



Semente Karbür Uçlara Uygulanan  
Lazer Desenleme İşleminde  
Geometrinin Kesici Uç Performansına  
Etkileri

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Enver Ali Ğasğar

ORCID 0000-0003-3046-970X

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Onur Ertuğrul

Ocak 2022

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Enver Ali Ğasğar** tarafından hazırlanan ‘‘Semente Karbür Uçlara Uygulanan Lazer Desenleme İşleminde Geometrinin Kesici Uç Performansına Etkileri’’ başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

**ONAYLAYANLAR:**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Onur Ertuğrul**  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

**Jüri Üyeleri:**

**Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir Atan**  
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Ege Anıl Diler**  
Ege Üniversitesi

**Savunma Tarihi: 25.01.2022**

# Yazarlık Beyanı

Ben, **Enver Ali Ğasĝar**, başlığı “**Semente Karbür Uçlara Uygulanan Lazer Desenleme İşleminde Geometrinin Kesici Uç Performansına Etkileri**” olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih:

25.01.2022

# Semente Karbür Uçlara Uygulanan Lazer Desenleme İşleminde Geometrinin Kesici Uç Performansına Etkileri

## ÖZ

Talaşlı imalat sanayinde prosese sağlanan enerjinin yaklaşık %30-50'si sürtünme nedeniyle kaybedilir. Tedarik edilen enerjinin neredeyse yarısı, takım ve iş parçası arasında sürtünme olarak kaybedildiğinden, bu yüzeylerin tribolojik özelliklerinin anlaşılması ve iyileştirilmesi gerekir. Kesici takım çalışma ömründe yapılacak her iyileştirme ekonomik ve döngüsel kazanç olarak geri gelecektir.

Buradan yola çıkarak bu tez çalışmasında semente karbür kesici takımlar üzerine lazer desenleme ile oyuklar oluşturulması suretiyle iş parçası üzerinde frezeleme işlemi uygulanmıştır. İlk aşamada, iki farklı desen oluşturularak kesici takım uçlarına lazerle yüzey desenleme işlemi uygulanmıştır. Bu şekilde oluşturulan desenlere sahip kesici uçlarla ve desen uygulanmamış kesici uçlar, frezeleme işlemiyle talaş kaldırma işlemine tabii tutulmuştur. Talaş kaldırma işlemi sırasında üç farklı kesme hızıyla denemeler yapılmış ve en ideal desen ve kesme hızı belirlenmiştir. Bu tespitin ortaya konulabilmesi için kesici uçların aşınma davranışları mikroskop ile incelenmiş, ağırlık kaybına bakılmış ve işlenen altlık malzeme olan AISI 304L malzemenin işleme sonrası yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir.

Çalışmanın sonucunda desen uygulanmış kesici uçların talaş kaldırma ömürlerinde artış saptanmış, farklı kesme hızlarında işlenen malzemelerin yüzey pürüzlülüğünde iyileşme ve desensiz kesici takıma göre daha stabil yüzey kalitesi, dolayısıyla da işleme maliyetlerinin azaltılması yönünde olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Lazer desenleme, kesici takım, semente karbür kesici uç, frezeleme, AISI 304L

# Effect Of Geometry On The Insert Performance In Laser Texturing Process Applied To Cemente Carbide Tools

## Abstract

In the machining industry, approximately 30-50% of the energy supplied to the process is lost due to friction. Since almost half of the energy supplied is lost as friction between the tool and the workpiece, the tribological properties of these surfaces need to be understood and improved. Anyimprovement in the working life of the cutting tool will come back as an economical and circular gain.

Based on this, in this thesis, the milling process was applied on the workpiece by creating cavities with laser texturing on cemente carbide cutting tools. In the first stage, two different patterns were created and laser surface texturing was applied to the cutting tool tips. Inserts with patterns created in this way and inserts without patterns were subjected to machining by milling. Trials were made with three different cutting speeds during the chip removal process and the most ideal pattern and cutting speed were determined. In order to reveal this determination, the wear behavior of the cutting tips was examined with a microscope, the weight loss was examined and the surface roughness of the processed substrate material, AISI 304L, after machining was examined.

As a result of the study, an increase in the chip removal life of the textured inserts was determined and positive results were obtained in terms of improvement in the surface roughness of the materials processed at different cutting speeds and more stable surface quality compared to the non-textured cutting tool, thus reducing the machining costs.

**Keywords:** Laser textured, cutting tools, cemente carbide tool, milling, AISI304L

# Teşekkür

*Bu projemde dönem esnasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bu çalışmada ilerlerken zorluk çektiğim yerlerde anlayışlı bir şekilde özen göstererek bana yardımcı olan ve vermiş olduğu bilgilerinin hayatıma kattığı önemini unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Onur Ertuğrul hocama, çalışma aşamasında projemle ilgili desteklerini esirgemeyen aileme, tez aşamasına gelmeme yardımcı olan tüm hocalarıma, bu tez çalışmasının birçok aşamasında sağladığı desteklerinden dolayı Oğuzcan Güzelipek ve tüm Totomak A.Ş. Ar-ge ekibine ve stereo mikroskop fotoğraf çekimlerindeki katkısından dolayı Dokuz Eylül Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Bilimi Mühendisliğinde Arş.Gör.Dr. Ramazan Dalmış hocamıza sonsuz teşekkürlerimi sunarım.*

# İçindekiler

Yazarlık Beyanı .....	ii
Öz .....	iii
Abstract .....	iv
Teşekkür .....	v
Şekiller Listesi.....	ix
Tablolar Listesi.....	xii
Kısaltmalar Listesi .....	xiii
Semboller Listesi.....	xiv
<b>1 Giriş .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Teorik Bilgiler.....	2
1.2.1 Talaşlı İmalat .....	2
1.2.1.1 Tornalama İşlemi.....	2
1.2.1.2 Frezeleme İşlemi .....	3
1.2.1.3 Delik Delme İşlemi .....	4
1.2.1.4 Raybalama İşlemi .....	5
1.2.1.5 Taşlama İşlemi .....	6
1.2.2 Talaş Tipleri ve Önemi .....	9
1.2.3 Kesici Uçlar .....	11
1.2.4 Yüzey Pürüzlülüğü .....	15
1.2.5 Kesici Takımlarda Aşınma .....	17
1.2.5.1 Kesici Takımlarda Aşınma Mekanizmaları.....	17

1.2.5.2	Kesici Takımlarda Aşınma Tipleri .....	20
1.2.6	Paslanmaz Çelikler .....	24
1.2.6.1	Östenitik Paslanmaz Çelikler .....	24
1.2.6.2	Ferritik Paslanmaz Çelikler .....	25
1.2.6.3	Martenzitik Paslanmaz Çelikler .....	26
1.2.6.4	Dublex Paslanmaz Çelikler .....	26
1.2.6.5	Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları .....	27
1.2.7	Lazer İşlemi İle İlgili Genel Bilgiler .....	28
1.2.7.1	Lazerin Tarihçesi .....	30
1.2.7.2	Lazer İşlem Parametreleri .....	31
1.2.7.3	Kesici Takımlara Lazerle Desen Uygulanması .....	34
1.3	Literatür Özeti .....	35
<b>2</b>	<b>Materyal ve Metod .....</b>	<b>37</b>
2.1	Altlık Malzeme ve Kesici Takım Ucu .....	37
2.2	Lazer Desenleme Prosesi .....	39
2.3	İşleme Çalışmaları .....	44
2.4	Karakterizasyon Çalışmaları .....	47
2.4.1	Kesici Uç Desenlerinin Mikroskopta İncelenmesi .....	47
2.4.2	Kesici Uçların Ağırlık Kayıplarının İncelenmesi .....	51
2.4.3	İş Parçasının Yüzey Kalitesinin İncelenmesi .....	52
<b>3</b>	<b>Bulgular ve Tartışma .....</b>	<b>53</b>
3.1	Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi .....	53
3.2	Kesici Uçlarda Ağırlık Kayıplarının İncelenmesi.....	55
3.3	Kesici Uçlardaki Aşınma Davranışlarının İncelenmesi .....	60
3.4	Talaş Analizlerinin Yapılması .....	75
<b>4</b>	<b>Sonuçlar ve Öneriler .....</b>	<b>78</b>



<b>Kaynaklar .....</b>	<b>79</b>
<b>Ekler .....</b>	<b>84</b>
<b>Özgeçmiş .....</b>	<b>89</b>

# Şekiller Listesi

Şekil 1.1	Tornalama işlemi.....	3
Şekil 1.2	a) Çevresel frezeleme yöntemi b) Alın frezeleme yöntemi.....	4
Şekil 1.3	Delik Delme İşleminin Şematik Görünümü.....	5
Şekil 1.4	Taşlama Tezgahı .....	7
Şekil 1.5	Talaşlı imalat esnasında, talaş oluşum mekanizması .....	8
Şekil 1.6	(a) Sürekli talaş, (b) süreksiz talaş, (c) dilimli talaş, (d) yığıntı talaş.....	11
Şekil 1.7	Seramiklerin mikroyapıları: (1) Karışık seramikler; (2) Kıl takviyeli seramikler; (3) Silisyum nitrür seramikler .....	14
Şekil 1.8	Yüzey kalitesini tayin eden faktörler .....	15
Şekil 1.9	Serbest yüzey aşınması.....	20
Şekil 1.10	Krater aşınması.....	20
Şekil 1.11	Çentik aşınması .....	21
Şekil 1.12	Isıl ve mekanik çatlaklar .....	21
Şekil 1.13	Yığıntı kenar oluşumu .....	22
Şekil 1.14	Plastik deformasyon oluşumu .....	22
Şekil 1.15	Kırılma oluşumu.....	23
Şekil 1.16	Östenitik paslanmaz çelik mikroyapısı .....	25
Şekil 1.17	Ferritik paslanmaz çelik mikroyapısı .....	26
Şekil 1.18	Martenzitik paslanmaz çelik mikroyapısı .....	26
Şekil 1.19	Dubleks paslanmaz çelik mikroyapısı.....	27
Şekil 1.20	Nd: YAG lazer sistemi.....	29
Şekil 2.1	AISI 304L Ø205 mm altlık malzeme.....	37
Şekil 2.2	Kesici ucun teknik resmi .....	38
Şekil 2.3	Kesici ucun yüzeyi ve numaralandırılması .....	39
Şekil 2.4	DesenA teknik resim görünümü.....	39
Şekil 2.5	DesenB teknik resim görünümü.....	40

Şekil 2.6	Lazer markalama cihazı .....	40
Şekil 2.7	Lazer uygulaması .....	42
Şekil 2.8	Lazer desenleme işlemlerinin ardından matlaşmış yüzey görünümü, (a) dikey, (b) düşey desenleme uygulaması sonrası .....	43
Şekil 2.9	DesenB lazer desenlerinin görünümü .....	43
Şekil 2.10	Dik işleme merkezine bağlanmış parmak freze ve uçlar.....	44
Şekil 2.11	Nikon HV150N optik mikroskop.....	47
Şekil 2.12	Zeiss discovery v12 stereo mikroskop .....	48
Şekil 2.13	DesenA ile desenlenmiş örnek yüzey 50X görünümü .....	49
Şekil 2.14	DesenA ile desenlenmiş örnek yüzey 100X görünümü .....	49
Şekil 2.15	DesenB ile desenlenmiş örnek yüzey 50X görünümü .....	50
Şekil 2.16	DesenB ile desenlenmiş örnek yüzey 100X görünümü .....	50
Şekil 2.17	Hassas terazi Shimadzu ATX224 ile ağırlık ölçümü .....	51
Şekil 2.18	Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve uygulaması .....	52
Şekil 3.1	Kesme hızı – yüzey pürüzlülüğü grafiği .....	55
Şekil 3.2	Kesme hızı – uç ağırlık kaybı grafiği.....	59
Şekil 3.3	DesenA $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	60
Şekil 3.4	DesenA $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	61
Şekil 3.5	DesenA $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	62
Şekil 3.6	DesenA $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	63
Şekil 3.7	DesenA $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	64
Şekil 3.8	DesenA $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	65
Şekil 3.9	DesenB $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	66
Şekil 3.10	DesenB $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	67

Şekil 3.11	DesenB $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	68
Şekil 3.12	DesenB $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	69
Şekil 3.13	DesenB $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme .....	70
Şekil 3.14	DesenB $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme .....	71
Şekil 3.15	Desensiz kesici ucun $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme.....	72
Şekil 3.16	Desensiz kesici ucun $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme.....	73
Şekil 3.17	Desensiz kesici ucun $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme.....	74
Şekil 3.18	DesenA , (b) DesenB ve (c) Desensiz kesici uçların $V_c=75$ m/dk için işleme sonrası oluşturduğu talaşlar. ....	75
Şekil 3.19	(a) DesenA , (b) DesenB ve (c) Desensiz kesici uçların $V_c=70$ m/dk için, işleme sonrası oluşturduğu talaşlar .....	76
Şekil 3.20	(a) DesenA , (b)DesenB ve Desensiz kesici uçların $V_c=65$ m/dk için, işleme sonrası oluşturduğu talaşlar .....	77

# Tablolar Listesi

Tablo 1.1	AISI 304L paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri .....	28
Tablo 2.1	Çalışmada kullanılan AISI 304L östenitik çeliğin kimyasal kompozisyonu .....	38
Tablo 2.2	Çalışmada kullanılan AISI 304L östenitik çeliğin mekanik özellikleri ..	38
Tablo 2.3	Lazer parametreleri .....	41
Tablo 2.4	Dik işleme merkezinin teknik özellikleri .....	45
Tablo 2.5	Talaş kaldırma parametreleri.....	46
Tablo 3.1	Farklı devir sayısında işlenen altlık malzemenin yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	54
Tablo 3.2	DesenA uygulanmış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları.....	56
Tablo 3.3	DesenB uygulanmış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları .....	57
Tablo 3.4	Desen uygulanmamış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları .....	58
Tablo 3.5	Kesme hızlarına göre ağırlık kayıpları .....	59

# Kısaltmalar Listesi

CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan demir ve çelik Enstitüsü)
Nd:YAG	Neodymium-doplu: yttria aluminyum garnet; Nd:Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub>
HSS	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
PVD	Physical Vapor Deposition (Fiziksel Buhar Biriktirme)

# Semboller Listesi

WC	Karbür
Co	Kobalt
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
ZrO <sub>2</sub>	Zirkonyum Dioksit
SiCw	Silikon Karbür
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Silisyum Nitrür
SiAlON	Sialon
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Ti	Titanyum
C	Karbon
Ni	Nikel
Nb	Niyobyum
N	Azot
F <sub>z</sub>	İlerleme
A <sub>p</sub>	Paso derinliği
V <sub>c</sub>	Kesme hızı

# Bölüm 1

## Giriş

### 1.1 Tezin Amacı

Küresel kesici takım pazarının yıl bazında milyar dolar seviyesindeki büyüklüğü ve metal işleme endüstrisi hacminin son yıllarda katlanarak büyüdüğü göz önüne alındığında, üretkenliğin dünya rekabet gücü için belirleyici hale geldiği görülmektedir. Bu nedenle, imalat ve makine endüstrisinin pazar talebini karşılamak için düzenli olarak teknolojik yenilikler yapması gerektirir. Böylece, kesici takım tasarımını geliştirmeyi amaçlayan her araştırma değer katar ve/veya maliyetleri düşürür.

Talaşlı imalat teorisine dayanarak, kesici takımların tırmık yüzeyinin, işleme sırasında yüksek sıkıştırma gerilimlerine ve plastik gerilmeye maruz kaldığı bilinmektedir. Bu koşullar, talaş-takım ara yüzünde metalik bağlanmaya yol açar ve kesici takımlarda kesme kuvvetlerini, kesme ısısını ve aşınma mekanizmalarını etkiler. Desenleme işlemi daha önceleri motor, rulman ve silindirlerde kullanılmış, sürtünme mekanizmaları üzerinde etkileri olabileceği ortaya konmuştur. Buradan yola çıkarak, lazer desenleme işlemi kesici uçlarda da sürtünmenin azaltılması, takım ömrünün artırılması ve diğer avantajlarından ötürü uygulanmaktadır.

Bu tez çalışmasının hedefi, son yıllarda kesici takım uçlarının performanslarını artırabilen bir yöntem olarak ortaya çıkan ‘‘lazer desenleme’’ işleminin uygulandığı sement karbür takımların, freze tezgahında işleme performanslarına olan etkilerini ortaya çıkarmaktır. Bu kapsamda, altlık malzeme yani işlenecek olan malzeme olarak AISI 304L östenitik paslanmaz çelik ve sement karbür kesici uç kullanılmıştır.



Lazerle desenleme için iki farklı desen seçilerek, desen geometrisinin etkileri ortaya konmuştur. Ayrıca, lazer işleme parametrelerinden lazer gücü parametresi ve freze tezgahının kesme hızı değerleri de optimize edilmiştir. Dolayısıyla kapsam olarak; lazerle desenlenmiş sement karbür uçların AISI 304L paslanmaz çeliklerin frezeleme işlemlerinde geliştirme sağlayıp sağlamayacağı konusu incelenmiştir.

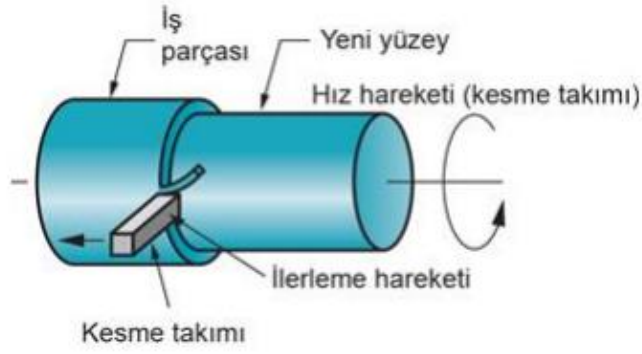
## 1.2 Teorik Bilgiler

### 1.2.1 Talaşlı İmalat

Talaşlı imalat, günümüzde metal ve alaşımların üretilmesinde, onlara son halinin verilmesinde ve şekillendirilmesinde en çok kullanılan yöntemdir. Bundan dolayı da talaşlı imalat birçok araştırmacının ilgisini çeken bir araştırma konusudur. Bu araştırmaların genel olarak temelindeki hedefler, talaş kaldırma hızının artırılması, işleme performansının artırılması ve buna bağlı olarak üretim maliyetlerinin düşürülmesidir.

#### 1.2.1.1 Tornalama İşlemi

Tornalama yöntemi, talaşlı imalatta en sık kullanılan uygulamalardan birisidir. Tornalama işleminde temel çalışma prensibi, silindirik iş parçası yüzeyinden tek kesici kenarlı kesici takım kullanılarak talaş kaldırılmasıdır. Malzemelerin yüzeyinden kaldırılan bu talaş, yüksek bir normal gerilme ve kayma gerilmeleriyle deforme olarak talaş yüzeyi üzerinden sürtünerek kayar. Bu olay gerçekleşirken takım üzerinde de aşınmalar meydana getirmektedir [1]. Tornalama işleminde iş parçasına dönme hareketi uygulanır (Şekil 1.1). Tornalama, klasik torna tezgâhları veya seri imalatta ise CNC torna tezgâhları ile yapılabilmektedir. Tornalama işlemleri sonucunda genel olarak silindirik veya silindirik çaplı iş parçaları elde edilmektedir. Tornalama yöntemi kullanılarak şu proses yapılabilir; iç yüzey-dış yüzey tornalama, konik tornalama, profil tornalama, alın tornalama, kanal açma, vida çekme, parça kesme işlemi, açılı pah kırma ve kavisli pah kırma işlemlerinde ve delik işleme gibi işlemlerde tornalama uygulanabilir.



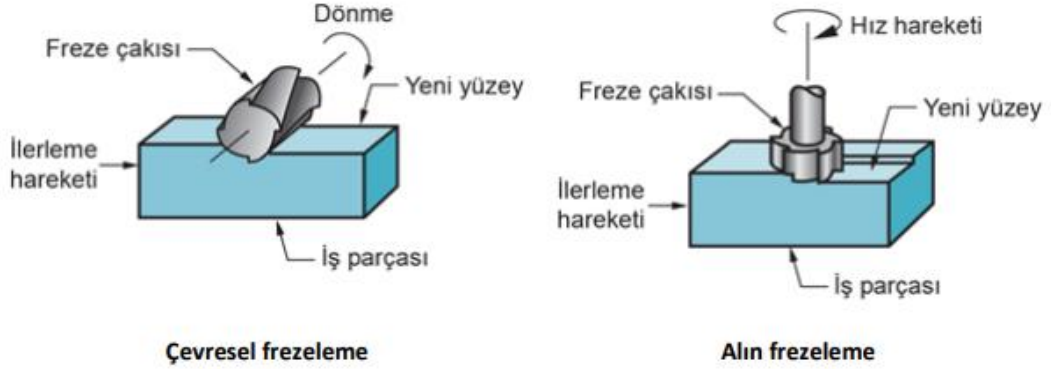
Şekil 1.1: Tornalama işlemi [5]

Araştırmalar sayesinde yıllar içinde, kesici takımların kalitesi ve verimliliği artmış ve CNC torna tezgahlarının yaygınlaşmasıyla kaplamalı ve takma uçların kullanılması ile birlikte talaş kaldırma kapasitesi artmıştır. Tornalama ile hem daha kısa sürede, hem de iyi ölçü hassasiyeti ve daha iyi yüzey pürüzlülüğünde iş parçaları başarı ile işlenmektedir [3].

### 1.2.1.2 Frezeleme İşlemi

Frezeleme, dönen bir kesici takımın sabit iş parçasından talaş kaldırması prensibine dayanmaktadır. Frezelemede kullanılan kesici takımların birçok kesici kenarı olabilmektedir. Frezelemenin tercih edilmesinin sebebi, oluşturduğu iş parçası yüzey kalitesinin iyi olması, yüksek işleme verimliliği, farklı geometrilerde talaş kaldırılabilmesi gibi birçok üstün yanları bulunmasıdır. Frezeleme işlemi genellikle yüzeylerin, dik köşelerin ve kanalların işlenmesinde kullanılmaktadır [4]. Frezeleme, talaşlı imalat yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan işlemlerden biridir. Bu işlem temelde kesici takımın dönmesi ve takıma doğru ilerleyen iş parçası üzerinden talaş kaldırılması esasına dayanır. Frezeleme işleminin avantajları, daha iyi işlenebilirlik, karmaşık parçaların imal edilebilmesine olanak sağlaması ve daha iyi yüzey pürüzlülüğünün sağlanması gibi şekilde sıralanabilir. Frezelemenin iki temel çeşidi vardır. Bunlar alın ve çevresel frezedir [5]. Şekil 1.2' de frezeleme türlerinin şematik gösterimi verilmektedir [5]. Çevresel frezelemede talaş kaldırma işlemi, iş parçasının yüzeyine paralel olarak konumlandırılan takımın, çevresindeki kesme kenarları ile takımın iş parçası üzerinden talaş kaldırmasıyla uygulanmaktadır. Çevresel frezelemenin farklı çeşitleri bulunmaktadır. Bunlar; silindirik frezeleme,

kanal frezeleme, yan frezeleme, çifte frezeleme ve biçimsel frezelemedir [5,6]. Alın frezeleme işleminde, iş parçasının kesici takımın dönme eksenine dik olacak şekilde konumlandırılmasıyla talaş kaldırma işlemi yapılmaktadır. Alın frezeleme işleminin geleneksel alın frezeleme, bölgesel alın frezeleme, cep frezelemesi, uç (parmak) frezeleme, profil frezeleme ve hat (yüzey şekillendirme) frezelemesi olarak farklı çeşitleri vardır [5,6]. Şekil 1.2' de frezeleme yöntemleri gösterilmiştir.



