

**İNCE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK  
MALZEMELERİN TORNALANMASI İÇİN  
BAĞLAMA SİSTEMİ TASARIMI VE İMALATI**

**2016  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Osman YİĞİT**

**İNCE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK MALZEMELERİN TORNALANMASI  
İÇİN BAĞLAMA SİSTEMİ TASARIMI VE İMALATI**

**Osman YİĞİT**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

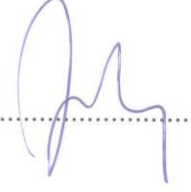
**İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Mayıs 2016**

Osman YİĞİT tarafından hazırlanan “İNCE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK MALZEMELERİN TORNALANMASI İÇİN BAĞLAMA SİSTEMİ TASARIMI VE İMALATI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 06/05/2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

Üye : Prof. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Yahya ALTUNPAK (AİBÜ)



23/05/2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri 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.”*

Osman YİĞİT

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **İNCE AISI 304 PASLANMAZ ÇELİK MALZEMELERİN TORNALANMASI İÇİN BAĞLAMA SİSTEMİ TASARIMI VE İMALATI**

**Osman YİĞİT**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ**

**Mayıs 2016, 67 sayfa**

Bu çalışmada, ince AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin tornalanması esnasında bağlanması için bir pens tasarlanarak imalatı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen bağlama sistemi kullanılarak alın tornalama yöntemiyle işleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Parçanın işlenmesi esnasında rijit bir şekilde konumda kalabilmesi dikkate alınarak pens tasarımı yapılmıştır. Pensin uzun ömürlü olması için de uygun malzeme seçilmiştir. Tasarlanan pens için 16MnCr5 çelik malzeme seçilerek CNC torna ve kalıpcı freze tezgâhlarında imalatı yapılmıştır. İşlenen malzemeye sementasyon işlemi ile yüzey sertleştirilmesi yaptırılmış ve hassas olan yüzeyler akabinde taşlanmıştır. Bağlamanın rijit olabilmesi için, deneyler öncelikli olarak aynı geometriye sahip iki farklı üreticiden temin edilen karbür kesici takımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ölçülmüştür. Tasarımı ve imalatı yapılan pensin ince parçaları rijit bir şekilde bağlayabildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Paslanmaz elik, aln tornalama, karbür, yüzey pürüzlülüğü.

**Bilim Kodu** :916.3.028



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DESIGN AND MANUFACTURING OF A COLLET FOR CLAMPING THIN AISI 304 STAINLESS STEEL PARTS DURING TURNING**

**Osman YİĞİT**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Manufacturing Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ**

**May 2016,67 pages**

In this study, a collet for clamping thin AISI 304 austenitic stainless steel parts when turning designed and manufactured. Facing tests trough turning were performed using the designed and manufactured collet. The design process was carried out by taking into consideration the fact that the part remains rigidly in its position during turning. 16MnCr5 steel was selected as the collet material and then its manufacturing was carried out using a CNC turning centre and a toolroom milling machine. Then, the collet was subjected to carburizing heat treatment. Finally, grinding process was performed on it. In order to examine the performance of the collet, turning tests were performed at various cutting speeds. The obtained average surface roughness values (Ra) were also measured. The turning tests results showed that the designed and manufactured collet was capable of clamping thin parts rigidly.

**Key Word** :Stainless steel,facing, cutting, carbide, surface roughness.

**Science Code** : 916.3.028





## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren Sayın Hocam Prof. **İbrahim ÇİFTÇİ**'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deney numunelerinin temininde ve deney parçalarının işlenmesinde yardımcı olan Bolparsan A.Ő, Serdar Makine sahiplerine ve Yıldıray KALAYCI'ya teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
LİTARATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
2.1.PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ.....	4
BÖLÜM 3 .....	10
3.1.TALAŞLI İMALAT .....	10
3.2. TORNALAMA .....	12
3.2.1.Alın Tornalama.....	13
BÖLÜM 4 .....	16
4.1. İŞLENEBİLİRLİK .....	16
4.2. TALAŞLI İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU .....	17
4.2.1. Dik (Ortogonal) Kesme .....	19
4.2.2. Eğik (Oblique) Kesme .....	20
4.3.KESME KUVVETİ VE GÜCÜ .....	21

	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 5 .....	23
5.1.TORNA TEZGÂHLARINDA İŞ PARÇASI BAĞLAMA METOTLARI ....	23
5.1.1. Torna Aynaları İle Bağlama .....	23
5.1.1.1. Üç Ayaklı Üniversal Aynalar.....	24
5.1.1.2. Dört Ayaklı Üniversal Aynalar.....	25
5.1.1.3. Mengeneli Aynalar.....	26
5.1.1.4. Delikli Aynalar.....	27
5.1.1.5. Mıknatıslı Aynalar .....	28
5.1.1.6. Özel Aynalar .....	29
5.1.2. Pensler İle Bağlama .....	29
5.1.2.1. Pensleri Fener Miline Takma Ve Sökme .....	30
BÖLÜM 6 .....	32
KESİCİ TAKIMLAR.....	32
6.1. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ .....	32
6.1.1.Giriş .....	32
6.1.2. Yüksek Hız Çelikleri .....	33
6.1.3. Sementit Karbür Kesici Takımlar.....	33
6.1.4. Kaplamalı Sementit Karbürler.....	34
6.1.5. Sermetler.....	34
6.1.6. Seramikler.....	35
6.1.7. Kubik Bor Nitrür (CBN).....	35
6.1.8. PCD (Çok Kristalli Elmaslar).....	35
BÖLÜM 7 .....	37
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	37
7.1. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ .....	37
7.1.1. Yüzey Kalitesini Etkileyen Ana Faktörler.....	38
7.1.1.1. İlerleme Ve Uç Radyüsünün Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	38
7.1.1.2. Kesici Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi .....	39
7.1.1.3. Kesme Kuvvetlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri .....	40
7.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü Belirleme Metodu .....	40

	<b><u>Sayfa</u></b>
7.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ .....	41
7.2.1. İzleyici Uçlu Cihazlar .....	42
BÖLÜM 8 .....	44
MATERYAL VE METOD .....	44
8.1. PENS TASARIMI VE İMALATI.....	44
8.2. İŞ PARÇASI MALZEMESİ .....	47
8.3. TAKIM TEZGÂHLARI VE CİHAZLAR .....	48
8.4. KESİCİ TAKIMLAR VE TAKIM TUTUCULAR .....	49
8.4.1. Kesici Takımlar .....	49
BÖLÜM 9 .....	52
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	52
9.1. PENS TASARIMI VE İMALATI.....	52
9.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ .....	56
BÖLÜM 10 .....	61
SONUÇLAR .....	61
KAYNAKLAR .....	63
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Tornalama işleminde ilerleme miktarının ve kesme hızının şematik olarak gösterimi . . . . .	11
Şekil 3.2. Tornalama işleminde talaş derinliğinin şematik olarak gösterimi . . . . .	12
Şekil 3.3. Alın tornalama işleminin şematik gösterilmesi . . . . .	13
Şekil 3.4. Alın tornalama işleminin gösterimi . . . . .	14
Şekil 4.1. Talaşlı imalatta deformasyon bölgeleri . . . . .	17
Şekil 4.2. Talaş oluşumu . . . . .	18
Şekil 4.3. Ortogonal kesmede kullanılan deney düzeneği . . . . .	19
Şekil 4.4. Dik kesme modelin şematik gösterimi . . . . .	20
Şekil 4.5. Eğik (Oblique) Kesme modelinin şematik gösterimi . . . . .	21
Şekil 4.6. Eğik (Oblique) Kesme işleminde açığa bağlı olarak çıkan talaşların şekli . . . . .	21
Şekil 4.7. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri . . . . .	22
Şekil 5.1. Üç ayaklı ayna ve farklı iş parçalarını bağlama . . . . .	24
Şekil 5.2. Üç ayaklı aynanın kısımları . . . . .	24
Şekil 5.3. Torna aynasında ters ve düz ayaklarla iş parçasının bağlanması . . . . .	25
Şekil 5.4. Dört ayaklı Üniversal aynalar . . . . .	26
Şekil 5.5. Mengeneli aynaya bağlanmış iş parçası . . . . .	27
Şekil 5.6. Delikli aynada iş bağlama . . . . .	28
Şekil 5.7. Mıktatıslı aynada parça bağlama . . . . .	29
Şekil 5.8. Özel torna aynası . . . . .	29
Şekil 5.9. Penslerin bağlanma şekli . . . . .	30
Şekil 5.10. Gerdirmeli pensin elemanları ve tezgâha bağlanması . . . . .	31
Şekil 5.11. Gerdirmeliz pensin elemanları ve tezgâha bağlanması . . . . .	31
Şekil 7.1. Tornalama takımların teorik olarak yüzey pürüzlülükleri . . . . .	38
Şekil 7.2. İlerleme ve uç radyüsünün yüzey kalitesi üzerindeki etkileri . . . . .	39
Şekil 7.3. Yüzey pürüzlülük ölçümü için kullanılan koordinatlar . . . . .	40
Şekil 7.4. İzleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekler . . . . .	42
Şekil 7.5. İzleyici uçlu cihaz . . . . .	43

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 8.2. Yapılan pensin resmi.....	47
Şekil 8.3. Iscar DCMT 11T302-PF kesici takımının şekli .....	49
Şekil 8.4. Kennametal DCMT 11T302-PF kesici takımının şekli.....	50
Şekil 9.1. İş parçası teknik resmi. ....	54
Şekil 9.2. Pens ile bağlanacak malzemenin normaldeki durumu.....	55
Şekil 9.3. Pens ile bağlanacak malzemenin konumundan ötelenmesi sonucu bağlama durumu.....	55
Şekil 9.4. Pensin bağlama yüzeyine açı verilmesi. ....	56
Şekil 9.5. Iscar kesici takımla elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	57
Şekil 9.6. Kennametal kesici takımla elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 8.1. 16MnCr5 çeliğinin farklı standartlardaki karşılıkları . . . . .	46
Çizelge 8.2. 16MnCr5 çeliğinin kimyasal bileşimi . . . . .	46
Çizelge 8.3. AISI 304 paslanmaz standart karşılıkları . . . . .	48
Çizelge 8.4. Deneylerde kullanılan AISI 304 çeliğinin kimyasal bileşimi . . . . .	48
Çizelge 8.5. Taksan TTC 630 CNC torna tezgâhının özellikleri. . . . .	48
Çizelge 8.6. Deckel Maho DMC DL 6G CNC torna tezgâhının özellikleri. . . . .	49
Çizelge 8.7. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri. . . . .	51
Çizelge 9.1. Iscar DCMT 11T302-PF kesici takım ile işlenen 100 adet parçanın yüzey pürüzlülük değerleri. . . . .	59
Çizelge 9.2. Kennametal DCMT 11T302-PF kesici takım ile işlenen 17 adet parçanın yüzey pürüzlülük değerleri. . . . .	60

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- V : kesme hızı (m/dk)  
 $\mu\text{m}$  : mikrometre  
n : torna tezgâhının devir sayısı (dev/dk)  
f : ilerleme değeri (mm/dev)  
a : kesme derinliği (mm)  
r : kesici takım uç yarıçapı (mm)  
F : kesme kuvveti (N)  
F<sub>c</sub> : esas kesme kuvveti (N)  
F<sub>f</sub> : ilerleme kuvveti (N)  
F<sub>r</sub> : radyal kuvvet (N)  
R<sub>a</sub> : ortalama yüzey pürüzlülüğü( $\mu\text{m}$ )  
R<sub>y</sub> : çukur yüksekliği ( $\mu\text{m}$ )  
R<sub>z</sub> : on nokta yüksekliği ( $\mu\text{m}$ )  
R<sub>q</sub> : merkez çizgi ortalaması ( $\mu\text{m}$ )  
R<sub>t</sub> : pürüzlülük derinliği ( $\mu\text{m}$ )

### KISALTMALAR

- BUE : Built-Up Edge(Yığıntı Talaş)  
AISI : Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü  
CNC : Bilgisayarlı Nümerik Kontrol  
ISO : Uluslararası Standard Organizasyonu  
SAE : Otomotiv Mühendisleri Birliği  
AFNOR :Fransız Demir ve Çelik Enstitüsü  
EN : Avrupa Demir ve Çelik Standartları  
JIS : Japon Demir ve Çelik Standartları



DIN	: Alman Demir ve Çelik Standartları
CBN	: Cubic Boron Nitride(Kübik Bor Nitrit)
CVD	: Chemical Vapour Deposition(Kimyasal Buhar Biriktirme)
SEM	: Scanning Electron Microscope(Tarama Elektron Mikroskobu)
WC	: Tungsten Karbür
TaC	:Tantalyum Karbür
NbC	: Niobyum Karbür
TiC	: Titanyum Karbür
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	:Alüminyum Oksit
AlCrN	:Aliminyum Krom Nikel
TiN	: Titanyum Nitrür
Cr	:Krom
Mo	:Molibden
W	:Tungsten
C	:Karbon
V	:Vanadyum
Nb	:Niyobyum
N	:Azot
Mn	:Mangan
Si	:Silisyum
P	:Fosfor
S	:Kükürt
PCD	:Çok Kristalli Elmas
CLA	:Merkez Çizgi Ortalaması
HM	:Sert metal
ANOVA	: Varyans Analizi
Taguchi	: Ürün İmalatı Kullanılan İstatiksel Metot

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Talaş kaldırarak işleme tekniği şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların takım tezgâhlarında kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar. Talaşlı imalat işlemleriyle çok çeşitli geometrilere parçalar imal edilir. Üretim işlemini kolaylaştırmak ve işleme kalitesini artırmak amacı ile gerek parçaların, gerekse takımların tezgâha bağlanmasını inceleyen bağlama tertibatı tasarımı, parçayı nihai şekli vermek için, Üretim Teknolojisi bilimleri ortaya çıkmıştır [1-3]. Bir parçanın üretim için uygun takım tezgâhı, uygun bağlama donanımı, uygun kesici takım ve uygun işleme yöntemi veya yöntemleri (stratejileri), kesme hızı, ilerleme değeri, talaş derinliği, iş parçası sıkma basıncı gibi değerler seçilmelidir.

Bir parçanın üretimi yapılırken onu ekonomik bir şekilde imal edebilmek birinci öncelik olmuştur. Çalışma şartlarına göre malzeme seçimi düzgün bir şekilde yapılmalıdır. Üretimi yapılacak parçanın işlem basamakları daha önceden belirlenmelidir. Ürün kalitesini artırmada ve işleme zamanını düşürmede etkili olan unsurlardan bir tanesi de iş parçası bağlama sistemidir. Hatta iş parçasının işlenmesi esnasında konumunda kalması, ince parçaların bağlama için uygulanacak gerilmeler sonucu şeklini değiştirmemesi açısından önemlidir. Bunun için en basit yapabilecek işlerde bile bağlama sistemleri geliştirilmektedir.

Paslanmaz çeliklerin sahip olduğu yüksek çekme mukavemeti, korozyon direnci ile düşük ısı iletkenlik, sünek bir malzeme olması, yüksek miktarda krom-nikel ve bir miktar molibden gibi mukavemet artırıcı elementlerin içermesi ve işlerken pekleşme özelliği işlemeyi zorlaştıran başlıca etkenlerdir [4]. Bu özelliklerinden dolayı paslanmaz çeliklerin tezgâhlarda işlenmesi, kalıplarda şekil verilmesi oldukça zor bir işlem olup, özellikle kalıplama işlemlerinde sıvama yaparken özel malzemelerle takviye edilmiş kalıplar kullanılmaktadır. Tornalama esnasında ise tezgâhın ve

takımın rijit olması gerekmektedir. Finiş pasoyu verirken düşük talaş derinliği ve ilerleme değeriyle yüksek devirlerde işleme yapılmalıdır. Tornalama esnasında kesme kuvvetlerindeki değişiklikler, malzeme yüzeyinde bozuklukların olmasına neden olacağından uygun bir şekilde bağlama metodu seçilmeli ve aynanın basıncı uygun bir değere ayarlanmalıdır.

Bağlama yüzeyi az olan parçaların bağlanmasında ayna ayaklarının neden olacağı iş parçası deformasyonundan kaçınmak için ayak sayısının artırılması gerekebilir. Ayak sayısının artması ile temas alanı artacağı için gerilme de düşer. Bu tür ince kesitli parçaların ciddi oranda deformasyona maruz kalmadan bağlanabilmesi için ayak sayısının artırılması bazı durumlarda yeterli olmayabilir. Bu durumda da çevreden eşit miktarda sıkma kuvveti uygulayan penslerin kullanılması gerekir[5]. Bağlama mesafesinin az olmasından dolayı ince cidarlı parçanın işlenmesinde tasarladığım pens kullanılmıştır.

Bu yüksek kaliteli, düşük maliyetli ve işlevsel ürün üretiminde ana etkenlerden biri de işlenebilirlik faktörüdür. Malzemelerin işlenebilirliği üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda büyük bir ivme kazanarak devam etmektedir. Nitekim bu çalışmaların sadece işlenebilirliğe faydası olmayıp aynı zamanda yeni takım tasarımlarının gelişmesine, takım ömrünün arttırılmasına, yüzey kalitesinin geliştirilmesine, yeni malzeme tiplerinin geliştirilmesine de fayda sağlamaktadır. Bu bağlamda maliyeti en aza indirirken sağlanan kalitenin ve işlevselliğin en yükseğe çıkarılması amaçlayan çalışmalar sürdürülmektedir. Malzemelerin işlenmesi esnasında kullanılan kesme parametreleri yüzey hassasiyetini etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelere bağlıdır. Bunun yanında soğutma sıvısı kullanımı ve debisi, kesici takımın uç yarıçapı, talaş açısı değerine de bağlıdır. Malzeme, yüzey kalitesi, takım tasarımı ve takım ömrü üzerinde gerçekleşen yeni gelişmeler sadece işlenebilirlik üzerinde olumlu etki oluşturmakta kalmayıp, üretim teknolojilerinin birçok kolunun da gelişmesine yarar sağlamaktadır [4,6]. Bu alanda yapılan çalışmalar ve özellikle endüstrinin ihtiyaçlarının karşılanması için hızlı bir şekilde devam edecektir.

Bu çalışmada, geleneksel penslerle bağlanması zor olan ince AISI 304 stenitik paslanmaz malzemelerin işlenmesi için özel bir pens tasarımı ve imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. İnce parçaların bağlanmasında bağlama yüzey alanının küçük olması nedeniyle iş parçasının işleme esnasında iş parçasının konumundan sapması veya tamamen yerinden çıkması söz konusu olduğu için tasarımda bu hususun dikkate alınması amaçlanmıştır. Ayrıca, iş parçası yüzey kalitesinin incelenmesi de amaçlanmıştır.



## BÖLÜM 2

### LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

#### 2.1.PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ

İmalat sanayisinde kullanılan çelik malzemelerin gelişimi günden güne artmaktadır. Paslanmaz çeliklerin, gıdadan sağlığa ve otomotivden uzay sanayisine kadar, birçok alanda kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. Diğer çeliklere oranla daha pahalı olmalarına karşın, yüksek korozyon direnci, çevre dostu,sağlıklı olması, özellikle ev ortamlarında kullanımında estetik olması gibi özelliklerinden dolayı paslanmaz çeliklerin kullanımını artırmaktadır [7].

Paslanmaz çeliklerim yüksek mekanik özellikleri,işlenebilirliklerini olumsuz etkilediklerinden imalat aşamasında problemlerle karşılaşmaktadır. Korozyon direnci, süneklik ve çekme mukavemetinin yüksek olması paslanmaz çeliklerin sahip oldukları temel özelliklerdendir.Bu özellikler de kesme kuvvetlerinin yüksek çıkmasına ve işlenmiş yüzeyin pürüzlülük değerinin yüksek olmasına neden olurlar. Paslanmaz çelikler krom, nikel ve molibden gibi elementler içerirler. Krom, nikel, karbon, kükürt ve molibden gibi elementler, işlenebilirliğini olumsuz yönde etkiledikleri için, paslanmaz çeliklerin işlenebilirliklerini zorlaştırmaktadır [8].

