



**CoCr (F75) ALAŞIMININ FREZELEME
YÖNTEMİYLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Burak ARKIN

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

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

**CoCr (F75) ALAŞIMININ FREZELEME YÖNTEMİYLE
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Burak ARKIN

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

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

**KARABÜK
OCAK 2020**

Burak ARKIN tarafından hazırlanan “CoCr (F75) ALAŞIMININ FREZELEME YÖNTEMİYLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 17/01/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Turgay KIVAK (DÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞAR (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.”

Burak ARKIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CoCr (F75) ALAŞIMININ FREZELEME YÖNTEMİYLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Burak ARKIN

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Nafiz YAŞR

Ocak 2020, 61 sayfa

Sağlık sektöründe kullanımı çok yaygın olan implantlar, biyo uyumlulukları, aşınma dirençleri ve korozyon dayanımı yüksek olan malzemelerden tercih edilmektedir. Bu çalışma, yüksek sıcaklıklarda aşınma, korozyon ve yüksek mukavemete sahip olan CoCr (F75) malzemesinin işlenebilirliğinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Bu malzemelerin doku ile alerjik, toksik, karsinojenik reaksiyon vermemesi istendiği için mekanik, kimyasal, fiziksel ve termal özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenle CoCr (F75) malzemesinin işlenmesinde işleme parametrelerinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu amaç doğrultusunda, gelişen endüstride önemli bir yeri olan CoCr (F75) implant malzemesi kullanılarak işlenebilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler kuru kesme şartlarında frezeleme yöntemiyle gerçekleştirilmiş olup, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin üçer farklı seviyesi kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda yüzey pürüzlülükleri (Ra) ve işleme esnasında oluşan sıcaklık (T) değerleri incelenmiştir. En düşük sıcaklık ve yüzey pürüzlülük değerleri kaplamalı takımlar ile gerçekleştirilen deneylerde elde edilmiştir.

Varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına göre, her iki kesici takım için elde edilen işleme çıktıları (Ra ve T) üzerinde en etkin parametrenin kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : İşlenebilirlik, İmplant, CoCr (F75), Frezeleme

Bilim Kodu : 91438



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AN INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF CoCr (F75) ALLOY BY MILLING

Burak ARKIN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Manufacturing Engineering**

Thesis Advisor:

Asst. Assoc. Prof. Nafiz YAŞAR

January 2020, 61 pages

Implants, which are very common in the health sector, are preferred from materials with high biocompatibility, abrasion resistance and corrosion resistance. This study aims to investigate the machinability of CoCr (F75) material, which has abrasion, corrosion and high strength at high temperatures. Since these materials are not required to react allergic, toxic, carcinogenic with the tissue, their mechanical, chemical, physical and thermal properties should be known. Therefore, it is very important to determine the machining parameters in the milling of CoCr (F75) material. For this purpose, machinability experiments were carried out using CoCr (F75) implant material, which has an important place in the developing industry. Experiments were carried out by milling method in dry cutting conditions with three different levels of cutting speed, feed rate and depth of cut. As a result of experimental studies, the surface roughness (Ra) and the temperature (T) values during the processing were examined. The lowest temperature and surface roughness values were obtained in

experiments with coated tools. According to the variance analysis (ANOVA) results, it was determined that the most effective parameter is the depth of cut on the machining outputs (Ra and T) obtained for both cutting tools.

Key Word : Machinability, Implant, CoCr (F75), Milling

Science Code : 91438



TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araştırılmasında, 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.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
BİYOMALZEMELER.....	3
2.1. METALİK BİYOMALZEMELER.....	4
2.1.1. Metalik Biyomalzemelerinden Beklenen Özellikler.....	5
2.1.2. Metalik Biyomalzemelerin Kullanım Alanları.....	7
2.1.3. CoCrMo Alaşımları.....	9
BÖLÜM 3	9
TALAŞLI İMALAT.....	9
3.1. TALAŞ KALDIRMA	9
3.1.1. Talaş kaldırmayı Etkileyen Faktörler.....	9
3.1.1.1. Kesici Takım Geometrisi	9
3.1.1.2. İşleme Esnasında Isının Oluşumu.....	11
3.1.1.3. Takım Ömrü.....	12
3.1.1.4. Kesme Hızı	13
3.1.1.5. Talaş Derinliği Ve İlerleme Hızı	13

Sayfa

3.1.1.6. Kesme Kuvveti	13
3.2. İŞLENEBİLİRLİK.....	15
3.2.1. İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler	16
3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	18
3.3.1. Pürüzlülük Parametreleri.....	18
3.3.1.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı.....	18
3.3.1.2. Ortalama Çizgisi	19
3.3.1.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra).....	19
3.3.1.4. Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk).....	20
3.3.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	21
BÖLÜM 4	22
TAGUCHI METODU.....	22
4.1. DENEY TASARIMI VE TAGUCHİ METODU	23
4.2. TAGUCHİ’NİN S/N ORANI	24
4.3. UYGUN ORTOGONAL DÜZENİN SEÇİLMESİ.....	26
BÖLÜM 5	28
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	28
BÖLÜM 6	31
MATERYAL METOD	31
6.1. DENEY NUMUNELERİ.....	31
6.2. KESİCİ TAKIM VE TAKIM TUTUCULAR	31
6.3. TAKIM TEZGÂHI VE DENEY DÜZENEGİ	32
6.4. DENEY PARAMETRELERİ	33
6.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ	33
6.6. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ.....	34
6.7. TAGUCHİ OPTİMİZASYONU	35
BÖLÜM 7	37
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	37

Sayfa

7.1. İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNE ETKİSİ	37
7.2. İŞLEME PARAMETRELERİNİN SICAKLIĞA ETKİSİ.....	40
7.3. S/N ORANLARININ ANALİZİ	43
7.4. VARYANS ANALİZİ (ANOVA).....	48
BÖLÜM 8	54
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
8.1. SONUÇLAR	57
8.2. ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Takım açılarının etkisi	10
Şekil 3.2. İşleme esnasında ısının oluşumu.....	11
Şekil 3.3. Talaş kaldırma kuvvetleri	13
Şekil 3.4. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu	19
Şekil 3.5. Grafikselsel olarak ortalama yüzey pürüzlülüğünün ifadesi	19
Şekil 3.6. Profil ve genlik dağılım eğrisi	20
Şekil 3.7. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörler	21
Şekil 6.1. Deneyselerde kullanılan CoCr (F75) malzemesi	31
Şekil 6.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan kesici takım	32
Şekil 6.3. MAKINO N2-5XA yatay işlem tezgâhı	32
Şekil 6.4. Yüzey pürüzlülük cihazı	34
Şekil 6.5. Sıcaklık ölçüm cihazı	34
Şekil 7.1. Kesme derinliğine bağılı olarak Ra değışimleri (Kaplamasız karbür).....	38
Şekil 7.2. Kesme derinliğine bağılı olarak Ra değışimleri (Kaplamaalı karbür).....	39
Şekil 7.3. Kesme derinliğine bağılı olarak ortalama sıcaklık değışimleri (Kaplamasız karbür)	41
Şekil 7.4. Kesme derinliğine bağılı olarak ortalama sıcaklık değışimleri (Kaplamaalı karbür)	42
Şekil 7.5. S/N oranları için ana etki grafikleri (Kaplamasız Karbür).....	45
Şekil 7.6. S/N oranları için ana etki grafikleri (Kaplamaalı Karbür).....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Metalik biyomalzemelerin bazı tıbbi uygulama alanları	7
Çizelge 4.1. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu	26
Çizelge 6.1. CoCr (F75) malzemesinin kimyasal içeriği	31
Çizelge 6.2. MAKINO tezgahının bazı özellikleri.....	32
Çizelge 6.3. Deney parametreleri ve kesici takım özellikleri	33
Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.....	33
Çizelge 6.5. OPTRİS PI 456 Termal kameranın teknik özellikleri.....	34
Çizelge 6.6. İşleme parametrelerinin seviyeleri.....	35
Çizelge 6.7. Taguchi L ₂₇ dikey dizini	36
Çizelge 7.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen deney sonuçları ve S/N oranları	44
Çizelge 7.2. Ra ve T için S/N oranlarına göre işleme parametrelerinin önem sırası (Kaplamasız Karbür).	45
Çizelge 7.3. TiAlN kaplamalı takımlarla elde edilen deney sonuçları ve S/N oranları).	46
Çizelge 7.4. Ra ve T için S/N oranlarına göre işleme parametrelerinin önem sırası (TiAlN kaplamalı).	47
Çizelge 7.5. Ra'ya göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (Kaplamasız karbür).	49
Çizelge 7.6. Ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (Kaplamasız karbür).	50
Çizelge 7.7. Ra'ya göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (TiAlN kaplamalı).	51
Çizelge 7.8. Ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (TiAlN kaplamalı).	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Ti	: Titanyum
Al	: Alüminyum
V	: Vanadyum
Co	: Cobalt
Cr	: Crom
Mo	: Molibden

KISALTMALAR

S/N	: Sinyal Gürültü Oranı
CNC	: Bilgisayar Sayısal Kontrol (Computer Numeric Control)
DF	: Serbestlik Derecesi
SS	: Kareler Toplamı
F	: Test İstatistiği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojinin gelişimine bağlı olarak, daha üstün özelliklere sahip yeni malzemelerin elde edilebilmesi için yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu durum araştırmacıların yeni yöntem ve üretim teknikleri kullanarak deneysel çalışma üzerine yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmalar, insan yaşam unsurları için gerekli olan malzemeler üzerinde de hızla artmaktadır. İnsanların yaşamsal faaliyetlerini daha rahat sürdürebilmesi ve yaşam kalitesinin arttırılabilmesi adına vücut içerisinde kullanılacak malzemelerin belirlenebilmesi oldukça önemli bir ihtiyaçtır. Vücut içinde kullanılacak olan malzemenin (biyomalzemenin), vücut ile uyumluluğunun olması ve aynı zamanda işlevselliği yüksek bir malzeme olması gereklidir. Dolayısıyla biyolojik kaynaklı malzemelerin üretimi ve geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir [1].

Biyomedikal alanında ihtiyaç duyulan implantlar genellikle karmaşık bir geometrik yapıya sahiptir. Bu karmaşık geometriye sahip implantların, ekleme işlemine gerek kalmadan tek tip bir malzeme olarak üretilebilmesi için kullanılacak en avantajlı üretim yöntemi döküm yöntemidir. Ancak döküm yöntemiyle imalatı gerçekleştirilen bu implantların, vücut içerisinde düzgün bir şekilde işlevini gerçekleştirebilmesi için talaşlı imalat süreçlerinden geçmesi gereklidir. Bu malzemeler, yüksek mukavemet, tokluk, aşınma direnci ve düşük ısı iletkenliği gibi benzersiz özellik kombinasyonları nedeniyle işlenmesi zor malzemeler kategorisine girmektedir. Bu özellikler implantların işlenebilirliğini olumsuz etkilemektedir. İmplant malzemelerinin talaşlı imalat işlemi esnasında deforme olmamaları gerekmektedir. Optimum işleme parametrelerinin belirlenmesi, istenilen yüzey kalitesi ve ürün maliyetleri açısından oldukça önemli olup işlenebilirlik üzerinde önemli derecede etkiye sahiptir. Bu tez

alışmasında, CoCr (F75) alaşımının frezeleme yöntemiyle işlenebilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2

BIYOMALZEMELER

Biyomalzemeler ilk olarak fildişi protezlerinin vücuda yerleştirilmesiyle kullanılmaya başlanmış olup kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. Biyomalzemelerin kullanımı günümüze kadar, giderek yaygınlaşarak büyük ilerleme göstermiştir. Biyomalzemeler, insan vücudunda bulunan canlı doku ve organların işlevlerini yapabilmeleri ya da onları desteklemek amacıyla kullanılan doğal veya yapay olan malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Biyomalzemelerin kullanımı tıbbi ve biyoteknolojik alanlarda daha yaygındır. Bu durum tıp alanında yaşanan ilerlemelere bağlı olarak gelişim göstermiştir. Metalik, biyoseramik, kompozit ve polimer biyomalzemeler tıp alanından kullanılan en önemli biyomalzemeler grubuna girmektedir [2]. Son zamanlarda nanoteknoloji ve imalat yöntemlerindeki gelişmelere bağlı olarak üstün özelliklere sahip biyomalzemelerin üretimi ve geliştirilmesi üzerine çalışmaların arttığı görülmektedir [3].

Biyomalzemeler dokularına göre pH değeri 1 ile 9 arasında değişen vücut akışkanlarıyla kısmen ya da sürekli temas durumundadır. Bu nedenle biyomalzemelerin korozyona karşı dayanımları önem arz etmektedir. Vücudun, günlük aktiviteler esnasında çeşitli gerilmelere maruz kalmasıyla birlikte bu malzemelere verdiği tepkiler de farklılık göstermektedir.

Vücut tarafından bazı malzemeler kabul edilebilir olabilirken bazı malzemelerde kabul görmemektedir. Dolayısıyla implant malzemelerinin bu değişken şartlara dayanıklı olabilmesi ve biyoyumluluk göstermesi gereklidir. Biyoyumluluk, malzemenin kullanım sürecinde, vücut sistemine uyumluluk gösterebilme, vücut ile uyum sergileme, kendini çevreleyen dokuların normal işlevlerine engel olmama ve iltihap

oluşturmama kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Biyouyumluluk oranı yüksek olan biyomalzemelere, seramikler, metaller, kompozitler ve polimerler örnek olarak gösterilebilir [2].

Biyomalzemeler kullanılacak yerlere göre uygun özellikleri taşımalıdır. Ortopedi uygulamalarında kullanılan biyomalzemelerin, mekanik dayanıma sahip olma, vücut sıvılarını bünyesine alarak şişmeme, korozyona uğramama, deforme olmama, aşınmama, alerjik reaksiyonlara sebep olmama ve zehirli ürünleri salgılamama, sterilizasyon işlemlerinde özelliklerini kaybetmeme vb. gibi özelliklere sahip olmaları oldukça önem arz etmektedir [4].

Metallerin, dayanıklılık, aşınmaya karşı direnç ve kolay şekillendirilebilir olması gibi avantajları olmasına rağmen biyouyumluluklarının ve korozyon direncinin düşük olması, dokulara göre daha yüksek sertlik ve yoğunluklarının olması ve alerjik doku reaksiyonlarına neden olan metal iyonu verme gibi olumsuzluklarından dolayı kullanım alanları sınırlı kalmaktadır [2]. Metal protezler için biyouyumluluk, vücut içerisinde korozyona maruz kalmalarıyla ilgilidir. Korozyon, metallerin çevreleriyle istenilmeyen kimyasal etkileşime girerek oksijen, hidroksit ve diğer başka bileşikler meydana getirerek bozulması ve hasara uğraması olarak ifade edilebilir. İnsan vücudu metalik biyomalzemelere korozif ortam sergilediği için korozyon ürünleri dokunun içine girerek hücrelerin zarara uğramasına neden olmaktadır [3].

Biyoseramikler, vücut sıvılarının etkilerine karşı dayanımlarının yanı sıra, yüksek biyouyumluluk ve düşük mekanik özelliklere sahip olup esnek olmayan ve yoğunluğu yüksek olan malzemelerdir. Biyoseramikler malzemelerden birisi olan ve kliniklerde yaygın kullanılan; Hihroksiapatit, inorganik yapıya sahip kemik dokusunun meydana getiren kalsiyum fosfat bazlı seramik olup, biyouyumluluğu sebebiyle yapay kemik olarak çeşitli protezlerin üretiminde, kırık ve çatlak kemiklerin onarılmasında ve metalik biyomalzemeler için kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır [5].

2.1. METALİK BİYOMALZEMELER

Kristal yapılarının yanı sıra sahip oldukları mekanik bağlar sebebiyle mükemmel mekanik özellikleri taşıyan metal ve alaşımları biyomalzeme alanında yüksek paya

sahiptir. Ortopedik uygulamalarında eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak, çene cerrahisinde diş implantı, kalp-damar cerrahisinde ise yapay kalp parçaları ve kalp kapakçığı olarak kullanılmaktadır [6]. Kas ve iskelet sisteminin mekanik koşullarına uyum gösteren metalik biyomalzemeler, korozyon özelliklerinin kötü olduğu bilinmesine rağmen canlı organizmalarda biyoimplant olarak kullanılan metal malzemelerin yüzeylerinde meydana gelen pasif filmler, yüzeyde oksitlenme reaksiyonlarını yavaşlatarak, vücut sıvısının içerisinde metalin, minimum seviyede çözünmesini sağlamakta ve vücudun içerisindeki kullanım ömrünü de arttırmaktadır [7].