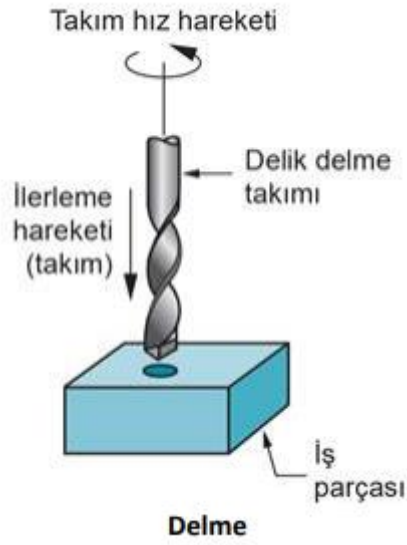
Şekil 1.2: a) Çevresel frezeleme yöntemi b) Alın frezeleme yöntemi [5]

Freze tezgahları torna tezgahlarına kıyasla talaş kaldırma performansı açısından daha iyi özelliklere sahiptir. Freze tezgahları torna tezgahlarından daha çok işleme ve kesme gücüne sahiptir. Frezeleme işlemi sayesinde her çeşit kanal açma, düzlem yüzeylerden talaş kaldırma, dişli açma, delik büyütme, cep işleme, büyük adımlı vida açma, açılı ve helisel yüzeyler oluşturma, kör delik delme, delik delme vb. birçok işlem oldukça hızlı ve hassas yüzey kalitesiyle yapılabilmektedir [7].

### 1.2.1.3 Delik Delme İşlemi

Delik delme, iş parçası üzerinden kesici bir takımın talaş kaldırarak silindirik delik oluşturma işlemidir. Delik delme işlemi genelde kısa veya derin delik delme işlemlerinden oluşmaktadır. Delik delme işlemi, birçok alanda uygulandığı gibi imalat sanayinde, makina gövdelerinde ve makine parçalarında iç ve dış yüzeylerinde çeşitli amaçlarla kullanılan deliklerin açılabilmesi, veya mevcut deliğin genişletilmesi gibi işlemlerde uygulanabilmektedir. Delik delme işlemi ile oluşturulan deliklere, bir sonraki adımda broşlama, raybalama, havşa yuvası açma ve

ovalama (veya parlatma) gibi işlemler uygulanabilir. Broşlama, raybalama, havşa yuvası açma ve ovalama işlemleri de delik delme işlemi kapsamındadır. Bu işlemlerdeki temel benzerlik, kesici takımın iş parçası üzerinde hareketinin doğrusal bir ilerlemeyle beraber talaş kaldırılarak silindirik deliklerin meydana getirilmesidir. Delik delme işlemlerini genel olarak özetlersek sabit kesici takım-dönen iş parçası veya sabit iş parçası-dönen kesici takım olacak şekilde uygulanmaktadır [8]. Şekil 1.3'te delme işleminin şematik görüntüsünde bu metot gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Delik delme işleminin şematik görünümü [5]

Delik delme işlemi imalattaki en temel işlemlerindendir. Bu işlemlerde çoğunlukla yüksek hız çeliği (HSS) matkaplar tercih edilmektedir. Son yıllarda kaplamalı ve takma uçlarının performanslarının iyileşmesi ile birlikte matkapların tercih edilmesi daha da yaygınlaşmıştır. Özellikle bu kesici takımlar çok yüksek talaş kaldırma potansiyeli olduğu için CNC torna, CNC freze ve CNC delik açma gibi tezgâhlarda sıkça kullanılmaktadır [3].

#### 1.2.1.4 Raybalama İşlemi

Raybalama işlemi, deliklerin istenilen ölçüye daha iyi bir yüzey kalitesi ile getirilmesi amacıyla uygulanan bir işlemdir. Matkap kullanılarak delinen delik tam ölçüsünde olmadığı gibi hassas bir iş için yüzeyi yeterli derecede pürüzsüz ve

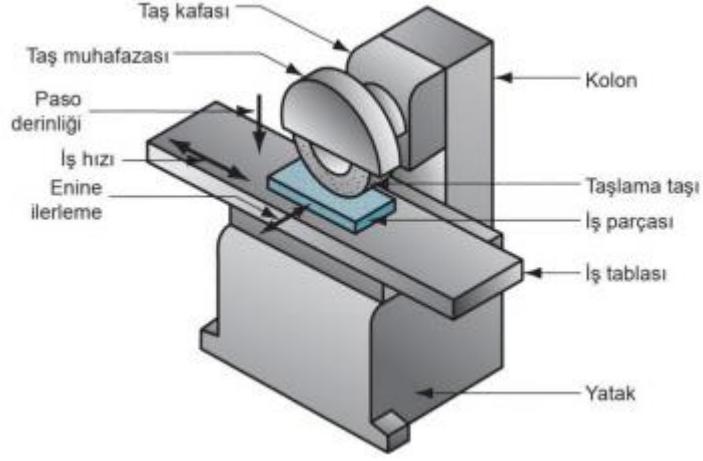
düzgün değildir. Hassas ve düzgün bir yüzey oluşturulmak istendiğinde ilk adım olarak delik, ölçüsünden biraz küçük olarak delinir ve sonraki adımda ise tam ölçüsüne getirmek amacıyla raybalanır.

Raybalama işleminin farklı çeşitleri ve teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki; silindirik raybalardır, silindirik deliklerin raybalanması için kullanılır. İlk olarak işleme için küçük delik oluşturulur, daha sonra raybalama yapılır, bütün bu deliklerin standart ölçüleride bulunmaktadır. Konik raybalar, konik deliklerin raybalanmasında tercih edilen bu raybalar, hem kaba hem de ince işleme için kullanılmaktadır. Ayarlı raybalar, raybalar arasında en iyi performanslı raybadır. Ölçüsünün üzerinde ve altında yeterli bir aralıkta istenilen çapa uygun bir biçimde ayarlanabilir. Bu ihtiyaç duyulan bir özelliktir. El raybaları ise ince işleme ve bitirme raybası olarak uygulandığından hemen hemen ağızların tam boyunca düz taşlanır.

Raybaların deliklere rahat girebilmesi için ucu konik şekilde tasarlanmıştır. Gerekli boşluğu oluşturmak için ağız bölümlerinde bulunan sırt kısmı boşaltılmış ve böylece daha rahat kullanım için hazırlanmıştır. Sapın uç kısmı daha önce delindiği gibi buji kolunun yerleştirilmesi için dört köşe olarak tasarlanmaktadır. Genişlemeli raybaların gövdeleri genişler. Bunun için iç tarafı konik delinmiş yanları da ayarlanmıştır. Genişleme, bir ucuna vida, diğer ucuna da anahtar ağızı açılmış konik bir parça ile yapılır. Bu, bir ayarlı rayba özelliğinde olmadığı gibi çap büyütme de söz konusu değildir. Burada amaç standart ölçüdeki delikleri ince işlemekte kullanılan bir raybayı genişlemeli yaparak körlendikçe bileyerek, raybanın kullanım ömrünü uzatmaktır [9].

### 1.2.1.5 Taşlama İşlemi

Taşlama işlemi, işlenmiş makine parçaları yüzeyinden silindirik taşlar yardımıyla çok az miktarda talaş kaldırma işlemidir. Bu işlem sonucunda çok hassas bir yüzey hassasiyeti elde edilir, ölçü tamlığı sağlanır ve daha iyi pürüzlülüğe sahip yüzeyler elde edilebilir. Taşlama işlemi, bağlayıcı reçinelerle bir araya getirilen seramik esaslı taneciklerin oluşturduğu zımpara taşlarının, iş parçasından çok küçük miktarlarda kesme yapması yani iş parçasını aşındırması anlamına gelir [10].

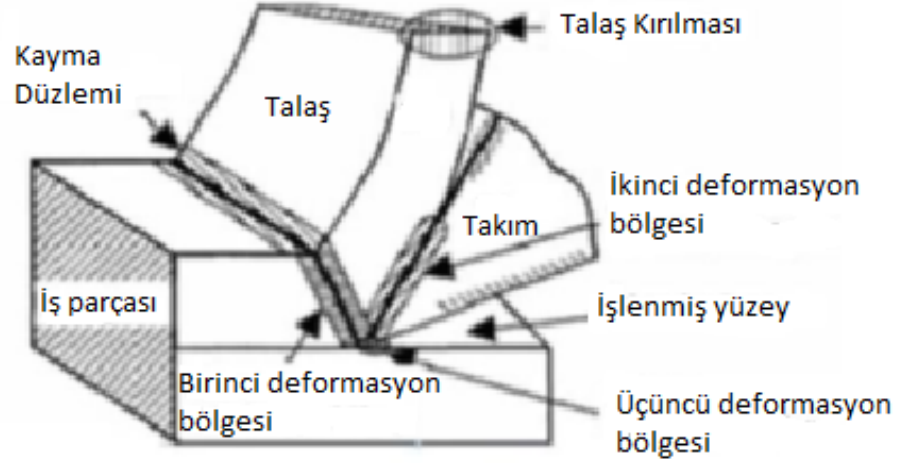


Şekil 1.4: Taşlama Tezgahı [5]

Taşlama ile talaş kaldırma genellikle taşlama tezgâhlarında yapılmasına karşın (Şekil 1.4), CNC tornalarda ve CNC freze tezgahlarında gerekli aparatların takılmasıyla bu işlem yapılabilmektedir. CNC ile talaş kaldırmada ek işleme ihtiyaç duyulan yerlerde zaman kazancı sağlamak amacıyla ve ikinci bir işlemeyi, talaş kaldırmayı ya da yüzey iyileştirme için fazladan yapılacak işlemleri ortadan kaldırmak amacıyla özellikle dış yüzey taşlama ve basit delik taşlama işlemleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Taşlama işlemi, işleme çeşidi olarak profil taşlama, düzlem yüzey taşlama, dalma taşlama, silindirik taşlama, olarak gruplandırılabilir.

Makine imalatında tornalama, frezeleme, delik delme, raybalama, taşlama gibi işlemlerin yanı sıra başka imalat işlemleri de uygulanmaktadır. Bu işlemler temel talaş kaldırma işlemlerinin devamında uygulanan iyileştirme ve hassasiyeti artırmaya yarayan işlemlerdir. Honlama, tığ çekme, lebleme ve polisaj işlemleri bu işlemlerdendir [10].

Talaş imalatta talaş oluşum mekanizması Şekil 1.5' te gösterilmiştir.



Şekil 1.5: Talaşlı imalat esnasında, talaş oluşum mekanizması [2]

Talaşlı imalat esnasında bazı problemler de görülebilmektedir. Titreşim oluşumu da bunlardan birisidir. Talaş kaldırma işlemi esnasında kesme kuvvetleri birçok farklı nedenden dolayı işleme çalışmasında değişime uğrayabilir. Kesici takımın geometrisi, talaş oluşumu, altlık olarak kullanılan iş parçasının malzeme iç yapısı özellikleri gibi parametreler titreşimi etkiler. Talaşlı imalatta kesme işlemi gerçekleşirken oluşan titreşim bir diğer ifadeyle rezonans 4 ana başlıkta incelenmektedir. Bunlar:

-Darbe ve şok kuvvetler ile oluşan titreşimler

-Takım tezgahlarındaki eksen kaçıklıkları, iş parçasının bağlanmasında hata yapılması

-Talaş imalat esnasında kesici uçta oluşan yığıntı kenar oluşumu, bir diğer ifadeyle yanlış kesici uç seçimi

-Kendiliğinden tahrikli titreşimler, bu titreşimde de bir önceki işlemeden kalan kötü yüzey kalitesi sebebiyle oluşmaktadır.

## 1.2.2 Talaş Tipi ve Önemi

Metallerin işlenmesinde birtakım zorluklarla karşılaşmaktadır. Bazı metaller diğer metallere göre çok daha zor işlenirler. Buna çözüm olarak, günümüzde çeşitli boyut ve koşullardaki metaller titizlikle tasarlanmış kesici takımlar ve iş parçasına uygun olarak seçilmiş takım malzemeleri sayesinde son derece verimli bir şekilde işlenmektedirler. Talaşlı imalatta temel işlem bir talaş oluşumu olarak ifade edilebilir. Talaşlı imalatın nihai hedefi metali belirli bir boyut ve şekle getirmektir. Bu işlemin uygun talaş oluşturacak şekilde yapılması gerekmektedir. Talaşlı imalat özetle talaş oluşturma ve gerekirse talaş kırma işlemidir. Talaş kırma işleminin gerekliliği yalnızca işlem esnasında oluşacak talaşın taşınma ve depolanma kolaylığı değil, bununla birlikte kesme bölgesinden uzaklaşan talaşların kontrolü ve işlem esnasında oluşan ısının önemli bir kısmının bu talaşlar sayesinde ortamdan uzaklaştırılması gerekliliğidir. Talaş kaldırma işlemini kavrayabilmenin yolu farklı çeşitlerdeki metallerin işlenmesiyle birlikte, talaşa dönüşmeleri esnasındaki davranışlarının anlaşılmasına bağlıdır. Talaş kaldırma işleminin kalitesine etki eden önemli ve önde gelen sebepler; sıcaklık, deformasyon ve kuvvetlerin tespit edilmesi sürecidir. Kesici uçların tasarımını belirleyen sebepleri sıralarsak, talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklığın, kuvvetlerin ve talaş oluşumunun kontrolünün sağlanması şeklinde ifade edebiliriz. Kesicilerin geometrisinin tasarımında yapılacak talaş kaldırma işleminin, takım ömrü ve kesici uç mukavemeti üzerindeki etkilerinin de dikkate alınması gerekir. Talaşlı imalatta oluşan talaşlar, artık malzemeler olmasına karşın talaşlı imalat işleminde sarf edilen enerjinin önemli bir bölümü talaş oluşumu esnasında harcanmaktadır. Talaşlı imalat işlemlerinde işleme metodu, işlenen malzemenin türü ve işleme parametrelerine göre talaşların görünümü ve biçimi de değişir. İşleme sonrasında oluşan talaşların şekli, iş parçasının bitirme yüzeyini, yüzey kalitesini ve talaşlı imalat işlemini (takım ömrü, titreşim) önemli ölçüde etkiler [10].

---

Talaşlı imalat işleminde birçok farklı talaş çeşidi olmasına rağmen genel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir; a) Sürekli talaş b) Süreksiz talaş c) Dilimli talaş d) Yığıntı talaş (YT/BUE)



**a) Sürekli Talaş:** Sünek malzemelerin talaşlı imalatında, kesme hızının yüksek olduğu durumlarda ve/veya yüksek talaş açılarında oluşan ve bant, karışık bant, yada seyrek dolanımlı bant şeklinde görünen talaşlardır. Talaş oluşumu esnasında malzemenin deformasyonu daha dar bir kayma bölgesinde meydana gelir (1.deformasyon bölgesi). Sürekli talaş ile takım talaş yüzeyinde sürtünmeden ötürü bir ikinci deformasyon bölgesi oluşur. Takım talaş sürtünmesi artmasıyla birlikte ikinci deformasyon bölgesi kalınlaşır. Sürekli talaş oluşumunda 1. deformasyon bölgesinin kalınlığı artabilir. Bu talaş şekli yumuşak malzemelerin düşük kesme hızlarında ve düşük talaş açıları ile işlenmesiyle oluşur. Bu durum yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve kalıcı yüzey gerilmelerinin oluşmasına yol açar olur. Bu talaşın olduğu işlemlerde parça üzerindeki bitirme yüzeyi oldukça iyi olmasına rağmen her zaman tercih edilmez. Sürekli talaşın uzaklaştırılması için talaş kaldırma işleminin durdurulması gerekir. Bu durum imalatta zaman ve maliyet kaybına yol açmasının yanında talaşın iş parçasına sarılması sebebiyle de yüzey kalitesini de azaltır. Şekil 1.6' da talaş tipi ifade edilmiştir.

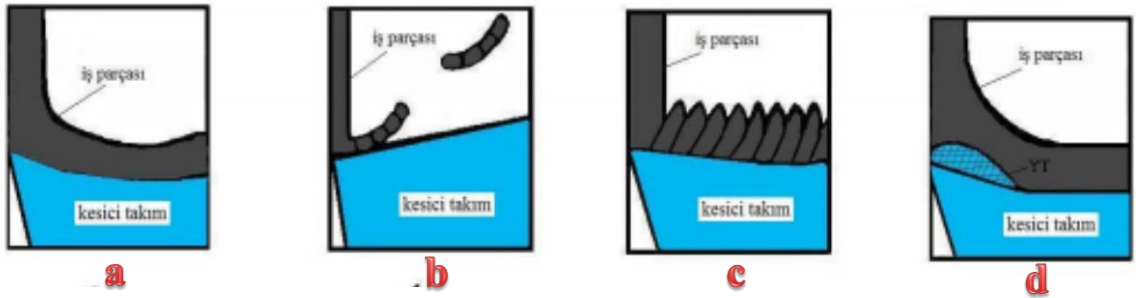
**b) Süreksiz Talaş:** Talaş oluşumundaki sürekli olmayan yapıdan ötürü talaşlı imalat sırasında kuvvetler sürekli olarak değişime uğrar. Bu değişen kuvvetleri göz önünde bulundurduğumuzda takım tezgahının, takım tutucunun ve bağlama elemanlarının rijitliği dilimli ve süreksiz talaşın oluştuğu kesme işlemlerinde önemlidir. Bağlama elemanları, takım tutucu ve takım tezgahları yeteri kadar rijit değilse, takım tezgahında titreşim oluşumuna sebep olur. Bundan dolayı da iş parçası yüzey kalitesinin ve boyutlarının istenilen tolerans aralığının dışında kalmasına sebep olabilir. Aynı zamanda takım aşınmasını da hızlandırır. Süreksiz talaşların oluştuğu şartlar genellikle şöyledir [10]:

- Kırılğan özellikteki malzemelerin işlenmesi sırasında oluşur, bunun sebebi kırılğan malzemelerin talaşlı imalatı esnasında ortaya çıkan yüksek miktardaki kayma deformasyonuna maruz kalma kapasitelerinin olmayışdır,
- Sert inklüzyon (kalıntı) veya impuritelere (saf olmayan) içeren malzemeler veya yapısında grafit lameller içeren dökme demir gibi malzemelerin işlenmesi sırasında,
- Çok düşük kesme hızı veya çok yüksek kesme hızlarında,

- Talaş derinliğinin fazla olması,
- Talaş açısının düşük olması,
- Etkili bir soğutma sıvısının kullanılmaması ya da olmaması,
- Takım tezgahının rijitliğinin yeterli olmaması

c) **Dilimli Talaş** (parçalı veya homojen olmayan): Düşük ve yüksek kayma deformasyonuna maruz kalmış bölgelerin olduğu yarı-sürekli talaşlardır. Isıl iletkenliği düşük ve dayanımı sıcaklık artışı ile hızlı bir biçimde azalan metallerde, örneğin titanyum da, bu talaş oluşumu gözlemlenebilir. Bu talaşların testere dişi şeklinde görünümlere sahiptir.

d) **Yığıntı Talaş**: Talaşlı imalat işlemi sırasında, iş parçası malzemesinin kesici takım üzerinde katmanlar şeklinde birikmesi ile oluşan yığıntı talaş, kesme işlemi sırasında kesici takımın ucunda oluşabilmektedir [10].



Şekil 1.6: (a) Sürekli talaş, (b) süreksiz talaş, (c) dilimli talaş, (d) yığıntı talaş [39]

### 1.2.3 Kesici Uçlar

Kesici takımların talaşlı imalatta ortaya koyduğu performans, üretilen iş parçasının kalitesinin yanında verimlilik ve ekonomik kazanca da büyük oranda etki etmektedir. Kesici takımların talaş kaldırma sırasında meydana gelen kuvvet, yüksek ısı, ve darbe gibi etkilere karşı dayanıklı olması gereklidir. Bundan dolayı takım malzemesinin kesilen malzemeye nazaran daha yüksek sertlik, daha yüksek sıcaklıklara karşı dayanım, daha iyi eğilme ve basma mukavemeti, iyi bir tokluk, iyi aşınma dayanımı, maliyetinin düşük olması ve kolay işlenebilme gibi özellikleri

barındırması gerekmektedir. Fakat bu özelliklerin hepsini bünyesinde bulunduran bir takım malzemesi henüz bulunmamaktadır. Bu sebeple işlenecek malzeme ve kullanılan tezgahın yanı sıra kesici takım maliyetleri de değerlendirildiğinde uygun bir kesici takım malzemesi seçimi, talaşlı imalatın verimliliğini ve ekonomik kazancı artıracaktır [11]. Kesici takım malzemesi olarak 1800'li yıllarda çoğunlukla yüksek karbonlu çelikler kullanılmıştır. Fakat bu takımların kısa sürede aşınması ve işleme sürelerinin bir hayli uzun olması sorun yaratmaktaydı. Bu yüzden çeliğe Co, Cr gibi elementlerin ilavesi ile yüksek hız çeliği (HSS) olarak bildiğimiz takım malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. 20. Yüzyıl başlarında WC'ün sentezlenmesi ve Co ile sinterlenebilmesi, semente karbür kesici takımların gelişmesine yol açmıştır. Seramikler ise, sinterleme teknolojisinin gelişimi ve araştırılmalarının artmasına bağlı olarak daha tok halde üretilebilmiş ve zaman içinde talaşlı imalat işlemlerinde yaygın hale gelmiştir. Talaşlı imalatta kaplamalı semente karbür takımlar kullanılmaya 1980'li yıllara gelindiğinde başlanmıştır. Günümüzde kullanımı çok sık olmamakla beraber kübik bor nitrür ve polikristalin elmas gibi yüksek maliyetli ve çok sert kesici takımlarda kullanılabilir [12].

-**Semente karbürler** toz esaslı malzemelerdir; bağlayıcı metal malzeme olarak kobalt(Co) ve bunun yanında tungsten karbür (WC) parçacıklarının birleşimiyle meydana gelmektedir. Semente karbürlerin talaşlı imalatta kullanılan malzemelerinin(uç-takım) %80' inden fazlası sert fazlı karbürden oluşmaktadır. Semente karbürler, tozların preslenmesi ile veya sonradan tam yoğunluğa sinterlenen bir gövde içerisindeki enjeksiyon kalıplama uygulanması ile şekillendirilebilmektedir. Karbür (WC) tane büyüklüğü bir seramiğin sertlik/tokluk arasındaki ilişkiyi anlamının en önemli yollarından biridir; bir diğer ifadeyle bir bağlayıcı faz içerisinde bulunan karbür tanelerinin boyutlarının daha küçük olması, daha yüksek sertlik oluşacağı anlamına gelmektedir [23].

Kobalt (Co) bağlayıcıların etkilerini ele alırsak; bu bağlayıcının miktarı ve bileşimi, seramik malzemenin tokluk ve plastik deformasyona direncine etki eder. Eşit karbür (WC) tane büyüklüğüne sahip takviyeler ile yüksek miktarda bağlayıcı bir araya getirilirse, plastik deformasyon aşınmasına daha yatkın daha tok bir kalitede malzeme ortaya çıkacaktır. Bağlayıcı miktarının daha düşük olduğu durumlar ise

gevrek bir malzeme elde etmemize sebep olabilir. Y fazı olarak da bilinen kübik karbo-nitrürler, çoğunlukla değişken katmanlar oluşturmak için eklenir [23].

Değişken katmanların kullanılma amacı malzemelerin kenar tokluğu ile birlikte daha iyi plastik deformasyon direncinin bir arada olması için kullanılır. Kesici kenarda yoğunlaşan kübik karbo-nitrürler, gerektiğinde sıcak sertliğini artırır. Kesici kenarın ötesinde tungsten karbür yapısı bakımından zengin bir bağlayıcı, çatlakları ve talaş çekişlenmesi kopmalarını önler [23].

