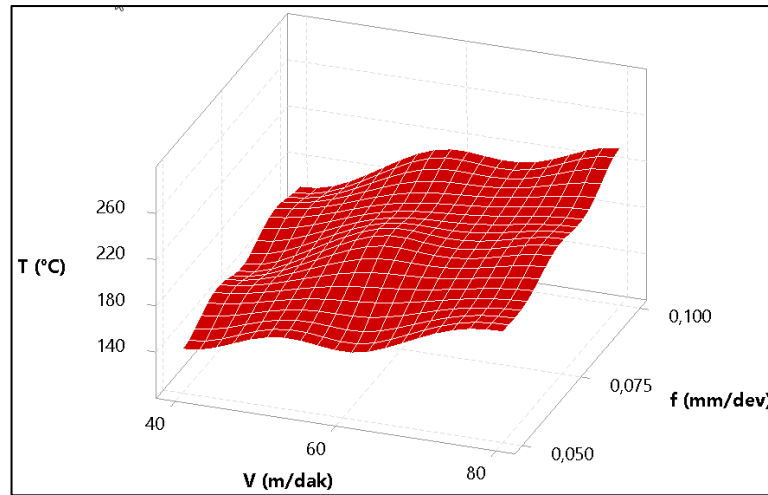
Şekil 7.6. A1 kesici takım içim kesme sıcaklığı değişimi.

A1 kesici takımı için Şekil 7.6 incelendiğinde en düşük kesme sıcaklığının 40 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında 152 °C olarak elde edildiği görülmektedir. Talaş kaldırma sırasında ilerleme miktarının artmasıyla kesici takım ile iş parçası arasında temas yüzeyi artmaktadır. Diğer bir deyişle sürtünme alanı arttığı için kesici takım ile iş parçası arasında kesme sıcaklığı artmaktadır. Şekil 7.6'da kesme hızının artmasıyla sıcaklıkta önemli derecede artış olmadığı görülmektedir. Fakat ilerleme miktarının artmasıyla kesme sıcaklığı doğru orantılı olarak artmıştır. Bu durum, ANOVA sonuçlarına göre kesme sıcaklığına en fazla etki eden parametrenin %63,9 oranıyla kesme hızı olduğu bilgisini doğrulamaktadır. Şekil 7.7 ve Şekil 7.8 incelendiğinde de A2 ve A3 takımları içinde bu durumun geçerli olduğu görülmektedir. Şekil 7.7 ve Şekil 7.78 incelendiğinde en düşük sıcaklık değeri, 40 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında sırasıyla 160 °C ve 138 °C olarak elde edildiği görülmektedir. Ayrıca Şekil 7.7 ve Şekil 7.8 incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri, 80 m/dak kesme hızı ve 0,10 mm/dev ilerleme hızında sırasıyla 265 °C ve 236 °C olarak elde edildiği görülmektedir.



Şekil 7.7. A2 kesici takım içim kesme sıcaklığı değişimi.

A3 takımı için Şekil 7.8 incelendiğinde sıcaklık artışının diğer iki takıma göre daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun A3 kesici takım ucunun taşlanmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde talaş açısının büyümesi ile takım iş parçası arasındaki etkin yüzeyin azalması, işlem sırasında daha az sürtünme ve sıcaklık oluşturduğu bilinmektedir [13,58]. Buna bağlı olarak ucu taşlanmış kesici uç A3'ün talaş açısının diğer takımlara göre büyük olması işleme sırasında daha az kesme sıcaklığı oluşmasını sağlamıştır.



Şekil 7.8. A3 kesici takım içim kesme sıcaklığı değişim

## BÖLÜM 8

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 8.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CoCrMo implant malzemesinin belirlenen kontrol parametrelerinin (kesici takım, kesme hızı ve ilerleme miktarı) yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı üzerindeki etkileri Taguchi L27 ortogonal dizini kullanılarak araştırılmıştır. Deney ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre her bir kesici takım için (DCMT (X), DCMT (Y) ve DCGT (Y)) optimum yüzey pürüzlülük değeri (0,455  $\mu\text{m}$ , 0,486  $\mu\text{m}$  ve 0,408  $\mu\text{m}$ ) 80 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. Her bir takım için (DCMT (X), DCMT (Y) ve DCGT (Y)) en yüksek yüzey pürüzlülük değeri (1,131  $\mu\text{m}$ , 1,168  $\mu\text{m}$  ve 0,929  $\mu\text{m}$ ) 40 m/dak kesme hızı ve 0,10 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.
- Her bir takım için (DCMT (X), DCMT (Y) ve DCGT (Y)) optimum kesme sıcaklık değeri ise (152 °C, 160 °C ve 138 °C) 40 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. DCMT (X), DCMT (Y) ve DCGT (Y) kesici takımları için en yüksek kesme sıcaklık değeri ise (251 °C, 265 °C ve 236 °C) 80 m/dak kesme hızı ve 0,10 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.
- S/N oranları, yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığının en iyi seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.
- Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre optimum yüzey pürüzlülük değeri DCGT (Y) kesici takım ile 80 m/dak (B3) kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme

- hızında elde edilmiştir. Optimum kesme sıcaklığı ise DCGT (Y) kesici takım ile 40 m/dak (B1) kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.
- Varyans analizi sonucunda yüzey pürüzlülüğüne %61,4 katkı oranı ile en etkili parametrenin ilerleme hızı (C) olduğu görülmüştür. Kesme sıcaklığına ise %63,9 katkı oranı ile en etkili parametrenin kesme hızı (B) olduğu görülmüştür.
- Kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülük değeri azalırken işlem sırasında oluşan kesme sıcaklığının arttığı görülmüştür. İlerleme hızındaki artış yüzey pürüzlülüğünü doğru orantılı olarak artırmakta olup kesme sıcaklığında da bir miktar artışa sebep olduğu gözlemlenmiştir.
- Ra ve T üzerinde en iyi elde edilen değerlerin ucu taşlanmış (DCGT (Y)) kesici takımlar ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Daha iyi yüzey kalitesi elde etmek için kullanılması uygundur.

## 8.2. ÖNERİLER

- Kesici takım ve kesme parametrelerinin farklı seviyeleri kullanılarak optimum işleme seviyeleri tespit edilebilir. Ayrıca, bu değişkenlerin işleme çıktısı olarak takım ömrü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri de incelenebilir.
- Biyo uyumluluğu önemli olan bu malzemenin işlenmesinde değişkenlerin mikro-yapı üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Kesme sıvısı kullanımının biyo uyumluluk üzerinde olumsuz etkisi göz önüne alındığında kesici takıma kriyojenik işlem uygulayarak işleme çıktıları incelenebilir.
- Farklı parametrelerde tahmin sonuçlarının elde edilebilmesi için matematiksel tahmin modelleri kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Şap, E., Çelik, H., “Kobalt Esaslı Alaşımların Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Ti ve Mn İlavesinin Etkisinin İncelenmesi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3): 925-33 (2012).
2. Şap, E., “Kobalt Esaslı Alaşımlara Bazı Metallerin Etkisinin Araştırılması”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 9(3): 25-33 (2010).
3. Milošev, I., “CoCrMo Alloy for Biomedical Applications, Biomedical Applications”, Modern Aspects of Electrochemistry 55, *Springer US*, Bostan-MA, 1-72 (2012).
4. Bahçe, E., Güler, M. S., Emir, E. ve Özel, C. “CoCrMo Tibial Komponentin Karbür Takım ile İşlenmesinde Yüzey Özelliklerinin Araştırılması”, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1): 16-30 (2018).
5. Dourandish, M., Godlinski, D., Simchi, A., Firouzdor, V., “Sintering Of Biocompatible P/M Co–Cr–Mo Alloy (F-75) .For Fabrication Of Porosity-Graded Composite Structures”, *Materials Science and Engineering A*, 472(1): 338–346 (2008).
6. Shokrani, A., Dhokia, V. and Newman, S. T., “Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids”, *Int. J. Mach. Tools Manuf*, 57: 83-101 (2012).
7. Zaman, H. A., Sharif, S., Kim, D., Idris, M. H., Shaimi, M. A. and Tumurkhuyag, Z., “Machinability of Cobalt-based and Cobalt Chromium Molybdenum Alloys - A Review”, *Procedia Manufacturing*, 11: 563-570 (2017).
8. Şap, E., ve Çelik, H., “V ve Mn İlavesinin Kobalt Esaslı Alaşımların İy yapısı ve Diğer Bazı Özelliklerine Etkisi”, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1): 27-35 (2013).
9. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 1-3, 23-25 (2004).
10. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 14-16, 300-330 (2000).
11. Anık, S., Dikicioğlu, A., ve Vural, M., “İmal Usulleri”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 250 (1999).