Yaygın olarak kullanılan saf veya alaşım halinde bulunan biyomalzemeler; Co, Ti, V, Al, Cr, W, Mo ve Ni'nin farklı kombinasyonundaki alaşımlarıyla saf titanyum ve paslanmaz çeliğin çeşitleridir. Metallerin saf halde kullanılmasının uygunluğu çoğu alaşımlara göre iyi değildir. Metallerin tek başına sağlayamadığı bazı özellikler, diğer alaşım elementlerinin ilavesiyle meydana getirilebileceğinden metallerin alaşım olarak kullanılması tercih edilmektedir. Ancak istenilen özelliklerin tümü tam anlamıyla alaşımların içerisinde de yer almayabilir. Günümüzde üç temel metal grubu (kobalt-krom esaslı alaşımları, paslanmaz çelikler ve titanyum bazlı alaşımlar) ve bunların farklı türevleri ortopedi ameliyatlarında fabrikasyon protez malzemeleri kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan saf veya alaşım halindeki protezlerse; Co-Cr-Mo, Co-Cr-W-Ni, Co-Ni-CrMo-Ti, Ti-Al-V alaşımlarıyla saf titanyum ve paslanmaz çeliğin çeşitleridir [8].

2.1.1. Metalik Biyomalzemelerden Beklenen Özellikler

Metalik biyomalzemelerden istenilen altı özellik bulunmaktadır. Bunlar;

- Biyouyumluluk,
- Toksik oluşturmama,
- Korozyona karşı direnç,
- Kimyasal kararlılık,
- Yorulma dayanımı,
- Uygun tasarım ve üretilmesidir.

Biyouyumluluk

Biyouyumluluk, implant malzemelerini çevreleyen dokularca iyi tolere edilmesi olarak ifade edilebilir. Başka ifadeyle; malzemeyi çevreleyen dokuların işlevlerinin zaman içinde nakil uygulaması nedeniyle bozulmaması demektir. İmplant malzemeleri bünye içerisine yerleştirildiği zaman vücut dokusu implantı ya reddeder veya bazı komplikasyonlarla bünye içerisinde tutar. Sağlıklı bir uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için; hiçbir komplikasyonun veya kötü etkiye olanak vermeyen implant malzemesini vücut dokusuna kabullendirilmesi hedeflenmektedir [9].

Toksit Oluşturmama

Litaratürde dokuyla veya vücut sıvılarıyla direkt temas halinde bulunan malzemelerin toksit özelliği kazandığı belirtilmektedir. Böyle malzemeler için dikkat edilmesi oldukça önemlidir. Bu malzemelerin direkt temas halinde bulunmalarını engellemek zorunludur [9].

Korozyon Direnci

Sağlık sektöründe gerçekleştirilen operasyonlarda odaklanılması gereken önemli konuların başında korozyon gelmektedir. Yüksek döngüye sahip gerilimler ve korozif vücut sıvıları biyomalzemeleri etkilemektedir. Bünye içindeki ortamlar metallere yüksek korozyon şartları meydana getirecek dinamik ortamdır. Metaller aşınmaya uğradığında meydana gelecek ürünler bünyeye tehlike oluşturur [9].

Kimyasal Kararlılık

Kimyasal kararlılık korozyon ile yakından alakalıdır. Ancak bu durum bazen korozyon oluşmadan malzemelerin vücut sıvılarını absorbe etmesiyle özelliklerinde değişiklik olduğu görülmüştür [9].

Yorulma Dayanımı

Bütün metaller belirli döngüsel gerilim sonrasında kırılmaktadır. Kemik protezlerindeki yorulma hasarları gerilim ve korozif gibi etkenlerin çevrede olmasıyla devamlı gündemde olmaktadır. Yorulma dayanımı, implant malzemesinin üretimi ve tasarımında dikkat edilmesi gerekli konuların başında gelmektedir. Bir implant

tasarımı yapılırken seçilen malzemenin vücuda olan güvenilirliği hesaplanırken insan vücudunda yer alan gerilimlerin iyi bilinmesi gereklidir [9].

Uygun Tasarım ve Üretim

Ortopedi alanında kullanılan implant malzemelerinden biyo uyumluluktan sonra istenilen en önemli özelliklerden biri de kemik ile mekanik özelliklerinin uyuşmasıdır. Kemik ile benzer davranış sergilemesi için malzemelerin elastikliği de oldukça önemlidir. Bu kriteri yerine getiren mükemmel malzeme doğru tasarlanmaz ise beklenmedik hasarlara sebep verebilir [9].

2.1.2. Metalik Biyomalzemelerin Kullanım Alanları

Metalik biyomalzemeler, ortopedik uygulamalarında kemik yenileme ve eklem protezi malzemesi olarak, çene cerrahisinde diş implantı yapımında, kalp ve damar cerrahisinde yapay kalp parçalarının üretiminde ve kalp kapakçıklarında, bel kemiğinde, vidalarda, metal parçalarda, fiksatör tellerinde, çivilerde, anatomik, kalça ve açık plaklarda ve vücut içine yerleştirilebilen cihazlarda kullanılmaktadır [10]. Günümüzde metalik biyomalzeme içerisinde en fazla uygulama alanı olan metal ve paslanmaz çelikler, kobalt-krom alaşımları, titanyum ve titanyum alaşımları, nikel-titanyum alaşımları, amalgam, tantal alaşımları ve altındır. Tantal, platin ve zirkonyum gibi elementler mekanik dayanımlarındaki düşüklükten dolayı implant kullanımında oldukça sınırlıdır. Paslanmaz çelikler, Co-Cr-Mo ve titanyum ve alaşımları yük taşıyıcı olarak ise yaygın kullanılan metalik malzemelerdir [7].

Şekillendirilebilme ve üretilebilmelerindeki güçlüklerle karşı sert dokuları ve yüksek dayanımları sebebiyle metal malzemelerin kemiklerin yerine kullanımları uygun görülmüştür. Kırık kemik parçalarının birleştirilmesinde; plaka veya parça halinde kalça kemiği ya da diz kapağı protezi, dişçilikte ise protez ve dolgu malzemesi olarak metalik biyomalzemelerden yararlanılmaktadır. Metalik biyomalzemelerin tıp alanındaki bazı uygulamaları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir [11].

Çizelge 2.1. Metalik biyomalzemelerin bazı tıbbi uygulama alanları [11].

Uygulamaları	Metal Alaşımları
Dişçilik	Co-Cr alaşımları
Kınk plakları	Co-Cr alaşımları, Paslanmaz çelikler
Kalp kapakçıkları	Co-Cr alaşımları
Mafsal parçaları	Co-Cr ve Ti alaşımları
Vidalar	Co-Cr ve Ti alaşımları

Biyomedikal uygulamalarında da saf titanyum ve Ti6Al4V alaşımları kullanılmaktadır. 240-270 MPa çekme dayanımına sahip saf titanyum genellikle dental implantlarında kullanılmaktadır. Dünya genelinde %50 gibi yüksek bir kullanılma oranı olan Ti6Al4V en yaygın titanyum alaşımı olarak bilinmektedir. Yüksek korozyon direncinin yanı sıra sahip olduğu düşük yoğunluğuyla statik ve dinamik dayanımlarının yüksek olması Ti6Al4V alaşımının tercih sebebidir [1].

Metalik biyomalzemeler, protez olarak kullanılmalarının yanı sıra ekstrakorporeal cihazlarda (vücut haricine yerleştirilen fakat vücutla etkileşim halindeki cihazlar), çeşitli eczacılık ürünlerinde ve teşhis kitlelerinde de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Buna rağmen hala devam eden biyomalzemelerin aşılammış bazı problemlerde bulunmaktadır. Doku mühendisliği ve gen tedavisi gibi alternatif yaklaşımlar bu problemlerin çözümü için yaklaşım sunmaktadır. Özellikle nanoteknoloji, ve imalat metotlarındaki gelişimlere paralel olarak daha mükemmel biyoimplantların geliştirilmesi hedeflenmektedir [2].

Kobalt esaslı alaşımlarının genel en bilinen özellikleri yüksek aşınma, sıcaklık ve korozyon direncine sahip olmalarıdır. Kobalt esaslı alaşımların birçoğu %20-30 civarında krom ihtiva eder. Nikel bazlı süper alaşımlara göre daha fazla karbon içeriğine sahiptir [12]. Kobalt bazlı alaşımlar genelde 650-1150 °C sıcaklık aralığında kullanılarak 1100 °C civarındaki sıcaklıklarda nikel esaslı alaşımlardan daha serttirler. Kobalt-krom alaşımları mükemmel mukavemet, tokluk, sertlik ve korozyon dirençleri sebebiyle metal kaplama, ortopedik ve dental implant malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Kobalt esaslı alaşımların özelliklerinin pek çoğu kobaltın sahip olduğu kristalografik yapıdan ileri gelmektedir. Bu alaşımların mukavemetlerinin

yükseltilmesi katı çözelti sertleşmesi, karbür çökelme sertleşmesi ve istif hatalarıyla sağlanabilir. %20-30 arası krom ilavesi alaşıma mükemmel korozyon direnci kazandırmaktadır. Hem YMK ve hem de HSP faz yapılarının her ikisinde de Cr elementi iyi derecede çözünür. Saf durumdaki kobalta bahsedilen özellikleri kazandırabilmek amacıyla, mukavemetlendirme adı altında birtakım işlemler uygulanır. Bu işlemleri sırası ile açıklayarak, kısaca bunlardan bahsetmek faydalı olacaktır [1]. Biyomedikal malzeme olarak kullanılan CoCrMo alaşımına nikel katılmasının, alaşımın mekanik ve elektrokimyasal özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada alaşımın ana malzemesi olan kobalt elementinin ve diğer alaşım elementlerinin hem özelliklerinin hem de malzeme karakteristiğinin anlaşılması büyük önem taşımaktadır.

Kobalt esaslı alaşımlar, nikel esaslı alaşımlara göre karşılaştırıldığında daha stabildirler ve çok yüksek sıcaklıklarda çözünebilir karbür oluşumuyla yüksek mukavemet değerlerini kazanabilirler. Böylece yüksek sıcaklık aralığında kobalt bazlı alaşımların, nikel bazlı alaşımların yerine tercih edilebileceği görülmektedir [1].

2.1.3. CoCrMo Alaşımları

Bu alaşımların içinde esas olarak %53-68 kobalt ve %25-34 oranında krom bulunmaktadır [13]. Kobalt bazlı alaşımlar genelde nikel esaslı alaşımlara göre daha yüksek düzeylerde krom ihtiva ederler. Krom içeriği genelde en fazla %30'dur. Bunun neticesi olarak, bu alaşımlar nikel bazlı alaşımlardan daha iyi korozyon direncine sahiptir. Diğer alaşım elementleri volfram(W), karbon (C), niyobyum (Nb), manganez (Mn), silisyum (Si), alüminyum (Al) rutenyum (Ru) ve molibdendir (Mo) [14]. Karbon, alaşımı güçlendirmek için eklenir. Karbon oranındaki yaklaşık olarak %0,2'lik değişim alaşımın dış hekimliğinde kullanılabilir olma özelliğini kaybetmesine neden olur. Örneğin karbon oranı alaşımı için belirtilen miktarın %0,2'si kadar arttırıldığında alaşım çok sert ve kırılgan olur, %0,2'si kadar azaltıldığında ise alaşımın bükülme ve nihai direnci çok azalacaktır. Her iki şartta da alaşım dış hekimliği için uygun olmayacaktır. Alaşımı meydana getiren bütün elementler (Cr, Si, Mo, Co ve Ni) karbonla etkileşerek karbidleri meydana getirir ve alaşımın özelliğini değiştirir [9].

BÖLÜM 3

TALAŞLI İMALAT

Malzemelere şekil vermek maksadıyla malzemenin üzerinden kesici takımlar ile talaş kaldırılmasına talaşlı imalat denilir. Talaş kaldırma işlemi kesici takımın kesme hızı ve ilerleme miktarıyla gerçekleştirilmektedir. Kesme hızı temel talaş kaldırma işlemidir, ilerleme miktarı ise malzemenin üzerinde iş parçasının uzunluğu ya da genişliği boyunca belirli bir yerinin işlenmesini gerçekleştiren harekettir [15].

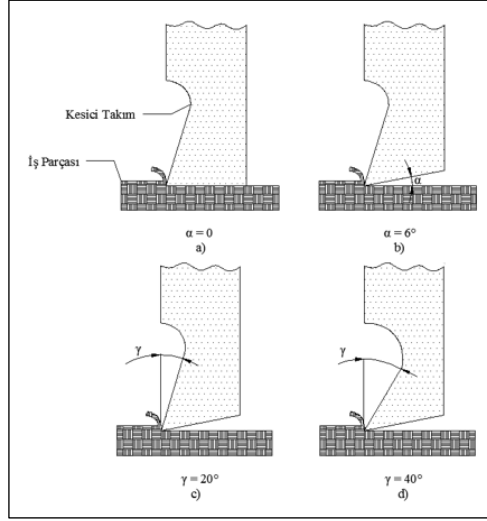
3.1. TALAŞ KALDIRMA

Talaş kaldırma işlemi malzemedan belirli bir boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip ürün meydana getirmek amacıyla kesici ucu keskin takım ile güç uygulanarak, malzeme üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırmadır. Fiziki olarak bu işlem, elastik ve plastik şekil değişimi, sürtünmeden dolayı ısı oluşması, talaş kırılması ve büzülmesi, malzeme yüzeyinde sertleşme oluşması, kesici takım uç kısmının aşınması gibi olayların olduğu karmaşık bir olay olarak ifade edilebilir [16].

3.1.1. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

3.1.1.1. Kesici Takım Geometrisi

Takım geometrisini boşluk açısı (α), talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve uç yarıçapı (r) belirlemektedir. α değerlerine göre takım durumları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Takım açılarının etkisi [17].

Takım ve malzeme yüzeyinin arasındaki sürtünmenin engellenebilmesi için α değeri yaklaşık olarak 6° olmalıdır. Genel anlamda α değeri takım ve malzemeye bağlı olarak 3° ile 7° arasında seçilmektedir [18].

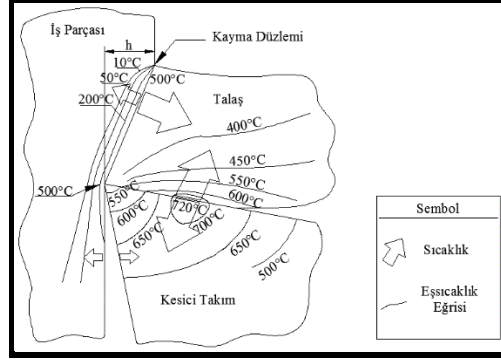
Şekil 3.1.c'deki gibi γ küçük ise iş parçasının işlenmesi zorlaşacağından, ısı oluşumu ve kesme kuvveti artar bunun yanı sıra kesici takımın aşınması daha çabuk gerçekleşir.

Şekil 3.1.d'deki gibi γ büyük ise kesici takımın ucu daha ince olacağından iş parçasının işlenmesi daha kolay olur. Takım ucunun ince olmasından daha düşük kesme kuvveti yeterli olacaktır, talaş kolay atılır ve yüksek kesme hızlarında işleme gerçekleştirilebilir. Fakat kesici takım ucunun ince olması kuvvetlere karşı mukavemetinin azalacağından takımın kırılma ihtimali artar [19].

3.1.1.2. İşleme Esnasında Isının Oluşumu

İşleme esnasında iş parçasından kaldırılan talaştan kaynaklı oluşan ısı, malzemenin kaldırılması gereken talaş için gereken enerjiden, kesici takım ile kaldırılan talaş arasındaki sürtünmeden ve kesici takımla iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünmeden oluşmaktadır. Oluşan ısının bir kısmı, iş parçasından kaldırılan talaş ile dışarıya atılır, kalan ısı ise kesici takıma ve iş parçasına geçer. Kesici takım ve iş parçasına geçen ısı kesici takım üzerinde sıcaklık artışına sebep olacağı için aşınmaya neden olur ve kesici

takım ömrünün azalmasını hızlandırır. Isı oluşumunun gösterimi Şekil 3.2’de verilmiştir [20].



Şekil 3.2. İşleme esnasında ısının oluşumu [20].

3.1.1.3. Takım Ömrü

Talaşlı üretimde önemli unsurlardan birisi de takım ömrüdür. Takım ömrü kesici takım ve iş parçası malzemesi, işleme parametreleri ve takım tezgahına bağlıdır. Talaş kaldırma işlemleri esnasında oluşan sürtünmelerden ve sıcaklık artışından kesici takımda aşınma oluşur. Oluşan sürtünme kesici takımdaki aşınmanın en önemli nedenidir. Artan sıcaklık ise kesici takımın dayanımını azaltacağından aşınmanın oluşmasını hızlandıran bir etkidir [20].

Oluşan takım aşınması, kesici takım ve iş parçası malzemesi, kesici takım ve çıkan talaş geometrisi, kesme hızı ve ortam şartları (kuru veya kesme sıvısı kullanılması) gibi etkenlere bağlıdır. Takım ömrü de aşınmaya bağlı olduğundan aşınmayı etkileyen etkenler takım ömrü içinde geçerlidir. Takım ömrünü etkileyen faktörlerden en önemlisi kesme hızıdır. Taylor’ın yapmış olduğu çalışmalar sonucunda takım ömrü (T) ve kesme hızı (v) arasında bir ilişki bulunmaktadır ve buna bağlı olarak Taylor takım ömrü modeli olarak bilinen

$$v = C_t / T^n \quad (3.1)$$

eşitliği sağlanmıştır. Burada, kesme hızı (V) mm/dk, takım ömrü (T) dk, iş parçası ve kesici takım malzemesine göre sabit (n) ve C_t ise Taylor sabitidir [28].