**-Seramik malzemeler** özellikleri bakımından, yüksek sıcaklıklara karşı dayanımı iyi olan metal olmayan, inorganik malzemelerdir. Katkılı seramiklerin ve seramik matrisli kompozitlerin ortaya çıkmasıyla beraber seramik kesicilerin kısıtlı olan kullanım alanları genişlemeye başlamıştır [13,16]. Karbür esaslı kesici uçlar 800°C sıcaklıklara kadar yüksek performans gösterebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda bu malzemelerin sertliklerinde düşüşler meydana gelmektedir.

Seramik kesiciler sertliklerini yaklaşık 1200°C'ye kadar muhafaza etmektedir. Sıcaklıklara karşı dayanma direnci incelendiğinde karbürlere göre çok daha iyi performans ortaya koymaktadırlar. Fakat buna rağmen seramik kesicilerin de eksiklikleri bulunmaktadır. Bunların en önemlileri seramik kesicilerin diğer kesicilere kıyasla sert ve kırılgan bir yapıda olmasıdır. Bu özelliklerinden dolayı seramik kesici takımlar, talaş kaldırma işlemlerinin sürekli uygulandığı işlemlerde, sert metaller malzemelerin talaşlı imalatlarında, son işleme bir diğer deyişle bitirme pasolarında tercih edilmektedir [13, 14, 17]. Metalik olmayan seramiklerin özelliklerinde çeliklere kıyasla bazı temel farklılıklar bulunmaktadır: Yoğunlukları çeliğin yaklaşık üçte biri kadardır. Basma mukavemetleri çok yüksek malzemelerdir, bundan dolayı çeliklerde gerçekleşen plastik uzamanın seramiklerde gerçekleşmesi söz konusu değildir, çok daha kırılgandırlar. Çeliğin ısı iletim katsayısının yüksek olmasına karşın seramiklerde ısı iletim katsayısı çok düşüktür. Saf seramiğin elastikiyet modülü çeliğin elastikiyet modülünün yaklaşık iki katıdır [15].

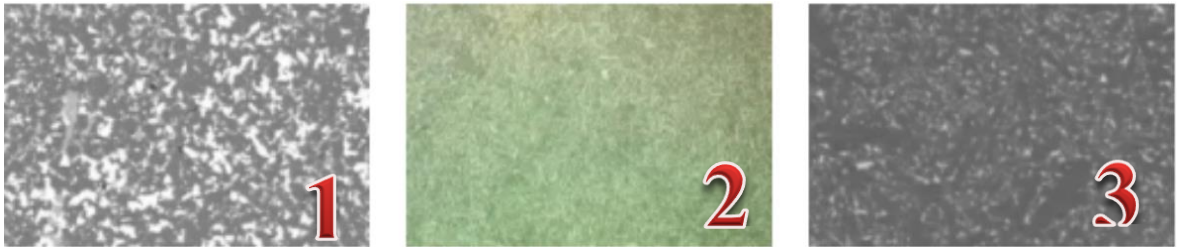
Seramik çeşitlerinden bahsetmek gerekirse, 3 ana başlıkta inceleyebiliriz.

Oksit seramikler çoğunlukla alüminyum oksitten oluşmaktadır ( $Al_2O_3$ ) ve bazı durumlarda kırılma tokluğunu arttırmak amacıyla zirkonyum dioksit ( $ZrO_2$ ) takviyesi bulunmaktadır. Bu, kimyasal olarak oldukça kararlı olan ama ısıl şok direnci özelliğine sahip olmayan bir malzeme meydana getirir [23].

(1) Karışık seramikler; kübik karbür veya karbo-nitrür ( $TiC$ ,  $Ti(C,N)$ ) takviyeli parçacıklardır (Şekil 1.7). Bu durum tokluğu ve ısıl iletkenliği daha iyi bir noktaya taşır.

(2) Kıl takviyeli seramikler; bu seramiklerde silikon karbür kısa fiberleri (whiskerleri) ( $SiC_w$ ) kullanır (Şekil 1.7). Bunun sebebi tokluğu ciddi oranda artırmak ve kesme sıvısı kullanımını sağlamaktır. Kısa fiber takviyeli seramikler, Ni içeren alaşımların işlenmesi için uygundur.

(3) Silisyum nitrür ( $Si_3N_4$ ) içeren seramikler; seramik malzemelerin çeşitlerinden birisidir. Yapı olarak uzatılmış kristalleri sayesinde yüksek tokluk ile kendinden takviyeli bir malzeme meydana gelir (Şekil 1.7). Silisyum nitrür takviyelerin, gri dökme demirlerdeki uygulamaları başarılıdır fakat oksidasyon dirençlerinin yetersiz olmasından dolayı farklı malzemelerde kullanımları tercih edilmez.



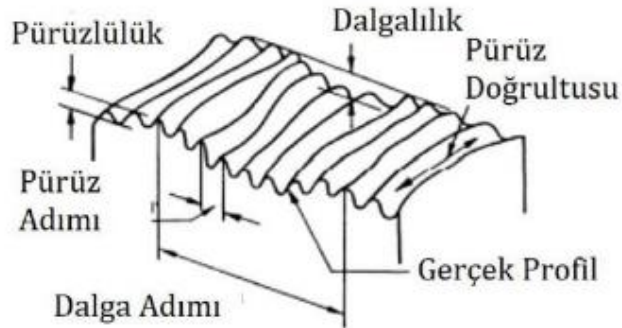
Şekil 1.7: Seramiklerin mikroyapıları: (1) Karışık seramikler; (2) Kıl takviyeli seramikler; (3) Silisyum nitrür seramikler [23]

**-Sermetler**, titanyum içerikli sert parçacıklardan oluşan bir sement karbürüdür. Adını seramik ve metal birleşiminden almaktadır. Özgün olarak sermetler  $TiC$  ve nikel bileşimleridir. Modern sermetler yapısında nikel bulundurmazlar ve titanyum karbo-nitrür çekirdek parçacıklarından,  $(Ti,Nb,W)(C,N)$ 'nin ikinci sert fazından ve  $W$  bakımından oldukça zengin kobalt bağlayıcıdan meydana gelmiş bir yapıya sahiptir.  $Ti(C,N)$  seramiklerin aşınma direncini artırır; ikinci sert faz, plastik deformasyon direncini artırır ve kobalt oranı da tokluğun kontrol edilmesini sağlar. Semente

karbürler ile kıyaslandığında sermetlerin, aşınma dirençleri ve sıvama eğilimleri azdır. Özellikleri bakımından düşük basınç dayanımına ve daha düşük ısıl şok direncine sahiptir. Sermetlerin aşınma dirençlerini daha iyi bir noktaya taşımak için PVD kaplamalıları kullanılmaktadır [23].

#### 1.2.4 Yüzey Pürüzlülüğü

Talaşlı imalatta iş parçası yüzey pürüzlülüğü, yüzey hassasiyetlerinden en önemli olanıdır. Talaşlı imalatta imal edilen iş parçaları incelendiğinde yüzeyler her ne kadar düz gibi görünse de detaylı olarak incelendiğinde aslında iş parçası yüzeyindeki sürtünme yüzey alanının oldukça fazla olabildiği bilinmektedir. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden etkenlerin başında kesici takımın uç yarıçapı, ilerleme hızı, kesici takımın kenarının keskinliği, işleme esnasında iş parçası üzerinde çizilmelerin meydana gelmesi, işleme sırasında yığıntı talaşların iş parçasının yüzeyine yapışması gibi etkenlerin meydana gelmesiyle oluşmuştur [47]. Talaş kaldırma sırasında oluşan yüzeylerde yüzey dokusu, üç boyutlu yüzey topografisi şeklinde nominal yüzeyden sapmalar olarak tanımlanır. Dalgalılık, yüzeyin geometrik şeklini meydana getirirken, pürüzlülük ise işlenecek yüzeyin kalitesini belirler (Şekil 1.8). Yüzey pürüzlülüğünü ölçerken ele alınan değerlendirme kriteri, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre belirlenir. Yüzey pürüzlülük sonucunda ortalama çizgisinin yeri, çizgilerin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olarak belirlenir (Şekil 1.8) [48].



Şekil 1.8: Yüzey kalitesini tayin eden faktörler [47]

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

- Takım tezgahının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri [52].

Yüzey pürüzlülüğü; sürtünmeli yataklar, plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri, sızdırmazlık istenen yüzeyler, boyanmış ve kaplanmış yüzeyler, yuvarlanmalı yataklar ve bunun gibi birçok uygulamada oldukça önemli bir parametredir [49].

Yüzey pürüzlülüğü değerleri mekanik-elektronik pürüzlülük ölçme cihazı vasıtasıyla ölçülmektedir. Bu cihaz küçük çaplı elmas bir iğne uca sahiptir ve bu uç yüzey çizgileri arasında ilerleyerek cihazın pürüzlülük değerlerini okuyup çıktı olarak vermesini sağlar. Bu tarz elektronik devreli cihazlar kesme genişliği üzerinden ortalama değerler alarak yüzey pürüzlülük değerini ortaya koyar. Bu cihazlardan yüzeyin fiziksel karakteristik özellikleri ile ilgili veri alınmaz. En çok kullanılan pürüzlülük ölçüm değeri olan Ra değeri bilindiği üzere yüzey profiline karşılık gelen y- koordinatlarının mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. İstatistik olarak ifade etmek gerekirse, Ra değeri, yüzey pürüzlülüğünün y-koordinatlarının merkez hattında ortalama aritmetik sapmasını tanımlar [50].

## 1.2.5 Kesici Takımlarda Aşınma

İşleme esnasında tüm takımlar aşınır ve bu aşınma takımlar ömürlerini tamamlayana dek devam eder. İlk yıllarda takım ömrü parametresi takımın artık kesemeyecek duruma gelmesine göre belirlenmiştir. Bugün yüzey kalitesi, hassasiyet, aşınma tipi, talaş oluşumu takım ömrünü belirleyen parametrelerdir. Bu parametrelerden hangilerinin takım ömrünü etkileyeceği işlemin tipine (kaba veya ince işlem) ve işlemdeki elle kontrol oranına bağlıdır. İnce talaş kaldırma işleminde kullanılan bir kesici ucun kesici kenarı belirli bir yüzey kalitesini sağlayamadığı anda aşınmış olarak nitelendirilir. Aşınma uç kısmının etrafındaki küçük bir alanda oluşmuştur, ucun değiştirilmesi için bu kadar küçük bir aşınma yeterlidir. Ancak kaba talaş kaldırma işleminde aşınma kesici kenarın daha uzun bir kısmında oluşur ve işlemden sağlanması gereken herhangi bir yüzey kalitesi veya hassasiyet söz konusu olmadığından daha fazla aşınmaya müsaade edilir. Bu işlemlerde takım ömrünü kesici kenarın talaşı kontrol etme kabiliyetini kaybetmesi veya kenarın ani kırılma riskinin ortaya çıkması halinde tamamlamaktadır. Talaş aşınması kaçınılmazdır, ancak aşınmanın ne zaman, ne miktarda oluştuğunun ve ne tip bir aşınma olduğunun bilinmesi halinde fazla olumsuz etkisi de yoktur. Bir kesici kenarın çok küçük bir zaman aralığında, büyük miktarlarda talaş kaldırması son derece olumludur, ancak takımın ömrünü gereğinden önce tamamlaması veya kırılması bir olumsuzluktur. Modern kesici takım malzemelerinin doğru kullanımları halinde talaş kaldırma işlemi sadece çok daha verimli ve ekonomik olmakla kalmayacak, çok daha güvenilir ve sürekli bir işlem halini alacaktır.

### 1.2.5.1 Kesici Takımlarda Aşınma Mekanizmaları

Takımların aşınması kesici kenarın üzerinde oluşan yüklerin, sürtünmenin doğal bir sonucudur. Aşınma iş parçası ve kesici takım arasındaki birçok farklı değişkenin bir araya gelmesiyle oluşur ve farklı parametreler bu süreci etkiler. Aşınma süreci mekanik yükün statik ve dinamik bileşenlerden etkilenir. Mekanik yüklerde, statik yükün yanı sıra frezeleme gibi aralıklı talaş kaldırma işlemi, farklı derinliklerde talaş kaldırma, darbeli kesme işlemleri gibi dinamik bileşenler de vardır [51].



Takım malzemesi için ısı yükü ve frezeleme işlemi gibi bazı işlemlerde, kesici kenarın iş parçasından çıkması ve iş parçasına yeniden girmesi esnasında dinamik bileşenin de dikkate alınması gerekmektedir [51].

Talaşlı imalatta, talaş kaldırma esnasında kesici kenar ve iş parçası yüzeyinde çok önemli miktarda ısı, sürtünme ve basınç meydana gelmektedir. Bu durum metallerin yüzeyleri üzerinde kimyasal reaksiyon ve metallerin difüzyonu gibi oluşumlara yol açar. Bu aşınmalar 4 temel yük sebebiyle oluşur. Bunlar; mekanik, ısı, kimyasal ve abrasivdir.

Farklı yük faktörleri kesici takımlar üzerinde farklı aşınma türlerinin oluşmasına da sebep olur. Bu aşınma türleri;

- Abrasiv Aşınma
- Difüzyon Aşınması
- Oksidasyon Aşınması
- Yorulma Aşınması
- Adeziv Aşınma

- **Abrasiv Aşınma:** Bu aşınma türü kesici takım yüzeyi ve iş parçasının yüzeylerinin sertliklerinin birbirlerine göre çok daha fazla olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Yüzeyi daha sert olan çıkıntılıların daha yumuşak bir yüzeye basınç uygulamasıyla oluşan bir aşınma türüdür. Daha yumuşak olan malzeme sert malzeme etrafında plastik akma yapmaya başlar. Sert malzeme teğetsel hareketler yaptığından yumuşak malzeme aşınır ve taşınır. Sonuç olarak yüzeylerde çizikler ve yivler oluşur [53].

- **Difüzyon Aşınması:** Kesme sıcaklıklarının yüksek olduğu durumlarda kesici takım ile iş parçası arasında oluşan difüzyon sonucunda, yapılarında buldukları elementlerin birbirlerine geçişidir. Bu aşınma türü kesici takım ve iş parçası arasındaki kimyasal etkileşimle oluşmaktadır. Sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda difüzyon aşınması oluşmakta ve kesici takımın talaşla temas eden bölgelerinde krater şeklinde oluşumlar meydana gelmektedir [54].

- **Oksidasyon Aşınması:** Kesici takımların ve iş parçasının içeriğinde bulunan atomların havaya maruz kalmasıyla birlikte temas bölge sınırlarında oluşan bir aşınma türüdür. Kesici takımın yapısında bulunan tungsten ve kobalt elementlerinin, iş parçası yüzeyi kesici takım serbest yüzeyine yakın bölgeler oksitlenmektedir. Bu aşınma, kesici takım üzerinde çentikli aşınmanın oluşmasına yol açmaktadır [54].

- **Yorulma ile Aşınma:** Talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan sıcaklığın ve takım üzerinde oluşan kuvvetlerin değişken olması sebebiyle oluşan bir aşınma türüdür. Sıcaklık ve kuvvet bileşenlerinin değişmesi, artıp-azalması, kesici uçların kırılmasına veya çatlamasına yol açar. Bu aşınma yüksek sertlikteki ve dayanıklılıktaki iş parçasının yüksek ilerleme değerlerinde işlenmesi sonucunda veya takım malzemesinin yeterli sertlikte olmamasından dolayı meydana gelir. Bu aşınma sonucunda plastik deformasyon gözlemlenmektedir [54].

- **Adeziv Aşınma:** İşleme sıcaklıklarının düşük olduğu durumlarda meydana gelen bir aşınma türüdür. Sıklıkla dökme demir, alüminyum ve çelik gibi malzemelerin işlenmesinden meydana gelmektedir. Bu aşınma türünde kesici uç ile talaş arasında talaş yapışması oluşur. Yapışan bu talaşlar kesici uç üzerinde yığıntı hale gelmekte beraber zaman içinde kesici takımın bir parçası haline gelir. Bu sertleşmiş yığıntı tabaka kesici uçlara zarar vermekte ve kırılmasına yol açmaktadır [55].

### 1.2.5.2 Kesici Takımlarda Aşınma Tipleri

Takım aşınmaları kesici takımın maruz kaldığı fiziksel ve kimyasal aşınma mekanizmaları ile bağlantılı olarak sınıflandırılır. Takım aşınma tipleri; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, çentik aşınması, ısıl ve mekanik çatlaklar, yığılma ve sıvanma, plastik deformasyon, kırılma ve kenar çektiklenmesi olmak üzere sekiz grupta incelenirler [55].

- **Serbest Yüzey Aşınması:** Serbest yüzey aşınması talaşlı imalatta sıkça karşımıza çıkan bir aşınma türüdür. İş parçası yüzeylerinin sert bölgelerinin takım ile sürtünmesiyle oluşmaktadır. Oluşan sürtünme sonucunda kesici takımların kenarlarında istenmeyen yüzeyler meydana gelir. Bu aşınmaya da serbest yüzey aşınması adı verilir [56]. Şekil 1.9 serbest yüzey aşınmasına bir örnektir.



Şekil 1.9: Serbest yüzey aşınması [56]

- **Krater Aşınması:** Krater aşınmasının oluşmasını sağlayan 2 unsur bulunmaktadır. Bunlardan biri talaşlı imalat esnasında yüksek sıcaklığın olduğu durumlarda iş parçası ve kesici takımın arasında difüzyon olayının gerçekleşmesidir. Diğer unsur ise yüksek sertliğin, kızıl sertliğin ve malzemeler arasındaki minimum afinite krater aşınması eğilimini en aza indirir (Şekil 1.10). Bu iki durumun oluşması durumunda takım geometrisi bozular ve kesici uç hasar görür [56].



Şekil 1.10: Krater aşınması

- **Çentikli Aşınma:** Adeziv aşınma mekanizmasının sonucunda oluşan bir aşınma türüdür. Oksidasyon aşınmasının da varlığıyla daha da büyük bir aşınma meydana gelebilir. Çizikler şeklinde meydana gelen bu aşınmaya çentik aşınma denilmektedir. Bu aşınma serbest yüzey üzerindeki yardımcı kenarlarda meydana gelmekte, kesici ucun kenar bölgesinin iş parçasının üzerinden ayrıldığı bölgede oluşmaktadır (Şekil1.11). Bu aşınma türü daha çok titanyum gibi işlenmesi zor ve sert malzemelerin talaşlı imalatında gözlemlenmektedir. Yüksek sıcaklığın olduğu durumlarda hava ile beraber oksidasyon oluşumu da bu aşınmaya eşlik edebilir.



Şekil 1.11: Çentik aşınması [56]

- **Isıl ve Mekanik Çatlaklar:** Bu aşınma türü yorulma ile aşınma mekanizmasının olduğu durumlarda görülmektedir. Bir diğer ifadeyle aralıklı talaş alınan işlemlerde veya sıcaklık, kesme hızı gibi parametrelerin değiştiği durumlarda oluşmaktadır. Değişen sıcaklıkla birlikte kesme kenarına dik, uygulanan farklı yük değerleri ise kesme kenarlarına paralel bir biçimde çatlaklar oluştururlar (Şekil 1.12) [56].



Şekil 1.12: Isıl ve mekanik çatlaklar [56]

- **Yığıntı Kenar Oluşumu:** Diğer bir ifadeyle yığılma ve sıvama olarak da ifade edilebilir. Bu aşınma türü yumuşak malzemelerin, kesme hızlarının düşük olduğu durumlarda iş parçasından ayrılan talaşların, kesici kenarlara yapışması ve yığıntı oluşturması sonucunda meydana gelir (Şekil 1.13). Bu birikinti ve yığılma kesme derinliğini olumsuz olarak etkiler ve yüzey kalitesinin de olumsuz olarak etkilenmesine sebep olur. Aynı zamanda bu aşınma tipi takım üzerinden de parçaların kopmasına sebep olduğu için önlenmesi gerekmektedir [56].



Şekil 1.13: Yığıntı kenar oluşumu [56]

- **Plastik Deformasyon Oluşumu:** Bu aşınma türü kesici kenarlar üzerinde yüksek basıncın ve yüksek sıcaklığın olduğu durumların sonucunda oluşmaktadır (Şekil 1.14). Yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme hızı kesici uç üzerinde daha yüksek basınç ve ısının oluşmasına sebep olur. Tüm bu etmenlere karşı kesici ucun dayanabilmesi, plastik deformasyona uğramaması için yüksek sıcaklıklarda gösterdiği sertlik önemlidir. Bu aşınma türünde kesici kenar üzerinde şişme, daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına dolayısıyla takım geometrisinin bozulmasına sebebiyet verir. Bu durum talaş akışının değişmesine ve dolayısıyla işleme performansının azalmasına yol açar [56].



Şekil 1.14: Plastik deformasyon oluşumu [56]

- **Kırılma:** Kırılma oluşumu düşük sünekliği ve yüksek sertliği olan seramik ve benzeri kesici takımlarda, aşınma ve hasarların sebep olduğu durumlarda meydana gelmektedir (Şekil 1.15). Kırılma oluşumunun önüne geçmek, takım ömrünü artırmak için kesme kuvvetlerinin azaltılması, tezgahlarda daha rijit ve daha sağlam tertibatının kullanılması gerekmektedir [56].



Şekil 1.15: Kırılma oluşumu [56]

- **Kenar Çentiklenmesi:** Bu aşınma türü metal matrisli kompozit ve seramik gibi yüksek kesme kuvvetlerine maruz kalan takımlarda oluşmaktadır. Talaş kaldırma sırasında meydana gelen titreşimler sebebiyle kesici uç kenarlarında çentikler oluşmaktadır. Oluşan bu çentikler kesici uç üzerinde kırıklara sebep olabilir ve talaş kaldırma işlemini olumsuz etkileyebilir [56].

## 1.2.6 Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler, %12' den daha yüksek oranda krom ihtiva eden ve birçok farklı ortamda iyi korozyon direnci göstermesiyle bilinen bir çelik çeşididir. Klasik teoriye göre, bileşiminde bulunan kromun, yüzeyde ince oksit tabakası oluşturması suretiyle çeliği korozyondan korumaktadır [18].

Paslanmaz çelikler, yüksek korozyon dayanımı ve uzun ömürlü olması gibi sağladığı olumlu özellikler sayesinde endüstride ve imalat sanayiinde geniş bir kullanım alanına sahiptir [19]. Yüksek deformasyon sertleşmesi, süneklik ve mekanik özellikleri paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği için en önemli kriterlerdir [20]. Paslanmaz çelikler farklı mikroyapılarda ve mekanik özelliklerde kendi içerisinde farklı gruplar altında toplanmaktadır.

Bunların bazıları:

- Östenitik Paslanmaz Çelikler
- Ferritik Paslanmaz Çelikler
- Martenzitik Paslanmaz Çelikler
- Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler'dir.

### 1.2.6.1 Östenitik Paslanmaz Çelikler

Östenitik paslanmaz çelik, paslanmaz çelik kaliteleri arasında en geniş kullanım alanına sahip gruptur. Atomik yapısı yüzey merkezli kübiktir. Genellikle %16-26 krom, %10-24 Nikel ile Mangan ve %0,40'ın altında karbon içermektedir. Ayrıca, östenit paslanmaz çelikleri alaşımlama da molibden, bakır, azot, titanyum ve niyobyum alaşım elementleri kullanılmaktadır [24].

Piyasada en çok bulunan ve en çok tercih edilen östenit paslanmaz çelik kaliteleri AISI 304 ve AISI 304L kalite paslanmaz çeliklerdir. AISI 304 kalite paslanmaz çelik bileşiminde %0,05-0,08 arası karbon alaşım elementi bulundurmaktadır.