Özek ve arkadaşları, AISI 304 ostenitik paslanmaz çeliğinin tornalama işleminde işlenebilirliğini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneyleerde, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaşderinliği gibi parametreler değiştirilerek,parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, takım yanak aşınması ve takım-talaş ara yüzey sıcaklığına olan etkileri incelemişlerdir. Deneyleer neticesinde, kesme hızının artmasıyla, takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ve takım yanak aşınmasının azaldığı; ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin azalmasıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini belirlemişlerdir [9].

Kayırve arkadaşları, üniversal torna tezgâhında işlenebilirlik deneylerinde kesme kuvvetlerini, kalemiğe bağladıkları bir dinometre yardımıyla ölçmüşlerdir. Dinamometrenin üniversal torna tezgâhına uygun bir şekilde bağlanması için, bir bağlama aparatı tasarlayarak imalatını yapmışlardır. Yapılan işlenebilirlik deneylerinde, AISI 316Ti paslanmaz çelik malzeme, TiAlN kaplamalı, farklı kesici takım uç yarıçapına sahip karbür uçlar kullanmışlar. Takım uç yarıçapının kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmışlardır. Deneylerde iş parçasının işlenmesinde oluşan kesme kuvvetleri ve işlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülükleri değerlendirmişlerdir. Uygulamaların sonucunda, ilerleme miktarı artıkça, kesme kuvvetlerinin arttığı, takım uç yarıçapının büyümesi ile de yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü görmüşlerdir. Kesme hızının, yüzey pürüzlülüğünde takım ilerlemesikadar etkili olmadığı ortaya çıkarmışlardır. Takım uç yarıçapının değişmesi ile kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değiştiğini tespit etmişlerdir [10].

Yeyenve arkadaşları, AISI 303 paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Deneyler dört farklı kesme hızlarında ve üç farklı ilerleme miktarında yapmışlar ve kesme derinliği ise 2,5 mm seçmişlerdir. Bu araştırma kapsamında AISI 303 östenitik paslanmaz çelikler ile AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği karşılaştırmışlardır. Paslanmaz çelikler arasında işlenebilirlikleri içerisinde bulunan Kükürt(S) ve Karbon(C) miktarlarının oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı, deney sonuçlarına göre AISI 303'ün işlenmesi sırasında AISI 304'e göre %19 daha fazla kesme kuvveti oluştuğunu tespit etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğündeki artışı ise %51 olarak ölçmüşlerdir. Kesme kuvvetinin azalması daha az titreşime, dolayısıyla daha iyi yüzey kalitesi neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ilerleme miktarının artmasıyla kesme kuvvetlerinin arttığını tespit etmişlerdir [7].

Özer ve arkadaşları, TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımların AISI 410 martenzitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik özelliklerine etkileri araştırmışlardır. Bu amaçla, talaş kökü morfolojisini ani durdurma aparatıyla, kesme kuvvetlerini dinamometreyle, yüzey pürüzlülüğünü masa tipi pürüzlülük ölçüm cihazı kullanarak yapmışlardır. İşlenebilirlik

deneylerini kuru tornalama ortamında gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutmuşlardır. TiC+TiN kaplı sementit karbür takım en yüksek kesme kuvveti değerlerini vermiştir. CBN takım en düşük kesme kuvvetlerini vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde takımda kırılmalar meydana gelmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü bakımından optimum değerler TiC kaplı sementit karbür takım ile talaş kaldırma işleminde elde etmişlerdir. Kaplamadaki kırılmalar ve talaşın takıma yapışma eğiliminden dolayı en yüksek kesme ve ilerleme kuvvetleri oluştuğunu tespit etmişlerdir. Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesindeki yüzey pürüzlülük değerinin yüksek olması sünekliliğinin yüksek olması ile açıklamışlardır. Martenzitik paslanmaz çeliklerin işlenmesi sonucu yüzey pürüzlülüğü daha iyi olmasını ise sünekliliğin ve yığıntı talaş oluşumunun az olması ile açıklamışlardır. TiC kaplamalı takım, talaşın takıma yapışma eğiliminin çok düşük olması ve takım/talaş temas uzunluğunun diğer takımlara göre daha kısa olması, düşük kesme kuvvetlerine neden olduğu tespit etmişlerdir [11].

Tekaslanve arkadaşları, AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğin CNC torna tezgâhında işlenmesi sırasında en ideal yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi için optimum işleme parametrelerinin belirlenmesi hedeflemişlerdir. Deneyler CNC torna tezgâhında, kataloglarda verilen kesme hızları (80-120m/dak) değerlerin altında ve üstündedeğişik kesme hızlarında kullanarak uygulama yapmışlardır. CNC tezgâhına bağlanan deney numunelerinden ilk önce 1 mm talaş kaldırarak salgının ve haddelemeden kaynaklanan hataların giderilme yoluna gitmişlerdir. Daha sonra deney numunelerinin yüzey pürüzlülükleri, masaüstü, yazılı çıktı verebilen pürüzlülük ölçüm cihazı kullanarak ölçmüşler ve pürüzlülüğün, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğine göre değişimini değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmaya göre kesme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, artan sıcaklıkla olduğunu ileri sürmüşlerdir. Kesme hızını kataloglarda belirtilen değerin üzerinde yapılan işlenebilirlik deneylerinde ise BUE oluşumu sonucu yüzey pürüzlülüğünün arttığını görmüşlerdir. İlerlemenin artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini görmüşlerdir. İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artış göstermektedir. İlerlemenin

yüzey pürüzlülüğüne etkisinin kesme hızından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü arttığını tespit etmişlerdir [4].

Bakırcıoğlu ve arkadaşları, AISI 303 östenitik paslanmaz çeliğin farklı kesici kenar formuna sahip kesici takımlar ile tornalanması esnasında kesici kenar formunun kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Deneyler kuru işleme şartlarında talaş derinliği ve ilerleme sabit tutularak, dört değişik kesici kenar formu ile üç farklı kesme hızı seçilerek yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, kesme kuvvetleri açısından en iyi sonucu SNMG 12 04 12-MM kesici kenar formunda ve 175 m/dak. kesme hızında elde edildiği, yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi sonuç ise SNMG 12 04 12-MM kesici kenar formunda ve 150 m/dak. kesme hızında elde edildiğini görmüşlerdir. Kesici kenar formu ile kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü arasında doğrudan bir ilişki olduğunu gözlemişlerdir. Kesici kenar formu/ön talaş açısı küçük olması, kesme kuvvetleri üzerine olumlu bir etki yaptığını görmüşlerdir [12].

Kayırve arkadaşları, AISI 316Ti paslanmaz çelik malzemesinin tornalanmasına yönelik bir Taguchi modeli oluşturulmuştur. Klasik bir tornalamatezgâhında deneyler gerçekleştirmişlerdir. Ünlversal tezgâhta her devir ve ilerlemenin olmaması yüzünden iş parçası çapında ayarlamalar yapmışlardır. Deneylerde, farklı uç geometrisine sahip ve TiCN-Al2O3-TiN kaplamalı karbür kesiciler kullanmışlardır. Kesici uç yarıçapı, kesici uç formunun ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Taguchi ve ANOVA analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda yüzey pürüzlülüğüne en etkili faktörlerin ilerleme (%73,97) ve kesici uç yarıçapı (%13,26) olduğunu tespit etmişlerdir. Deneylerde, uç yarıçapı küçük olan kesicilerin daha çok aşındığı görülmüştür. Aşınmanın kesici kenar boyunca değil de yan yüzeyde üstten aşağı doğru olduğunu tespit etmişlerdir. AISI paslanmaz çeliğinin tornalanmasında, yüzey pürüzlülüğünün düşürülmesinde öncelikle ilerleme ve kesici uç yarıçap faktörlerinin dikkate alınması gerektiği ANOVA analizi ile ortaya çıkarmışlardır [7].

Bahçeci ve arkadaşları, östenitik (AISI 303) ve martenzitik (AISI 410) olmak üzere iki farklı mikro yapıya ve kimyasal bileşime sahip paslanmaz çelik malzemelerin



işlenebilirlik özelliklerini araştırmışlardır. İşlenebilirlik deneyleri kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutulmuş, kesici uç olarak TiC kaplı sementit karbür takım kullanılmıştır. İşlenebilirlik özelliklerinden tornalama kuvvetleri, talaş formu ve yüzey pürüzlüğünü incelemiştir. Kesme hızına bağlı olarak farklı kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. Her iki malzeme için artan kesme hızı ile birlikte tornalama kuvvetleri azalmıştır. Kimyasal bileşiminde yüksek orandaki sülfür içeren östenitik paslanmaz çelik (AISI 303) düşük sıcaklıkta kesme düzlemi içinde çatlak oluşarak kırık talaş meydana gelmiştir. Martenzitik paslanmaz çelik (AISI 410), östenitik paslanmaz çelik (AISI 303) malzemeye göre daha düşük tornalama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerini saptamışlardır. Artan kesme hızı ile birlikte, her iki malzemede kesme ( $F_c$ ) ve ilerleme ( $F_f$ ) kuvvetleri azalmıştır. Tüm kesme hızlarında AISI 303 östenitik paslanmaz çelikte, kırık talaş oluşurken, AISI 410 temperlenmiş martenzitik paslanmaz çeliğin düşük süneklik ve sertliğinden dolayı, sürekli veya dolaşık talaş oluştuğunu tespit etmişlerdir [13].

Oyman ve arkadaşları, kesme parametrelerinin ve takım kaplama malzemesinin (AlTiN, AlCrN ve TiN) talaş morfolojisi üzerindeki etkilerini araştırmışlar. AISI 316L paslanmaz çeliği, kaplanmış kesici takımlarla diğer çalışmalardan farklı olarak ortogonal şartlarda tornalamışlar. Kesme parametrelerinin etkisini belirlemek için geniş bir kesme ve ilerleme aralığını seçmişlerdir. Kaplama türünün değişmesiyle Makro düzeyde talaş formlarında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kesme hızının artması testere talaş formundaki segment sayısının artmasına neden olduğunu görmüşler. Segmentler arasındaki mesafe (adım) artan kesme hızına bağlı olarak azalmaktadır. Böylece azalan adım ile birlikte talaş boyutu da küçülmektedir. Bununla birlikte artan ilerleme hızı talaş kesitini arttırmaktadır. Deforme olmuş talaş kalınlığı da artan ilerleme hızı ile artmaktadır. Kesme parametreleri kayma bandı genişliğini kaplama türüne göre daha fazla etkilemektedir. Artan kesme hızıyla kayma bandı genişliği de azalmaktadır. Ayrıca ilerleme hızının artması ile kayma bandı genişliğini bir miktar artırdığını görmüşlerdir [14].

Aydın ve arkadaşları, HC-35 kaplamalı sert metal (HM) kesici takım ile AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin universal torna tezgâhında silindirik tornalama

metoduyla işlenebilirlik deneyleri soğutma sıvısı kullanmadan farklı kesme parametrelerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Talaş kaldırma esnasında kesme kuvveti, talaş kaldırılan bölgenin ve talaşın ayrılma anındaki sıcaklığı ölçülmüştür. Kesme parametrelerinin yüksek olması sıcaklığını da yükselttiğini tespit etmişlerdir. Talaş kaldırma esnasında sıcaklığın takım, talaş ve iş parçasına dağıldığını görmüşlerdir. Ayrıca talaşın ayrılma anındaki formunun fotoğraf görüntüsünü almışlardır. Takımın kesme kenarındaki aşınma miktarını görüntülemişler ve talaş formu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, 70-90 m/dak kesme hızı aralığı, 0,5-0,7 mm talaş derinliği ve 0,08-0,11mm/dev ilerleme hızları uygun kesme şartları olarak görülmüştür. Düşük kesme hızlarında kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin arttığı, orta kesme hızlarında ise, kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin azalmaya başladığı görülmüştür [3].

Paslanmaz çelikler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar kesme parametrelerinin işlenebilirliğe etkisi araştırmışlardır. Bu çalışmalarda kesme hızı, ilerleme miktarı, kesici formları değiştirilerek bir dizi deneyler universal torna veya CNC torna tezgâhlarında gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarda boyuna tornalama işlemini yapılarak, çıkan talaş formları incelenmiş, yüzey pürüzlülükleri, kesme kuvvetleri ölçülmüştür.

## BÖLÜM 3

### 3.1.TALAŞLI İMALAT

Metallerin talaş kaldırarak işlenmesi, temel bir imalat metodu olup makine imalat endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan metal biçimlendirme işlemidir. Bir makine parçasının imalatının başlangıcı ne olursa olsununu da genellikle talaşlı imalat işlemidir. İmal edilen her bir tezgâhın, makinenin, takımın ve diğer cihazların hemen hepsinin son işlemi talaşlı imalatla yapılır [2].

Günümüzde bir parçanın son şeklini alıncaya kadar her bir aşamasında maliyetlerin düşürülmesi esas olmuş ve bu alanda faaliyet gösteren firmaların Ar-Ge bölümlerinde çalışmaların bir kısmı bunun üzerine sürdürülmektedir. Özellikle kalıp sektöründe kullanılan kalıpların hassas olmayan yerleri döküm yapılmakta, form veren yüzeylere ise kalıbın üzerine kalıp çelikleri yerleştirmek yoluyla CNCtezgâhlarında işlenerek son şekillendirmeleri yapılmaktadır.

Günümüzde ve gelecekte son ürün oluncaya kadar bir parçanın işlenebilirliği üzerinde bilimsel çalışmalar devam edecek olup bir parçanın işlenebilmesi için kullanılan kesici takımlar üzerine de çalışmalar devam edecektir.

Talaşlı imalat işlemiyle,

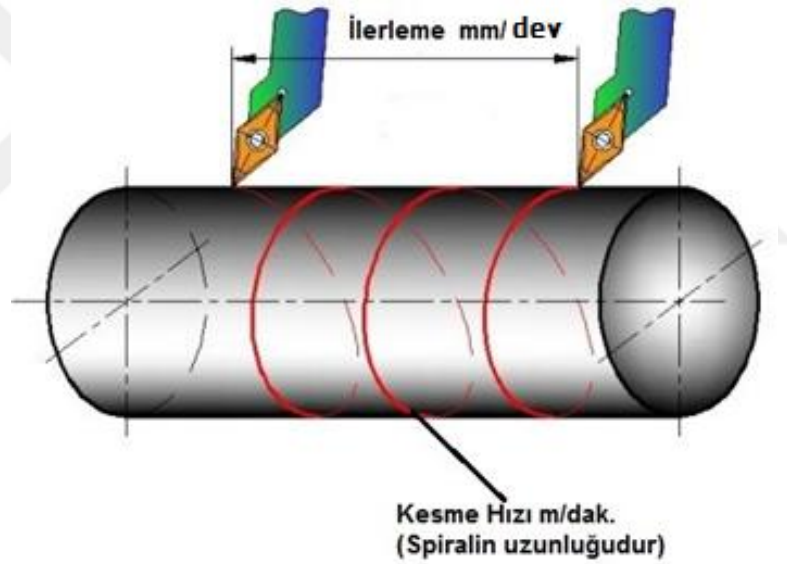
- Gerçekte bütün katı malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilir.
- Talaşlı imalat işlemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler oluşturulabilir. Birkaç talaşlı imalat işlemi sırasıyla uygulanarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler elde edilebilir.

- Talaşlı imalat işlemiyle iş parçası ölçüleri çok yakın toleranslarda elde edilebilir ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilebilir [15].

Bu özellikler dikkate alındığında talaşlı imalatın en önemli imalat yöntemlerinden biri olduğu anlaşılmaktadır. Talaşlı imalat işlemlerinde üç temel kavram mevcuttur.

Bunlardan en önemlisi kesme hızıdır. Bu önemli parametrelerin tornalama işlemlerine göre tanımlarını aşağıdaki şekilde yapabiliriz [15].

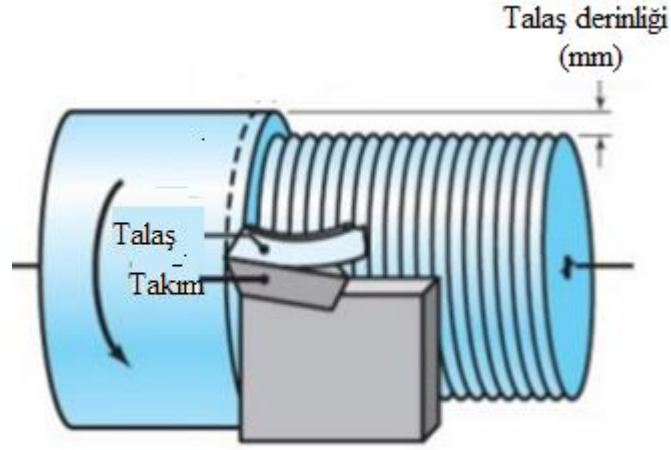
*Kesme hızı (V)*; kesilmemiş iş parçası yüzeyindeki bir noktanın kesici takım önünde birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanır ve çoğunlukla m/dk olarak ifade edilir.



Şekil 3.1. Tornalama işleminde ilerleme miktarının ve kesme hızının şematik olarak gösterimi [16].

*İlerleme hızı (f)*: İş parçası malzemesinin her bir dönüşünde kesici takımın iş parçası eksenine paralel olarak kat ettiği mesafe olup birimi mm/dev'dir.

*Talaş derinliği (a)*: İş parçası malzemesinden kaldırılan malzemenin derinliğidir ve iş parçası eksenine dik yönde ölçülür [15]. Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tornalama işleminde talaş derinliğinin şematik olarak gösterimi [17].

### 3.2. TORNALAMA

Tornalama işlemi, talaşlı imalat ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemidir. Tornalama, genellikle torna tezgâhında dairesel kesitli parçalar elde etmek için doğrusal hareket eden kesici takım ile uygun devirde dönen iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemidir[18].

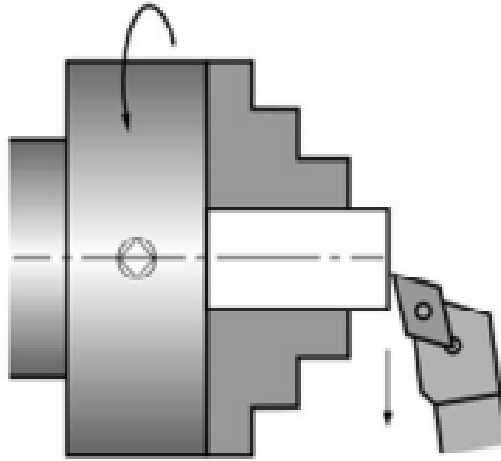
Üniversal torna tezgâhında silindirik tornalama, delik delme, raybalama, kılavuz çekme, pafta çekme, konik tornalama, alın tornalama, vida çekme gibi işlemlerin yanında torna tezgâhının üzerine ek aparatlar takılarak taşlama, frezeleme, profil tornalama, yay sarma gibi biçim verme işlemleri uygulanabilir [19].