3.1.1.4. Kesme Hızı

Kesme hızı (v), talaş kaldırma esnasında kesme yönüne doğru bir hızla ilerleme yöntemidir. Sıcaklığı etkileyen faktörlerin arasında olduğundan talaş kaldırma esnasında ideal kesme hızı, takım ömrünün ve talaş kaldırma miktarının dengelenmesi için iyi seçilmelidir [21].

3.1.1.5. Talaş Derinliği ve İlerleme Miktarı

Talaş kaldırılmasında diğer faktörler talaş derinliği (a) ve ilerleme miktarı (f)'dır. Bu faktörlerden biri değiştiğinde kaldırılan talaş miktarı da değişmektedir. Ayrıca bu faktörlerdeki her değişiklik, takım ömründe de değişime yol açmaktadır [22].

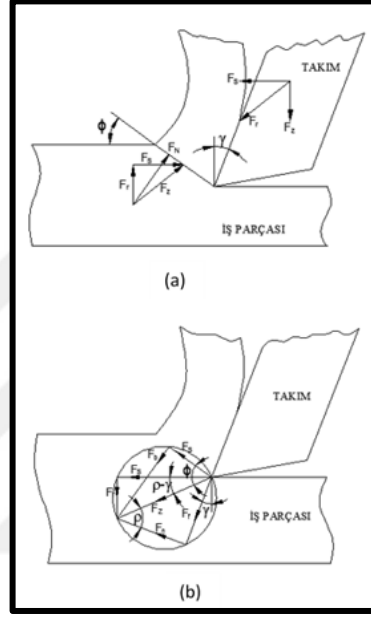
Uygun bir işleme yapabilmek için alınabilecek maksimum talaş derinliği ve en düşük ilerleme miktarı seçilmelidir. Bunun sebebi kesme hızına göre takım ömrünün değişiminde talaş derinliği en az etkiye sahip olmalarıdır. İdeal ilerleme miktarı, kesici takımın ömrünü ve talaş kaldırma miktarını dengelemelidir [15].

3.1.1.6. Kesme Kuvveti

Talaş kaldırma kuvveti (F_z), talaş kaldırma işleminin gerçekleşmesi için kesici takıma, kesme yüzeyinde oluşan dirençlere karşı uygulanan bir kuvvettir (Şekil 3.3.a). Kesme yüzeyindeki kuvvetler, takım- talaş ve takım-iş parçası arasındaki sürtünme kuvvetlerinden meydana gelmektedir. Düzleme boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler, kesme düzlemin ortasında (Şekil 3.3.a) veya Merchant'ın varsayımına göre kesici takımın ucuna (Şekil 3.3.b) uygulanan tek bir kuvvetle gösterilebilir. Takımın ucuna uygulanan kuvvetin talaş kaldırma kuvveti olduğu düşünülürse, bu kuvvetin aşağıda gösterilen bileşenlerden oluştuğu söylenebilir. Kesme yönünde kesme kuvveti (F_s), bu yöne dik olan radyal kuvvet (F_r), kesme yüzey üzerinde makaslama kuvveti (F_k) ve bu yöne dik olan basma kuvveti (F_b), sürtünme kuvveti (F_f) ve bunu meydana getiren normal kuvvet F_n ile F_z arasındaki ρ açısı sürtünme açısıdır, sürtünme katsayısı μ ile ifade edilirse

$$\mu = F_f / F_n = \tan \rho; \quad \rho = \arctan \mu \quad (3.2)$$

dır. Formül 3.2’de açıklanan kuvvetler kesme kuvveti F_s ve radyal kuvvet F_r dir. Şekil 3.3’te kesme düzleminde, kesmeye gösterilen direnç kuvvetinin yanı sıra kesici takım iş parçasından ayırmaya çalışan bir radyal direnç oluşmaktadır. Dolayısıyla kesici takım iş parçası üzerinde tutmak için kesici takıma radyal kuvvetin uygulanması gerekmekte olup, bu da kesici takımın takım tutturma tertibatına bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir [32].



Şekil 3.3. Talaş kaldırma kuvvetleri [17].

Kesme kuvveti ve kesme kesiti τ_k malzemenin kesme mukavemeti olmak üzere

$$F_k = A_k \tau_k \quad ; \quad A_k = hb / \sin \phi \quad (3.3)$$

Şeklinde ifade edilirse, Şekil 3.3.b’ e göre kesme ve radyal kuvvetler

$$F_s = hb \tau_k \frac{\cos(\rho - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \rho - \gamma)} \quad (x) \quad (3.4)$$

$$F_t = hb \tau_k \frac{\sin(\rho - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \rho - \gamma)} \quad (3.5)$$

olarak bulunur.

X denkleminde dayanarak, bir malzemenin en düşük enerjiyle talaş kaldırılması için ϕ kesme açısının optimum (ϕ_0) değeri bulunur. Buna göre;

$$\frac{dF_s}{d\phi} = 0 \text{ dan } \phi_0 = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}(\rho - \gamma) \quad (3.6)$$

bulunur. (3.6) denkleminde F_s ve F_t kuvvetleri,

$$F_s = hb\tau_k = \frac{2}{\tan \phi_0}; \quad F_t = hb\tau_k \left[\frac{1}{\tan^2 \phi_0} - 1 \right] \quad (3.7)$$

şeklinde yazılır.

Yukarıdaki verilen denklemlerden görüldüğü üzere, talaş kaldırmak için harcanan güç için önemli olan F_s kesme kuvveti; malzemenin kesme kopma mukavemetine (τ_k), talaş boyutlarına (b,h) talaş açısı (γ), kesme açısı (ϕ) ve sürtünme açısına bağlıdır. Kesme açısı optimum değerinde olduğunda (denklem 3.7), malzeme ve talaş boyutu için en düşük kesme kuvveti ve talaş kaldırma gücü elde edilmektedir [17].

3.2. İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik araştırmalarının ana amacı, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve daha düşük maliyetleri hedefleyerek optimum kesme koşulları için iş parçası malzemesiyle kesici takım etkileşiminin araştırılmasıdır. İşlenebilirlik, bir malzemenin takımlama ve işleme aşamaları açısından tasarlanan biçimde (yüzey kalitesi ve toleransı) kolaylıkla işlenebilmesini tanımlamak amacıyla kullanılan bir terimdir. Bir işleme operasyonunda işlenebilirliği ölçebilmek için talaş biçimlerinin yanı sıra ulaşılan takım ömrü, talaşın kaldırılma oranı, oluşan kuvvetin bileşenleri, güç tüketimi ve işlenmiş iş parçalarının yüzey kalitesi ve yüzey bütünlüğü kullanılabilir. İşlenebilirlik, seçilen işleme parametreleri, kesici takım geometrisi ve özellikleri, iş parçası malzemesinin özellikleriyle işleme koşulları, takım tezgahının rijitliği gibi etkenlerden önemli düzeyde etkilenebilmektedir. İşleme verimliliği, işlenen parçaların istenilen toleranslar dahilinde ve bütünlüğü bozmadan yüksek hızlarda işlenmesini

sağlayacak kesme koşulları, kesici takım ve takım tezgâhı kombinasyonunun doğru seçilmesi ile önemli oranda iyileştirilebilir [23].

İşlenebilirlik, talaşlı imalat ile şekillendirilmek üzere seçimi yapılan malzemenin özelliklerinin, seçimi yapılan talaşlı imalat metodundaki parametrelere bağlı olarak, malzemenin ve talaşlı imalat metodunun değişkenlerinin ayrı ayrı ve bütün olarak gösterdikleri davranışlardır. İşlenebilirlik, malzemenin özelliği gibi olarak algılansa da yalnızca işlenen malzemeye bağlı olmayıp işleme metodu ve işleme parametrelerini de içermektedir [24].

3.2.1. İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler

İşlenebilirliği etkileyen faktörleri ısıtım işlem, mikro yapı, alaşım elementi ve mekanik özellikler olarak sıralamak mümkündür.

Isıtım işlem ve mikro-yapının etkisi

Metalin işlenebilirliği, mikro yapısıyla ilgili olup, yapıda sert parçacıkların olması kesici takım ömrünü düşürürken, yapısındaki kristaller irileştikçe takım ömrü artmaktadır. Esas olarak çeliğin işlenebilirliği, ilave elementlerin yanı sıra ısıtım işlemlerle kontrol edilen mikro yapıya bağlı olarak değişebilir. Çoğu alaşımlı ve yüksek karbonlu çeliklerde talaşlı imalat için optimum mikro yapıyı sağlamak amacıyla ısıtım işlem uygulanmaktadır.

Çeliğin içerisindeki karbon miktarına bağlı olarak işlenebilirlik için en uygun mikro yapıyı veren ısıtım işlemler, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Düşük karbonlu ($\leq 0.15C$) çelikler normalleştirilmiş veya soğuk çekilmiş durumda en iyi işlenebilirliğe sahiptirler. Küçük ferritik tane boyuna sahip ve soğuk çekme yolu ile sertliği artırılan çeliğin işlenebilirliği iyileştirme eğilimindedir.
- Yumuşak çelikler ($0.15C-0.45C$) tam tavlama veya normalleştirme tavlama sonrasında maksimum işlenebilirlik gösterir. Bu işlemlerin

yapılması çelikte lamelli perlitik yapıyı meydana getirir. Küreselleştirilmiş bir yapı zayıf kesme özelliği vermektedir.

- Orta karbonlu (%0,45C-%0,80C) çeliklerden en iyi işlenebilirlik elde edebilmek için çelikler düşük sertlik sağlayan kaba perlitik ve küreselleştirilmiş karbür yapıya sahip olmalıdır.
- Yüksek karbonlu (>%0,85C) çelikler, tamamen küreselleştirilmiş mikro yapıda en iyi sertleşebilirliği vermektedir.
- Kaba ve bantlı görünümdeki yapılar kötü bitirme yüzeyleri oluşturarak kısa takım ömrü gösterir.
- Küçük östenitik tane boyutlu bir çelik işleme sırasında daha fazla güç absorbe eder. Ancak; ince taneli çelikler bitirme tornalamalarında iyi yüzey kalitesi gösterirler [25].

Alaşım elementlerinin etkisi

Çelikte sertliği arttıran ana element karbon elementidir. Karbon miktarında değişme olması işlenebilirlikte de değişmeye neden olmaktadır. Ötektoid altı çeliklerde sementit (Fe_3C) çeliğin sünekliliğin de azaltma oluşturmaktadır. Sertliğin arttırılmasıyla, süneklilikteki azalmaya rağmen işlenebilirlikte iyileşme oluşur. Yumuşak çeliklerin düşük işlenebilirliği, bu malzemelerin talaş kaldırma esnasında önemli bir deformasyona izin veren sünekliliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu süreç için aşırı güç tüketimi gerekmekte ve buna bağlı olarak yüksek miktarda ısı meydana getirir.

Alaşım elementlerinin, takım ömrüne etkileri farklıdır. Karbon miktarının azalmasıyla, işlenebilme özelliği düşmektedir. Çünkü; süneklilik arttığında iş parçası malzemesi, kesici takımın ucuna yapışarak takımın körlenmesini hızlandırmaktadır. Diğer bir taraftan, karbon oranı arttıkça iş parçası malzemesinin sertliği arttığından, kesici takımın aşınması hızlanmaktadır [25].

Mekanik özelliklerin etkisi

Malzemelerde genellikle sertlik ve kopma dayanımları arasında ilişki bulunmaktadır. Bir malzemenin sertliği ve kopma dayanımı arttıkça, işlenebilme özelliği de benzer derecede azalmaktadır [25].

3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşın kaldırılması işlemi sırasında, tezgâha giriş ve çıkışların yanı sıra diğer önemli işlemlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bunların arasında kesici takımın malzemeleri, işlemesi yapılacak iş parçası malzemesi ve tezgâhın rijitliliği sayılabilir. İşlenen malzeme yüzeyinin pürüzlülüğü ve hassasiyeti malzemenin sonuç amacını belirlemesinden dolayı önemli çıkış parametreleridir. Talaşlı üretimde işlenmiş yüzeylerde istenilen hassasiyetin elde edilmesi en önemli parametrelerden biri olarak görülmektedir. Yüzeyin hassasiyeti birçok parametreyi içerisine alan terimdir ve bunlar yüzeyin bitimi ve yüzeydeki çatlakların temizlenmesi, kimyasal değişim, yanma, dönüşüm ve aşırı temperleme biçiminde oluşan termal hasar ve iş parçası malzemesinde oluşan kalıcı çekme gerilmesi olabilir. Bu etmenlerden en önemlisi bitirme yüzeyinin gerçekleştirilmesi olup diğer etmenler ise taşlama işlemleri sonucu oluşan etmenlerle ilgilidir.

Talaş kaldırma işleminin amacı, imalat resminde belirtilen toleranslara göre iş parçalarının istenilen yüzey kalitesinde ve/veya geometride nihai ürün olarak üretilmesidir. Makine parçasında parçanın geometrisi, parçanın boyutu ve işleme sonrası oluşan yüzeyin kalitesi işleme kalitesini oluşturmaktadır. Ancak iş parçasının imalat resminde belirtilen ideal ölçüler ile üretim aşamalarını bitirmiş iş parçasının boyut, yüzeyin kalitesi ve geometrisi açısından istenilmeyen hatalar oluşabilir. Bu hatalar “tolerans” olarak tanımlanmaktadır ve iş parçasının kullanım alanına göre izin verilen miktardaki değerlerde olduğu zaman iş parçasının çalışmasına engel olmamaktadır. Bu toleranslar da makine iş parçasının boyut ve yüzey kalitesini oluşturmaktadır. Toleranslar ne kadar küçük olursa iş parçası yüzeyindeki yüzey kalitesi de o kadar iyi elde edilebilir. İmalat mühendisliği yönünden iş parçalarının kullanılacağı yere göre ekonomikliğinde dikkate alınarak iş parçasının uygun ve istenilen yüzey kalitesinde işlenmesi gerekmektedir [15].

Malzemelerin şekillendirilmesi esnasında tercih edilen her bir parametre yüzey hassasiyetine etki etmektedir. Yüzey kalitesini belirleyen faktörlerden birisi de yüzey pürüzlülüğüdür. Ayrıca ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı, devir sayısı, çalışma şartları (soğutmalı ve kuru) ve tezgâhın rijitliliği gibi parametreler yüzey kalitesini etkileyen esas parametrelerdendir [26].

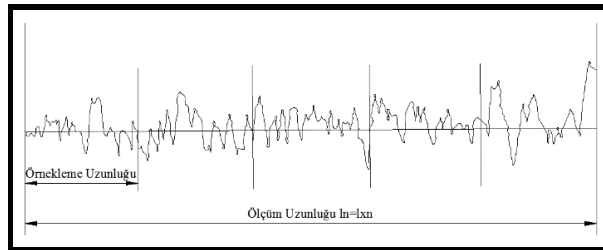
Yüzey pürüzlülüğü, işleme yapılması için kullanılan imalat yöntemleri ile ve bunları etkileyen parametreler ile meydana gelen, genellikle başka düzensizlikler ile sınırlanan, oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takım ya da üretim esnasında oluşan diğer problemlerden ortaya çıkan yüzeysel düzensizlikleri, yüzey pürüzlülüğü olarak tanımlanmaktadır. Talaş kaldırma işleminin amacı, iş parçası malzemelerine yalnızca biçim vermek için değil, iş parçası malzemelerinin geometrisi, boyutu ve yüzeyi bakımından imalat resminde belirtilen belirli bir doğruluk derecesine göre üretiminin yapılmasıdır. Buna işlem kalitesi adı verilmektedir [27].

Boyutsal kalite, iş parçası malzemesinin gerçek boyutları arasında izin verilen sapmalardanır. Bu sapmalar boyutsal toleranslar ile ifade edilmektedir. Boyut toleransları imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre belirlenmektedir. İş parçası geometrisinin kalitesi, izin verilen şekil ve konum sapmalarını ihtiva etmektedir. Bunlar, ideal silindirik şekle göre sapmalar, ideal yüzeye göre sapmalar ve aksenal sapmalara göre üç gruba ayrılır [28].

3.3.1. Pürüzlülük Parametreleri

3.3.1.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı

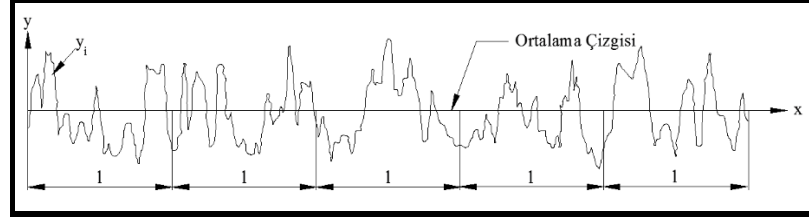
Bir örnekleme uzunluğu, kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmesi gerekmektedir (Şekil 3.4). Numune üzerinde değerlendirilen tüm örnekleme uzunluklarının birleşmesiyle l_n ile belirtilen ölçüm uzunluğu meydana gelir. l_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (l) ile n çarpılarak elde edilmektedir ($l_n = l \times n$) [30].