Östenit paslanmaz çelikler düşük karbon alaşımı sebebi ile ara tavlama uygulanmaksızın 12 derin sıvama yapılabilir. Derin sıvama kabiliyeti ile mutfak evyesi imalatında ve tencere üretiminde kullanılmaktadır. AISI 304L kalite paslanmaz çelik düşük karbonlu AISI 304 kalite paslanmaz çeliği tarif etmektedir. AISI 304L kalite paslanmaz çelik %0,03-0,05 karbon içermektedir. Düşük karbon alaşımı miktarı ile taneler arası korozyon direnci AISI 304 kaliteye göre daha yüksektir [24].

Östenitik paslanmaz çeliklerde şekil alma kabiliyeti yüksektir. Deformasyon sertleşmesi ile mukavemet değerleri artış göstermektedir. Isıl işlem ile sertlik alma kabiliyeti yoktur. Östenit paslanmaz çelikler manyetik özellik göstermemektedir. Atmosferik ortamda ve asidik ortamda korozyona karşı dayanımları yüksektir. Klorlu ortamlarda sıcaklığa bağlı olarak korozyon kabiliyetleri değişmektedir. 600°C üzerinde sıcaklıklarda kloro karşı korozyon direnci düşmektedir [25,38]. Şekil 1.16' da östenitik paslanmaz çeliğin mikroyapısı görülmektedir.



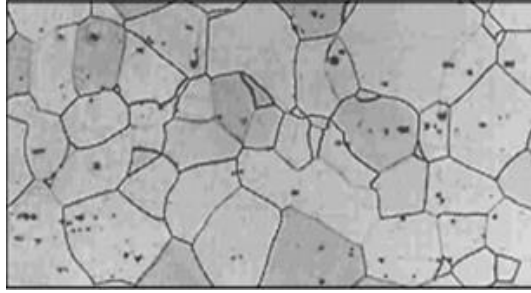
Şekil 1.16: Östenitik paslanmaz çelik mikroyapısı [21].

### 1.2.6.2 Ferritik Paslanmaz Çelikler

Düşük karbonlu çeliklerdir ve yapısında %10,5-30 arası krom ihtiva etmektedir. Ferritik paslanmaz çelikler krom haricinde molibden, titanyum vanadyum gibi alaşım elementlerini de bünyesinde bulunduran bir çelik türüdür. Bu elementlerin varlığı ferritik yapının istikrarlı hale gelmesine ve karbür oluşumunun sağlanmasına yaramaktadır. Östenik paslanmaz çeliklerin tam tersi ferritik paslanmaz çelikler manyetik özellik gösterirler. Ferritik paslanmaz çeliklere ısıl işlem uygulanamaz bunun sebebi ise düşük oranlarda karbon içermeleridir. Yalnızca ısıl işlem tavlaması



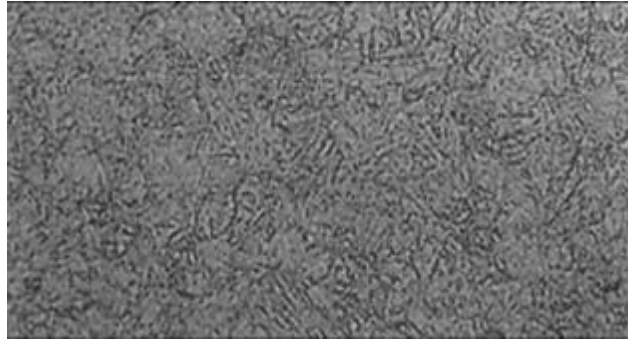
uygulanabilmektedir. AISI 430 çeliği bu gruptandır. Kristal yapıları hacim merkezli kübiktir [22]. Şekil 1.17' de ferritik paslanmaz çelik mikroyapısı görülmektedir.



Şekil 1.17: Ferritik paslanmaz çelik mikroyapısı [21].

### 1.2.6.3 Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Bu paslanmaz çelik türünün alaşımı düşük olduğu gibi mukavemetleri düşüktür. Fazla karbon içerdiklerinden dolayı ısıtma işlemi uygulanarak sertleşim mukavemetlerinin artırılmasına olanak sağlayabilirler. %11 ile %17 arası krom ihtiva ederler. Isıtma işlemi veya soğuk işleme esnasında östenitten dönüşür. Östenitik paslanmaz çeliklerin aksine manyetik özellik gösterirler [22]. Şekil 1.18' de martenzitik paslanmaz çelik mikroyapısı görülmektedir.

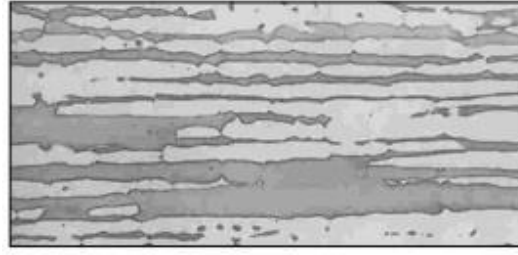


Şekil 1.18: Martenzitik paslanmaz çelik mikroyapısı [21].

### 1.2.6.4 Dupleks Paslanmaz Çelikler

Yapısında hem östenitik yapı hem de ferritik yapı bulunan çeliklerdir. İçerdiği alaşımlara göre korozyon dayanımları da değişmektedir. Östenitik paslanmaz çeliklere göre daha iyi mukavemet özelliğine sahiptir. Bunun nedeni ise yapısındaki

%19-28 arasında içerdikleri krom ve %5 oranındaki molibden değeridir [22]. Şekil 1.19' da dubleks paslanmaz çelik mikroyapısı görülmektedir.



Şekil 1.19: Dubleks paslanmaz çelik mikroyapısı [21].

### 1.2.6.5 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları

Östenitik paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımları martenzitik ve ferritik paslanmaz çeliklere göre daha iyidir. İyapının östenit olmasından dolayı ferritik paslanmaz çeliklerde karşılaşılan çok önemli bir sorun olan süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığı altındaki gevrekleşme, bu tür çeliklerde meydana gelmez. Gerek sıfır altı (- 270°C'ye kadar) ve gerekse yüksek sıcaklıklardaki korozyon dayanımları, mekanik özelliklerinin üstünlüğü bu çelik gurubunun birçok alanda rakipsiz bir yapı çeliği olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır [26].

Mükemmel şekillendirilebilme kabiliyeti, sünekliği ve yeterli korozyon dayanımı ile AISI 304 kalite östenitik çelik en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çeliktir. AISI 304 kalite çeliklere molibden (Mo) ilave edilerek AISI 316 ve AISI 317 kaliteleri üretilir ve kontrollü ortamlarda noktasal korozyona dayanım sağlanır. Çok düşük karbonlu AISI 304L kalite çeliği ise AISI 304 kalite çeliğinden kaynak esnasında ısı etkisi altında kalan bölgede meydana gelen ve taneler arası korozyona sebep olan karbür çökmesinin önüne geçmek amacıyla geliştirilmiştir. AISI 309 ve AISI 310 kaliteleri gibi yüksek kromlu alaşımlar yüksek alaşımlarda ve oksitleyici ortamlarda kullanılır [38]. Tablo 1.1' de AISI 304L paslanmaz çelik mekanik özellikleri ifade edilmiştir.

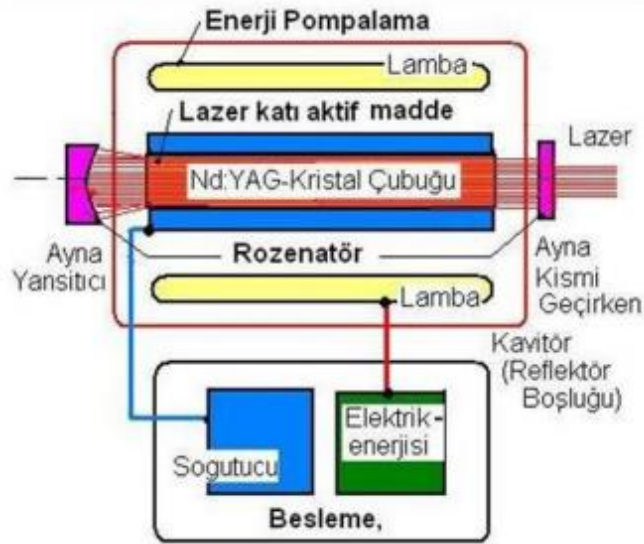
Tablo 1.1: AISI 304L paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri [9]

MEKANİK ÖZELLİKLER	DEĞERLER
Çekme Mukavemeti	500-700 MPa
Akma Mukavemeti	$\geq 190$ MPa
Sertlik (HB) Brinell	$\leq 215$

### 1.2.7 Lazer İşlemi ile İlgili Genel Bilgiler

Lazer kelimesi, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” cümlesinin baş harflerinden türetilmiştir ve uyarılmış radyasyon yayılımı ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelmektedir. Bilindiği üzere kuantum anlayışında ise, ışık soğurma katsayısı sıfırdan küçük olan ortamlardan geçtiğinde güçlenebilir. Bu durum, negatif soğurma olarak bilinmektedir ve uyarılmış ışımaya olayı ile beraber lazerin temelini oluşturur. Bir lazer, optik kavitör (rekleftör boşluğu) içine konulan aktif ortam (kazanç ortamı, kristal çubuk gibi), aktif ortama enerji pompalamakta kullanılan kimyasal, optik ya da elektriksel pompalama sistemi ile yansıtıcı ve kısmen yansıtıcı aynalardan (rezonatör) oluşmaktadır. Lazer aktif ortamı, lazer enerjisinin kaynağı olmakla beraber, malzemenin türü bir diğer ifadeyle aktif ortamın cinsi lazerin adını belirler (CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub> gibi). Endüstride enerji pompalama işleminde kullanılan en bilindik uyarma yöntemi yani pompalama sistemi, CO<sub>2</sub> lazerlerde kullanılan yüksek frekanslı elektrik akımı ve katı hal lazerlerde (Nd:YAG, İterbiyum Fiber gibi) kullanılan flaş lamba veya diyotlardır [27]. Şekil 1.20 'de dört enerji seviyeli bir lazer sisteminde optik kazanç elde etmek suretiyle lazer ışığı üretme sürecinde meydana gelen fiziksel olaylar şematik bir gösterimle ifade edilmiştir [28]. Optik kavite içerisinde yer alan aktif ortamın taban enerji seviyesinde ( $l_g$ ) bulunan atom ve moleküller pompalama sistemi vasıtasıyla gönderilen fotonlarla uyarılır. Bu fotonlar, aktif ortamdaki atom ve moleküllerin enerji seviyelerini uyarıp  $l_3$  enerji seviyesine çıkmalarına yardımcı olur. Bu olaya pompalama denir. Pompalama yardımıyla üst enerji seviyelerindeki atomların sayısı artırılır, böylece nüfus terslenmesi gerçekleştirilir.  $l_3$  enerji

seviyesindeki atomlar kendiliğinden ışığa ile  $|2\rangle$  alt enerji seviyesine geçerler. Bu enerji seviyesindeki atomlar fotonlar yardımıyla uyarılarak uyarıcı foton ile eş fazda (koherent) foton salıp  $|1\rangle$  enerji seviyesine geçiş yaparlar. Bu olaya uyarılmış ışığa denir [28]. Eğer aynalar arası mesafe ( $L$ ), elektromanyetik dalga boyunun yarısının tam katları ( $L=m\lambda/2n$ ) ise, faz rezonans koşulu sağlanacak ve bu bölgede bulunan fotonlar güçlendirilecektir. Burada,  $\lambda$  elektromanyetik dalganın dalga boyu,  $n$  kazanç bölgesinin kırılma indisi,  $m$  (1,2,3...) ise tam değer alan dalga boyu parametresidir. Bu durum, pozitif geri besleme koşuludur. Bir diğer ifadeyle, fotonların birbirine paralel yüksek yansıtma özelliğine sahip aynalardan defalarca yansıyor salınım (osilasyon) hareketi yapmaları sonucu foton sayısı ve dolayısıyla ışık şiddetinin artması ile optik kazanç sağlanmaktadır. Eğer böyle bir döngüdeki optik kazanç, eşik kazanç değerini sağlarsa yani, foton kazancı kayıplardan (tüp duvarlarından kaynaklanan kayıplar, lazer ortamındaki safsızlıklardan kaynaklanan foton emilimleri, yansıtıcı aynaların yansıtma katsayılarının yetersizliği gibi) fazla ise optik salınım başlar. Işık şiddetinin yeteri kadar artması sonucu ise monokromatik lazer ışması gerçekleşir. Bir lazer sisteminde eşik kazancını (threshold gain) etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar arasından; kullanılan ana kristalin kalitesi, pompalama oranı (yani çıkış gücü), aynaların ışığı yansıtma oranı ve aktif ortamının uzunluğu sayılabilir.



Şekil 1.20: Nd:YAG lazer sistemi [28]

### 1.2.7.1 Lazerin Tarihçesi

Lazer sisteminin kuramsal temelleri, ilk olarak 19. yüzyılın başlarında Albert Einstein tarafından “uyarılmış ışımaya” kavramıyla atıldı [29]. 1928 de Rudolph W. Landenburg, Einstein’ in öngördüğü uyarılmış ışımaya varlığını kanıtladı ve negatif soğurma kavramını ortaya attı. 1940’da Valentin A. Fabrikant, negatif soğurma katsayılı ortam oluşturma (diğer bir deyişle sayı yoğunluğu tersinimi olma olasılığı) kuralını açıkladı [30,31]. 1947’de Willis E. Lamb ve R.C. Retherford, hidrojen spektrasında açık uyarılmış yayılımı buldular ve uyarılmış ışımaya ilk gösterisini yaptılar [32]. Uyarılmış ışımaya faydalanmaya yönelik ilk çalışmalar ise, 1950’li yılların başlarında mikrodalga alanında yapıldı. Elektromanyetik tayfin mikrodalga bölgesinde 1,25 cm dalga boyunda ışık yayan MASER (Microwave Amplification of Stimulated Emission of Radiation) aleti geliştirildi [33,34]. 1964 yılında Nobel Fizik Ödülünü alan bu çalışma ile moleküllerin mm mertebesinde dalga boyuna sahip ışık yayabileceği sonucu elde edildi. 1960’da Amerikan fizikçi T.H. Maiman, yükselteç olarak silindirik yakut (ruby) kristali ve nüfus terslenmesi oluşturmak için pompalama kaynağı olarak flaş lambası kullanarak çıkış (output) dalga boyu 694 nm olan ilk lazeri keşfetti [35,36]. 1961 yılında ise, yakut lazerden tek bir atılım (single pulse) şeklinde çıkış elde edilmesini sağlayan Q-anahtarlama (Q-switching) geliştirildi. Q-anahtarı, flaşlambalı pulslu lazerlerde lazerin çalışmasını koruyan optik bir kapaktır (optical shutter). Böylece lazer ışığının oluşması için gereken nüfus terslenmesi daha yüksek değerlere ulaşmıştır [37].

Lazerler (CO<sub>2</sub>, He-Ne, Nd:YAG gibi), 1960’lı yıllardan beri çeşitli optik yükselteçlerle elektromanyetik spektrumun birçok bölgesinde (kızılaltı, görünür vs.) ışımaya yapabilecek şekilde üretilirler. Ayrıca lazerler katı, sıvı, gaz ile plazma hallerinden, farklı dalga boylarında (ArF Gaz lazeri, 193 nm-Er:Glass Katıhal Lazeri, 1540 nm) ve farklı uygulama alanlarında (bilim, mühendislik, otomotiv ve uzay sanayi, savunma donanımları, tıp, meteoroloji ve holografi gibi) kullanılmak üzere geliştirilmektedirler.

### 1.2.7.2 Lazer İşleminin Parametreleri

Katıhal lazerleri, diğer lazerler ile karşılaştırıldıklarında çıkış karakteristikleri yönünden en iyi çok amaçlı (versatile) radyasyon kaynaklarıdır [37]. Günümüzde katıhal lazerlerini endüstride imalat işlemlerinde, tıpta terapötik, estetik ve cerrahi süreçlerde, araştırma fakültelerinde tanısal aletlerin bir parçası olarak ve askeri sistemlerde menzil bulucu, hedef tasarımcı olarak bulmak mümkündür. Katıhal lazer sistemlerinin yukarıda sayılan birçok alana uyumluluğu bazı önemli özelliklerinden kaynaklanır. Katıhal lazerlerde,

- Aktif malzemenin şekli ve boyutu özel bir performansa uygun olarak seçilebilir.
- Farklı kazanç, enerji depolama ve dalga boyu özellikleri olan aktif malzemeler kullanılabilir.
- Çıkış enerjisi, yükseltici eklenerek artırılabilir.
- Çıkış ışımalarının (output beam) zamansal, uzaysal ve tayfsal profilini şekillendirebilecek aktif ve pasif bileşenler mevcuttur [37].

Bu bölümde, katıhal lazer sistemlerinin performansını ve birçok alanda kullanılabilirliğini etkileyen temel parametrelerden bahsedildi.

1. Ortalama Çıkış Gücü: Işık demetini sürekli dalga biçiminde üreten sürekli lazerlerde ölçülen güç, ortalama güç olarak adlandırılır. Işık demetini periyodik pulsar şeklinde üreten puls lazerlerde ise 50 güç, puls başına ortalama güç ve pulsun tepe gücü olarak iki biçimde ölçülmektedir. Ortalama güç puls periyodunda (T), tepe gücü ise puls süresince ( $\tau$ ) ölçülür. Lazer demetinin monokromatik olması ve koherens özelliği, demetin çok küçük bir alana odaklanmasını ve çok büyük bir tepe gücü yoğunluğunun elde edilmesini sağlar. Lazer ışık demeti ile malzeme üzerinde işlem yapmak için lazer gücü ya da lazer ışık şiddeti yerine, malzemenin birim alanına düşen güç dikkate alınmalıdır. Bu parametre güç yoğunluğu ( $W/cm^2$ ) olarak tanımlanır. Burada gelen lazer gücü W ve aydınlatılan alan  $cm^2$  cinsinden verilir. Ticari olarak elde edilebilen katıhal lazerlerin büyük bir bölümü için çıkış gücü 20 W'ın altındadır. Çıkış gücü büyük olan (5 kW'a varan) katıhal lazerler, nokta

kaynak, kesme, delme ve yüzey işlemlerinde kullanılmaktadır. Yüksek çıkış gücü, işlem hızını artırır ve daha kalın malzemelerin işlenmesini sağlar [37].

2. Pik Gücü: Birim zamanda puls başına harcanan enerjiye pik gücü denir. Lazer pulsuları bir  $\tau$  süresince düzgün (uniform) olmadığından sağlıklı bir güç ölçümü yapmak oldukça zordur. Bu yüzden pik şiddetini göz önüne almak daha doğrudur. Pik şiddeti, puls boyunca lazer gücünün gerçek değişiminin kaba bir ölçümüdür. Bir pulsun genişliği, o pulsun pik şiddetini belirler. Buna göre, bir pulsun pik şiddeti, birim alan başına düşen pik enerjisinin puls genişliğine oranı olarak tanımlanır. 100  $\mu$ s mertebesindeki puls genişliği olan birkaç joulelık enerjili bir puls sistemi, üretim sürecinde delik açmada kullanılır. Bu tür sistemlerin pik gücü, birkaç on kilowatt mertebesinde dir. Aslında puls-pompalamalı ve Q-anahtarlamalı katı hal lazerlerle daha büyük pik gücü elde edilebilir. Örneğin, menzil bulucu ve hedef belirleyici gibi askeri sistemlerde kullanılan lazerlerin çıkış enerjisi 10 mJ'den 200 mJ'ye kadar değişir, puls genişliği ise 10-20 ns kadardır. Bu sistemlerin pik gücü ise, birkaç megawatt mertebesinde dir. Katı hal lazerlerden en yüksek pik gücü, füzyon deneylerinde kullanılan büyük Nd:Cam lazerlerde üretilir. Bu sistemlerin daha büyükleri için enerji çıkışı 100 kJ civarındadır ve puls genişliği 1ns'dir. Bu puls genişliği, 100 TW'lık pik gücü elde edilmesini sağlar [37].

3. Puls Uzunluğu: Katıhal lazerlerde, sürekli dalgalar şeklinde lazer demeti üretilebildiği gibi, pompalama pulsunun uzunluğu ayarlanarak lazer frekansının bir döngüsü kadar kısa olan pulslar (1 fs mertebesinde) ile milisaniye ya da mikrosaniye mertebesinde uzun pulslar da üretilir. Metallerde, boşluk delme ve yüzey sertleştirme işlemleri tipik olarak 100  $\mu$ s 51 civarındaki pulslar ile gerçekleştirilir. Sürekli pompalamalı, Q anahtarlamalı Nd:YAG lazerlerde, genişliği 100 nanosaniyeler mertebesinde olan pulslar üretilebilir. Puls pompalamalı ve Q-anahtarlamalı lazerlerde puls genişliğinde bir azalma sağlanabilir. Bu tür lazerlerin puls genişliği birkaç nanosaniyeden 20 nanosaniyeye kadar uzanır. Bu durum, puls-pompalamalı sistemlerde daha fazla kazanç elde edilmesini sağlar. Mod kilitleme tekniği ile, Nd lazerlerde pikosaniye mertebesinde puls üretimi de sağlanır. Puls genişliği ve kazanç-band genişliği ters orantılı olduğundan, geniş spektrumları nedeniyle ayarlanabilir (tunable) lazerler ile daha kısa pulslar elde dileyebilir. Örneğin Ti:Safir lazerler, femtosaniyelik pulslar üretirler. Bu kısa pulslar, kimyasal

reaksiyonlar sırasında gerçekleşen dinamik süreçlerin araştırılmasına olanak sağlar [37].

4. Puls Tekrar Oranı: Puls tekrar oranı, birim zamanda üretilen puls miktarıdır. Askeri menzil bulucularda ve hedef belirleyicilerde kullanılan lazerler, saniyede 20 puls üretir. Bazı kaynak yapma ve delme makineleri, saniyede birkaç yüz puls tekrarlama oranı ile puls üretimi gerçekleştirir. Sürekli pompalamalı ve Q-anahtarlamalı lazerler, 5 ile 100 kHz arasında sürekli bir puls üretimi sağlar. Malzeme işleme uygulamalarının büyük bir çoğunluğu, bu lazerleri kullanır. Mod-kilitleme sistemi, birkaç yüz megahertz tekrarlama oranı ile puls üretir. Bu sistemler malzeme üretim uygulamalarında, malzemenin ablasyon (ablation) yoluyla kesilip çıkartılmasını sağlar. Böylece, her bir puls üretimi sırasında oluşan ısının civar bölgelere sızması engellenir [37].

5. Tayf Aralığı (Spectral Range): Nd-tabanlı sistemler gibi en iyi geliştirilmiş ve en verimli lazerler, dalga boyu radyasyon kaynaklarını genellikle 1  $\mu\text{m}$ 'lik bir çıkışa sabitleyebilirler. Harmonik jeneratörlerde kullanılan lineer olmayan kristaller, görülebilir ve ultraviyole spektrumunda çıkış üretirler. Ultraviyole bölgedeki katıhal lazerler için spektral bölgenin sınırları, dörtlü Nd lazerler ile 266 nm civarına ulaşır. 1-2  $\mu\text{m}$ 'de çalışan neodyum ya da erbiyum lazerler tarafından kullanılan güç seviyelerinde en uzun dalga boyu 4  $\mu\text{m}$  civarında üretilir. Bir lazerin dalga boyu ile özel bir malzemenin pik absorpsiyonunu eşleştirerek çok tabakalı yapıların en üst tabakası, altındaki tabakalara zarar vermeden çıkarılabilir [37].



### 1.2.7.3 Kesici Takımlara Lazer Deseni Uygulaması

Talaşlı imalat süreçlerinin detaylandırılması üzerine birçok akademik çalışma yapılmıştır ve yapılmaktadır. Talaşlı imalatın halen birçok üretim metodundan önde olması sebebiyle bu ilgi yeni uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yıllar içerisinde üretim verimliliğini artırmak, çevre kirliliğini azaltmak ve maliyeti düşürmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Her yıl kesici uç çok ciddi maliyetlere mal olmaktadır ve küresel pazarda önemli bir yer tutmaktadır. Lazer deseninin oluşturulması da yapılan araştırmalarda kesici takım özelliklerine faydalı şekilde destek olmuş, birçok özelliğinin gelişmesine yardımcı olmuştur.