Günümüzde ise bu işlemler yaygın olarak seri imalat tezgâhları olan CNCtezgâhlarında gerçekleştirilmektedir. Bir parçanın CNCtezgâhlarında işlenmesi için, çeşitli ayarlama işlemleri (Ayna ayaklarının ayarlanması, takımların tarete bağlanması, parça sıfırının takımlara tanıtılması, parçanın sıfırının bozulmaması için dayamaların ayarlanması) uzun bir süreç gerektirmektedir. Ayarlamalar yapıldıktan sonra ise sadece ölçü boyutlarının kontrolü yapılmakta ve takım aşınmaları girilerek çok kısa bir zamanda bu işlemler gerçekleştirilerek üretime ara vermeden işleme devam edilmektedir. Hatta günümüzde 24 saat çalışan bu tezgâhlarda verimliliği kontrol etmek için yazılımlar geliştirilmiş ve çalışan kişilerin performansları işletme birimleri tarafından izlenmektedir. Bir CNCtezgâhının Universal bir tornadan farklı

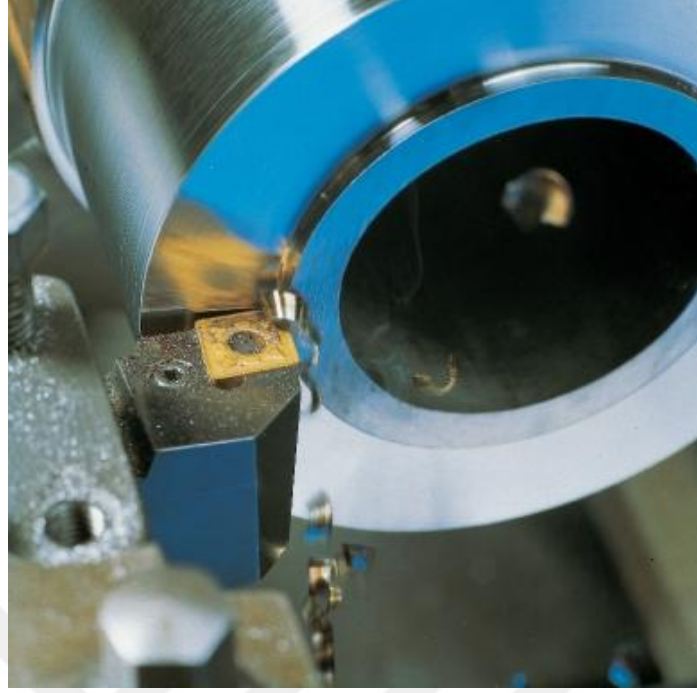
olarak en önemli özelliği, Üniversal torna tezgâhı üzerindeki bulunan yardımcı aparatların ve yapılan işlemlerin yazılım ile kontrol edilerek daha kısa zamanda ve el becerisine ihtiyaç duymadan parçaların işlenmesidir. Buda üretim hızını dolayısıyla maliyetleri düşürmektedir.

### 3.2.1.Alın Tornalama

Kesici takım silindirik tornalamada olduğu gibi eksene paralel değil de eksene dik olacak şekilde hareket ettirilerek yapılan talaş kaldırma işlemidir [20].Uygulama olarak genelde parçanın dışından merkeze doğru talaş kaldırılır. Eğer parçanın merkezinde delik var ise, merkezden dışa doğru talaş kaldırarak da tornalama işleme yapılabilir. Şekil 3.3’de torna tezgâhında alın tornalamasının şematik uygulama görüntüsü verilmiştir.Şekil 3.4’de ise torna tezgâhında alın tornalama işlemigösterilmiştir.CNCtezgâhlarında fazla talaş kaldırılacaksa alından boşaltma çevrimi kullanılır. Fakat yaygın olarak kullanılan uygulama ise,G0 (Hızlı ilerleme) ve G1(Talaş alarak ilerleme) komutlarını kullanarak talaş kaldırma işlemi yapılır.



Şekil 3.3. Alın tornalama işlemininşematik gösterilmesi [21].



Şekil 3.4. Alın tornalama işleminin gösterimi [21].

Bir parçanın işlenmesinde esas olan kesme hızıdır. Alın tornalama işlemlerinde kesme hızı belirlenmesi ortalama çapa göre verilir. Alın tornalama işleminde, kesici takım dış çevreden iç merkeze doğru ilerleyerek kesme yaptığından kesme hızı dış çapa doğru maksimum değere çıkarken merkeze doğru azalır. İş parçasının merkezine yaklaştıkça kesme hızı azalacağından daha kötü bir yüzey elde edilir. Böyle bir durumda kesme kuvvetleri artar, takım kırılabilir. Parçanın dışına doğru ise kesme hızı arttığından, kesme kuvvetleri azalır ve bunun sonucu yüzey pürüzlülüğü azalır fakat yüksek kesme hızlarında parçanın yüzeyinde yanma meydana gelir. Bu ise istenmeyen bir olaydır. Sonuç olarak, düzgün bir yüzey kalitesi elde edilemez. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma işlemi için en elverişli kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir [22,28].

CNC tezgâhlarda kesme hızını sabit tutarak kodlama yapıldığında, çapın sürekli değişmesiyle beraber devir sayısı da değişir. Tezgâhın maksimum devir sayısını geçmemesi için devir sayısını belli bir değerde sabit kalması için uygun kodlamayı unutmamak gerekir. Burada dikkat edilmesi gereken, parçanın işlenen yüzeyinin yüzey pürüzlülüğüdür. Bunun ideal olanı en elverişli kesme şartlarının sağlandığı

kesme hızının kullanılmasıdır.İdeal kesme şartlarına tezgâhta mevcut olan devir sayısı ve ilerleme değerlerini bir düğme yardımıyla değiştirerek tespit edilebilir.





## BÖLÜM 4

### 4.1. İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik, uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemeyi (çoğunlukla metal) talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmenin nispi kolaylığı veya zorluğudur [15].

İyi işlenebilirlik, bir malzemenin işlenmesinde iyi yüzey kalitesi, uzun takım ömrü ve düşük kesme kuvvetleri ve daha az gücün kullanılmasıdır. Örnek olarak, sertlik arttıkça kesici takımda abrasif aşınma artar ve dolayısıyla takım ömrü kısalır. Düşük sertlik ve dayanım genelde iyi işlenebilirlik anlamına gelmekle birlikte sertliği az olan çok sünek malzemelerde yığıntı talaş (built-up-edge-BUE) oluşumu gerçekleştiği için yüzey kalitesi kötüleşir ve takım ömrü kısalır. Çok düşük sertlik talaşlı imalat işleminin performansını kötü yönde etkileyebilir. Örnek olarak, nispeten düşük sertliğe sahip düşük karbonlu çeliğin işlenmesinde kötü yüzey kalitesi oluşur ve talaş uzaklaştırılması ile ilgili problemlerle karşılaşılır. Bu nedenle, düşük karbonlu çeliklerde yüzey sertliğini artırmak ve talaş kırılmasını sağlamak için çoğunlukla soğuk çekme işlemi uygulanır. Düşük süneklilik, metal kesme işleminde genelde olumlu bir etki yaparak iyi talaş oluşumuna katkıda bulunur ve metal kesme işlemi için daha az güç gerektirir. Artan iş parçası dayanımı da kesme kuvvetleri, özgül enerji ve kesme sıcaklığını artıracığı için, artan dayanımla metal kesme işlemi zorlaşır. Bununla birlikte, yüksek ısıl iletkenlik kesme bölgesinden oluşan ısının hızlı olarak uzaklaştırılması demektir. Bu nedenle, yüksek ısıl iletkenlik işlenebilirlik yönünden genelde faydalıdır [23].

Bir parçanın nihai ürün oluncaya kadar birçok işlemde geçmekte ve bu işlemleri minimum düzeye indirilmesi için yukarıda belirtilen işlenebilirliğine etki eden faktörleri iyi bilmek, özellikle talaşlı imalatın her aşamasında kullanılan takımların

özellikleri, performansı ve işlenen parça ile uyumunu bilerek yapılan bir imalat, üretim maliyetlerini düşüreceğini unutmamak gerekir.

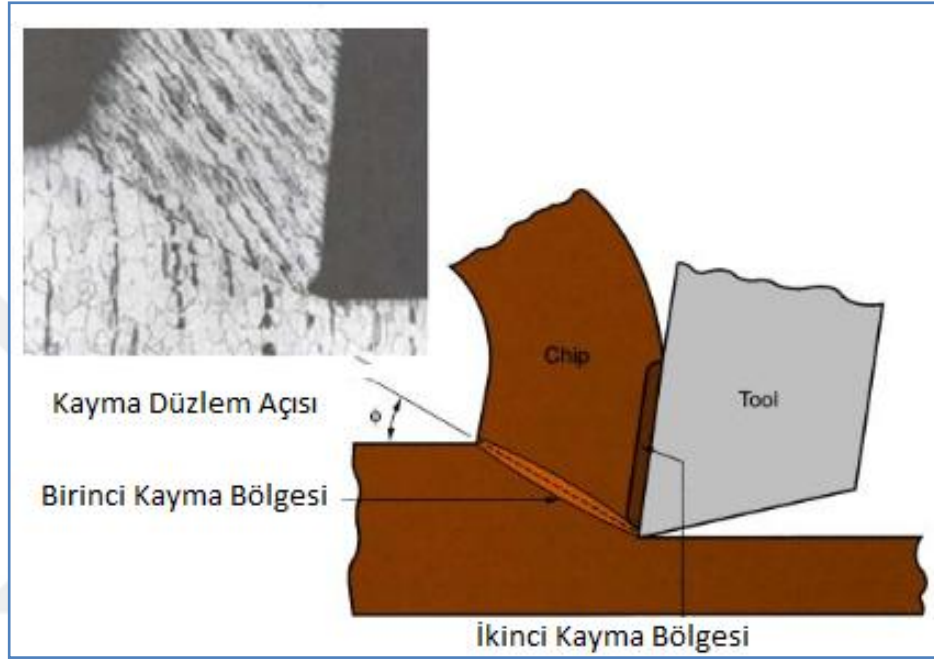
#### 4.2. TALAŞLI İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU

Tornalama, frezeleme, delme ve vida açma gibi talaşlı imalat işlemlerinde iş parçası yüzeyinden uygun kesici takımlar yardımıyla talaşlar şeklinde malzemeler kaldırılır. Talaşlı imalat işlemleri farklılık gösterse de (tornalama, frezeleme vb.) talaş oluşum mekanizması temelde aynıdır. Esas olarak, talaş, bölgesel bir kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir. (Şekil 4.1’de birinci deformasyon bölgesi). Kesici takımın iş parçası ile temasa geçmesiyle öncelikle iş parçasında elastik (geçici) deformasyon oluşur. Devam eden kesme süreci ile daha sonra iş parçasının akma dayanımı geçilir ve iş parçası malzemesi plastik (kalıcı) olarak deformasyona uğrar (kalıcı olarak şekil değiştirir). Kesici takım ve iş parçasının nispi hareketi ile plastik şekil değiştirmenin devam etmesi esnasında tavllanmış iş parçası malzemesinde yüksek dislokasyon birikmesi oluşur [5].



Şekil 4.1. Talaşlı imalatta deformasyon bölgeleri [24].

Yüksek dislokasyon birikmesi de iş parçasında deformasyon sertleşmesine neden olur. Deformasyon sertleşmesi bir doyum noktasına ulaştığında iş parçası kaymaya maruz kalır ve deformasyona uğrayan bölge kesici takım talaş yüzeyinden koparılarak talaşlar şeklinde atılır [5].Şekil 4.2’de talaş oluşumu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Talaş oluşumu [25].

Talaşın oluşması için üç temel gereksinim mevcut olup bunlar şöyle özetlenebilir:

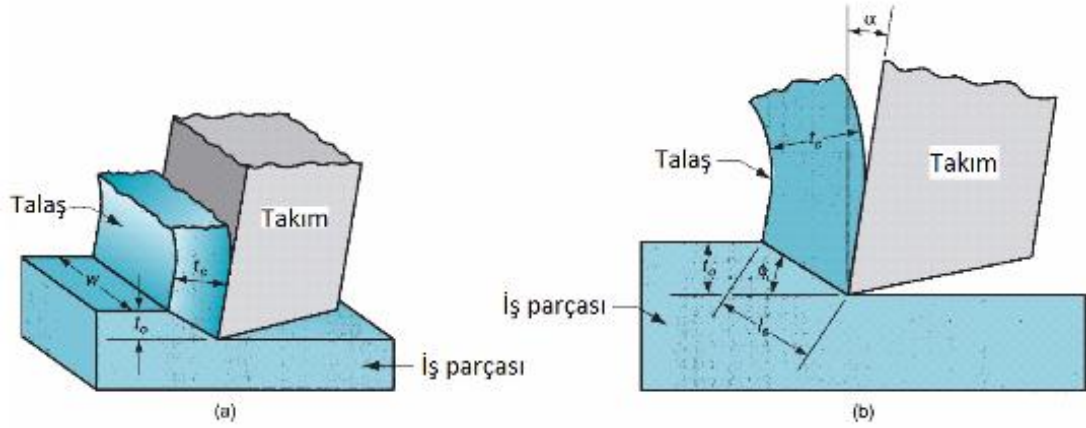
- Kesici olarak kullanılan bir takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
- Talaş derinliği ve ilerlemeyle iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,
- İş parçası malzemesinin direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin oluşmasıdır [5].

#### 4.2.1. Dik (Ortogonal) Kesme

Talaş kaldırma alanında ilk büyük gelişme, Merchant'ın çalışmaları sayesinde olmuştur. Merchant dik (Ortogonal) kesme adını taşıyan bir model oluşturmuştur. Talaş kaldırma işleminin fiziksel ve teorik analizi genelde bu model esas alınarak yapılır. Şekil 4.3'de Ortogonal kesmede kullanılan deney düzeneği gösterilmiştir. Burada kama şeklinde ve kesme ağız kesme hız vektörüne dik olan takım, talaş yüzeyi ve serbest yüzey ile sınırlıdır. Talaş yüzeyi talaşın temas ettiği yüzeydir. Serbest yüzey ise parçanın işlenmiş yüzeyine dönük yüzeydir. Bu iki yüzeyin kesilmesi takım ucunu meydana getirir. Şekil 4.4'de dik kesme şematik olarak gösterilmektedir [26].



Şekil 4.3. Ortogonal kesmede kullanılan deney düzeneği [14].



Şekil 4.4. Dik kesme modelin şematik gösterimi [27].

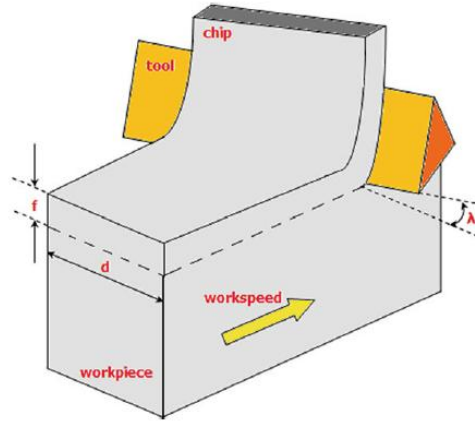
Ortogonal kesmede, kesici takımın kesme kenarı kesme hızının doğrultusuna diktir. Takım, malzemeye doğru hareket ettirildikçe, kayma düzlemi adı verilen düzlem üzerinde oluşan kayma deformasyonu ile talaş oluşur. Ortogonal kesmede kesme işlemi kesme kenarı boyunca uniform olarak düşünülür. Böylelikle malzemenin kenarına yayılma olmaksızın iki boyutlu düz birim şekil değiştirme işlemi gerçekleşmiş olur. Kayma düzlemi ile iş parçası yüzeyi arasında kalan acı kayma düzlemi acısı ( $\Phi$ ) olarak adlandırılır. Talaşlı imalatta mekanik enerjinin büyük bir kısmı plastik deformasyonun meydana geldiği kayma düzlemi üzerinde harcanır. Dolayısıyla, kesme kuvvetleri sadece esas kesme kuvveti ( $F_c$ ) ve ilerleme kuvveti ( $F_f$ ) olarak isimlendirilen hız ve kesilmemiş talaş kalınlığı doğrultusunda güç sarf eder [26,28].

#### 4.2.2. Eğik (Oblique) Kesme

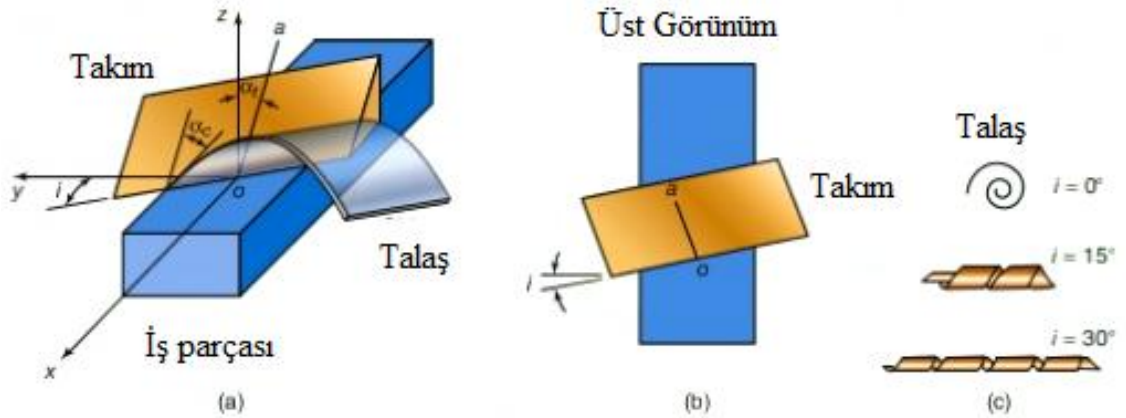
Talaş kaldırma teorisinde dik modelin yanı sıra; takımın kesme kenarı, kesme hız vektörüne eğik olan eğik modelde kullanılmaktadır. Talaş, kesici takımla iş parçadan kaldırılan malzeme tabakasıdır. Teorik hesaplamalarda şekil değiştirmemiş talaş derinliği ve genişliği esas alınır. Parçadan ayrılan talaş ile teorik talaş boyutları birbirinden farklıdır. Parçadan ayrılan talaş daha kalın ve daha kısadır [26].

Kesme kenarının iş parçası kesici takım hareketine açılı olması durumunda (Şekil 4.5.) eğik (oblique) kesme olarak tanımlanmaktadır. Eğik kesmede üç kuvvet oluşur.

Eğik kesme işleminde açığa bağlı olarak çıkan talaşların şekli değişir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Eğik (Oblique) Kesme modelinin şematik gösterimi [29].

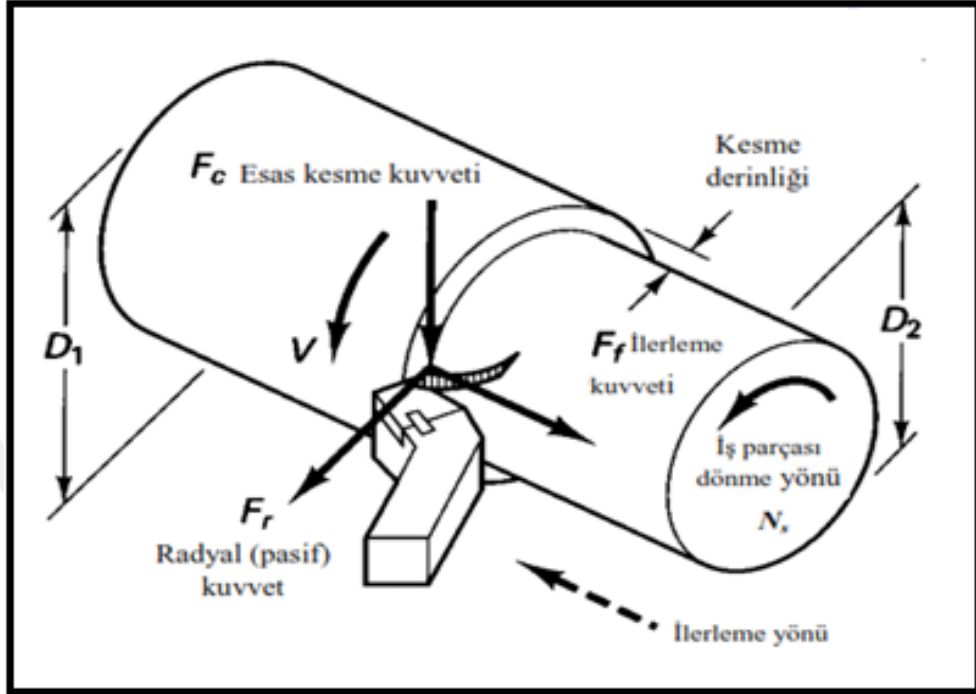


Şekil 4.6. Eğik (Oblique) Kesme işleminde açığa bağlı olarak çıkan talaşların şekli[5].