Şekil 3.4. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [30].

3.3.1.2. Ortalama Çizgisi

Ölçüm aralığı içerisinde profilin hem üst hem de altında kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğru olarak ifade edilir [31]. Ölçüm çizgisi için ölçüm örneği Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Grafiksel olarak ortalama yüzey pürüzlülüğünün ifadesi [30].

3.3.1.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra)

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri, ortalama çizgisinin altında ve üstünde meydana gelen mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalamasına denilmektedir (Şekil 3.5). Dünya genelinde kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresi kalite ve kontrollerde kullanılmaktadır. Bu parametrenin ifade edilmesi ve ölçülmesi kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermemektedir.

Matematiksel tanımlaması aşağıdaki biçimde ifade edilebilir [42].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (3.8)$$

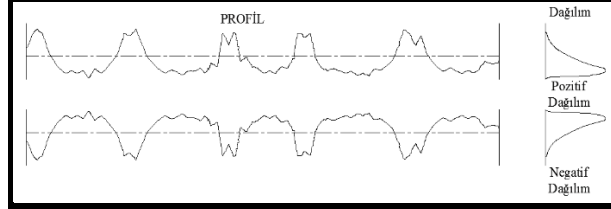
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (3.9)$$

3.3.1.4. Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk)

Şekil 3.6'da gösterildiği üzere bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılımın eğrisidir. Aynı Ra ve Rq değerine sahip profilleri ayırt etmeyi sağlayan değişkendir. Matematiksel ifadesiyse aşağıdaki gibidir [42].

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{+\infty} y^3 p(y) dy \quad (3.10)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} (\sum_{i=1}^N 1 Y \cdot 1^3) \quad (3.11)$$

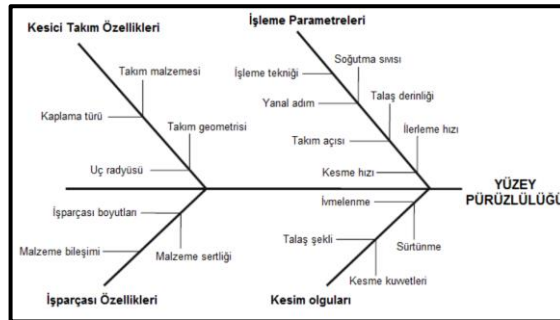


Şekil 3.6. Profil ve genlik dağılım eğrisi [30].

3.3.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

- Kesici ucun üzerine talaş yapışması,
- Takım ve malzemenin elastik deformasyonu,
- Takım ve malzeme arasındaki titreşim,
- Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesici kenarında meydana gelen izler ve aşınma,
- İş parçası malzemesinin talaş kaldırılan yüzeyinde 100 pm'lik derinlikteki fiziksel ve kimyasal özellikler,
- Talaş plastik akışı.

Taşalı imalat işlemi esnasında yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörlerin şematik görünümü Şekil 3.7'deki gibi balık kılıçığı diyagramı ile ifade edilebilir.



Şekil 3.7. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen temel faktörler [32].

BÖLÜM 4

TAGUCHI METODU

Maliyet düşürme ve kalite iyileştirme metodu olarak “Taguchi Metodu”, Japon Mühendis ve Bilim adamı olan Dr. Genichi Taguchi'nin 1940 yıllarında başladığı çalışmaları ile geliştirdiği ve özellikle 1980 sonrasında dünya genelinde geniş yankı uyandıran bir metottur. Dr. Taguchi 1940'lı yıllarda istatistiğe ilgi duymuş ve 2. Dünya savaşının sonrasında çalışmalara başlamıştır. Laboratuvar çalışmaları Taguchi'nin birçok deney yapma ve deney sonuçlarını analiz etmesine olanağı tanımıştır. 1960 yılında kendisine Deming ödülünü kazandıracak olan Mühendisler için deney tasarımı kitabını yazmıştır. Taguchi, felsefesini üç ana anlayış üzerine inşa etmiş ve sonradan geliştirilen tüm metotlar bu kavramlar doğrultusunda oluşturulmuştur.

Taguchi felsefesinin temel prensipleri;

- Kalite, ürün tasarımı aşamasında göz önünde bulundurulması gerekli olan bir kriterdir, sonradan ürüne ilave edilemez.
- Kaliteye, hedeflenen değerden sapmaların en aza indirilmesi ile en mükemmel seviyede ulaşılır. Böylece ürün kontrol edilemeyen çevre faktörlerine karşıda dayanıklı hale gelir.
- Kalitenin maliyeti standart değerlerden sapmanın fonksiyonu olarak hesaplanmalı ve kayıplar da sistem çapında ölçülmelidir.

Taguchi, Deming'in “Düşük kalitenin nedenleri, %85 oranında imalat işlemlerindeki aksaklıklardan kaynaklanırken, sadece %15'i çalışandan oluşmaktadır” tezinden yola çıkarak günlük ve mevsimsel çevre faktörlerinden, tezgâh hasarlarından ve diğer dış faktörlerden kaynaklanan farklılıklara karşı dayanıklı “Güçlü” imalat sistemleri tasarımı kavramını geliştirmiştir. Taguchi, kaliteyi geliştirmek için en iyi yolun, kaliteyi tasarım sürecinde ürünün doğasına ilave etmek olduğunu savunmaktadır.

Kalite geliştirmenin, en başlarda, ürünün veya işlemin tasarımı evresinde başlayıp, süregelen diğer imalat süreçlerinde de devam ettirilmesi gerektiğine inanmaktadır. Taguchi, geleneksel kontrol, izleme ve önleme faaliyetleriyle kalitenin iyileştirilemeyeceğini söyleyerek bunun yerine off-line kalite geliştirme stratejisini önermiştir. Kalite kontrolünün ürüne katkısı olmamakta, hatalı ürünleri ayıklamaktan ileriye geçememektedir. Bununla birlikte kalite anlayışının önleme yaklaşımı çerçevesinde ele alınması gereklidir. Taguchi kalitenin ürüne tasarım sürecinde kazandırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Taguchi felsefesinin üçüncü yaklaşımı, ürüne tasarım sürecinde verilen parametrelerden sapma miktarlarının ürünün yaşam çevrimi boyunca sebep olduğu genel maliyetler yönünden ölçülmesini gerektirmektedir. Bunlar; hurda, yeniden işleme, kontrol, servis ve gerektiğinde yenisi ile değiştirme maliyetlerini kapsamaktadır. Bu maliyetler esas parametrelerin kontrol altında tutulması için rehberlik eder. Oluşan sapmaları sürekli olarak, hedeflenen değerin etrafında azaltmaya çalışır. Kaliteyi iyileştirebilmek için atılması gerekli birinci adım; ürün karakteristiklerinin hedeflenen değerlerin etrafına dağılmasını sağlamaktır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için de Taguchi, özel olarak hazırlanmış ve Ortogonal diziler olarak isimlendirilen tabloları kullanarak tasarladığı deneyleri kullanmıştır.

İkinci olarak, ideal değerlere uyan ürünlerin üretilebilmesi için hedef değerin etrafındaki sapmaların azaltılması gerekir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi içinse Taguchi gürültü etkenlerini ele almaktadır. Gürültü Faktörleri; işlemin kalite değerini etki eden ve kontrol altına alınmaları ekonomik anlamda olası olmayan etkenlerdir. Hava şartları, tezgâh yıpranmaları gibi sapmaların başlıca nedeni olan gürültü faktörleridir.

4.1. DENEY TASARIMI VE TAGUCHİ METODU

Deney tasarımı ve Taguchi yöntemi, ürün kalitesini ve işlem performanslarını geliştirebilmek için kullanılan ileri seviyede istatistik yöntemleridir. Deney tasarımı işlem optimizasyonu, ürün ve işleme davranışlarının çalışabilmesi için güçlü bir araçtır. Deney tasarımı, işleme performansını optimize eden değerlikenlerin sağlanması, çıktılarda etkili olan işlem değerlikenlerinin bulunabilmesi için kullanılmaktadır.

Taguchi metodu, gerçek üretim koşullarında kontrolü sağlanamayan ve istenmeyen dış etkiler sebebiyle varyasyonun azaltılmasıyla ürün ve işlem sağlamlığını maksimize etmek için kullanılır [33].

Deney tasarımının faydalı uygulamalarından bazıları aşağıda verilmiştir.

- Ürün ve işlem davranışlarını çalışabilmesi,
- Bir ürün veya işlemin çıkış karakteristiklerinde etkili olan farklı etken veya işlem değişkenlerinin nasıl bulunacağı,
- Devam eden üretim işleminin devamlılığını ve güvenilirliğini, toplam kazancının geliştirilmesi,
- Çalışma altında kesin işlemin optimal parametre ayarlarının belirlenmesi Taguchi metodu çoğunlukla, düşük maliyette ürün kalitesini ve işlem performansını geliştirmek hakkındadır.

Bu metodun kullanılmasının amacı, problem oluşturan dış etkenlerin istenmeyen etkilerinin bastırılarak ürünün ve prosesin sağlamlığını yapmaktır. Bu standart üretim koşulları süresince kontrol edilebilen işlem parametrelerinin optimal kombinasyonlarının belirlenmesiyle başarılabilir.

Deneyisel çalışmamızda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği kontrol faktörleri olarak seçilmiş ve her kontrol faktörü için üç seviye belirlenmiştir. Deneyler de bu amaca uygun olarak Taguchi L9 ortogonal dizisi kullanılarak tasarlanmıştır.

4.2. TAGUCHI’NİN S/N ORANI

S/N oranı deney tasarımı 1930’lu yıllarda Sir Ronald Fisher tarafından geliştirilmesine rağmen, deney tasarımının uygulamasını, varyasyonun azaltılabilmesi için uygulayan ilk kişi Taguchi’dir. Taguchi, “sinyal/gürültü (S/N) oranı” denilen kriteri deney tasarımında analiz değişkeni veya performans kriteri olarak kullanmıştır [34].

Taguchi, varyasyonu azaltabilmek amacıyla, deney tasarımında performans kriteri olarak kullanılmak üzere, S/N oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik geliştirmiştir.

Taguchi, uygulamadaki problemleri, hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir S/N oranı tanımlamıştır.

Standart sapma S, örneklem varyansı S²'nin pozitif kareköküdür. Varyans S²'nin formülü Denklem 4.1'de verilmiştir.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum Y - \bar{Y} \quad (4.1)$$

Y: Gözlem Değeri

\bar{Y} : Gözlem Değeri Ortalaması

N: Gözlem Sayısı

a) En Küçük – En İyi

Bu tür problemlerde, kalite değişkeni Y'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda S/N oranı Denklem 4.2'deki gibi tanımlanmaktadır:

$$S/N \text{ oranı} = -10 \log (\Sigma Y^2/n) \quad (4.2)$$

b) En Büyük – En iyi

Bu durumda Y'nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/ gürültü oranı aşağıdaki tanımlanmaktadır:

$$S/N \text{ oranı} = -10 \log [\Sigma (1/Y^2) /n] \quad (4.3)$$

c) Hedef Değer – En İyi

Bu tür problemlerde, Y için belli bir hedef değer (örneğin, ürün boyutları gibi) verilmiştir. Bu durumda,

$$S/N \text{ oranı} = 10 \log (Y^2/S^2) \quad (4.4)$$

Her üç problemde de amaç S/N oranını maksimize etmektir. Bununla birlikte bütün S/N oranları aşağıdaki özelliklere sahiptir [35];

- S/N oranı, gürültü faktörleriyle neden olunan sistem yanıtındaki değişkenliği gösterir.
- S/N oranı ortalamanın düzeltilmesinden bağımsızdır. Bu ölçüm (metrik) hedef eğer değişse bile kalitenin tahmininde faydalı olacaktır.
- S/N oranı nispi kaliteyi ölçer; çünkü karşılaştırma amaçları için kullanılmaktadır.
- S/N oranı, ürün kalitesinde pek çok faktörün etkileri analiz edildiği zaman kontrol faktörleri etkileşimi gibi gereksiz karmaşıklıklara neden olmaz.

4.3. UYGUN ORTOGONAL DÜZENİN SEÇİLMESİ

Ortogonal dizin ilk olarak İngiltere’de Fisher tarafından kullanılmış olup 1930’lu yıllara dayanmaktadır. Dengelenmiş dizi anlamında kullanılan ortogonal dizin Taguchi tarafından basitleştirilmiştir. Ancak kullanımı sadece Taguchi’ye mahsus değildir. Ortogonal dizi, Çizelge 4.1. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu [36].

Parametre Sayısı	Seviye Sayısı										
	2		3		4		5				
P=2	S=2	L4	P=2	S=3	L9	P=2	S=4	L16	P=2	S=5	L25
P=3	S=2		P=3	S=3		P=3	S=4		P=3	S=5	
P=4	S=2		P=4	S=3		P=4	S=4		P=4	S=5	
P=5	S=2	L8	P=5	S=3	L18	P=5	S=4	L32	P=5	S=5	L50
P=6	S=2		P=6	S=3		P=6	S=4		P=6	S=5	
P=7	S=2		P=7	S=3		P=7	S=4		P=7	S=5	
P=8	S=2	L11	P=8	S=3	L27	P=8	S=4	L36	P=8	S=5	L50
P=9	S=2		P=9	S=3		P=9	S=4		P=9	S=5	
P=10	S=2		P=10	S=3		P=10	S=4		P=10	S=5	
P=11	S=2	L16	P=11	S=3	L36				P=11	S=5	L50
P=12	S=2		P=12	S=3					P=12	S=5	
P=13	S=2		P=13	S=3					P=13	S=5	
P=14	S=2	L16	P=14	S=3	L36						L50
P=15	S=2		P=15	S=3							
P=16	S=2		P=16	S=3							
P=17	S=2	L16	P=17	S=3	L36						L50
P=18	S=2		P=18	S=3							
P=19	S=2		P=19	S=3							
P=20	S=2	L16	P=20	S=3	L36						L50
P=21	S=2		P=21	S=3							
P=22	S=2		P=22	S=3							
P=23	S=2	L16	P=23	S=3	L36						L50
P=24	S=2										
P=25	S=2										
P=26	S=2	L16			L36						L50
P=27	S=2										
P=28	S=2										
P=29	S=2	L16			L36						L50
P=30	S=2										
P=31	S=2										

Taguchi ortogonal dizileri pek çok sayıda deneysel durumu açıklamak için oluşturmuştur. Bu dizinin en önemli özelliklerinden biri, çok sayıdaki faktörün en az sayıda test edilebilmesi ve faktör seviyelerinin ise eş zamanlı olarak değiştirilebilmesine imkan sağlamasıdır. Ortogonal diziler, 2 kademeli, 3 kademeli, 2 ve 3 kademeli olarak problemin özelliğine göre seçilebilmektedir. Ayrıca, ortogonal diziler için tasarım matris ifadesi de kullanılmaktadır. Genel olarak;

d: Deney sayısı toplamı,

a: Faktörler için düzey sayısı

k: Faktör sayısı

L: Ortogonal dizi olmak üzere,

$L_d(a)^k$ ya da L_d şeklinde ifade edilmektedir.

Genel olarak, L4, L8, L16 ve L32 dizileri 2 seviyeliler için ve L9, L18 ve L27 dizileri 3 seviyeliler için kullanılmaktadır. Toplam serbestlik derecesi ve düzey sayısı göre dizilerin seçimi yapılmaktadır. Ortogonal dizi, ürün ortalaması ve varyansında etkili olan birçok faktörler ile aynı anda ve daha kısa sürede çalışmaya imkan vermektedir. Ortogonal dizinler tam faktöriyel tasarım gereği (2^k veya 3^k) çok sayıda yapılması gereken denemeleri büyük oranda azaltmaktadır.

Ortogonal dizinin seçimi için faktör gurubunun toplam serbestlik derecesi dikkate alınır. Tüm faktör ve etkileşimlerin serbestlik dereceleri toplamı faktör gurubunun serbestlik derecesine eşittir. Toplam serbestlik derecesi için dizilerden uygun olanı tercih edilir. Toplam serbestlik derecesine 1 eklenildiğinde elde edilen değer deneme sayısına eşit ise uygunluk sağlanmış olur. Toplam serbestlik derecesi deneme sayısından büyük veya eşit ise bir üst dizi uygundur [37].

BÖLÜM 5

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Korkut ve Dönertaş, deneysel çalışmalarında AISI 1020 ve AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde yüzey frezeleme yöntemini kullanarak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerine etkilerini incelemişlerdir. Düşük ve orta kesme hızlarının BUE oluşumunda etkili olduğunu ifade etmişlerdir [38].

Ulusoy, otomotiv endüstrisinde yaygın kullanılan otomat ve orta karbonlu çeliklerdeki bağlantı rekorları imalatının daha kısa sürede kaliteli ve fazla miktarda ürünün elde edilmesi için maliyetinin düşürülmesi çalışmalarını yapmıştır. Çalışmasında, farklı kesme hızları ve ilerleme miktarlarını değişken parametreleri olarak kullanmıştır. Elde ettiği neticelerse, ilerleme miktarının arttırmakla imalat süresinin azalacağını ancak yüzey pürüzlülük değerinin artacağını gözlemlemiştir. 1040 çeliğinin kullanılmasında takım ömrünün azalması ile yüzeyin daha kaliteli meydana geldiğini gözlemlemiştir. İmalat miktarlarına göre 1040 çeliğinin kullanılmasının avantajlı olacağını belirtmiştir [39].