Bu konuda geçmişe bakıp örnek göstereceğimiz uygulamalar da mevcuttur. Bunlardan birisi silah namlularında ki yivler ve motor silindirlerindeki oyuklar olarak gösterilebilir. Bu uygulamalardaki mantık ve çalışma sistemi aynı fikir üzerine inşa edilmiştir. Temel amaç sürtünmeyi azaltarak, sürtünmeye harcanacak enerjiyi iş için kullanmak olarak açıklanabilir. Kesici takımlarda da enerjinin önemli bir kısmının sürtünmeye harcandığını ve bu sektörün ekonomik hacminin ne kadar büyük olduğunu düşünürsek ortaya çıkan ekonomik kaybın ne kadar büyük olduğunu söylenebilir. Tüm bu etkenler yeni metotlar ve çözümlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Lazerle desenleme işlemi de bu amaca yönelik uygulamalardan birisidir. Lazerle kesici uçlara desen uygulanarak sürtünme yüzeylerinin azaltılması ve verimin, kalitenin artması hedeflenmiştir.

### 1.3 Literatür Özeti

Xing ve ark. tarafından yapılan çalışmada, WS<sub>2</sub>/Zr kaplamalı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiC seramik uçları üzerinde lazerle desenler uygulanmıştır. Çalışma parmak freze ile yapılmış farklı derinliğe, kalınlığa, aralığa ve açılara sahip desenler kesici takım üzerinde uygulanmıştır. Çalışma kesme kuvvetlerinin kıyaslanması ile ilerlemiştir. Sonuç olarak geleneksel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiC kesici uca göre kaplamalı ve lazerle desenlenmiş ucun işleme performansının daha ileride olduğu gözlemlenmiştir [40].

Pena-Paras ve ark. tarafından yapılan çalışmada lazerle desenlenmiş TiAlN ile kaplanmış sementite karbür kesici uç ve AISI 1018 altlık malzeme kullanılmıştır. Talaş kaldırma metodu frezeleme ile yapılan bu çalışmada desenlerin etkisinin yanı sıra nanopartiküller kullanılmış, lazerle desenlenmiş yüzeylerin nasıl bir etki yarattığı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda sadece desenlenmiş uç ile yapılan işleme çalışmasında iş yükünde %11 lik bir iyileşme sağlanmıştır. Nano partikül ilavesi yapılarak da durum incelendi ve nanopartikül ilavesiyle lazer kesici takım kombinasyonunun kayda değer bir etki sağlamadığı gözlemlenmiştir [41].

Ahmed ve ark. AISI 304 paslanmaz çelik altlık malzeme ve sementite karbür (WC + 6%Co) kesici takımla yaptıkları çalışmada kesici uçlar üzerinde dikey, yatay ve kare şeklinde uygulanmış desenler oluşturmuşlardır. Altlık malzeme AISI 304, farklı kesme hızlarında tornalama yapılarak talaş kaldırma parametreleri incelenmiş, kesme hızı, gücü ve sürtünme ile ilgili çalışmalarla ilgili veriler elde edilmiştir. Desenlenmemiş kesici uca göre diğer uçlar daha iyi sonuçlar vermekle birlikte en iyi sonucu kare şeklindeki desenle elde etmişlerdir. SEM incelemesi ile yan yüzeyler ve desenler incelenmiş desensiz yüzeyin en çok aşındığı, desenlenmiş uçlar arasında da en az sürtünmeye maruz kalan kesici ucun kare şeklindeki desenin uygulandığı uç olduğu gözlemlenmiştir. Sürtünme miktarındaki iyileşme sebebiyle de yüzey kalitelerindeki iyileşme de gözlemlenmiştir [42].

Li ve ark. Al6061-T6 malzeme ile yaptıkları çalışmada frezeleme sırasında geleneksel takımlara göre, 45° açısına sahip mikro yivli takımın, kesme kuvvetlerini %40 oranında azalttığını gözlemlenildi. Ayrıca SKD11 malzeme üzerinde yapılan çalışmada da mikro oluklara sahip kesici ucun sürtünmeyi %59 oranında azalttığı

gözlemlenmiş. Bu çalışmada farklı derinlik ve açılarda mikro oyuklar oluşturulmuş, en iyi performansı veren parametrelerin oluk aralığı 0,75–1 mm olduğunda, açısı 45 ° ve oluk derinliği yaklaşık 90  $\mu$  m olduğu gözlemlenmiştir [43].

Wang ve ark. düz desen dizisi, eş merkezli dairesel desen, halka dizisi ve ağ dokusu şeklinde desenler oluşturdu. Bu desenlerin deneysel sonuçları, mikro dokulu yani lazerle desenlenmiş uçların, kesme kuvvetlerinin ve sürtünme katsayılarının eş merkezli dairesel doku dışında elmas uçlarda büyük ölçüde azaldığı tespit edilmiş. Bu arada kesme kuvvet, tek kristal elmas uçların performanslarını etkin bir şekilde iyileştirildiği de gözlemlenmiştir [44].

Sasi ve ark. HSS yani yüksek hız çeliklerinin desenlenmesi ve Al7075-T6 alaşımının işlenmesini incelediler. İlk olarak farklı dalga boylarında lazerin etkisinin farklı olduğunu gözlemlenmişlerdir. Yüksek dalga boyunda çukurlar daha büyük çaplara ve düşük soğurma nedeniyle düşük derinliğe sahiptir. Düşük dalga boyunda ise daha derin lazer izi ve daha küçük çap oluşmaktadır. Ayrıca tekstürlü takımların düşük kesme hızlarında, kesme kuvvetini %9, yüksek kesme hızlarında ise %19 kadar kesme kuvvetinde azalma tespit etmişlerdir [45].

Zhang ve ark.yaptıkları çalışmalarda mikro ölçekli dokulu (lazer desenli) TiAlN kaplı kesici ucun ve mikro/nano ölçekli(lazer desenli) aynı zamanda TiAlN kaplı kesici ucun yapışma önleyici aşınma özellikleri, geleneksel kesici uca göre önemli ölçüde iyileştirildiğini gözlemlenmişlerdir. Ayrıca hem desenli hem de TiAlN kaplı kesici ucun sadece desenli kesici uçtan daha iyi performans verdiğini tespit etmişlerdir [46].

## Bölüm 2

### Materyal ve Metod

#### 2.1 Altlık Malzeme ve Kesici Takım Ucu

Bu çalışmada altlık malzeme olarak AISI 304L östenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Kullanılan bu çelik 205 mm çapındadır. Silindir blok halinde kesilmiş, bu şekilde talaş kaldırma çalışmalarına alınmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: AISI 304L Ø205 mm altlık malzeme

Çalışmada kullanılan AISI 304L çeliğinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Bu bilgiler üretici firmanın malzemeye ait sertifikasından elde edilmiştir (Tablo2.1, Tablo2.2).

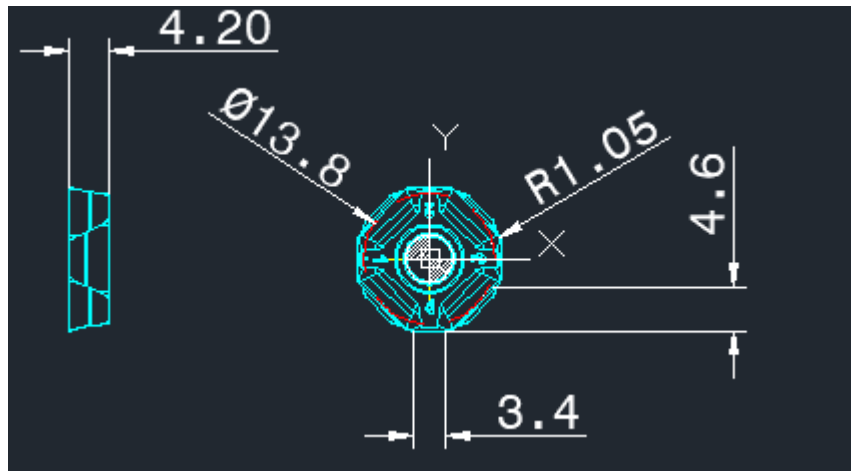
Tablo 2.1: Çalışmada kullanılan AISI 304L östenitik çeliğin kimyasal kompozisyonu

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Yüzdece Oranı	%0,03 max	%0,75 max	%2,0 max	%0,045 max	%0,03 max	%18-20	%8-10

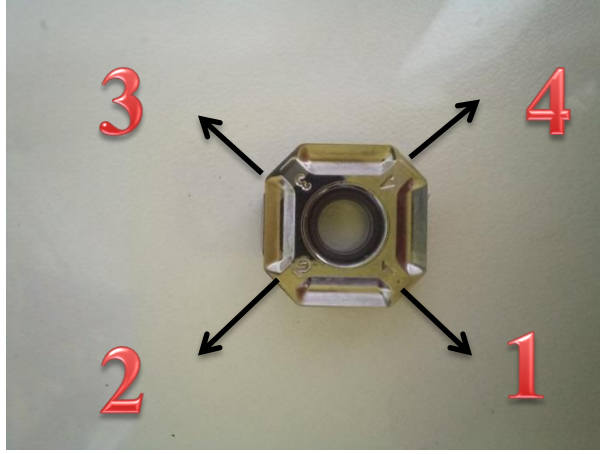
Tablo 2.2: Çalışmada kullanılan AISI 304L östenitik çeliğin mekanik özellikleri

Ölçülen Birim	Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Dayanımı (MPa)	Sertlik, Rockwell
Ortalama Değer	200 MPa	485-670	201

Bu çalışmada kesici takım ucu olarak sementite karbür kesici uç kullanılmıştır. ISCAR kesici uç firmasının IQ845 SYHU 0704ADN-P kodlu kesici ucu kullanılmıştır. Bir yüzeyinde 4, diğer yüzeyinde de 4 adet olmak üzere 8 adet kesme yüzeyi bulunmaktadır (Şekil 2.3). Kesici ucun bir yüzeyi 1'den 4'e kadar numaralandırılmış diğer yüzü de 5'den 8'e kadar numaralandırılmıştır. Kesici uç ile ilgili teknik resim bilgileri Şekil 2.2' de belirtilmiştir.



Şekil 2.2: Kesici ucun teknik resmi



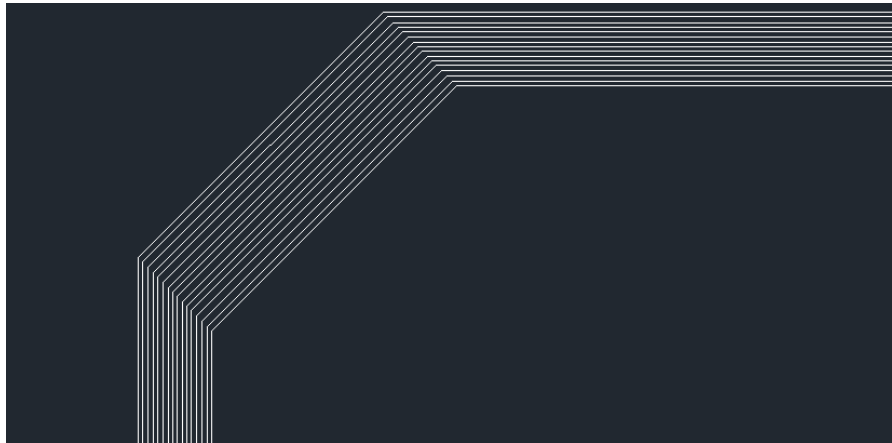
Şekil 2.3: Kesici ucun yüzeyi ve numaralandırılması

Kesici ucun iki farklı yüzüne, iki farklı desen uygulanmıştır. Her bir desen işlem için 3 kesme yüzeyi kullanılmıştır.

## 2.2 Lazer Desenleme Prosesi

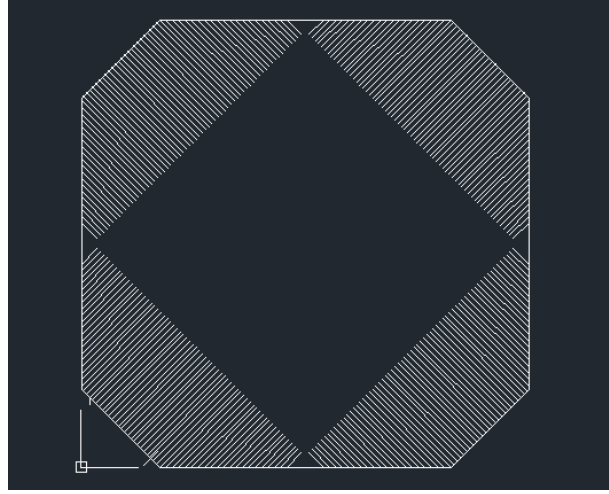
Lazer desenleme işlemi için literatür taraması yapıldıktan sonra dikey ve yatay olmak üzere 2 farklı desenin uygulaması kesici uçlar üzerinde uygulandı.

Kesici ucun yüzeyine paralel yani yatay olan desene DesenA, kesici ucun yüzeyine dik şekilde uygulanan desene ise DesenB adı verildi. Bu desenler Autocad 2014 programında DWG formatında çizildi (Şekil 2.4, Şekil 2.5).



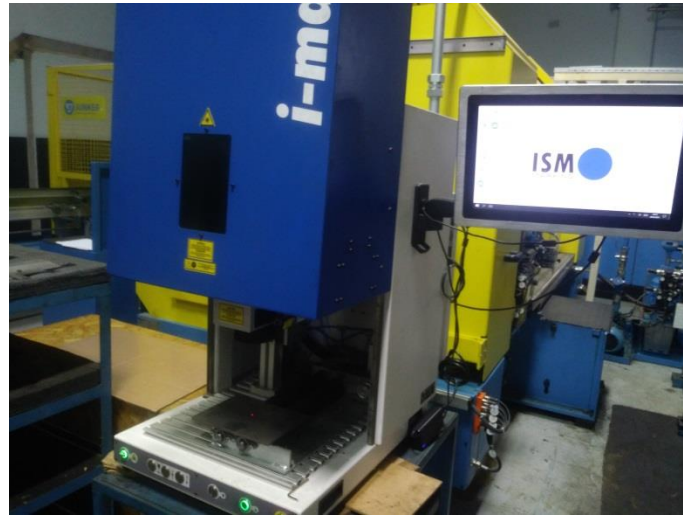
Şekil 2.4: DesenA teknik resim görünümü

DesenA ve DesenB birbirlerine göre 90 derecelik açı yapmaktadır. Ve bu desenlerin birbirleriyle kıyaslanması incelenecektir.



Şekil 2.5: DesenB teknik resim görünümü

Desenlerin uygulanması için i-mark markasının LaserQUICK IF30 Endüstriyel fiber lazer markalama oyma ve mikro kesme sistemi ile yapılacaktır. Bu cihazın özellikleri; 30 W sabit palslı, MOPA Yb Fiber Lazer 200ns, 1-600 kHz şeklindedir. Şekil 2.6' da cihaz gösterilmektedir. Teknik resimler bilgisayar ortamında lazer programına iletdikten sonra QMLazer programında gerekli lazer parametrelerinin girilmesi ve kesici ucun tablaya yerleştirilerek şekilde süreç devam etmiştir.



Şekil 2.6: Lazer markalama cihazı

Lazer parametreleri her iki desen ve yüzey için aynı değerleri içermektedir. DesenA ve DesenB için lazer parametreleri Tablo 2.3' teki değerleri içermektedir.

Tablo 2.3: Lazer parametreleri

<b>Parametre</b>	<b>Değer</b>
<b>Döngü Sayısı</b>	5
<b>Hız</b>	500 ns (nanosaniye)
<b>Güç</b>	%100
<b>Frekans</b>	50 kHz

Tablo 2.3' te belirtilen parametre değerleri döngü sayısı 5, hız 500 ns, güç %100 ve frekans 50 kHz olmak üzere lazer yazılımına girildi. Kesici uç lazer cihazının tablasına bırakıldı. Otomatik tanımlama ve eşleştirme sayesinde cihaz, kesici ucun yüzeylerini tanımlayarak ucun üzerine odaklandı. Lazer ışınlarının tam olarak doğru noktalara denk gelebilmesi için gerekli ayarlamalar yapıldı. F3 parametresi olan eşleştirme özelliği 14,9 olarak ayarlanarak gerekli düzenlemeler yapıldı. Daha sonra çalışmalar başlatıldı ve lazer desenleme işlemi kesici takım üzerinde uygulandı (Şekil 2.7).

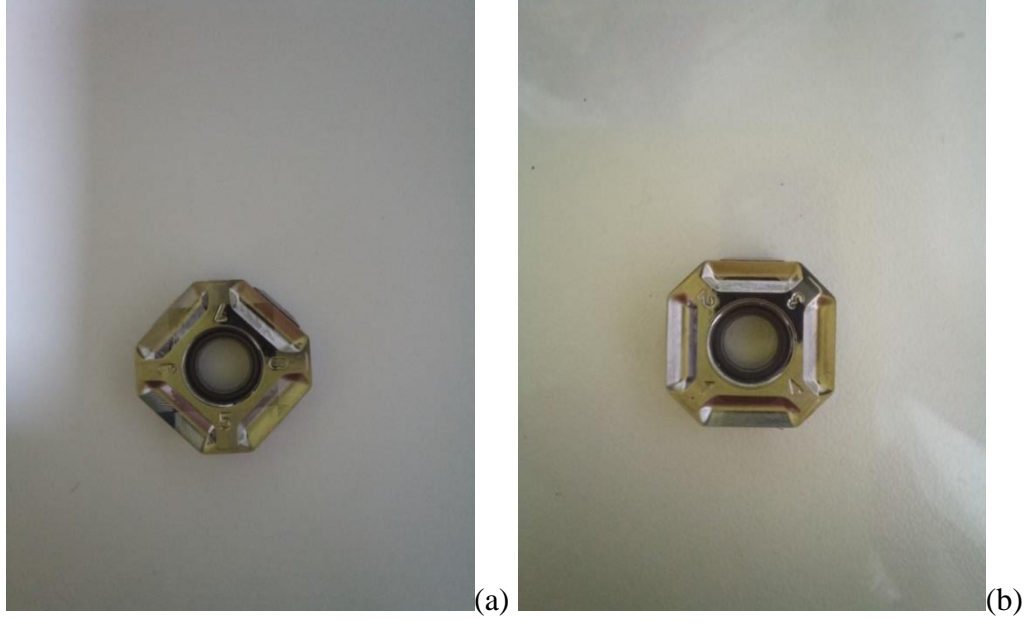




Şekil 2.7: Lazer uygulaması

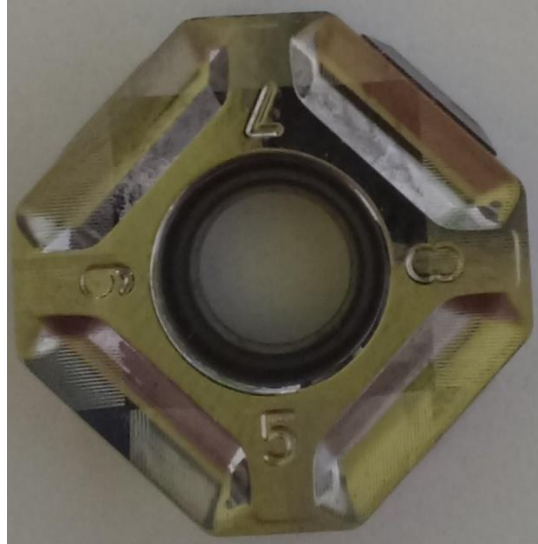
Lazer desenleme işlemi toplamda 5 kesici uç üzerinde uygulanmıştır. 5 kesici uç üzerinde uygulanmasının sebebi kullanacağımız parmak frezenin takım tutucusunun kapasitesi ile ilgilidir.

Şekil 2.8' de lazer desenleme işlemleri sonrası kesici ucun yüzey görüntüleri görülmektedir. Kesici uçların ön yüzeyi olan 1-2-3-4 numaralarının bulunduğu yüzeye DesenA, diğer yüzeyine ise yani 5-6-7-8 numaraların bulunduğu yüzeye ise DesenB uygulanmıştır.



Şekil 2.8: Lazer desenleme işlemlerinin ardından matlaşmış yüzey görünümü, (a) dikey, (b) düşey desenleme uygulaması sonrası

Lazer desenleme işleminin ardından kesici ucun lazer ışınıyla temas eden yüzeylerinde matlaşma meydana gelmektedir. Bu olağan bir durumdur ve lazer desenleme işleminin başarıyla gerçekleştiğinin göstergesidir.



Şekil 2.9: DesenB için lazer desenlerinin görünümü

Şekil 2.9.'da da görüldüğü gibi DesenB kesici uç üzerinde net bir şekilde görülmektedir. Bu işlem 5 kesici uca da uygulandıktan sonra diğer aşamalara geçilmiş, işleme çalışmaları başlatılmıştır.

## 2.3 İşleme Çalışmaları

Kesici uçların lazerle desenlenmesinin ardından işleme çalışmalarına başlanmıştır. 5 takımın bağlanabildiği bir parmak freze kullanmak suretiyle, DesenA içeren 1, 2, 3, 4 numaralı yüzeylerin olduğu uçlar kesici takımlara bağlanmış. Sırasıyla 1 numaralı yüzeyler ile talaş alınmış, sonra sırasıyla 2,4 yüzeyleri ile talaş alınarak devam etmiştir. DesenA ve DesenB bu şekilde talaş kaldırma işlemlerinde denenmiştir. DesenB için ise 5, 6, 7 numaralı kesici yüzeyler ile talaş alınarak birbirleriyle kıyaslanmıştır.

DesenA'nın işlendiği 1, 2, 4 numaralı kesici uç yüzeylerinin her birinde farklı kesme hızları ya da paso miktarları uygulanmış, aynı değerler 5,6,7 numaralı yüzeyler için de kullanılarak kıyaslanmaları sağlanmıştır.



Şekil 2.10: Dik işleme merkezine bağlanmış parmak freze ve uçlar

Bu çalışmada talaş kaldırma işlemi dik işleme merkezinde, 5 kesici takım ucu bağlanabilen takım tutucu, parmak freze ile yapılmıştır. Şekil 2.10' da işleme çalışması için hazırlanmış freze uçların tezgaha görülmektedir.

Çalışmada kullanılan dik işleme merkezi Yamazaki Mazak markasının VTC-200C II modelidir. İşleme merkezinin teknik özellikleri Tablo 2.4' te ifade edilmiştir.

İş parçası tezgaha bağlandıktan sonra işleme çalışmaları başlatılmış. Gerekli kesme hızı değerleri ayarlanarak çalışmalardan veriler elde edilmiştir. İşleme çalışmalarının tamamında soğutma sıvısı kullanılmıştır.