### 4.3.KESME KUVVETİ VE GÜCÜ

Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının gerekli güç kapasitesinin hesaplanması, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır. Oluşan kuvvetlerin ölçülmesinde dinamometreler kullanılır. Bu metotta yük altındaki takımın elastik yer değiştirilmesinin ölçülmesine dayanır [22,28].

Tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler Şekil 4.7’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri [28].

Tornalamada talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için kesme kuvvetinin üç bileşeni mevcuttur:

1. *Esas kesme kuvveti* ( $F_c$ ): Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde % 99’una karşılık gelmektedir.

2. *İlerleme kuvveti* ( $F_f$ ): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50’si kadardır fakat ilerleme değerinin kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelmektedir.

3. *Radyal kuvvet* ( $F_r$ ): İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50’si kadardır [28].

## BÖLÜM 5

### 5.1.TORNA TEZGÂHLARINDA İŞ PARÇASI BAĞLAMA METOTLARI

Tornalanacak bir parçanın güvenli, rijit ve ekonomik bir şekilde bağlanabilmesi için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Üretimi yapılacak bir parçanın tornalama yapılmadan önce bu bağlama metotlarından en uygunu seçilmelidir. CNC torna tezgâhlarında parçaların bağlanmasında genellikle hidrolik aynalar kullanılmaktadır.CNCtezgâhlarına bağlanan çubuk sürücülü tezgâhlarda ise parçaların bağlanması için pensler kullanılmaktadır. Bazı parçaların tornalanmasında ise çeşitli bağlama kalıpları tasarlanarak parçaların bağlanması sağlanmaktadır.

Torna tezgâhlarında kullanılan başlıca iş parçası bağlama metotları;

- Torna Aynaları ile bağlama
- Ayna–Punta arasında bağlama
- Pensler ile bağlama
- İş Kalıpları ile bağlama

#### 5.1.1.Torna Aynaları İle Bağlama

İş parçalarının torna tezgâhlarında bağlanarak işlenmeleri için kullanılan en yaygın bağlama aparatlarıdır. Aynalar ayaklarına ve bağlama şekillerine aşağıdaki gibi gruplandırılırlar. Başlıca ayna çeşitleri:

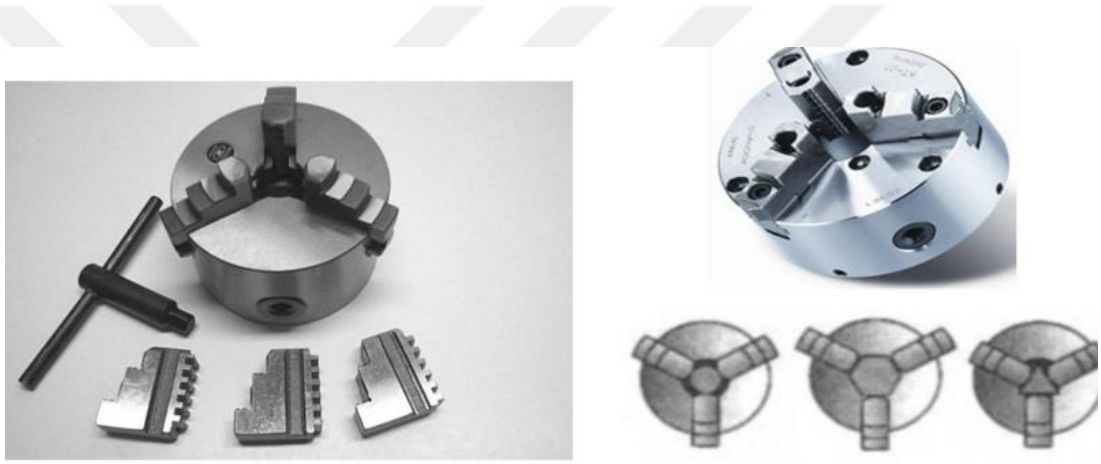
- Üç ayaklı universal aynalar
- Dört ayaklı aynalar universal aynalar
- Mengeneli aynalar
- Fırdöndü aynalar



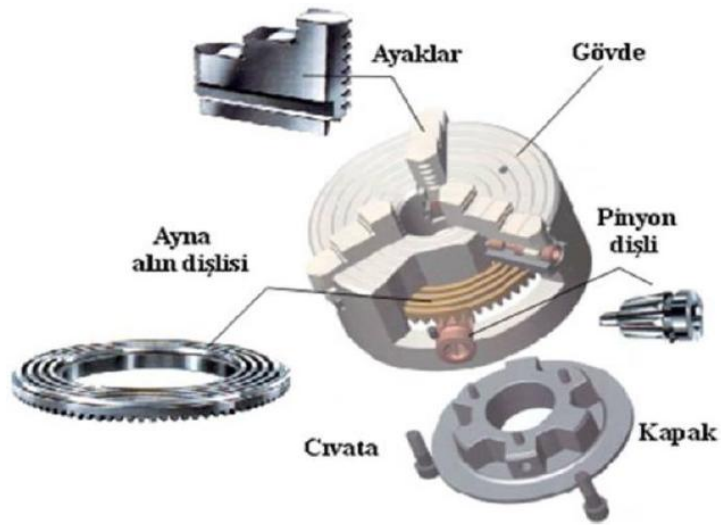
- Delikli aynalar
- Mıknatıslı aynalar
- Özel aynalar

### 5.1.1.1. Üç Ayaklı Üniversal Aynalar

Silindirik ve altıgen kesitli iş parçalarının bağlanmasında kullanılırlar. Üniversal oldukları için üç ayak birlikte senkronize şekilde hareket ederek açılır ya da kapanırlar [30]. Şekil 5.1’de üç ayaklı ayna ve farklı iş parçalarını bağlama ve Şekil 5.2’de üç ayaklı aynanın kısımları gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Üç ayaklı ayna ve farklı iş parçalarını bağlama [30].



Şekil 5.2. Üç ayaklı aynanın kısımları [31].

Aynalarda sıkma işlemini ayak (çene) adı verilen kısımlar gerçekleştirir. Normal olarak kullanılan aynaların ayakları düz ayak olarak isimlendirilir. Bu tür ayaklarla ayna kapasitesine uygun çapta iş parçaları bağlanabilir. Eğer aynı ayna ile daha büyük çaplı iş parçalarının bağlamak istiyorsak bu sefer ters ayak adı verilen ayaklar kullanılır. Düz ayaklar kapatıldığında merkeze kadar sıkma yapabildikleri için çok küçük çaplı iş parçalarını da bağlamak mümkündür. Ancak ters ayaklarda küçük çaplı iş parçalarını bağlamak mümkün değildir [30]. Ayrıca düz ayakların dış kısmından boru tipi olan malzemeleri dışa doğru sıkma yaparak bağlamak mümkündür. Şekil 5.3’de Torna aynasında ters ve düz ayaklarla iş parçasının bağlanması gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Torna aynasında ters ve düz ayaklarla iş parçasının bağlanması [31].

#### 5.1.1.2. Dört Ayaklı Üiversal Aynalar

Silindirik ve kare kesitli iş parçalarının bağlanmasında kullanılırlar. Çalışma sistem ve amaçları tıpkı üç ayaklı üniversal aynalar gibidir. Parçayı daha fazla noktadan sıkıdığından dolayı daha iyi bağlama yapar [30]. Şekil 5.4’de, dört ayaklı Üniversal ayna gösterilmiştir.



Şekil5.4. Dört ayaklı Üniversal aynalar [31].

### 5.1.1.3. Mengeneli Aynalar

Özellikle silindirik ve simetrik olmayan prizmatik, büyük boyutlu dökülmüş ya da dövülmüş iş parçalarını bağlamak için kullanılırlar. Şekil5.5’de mengeneli aynaya bağlanmış iş parçası gösterilmiştir. Bu tür aynaların ayakları birbirinden bağımsız olarak hareket ederler. Bu nedenle yukarıda bahsedilen türdeki parçalar hassas ve sağlıklı olarak bağlanabilirler. Ayna ayaklarının her birinin bağımsız olarak hareket ettirilebilmesi, iş parçalarının fener mili ekseninde veya fener mili ekseninden kaçık olarak bağlanmasını sağlar. Ayna ayakları düz ve ters olarak bağlanabilir. Ayaklar sökülerek yerlerine civata ve pabuçlar da bağlanabilir. Mengeneli ayna yüzeyinde dairesel çizgiler bulunur. Bu çizgiler, bağlama esnasında ayakların ayarlanmasında kolaylık sağlar. Bu özelliği ile mengeneli aynalar, karmaşık iş parçalarının eksende bağlanması ve tornalanmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Mengeneli aynada bağlanan iş parçası ağır ise dengeleme parçası bağlanarak iş parçası tornalanır [30].

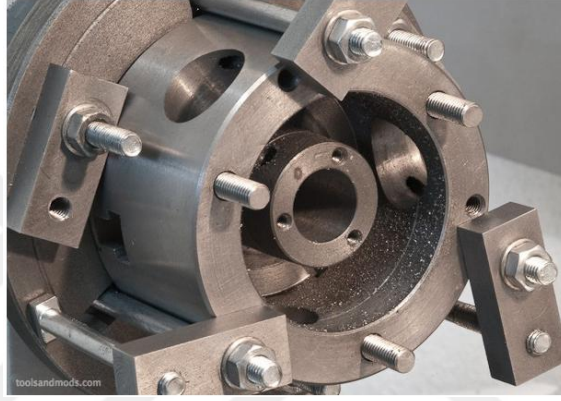


Şekil5.5. Mengeneli aynaya bağlanmış iş parçası[32].

#### 5.1.1.4. Delikli Aynalar

Şekil olarak daha önce açıklanan ayaklı aynalara benzerler. Ancak bu tür aynalarla bağlanamayan iş parçalarının bağlanmaları için kullanılırlar. Üzerinde bulunan delikler, çeşitli pabuçlar ve civatalar yardımıyla iş parçaları bağlanırlar. Ayna yüzeyi düz olduğu için düz ayna olarak isimlendirilmişlerdir.

Ayrıca açılı yatak ya da gönye adı verilen aparatlar yardımıyla da iş parçaları bağlanabilir.Şekil 5.6'da düz aynalarla yapılan değişik bağlama şekilleri görülmektedir [31].



Şekil 5.6. Delikli aynada iş bağlama [33].

#### 5.1.1.5. Mıknatıslı Aynalar

Bu aynalar mıknatıslanma özelliği ile alın yüzeyine iş parçalarının bağlanmasında kullanılır. Özelliği, diğer aynalara bağlanamayacak kadar küçük veya ince parçaların (segman, burç, bilezik) bağlanabilmesidir. Şekil 5.7’de Mıknatıslı aynada parça bağlama gösterilmiştir. Aynanın parçayı sıkması için özel bir düzenek veya ayna anahtarı gibi düzenekler vardır. Ancak mıknatıslanma özelliği olmayan parçalar bu tür aynalarla bağlanamazlar [30]. Günümüzde birçoktezgâhta parçaların bağlanabilmesi için tercih edilen bir sistemdir.



Şekil 5.7. Mıktatıslı aynada parça bağlama [30].

#### 5.1.1.6. Özel Aynalar

İş parçalarının özelliğine göre tasarlanıp hazırlanmış özel tasarımı aynalardır. Aynaların özelliğine göre farklı sıkma sistem ve mekanizmaları olabilir[30]. Şekil 5.8’de özel torna aynası gösterilmiştir.

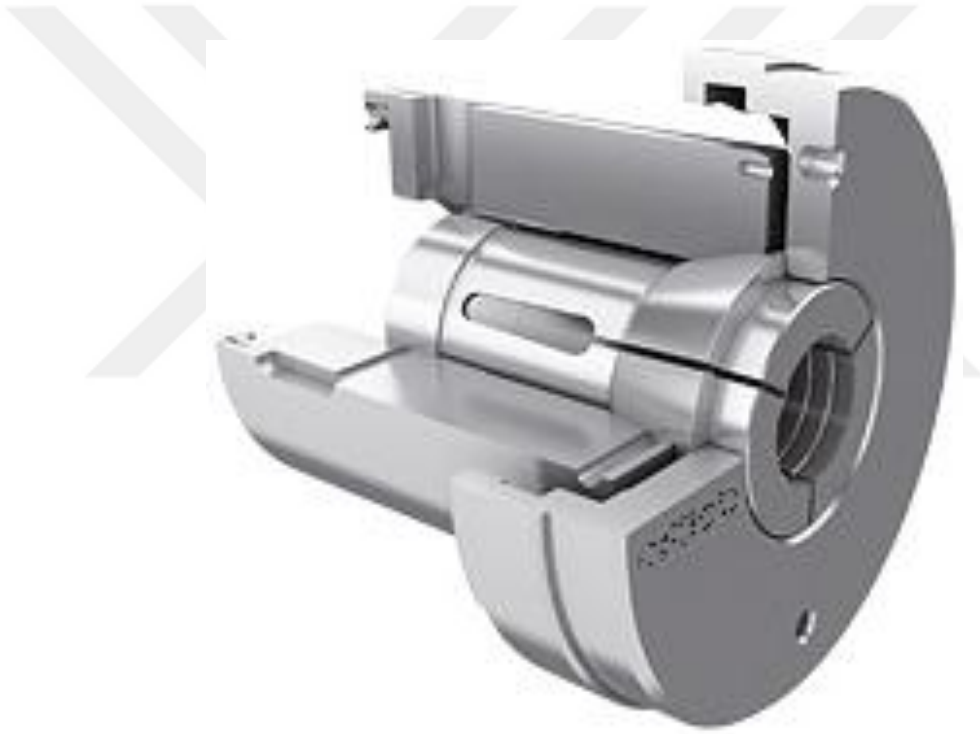


Şekil 5.8. Özel torna aynası[34].

#### 5.1.2. Pensler İle Bağlama

Revolver,Otomat (Kam) torna ve CNCtezgâhlarında kullanılan aynalardır. Bu aynalar üzerlerine takılan pensler yardımıyla çubuk şeklindeki silindir, kare,altıgen ve değişik kesitteki malzemelerin bağlanmasında kullanılırlar.Şekil 5.9’da penslerin

bağlanma şekli gösterilmiştir. Değişik kesitteki parçaların bağlanmasında kullanılan pensler özel sipariş ile yapılarak sadece ağız olduğu yerde değişiklik yapılır. Sıkma kapasiteleri sınırlıdır. Pens aynalarının kullanılma nedeni, tezgâhın fener mili durdurulmadan iş parçalarının çözülüp ve bağlanmasıdır. Böylece tezgâhın durdurulması ve tekrar çalıştırılması esnasında geçen zaman kayıpları ortadan kaldırılmış olur. Bu tür aynalarla işlenen çubuk malzemelerin uzunluğu 3-4 metre olduğu için tezgâhın fener milinin arka kısmında özel çubuk sürücüler bulunur. Bu çubuk sürücüler hem iş parçasının salgsız ve tehlike yaratmadan dönmesini sağlar hemde pens aynası açıldığında iş parçasını ileri doğru sürer. İş parçalarını çevreden sıkıştıran vemerkezlenmeyi daha çabuk yaptıklarından dolayı tercih edilir[35].

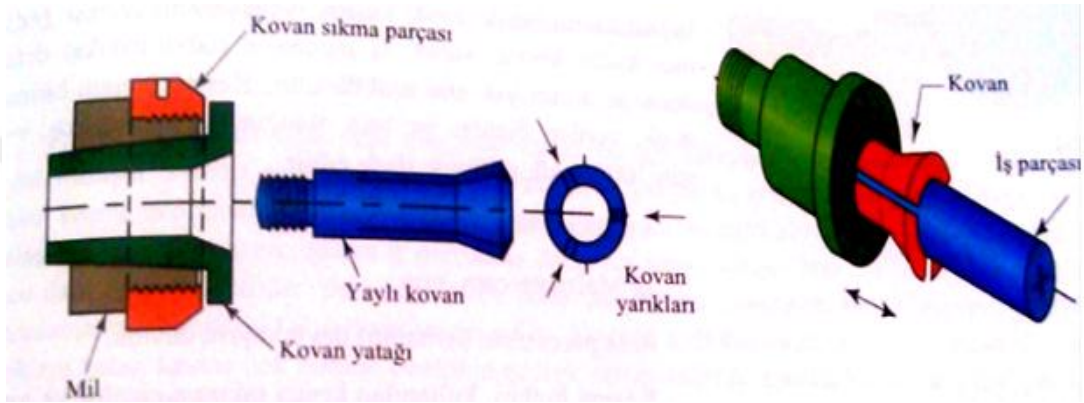


Şekil 5.9. Penslerin bağlanma şekli [36].

#### **5.1.2.1.Pensleri Fener Miline Takma Ve Sökme**

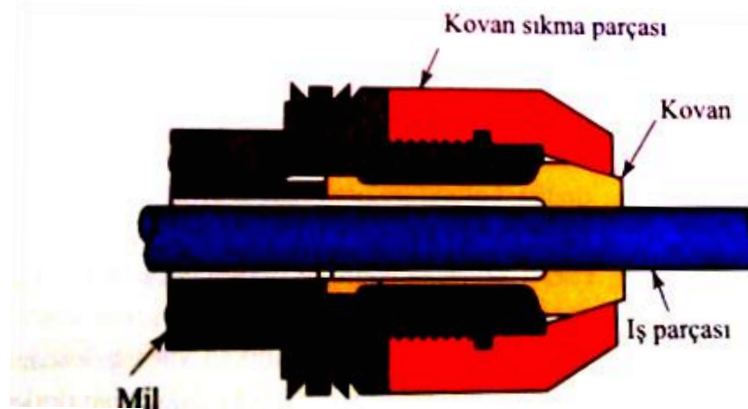
*Gerdirmeli (vidalı) Pens:*Bu pens tertibatında, fener milinin içine çekirme çubuğu takılır. Pens, pens bileziğinin içine takılır. Pens bileziği tornanın fener milinin içine yerleştirilir. İş parçası pensin içine takılarak, çekirme çubuğunun vidalı kısmı ile pensin vidalı kısmı kavratılarak el tekeri döndürülür. Dönme esnasında el tekeri

pensi kendine doğru çekeceğinden, pens fener mili kovanının konik yüzeyi sayesinde ileriye gitmeye zorlanacak ve içine takılı olan iş parçasını merkezden sıkacaktır. Fener mili vidasını dış etkilerden korumak için fener mili koruma bileziği fener mili vidasına vidalanır. Parçayı veya pensi çıkarırken, fener mili koruma bileziği ters yönde çevrilerek çıkarılır. Fener milinin arkasına takılan el tekeri ters yönde çevrilerek pense vidalanan kısım boşa çıkarılır. El tekerinin ortasından plastik bir çekiçe hafifçe vurularak pensin fener milinin konik kısmından çıkması sağlanır.



Şekil 5.10. Gerdirmeli pensin elemanları ve tezgâha bağlanması [2].

*Gerdirmesiz (vidasız) Pens:* Fener mili kapağı döndürüldüğünde pensi fener milinin koniğine iterek esnetir. Bu esneme ile iş parçası merkezden sıkılarak tornalama işlemine hazır hale getirilir [35]. Günümüzde CNC tezgâhlarında ayarlama işleminin kısa bir sürede yapılabilmesi için vidasız pens düzenekleri tercih edilmektedir.



Şekil 5.11. Gerdirmeliz pensin elemanları ve tezgâha bağlanması [2].



## BÖLÜM 6

### KESİCİ TAKIMLAR

#### 6.1. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

##### 6.1.1.Giriş

Bir parçaya şekil verilmesi için tezgâh ve takım olmak üzere iki nesneye ihtiyaç vardır. Tezgâh parça ve takıma gereken hareketleri sağlar. Takım ise parçadan talaş kaldırır. Buna göre takım tezgâhları ne kadar geliştirilirse geliştirilsin takım alanında da uygun gelişmeler olmadıkça üretimde esaslı bir gelişme meydana gelmez. Bu bakımdan günümüzde üretimin gelişmesi yalnızca takım tezgâh alanında değil, takım alanındaki gelişmelerinde bir sonucudur [1].