Fu ve arkadaşları, çalışmalarında yüzey frezeleme işlemini kullanarak meydana gelen kesme kuvvetlerinin hesaplanabilmesine imkân veren matematiksel modelleme geliştirmişlerdir. Kesme kuvvetinin hesaplanması için geliştirdikleri modelde, kesici takımın geometrisini, oluşan talaşın kesit alanını ve takım iş milinin eğikliğini dikkate almışlardır. Kesici takımların farklı kesme hızları ve ilerleme miktarları için özgül kesme direnci katsayısını ve teğetsel kuvveti, radyal kuvvete dönüşümlerini ele almışlardır. Ayrıca, elde ettikleri sonuçları teorik hesap ile elde edilen kesme kuvveti sonuçları ile eşleştirdiğini belirtmişlerdir [40].

Hsu ve Lian (2003), yüksek basınçlı plazma ergitme (HPPM) yöntemiyle yüksek miktarda N ihtiva eden Co-Cr-Mo implant alaşımını üretmek için ısıl işlem sonrasında

aşınma ve çekme özelliklerini incelemişlerdir. Azot oranı yüksek olan malzemelerin gerek çekme gerekse aşınma dayanımlarının azot oranı düşük olanlardan daha iyi olduğu sonucunu vurgulamışlardır [41].

Bruschi ve arkadaşları, PVD yöntemiyle üretilen TiAlNi kaplamalı karbür kesici takım kullanarak geleneksel yağlama yöntemiyle CoCrMo alaşımının tornalama işlemi sırasında kesme şartlarının takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve mikroyapı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. İlerleme hızının, yüzey kalitesi ve takım aşınması üzerindeki en etkili parametre olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca daha yüksek ilerleme hızı, takım aşınması ve yüzey kalitesi için daha yüksek etkiyi sağladığını ve aynı zamanda kesici takımının ömrünü azalttığını ifade etmişlerdir [42].

Shao ve arkadaşları, farklı kesme parametreleri kullanarak kuru kesme şartlarında gerçekleştirdikleri tornalama işleminde, kaplamalı ve kaplamasız karbür takımlar ile işlenebilirlik deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, kaplamalı takımlar için daha düşük kesme hızlarında kesici takımın yan yüzey aşınması olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüksek kesme hızı ve ilerleme miktarı değerlerinde ise adhesyon, difüzyon, abrasiv aşınma oluşumu olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, takım ömrü açısından yaptıkları değerlendirmede kaplamalı takımların daha iyi performans sergilediğini ifade etmişlerdir [43].

Ferreira ve arkadaşları, Ti-6Al-4V ve Co-28Cr-6Mo alaşımlarının işlenmesinde kesme hızının işleme esnasında ortaya çıkan sıcaklık ve kesme kuvveti üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Deneysel çıktılarında, her kesme hızı için, teğetsel ve aksel kuvvetlerin Co-28Cr-6Mo alaşımı için Ti-6Al-4V alaşımından her zaman daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir [44].

Bordin ve arkadaşları, biyomedikal uygulamalar için kuru işleme şartlarında CoCrMo alaşımını işlerken yüzey pürüzlülüğü ile ilgili deney sonuçlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak kesme hızının ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli etken olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ilerleme hızındaki artış, yüksek gerilme oranı nedeniyle basınç gerilmelerini artırma eğilimindeyken, kesme hızının artmasıyla kesme sıcaklığının artması ters bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir [45].

Literatür çalışmaları incelendiğinde, yüksek sıcaklıklarda aşınma, korozyon ve yüksek mukavemete sahip olan CoCr (F75) malzemesinin işlenebilirlik performansı üzerine çalışmaların çok az olduğu görölmektedir. Sağlık sektöründe doku ile alerjik, toksik, karsinogenik reaksiyon vermemesi istenilen alanlarda oldukça yaygın olarak kullanılan bu malzemenin yapılan çalışma ile birlikte işleme esnasında ortaya çıkan bazı problemlerin kaldırılması için işlenebilirliği etkileyen parametrelerin optimizasyonu sağlanacaktır. Taguchi metodu gibi optimizasyon yöntemleri çok sayıda deney yapmak yerine zaman ve maliyetlerini düşürölmesi açısından oldukça olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir.



BÖLÜM 6

MATERYAL METOD

6.1. DENEY NUMUNELERİ

Deneyleerde kullanılan CoCr (F75) malzemesi diz implantında kullanılmaktadır. Malzemenin kimyasal içeriği Şekil 6.1’de, verilmiştir. Deneyleerde kullanılan malzeme Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. CoCr (F75) malzemesinin kimyasal içeriği.

ASTM F75 (%)														
Cr	Mo	Ni	Fe	C	Si	Mn	W	P	S	N	Al	Ti	B	Co
28,5	6	0,25	0,2	0,22	0,7	0,5	0,01	0,01	0,005	0,15	0,05	0,01	0,006	Kalan

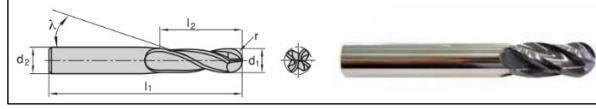


Şekil 6.1. Deneyleerde kullanılan CoCr (F75) malzemesi.

6.2. KESİCİ TAKIM VE TAKIM TUTUCULAR

Kesici takım malzemesi olarak KYOCERA BKDF 1007204N kaplamasız karbür ve kaplamalı (BC8405 grade) parmak freze kullanılmıştır. Kesici takım kaplaması TiAlN olup kaplama yöntemi olarak PVD kullanılmıştır. Kesici takım kenarında indüklenen yüksek termal ve mekanik gerilmeler, kobalt krom alaşımları gibi kesilmesi zor malzemelerin işlenmesi sırasında önem arz etmektedir. Bu durumun üstesinden

gelmek için kesici takımların şu özelliklere sahip olması gerekir; yüksek tokluk, yüksek sıcaklıkta sıcak sertlik, kimyasal ve termal kararlılık ve iyi termal şok direnci, bu nedenle deneysel çalışmalarda belirtilen kodlara sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kesici takım Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan kesici takım.

6.3. TAKIM TEZGÂHI VE DENEY DÜZENEĞİ

Deneysel çalışma Ankara Ostim ATİSAN sanayi sitesindeki Pasifik Medikal bünyesinde yer alan MAKINO N2-5XA yatay işlem tezgahında gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. MAKINO N2-5XA yatay işlem tezgâhı.

Deneysel çalışmada kullanılan tezgâhın bazı özellikleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. MAKINO tezgahının bazı özellikleri.

Model	MAKINO N2-5XA
X akseni hareketi	299,7 mm
Y akseni hareketi	288,7 mm
Z akseni hareketi	231,1 mm
Devir sayısı	20000 dev/dk

6.4. DENEY PARAMETRELERİ

Deneyisel çalışmalarda üç farklı kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve kaplamasız ve kaplamalı karbür kesici takım kullanılmıştır. Kullanılan deney parametreleri Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Deney parametreleri ve kesici takım özellikleri

Kesme Şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takım	Kaplamalı (TiAlN) ve Kaplamasız karbür
Kesme Hızı (m/dak.)	150-200-250
İlerleme miktarı (mm/dev)	0,8-0,12-0,16
Talaş derinliği (mm)	0,05-0,075-0,1
Kesici takım çapı (mm)	10
Kesme boyu (mm)	22
Kesici ağız sayısı (adet)	2
Kesici takım tutucu çapı (mm)	Ø12
Malzeme sertliği (HRC)	45
Kesme yöntemi	Yüzey frezeleme

6.5. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülük değerleri Mahr marka MarSurf M 300 tipi yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri Çizelge 6.4'te verilmiştir. Yüzey pürüzlülük cihazının görseli ise Şekil 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri.

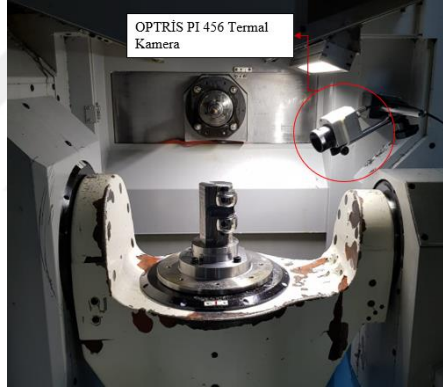
Ölçme Prensipleri	Tarama ucu yöntemi
Ölçüm aralığı μm	350-180-90
Temas hızı	0,5 mm/s
Tarama ucu	2 μm
Ölçüm kuvveti	0,7 mN
Kalibrasyon İşlevi	Dinamik
İşletim Sıcaklık Aralığı	+5 °C± 40 °C
Depolama için Sıcaklık Aralığı	-15 °C± 55 °C
mm cinsinden Tahrik ünitesi için (U x G x Y) boyutları.	139 x 26 mm
Ölçüm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



Şekil 6.4. Yüzey pürüzlülük cihazı.

6.6. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

İşleme esnasında oluşan sıcaklıkların ölçümünün yapılabilmesi için OPTRİS PI 456 Termal kamera kullanılmıştır (Şekil 6.5). Bu cihaz 900 °C'ye kadar olan sıcaklıkları ölçebilmektedir. Çizelge 6.5'te termal kameraya ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 6.5. Sıcaklık ölçüm cihazı.

Çizelge 6.5. OPTRİS PI 456 Termal kameranın teknik özellikleri.

Sıcaklık ölçüm aralığı (min./maks.)	-20 ile 900 °C
Spektral Aralık	7.5-13 µm
Termal Hassasiyet	40 mK yüksek termal hassasiyet
Optik Çözünürlük	382x288 piksel detektör
Çerçeve Hızı	80 Hz
Ağırlık	320 gr
Boyut	46x56x90

6.7. TAGUCHİ OPTİMİZASYONU

Taguchi metodu sisteme ilişkin varyasyonu ölçebilmek için genel bir S/N oranı kullanılmaktadır. Karakteristiklerin türüne bağlı olarak pek çok S/N oranı bulunmaktadır. Bunlar; S/N oranı değeri küçük değer iyi, büyük değer iyi, nominal değer iyi olarak kalite değerinin hedeflendiği değere göre farklı biçimlerde hesaplanarak analizi yapılır. Düşük pozisyonlama hatası her zaman tercih edilmesinden dolayı küçük değer iyi S/N oranı seçilmiş olup, buna ilişkin eşitlik aşağıdaki gibidir;

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (6.1)$$

n= Ölçüm sayısı,

y= Ölçülen karakteristik değer

S/N= desibel (db).

Farklı değişkenlerin (kesme parametreleri) optimizasyonu için Taguchi metodunun $L_{27} (3^3)$ full faktöriyel dikey dizini kullanılmıştır. Burada kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri Çizelge 6.6'da deney tasarımı ise Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.6. İşleme parametreleri ve seviyeleri.

Kontrol faktörleri	Kod	Seviyeler	Çıktılar
Kesme Hızı (m/dak)	A	150; 200; 250	Ra (μm); T ($^{\circ}\text{C}$)
İlerleme Hızı (mm/dev)	B	0,08; 0,12; 0,16	
Kesme Derinliği (mm)	C	0,05; 0,075; 0,1	

Çizelge 6.7. Taguchi L₂₇ dikey dizisi.

<i>Deney No</i>	<i>Vf</i>	<i>f</i>	<i>a</i>	<i>Deney No</i>	<i>Vf</i>	<i>f</i>	<i>a</i>
1	150	0,08	0,05	15	200	0,12	0,10
2	150	0,08	0,075	16	200	0,16	0,05
3	150	0,08	0,10	17	200	0,16	0,075
4	150	0,12	0,05	18	200	0,16	0,10
5	150	0,12	0,075	19	250	0,08	0,05
6	150	0,12	0,10	20	250	0,08	0,075
7	150	0,16	0,05	21	250	0,08	0,10
8	150	0,16	0,075	22	250	0,12	0,05
9	150	0,16	0,10	23	250	0,12	0,075
10	200	0,08	0,05	24	250	0,12	0,10
11	200	0,08	0,075	25	250	0,16	0,05
12	200	0,08	0,10	26	250	0,16	0,075
13	200	0,12	0,05	27	250	0,16	0,10
14	200	0,12	0,075				

BÖLÜM 7

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

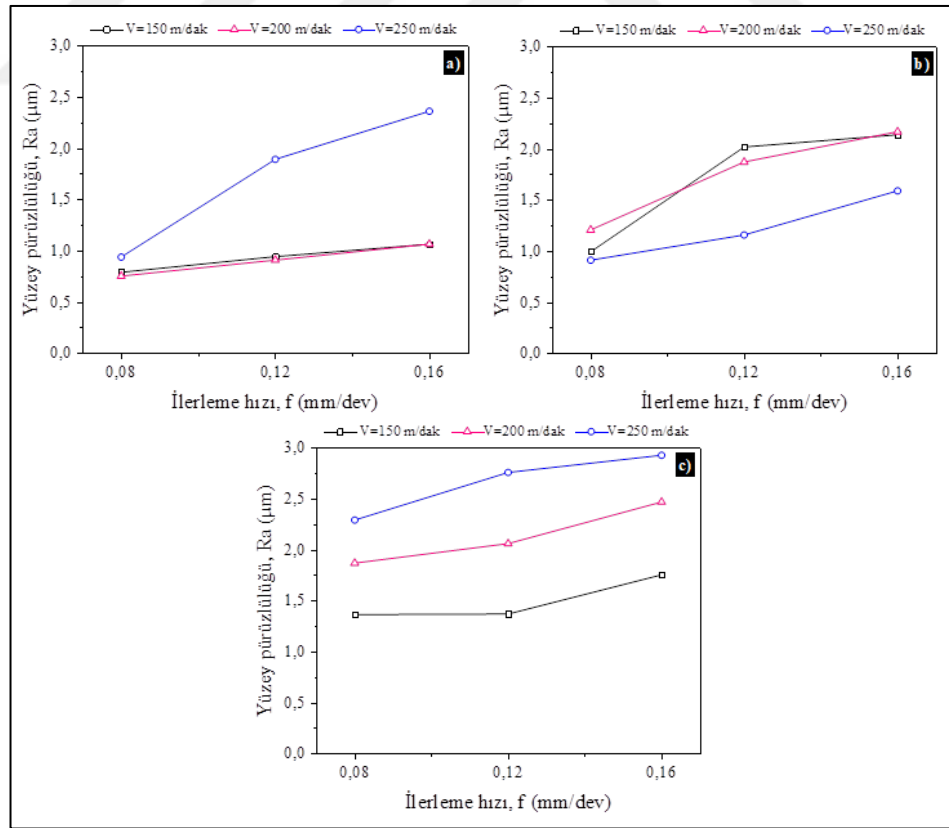
Deneysel çalışmada kullanılan işleme parametrelerinin (ilerleme miktarı, kesme hızı ve kesme derinliği) üçer seviyesi kullanılarak CoCr (F75) implant malzemesinin kaplamasız ve TiAlN kaplamalı karbür takımlarla işlenmesinde oluşan ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) ve ortalama sıcaklık (°C) değerleri elde edilmiştir. Performans deneylerinde işlenebilirlik yöntemi olan frezeleme metodu kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) için her deney sonrası üç ölçüm gerçekleştirilerek ortalama değer alınmıştır. Ayrıca, bir diğer işleme çıktısı olan sıcaklık değeri için de işleme süresince kaydedilen ölçüm sonuçlarının ortalama değeri dikkate alınmıştır.

7.1. İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNE ETKİSİ

Yüzey pürüzlülüğü, talaşlı imalatta yöntemleri sonucunda elde edilen işleme çıktısı kriterlerinden birisi görülmektedir. Bu nedenle işlenmiş yüzeyin kalitesine odaklanılmak oldukça önem arz etmektedir. İşleme parametreleri, kesici takım kalite ve geometrisi ve iş parçası malzemesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri vb. gibi farklı değişkenlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir [46]. Dolayısıyla işlem sonrası istenilen yüzey kalitesinin elde edilebilmesi için işleme koşulları açısından optimum parametrelerin belirlenmesi gereklidir. CoCr (F75) implant malzemesinin kaplamasız karbür kesici takımlar ile frezelenmesi sonucu elde edilen ortalama Ra değerleri Şekil 7.1’de verilmiştir.