12. Gavas, M., Yaşar, M., Aydın, M. Ve Altunpak, Y., “Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 259, 263-264, 270, 280-283 (2015).
13. Günay, M., “Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 68-72 (2003)
14. İnternet: [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com) (2020).
15. İnce, M. A., “Co28Cr6Mo Dövülmüş Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Konya, 30-31, 43-45 (2015).
16. Akkuş, H., “Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Konya, 31,39 (2010).
17. Yıldız, S., “Takım Aşınma Mekanizmaları ve Aşınma Tipleri – Ders Notları”, *Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi*, Konya, (2020).
18. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgahları ve Üretim Otomasyonu”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 27,32 (2012).
19. Groover, M. P. ve Wiley, J., “Modern İmalatın Prensipleri”, Yurdakul, M., ve İç, Y. T., *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara, (2016).
20. Mavi, A., “Kesici Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin Ti6Al4V Titanyum Alaşımının İşlenmesinde Kesici Takım Performansının Etkisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-31 (2013).
21. Çetinçalı, R., “AISI 316L Paslanmaz Çeliğin Kaplamalı ve Kaplamasız Kesici Takımlarla İşlenebilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 35-36 (2010).
22. Sangwan, K. S., Saxena, S., and Kant, G., “Optimization of Machining Parameters to Minimize Surface Roughness using Integrated ANN-GA Approach”, *Procedia CIRP*, 29: 305-310 (2015).

23. Hecker, R. L., and Liang, S. Y., "Predictive Modeling Of Surface Roughness In Grinding", *Int. J. of Mac. Tools and Manufacture*, 43(8): 755-761 (2003).
24. Galyer, J. F. W., and Shotbolt, C. R., "Metrology For Engineers", *Cassel Publishers Limited*, London, 9: 191-194 (1993).
25. Neşeli, S., "Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Konya, 49-50 (2006).
26. Güral, A., "Çift Fazlı Çeliklerde Martenzit Hacim Oranı ve Morfolojisinin İşlenebilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1999).
27. Gökkaya, H., ve Nalbant, M., "Talaş Kaldırma Sırasında Isı Oluşumu ve Dağılımı", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 33-44 (2006).
28. Sandvik Coromant(Firm), "Modern Metal Cutting : A Practical Handbook", Sandvik Coromant, (1994).
29. Takmaz, A., "Kesici Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin İşlenebilirliğe Etkisinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce, 41-42, 45-46 (2018).
30. Cerit, A. M., "Kalite Geliştirme Kontrolü (Kalite Kontrol)", Üretim ve Tasarım-Makine Mühendisliği El Kitabı, Cilt 2, *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, Bölüm 18: 14-27 (1996).
31. Roy, R. K., "A Primer On The Taguchi Method", *Society of Manufacturing Engineers*, 10 (2010).
32. Anagün, A. S., "Kalite Kontrolünde İleri Teknikleri Ders Notları", *Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Eskişehir, (1997).
33. Şirvancı, M., "Kalite İçin Deney Tasarımı Taguchi Yaklaşımı", *Literatür Yayıncılık*, (1997).
34. Kabukçu, M., "İstatistik", Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Damla Offset, Konya, (1998)

35. Batu, F., “Uygulamalı İstatistik Yöntemleri”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi No 1709, Trabzon, (1995).
36. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 2”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 450-455 (2001).
37. Akgün, M., Ulaş, H. B., ve Demir, H., “İmalat Çeliklerinin Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Analizi ve Optimizasyonu”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6: 50-58 (2017).
38. Bahçe, E., Güler, M., ve Emir, E., “Investigation of Surface Quality of CoCrMo Alloy Used in the Tibial Component of the Knee Prosthesis According to the Methods of Turning and Turning-Grinding”, *Materials Science*, 26(1): 41-48 (2019).
39. Bordin, A., Ghiotti, A., Bruschi, S., Facchini, L. and Bucciotti, F., “Machinability Characteristics of Wrought and EBM CoCrMo Alloys”, *Procedia CIRP*, 14: 89-94 (2014).
40. Bruschi, S., Ghiotti, A., and Bordin, A., “Effect of the Process Parameters on the Machinability Characteristics of a CoCrMo Alloy”, *Key Engineering Materials*, 554-557: 1976-1983 (2013).
41. Bordin, A., Bruschi, S. and Ghiotti, A., “Effect of Cutting Speed and Feed Rate on the Surface Integrity in Dry Turning of CoCrMo Alloy”, *Procedia CIRP*, 13: 219-224 (2014).
42. Karpuschewski, B. and Döring, J., “Influence of the Tool Geometry on the Machining of Cobalt Chromium Femoral Heads”, *Procedia CIRP*, 49: 67–71 (2016).
43. Shokrani, A., Dhokia, V. and Newman, S. T., “Cryogenic High Speed Machining of Cobalt Chromium Alloy”, *Procedia CIRP*, 46: 404–407 (2016).
44. Song, Y., Park, C. H. and Moriwaki, T., “Mirror Finishing Of Co-Cr-Mo Alloy Using Elliptical Vibration Cutting”, *Precision Engineering*, 34(4): 784-789 (2010).
45. Jagtap, K. and Pawade, R., “A Comparative Analysis Of Cutting Forces In Precision Turning Of Co-Cr-Mo Bio-implant Alloy In Dry And Wet Machining Environments”, *Advances in Intelligent Systems Research*, 137: 234-241 (2017).