Kesici takım malzemelerinde sertlik, tokluk ve aşınma direncinin farklı kombinasyonları vardır ve belirli özellikler ile birçok kaliteye ayrılırlar. Uygulamada kesici takım ile işlenen malzemenin özelliklerinin birbirine ters olması istenir.

Genel olarak, uygulamasında başarılı olan bir kesici takım malzemesi şöyle olmalıdır:

- Takım sadece oda sıcaklığında değil, çalışma sıcaklıklarında da iş parçasının en sert bileşeninden daha sert olmalıdır. Takım geometrisinin bozulmasını önleyen yüksek sertlik, talaş oluşum sırasındaki ağır şartlar altında muhafaza edilmeli ve hatta aşınma direncine yardımcı olmalı.
- Kesme işleminde mekanik şoklara (darbelere karşı) dayanmak için yüksek tokluk özelliğine sahip olmalı.

- Kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğumalar meydana geldiği için yüksek termal şok direncine karşı dayanıklı olmalı.
- Kesme yaparken kesilen talaşla kesici uç arasında reaksiyon oluşmamalı[37,38].

### 6.1.2. Yüksek Hız Çelikleri

Yüksek hız çelikleri oda ve yüksek sıcaklıklarda yüksek sertliği ve yüksek şok direnci sayesinde iyi performansıyla kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yüksek Hız çelikleri önemli miktarda W, Mo, V ve Cr gibi karbür yapıcı elementlerle alaşımlandırılmıştır. İşte bu yüzden yüksek hız çeliklerini iki grupta toplamak mümkündür.

*Birinci grup:* Molibdenli Yüksek Hız Çelikleri (AISI M grubu : % 0,8 C, % 0,4 Cr, % 5-8 Mo, % 0,6 W ve % 1-2 V)

*İkinci grup:* Tungstenli Yüksek Hız Çelikleri (AISI T grubu: % 0,7C, % 4 Cr, % 18W ve % 1V) [39].

Günümüzde Matkap, klavuz, tornalamada kullanılan kesici takımlar bir kısmı Yüksek hız çeliğinden yapılmaktadır. Başta diğer takım malzemelerine göre ucuz olması, şekillendirme kabiliyetinin iyi olması (profil tornalama işlemlerinde) ve iç yapısının tokluğunun iyi olması gibi sebeplerden tercih edilmektedir.

### 6.1.3. Sementit Karbür Kesici Takımlar

Bu malzemeler çok yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetli bir kitle oluşturacak şekilde bir metal veya demir alaşım grubu ile çok ince taneli metal karbür partiküllerinden oluşurlar. Sementit karbürler toz metalurjisi teknikleri ile üretilmektedir. Proses esasen tungsten, titanyum veya tantalyum karbür tozlarının hazırlanmasını kapsar. Bu tozlardan biri veya birkaçı bağlayıcı ile karıştırılır. Bağlayıcı metal olarak genellikle kobalt, nadiren de nikel ve demir kullanılmaktadır.

Bu karışım istenilen şekilde kompakt kitle halinde soğuk preslenir ve akabinde sinterlenir (1370-1480 C) veya sıcak presleme ile şekillendirilir. Sade tungsten karbürü kaliteler dökme demir, ostenitik çelik, demir dışı ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılırken tungsten karbür yanında titanyum ve tantalum karbür de ihtiva eden kaliteler ise ferritik çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar [40].

#### **6.1.4. Kaplamalı Sementit Karbürler**

Kaplamalı kesici takımlar talaşlı imalat endüstrisinde hızla yaygınlaşmıştır ve günümüzde kullanılan sementit karbür kesici takımların %75'i kaplamalıdır. Kaplama, kesici takım ömrünü iki kat, üç kat veya daha fazla artırabilmektedir. Kesici takımlarda kesici takım yüzeyindeki malzeme aşınmaya dirençli, sert ve kimyasal olarak asal olmalıdır. Kimyasal olarak asal olma, kesme esnasında kesici takım malzemesi ile parçası malzemesinin etkileşimini engeller. İnce ve kimyasal olarak kararlı olan TiC, TiN veya Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> refrakter malzemeler kaplama olarak kullanılır. Kaplamanın altındaki sementit karbür, kaplama malzemesi ile karşılaştırıldığında tok, darbeye ve kırılmaya dayanıklıdır [5].

Kaplamanın etkin olabilmesi için kaplama malzemesinin sert, kimyasal olarak kararlı ve kesme koşullarında kesici takım ve iş parçası malzemesinin birbirleri ile etkileşimini engellemek için kimyasal olarak asal olmalıdır. Kaplama, ince taneli, birleştiricisiz ve gözeneksiz olmalıdır. Doğal olarak, kaplama metalürjik olarak altlığa (sementit karbüre) birleştirilir. Kaplama, takım ömrünü uzatmak için kalın ancak kırılma direnci karşı dayanıklı olması için de ince olmalıdır [5].

#### **6.1.5. Sermetler**

Sermet, titanyum bazlı sert parçacıkları olan bir semente karbürdür. Sermet ismi seramik ve metal isimlerini birleştirir. Orijinal olarak sermetler TiC ve nikelin bileşimleridir. Sermet kesici takımda sert parçacıklar WC'den ziyade TiC, TiCN ve/veya TiN esaslı seramik parçacıklardan oluşurken birleştirici faz da nikel ve/veya molibdenden oluşur. Sermet kesici takımlar da sementit karbürler gibi toz metalurjisi yöntemleriyle üretilirler. Çeliklerin işlenmesinde kullanılan sementit karbür kesici

takımlardan genellikle daha yüksek hızlarda kullanılırlar. Düşük ilerleme değerinde iyi bir yüzey elde edilerek çoğunlukla taşlama işlemine gerek kalmaz [5].

#### **6.1.6. Seramikler**

Metal işleme teknolojisinin gelişmesi ile işleme hızlarının artması daha uzun ömürlü (yüksek hızlarda çalışan) ve iş parçası ile etkileşmesi minimize edilmiş takım malzemesi arayışlarını hızlandırmıştır. Seramik malzemeler, tokluk dezavantajlarına karşılık yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve kimyasal kararlılıkları ile özellikle sürekli çalışan takımlar olarak kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu maksatla kullanılan seramik malzemeler alümina ve sialondur. Yüksek kesme hızlarında tornalama operasyonlarında iyi sonuç verirler. Karışık seramikler toklukları çeşitli katkı maddeleriyle artırılmış kesici takımlardır. Bu katkı maddeleriseramiklerin ısı iletkenliği de geliştirir [5,40].

#### **6.1.7. Kubik Bor Nitrür (CBN)**

Elmasla karşılaştırıldığında kübik bor nitrürün en önemli avantajı, demir veya diğer metaller ile temasında veya havada yüksek sıcaklıkta sahip olduğu çok yüksek kararlılığıdır. Kübik bor nitrür kesici takımlar yaygın olarak otomotiv endüstrisinde sertleştirilmiş çeliklerin ve süper alaşımların işlenmesinde kullanılır. CBN, karbür gövdeye 0,5-1 mm kalınlığında çok kristalli kübik boron nitrürün basınç altında sinterleme yapılmasıyla elde edilir. CBN, aynı zamanda hem tornalama hem de frezeleme operasyonlarında gri dökme demirlerin yüksek hızda kaba talaş işlemesi için de kullanılabilir [5,30,40]

#### **6.1.8. PCD (Çok Kristalli Elmaslar)**

PCD, metalik bir bağlayıcı ile birlikte sinterlenmiş elmas parçacıklarının birleştirilmesinden oluşur. PCD doğal elmastan sonra sertliği en yüksek olan kesici takım malzemesi olup aşınma direnci oldukça yüksektir. Çok keskin bir uca sahiptirler. Alüminyum ve bakırların işlenmesinde uzun bir süre kesici ucun keskinliğini koruyabilme özelliğine sahiptir. Yumuşak çeliklerin işlenmesi veya

taşlanmasında hızlı bir şekilde aşınırlar. Çünkü Kimyasal olarak etkileşime girerler. PCDtakımlar yüksek silisyumlu döküm alüminyum alaşımları, bakır ve alaşımları, sinterlenmiş sementit tungsten karbürler, silika cam ile güçlendirilmiş kauçuk, camfiber/plastik ve karbon/plastik kompozitler ve yüksek alüminalı seramiklerin işlenmesinde kullanılmaktadır [5,41].



## BÖLÜM 7

### YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

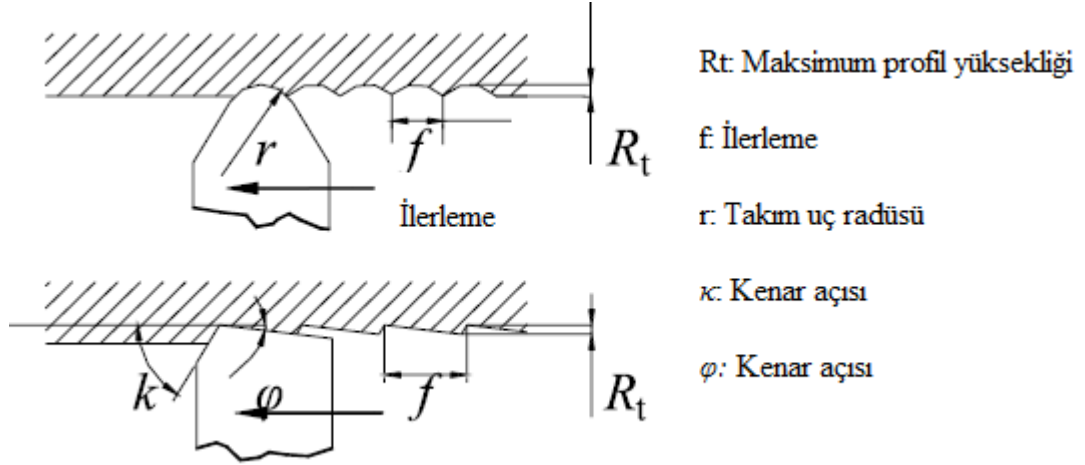
#### 7.1.TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşlenmiş yüzeylerde, işleme yöntemi ne olursa olsun yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmazdır. İşleme metodu, Kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin de etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [42].

Yüzey bütünlüğü yalnızca yüzeylerin geometrik özellikleri ile ilgili olmayıp aynı zamanda yüzeylerin mekanik ve metalurjik niteliklerini de tanımlar. İmalat işlemlerinde yüzey bütünlüğü dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Çünkü yüzey bütünlüğü imal edilen bir parçanın yorulma dayanımını, korozyon direncini ve çalışma ömrünü etkiler [43].

Parçanın imal edilmesinden veya imal edilme esnasında meydana gelen çeşitli kusurlar, kusurlu yüzey bütünlüğünün nedenidir. Bu kusurlar çoğunlukla orijinal iş parçasındaki kusurlardan, yüzeyin imal edilmesi metodundan ve aşırı derecede gerilme ve sıcaklığa neden olan işlem parametrelerinden kaynaklanır [43].

Şekil 7.1’de Tornalama takımların oluşturduğu teorik olarak yüzey pürüzlülüğü şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Tornalama takımlarının teorik olarak yüzey pürüzlülükleri [44].

İmalatı yapılacak bir parçanın yüzey işleme işaretleri parçanın imalat resminin gerekli yerlerine konulmalıdır. Eğer imalatı yapılacak bir parçanın gerekli yüzey işleme işaretleri konulmazsa imalatı yapan kişiler bunu kısa zamanda bitirebilmek için istediği bir yöntemi ve tezgâhı seçer [45]. Bunu kontrol eden kalite kontrol birimleri imalatı yapılan parçaları onaylamazlar. Özellikle hassas olan parçaların (Hava savunması, Silah sanayi) işlenmesinde yukarıda sayılan sebeplerden dolayı yüzey pürüzlülüğü önem arz etmektedir.

### 7.1.1. Yüzey Kalitesini Etkileyen Ana Faktörler

Genellikle yüzey kalitesini etkileyen faktörler kısaca şöyle özetlenebilir: İş parçasının özellikleri (İş parçası sünekliği veya sertliği): İş parçasının sünek olması direk olarak BUE oluşumuna bu durum ise kötü yüzey pürüzlülüğüne neden olur. İş parçasının sert olması ise yüzey pürüzlülüğünün daha iyi fakat kesme kuvvetini ve takım aşınımını artırarak yüzeyde istenmeyen gerilimlere sebep olur.

#### 7.1.1.1. İlerleme Ve Uç Radyüsünün Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

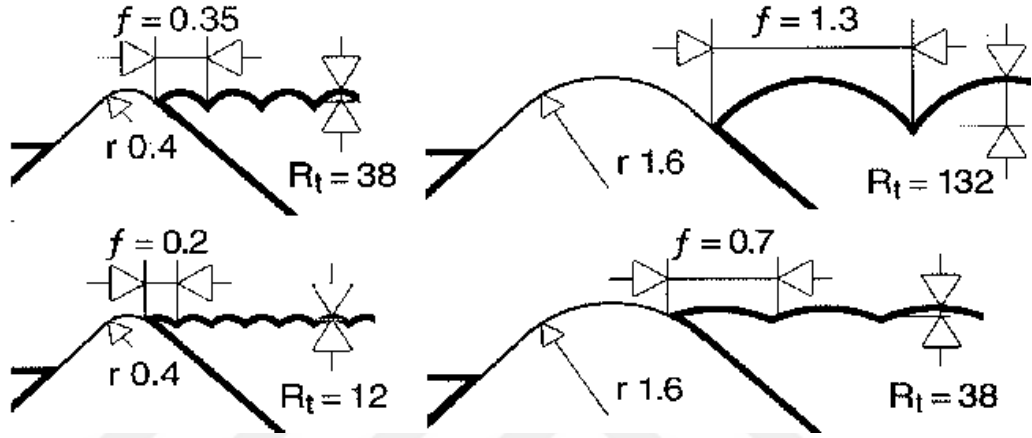
Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri ( $R_t$ ) daha yüksek kesme hızları ve daha pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak azaltılabilir. Şekil 7.2'de görüldüğü gibi daha düşük ilerleme miktarlarında daha düşük yüzey pürüzlülüğü görülmektedir [46]. Yüzey pürüzlülüğü formülü aşağıda verilmiştir.

$$R_t = \frac{f^2}{8 * r_\epsilon} * 1000 \quad (7.1)$$

$R_t$  : Teorik yüzey pürüzlülüğü

$f$  : İlerleme hızı

$r_\epsilon$  : Uç radyüsü



Şekil 7.2. İlerleme ve uç radyüsünün yüzey kalitesi üzerindeki etkileri [46].

### 7.1.1.2. Kesici Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Talaş kaldırma işleminde takım aşınması izlenmesi gereken parametrelerden biridir. Serbest yüzey aşınması üretilen parçanın çapını ve yüzey kalitesini doğrudan etkiler. Takım aşınmasının belirlenmesinde en belli başlı amaç, üretime ara verilmeden aşınmanın tespit edilebilmesidir. Bu amaçla modern üretim tezgâhlarında takım aşınmasını kontrol eden mekanizmalar geliştirilmiştir. Otomatik talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın ömrünü tamamlamadan önce değiştirilmesi gerekir. Aksi takdirde üretim devam etmesine rağmen, üretilen parçaların tolerans değerleri uygun olmayacaktır. Kesici uçta ve serbest yüzeyde oluşan aşınmalar yüzey kalitesinde bozulmalara neden olacağı gibi, üretimin kesici takım değiştirilmeden devam ettirilmesi üretim ve takım maliyetlerini artırır [46].



### 7.1.1.3. Kesme Kuvvetlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

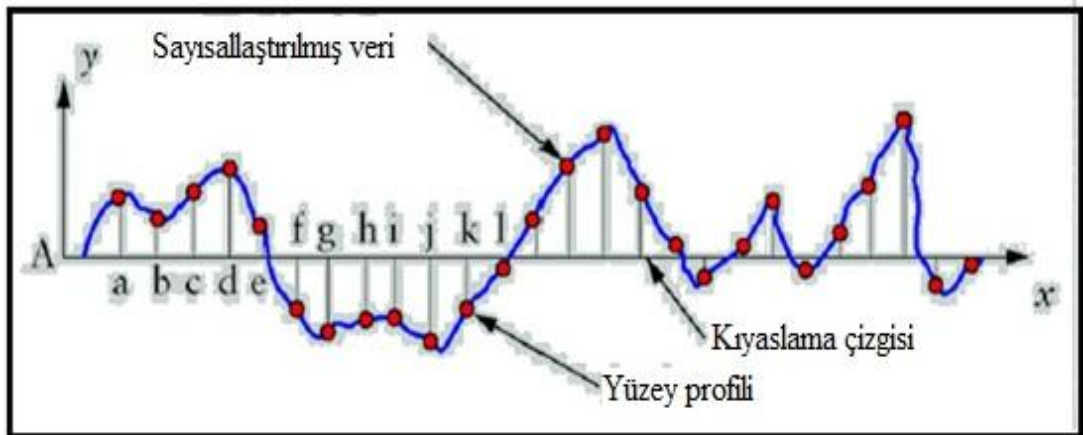
Talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için gerekli talaş kaldırma kuvveti;  $F_s$  kesme kuvveti,  $F_r$  radyal kuvvet ve  $F_v$  ilerleme kuvveti olmak üzere üç bileşene ayrılır. Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetleri gerek takım, gerekse parça üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirirler ve işleme kalitesini etkilerler. Esasen parça-takım-tezgâh zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimlerin şiddetli olması durumunda kötü bir yüzey kalitesine neden olan tırlama olayı oluşur [46].

### 7.1.2. Yüzey Pürüzlülüğü Belirleme Metodu

Yüzey pürüzlülüğü genel olarak iki metotla belirlenir: aritmetik ortalama değer ( $R_a$ ) ve kareköklerin ortalaması ( $R_q$ ). Daha önceleri merkez çizgi ortalaması (CLA) olarak da tanımlanan aritmetik ortalama Şekil 7.3'de şematik olarak gösterilen bir yüzeyin pürüzlülüğünün ölçülmesi esasına dayanır. Aritmetik ortalama değer ( $R_a$ ) hesaplanması Eşitlik 7.2'de verildiği gibi belirlenir [43].

$$R_a = \frac{a+b+c+d+\dots}{n} \quad (7.2)$$

buradaki bütün koordinatlar (a,b,c, ) mutlak değerlerdir.



Şekil 7.3. Yüzey pürüzlülük ölçümü için kullanılan koordinatlar [43].

Kareköklerin ortalaması ile belirlenen yüzey pürüzlülük değeri ( $R_q$ ) ise Eşitlik 7.3'de verildiği gibi belirlenir.

$$R_q = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + \dots}{n}} \quad (7.3)$$

Şekil 7.3'deki Ax çizgisi, bu çizginin altında kalan alanların toplamı üzerinde kalan alanların toplamına eşit olacak şekilde konumlandırılır. Yüzey pürüzlülüğü için kullanılan birim genelde  $\mu\text{m}$ 'dir [45].

Ayrıca bazı durumlarda en yüksek yüzey pürüzlülük değeri de ( $R_t$ ) bir pürüzlülük kriteri olarak kullanılabilir. Bu değer, bir yüzeyin en dip noktasından en yüksek noktasına olan mesafe olarak tanımlanır. Bu değer aynı zamanda parlatma veya diğer metotlarla düzgün bir yüzey elde etmek için kaldırılması gerekli malzeme miktarını da gösterir. Günümüzde yüzey pürüzlülüğü ölçümünde çoğunlukla  $R_a$  değeri kullanılır [45].

Genel olarak, bir yüzey yalnızca  $R_a$  değerleriyle yeterince tanımlanamaz. Çünkü bu değerler ortalama değerlerdir. İki yüzey aynı yüzey pürüzlülük değerine sahip olabilir ancak gerçek topografyaları oldukça farklı olabilir. Örneğin, birkaç tane derin girintinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi önemsiz olabilir. Ancak, üretilmiş bir parçanın yüzey profilindeki farklılıklar yorulma, sürtünme ve aşınma özellikleri bakımından önemli olabilir [45].