Tablo 2.4: Dik işleme merkezinin teknik özellikleri

	<b>Özellikler</b>	<b>Değerler</b>
<b>Kapasite</b>	Tabla sağ /sol	510 mm
	Tabla uzunluğu	2300 mm
<b>İş Mili</b>	İş Mili Koniği	40
	Maksimum devir	10000 rpm
	İş Mili Motor Gücü	15 kw / 20.0 hp
<b>Magazine</b>	Pot sayısı	24
<b>Eksen Mesafeleri</b>	Hareket (X Ekseni)	1950 mm
	Hareket (Y ekseni)	510 mm
	Travel (Z Ekseni)	510 mm

Bu çalışmada kullanılan bazı kesme hızı değerleri şunlardır;  $V_c$  değerleri, 65, 70, 75 m/dk'dır.  $F_z$  ilerleme değeri 0,40 mm/t,  $A_p$  paso değeri de 2,5mm, 5mm ve 7,5 mm'dir. Çalışmaların sıralamasına göre Tablo 2.5' te detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Tablo 2.5: Talaş kaldırma parametreleri

DesenA Kesme Parametreleri	Köşe Numarası			
	1.	2.	3.	4.
V <sub>c</sub> (m/dk)	75	70	*	65
Devir (dev/dk)	478	446	*	414
F <sub>z</sub>	0,40 mm/t			
A <sub>p</sub>	2,5mmx3paso	2,5mmx3paso		2,5mmx3paso

DesenB Kesme Parametreleri	Köşe Numarası			
	5	6	7	8
V <sub>c</sub> (m/dk)	75	70	65	*
Devir (dev/dk)	478	446	414	*
F <sub>z</sub>	0,40 mm/t			
A <sub>p</sub>	2,5mmx3paso	2,5mmx3paso	2,5mmx3paso	

Desensiz Kesme Parametreleri	Köşe Numarası			
	3	2	1	
V <sub>c</sub> (m/dk)	75	70	65	*
Devir (dev/dk)	478	446	414	*
F <sub>z</sub>	0,40 mm/t			
A <sub>p</sub>	2,5mmx3paso	2,5mmx3paso	2,5mmx3paso	

Bu çalışmada işleme çalışmalarında Tablo 2.5' teki değerler kullanılmıştır. Her kesici köşe talaş aldıktan sonra talaşlar her işleme için ayrı ayrı alınmış ve değerlendirilmek üzere saklanmıştır. Talaş tiplerinin arasında fark olup olmadığına bakılması sağlanmıştır.

Her işleme çalışmasında, kesici uçlar talaş kaldırma öncesinde ve sonrasında hassas terazilerde tartılarak işleme çalışmaları sırasında kesici uçlarda ne kadar ağırlık kaybı olduğuna bakılmış, çalışma bu şekilde devam ettirilmiştir.

## 2.4 Karakterizasyon Çalışmaları

### 2.4.1 Kesici Uç Desenlerinin Mikroskopta İncelenmesi

Kesici uçların desenleri Nikon HV150N marka ve modelde mikroskopta (Şekil 2.11) incelenmiştir. Dikey ve yatay kesici uçlar daha net bir şekilde gözlemlenmiş ve fotoğrafları alınmıştır.



Şekil 2.11: Nikon HV150N optik mikroskop

Öncelikle ilk adımda kesici uçlar üzerinde 50X ve 100X değerlerinde yakınlaştırılarak fotoğraflar alındı desenler incelendi. Desenler işleme öncesi ve sonrasında fotoğraflanarak aralarındaki farkların tespiti sağlandı (Şekil 2.12, Şekil 2.13, Şekil 2.14, Şekil 2.15)

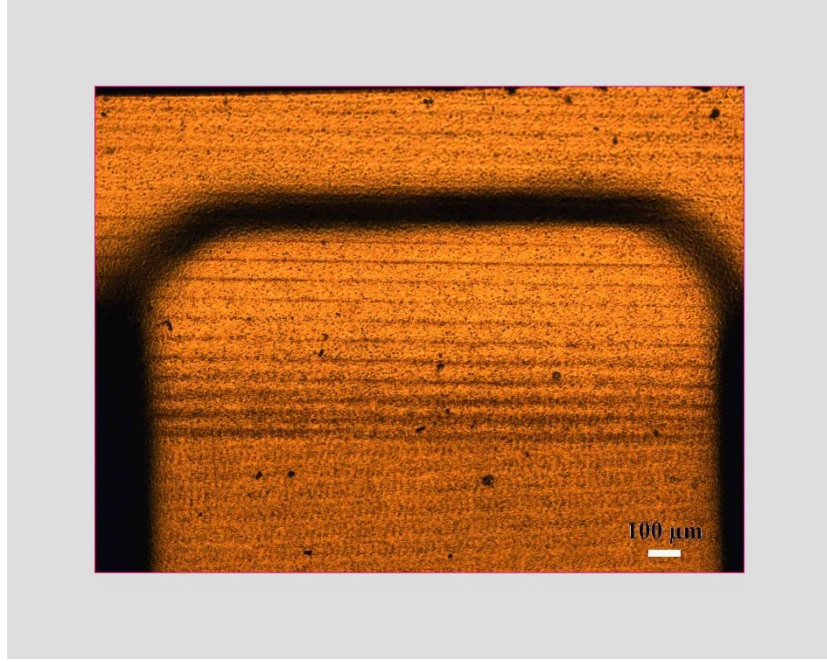
Çalışmada Zeiss discovery v12 marka ve modelinde stereo mikroskop da kullanılmış ve 20X yakınlaştırma ile kesici uç kenarları görüntülenmiştir.



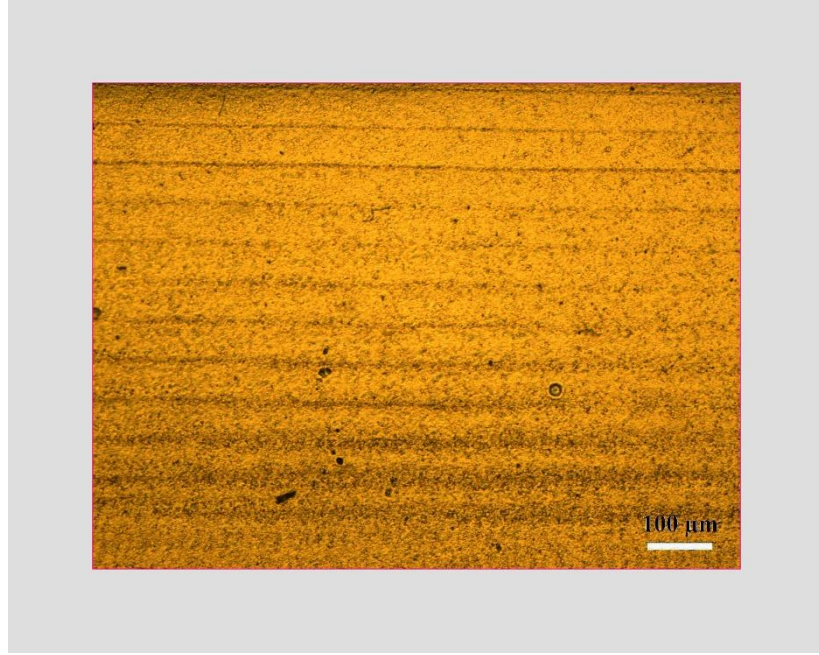
Şekil 2.12: Zeiss discovery v12 stereo mikroskop

Numuneler üzerindeki aşınmaların farklı bakış açılarıyla ve yakınlıklarda gözlemlenmesi açısından iki farklı mikroskop ile fotoğraflar çekilmiş, çekilen fotoğraflar kesici uçların yüzey aşınmalarının yorumlanmasına katkı sağlamıştır.



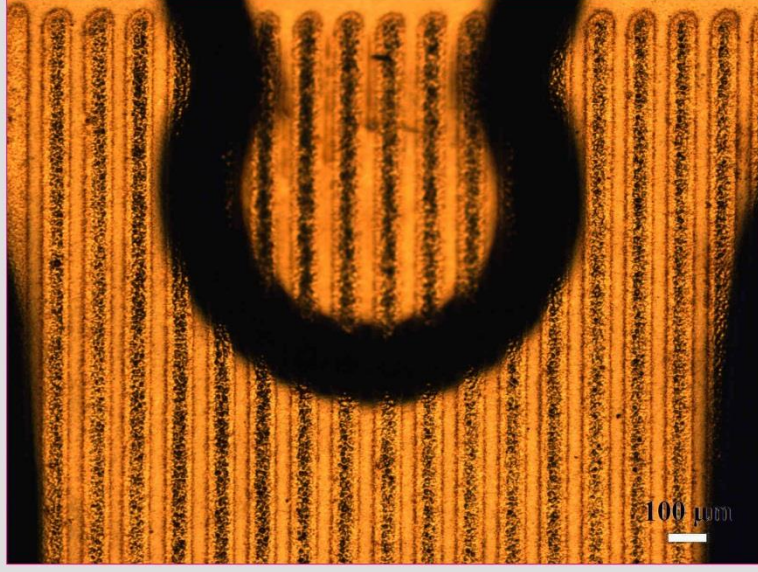


Şekil 2.13: DesenA ile desenlenmiş örnek yüzey 50X görünümü

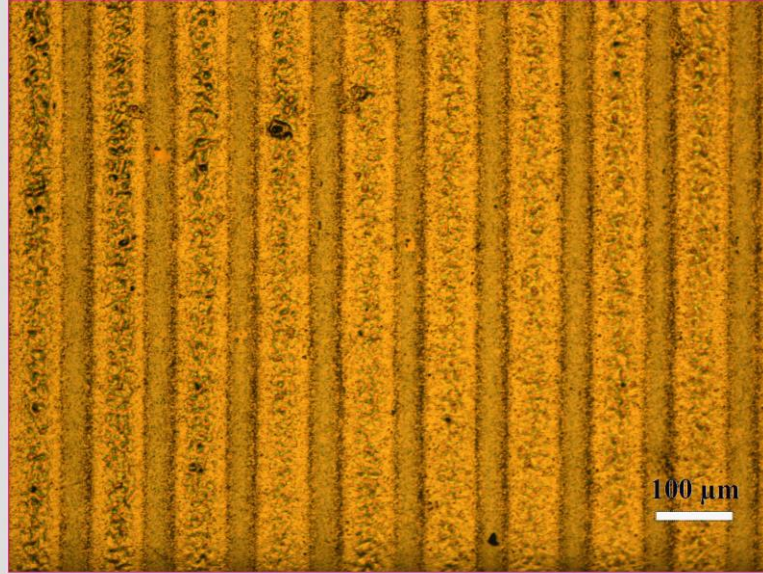


Şekil 2.14: DesenA ile desenlenmiş örnek yüzey 100X görünümü





Şekil 2.15: DesenB ile desenlenmiş örnek yüzey 50X görünümü



Şekil 2.16: DesenB ile desenlenmiş örnek yüzey 100X görünümü

## 2.4.2 Kesici Uçların Ağırlık Kayıplarının İncelenmesi

Aşınma deneylerinin ölçüm yöntemleri arasında en yaygın olarak bilinen yöntem ağırlık farkı ile ölçüm yöntemidir. Bu yöntem oldukça ekonomik ve pratik bir metottur. Ağırlık farkı ile ölçüm yönteminin saptanabilirlik sınırı genellikle  $10^{-4}$  g dolaylarındadır. Meydana gelen aşınmaları ölçmek için  $10^{-4}$  g hassasiyetindeki teraziler kullanılmaktadır.

Kesici takım uçlarının talaşlı imalattan sonra ağırlık kaybı incelenmiştir. Lazerle desenlenmiş uçların aşınma sonrasındaki ağırlık kayıplarına bakılarak hangi tip desen ve lazer parametrelerinde ne kadar ağırlık kaybı olduğuna ilişkin veriler incelenecektir.

Çalışmada Shimadzu ATX224 (Şekil 2.17) marka ve modelinde hassas terazi kullanılmıştır. Her işleme çalışmasının öncesi ve sonrasında ağırlıklar ölçülerek kaydedilmiştir. Örneğin 1 numaralı kesme yüzeyi talaş kaldırmadan önce ağırlığı hesaplanmış talaş aldıktan sonra ağırlık kaybı not edilmiş ve 2 numaralı yüzeyle talaş almaya devam edilmiş, operasyon bitince tekrar ağırlık kaybına bakılmış ve bu işlem tüm operasyon tamamlanana kadar her kesme yüzeyi için yapılmıştır. Yani her bir desenin olduğu yönde, kesici uçtan, 3 kez işleme yapılmış. 5 farklı uç bağlı olduğundan 5 kesici ucun ağırlıkları 4 operasyonun öncesi ve sonrasında tartılmıştır.



Şekil 2.17: Hassas terazi Shimadzu ATX224 ile ağırlık ölçümü

### 2.4.3 İş Parçasının Yüzey Kalitesinin İncelenmesi

İş parçasının(altlık) yüzeyleri Ra cinsinden ölçüldü. Mahr Perthen perthometer PGK modeli ölçümlerde kullanılmıştır (Şekil 2.18). 0,01 mikron metreye kadar hassasiyetlerde ölçüm yapılması sağlandı. 3 farklı noktadan ölçümler alınarak ortalamaları yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesini sağladı.



Şekil 2.18: Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve uygulaması

## Bölüm 3

### Bulgular ve Tartışma

#### 3.1 Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

Üç farklı (65 m/dk, 70 m/dk, 75 m/dk) işleme hızında ( $V_c$ ) yapılan işleme çalışmalarının sonucunda, DesenA ve DesenB kesici uçlarının, parça üzerindeki yüzey pürüzlülüklerine etkisi tespit edilmiş ve Tablo 3.1' de verilmiştir. Buna göre; yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakıldığında en düşük yüzey pürüzlülüğü değerinin  $V_c=75$  m/dk değeri için ve her üç çalışmada da en düşük olduğu görülmüştür. Daha düşük kesme hızlarında ise DesenB kullanılarak desenlenen kesici uçların yüzey kalitelerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, desensiz kesici uçlar için daha düşük devirlerde kesme işlemleri sonrasında ( $V_c= 70$  ve  $65$  m/dk için) yüzey pürüzlülüğü değerlerinin desenli olan DesenA ve DesenB' nin uygulandığı kesici uçlara göre ciddi derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Böylece genel olarak bakıldığında, yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi sonuçların **DesenB** ile yapılan işleme çalışmalarına ait olduğunu söylenebilir. Kesici uçlarda lazerle desen uygulamasının, kesici uçların frezeleme işleminde, işleme performansı artırdığını, farklı kesme hızlarında daha stabil ve birbirlerine yakın sonuçları sağladığı söylenebilir. Xing ve ark. tarafından yapılan çalışmada farklı kesici uç ve iş malzemesi kullanılmasına rağmen frezeleme işlemi sonrası farklı kesme hızlarında lazerle tekstürlenmiş kesici uçların iş parçası yüzey pürüzlülüğü sağlama bakımından avantajlı olduğu saptanmıştır [40].

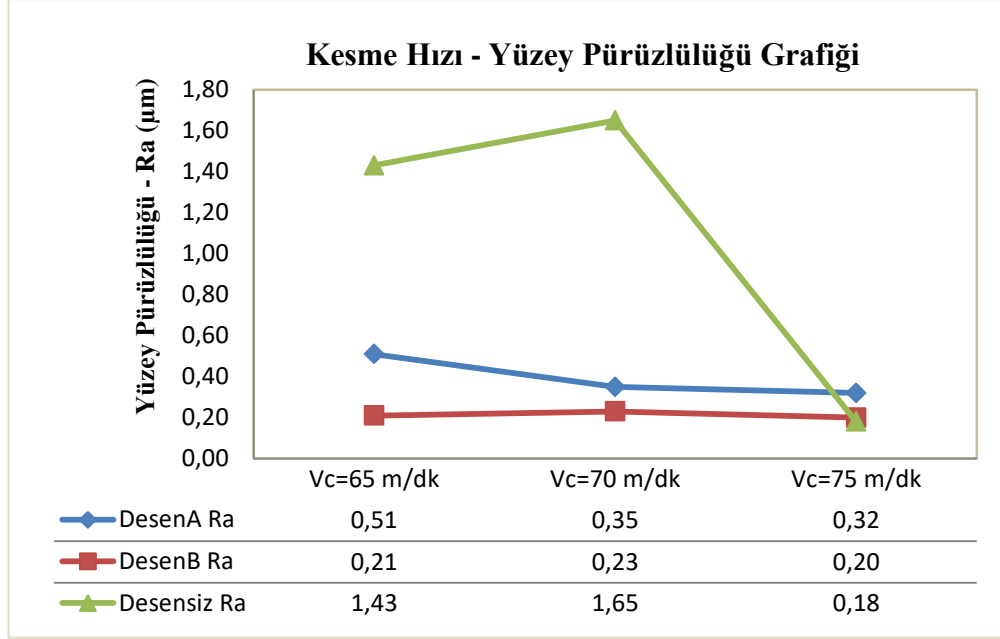
Benzer sonuçların tornalama işleminde olup olmadığı araştırıldı. Tornalama ile frezeleme arasında yakın denebilecek sonuçlar elde edilmiştir. Ahmed ve ark. AISI 304 paslanmaz çelik altlık malzeme ve sementite karbür (WC + 6%Co) kesici takım ile yaptıkları çalışmada kesici uçlar üzerinde dikey, yatay ve kare şeklinde uygulanmış desenler oluşturulmuş ve tornalama işlemi yapılmıştır. Kesme hızı, gücü ve sürtünme gibi değerlerde en iyi sonuçları kare şeklinde oluşturulan desenlerin uygulandığı kesici uçlarla yapılan talaş kaldırma işlemlerinde elde edildiği saptanmıştır. Ayrıca SEM incelemesinde desensiz kesici uçların daha fazla aşındığı da gözlemlenmiştir [42]

Ahmed ve ark. [42] tornalamada elde ettiği sonuçların benzerini, bu çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada da yüzeye yatay yani paralel oluşturulmuş desenle işleme yapan kesici ucun (DesenA' nın), desensize göre daha iyi sonuç verdiği, fakat yüzeye dikey olan kesici uç desenine (DesenB) göre nispeten daha kötü yüzey kalitesi, takım ömrü sonuçlarını verdiği söylenebilir.

Bu sonuçlardan yola çıkarak lazer ile desenlemenin olumlu sonuçlar verdiğini yüzey kalitesini ve bununla birlikte takım ömürlerine fayda sağladığını farklı kesme hızlarında daha kararlı ve birbirine yakın yüzey kalitesi değerleri oluşturduğu söylenebilir.

Tablo 3.1: Farklı devir sayısında işlenen altlık malzemenin yüzey pürüzlülüğü değerleri

<b>Kesme Hızı (V<sub>c</sub>)</b>	<b>DesenA (R<sub>a</sub>, μm)</b>	<b>DesenB (R<sub>a</sub>, μm)</b>	<b>Desensiz (R<sub>a</sub>, μm)</b>
<b>65 m/dk</b>	0,51	0,21	1,43
<b>70 m/dk</b>	0,35	0,23	1,65
<b>75 m/dk</b>	0,32	0,20	0,18



Şekil 3.1: Kesme hızı – yüzey pürüzlülüğü grafiği

### 3.2 Kesici Uçlardaki Ağırlık Kayıplarının İncelenmesi

Tablo 3.2-3.4' te her iki desen uygulanmış uçların ve desen uygulanmamış ucun deneyler sonrasındaki ağırlık kayıpları verilmiştir. Ağırlık kayıplarını her kesme hızına göre ayrı ayrı incelediğimizde,  $V_c=75$  m/dk değerinde Desensiz işlemede ağırlık kaybının en az olduğu gözlemlenmiştir (0,0011 gr). DesenB' li uçlar ile yapılan çalışmalardaki ağırlık kayıpları (0,0014 gr) bu değere yakındır. Bu sonuç yüzey pürüzlülüğüne benzer bir sonuçtur. Buna benzer olarak, bir önceki bölümde sunulan yüzey pürüzlülüğü sonuçlarında da en düşük yüzey pürüzlülüğü  $V_c=75$  m/dk değerinde desensiz işlemede en düşük değer olarak saptanmıştır.

$V_c=70$  m/dk değerinde ise yine yüzey pürüzlülük değerlerine paralel olarak en düşük ağırlık kaybı DesenB 'de oluşmuştur. Desensiz kesici takımında ise en yüksek ağırlık kaybı değeri ölçülmüştür. Bunun sebebi rezonans oluşumu olarak gösterilebilir.

Bir diğer ifadeyle  $V_c=70$  m/dk değerinde en iyi sonuç, en düşük ağırlık kaybı DesenB ile desenlenmiş kesici ucun performansına aittir. Daha sonrasında DesenA ve Desensiz kesici uçlar gelmektedir.  $V_c=65$  m/dk değerinde ise  $V_c=70$  m/dk değerine benzer şekilde sonuçlar elde edilmiş, en olumlu değerler DesenB ile işleme

yapan kesici takıma ait sonuçlar olmuştur. DesenB hem ağırlık kaybı hem de yüzey pürüzlülüğü açısından daha istikrarlı sonuçlar vermiştir.

Tablo 3.2: DesenA uygulanmış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları

$V_c$ (m/dk)		1.UÇ	2.UÇ	3.UÇ	4.UÇ	5.UÇ
<b>65</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,7731	7,7728	7,7978	7,7856	7,6845
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,7719	7,7713	7,7970	7,7843	7,6829
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0012	0,0015	0,0008	0,0013	0,0016
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0013 ± 0,0003				
<b>70</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,7787	7,7816	7,8006	7,7889	7,6874
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,7731	7,7728	7,7978	7,7856	7,6845
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0056	0,0088	0,0028	0,0033	0,0029
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0047 ± 0,0026				
<b>75</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,9202	7,9327	7,9535	7,9372	7,9409
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,9185	7,9305	7,9526	7,9279	7,9138
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0017	0,0022	0,0009	0,0093	0,0271
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0082 ± 0,0116				

Tablo 3.3: DesenB uygulanmış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları

<b>V<sub>c</sub></b> <b>(m/dk)</b>		<b>1.UÇ</b>	<b>2.UÇ</b>	<b>3.UÇ</b>	<b>4.UÇ</b>	<b>5.UÇ</b>
<b>65</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,7688	7,7657	7,7916	7,7780	7,6762
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,7677	7,7647	7,7909	7,7773	7,6741
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0011	0,0010	0,0007	0,0007	0,0021
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0011 ± 0,0006				
<b>70</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,7713	7,7703	7,7959	7,7814	7,6817
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,7688	7,7657	7,7916	7,7780	7,6762
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0025	0,0046	0,0043	0,0034	0,0055
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0041 ± 0,0012				
<b>75</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,7719	7,7713	7,7970	7,7843	7,6829
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,7713	7,7703	7,7959	7,7814	7,6817
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0006	0,0010	0,0011	0,0029	0,0012
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0014 ± 0,0009				



Tablo 3.4: Desen uygulanmamış kesici ucun işleme sonrası ağırlık kayıpları

$V_c$ (m/dk)		1.UÇ	2.UÇ	3.UÇ	4.UÇ	5.UÇ
<b>65</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,9225	7,9385	7,9313	7,9500	7,9452
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,9094	7,9359	7,9301	7,9483	7,9434
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0131	0,0027	0,0012	0,0017	0,0018
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0041 ± 0,0051				
<b>70</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,9094	7,9359	7,9301	7,9483	7,9434
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,8263	7,8302	7,8501	7,8523	7,8755
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0831	0,1057	0,0800	0,0960	0,0679
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0865 ± 0,0146				
<b>75</b>	<i>Başlangıç (gr)</i>	7,8263	7,8302	7,8501	7,8523	7,8755
	<i>Bitiş (gr)</i>	7,8256	7,8283	7,8495	7,8515	7,8741
	<i>Eksilen (gr)</i>	0,0007	0,0019	0,0006	0,0008	0,0014
	<i>Ortalama (Standart Sapma ile)</i>	0,0011 ± 0,0005				

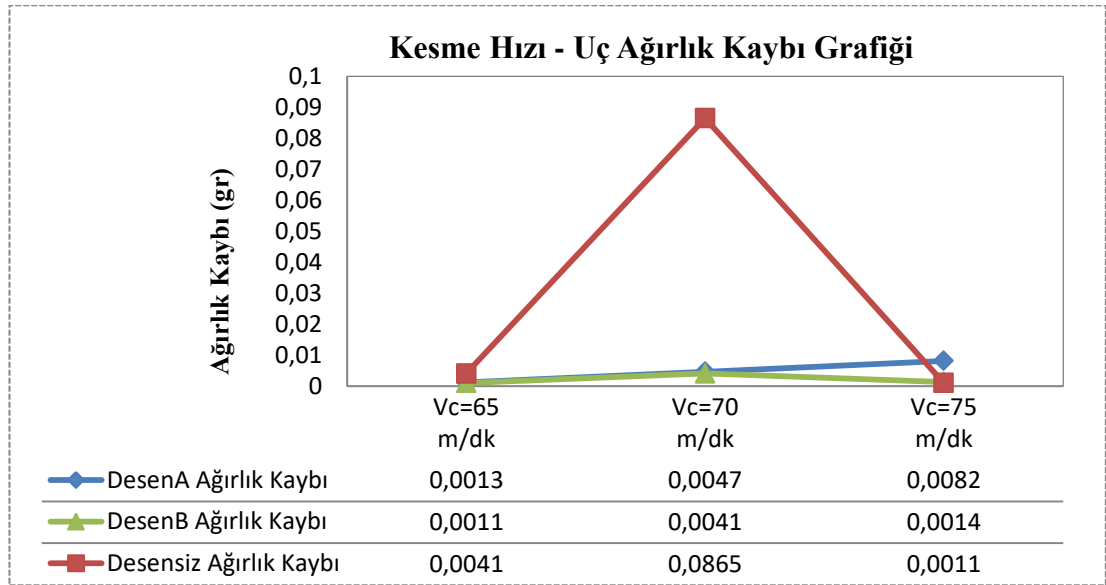
Genel bir değerlendirme yapılırsa ağırlık kayıplarının yüzey pürüzlülüğü verileriyle birbirlerini doğruladığını söylenebilir. Bu bağlamda DesenB'nin genel anlamda kesme performansının daha iyi olduğunu yüzey pürüzlülük ve ağırlık kayıplarına bakarak değerlendirebiliriz. DesenA ile desenlenmiş kesici ucun ise daha düşük kesme hızlarında daha fazla ağırlık kaybettiği gözlemlenmiştir. Desensiz kesici uç

$V_c=70$  m/dk' daki işleme çalışması sırasında rezonans/titreşim oluşumundan dolayı talaş yığılmasına maruz kalmış, ucun yapısı bozulmuş ve daha fazla ağırlık kaybetmiştir. Tablo 3.5' teki ağırlık kayıplarının ortalamalarının ifade edildiği verilerin standart sapmaları Tablo 3.2, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te ifade edilmiştir.