46. Bağcı, E., and Aykut, Ş., “A Study Of Taguchi Optimization Method For Identifying Optimum Surface Roughness In CNC Face Milling Of Cobalt-Based Alloy (Stellite 6)”, *Int J Adv Manuf Technol*, 29: 940-947 (2006).
47. Cassar, J., Mallia, B., Mazzonello, A., Karl, A. and Buhagiar, J., “Improved Tribocorrosion Resistance of a CoCrMo Implant Material by Carburising,” *Lubricants*, 6(3): 76 (2018).
48. Dijmarescu, M. R., Dijmarescu, M. C., Voiculescu, I., Popovici, T. D. and Tarba, I. C., “Study On The Influence Of Cutting Parameters On Surface Quality When Machining A CoCrMo Alloy”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 400(2): 22020 (2018).
49. Dijmarescu, M. R., Popovici, T. D., Tarba, I. C., Dijmarescu, M. C., and Bisu, C. F., “An experimental study on cutting forces when machining a CoCrMo alloy”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 400(2): 22019 (2018).
50. Chan, C. W., Smith, G. C. and Lee, S., “A Preliminary Study To Enhance The Tribological Performance Of CoCrMo Alloy By Fibre Laser Remelting For Articular Joint Implant Applications”, *Lubricants*, 6(1): 24 (2018).
51. Aykut, Ş., Bağcı, E., Kentli, A. and Yazıcıoğlu, O., “Experimental Observation Of Tool Wear, Cutting Forces And Chip Morphology In Face Milling Of Cobalt Based Super-Alloy With Physical Vapour Deposition Coated And Uncoated Tool”, *Materials & Design*, 28(6): 1880-1888 (2007).
52. Shao, H., Li, L., Liu, L. J. And Zhang, S. Z., “Study On Machinability Of A Stellite Alloy With Uncoated And Coated Carbide Tools In Turning”, *Journal of Manufacturing Processes*, 15(4): 673-681 (2013).
53. Karpuschewski, B., Pieper, H. J. and Döring, J., “Impact Of The Cooling System On The Cutting Of Medical Cobalt Chromium With Ceramic Cutting Inserts”, *Production Engineering*, 8(5): 613–618 (2014).
54. Özdemir, M., “Analysis of the Effect Rates of Cutting Parameters on Surface Roughness using Surface Response Method”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(3): 639-648 (2019).
55. Çakır, O., Kıyak, M., Atlan, E., “Comprasion of Gases Applications to Wet and Dry Cuttings in Turning”, *Journal of Materials Processing Technology*, 153: 35-42 (2004).

56. Yamane, Y., Nautili, N., Hayashi, K., “Suppression of Tool Wear by Using An Inert Gas in Face Milling”, *Journal of Materials Processing Technology*, 62: 380-383 (1996).
57. Fallböhmer, P., Rodriguez, C. A., Özel. T., Altan, T., “High-Speed Machining of Cast Iron and Alloy Steels for Die and Mold Manufacturing”, *Journal of Materials Processing Technology*, 98: 104-115 (2000).
58. Sekmen, M., Günay, M., ve Şeker, U., “Alüminyum Alaşımlarının İşlenmesinde Kesme Hızı ve Talaş Açısının Yüzey Pürüzlülüğü, Yığıntı Talaş ve Yığıntı Katmanı Oluşumu Üzerine Etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 18(3): 141-148 (2015).
59. Abukhshim N, Mativenga P, Sheikh M., “Heat Generation and Temperature Prediction in Metal Cutting: A Review and Implications for High Speed Machining”, *Int J Machine Tools Manuf*, 46: 782–800 (2006)

## **ÖZGEÇMİŞ**

Buşra MUTLU, 1994 yılında İstanbul Fatih'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde öğrenimine başlayıp 2017 yılında mezun oldu. İstanbul'da imalat üzerine bir firmada 1 yıl mühendis olarak çalıştı. 2017 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Cumhuriyet Mahallesi 63. Cadde No: 45/B Blok-16 5000 Evler/Karabük

Tel: 0 535 260 32 72

E-posta: busra-aydogdu1@hotmail.com