Artan kesme hızının, takım-talaş ara yüzeyindeki azalmaya bağlı olarak sürtünmenin azalması veya sıcaklık artışının malzeme akma mukavemetini düşürmesi ile yüzey kalitesi üzerinde iyileşme sergilediği bilinmektedir [47]. Bu durum Şekil 7.1a ve Şekil 7.1b için bazı parametrelerde benzerlik göstermektedir. Ancak Şekil 7.1a için yüksek

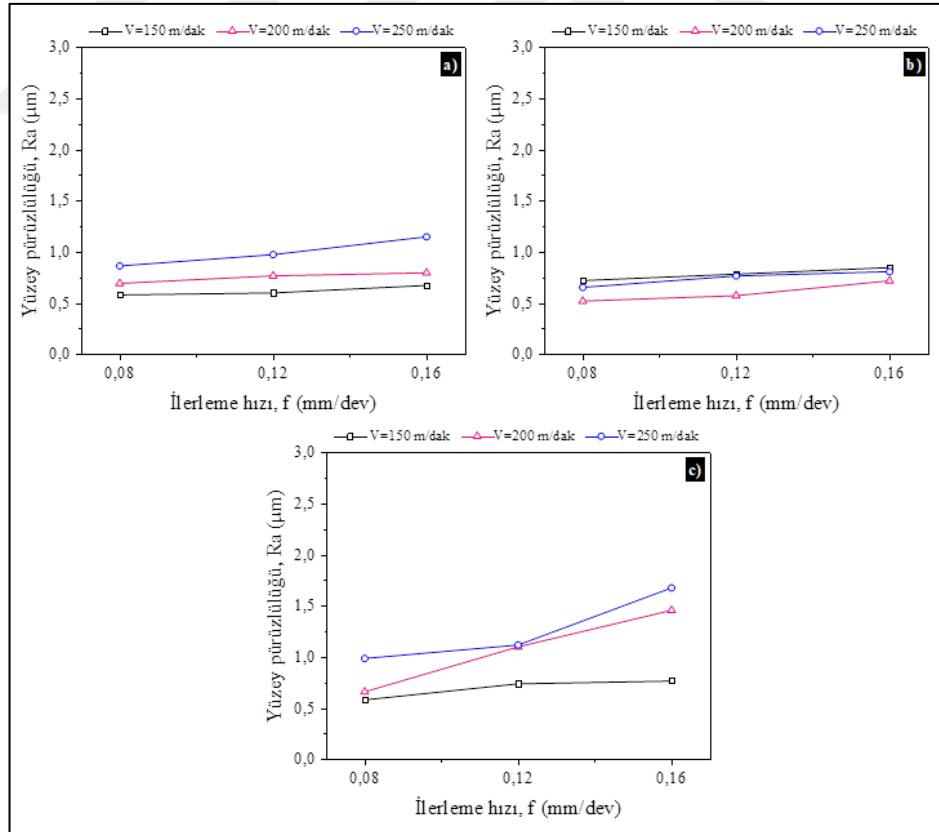
kesme hızı ve Şekil 7.1c için tüm parametrelerde artış eğilimi sergilemektedir. CoCr alaşımları, mukavemet ve sertliklerini yüksek sıcaklıklarda muhafaza etmelerinin yanı sıra düşük ısı iletkenliği, yüksek gerilme sertleşmesi yüksek sıcaklıkta yüksek sertlik ve yüksek aşınma direncine sahip olmasından dolayı düşük işlenebilirlik derecesine sahiptir. Bu özelliklerin kesici takım üzerinde oluşacak aşınmayı olumsuz etkileyeceği ve kesici takım geometrisinin değişmesine bağlı olarak Ra değerlerinde artışa sebep olduğu söylenebilir [48,49]. İlerleme miktarının Ra üzerindeki etkisi incelendiğinde artış eğilimi belirgin olarak görülmektedir. Bu eğilim beklenen bir davranış olup ilerleme miktarının artışına bağlı olarak birim zamanda kaldırılan talaşın hacminin artması ve talaşın koparılmaya karşı gösterdiği dirence bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzluk ile açıklamak mümkündür [50]. Ayrıca, ilerleme miktarının artması ile kesici takım malzemesinin iş parçası malzemesi üzerinde daha büyük adımlar ile ilerlemekte ve meydana gelen iz aralıklarının büyümesi nedeniyle yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı söylenebilir. Artan kesme derinliği için de aynı durum söz konusu olup Ra değerleri üzerinde benzer eğilim olduğu görülmektedir.



Şekil 7.1. Kesme derinliğine bağlı olarak Ra değişimleri a) 0,05 mm, b) 0,075 mm, c) 0,1 mm (Kaplamasız Karbür)

Şekil 7.1 incelendiğinde, en düşük Ra değerlerinin kesme hızı ve kesme derinliğinin tüm değişkenlerinde en düşük (0,08 mm/dev) ilerleme miktarlarında elde edildiğini söylemek mümkündür. Tüm faktörlere göre en düşük Ra değeri 0,755µm ile 0,05 mm kesme derinliği, 200 m/dak kesme hızı ve 0,08 mm/dev ilerleme miktarında elde edilmiştir. En yüksek Ra değeri ise 2,926µm ile tüm değişken parametrelerin en yüksek değerlerinde meydana gelmiştir. Bu sonuçlar istenilen yüzey kalitesi açısından değerlendirildiğinde kesme parametrelerinin en yüksek değerlerinin kullanılmasının uygun olmadığını göstermektedir. En düşük kesme derinliği (0,05mm) ve ilerleme miktarı (0,05 mm/dev) değerlerinin 200 m/dak kesme hızı ile kombinasyonu sonucu elde edilen çıktıların Ra açısından en iyi sonucu verdiği anlaşılmaktadır (Şekil 7.1).

TiAlN kaplamalı karbür kesici takım ile CoCr (F75) implant malzemesinin frezelenmesinde elde edilen Ra değerleri Şekil 7.2’de verilmiştir. Kaplamasız karbür takımlar ile gerçekleştirilen deney sonuçları ile benzer eğilim sergilemektedir.



Şekil 7.2. Kesme derinliğine bağlı olarak Ra değişimleri a) 0,05 mm, b) 0,075 mm, c) 0,1mm (TiAlN Kaplamalı Karbür).

Şekil 7.2' ye göre, en düşük Ra değeri 0,582 μm olarak sırasıyla kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin en düşük parametrelerinde (150 m/dak, 0,05 mm/dev ve 0,05 mm) elde edildiği gözükmektedir. Şekil 7.1a ve Şekil 7.1c kesme derinliği ve ilerleme miktarı üzerinden değerlendirildiğinde en düşük Ra değerlerinin 150 m/dak kesme hızlarında ölçüldüğü görülmektedir. Ra için aynı durum Şekil 7.1b' de farklılık göstermekte olup en düşük değer 200 m/dak kesme hızında olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek Ra değeri kaplamasız kesici takımlar ile elde edilen sonuç ile benzerlik göstermiş olup kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin en yüksek parametrelerinde 1,677 μm olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde yüksek kesme parametrelerinin TiAlN kaplamalı kesici takımlar içinde uygun olmadığını söylemek mümkündür. TiAlN kaplamalı kesici takımlar ile elde edilen Ra değerlerinin kaplamasız kesici takımlara göre değerlendirildiğinde ortalama %42,25 oranında düşüş sergilediği hesaplanmıştır. En yüksek düşüş oranının %69 oranı ile 200 m/dak kesme hızı, 0,12 mm/dev ilerleme miktarı ve 0,075 mm kesme derinliğinde, en düşük düşüş oranının ise %8 oranı ile 200 m/dak kesme hızı, 0,08 mm/dev ilerleme miktarı ve 0,05 mm kesme derinliğinde hesaplanmıştır. Bu sonuçlar TiAlN kaplamalı kesici takımların kullanımının daha uygun olduğu göstermektedir.

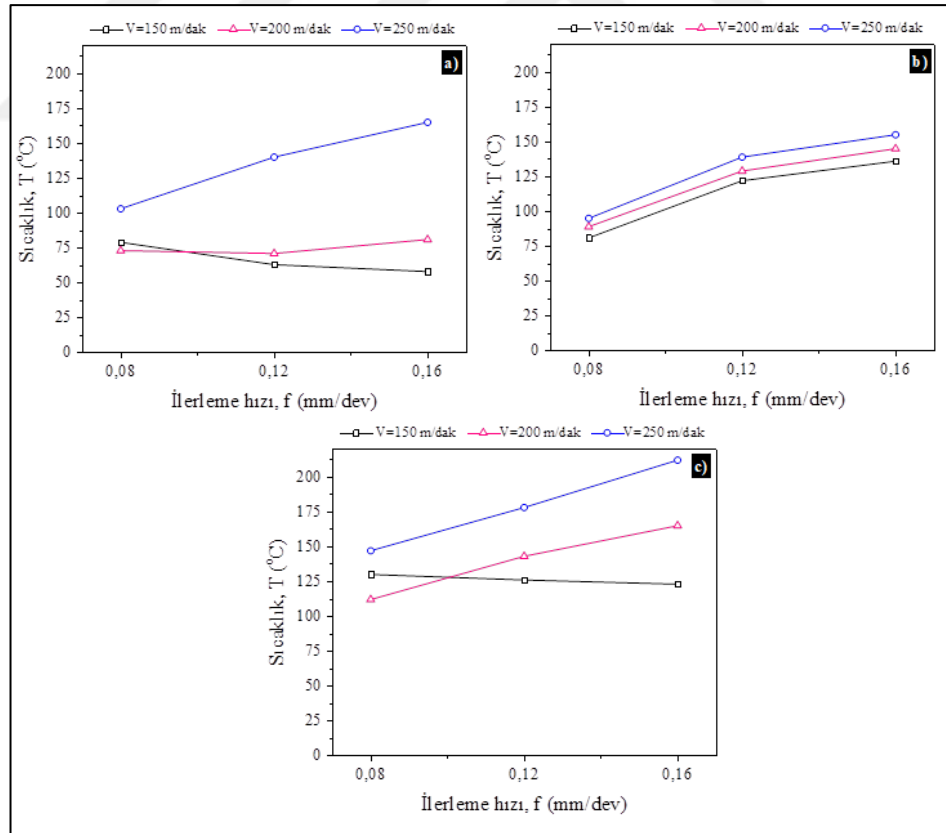
7.2. İŞLEME PARAMETRELERİNİN SICAKLIĞA ETKİSİ

Malzemelerden talaş kaldırılması işlemi termo-mekanik sürecin bir birleşimidir. Bu süreçte, kesici takım-talaş ve kesici takım-iş parçası malzemesi ara yüzeyleri boyunca sürtünme ve plastik deformasyon sonucunda ısı oluşmaktadır [51]. Plastik deformasyon küçük bir bölgede oluşmakta olup, bu bölgede oluşan sıcaklıklar kesici takımı ve iş parçasını etkilemektedir. İşlem sırasında oluşan kesme sıcaklıkları kesici takımın aşınmasını, ömrünü, iş parçasının yüzey kalitesini, talaş oluşum mekanizmasını ve kesici takımın ısıl deformasyonunu da etkilemektedir [52]. Talaşın kaldırılması için gerekli olan enerjinin büyük kısmı kesici takımın kesme yüzeyinde ısıya dönüşmektedir. Oluşan ısının küçük kısmı ise kesici takım üzerinden işlenmiş iş parçası yüzeyine iletilmekte ve bu süreç işlenmiş yüzeyin yüzey bütünlüğünü etkilemektedir. İş parçası malzemesine iletilen ısının büyük kısmı talaş üzerinde kalmakta ve bu süreç kesici takımın ucuna yakın olan bölgelerde sıcaklık artışına sebebiyet vermektedir [53]. Talaş kaldırılması esnasında meydana gelen ısının bu

şekilde dağılımı neticesinde maksimum sıcaklık takım-talaş ara yüzeyinde meydana gelmekte olup, sıcaklığın miktarı işleme parametrelerine göre değişmektedir [52].

CoCr (F75) implant malzemesinin kaplamasız karbür kesici takımlar kullanarak farklı işleme parametreleri ile işlenmesi sonucu oluşan ortalama sıcaklık değerleri Şekil 7.3'te verilmiştir.

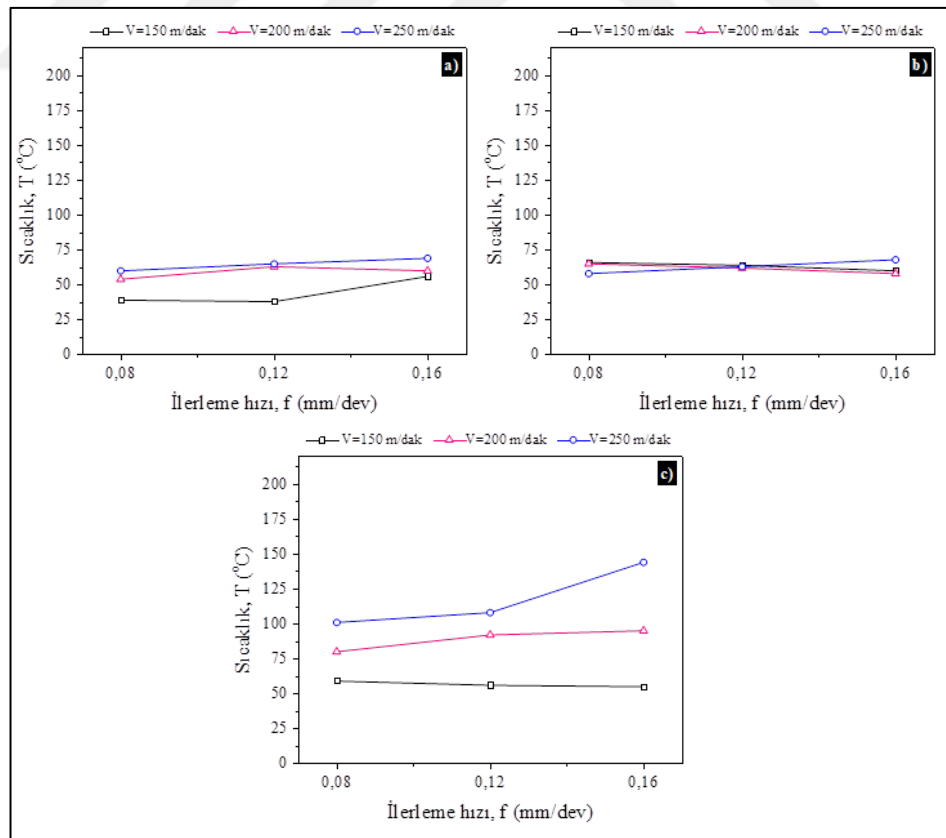
Kesme hızıyla sıcaklık değişiminin doğru orantılı olduğu ve kesme hızının artması ile sıcaklığın da arttığı bilinmektedir [54]. Bu durum, artan kesme hızının kayma düzleminde kesici takım-talaş ara yüzeyinin temas boyunun şekil değiştirme hızına paralel olarak artan sürtünme etkisi ile açıklanabilir. İlerleme miktarının artmasına bağlı olarak birim zamanda kaldırılan talaşın hacminin artması da kesme anında elde edilen sıcaklığın artmasında etkili olduğunu söylemek mümkündür. Benzer eğilimin artan kesme derinliği değerleri içinde gerçekleştiği söylenebilir.



Şekil 7.3. Kesme derinliğine bağlı olarak ortalama sıcaklık değişimleri a) 0,05 mm, b) 0,075 mm, c) 0,1 mm (Kaplamasız Karbür).

Şekil 7.3'e göre, Kesme anında oluşan sıcaklık değerinin kesme parametrelerinin değişimine paralel olarak davranış sergilediğini söylemek mümkündür. En düşük sıcaklık değeri 58 °C ile 0,05 mm kesme derinliği, 150 m/dak kesme hızı ve 0,16 mm/dev ilerleme miktarında elde, en yüksek sıcaklık değerinin 212 °C ile kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin en yüksek değerlerinde elde edildiği görülmektedir. İşleme esnasından oluşan yüksek sıcaklıkların, takım aşınması açısından dezavantaj bir durum oluşturmasının yanı sıra biyoyumluğu oldukça önemli olan CoCr (F75) malzeme üzerinde deformasyon oluşturmaması için istenilmeyen bir durum olduğu söylenebilir. Bu nedenle sıcaklık açısından kesme parametrelerinin düşük seviyelerinin tercih edilmesini söylemek mümkündür.

Kaplamalı kesici takımlar ile gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen ortalama sıcaklık değeri grafikleri Şekil 7.4'te verilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, kaplamasız kesici takımlar ile elde edilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.



Şekil 7.4. Kesme derinliğine bağlı olarak ortalama sıcaklık değişimleri a) 0,05 mm, b) 0,075 mm, c) 0,1 mm (Kaplamalı Karbür).

Şekil 7.4 incelendiğinde, en düşük kesme sıcaklığının 0,12 mm/dev ilerleme miktarı 150 m/dk kesme hızı ve 0,05 mm kesme derinliği parametreleri ile 38 °C, en yüksek değer ise kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin en yüksek parametrelerinde 145 °C olarak elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar düşük kesme hızı ve kesme derinliğinin işleme esnasında tercih edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. TiAlN kesici takımlar ile elde edilen kesme sıcaklık değerleri kaplamasız kesici takımlar ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında %40,1 oranında azalma eğilimi göstermiştir. En yüksek değişiklik oranının 200 m/dak kesme hızı, 0,16 mm/dev ilerleme miktarı 0,075 mm kesme derinliğinin % 60 olarak elde edildiği, en düşük değişim oranının ise sırasıyla 150 m/dak, 0,16 mm/dev ve 0,05 mm değerlerinde elde edildiği hesaplanmıştır. Kesme sıcaklığının gerek malzemenin biyouyumluluğuna etkisi gerekse takım ömrü üzerinde olumsuz etkisi göz önüne alındığında TiAlN kaplamalı kesici takımları kullanmanın avantaj sağlayacağını söylemek mümkündür.