Literatürde yapılan benzer çalışmalara paralel olarak elde edilen sonuçlarda lazerle desenlemenin geleneksel talaşlı imalattaki yağlayıcı görevini gördüğü, sürtünme mekanizmasını iyileştirdiği bir diğer ifadeyle kesici uç ve iş parçası arasındaki sürtünme yüzeyini azalttığı, kesme kuvvetlerinde azalma sağladığı gözlemlenmiştir [57].

Tablo 3.5: Kesme hızlarına göre kesici uçlarda ağırlık kayıpları

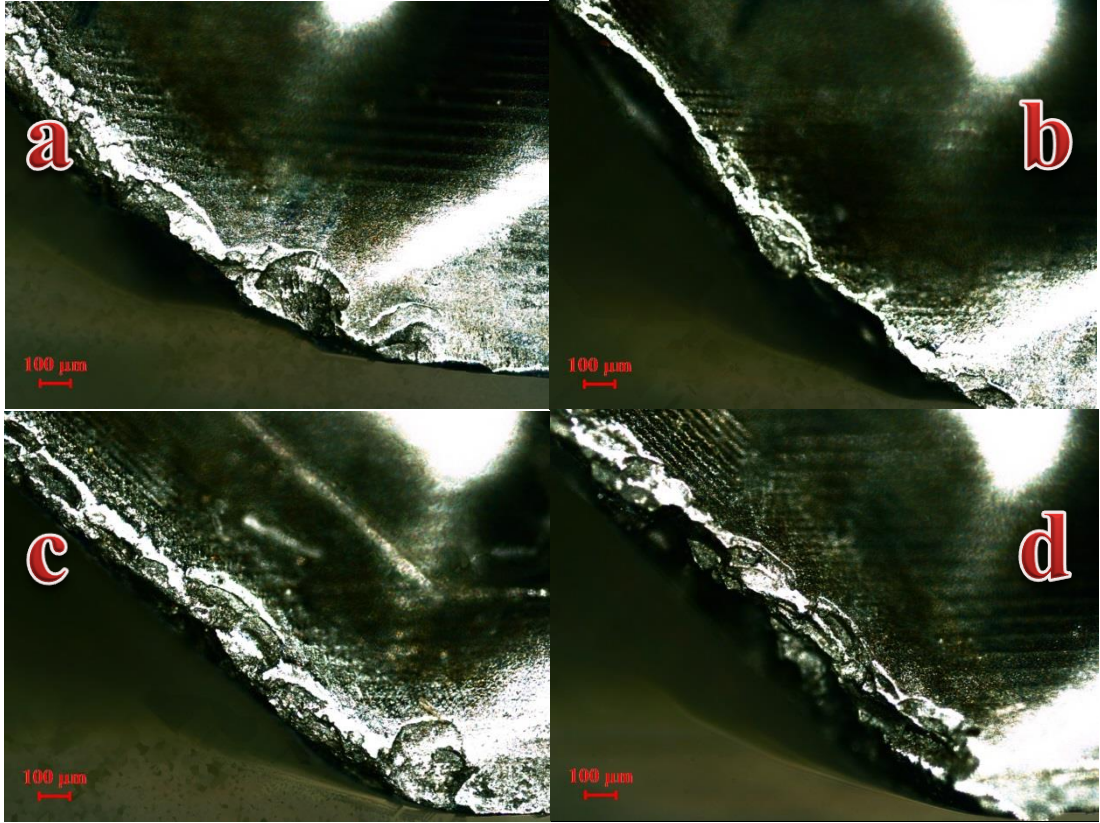
$V_c$ (m/dk)	DesenA Ağırlık Kaybı (gr)	DesenB Ağırlık Kaybı (gr)	Desensiz Ağırlık Kaybı (gr)
65	0,0013	0,0011	0,0041
70	0,0047	0,0041	0,0865
75	0,0082	0,0014	0,0011



Şekil 3.2: Kesme hızı – uç ağırlık kaybı grafiği

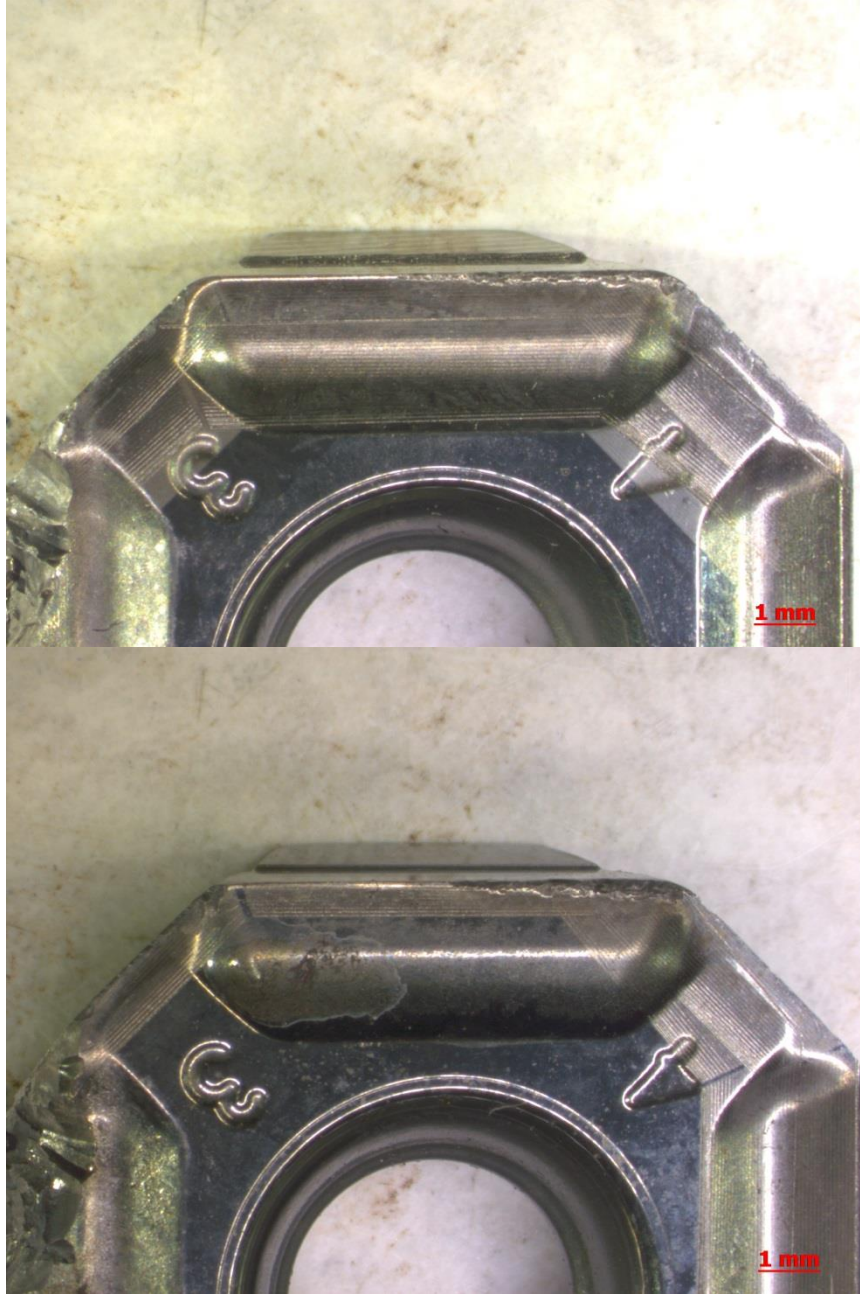
### 3.3 Kesici Uçlardaki Aşınma Davranışının İncelenmesi

Kesici uçlar işleme çalışmaları bittikten sonra aşınma yüzeyleri incelenmiştir. DesenA ile desenlenmiş kesici uç ile işleme çalışmalarında  $V_c=65$  m/dk değerinde işleme sonucu kesici uçta oluşan aşınmaların fotoğraflarını incelediğimizde, kesici uçlar üzerindeki aşınmalarda DesenB' ye göre çok ciddi değişimlerin olmadığını söyleyebiliriz. Her iki çalışmada da benzer şekilde aşınma ve yüzeylerden partiküllerin koptuğu Şekil 3.3 'ü inceleyerek söyleyebiliriz.



Şekil 3.3: DesenA  $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

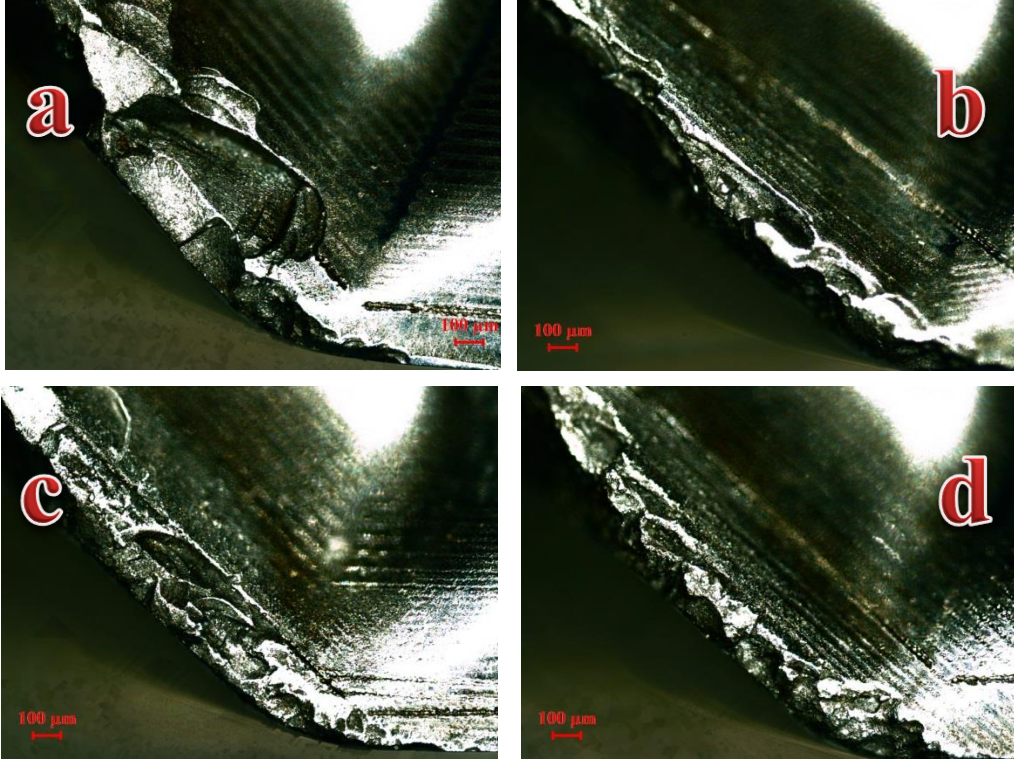
Kesici uçların stereo mikroskobunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.4' te görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir. Numunelerde  $V_c=65$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopmaya maruz kalmışlardır. DesenA için  $V_c=75$  m/dk ve  $V_c=70$  m/dk' daki kesme hızında kesici uçta oluşan aşınmalara göre daha az aşındığı söylenebilir.



Şekil 3.4: DesenA  $V_c=65$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme

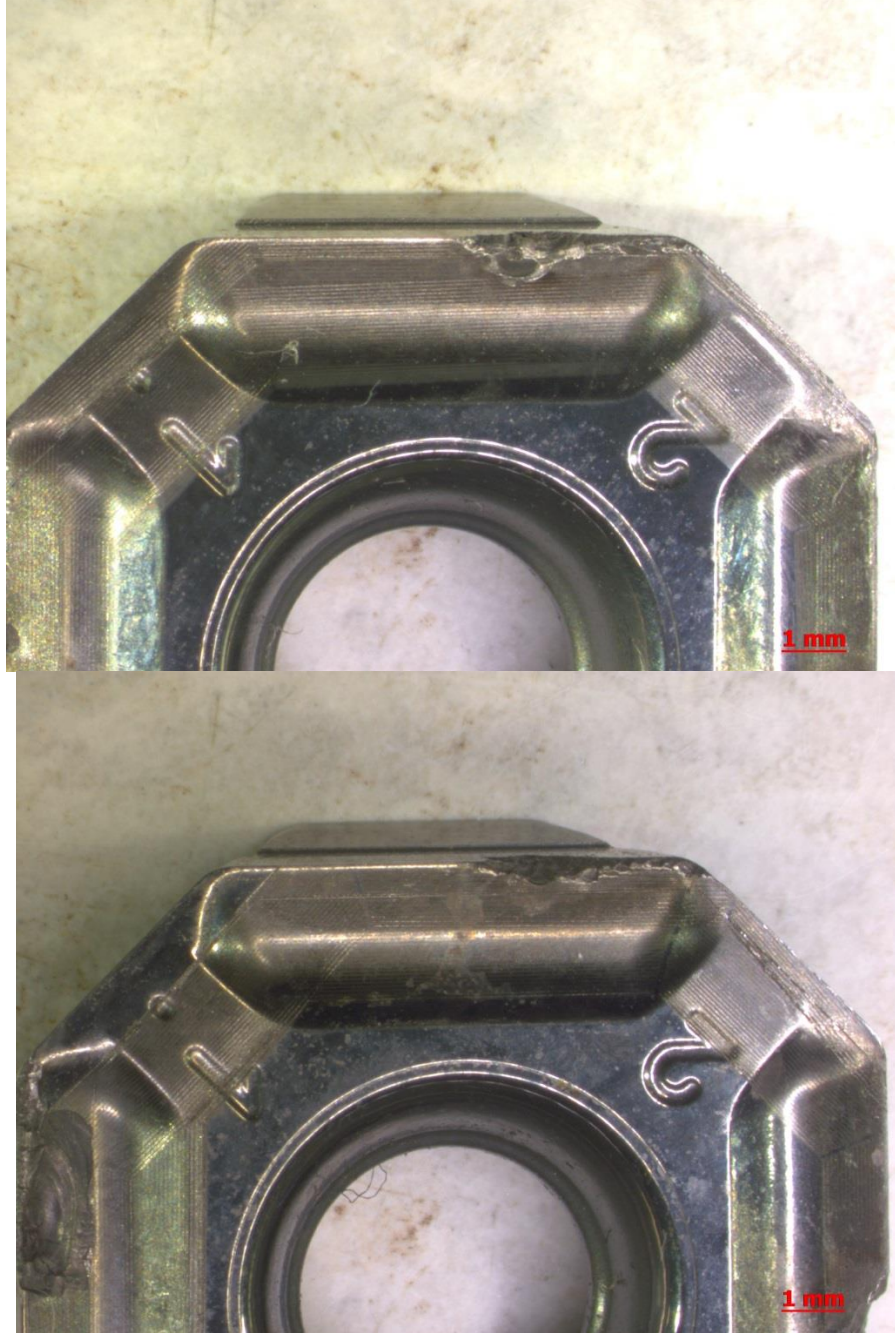


DesenA 2.işleme çalışması olan  $V_c=70\text{m/dk}$  ile işleme sonucu oluşan fotoğrafları incelediğimizde kesici uçlar üzerindeki aşınmalarda çok ciddi değişimlerin olmadığını söyleyebiliriz. DesenB' deki benzer şekilde aşınma ve yüzeylerden partiküllerin koptuğunu Şekil 3.5 'i inceleyerek söyleyebiliriz.



Şekil 3.5: DesenA  $V_c=70\text{m/dk}$ ' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

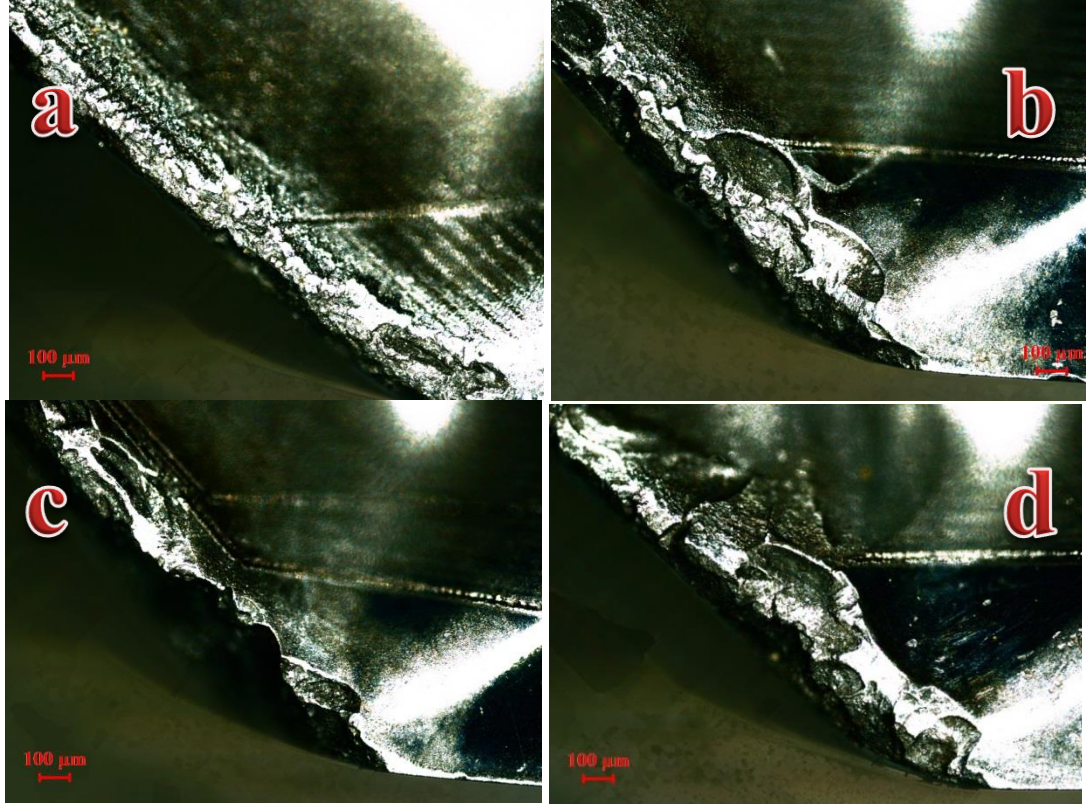
Kesici uçların stereo mikroskobunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.6' da görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir. Numunelerde  $V_c=70$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopmaya maruz kalmışlardır.  $V_c=75$  m/dk'daki kesme hızında kesici uçta oluşan aşınmalara göre daha küçük kopmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 3.6: Desena  $V_c=70$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme



DesenA ile desenlenmiş uçların  $V_c=75$  m/dk' da işleme sonrasında yüzeylerden elde edilen mikroskop görüntüleri Şekil 3.7' de gösterilmiştir. Bunun sonucunda yüzeyde sürtünme etkisiyle derin aşınmalar ve küçük parçacıkların koptuğu söylenebilir. Mikroskop görüntüleri ağırlık kayıpları ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine paralel bir şekilde sonuç vermiştir. Yani daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olan yüzeyler daha az sürtünmeye maruz kalmışlardır. Fakat buna rağmen DesenB' ye göre az da olsa aşınma miktarının daha fazla olduğu söylenebilir.



Şekil 3.7: DesenA  $V_c=75$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

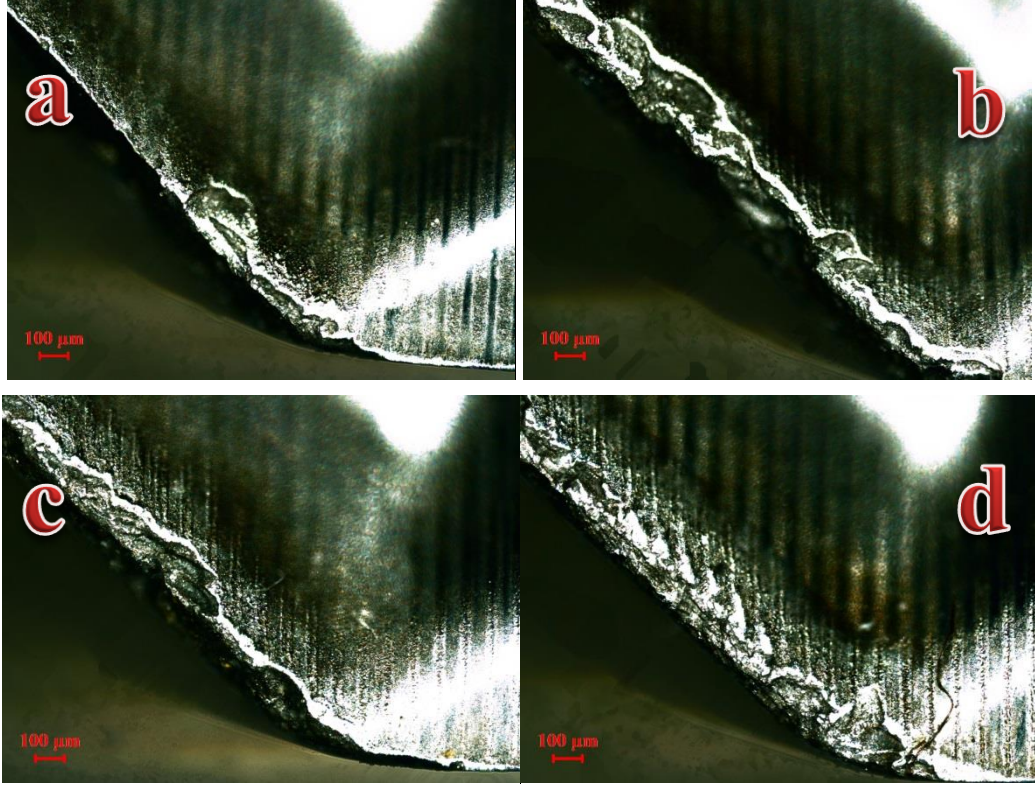
Kesici uçların stereo mikroskobunda incelenmesi sonucunda Şekil 3.8' de çalışılan yüzey görüntüleri verilmektedir. Numunelerde  $V_c=75$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopmaya maruz kalmışlardır.