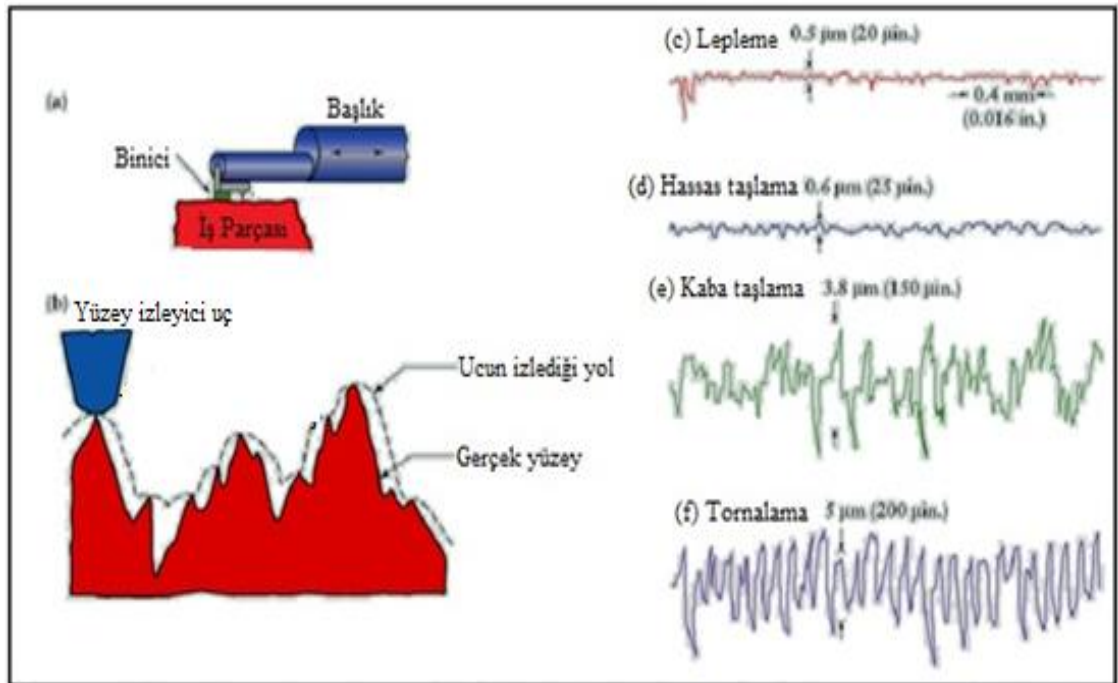
## 7.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ

Bir parçanın yüzeyinin kontrolü ilk başta gözle,sonrada elle yapılır. Göz ve elin yetersiz kaldığı durumlarda çeşitli büyüteç ve hassas yüzey pürüzlülüğü aletleri kullanılır [47].

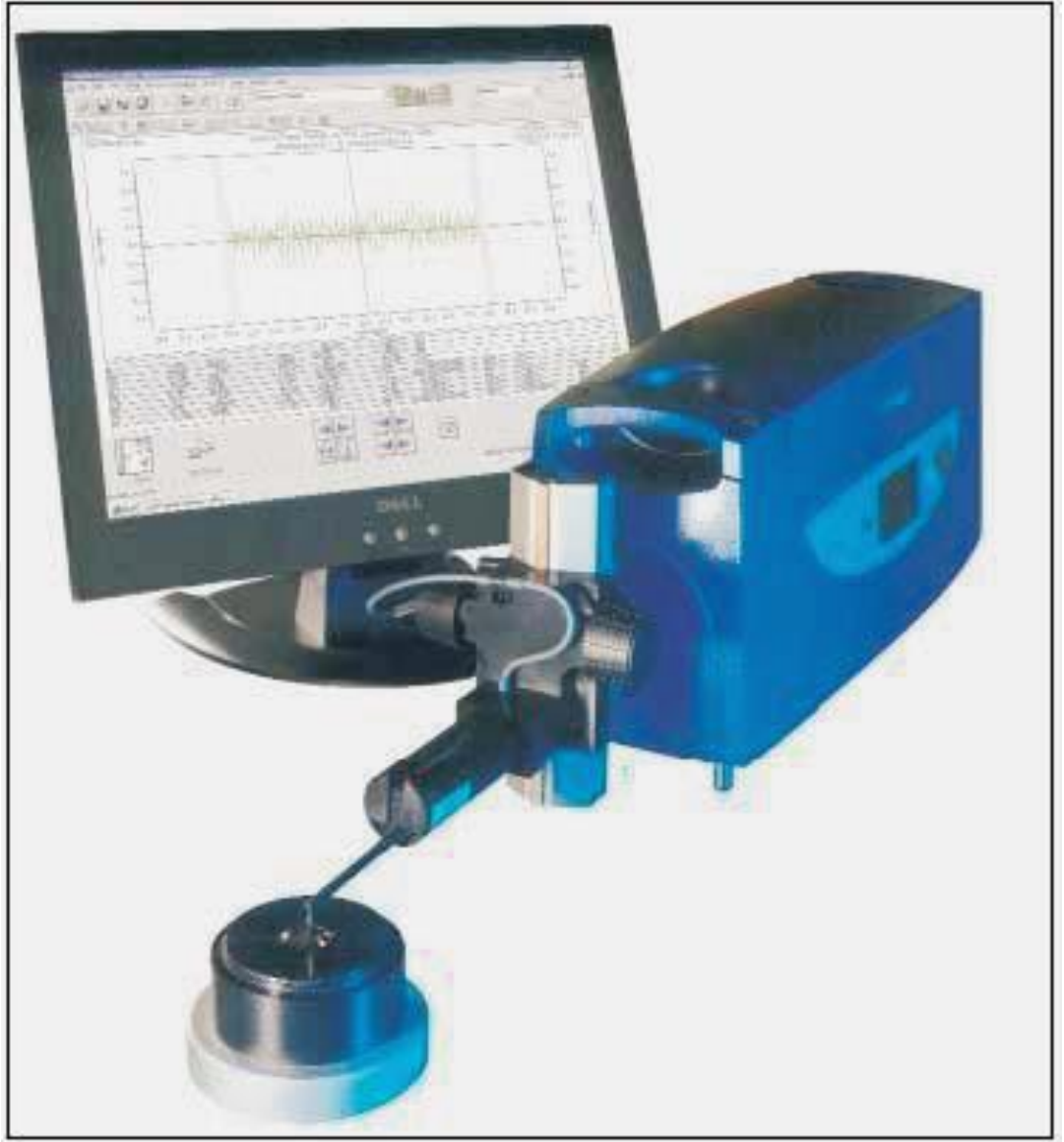
### 7.2.1. İzleyici Uçlu Cihazlar

Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde ölçülecek yüzey boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan dikey hareketinin oluşturduğu mekanik sapmaların sürücü ünitesi tarafından elektrik sinyallerine çevrilip yükseltilmesi, verilere göre filtrelenmesi, yüzey pürüzlülük parametresinin hesaplanması, ekranda gösterilmesi ve çıktısının alınması dayanır. Şekil 7.5’de izleyici uçlu cihaz gösterilmektedir. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [48].

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek ve kaydetmek için “yüzey profilometresi” olarak isimlendirilen çeşitli ticari cihazlar kullanılır. En yaygın olarak kullanılan cihaz, yüzey üzerinde doğru bir hat boyunca bir yol takip eden elmas izleyici uç ile yapılan yöntemdir [43]. Şekil 7.4’de izleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekleri verilmiştir.



Şekil 7.4. İzleyici uçlu cihazların çalışma şekli ve örnekler [43].



Şekil 7.5. İzleyici uçlu cihaz [48].

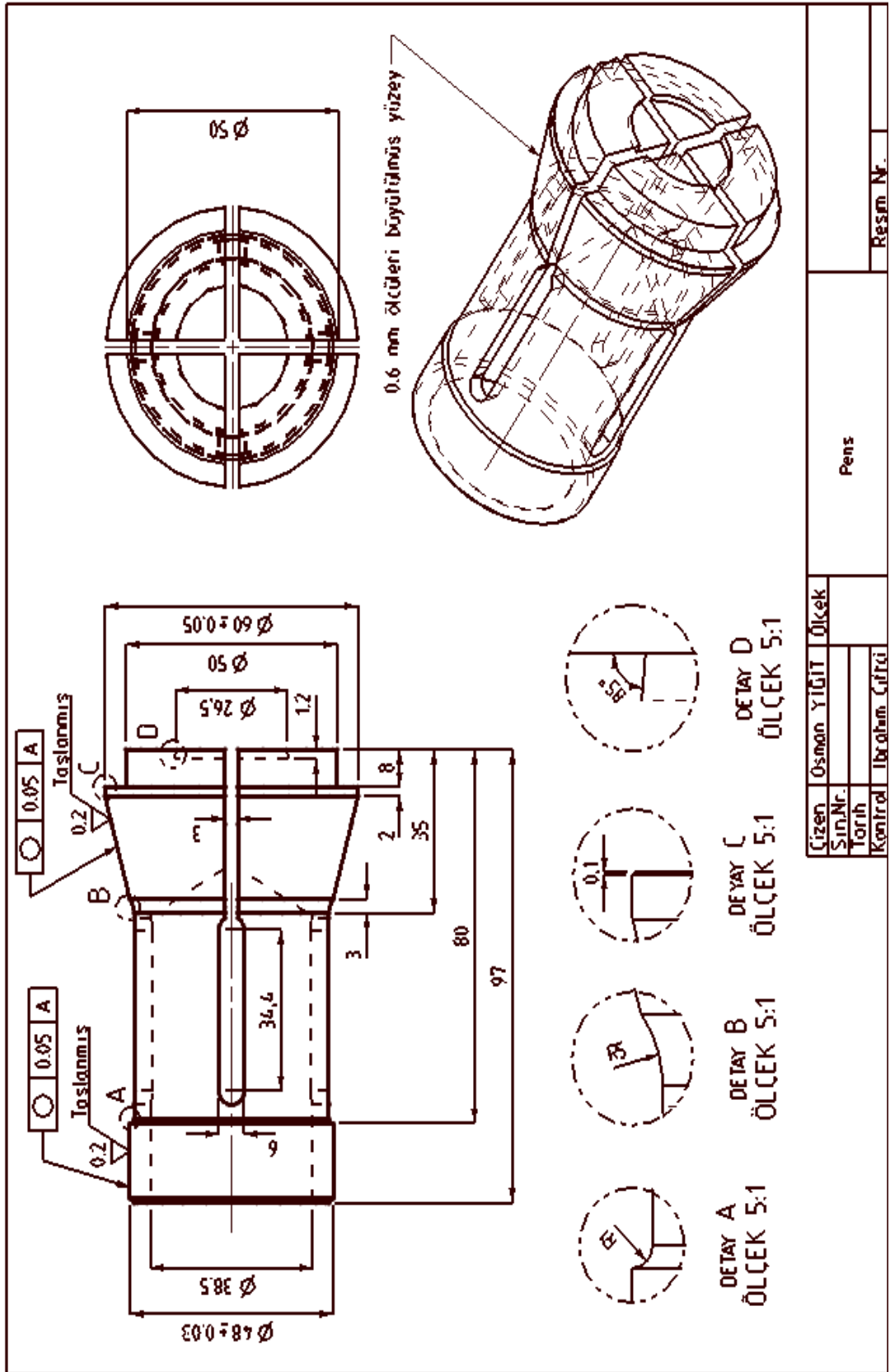
## BÖLÜM 8

### MATERYAL VE METOD

#### 8.1. PENS TASARIMI VE İMALATI

Tasarımı ve imalatı yapılan pens kullanılarak ince AISI 304 östenitik paslanmaz çelik iş parçası malzemesi üzerinde alın tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 8.1.'de tasarımı yapılan pensin imalat resmi görülmektedir. İş parçasının pens ile sıkılacak yüzey alanı oldukça küçüktür. Bu durumun da işleme esnasında merkezkaç kuvvet ve kesme kuvvetinin etkisi ile parçanın yerinden fırlamasına veya konumunu değiştirmesine neden olması çok muhtemeldir.

16MnCr5 sementasyon çeliği pens malzemesi olarak seçilmiştir. İşlenen pens sementasyon işlemine tabi tutulacağından, işleme sırasında taşlama ve bitirme yüzeylerindeki işlemler için 0,2 mm gibi işleme payı bırakılmıştır. Özel bir firmada sementasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve pensin yüzeyine 0,7 mm karbon emdirilmiştir. Yüzeyine karbon emdirilen çeliğin ısı işleme tabi tutulması sonucu yüzeyi sertleşirken iç kısmının tok olması sağlanmıştır.



Şekil 8.1. Pens imalat resmi.

Çizelge 8.1’de 16MnCr5 çeliğinin farklı standartlardaki karşılıkları, Çizelge 8.2’de bu 16MnCr5 çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir

Çizelge 8.1. 16MnCr5 çeliğinin farklı standartlardaki karşılıkları [49].

<b>Malzemenin Farklı Standartlardaki Karşılıkları</b>				
<b>AISI / SAE</b>	<b>DIN</b>	<b>EN</b>	<b>AFNOR</b>	<b>JIS</b>
5120	1.7131	16MnCr5	16 MC 5	-

Çizelge 8.2. 16MnCr5 çeliğinin kimyasal bileşimi [49].

<b>Malzemenin Kimyasal Bileşimi</b>							
<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Pmax</b>	<b>Smax</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>V</b>
0,14- 0,19	0,15- 0,40	1,00- 1,30	0,035	0,035	0,80- 1,10	-	-

Bağlama pensinin imalatında kaba boşaltmalar universal torna takım tezgâhında yapılmıştır. Bitirme tornalama işlemleri ise CNC torna takım tezgâhında yapılmıştır. Sertleştirme işlemi yapılmadan önce pensin üzerindeki kanallar kalıpcı freze tezgâhında açılmıştır. Daha sonra parçanın yüzey sertleştirme işlemi uygulanmış. pensin fener mili/iş mili ile temas eden kısımlar silindirik taşlama tezgâhında taşlanmıştır. Pensin üzerinde bulunan kanallar tel erozyon tezgâhında kestirilmiştir. Pensin dışında bulunan kısma çalışma esnasında dönmemesi için pim deliği delinmiş ve pim çakılarak kaynak yapılmıştır. Bağlama pensi CNC torna tezgâhına bağlanarak, iş parçasının bağlanacağı yer açılı bir şekilde tornalanmıştır ve CNC tezgâhına bağlanarak denenmiştir. Burada ince cidarlı parçanın bağlanmasında parçayı yeterince sıkıması sonucu pensteki konik yüzeyinin ölçüleri 0,6 mm kadar büyütülmüştür. Bu sayede bağlamada pensin daha iyi sığıdığı tespit edilmiştir. Ayrıca çok kısa bir mesafeden sığığından dolayı iş parçasının bağlama yüzeyi açılı bir şekilde işlenerek ince cidarlı parçanın yüzeyinden daha iyi bir şekilde tutması sağlanarak bağlama verimliliği artırılmıştır. Şekil 8.2’de yapılan pens görülmektedir.



Şekil 8.2. Yapılan pensin resmi.

## 8.2. İŞ PARÇASI MALZEMESİ

Krom veya nikel, çelik yüzeyinde çok ince ve yüzeye yapışan bir oksit filmi (tabakası) meydana getirirler. Bu tabaka oksitlenmenin içeriye doğru ilerlemesini durdurur. Paslanmaz çelik ailesinin temel özelliği hepsinin en az % 10,5 krom içermesidir. Bu özellik çeliğin aşındırıcı atmosferler veya aşındırıcı kimyasal ortamlara karşı koymasını sağlar. Paslanmaz çelik, karbon çeliğinden ve alaşımlı çelikten pahalı olmasına ve küresel pazarda kullanımının daha az olmasına rağmen dünya piyasalarında çok önemli bir yere sahiptir [30].

AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin çeşitli standartlara göre karşılıkları ve kimyasal bileşimi Çizelge 8.3 ve Çizelge 8.4'de verilmiştir.



Çizelge 8.3. AISI 304 paslanmaz standart karşılıkları [49].

<b>Malzemenin Farklı Standartlardaki Karşılıkları</b>				
<b>AISI / SAE</b>	<b>DIN</b>	<b>EN</b>	<b>AFNOR</b>	<b>JIS</b>
304	14.301	X5CrNi18-10	Z 6 CN 18-09	SUS 304

Çizelge 8.4. Deneylerde kullanılan AISI 304 çeliğinin kimyasal bileşimi [49].

<b>Malzemenin Kimyasal Bileşimi</b>							
	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Si</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>
AISI 304	0,08 max	2,0 max	0,045 max	0,03 max	0,75 max	18,0- 20,0	8,0- 10,5

### 8.3. TAKIM TEZGÂHLARI VE CİHAZLAR

Taksan TTC 630CNC torna tezgâhında 16MnCr5 malzemeden olan pensin dış çapının tornalanması yapılmıştır.

Çizelge 8.5. Taksan TTC 630 CNC torna tezgâhının özellikleri.

Ayna kapasitesi (Inç)	9
Fener mili motor gücü(kW)	15
X – Z eksen motorlarının gücü(kW)	2.8
Maksimum eksenlerde ilerleme değeri(m/dk)	30
Kontrol ünitesi serisi	Fanuc O-M
Maksimum iş mili devir sayısı (dev/dk)	4000
Maksimum tornalama çapı(mm)	Ø170

Deckel Maho DMC DL 6G CNC torna tezgâhında AISI 304 östenitik paslanmaz çelik iş parçası malzemeleri üzerinde alın tornalama işlemleri yapılmıştır.

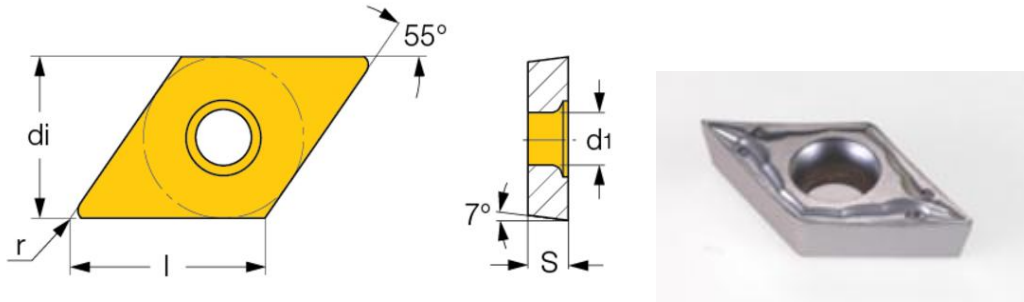
Çizelge 8.6. Deckel Maho DMC DL 6G CNC torna tezgâhının özellikleri.

Ayna kapasitesi (Inç)	6
Fener mili motor gücü(kW)	15
X – Z eksen motorlarının gücü(kW)	2
Maksimum eksenlerde ilerleme değeri(m/dk)	36
Kontrol ünitesi serisi	Fanuc 0iM-TD
Maksimum iş mili devir sayısı (dev/dk)	6000
Maksimum tornalama çapı (mm)	Ø170

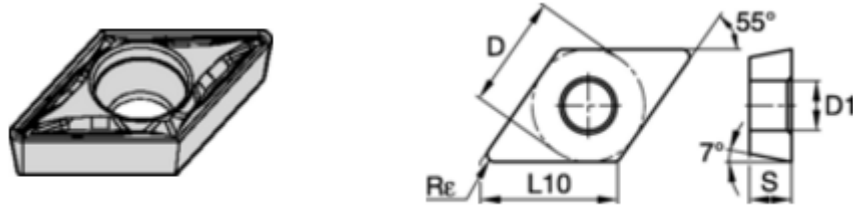
## 8.4. KESİCİ TAKIMLAR VE TAKIM TUTUCULAR

### 8.4.1. Kesici Takımlar

AISI 304 östenitik paslanmaz çeliği işlemek için iki farklı üreticiden temin edilen karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Bu takımların özellikle tercih edilme sebebi paslanmaz çeliklerin işlenmesi için tavsiye edilen kesici takımlar olmalarıdır. Deneyler ticari olarak temin edilen Iscar DCMT 11T302-PF geometrisinde ve 3028 kalitesinde ve Kennametal DCMT 11T302-FP geometrisinde ve KCP25 kalitesinde karbür kesici takımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler uygun bir takım tutucu ile rijit bir şekilde takım tezgâhına bağlanmıştır. Şekil 8.3 ve Şekil 8.4’de kullanılan kesici takımların geometrilerine ait daha fazla bilgi verilmektedir.