7.3. S/N ORANLARININ ANALİZİ

TiAlN kaplamalı ve kaplamasız karbür kesici takımlar ile kesme parametrelerinin (Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme) üçer değişkeninin kullanılarak gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen Ra ve T değerleri ve bunlar için hesaplanmış S/N oranları Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.3' te verilmiştir. Ayrıca kaplamalı ve kaplamasız takımlar ile elde edilen Ra ve T için S/N oranlarının kontrol faktörlerine göre dağılımı işleme parametrelerinin önem sırası verilmiştir. Bu çalışmanın amacı daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığının olması istendiğinden S/N oranlarının bulunmasında Eş. 4.2'de verilen en küçük en iyi yaklaşımı kullanılmıştır.

TiAlN kaplamalı ve kaplamasız kesici takımlar ile L27 ortogonal deney tasarımına göre yapılan performans deneyleri sonucunda elde edilen S/N oranları hesaplanmış olup S/N oranları ve yüzey pürüzlülüğü (Ra) için S/N oranları için ana etki grafikleri, ortalama sıcaklıkların S/N oranları için ana etki grafikleri burada verilmiştir.

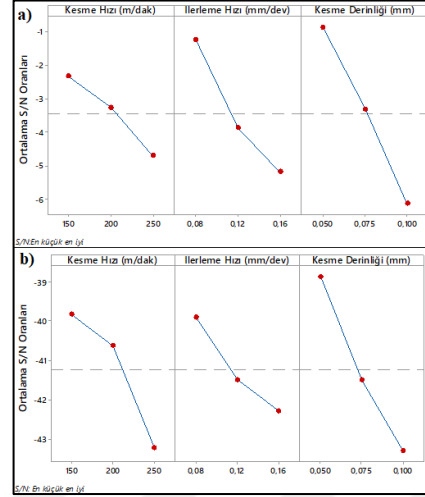
Çizelge 7.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen deney sonuçları ve S/N oranları.

Deney No	Kod	Kesme Hızı (m/dak)	Kod	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kod	Kesme Derinliği (mm)	Ra (µm)	Ra S/N	Ortalama Sıcaklık (°C)	Sıcaklık S/N
1	A1	150	B1	0,08	C1	0,05	0,791	2,03647	79,93	-38,0542
2	A1	150	B1	0,08	C2	0,075	0,995	0,04354	81,69	-38,2434
3	A1	150	B1	0,08	C3	0,10	1,365	-2,70265	130,45	-42,3089
4	A1	150	B2	0,12	C1	0,05	0,944	0,50056	63,50	-36,0555
5	A1	150	B2	0,12	C2	0,075	2,019	-6,10273	122,67	-41,7748
6	A1	150	B2	0,12	C3	0,10	1,370	-2,73441	126,51	-42,0425
7	A1	150	B3	0,16	C1	0,05	1,065	-0,54699	58,74	-35,3787
8	A1	150	B3	0,16	C2	0,075	2,138	-6,60015	136,36	-42,6937
9	A1	150	B3	0,16	C3	0,10	1,755	-4,88554	124,45	-41,8999
10	A2	200	B1	0,08	C1	0,05	0,755	2,44106	72,32	-37,1852
11	A2	200	B1	0,08	C2	0,075	1,209	-1,64853	89,13	-39,0005
12	A2	200	B1	0,08	C3	0,10	1,869	-5,43219	112,43	-41,0176
13	A2	200	B2	0,12	C1	0,05	0,910	0,81917	72,47	-37,1852
14	A2	200	B2	0,12	C2	0,075	1,873	-5,45076	129,49	-42,2447
15	A2	200	B2	0,12	C3	0,10	2,060	-6,27734	143,88	-43,1600
16	A2	200	B3	0,16	C1	0,05	1,066	-0,55514	81,42	-38,2146
17	A2	200	B3	0,16	C2	0,075	1,873	-5,45076	145,56	-43,2608
18	A2	200	B3	0,16	C3	0,10	2,468	-7,84690	165,28	-44,3644
19	A3	250	B1	0,08	C1	0,05	0,940	0,53744	103,62	-40,3089
20	A3	250	B1	0,08	C2	0,075	0,913	0,79058	95,40	-39,5910
21	A3	250	B1	0,08	C3	0,10	2,291	-7,20050	147,87	-43,3976
22	A3	250	B2	0,12	C1	0,05	1,892	-5,53842	140,74	-42,9684
23	A3	250	B2	0,12	C2	0,075	1,160	-1,28916	139,54	-42,8940
24	A3	250	B2	0,12	C3	0,10	2,757	-8,80874	178,90	-45,0522
25	A3	250	B3	0,16	C1	0,05	2,361	-7,46192	165,86	-44,3948
26	A3	250	B3	0,16	C2	0,075	1,591	-4,03340	155,43	-43,8307
27	A3	250	B3	0,16	C3	0,10	2,926	-9,32549	212,56	-46,5496

Kaplamasız karbür kesici takımlar ile gerçekleştirilen performans deneyleri sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü 1,60 µm, ortalama S/N oranı ise -3,43 olarak hesaplanmıştır. Ortalama kesme sıcaklıklarıysa 121,33 °C, ortalama S/N oranı ise -41,22 olarak elde edilmiştir.

Şekil 7.5'te ana etki grafikleri ve Çizelge 7.2'deki S/N oranlarının en yüksek ve en düşük noktalarının incelenmesiyle ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme sıcaklığı (T) üzerinde etkili olan en önemli kontrol faktörünün kesme derinliği olduğu görülmektedir. Ra üzerinde etkili olan kontrol faktörlerinin önem sırasının sırası ile kesme derinliği, ilerleme hızı ve son olarak kesme hızı olduğu Çizelge 7.2'de

görülmektedir. Bu sıralama T üzerinde ise kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme miktarı olarak elde edilmiştir.



Şekil 7.5. Kaplamasız karbür kesici takım için S/N oranlarının ana etki grafikleri, a) RA, b) T

Çizelge 7.2. Ra ve T için S/N oranlarına göre işleme parametrelerinin önem sırası (Kaplamasız Karbür).

Seviyeler	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)			Kesme Sıcaklıkları (T)		
	A	B	C	A	B	C
1	-2,3310	-1,2357	-0,8615	-39,83	-39,90	-38,86
2	-3,4059	-3,8745	-3,4434	-40,63	-41,49	-41,50
3	-4,7021	-5,3288	-6,1341	-43,22	-42,29	-43,31
Maks.-Min.	2,3711	4,0930	5,2726	3,39	2,39	4,45
Önem sırası	3	2	1	2	3	1

En düşük yüzey pürüzlülük değeri için faktörlere ait seviyeler incelendiğinde elde edilen sonuçlar, faktör A (Seviye 1, S/N=-2,3310), faktör B (Seviye 1, S/N=-1,2357) ve faktör C (Seviye 1, S/N=-0,8615) olarak hesaplanmıştır. Kaplamasız kesici takımlar için optimum yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri için (A1), 150 m/dak kesme hızında, (B1), 0,08 mm/dev ilerleme miktarında ve (C1) 0,05 mm kesme derinliğine ait seviyelerde elde edildiğini söylemek mümkündür. Kesme sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde A (Seviye 1, S/N= -39,83), faktör B (Seviye 1, S/N= -39,90) ve faktör C (Seviye 1, S/N= -38,86) olarak elde edilmiştir.

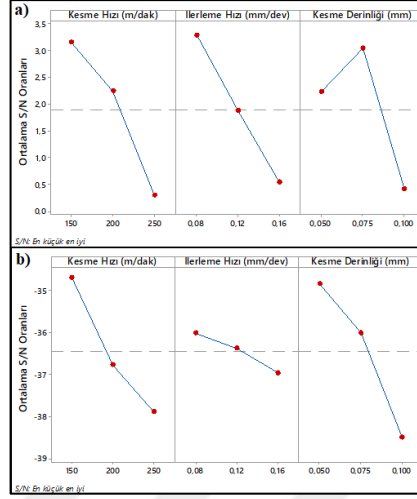
Kaplamalı takımlar ile yapılan deneyleri sonucunda ortalama yüzey pürüzlülüğü 0,83 μm , ortalama S/N oranı ise 1,9 olarak hesaplanmıştır. Ortalama kesme sıcaklıklarıysa 69,27 $^{\circ}\text{C}$, ortalama S/N oranı ise -36,45 olarak elde edilmiştir (Çizelge 7.3).

Çizelge 7.3. TiAlN kaplamalı takımlarla elde edilen deney sonuçları ve S/N oranları.

Deney No	Kod	Kesme Hızı (m/dak)	Kod	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kod	Kesme Derinliği (mm)	Ra (μm)	Ra S/N	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Sıcaklık S/N
1	A1	150	B1	0,08	C1	0,05	0,582	4,70154	39,63	-31,9605
2	A1	150	B1	0,08	C2	0,075	0,722	2,82926	66,38	-36,4407
3	A1	150	B1	0,08	C3	0,10	0,584	4,67174	58,63	-35,3624
4	A1	150	B2	0,12	C1	0,05	0,607	4,33623	38,24	-31,6504
5	A1	150	B2	0,12	C2	0,075	0,785	2,10261	64,41	-36,1791
6	A1	150	B2	0,12	C3	0,10	0,740	2,61537	56,90	-35,1022
7	A1	150	B3	0,16	C1	0,05	0,675	3,41392	56,46	-35,0348
8	A1	150	B3	0,16	C2	0,075	0,849	1,42185	60,21	-35,5934
9	A1	150	B3	0,16	C3	0,10	0,767	2,30409	55,50	-34,8859
10	A2	200	B1	0,08	C1	0,05	0,694	3,17281	54,55	-34,7359
11	A2	200	B1	0,08	C2	0,075	0,522	5,64659	65,65	-36,3447
12	A2	200	B1	0,08	C3	0,10	0,662	3,58284	80,35	-38,0997
13	A2	200	B2	0,12	C1	0,05	0,768	2,29278	63,70	-36,0828
14	A2	200	B2	0,12	C2	0,075	0,575	4,80664	62,48	-35,9148
15	A2	200	B2	0,12	C3	0,10	1,101	-0,83575	92,81	-39,3519
16	A2	200	B3	0,16	C1	0,05	0,798	1,95994	59,38	-35,4728
17	A2	200	B3	0,16	C2	0,075	0,720	2,85335	58,55	-35,3505
18	A2	200	B3	0,16	C3	0,10	1,458	-3,27515	95,61	-39,6101
19	A3	250	B1	0,08	C1	0,05	0,865	1,25968	60,30	-35,6063
20	A3	250	B1	0,08	C2	0,075	0,656	3,66192	59,72	-35,5224
21	A3	250	B1	0,08	C3	0,10	0,988	0,10486	101,18	-40,1019
22	A3	250	B2	0,12	C1	0,05	0,975	0,21991	65,36	-36,3062
23	A3	250	B2	0,12	C2	0,075	0,767	2,30409	63,70	-36,0828
24	A3	250	B2	0,12	C3	0,10	1,120	-0,98436	108,55	-40,7126
25	A3	250	B3	0,16	C1	0,05	1,149	-1,20640	69,10	-36,7896
26	A3	250	B3	0,16	C2	0,075	0,810	1,83030	68,22	-36,6782
27	A3	250	B3	0,16	C3	0,10	1,677	-4,49066	144,94	-43,2238

Kaplamalı takımlar ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda Şekil 7.6'deki ana etki grafikleri ve Çizelge 7.4'teki S/N oranlarının en yüksek ve en düşük noktalarının incelenmesi sonucunda; yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkili en önemli kontrol faktörünün kesme hızı olduğu, kesme sıcaklığı açısından ise en önemli kontrol faktörünün kesme derinliği olduğu anlaşılmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği olduğu açık olarak görülmektedir.

Aynı durum kesme sıcaklıkları açısından ise kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme miktarı olarak elde edilmiştir.



Şekil 7.6. TiAlN kaplamalı karbür kesici takım için S/N oranlarının ana etki grafikleri, a) RA, b) T

Çizelge 7.4. Ra ve T için S/N oranlarına göre işleme parametrelerinin önem sırası (TiAlN kaplamalı).

Seviyeler	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)			Kesme Sıcaklıkları (T)		
	A	B	C	A	B	C
1	3,1555	3,2926	2,2397	-34,69	-36,02	-34,85
2	2,2469	1,8747	3,0508	-36,77	-36,38	-36,01
3	0,3009	0,5359	0,4128	-37,89	-36,96	-38,49
Maks.-Min.	2,8545	2,7567	2,6380	3,20	0,94	3,65
Önem sırası	1	2	3	2	3	1

Çizelge 7.4' e göre, en düşük yüzey pürüzlülük değeri için elde edilen sonuçlar, faktör A (Seviye 1, S/N= 3,155), faktör B (Seviye 1, S/N= 3,2926) ve faktör C (Seviye 2, S/N= 3,0508) olarak hesaplanmıştır. Kaplamasız kesici takımlar için optimum yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri için (A1), 150 m/dak kesme hızında, (B1), 0,08 mm/dev ilerleme miktarında ve (C2) 0,075 mm kesme derinliğine ait seviyelerde elde edildiğini söylemek mümkündür. Kesme sıcaklığı açısından değerlendirildiğinde A (Seviye 1, S/N= -34,69), faktör B (Seviye 1, S/N= -36,02) ve faktör C (Seviye 1, S/N= -34,85) olarak elde edilmiştir.

7.4. VARYANS ANALİZİ (ANOVA)

Varyans analizi (ANOVA) ile yüzey pürüzlülük değerlerinin kaplamasız takımlar ve kontrol faktörlerinden (işleme parametreleri) etkilenme oranların belirlenmiş hali ve sonuçları Çizelge 7.5'te, ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları Çizelge 7.6'da verilmiştir. TiAlN kaplamalı takımlar için kontrol faktörlerinden (işleme parametreleri) etkilenme oranların belirlenmiş hali ve sonuçları ise Çizelge 7.7'de, ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları Çizelge 7.8'de verilmiştir. Taguchi L27 tasarımıyla yapılan deneysel çalışmalarda, kontrol faktörlerinin (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) yüzey pürüzlülüğü ve işlem sırasında oluşan ortalama sıcaklıkların üzerindeki etki düzeylerini belirleyebilmek için varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi yüzey pürüzlülüğü ve ortalama sıcaklık için %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 7.5. Ra'ya göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (Kaplamasız karbür).

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	P değeri	Katkı Oranı (%)
Kesme hızı	1	0,14637	0,146367	4,73	0,044	8,8
İlerleme miktarı	1	0,36788	0,367884	11,90	0,003	21,99
Kesme derinliği	1	0,60204	0,602042	19,47	0,000	35,99
Kesme hızı*Kesme hızı	1	0,00047	0,000472	0,02	0,903	0,03
İlerleme miktarı*İlerleme miktarı	1	0,00747	0,007472	0,24	0,629	0,44
Kesme derinliği*Kesme derinliği	1	0,00193	0,001931	0,06	0,806	0,11
Kesme hızı*İlerleme miktarı	1	0,00783	0,007826	0,25	0,621	0,46
Kesme hızı*Kesme derinliği	1	0,00451	0,004510	0,15	0,707	0,27
İlerleme miktarı*Kesme derinliği	1	0,00831	0,008314	0,27	0,611	0,49
Artık hata	17	0,52561	0,030918			31,42
Toplam	26	1,67243				% 100
R ²	95,04					

Çizelge 7.5'e göre veriler incelendiğinde, Kaplamasız kesici takımlar için Ra üzerinde en etkili faktörün %35,99 katkı oranı ile kesme derinliği olduğu görülmektedir. İlerleme miktarı ise %21,99 ile en etkili ikinci faktör olmuştur. Kesme hızının etkisi ise %8,8 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 7.6. Ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (Kaplamasız karbür).

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F değeri	P değeri	PCR (%)
Kesme hızı	1	9596,7	9596,7	32,62	0,000	24,80
İlerleme miktarı	1	6153,8	6153,8	20,91	0,000	15,90
Kesme derinliği	1	14105,3	14105,3	47,94	0,000	36,495
Kesme hızı*Kesme hızı	1	1071,7	1071,7	3,64	0,073	2,77
İlerleme Miktarı*İlerleme miktarı	1	108,7	108,7	0,37	0,551	0,28
Kesme derinliği*Kesme derinliği	1	1,8	1,8	0,01	0,939	0,005
Kesme hızı*İlerleme miktarı	1	2119,5	2119,5	7,20	0,016	5,47
Kesme hızı*Kesme derinliği	1	209,4	209,4	0,71	0,411	0,54
İlerleme miktarı* Kesme derinliği	1	314,1	314,1	1,07	0,316	0,81
Artık hata	17	5002,0	294,2			12,93
Toplam	26	38682,8				%100
R ²				%96,33		

Kaplamasız takımlar için T üzerinde en etkili faktörün %36,495 katkı oranı ile kesme derinliği olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla, %24,80 ile kesme hızı, %15,90 ile ilerleme miktarının takip ettiğini söylemek mümkündür (Çizelge 7.6).

Çizelge 7.7. Ra'ya göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (TiAlN kaplamalı karbür).