Şekil 8.3. Iscar DCMT 11T302-PF kesici takımının şekli [50].



Şekil 8.4. Kennametal DCMT 11T302-PF kesici takımının şekli [51].

İşleme deneyleri alın tornalama yöntemiyle dış çaptan merkeze doğru gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı ortalama çapa göre hesaplanmıştır. Ortalama çap 15 mm alınmıştır. Iscar kesici takımla 100 adet iş parçası üzerinde alın tornalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kennametal kesici takımla ise 17 adet iş parçası işlenmiştir. Hâlihazırda bu parçanın endüstriyel olarak işlenmesinde Iscar kesici takım kullanıldığı için bu kesici takımla yapılan deneyler endüstriyel olarak kullanılan 130 m/dak kesme hızı ve 0,17 mm/dev ilerleme değerinde yapılmıştır. Kennametal kesici takımla 130, 155, 82 ve 104m/dk kesme hızlarında ve 0,15, 0,1, 0.17 mm/dev ilerleme hızlarında deneyler yapılmıştır.

Deney malzemelerine uygulanan tornalama işlemi sonucunda elde edilen işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlülük ölçümleri Mahr marka, Marsurf PS1 modeli tipi cihazı yardımıyla yapılmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 8.7’de verilmiştir.

Çizelge 8.7. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri.

Marka	Mahr
Model	Marsurf PS1
Tarama boyu (mm)	1,75 - 5,6 - 17,5 (ISO)
Kesme Boyu (mm)	0,25 - 0,8 - 2,5 (otomatik seçim)
Baskı kuvveti (mN)	0,7
İğne uç yarı çapı ( $\mu\text{m}$ )	2
Bağlantı	USB ve RS232 çıkışı
Yaklaşık ağırlık (gr)	400
Boyutlar (mm)	140x50x70
Kalibrasyon	Dinamik kalibrasyon
Bellek	15 profil; 20.000 ölçüm

100 adet parçanın ölçümünün yapılmasına gerek duyulmadan her 5 adet parçadan beşincinin ölçümü yapılmıştır. Ölçümler iş parçası eksenine dik olacak şekilde ve işleme alanında üç farklı bölgede ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sonucu bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük ( $R_a$ ) değerleri belirlenmiştir.

## BÖLÜM 9

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

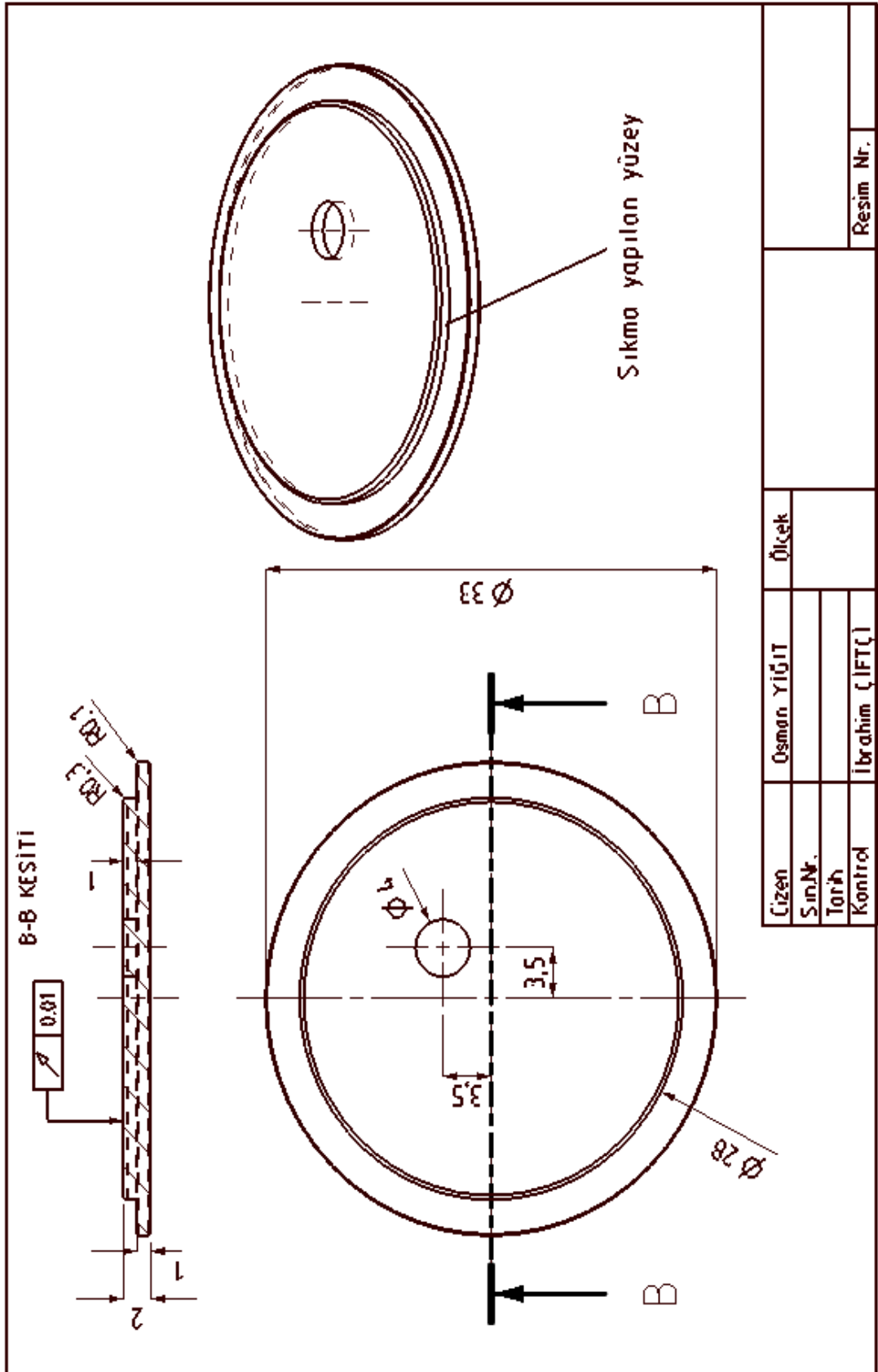
#### 9.1. PENS TASARIMI VE İMALATI

Pens yapımında kullanılan malzeme 16MnCr5 semantasyon çeliğidir. Bu çelik yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, iç kısımlarında ise daha yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların imalatında kullanılan düşük karbonlu, alaşımlı çeliklerdir [49]. İçerisinde yeterli karbon bulunmayan parçalarının yüzey sertliklerinin artırılması için yüzeylerine karbon emdirilir. Sementasyon işlemi sonrasında, çekirdek bölgesi yumuşaklığını koruyacağından, sertleştirme sırasında ortaya çıkabilecek çarpılmalar oldukça azdır.

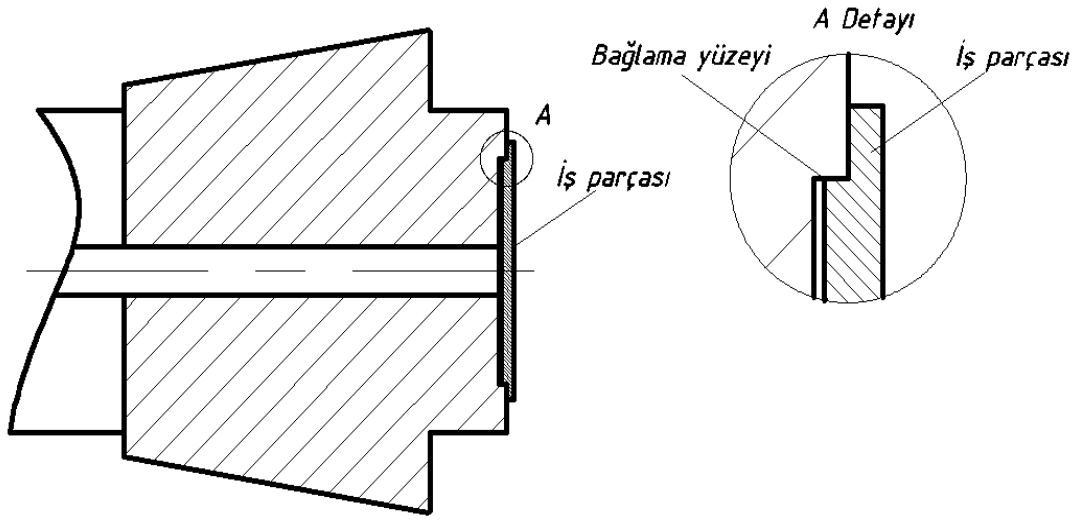
Bu çalışma kapsamında işlenecek iş parçası sıkma yüzeyinin çok küçük olması pens tasarımında oldukça hassas olunması gerekliliğini zorunlu kılmıştır. Düşük sıkma yüzey alanı nedeniyle, bağlama kuvvetleri işleme esnasında iş parçasını konumunda rijit bir şekilde tutmak için yeterli olmayabilir. İşleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri ve merkezkaç kuvvet nedeniyle iş parçasının bağlama elemanında rijit bir şekilde tutulması veya yerinden fırlayıp çıkmaması oldukça önemlidir. İş parçasının pensle rijit bir şekilde tutulamaması ve bunun sonucunda pens içerisinde dönmesi ve konumundan sapması durumunda iş paçası yerinden çıkmasa dahi yüzey kalitesinde bozulmaya neden olabilir. Yerinden çıkıp fırlaması durumunda da yüzey kalitesinin bozulmasıyla birlikte tehlike de arz edebilir.

Şekil 9.1’deince AISI 304 östenitik paslanmaz çelik iş parçasının teknik resmi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi sıkma yüzeyi oldukça küçüktür. Bu durum düşük bağlama kuvvetlerine neden olmaktadır. Bağlama kuvvetini artırmak için sıkma basıncının artırılması gerekir. Pensin iş parçasını sıkma kısmının Şekil 9.2’de gösterildiği gibi düz (pens eksenine paralel) olması durumunda yüksek sıkma basıncı iş parçasını konumundan ötelenmesi oldukça muhtemeldir, Şekil 9.3’dekonumundan ötelenen parçanın sıkma yüzeyi daha da küçülür. Ayrıca, konumundan düzenli olmayan bir şekilde ötelenen parçanın işlenmesi esnasında talaş derinliği değişken olur. Her iki durum da bağlama emniyeti ve iş parçası yüzey kalitesi açısından problem oluşturmaktadır. Dolayısıyla, rijit bir bağlama ve sağlıklı bir işleme neden olmayacağı açıktır.

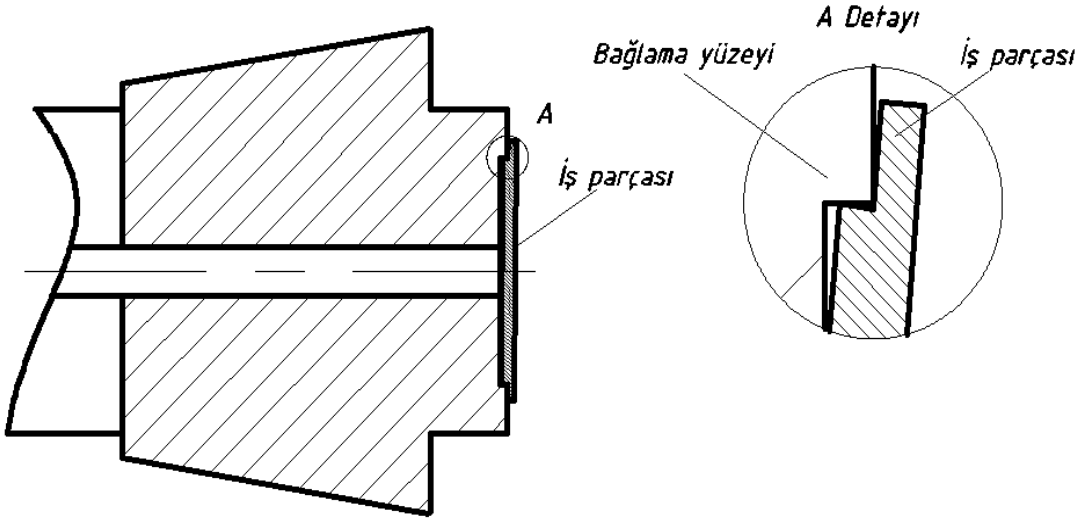




Şekil 9.1. İş parçası teknik resmi.



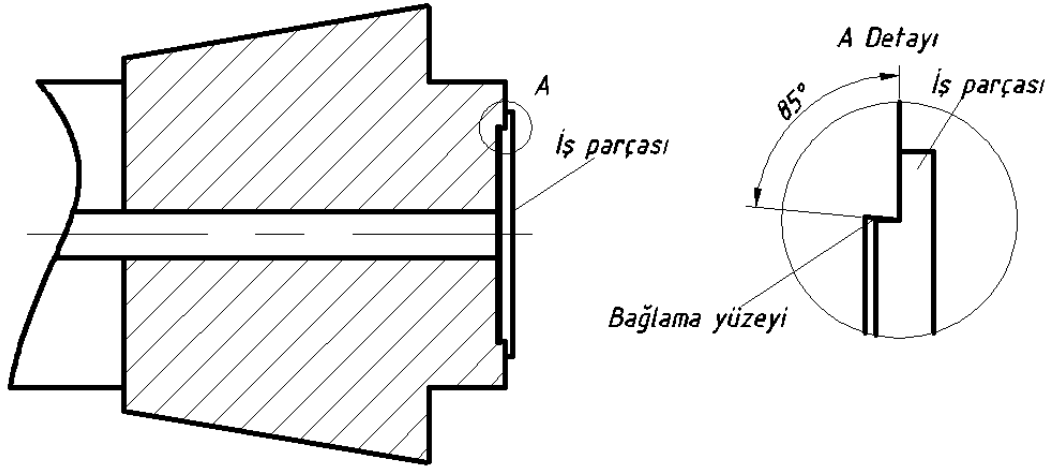
Şekil 9.2. Pens ile bağlanacak malzemenin normaldeki durumu.



Şekil 9.3. Pens ile bağlanacak malzemenin konumundan ötelenmesi sonucu bağlama durumu

Yüksek sıkma basıncından kaynaklanan yüksek bağlama kuvvetleri sonucu iş parçasının pensten çıkmasını engellemek için pens Şekil 9.4'de görüldüğü gibi tasarlanmıştır. Burada pensin iş parçasını sıkma kısmı pens eksenine paralel olmayıp geriye doğru bir miktar konik olarak yapılmıştır. Buradaki açı  $90^\circ$  yerine  $85^\circ$  olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde iş parçasının pensten ötelenmesi engellenmiştir.





Şekil 9.4. Pensin bağlama yüzeyine açılması.

İş parçasının işleme esnasında penste rijit bir şekilde tutulabilmesi için işleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinde düşük tutulması da gerekmektedir. Kesme kuvvetlerini düşük tutmak için kesme hızının kısmen yüksek ve ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin de düşük tutulması gerekmektedir. Ayrıca, kesici takımın uç yarıçapının düşük ve uç keskinliğinin iyi olması gerekir. Bu amaçla kesici uç yarıçapı 0,2 mm olarak seçilmiştir.

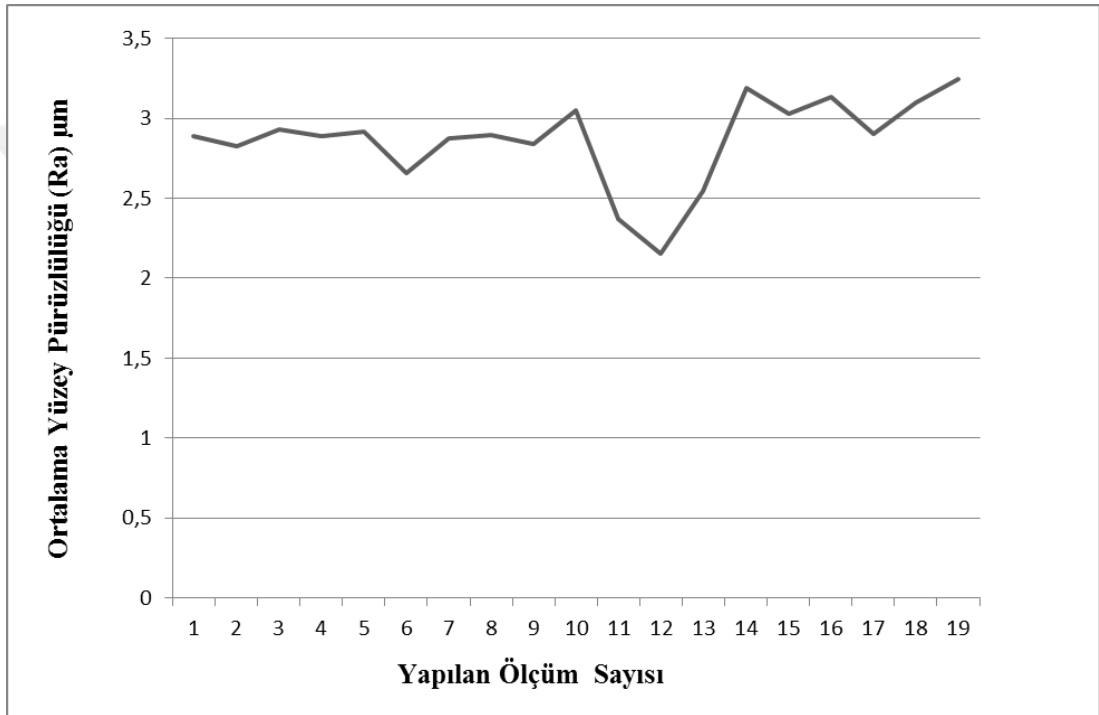
İş parçası çok kısa bir mesafeden bağlandığından, sıkma esnasında pensin yerinden çıkma ihtimaline karşı konik olan yüzey belli bir miktar büyütülmüştür. Bu sayede pensin, sıkma esnasından yerinden çıkması engellenmiştir.

Tasarımı ve imalatı yapılan pens kullanılarak yapılan deneyler sonucunda iş parçaları yeterli rijitlikte bağlanabildiği ve işleme esnasında iş parçalarının konumundan sapmadığı görülmüştür.

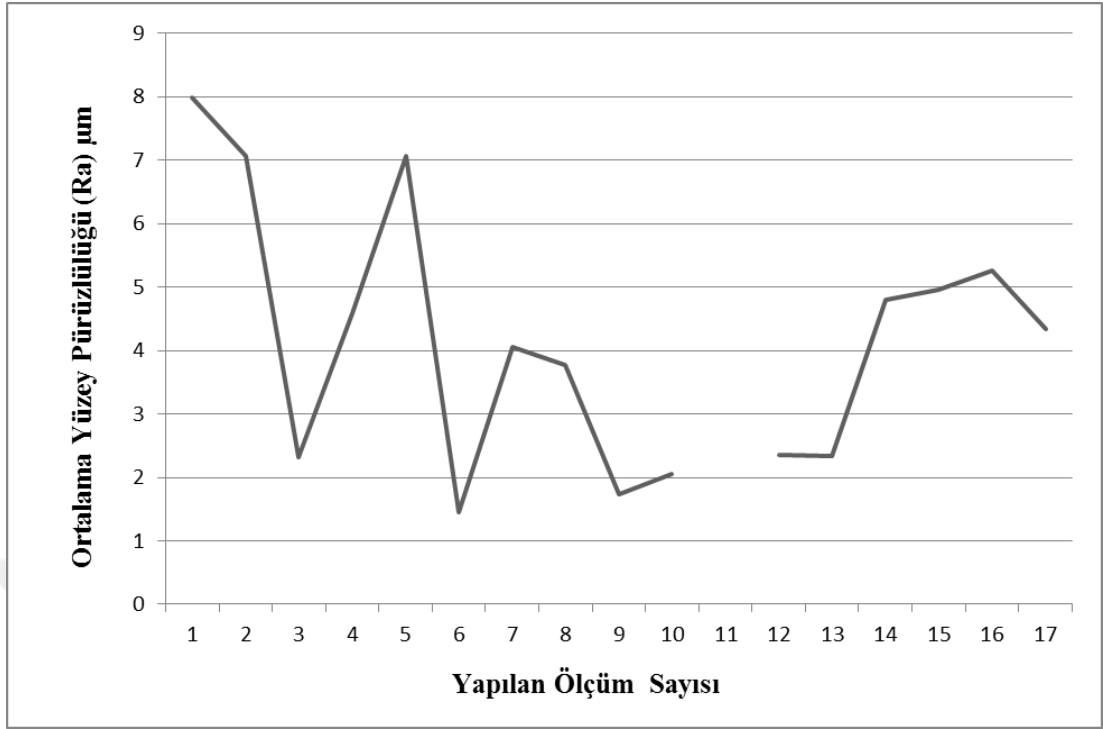
## 9.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi için işleme deneyleri Kennametal ve Iscar firmaları tarafından üretilen benzer geometrideki takımlarla yapılmıştır. Şekil 9.5 ve Şekil 9.6'da her iki kesici takımla da elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) verilmektedir. Bu çalışma kapsamında deneyler öncelikli olarak Iscar

marka kesici takımlarla yapılmıştır. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri yaklaşık olarak 3 µm seviyesindedir. Yüzey pürüzlülük değeri, normal tornalama işlemleriyle ve çok sayıda endüstriyel parça için kabul edilebilir yüzey pürüzlülük değerleri bakımından yüksek kabul edilebilir. Ancak, bu çalışma kapsamında işlenen malzemenin AISI 304 östenitik paslanmaz çelik olması ve kesici takım uç yarıçapının küçük olması nedeniyle yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 9.5. Iscar kesici takımla elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



Şekil 9.6. Kennametal kesici takımla elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Östenitik paslanmaz çeliklerin sünek malzemeler olması yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin önemli bir nedeni olduğu düşünülmektedir. Sünek malzemelerin işlenmesinde yüksek yüzey pürüzlülük değerleri sıklıkla karşılaşılan problemlerden bir tanesidir. Endüstriyel uygulamalarda bazen sünek malzemelere soğuk çekme işlemi uygulanarak yüzey sertlikleri artırılır ve bu şekilde işleme sonrasında düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilir [11]. Diğer nedenin ise bu malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan yığıntı talaş olduğu düşünülmektedir. İş parçasının deformasyon sertleşmesi sonucu kesici takım kesici ucunda oluşan yığıntı talaş düzensiz bir yapıya sahip olduğu için yüzey pürüzlülük değerini artırır. AISI 304 östenitik paslanmaz çelikler yüksek deformasyon sertleşmesi sergileyen malzemelerin bir grubudur. Çizelge 9.1 ve Çizelge 9.2’de elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri tablo halinde ayrıca verilmiştir.

Çizelge 9.1. Iscar DCMT 11T302-PF kesici takım ile işlenen 100 adet parçanın yüzey pürüzlülük değerleri.

Deney No	Ra (µm)				Deney Değişkenleri
	1	2	3	Ort	
1	2,896	2,853	2,911	<b>2,887</b>	Devir sayısı: 2750 dv/dak. İlerleme miktarı:0.17 mm/dv.
2	2,847	2,842	2,791	<b>2,827</b>	
3	2,929	2,919	2,944	<b>2,931</b>	
4	2,938	2,885	2,854	<b>2,892</b>	
5	2,934	2,892	2,934	<b>2,920</b>	
6	2,640	2,634	2,702	<b>2,659</b>	
7	2,754	2,782	2,757	<b>2,764</b>	
8	2,902	2,820	2,893	<b>2,872</b>	
9	2,904	2,872	2,912	<b>2,896</b>	
10	2,784	2,880	2,856	<b>2,840</b>	
11	2,973	3,014	3,153	<b>3,047</b>	
12	2,422	2,327	2,356	<b>2,368</b>	
13	2,154	2,153	2,15	<b>2,152</b>	
14	2,579	2,529	2,522	<b>2,543</b>	
15	3,217	3,170	3,192	<b>3,193</b>	
16	3,055	3,002	3,040	<b>3,032</b>	
17	3,146	3,140	3,118	<b>3,135</b>	
18	2,897	2,913	2,906	<b>2,905</b>	
19	3,138	3,089	3,069	<b>3,099</b>	
20	3,300	3,222	3,216	<b>3,246</b>	

Şekil 9.5 ve Çizelge 9.1’de görüldüğü gibi artan parça sayısı ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde bir miktar artma olduğu görülmektedir. İşlenen parça sayısı ile yüzey pürüzlülüğünün artması bütün talaşlı imalat uygulamalarında karşılaşılan bir durumdur. Kesici takımın daha çok parça işlemesiyle kesici takımdaki aşınma da artar. Artan aşınma çoğunlukla yüksek yüzey pürüzlülük değerine neden olur.

Aynı geometriye sahip olan Kennametal DCMT 11T302-PF kodlu kesici takımla AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenmesinde, işleme parametreleri aynı olmasına rağmen birkaç tane deney numunesi işlendiğinde gözle görülebilir yüzey pürüzlülüğü oluşmuştur. Çizelge 9.2’de görüldüğü gibi yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile de tespit edilmiştir. Bir sonraki uygulamada devir sayısı artırılmış ve ilerleme düşürülmüş olmasına rağmen kesici takımın ucu yanarak istenen yüzey kalitesine ulaşılamamıştır. Bir sonraki uygulamada kesici uç değiştirilmiş ve dört farklı uygulama yapılarak sonuç alınmaya çalışılmıştır. Kennametal DCMT 11T302-PF kodlu kesici takımla yapılan AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde istenilen yüzey kalitesi elde edilememiştir.

Çizelge 9.2. Kennametal DCMT 11T302-PF kesici takım ile işlenen 17 adet parçanın yüzey pürüzlülük değerleri.

Deney No	Ra (µm)				Deney Değişkenleri
	1	2	3	Ort	
1	7,095	6,987	9,894	<b>7,992</b>	Devir sayısı: 2750 dv/dak. İlerleme miktarı:0.15 mm/dv.
2	7,092	7,125	7,001	<b>7,073</b>	
3	2,293	2,336	2,313	<b>2,314</b>	Devir sayısı: 3300 dv/dak. İlerleme miktarı:0.1 mm/dv.
4	4,547	4,574	4,656	<b>4,592</b>	
5	7,142	7,064	6,966	<b>7,057</b>	
6	1,442	1,515	1,378	<b>1,445</b>	Devir sayısı: 2750 dv/dak. İlerleme miktarı:0.15 mm/dv.
7	4,143	4,042	3,978	<b>4,054</b>	
8	3,732	3,818	3,750	<b>3,767</b>	
9	1,773	1,742	1,713	<b>1,743</b>	Devir sayısı: 1750 dv/dak. İlerleme miktarı:0.1 mm/dv.
10	2,041	2,052	2,091	<b>2,061</b>	
11	<b>Ölçüm yapılamamıştır.</b>				
12	2,356	2,317	2,388	<b>2,354</b>	Devir sayısı: 2222 dv/dak. İlerleme miktarı:0.1 mm/dv.
13	2,340	2,319	2,356	<b>2,338</b>	
14	4,773	4,783	4,847	<b>4,801</b>	
15	4,982	4,929	4,973	<b>4,961</b>	Devir sayısı: 2222 dv/dak. İlerleme miktarı:0.17 mm/dv.
16	5,218	5,260	5,298	<b>5,259</b>	
17	4,392	4,282	4,318	<b>4,331</b>	

## BÖLÜM 10

### SONUÇLAR

İmalatı yapılan pens CNC takım tezgâhına bağlanarak karbür kesici takımlarla ince AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemeler üzerinde alın tornalama deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Tasarımı ve imalatı yapılan pensin bağlama (sıkma) yüzey alanları küçük olan ince parçaların CNC torna tezgâhına bağlanmasında ve işlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilirdiği görülmüştür.
2. Tasarlanan ve imalatı yapılan pensin tezgâh iş mili ile temas eden dış çapı standart penslerden farklı olarak 1,2 mm büyük olarak yapılmıştır. Bu şekilde pensin bağlama esnasında iş milinden çıkmaya zorlanması azaltılmıştır.
3. İşleme esnasında iş parçasının konumundan sapmaması için pensin iş parçasını sıkma kısmı iç tarafa doğru 5° konik olarak yapılmıştır.
4. İnce AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemeler iş parçası olarak kullanılmıştır ve bu parçalar üzerinde karbür kesici takımlar ile sabit devir sayısında alın tornalama deneyleri yapılmıştır.
5. İşlenmiş yüzeyler görsel olarak incelenmiştir ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri aynı takımla arka arkaya işlenmiş 100 adet parça için (Ra) ölçülmüştür. Elden edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin endüstriyel olarak kabul edilebilir ve ayrıca tutarlı olduğu görülmüştür.

*Daha sonra yapılacak çalışmalar için öneriler*

1. İnce AISI 304 östenitik paslanmaz çelik parçanın pensle daha iyi bir şekilde bağlanabilmesi için parçanın sıkma gerçekleştiren kısmı 0,5 mm daha uzun ve bir miktar da açılı yapılarak tasarım değişikliğine gidilebilir.
2. Sıkma yüzey alanları küçük olan bu tür parçaların işlenmesinde işleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri ölçülerek ve işleme değişkenleri bu kuvvetlere göre belirlenebilir.
3. Bu tür parçaların işlenmesinde oluşan bağalama kuvvetlerinin ve gerilmelerin belirlenmesi için analitik ve sayısal çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Akkurt , M., “Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi”, CNC Takım Tezgâhları ve Üretim Otomasyonu, **Birsen Yayınevi**, İstanbul ,2 (2012).
2. Aydın, M., Gavas , M., Yaşar, M. ve Altunpak, Y., “Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojisi”, **Seçkin Yayınevi**, Ankara, 295 (2012).
3. Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., “AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin kuru tornalanabilmesine kesme parametrelerinin etkisi”, **2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi**, Balıkesir 85 (2010).
4. Tekaslan, Ö., Gerger, N., Şeker,Ü., “CNC torna tezgâhında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti”, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Sayı 16: 97 (2008).
5. Çiftçi, İ., “Kesici takımlar ve kesme teorisi”, **Karabük Üniversitesi**, Lisans Ders Notları, Karabük, 30-36 (2008).
6. Yontar, A. A. “AISI 304 paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 2-5 (2011).
7. Kayır, Y., Aslan, S. ve Aytürk, A., “AISI 316 paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesici uç etkisinin taguchi yöntemi ile analizi”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 28 (2): 363-372 (2013).
8. Yeyen, H., E., Korkut, İ., Yakup, T. ve Çiftçi,İ., “AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri”, **Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (Iats'09)**, Karabük, 1-5 (2009).
9. Özek, C., Hasçalık, A., Caydaş, U., Karaca, F. ve Ünal, E., “AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğin tornalanması”, **Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi** 117-120 (2006).
10. Kayır,Y. ve Aytürk, A., “AISI 316 Ti paslanmaz çeliğin işlenebilirlik karakteristiklerinin incelenmesi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 18 (1): 2012, 61-71 (2012).
11. Özer, A. ve Bahçeçi, E., “AISI 410 Martensitik paslanmaz çeliklerin kesici takım ve kaplamasına bağlı işlenebilirliği”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 24 (4): 693-698 (2009).



12. Bakırcıoğlu, B., Duran, A. ve Şeker,Ü., “AISI 303 Östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesici kenar formunun kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması”, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu*, Ankara 19-25 (2012).
13. Bahçeçi, E. ve Özer,A., “TiC kaplamalı takımla işlenen AISI 303 ve AISI 410 paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik özelliklerinin değerlendirilmesi”,*Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi* , 15 (3): 45-52 (2013).
14. Oyman, E., Aslantaş, K. ve Pazarkaya, İ., “Ortogonal kesme işleminde talaş morfolojisi ve kayma bandını etkileyen parametrelerin araştırılması”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 10 (2): (59-71) (2013).
15. Çiftçi, İ., “Alüminyum esaslı kompozitlerde takviye oranı ve boyutunun mekanik özellikler ve işlenebilirlik üzerine etkisinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 33-40 (2003).
16. İnternet: Koordinat Sistemi, “Tornalama işleminde ilerleme miktarının ve kesme hızının gösterilmesi”,<http://www.mkpmakine.com/tk1.htm> (2016).
17. İnternet: Tornalama, “Tornalama işleminde talaş derinliğinin şematik olarak gösterimi”,<http://www.slideshare.net/devanshuy2/project-report-on-simulink-analysis-of-tool-chtter-vibration-on-lathe> (2015).
18. Nair, F. ve Cerit, A., A., “Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri Dersi”,*Erciyes Üniversitesi*,LisansDers Notları, Kayseri (2015).
19. İnternet: Talaşlı İmalat Yöntemleri,[mf.dumlupinar.edu.tr/~runal/dersler/chipremovalprocesses.pdf](http://mf.dumlupinar.edu.tr/~runal/dersler/chipremovalprocesses.pdf) (2015).
20. İnternet: Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi, “Temel Tornalma-1”, <http://megep.meb.gov.tr> (2015).
21. İnternet: Sandvik, Alın Tornalama İşleminin Gösterimi,[http://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/general\\_turning/choice-of-application/external-turning/face-turning/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/general_turning/choice-of-application/external-turning/face-turning/pages/default.aspx) (2015).
22. Şahin, Y., “Talaş oluşumu ve Talaş Kaldırma Mekaniği”, Talaş Kaldırma Prensipleri, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara ,201-202 (2000).
23. Topçu, O., “Çift fazlı bir çeliğin işlenebilirliğinin araştırılması ve yapay sinir ağları ile kestirimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Tobb Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara 32-33 (2009).

24. İnternet: Makina TEK, Talaşlı İmalatta Isı Modellenmesi Ve Sıcaklık Ölçüm Yöntemleri,<http://www.makinatek.com.tr/arsiv/yazi/139-talasli-imalatta-isimodellenmesi-ve-sicaklik-olcum-yontemleri> (2015).
25. İnternet: Talaş Oluşumu,<http://web.itu.edu.tr/gulmezt/imal%20usulleri/ch21talas%20kaldirmanin%20teorisi.pdf> (2015).
26. Özay, Ç., “Teğetsel tornalama-frezeleme yönteminde işleme parametrelerinin teorik ve deneysel olarak araştırılması”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 26-27 (2009).
27. İnternet: Talaşlı İmalat Ders Notları,<http://www.otoman.com.tr/talasli-imalat.pdf> (2015).
28. Korkmaz, İ., “11smnpb30 çeliğinin işlenebilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 16-25 (2015).
29. İnternet: Eğik (Oblique) Kesme Gösterimi,[http://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloadocument/9781447143291-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1340726-p174535141](http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloadocument/9781447143291-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1340726-p174535141) (2015).
30. İnternet: Tornada Bağlama Sistemleri,<http://www.makinaegitim.com/?p=3245>(2015).
31. İnternet: Tornada Bağlama Sistemleri,<http://www.hamitarслан.com/torna-tezgâhi-aparatlari.html> (2015).
32. İnternet: Mengeneli Aynaya Bağlanmış İş Parçaları,[http://robertsprojects.blogspot.com.tr/2011\\_03\\_01\\_archive.html](http://robertsprojects.blogspot.com.tr/2011_03_01_archive.html) you tube (2015).
33. İnternet: Delikli Aynada İş Bağlama,<http://www.toolsandmods.com/lathe/chucks-repair>(2015).
34. İnternet:Değişik İş Parçalarına Göre Tasarlanmış Torna Aynaları,<http://www.directindustry.com/> (2015).
35. İnternet: Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi, “Penslerle Bağlayarak Tornalama Ve Yay Sarma”, <http://megep.meb.gov.tr>, (2015).
36. İnternet: Penslerin Bağlanma Şekli,[http://www.asrifiks.com/ortlieb\\_parca\\_sikma.php#ad-image-2](http://www.asrifiks.com/ortlieb_parca_sikma.php#ad-image-2)(2015).
37. İnternet: Kesici Takım Malzemeleri,<http://www.sandvik.coromant.com/trtr/knowledge/materials/introduction/Pages/default.aspx> (2015).

38. İnternet: Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi,“Takım Seçimi”, <http://megep.meb.gov.tr>(2015).
39. İnternet: Yüksek Hız Çeliklerine Genel Bakış,[http://www.takimceligi.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=720:yueksek-hz-celiklerine-genel-bak](http://www.takimceligi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=720:yueksek-hz-celiklerine-genel-bak) (2011).
40. Aşkar, R., “CNC Torna, Freze çalışma prensipleri ve takım teknolojisi ders notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi* (2006).
41. İnternet: Kesici Uçlar, [http://www.sandvik.coromant.com/trtr/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/uncoated\\_cemented\\_carbide/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/trtr/knowledge/materials/cutting_tool_materials/uncoated_cemented_carbide/pages/default.aspx) (2015).
42. Dişbudak, T. ve Şensoy, S., “7075 Alüminyum alaşımının tornalamasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin analizi”, *Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*(2014) .
43. Çiftçi, İ., “Talaşlı imalat ders notları”, Lisansüstü Ders Notları,*Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi*, Karabük, (2014).
44. Petropoulos, P., G., Pandazaras, N., C., and Davim, P.,J., “Surface texture characterization and evaluation related to machining”, *Surface Integrity in Machining, Springer*, 37-66(2010).
45. Çarkçı, M., “Teknik Resim Ders Kitabı” ,*Yüce Yayınları*, Isparta,150 (2003).
46. Işık, Y. ve Çakır, M., C., “Hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Teknoloji Dergisi*, (1-2): 111-118 (2001).
47. Şen, İ. Z. ve Özçilingir, N., M.,“Teknik Resim Temel Bilgiler”, *Deha Yayınları*, İstanbul,245-246 (2002).
48. Demircioğlu, P. ,“Talaşlı imalat yöntemleriyle imal edilen iş parçasında yüzey pürüzlüğünün yüksek hassasiyette iğne uçlu ve 3d optik sistemleriyle değerlendirilmesi”,*Mühendis ve Makine Dergisi*, 52 (613): 81-91 (2011).
49. İnternet: 16MnCr5 Çelik,[http://www.ayhandemir.com.tr/Urunler/Sementasyon-Celikleri/17131\(16MnCr5\)](http://www.ayhandemir.com.tr/Urunler/Sementasyon-Celikleri/17131(16MnCr5))(2015).
50. İnternet: Iscar DCMT 11T302-PF Kodlu Kesici Takım,<http://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=5599418&fnum=1436&mapp=IS&app=31&GFSTYP=m> (2016).
51. İnternet: Kennametal DCMT 11T302-PF kesici takım<http://www.kennametal.com/en/products/20478624/47535256/63745063/63745067/63840383/100004293.html> (2016).

## ÖZGEÇMİŞ

Osman YİĞİT, 1976 yılında Sinop merkez’de doğdu.1993 yılında Sinop Endüstri ve Teknik Lisesini bitirdikten sonra 1999 yılında Gazi Üniversitesi Talaşlı Üretim öğretmenliğinden mezun oldu. Aynı yıl İzzet Baysal Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Makine Teknolojisi Alanına öğretmen olarak atandı.Halen bu okulda Makine Teknolojisi Alanı Bölüm Şefi olarak görev yapmaktadır.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Alpağutbey Mah.İsmail Özer Cad.Doğansu 3 Apt.

Merkez/ BOLU

Tel : (505) 291 03 57

E-posta : [cadcam67@gmail.com](mailto:cadcam67@gmail.com)