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	P değeri	Katkı Oranı (%)
Kesme hızı	1	0,109065	0,10065	14,75	0,001	22,71
İlerleme miktarı	1	0,101934	0,101934	13,82	0,002	21,11
Kesme derinliği	1	0,051363	0,051363	6,96	0,017	10,64
Kesme hızı*Kesme hızı	1	0,003575	0,003575	0,48	0,496	0,74
İlerleme miktarı*İlerleme miktarı	1	0,000055	0,000055	0,01	0,932	0,012
Kesme derinliği*Kesme derinliği	1	0,055285	0,055285	7,50	0,014	11,45
Kesme hızı*İlerleme miktarı	1	0,007085	0,007085	0,96	0,341	1,378
Kesme hızı*Kesme derinliği	1	0,004134	0,004134	0,56	0,464	0,85
İlerleme miktarı* Kesme derinliği	1	0,024815	0,024815	3,36	0,084	5,14
Artık hata	17	0,125376	0,007375			25,97
Toplam	26	0,482687				%100
R ²				%94,02		

Çizelge 7.7, TiAlN kaplamalı kesici takımlar için Ra üzerindeki en etkili faktörün %22,71 ile kesme hızı olduğunu göstermektedir. Bunu, %21,11 katkı oranı ile ilerleme miktarı, %11,45 ile kesme derinliği*kesme derinliği seviyeleri takip etmektedir. Aynı kesme koşulları göz önüne alındığında kaplamasız kesici takımlar için en etkili faktör kesme derinliği olmuştur. Bu fark kesici takım kaplama kalitesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 7.8. Ortalama sıcaklığa göre S/N oranlarının ANOVA analizi sonuçları (TiAlN kaplamalı).

Faktörler	Serbestlik Derecesi (DF)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	P değeri	Katkı Oranı (%)
Kesme hızı	1	11,0015	11,0015	22,27	0,000	27,68
İlerleme miktarı	1	1,0593	1,0593	2,14	0,161	2,66
Kesme derinliği	1	14,7858	14,7858	29,93	0,000	37,248
Kesme hızı*Kesme hızı	1	0,1657	0,1657	0,34	0,570	0,41
İlerleme miktarı*İlerleme miktarı	1	0,0208	0,0208	0,04	0,840	0,05
Kesme derinliği*Kesme derinliği	1	1,0841	1,0841	2,19	0,157	2,72
Kesme hızı*İlerleme miktarı	1	0,4943	0,4943	1,00	0,331	1,24
Kesme hızı*Kesme derinliği	1	2,7048	2,7048	5,48	0,032	6,81
İlerleme miktarı* Kesme derinliği	1	0,0209	0,0209	0,04	0,839	0,052
Artık hata	17	8,3983	0,4940			21,13
Toplam	26	39,7355				%100
R ²				%94,23		

TiAlN kaplamalı kesici takımlar için T üzerindeki en etkili faktörün %37,248 ile kesme derinliği olduğu görülmektedir. Etki faktörleri sırasıyla kesme hızı (%27,68) ve kesme hızı*kesme derinliği (%6,81) olarak elde edilmiştir. Kaplamasız kesici takım ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde benzer sırala sergilenmiş olup en büyük fark ilerleme miktarında elde edilen değer olarak gözükmektedir. Kesici takım üzerinde bulunan kaplamanın sürtünme üzerindeki etkisi ile açıklamak mümkündür.

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkilerin tanımlanabilmesi için hem yüzey pürüzlülüğü hem de ortalama sıcaklıklar için ayrı ayrı regresyon analizleri yapılmıştır. Ancak analiz sonucunda korelasyon katsayısı istenilen değerlerde olmadığından değerlendirilmeye yer verilmemiştir.



BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1 SONUÇLAR

CoCr (F75) implant malzemesinin TiAlN kaplamalı ve kaplamasız karbür kesici takımlarla işlenebilirlik (frezeleme) deneyleri esnasında işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği) yüzey pürüzlülüğü ve ortalama sıcaklık üzerindeki etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- İlerleme miktarı, kesme hızı ve kesme derinliğinin artan parametrelerine bağlı olarak Ra ve T değerlerinde genel olarak artış eğilimi sergilediği görülmüştür.
- En düşük yüzey pürüzlülük değerinin TiAlN kaplamalı takımlarda (0,522 μm) kesme hızının 200 m/dak, 0,075 mm kesme derinliğinde ve ilerlemenin 0,08 mm/dev değerinde elde edilirken, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise 2,926 μm olarak 250 m/dak kesme hızında, 0,1 mm kesme derinliğinde ve 0,16 mm/dev ilerleme miktarında kaplamasız kesici takımlar ile elde edilmiştir.
- TiAlN kaplamalı kesici takımlar için en düşük sıcaklık değeri (38,24 °C) ilerleme hızının 0,12 mm/dev, kesme hızının 150 m/dak ve kesme derinliğinin 0,05 mm olduğu parametrelerde oluşmuştur. Kaplamasız kesici takımlarda ise en yüksek sıcaklık değeri (212,56 °C) ilerleme hızının 0,16 mm/dev, kesme hızının 250 m/dak ve kesme derinliğinin 0,1 mm olduğu parametrelerde oluşmuştur.
- Ra ve T işleme çıktıları üzerinde en etkili sonuçlar TiAlN kaplamalı kesici takımlar ile elde edilmiş olup, Ra ve T değerleri için sırasıyla %42,25 ve %40,1 oranlarında azalma eğilimi sergilemiştir.
- Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kesme sıcaklıklarının optimum seviyelerinin belirlenebilmesi için S/N oranları kullanılmıştır.

- Kaplamasız takımların istatistik analizi sonuçlarına göre optimum yüzey pürüzlülüğü değeri 150 m/dak kesme hızında (A1), 0,08 mm/dev ilerleme hızında (B1) ve 0,05 mm kesme derinliğinde (C1) elde edilmiştir. Optimum kesme sıcaklığı değeri de aynı seviyeler elde edilmiştir.
- Kaplamalı takımların istatistik analizi sonuçlarına göre optimum yüzey pürüzlülüğü değeri 150 m/dak kesme hızında (A1), 0,08 mm/dev ilerleme hızında (B1) ve 0,075 mm kesme derinliğinde (C2) elde edilmiştir. Optimum kesme sıcaklığı değeri ise 150 m/dak kesme hızında (A1), 0,08 mm/dev ilerleme hızında (B1) ve 0,05 mm kesme derinliğinde (C1) elde edilmiştir.
- Kaplamasız kesici takımlarda ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklıkları üzerinde en etkili parametrenin kesme derinliği olduğu, Ra ve T üzerindeki etki oranları sırasıyla %35,99 ve %36,495 olarak elde edilmiştir.
- Kaplamalı takımlar için, Ra üzerindeki en etkili parametrenin kesme hızı, T üzerinde ise kesme derinliği olduğu görülmüştür. Bu katkı oranları %22,71 ve %37,248 olarak hesaplanmıştır.

8.2. ÖNERİLER

DeneySEL ve istatistiksel olarak yapılan bu tez çalışmasında, CoCr (F35) implant malzemesinin frezelenmesinde işleme parametrelerinin işlem sırasında oluşan sıcaklık ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmadan farklı olarak yapılabilecek çalışmalar için öneriler maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir.

- Gerçekleştirilen performans deneylerinde kullanılan kesici takım ve kesme parametrelerinin seviyeleri değiştirilerek optimum işleme seviyeleri tespit edilebilir.
- Biyo uyumluluk açısından oldukça önemli olan bu malzemelerin işlenmesinde kesme parametrelerinin mikro-yapı üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Biyo uyumluluk açısından kesme sıvısı kullanımı tavsiye edilmeyen ve işlenebilirliği oldukça zor olan bu malzemelerin işlenmesinde kriyojenik işlem uygulanabilir.

- Çalışmada yüzey pürüzlülüğü ve işlem sırasında oluşan sıcaklıklar ele alınmıştır. Ancak farklı bir çalışmayla takım ömrü/aşınması ve kesme kuvvetleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilebilir.
- Frezeleme yöntemiyle gerçekleştirilen bu çalışmaya ek olarak tornalama ve delme gibi farklı işleme yöntemleri kullanarak davranışları incelenebilir.
- Farklı bir çalışmada tahmin sonuçlarının elde edilebilmesi için yapay sinir ağları, regresyon analizi ve bulanık mantık gibi matematiksel tahmin modelleri kullanılabilir.



KAYNAKLAR

1. Demiryürek, N., "Nikel Katkılı Biyomedikal CoCrMo Alaşımlarının Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Hatay (2014).
2. Gümüşderelioğlu, M., "Tıbbın Geleceği Biyomalzemeler", **Bilim ve Teknik Dergisi**, 2-4 (2002).
3. Pasinli, A., "Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler", **Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 4; 25-34 (2004).
4. Biehl, V. ve Breme, J., "Metallic Biomaterials", **Mat.-wiss.u.Werkstofftech**, 32; 137-141 (2001).
5. Özen, A. M., "CoCrMo Alaşımının Yüzeyine SHS Yöntemiyle Gözenekli NiTi Kaplanabilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ (2014).
6. Korkusuz, F. ve Şenköylü, A., "Sert Doku-Biyomateryal Etkileşimleri-1", **Genel Kavramlar ve Kemik Metal Etkileşimleri Review**, 14; 51-57 (2003).
7. Çakır, A., "İnsan Vücudunda Kullanılan Metalik İmplantların Dünü ve Bugünü", **8th International Metallurgy and Materials Congress** (1995).
8. Langer, R., Cima, L. G., Tamada, J. A. ve Wintermantel, E., "Future Directions in Biomaterials", **Biomaterials**, 11; 738-745 (1990).
9. Uzunoğlu, S., «Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan CoCrMo Alaşımlarının Mikro Yapı Ve Korozyon Direncine Pd Katkısının Araştırılması», Yüksek Lisans Tezi, **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ (2015).
10. Güven, Ş. Y. ve Delikanlı, K., "Metalik Biyomalzemelerde Son Gelişmeler", **Timak Tasarım İmalat Analiz Kongresi**, Balıkesir (2006).
11. Sarsılmaz, F., "Polimer- Hidroksiapatit Kompozitlerinin Ortopedik Biyomalzeme Olarak Kullanılmasının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 5-6 (2003).
12. Çömez Şap, E., "Kobalt Esaslı Alaşımlara Bazı Metallerin Etkisinin Araştırılması", Doktora Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ (2012).
13. Hruska, A. R., "Intraoral Welding of Pure Titanium", **Quintessence Int.**, 18(10); 683-688 (1987).

14. Rosenstiel, S. F., Land, M. F. ve Fujimoto, J., "Contemporary Fixed Prosthodontics", *Mosby Inc.*, Missouri (2001).
15. Şahin, Y., "Talaş Kaldırma Prensipleri I", *Gazi Kitabevi*, Ankara (2003).
16. Lin, W. S., Lee, B. Y., ve Wu, C. L., "Modeling the surface roughness and cutting force for turning", *Journal of Materials Processing Technology*, 108; 286-293 (2001).
17. Akkurt, M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları", *Birsen Yayın Evi*, İstanbul (1998).
18. Mendi, F., "Takım Tezgâhları Teori ve Hesapları", *TDFD Ltd. Sti Yayınları*, Ankara (1996).
19. Yeyen, H. E., "AISI 303 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2006).
20. Yontar, A. A., "AISI 304 Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2011).
21. Nafiz, Y., "Plastik Kalıp Çeliklerinin Özgül Kesme Direncinin Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2011).
22. Sürücü, S., "Tornalamada kesme parametrelerindeki değişime göre kesme kuvvetlerinin tahmini için matematiksel bir model geliştirme", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).
23. Ezugwu, E. O., "Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45(12-13); 1353-1367 (2005).
24. E. P. DeGarmo, J. T. Black ve R. A. Kohser, "Materials and Processes in Manufacturing, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1997.
25. Elieyioğlu, S., "Çeliklerin ısı işlem altında gösterdiği yapısal değişikliklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve mössbauer spektroskopisi ile incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale (2005).
26. Çoğun, C. ve Özses, B., "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 17(1); 59-75 (2002).
27. Tekait, İ., "Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2008).

28. Şirin, E., "AISI D2 Soğuk iş Takım Çeliğinin Frezede İşlenebilirliğinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2010).
29. Bayrak, M., "Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü**, Ankara (2002).
30. Gadelmavla, E. S. ve Koura, M. M., "Roughness Parameter", **Journal of Material Processing Technology**, 123; 133-145 (2002).
31. Özses, B., "Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü** Ankara (2002).
32. Hamamcı, M., "Yüksek hızlı işlemede kesme parametrelerinin yüzey kalitesi", Yüksek Lisans Tezi, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kayseri (2012).
33. Jiju, A., Kaye, M. ve Frangou, A., "A Strategic Methodology to The Use of Advanced Statistical Quality Improvement Techniques", **The TQM Magazine**, 10(3); 169-176 (1998).
34. Özsoy, N., "Polimer esaslı fiber takviyeli kompozit malzemelerin tribolojik ve mekanik özelliklerinin incelenmesi", Doktora Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya (2015).
35. Durmaz, S., "Taguchi metodunun kauçuğun vulkanizasyonu prosesine uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya (2008).
36. Gökçe, G., Taşgetiren, S., "Kalite için deney tasarımı", **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 6(1);71-83 (2009).
37. Ranjit, K., Roy, A., "Primer on the taguchi method", **Society of Manufacturing Engineering** (2010).
38. Korkut, İ. ve Dönertaş, M. A., "The Influence of Feed Rate and Speed on The Cutting Forces, Surface Roughness and Tool-Chip Contact Length During Face Milling", **Materials and Design**, 28; 308-312 (2007).
39. Ulusoy, A., "Orta Karbonlu ve Otomat Çeliklerinde Kesme Hızının İşlenebilirlik Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi**, Kütahya, 29-46 (2008).
40. Fu, H. J., Devor, R. E. ve Kapoor, S. G., "A Mechanistic model for the prediction of the force system in face milling operations", **ASME Journal of Engineering for Industry**, 106; 81-88 (1984).
41. Hsu, H. C., ve Lian, S. S., "Wear Properties of Co–Cr–Mo–N Plasma-Melted Surgical", **Journal of Materials Processing Technology**, 138; 231-235 (2003).

42. Bruschi, S., Ghiotti, A. ve Bordin, A., "Effect of the Process Parameters on the Machinability Characteristics of a CoCrMo Alloy", *Key Eng. Mater.*, 554-557; 1976-1983 (2013).
43. Shao, H., Li, L., Jiu, L. ve Zhang, S. Z., "Study on machinability of a stellite alloy with uncoated and coated carbide tools in turning", *J. Manuf. Process.*, 15(4); 673-681 (2013).
44. Ferreira, P., Simoes, F. ve Relvas, C., "Experimental analysis of milling operations in Ti-6Al-4V and Co-28Cr-6Mo alloys for medical devices", *Key Eng. Mater.*, 611-612; 1282-1293 (2014).
45. Bordin, A., Bruschi, S. ve Ghiotti, A., "The effect of cutting speed and feed rate on the surface integrity in dry turning of CoCrMo alloy", *Procedia CIRP*, 13; 219-224 (2014).
46. Singh, P. D., Rao, V., "A surface roughness prediction model for hard turning process", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, (32); 115-1124 (2007).
47. Kavak, N. Üstel, N., "AISI 1040 çeliğinin Kuru tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi", *Karaelmas Science and Engineerin Journal*, 2(2); 24-29 (2012).
48. Özel, T., Karpat, Y., "Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural Networks", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, (45); 467-479 (2005).
49. Sağlam, H., "Frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi", *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, 1(3) (2001).
50. Fnides, B., Aouici, H., Yaltese, M. A., "Cutting forces and surface roughness in hard turning of hot work steel X38CrMoV5-1 using mixed ceramic", *Mechanika*, (2); 73-78 (2008).
51. Tay, A. A. O., "A review of methods of calculating", *J. Mater.Process. Technol.*, 36(3); 225-257 (1993).
52. Duran, A., Turgut, Y., Günay, M., "Tornalamada oluşan takım-talaş ara yüzey sıcaklığının pirometre ile deneysel olarak ölçülmesi", *Journal of Polytechnic*, 14(4); 297-301 (2011).
53. Davim, J. P., Maranhao, C., "A Study of Plastic Strain and Plastic Strain Rate in Machining of Steel AISI 1045 using FEM Analysis", *Materials and Design*, (30); 160-165 (2009).
54. Ng, E. G., Aspinwall, D. K., Brazil, D., Monaghan, J., "Modelling of temperature and forces when orthogonally machining hardened steel", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, (39); 885-903 (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Burak ARKIN, 1992 yılında Antalya Kepez’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı.2012 yılında Karabük Üniversitesi İmalat Mühendisliği Bölümünde öğrenimine başlayıp 2016 yılında mezun oldu. 3 yıldır medikal sektörüne implant üreten bir firmada üretim mühendisi olarak çalışmaktadır. 2016 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Özevler Mahallesi Şehit Atıf Şahin Caddesi No: 16/12 Yenimahalle/ Ankara

Tel: 0 507 007 85 44

E-posta: burakarkinn@gmail.com