Şekil 3.8: DesenA  $V_c=75$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme



DesenB ile desenlenmiş ve  $V_c=65$  m/dk değerinde işleme yapılmış kesici uçlardan alınan görüntüleri incelediğimizde (Şekil 3.9), DesenB  $V_c=70$  m/dk ile işleme yapıldıktan sonraki fotoğraflara göre küçük de olsa daha az aşınma gözlemlenmiştir. Fakat DesenA ya göre yüzeylerinin daha az aşındığını söylenebilir. Bunun sebebi kesme hızının düşük olması olarak ifade edilebilir.



Şekil 3.9: DesenB  $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

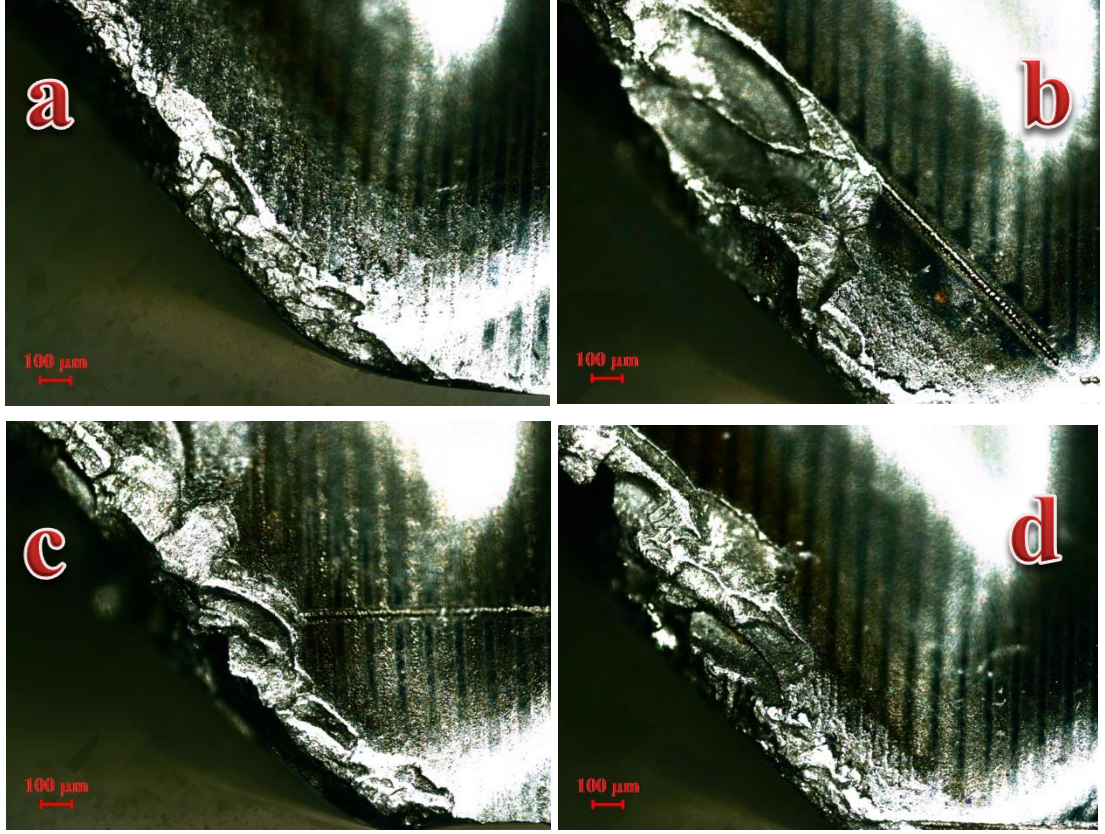
DesenB ile desenlenmiş kesici uçların stereo mikroskopunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.10' da görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir. Numunelerde  $V_c=65$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopmaya maruz kalmışlardır.  $V_c=75$  m/dk ve  $V_c=70$  m/dk' daki kesme hızında kesici uça oluşan aşınmalara göre daha az aşındığı söylenebilir.



Şekil 3.10: DesenB  $V_c=65$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme

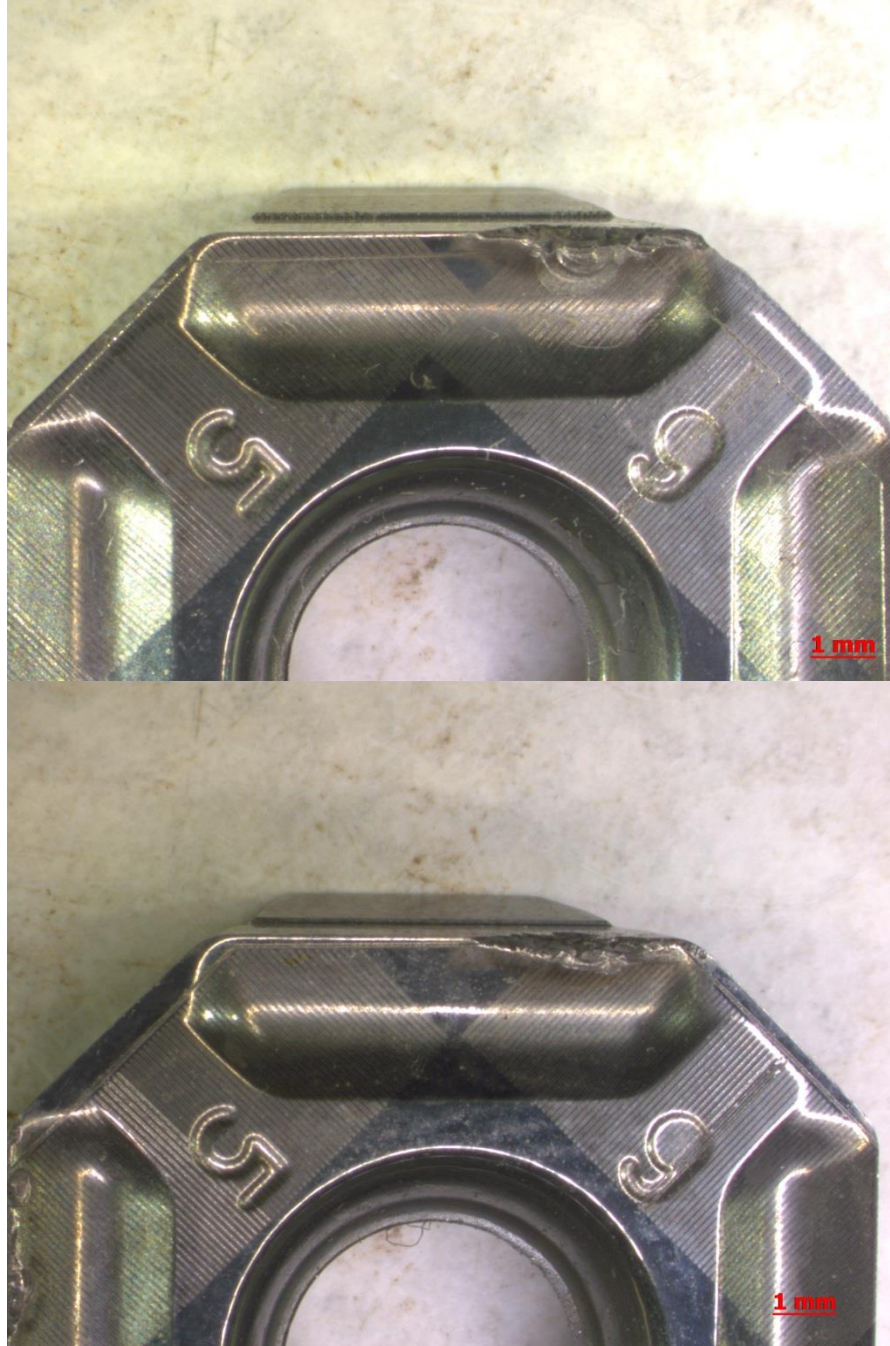


DesenB ile desenlenmiş ve  $V_c = 70$  m/dk değerinde işleme yapılmış kesici uçlardan alınan görüntüleri incelediğimizde (Şekil 3.11), DesenB  $V_c = 75$  m/dk ile işleme yapıldıktan sonraki fotoğraflara göre küçük de olsa daha fazla aşınma gözlemlenmiştir. Fakat DesenA ve desensiz kesici uçlara göre yüzeylerinin daha az aşındığını söylenebilir.



Şekil 3.11: DesenB  $V_c = 70$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

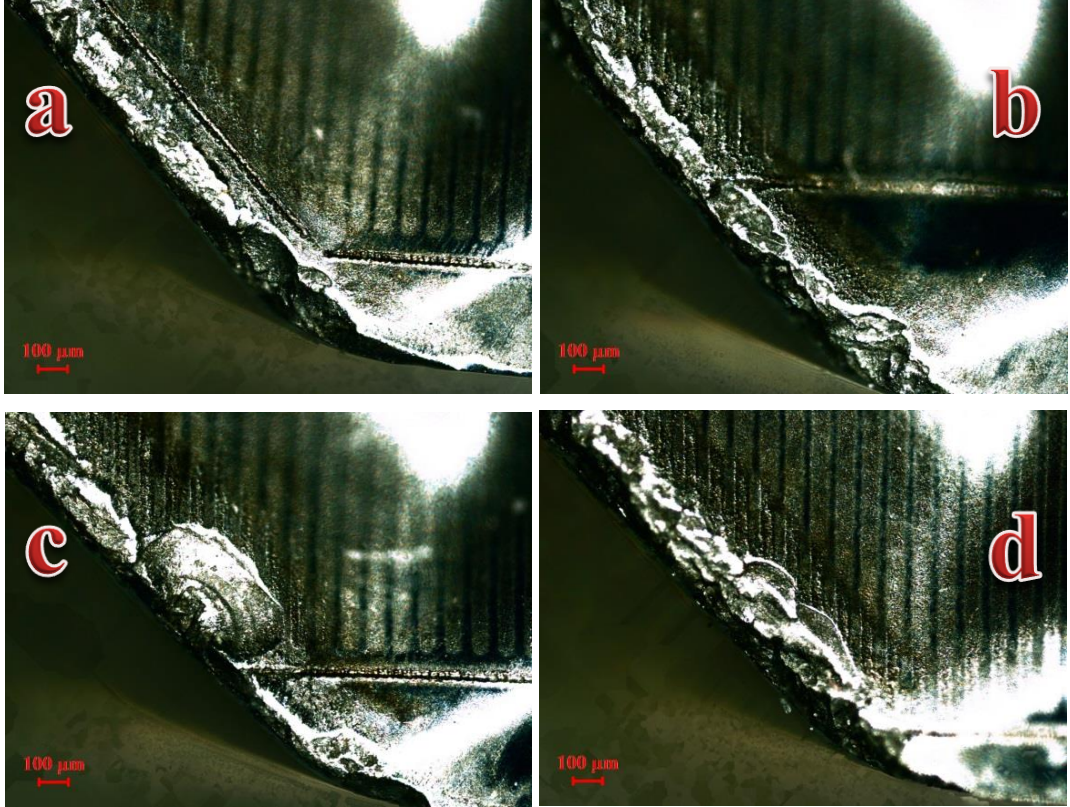
DesenB ile desenlenmiş kesici uçların stereo mikroskopunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.12' de görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir. Numunelerde  $V_c=70$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopma gözlemlenmiştir.  $V_c=65$  m/dk ve  $V_c=70$  m/dk' daki kesme hızında kesici uça oluşan aşınmalara göre daha az aşındığı söylenebilir.



Şekil 3.12: DesenB  $V_c=70$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme

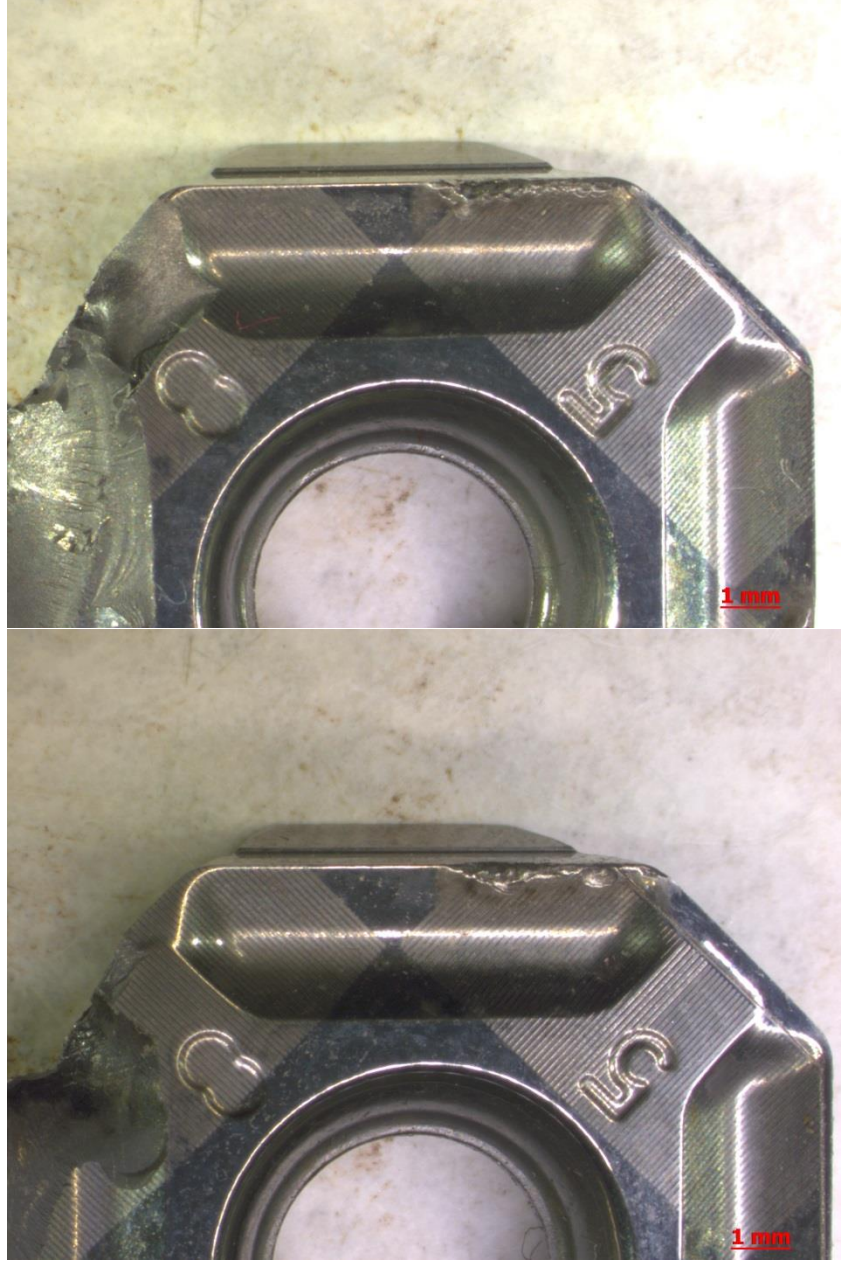


DesenB  $V_c=75$  m/dk değerinde yapılan kesme işlemlerinden sonra kesici uç yzeyleri görüntülenmiştir. DesenA üzerinde oluşan sürtünme ve uç yzeylerindeki hasarlara baktığımızda DesenB ile desenlenmiş kesici uç yzeylerinin daha az aşınmaya maruz kaldığını söylenebilir. Nitekim fotoğraflarda elde edilen görüntüler ile birlikte ağırlık kaybı ve yzey prztllğ değerleri birbirlerini doğrulamaktadır (şekil 3.13)



şekil 3.13: DesenB  $V_c=75$ m/dk' da işleme yapan kesici uçların yzeyleri (a =1, b=2, c=3, d=4 numaralı uç), 50X büyütme

DesenB ile desenlenmiş kesici uçların stereo mikroskopunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.14' te görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir. Numunelerde  $V_c=65$  m/dk kesme hızlarında uç kesme yüzeylerinde kopmaya maruz kalmışlardır.  $V_c=75$  m/dk ve  $V_c=70$  m/dk' daki kesme hızında kesici uça oluşan aşınmalara göre daha az aşındığı söylenebilir.



Şekil 3.14: DesenB 75m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme



Desensiz kesici uçların stereo mikroskobunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.15' de görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir.  $V_c=65$  m/dk kesme hızında yapılan bu işlemden aşınmalar Şekil 3.15' de gözlemlenmektedir.  $V_c= 75$  m/dk' da ki aşınmaya göre daha fazla yüzey aşınmıştır. Nitekim ağırlık kayıpları ve yüzey pürüzlülüğü değeri bununla paralel sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.15: Desensiz kesici ucun  $V_c=65$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme

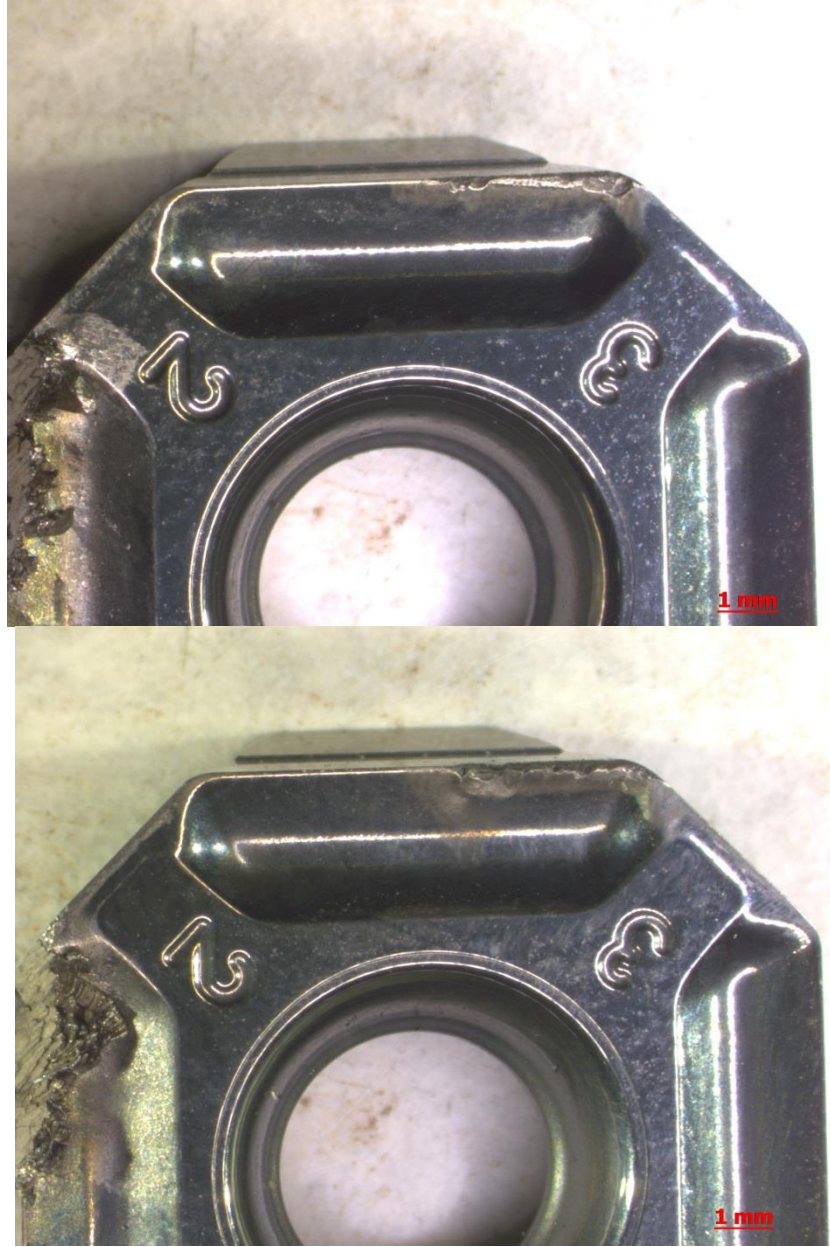
Desensiz kesici uçların stereo mikroskobunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.16' de görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir.  $V_c=70$  m/dk kesme hızında yapılan bu işlemden aşınmalar Şekil 3.16' da gözlemlenmektedir. Bu işleme çalışması esnasında rezonans oluşumu gözlemlenmiş ve bundan dolayı da kesici ucun yüksek miktarda aşındığı görülmüştür.



Şekil 3.16: Desensiz kesici ucun  $V_c=70$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme



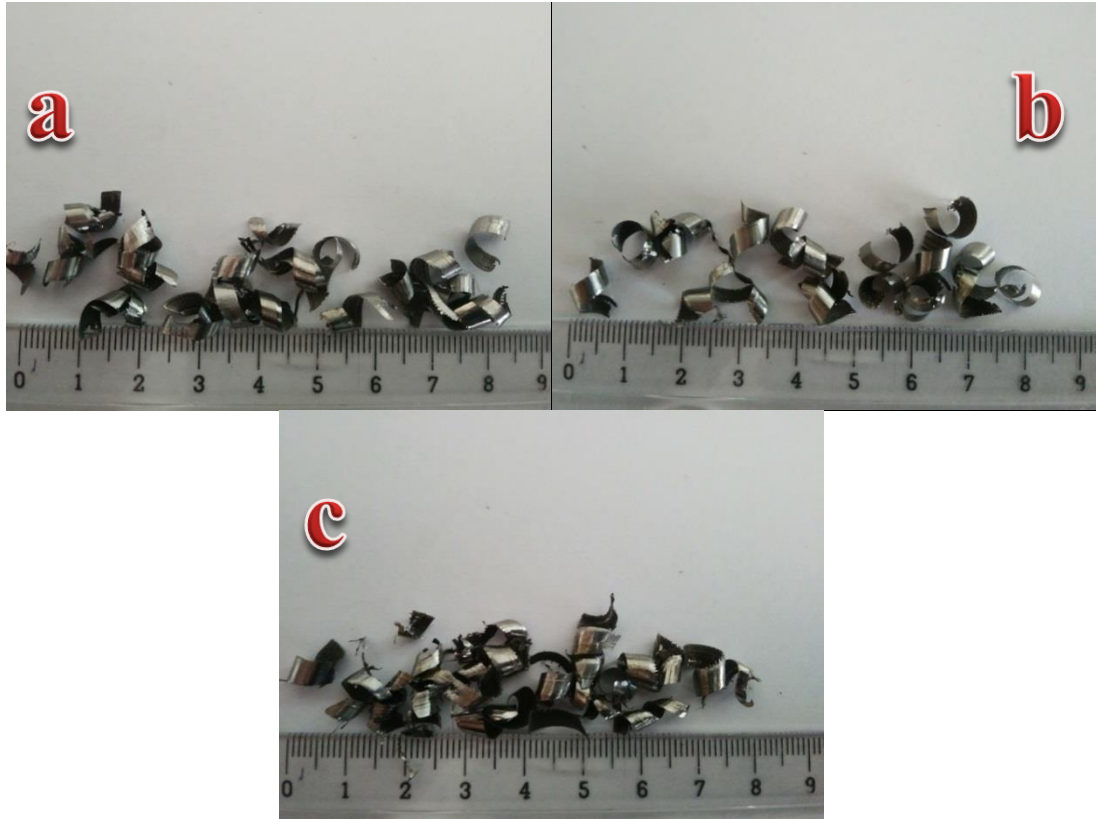
Desensiz kesici uçların stereo mikroskobunda da incelenmesi sonucunda Şekil 3.17' de görüldüğü üzere görüntüler elde edilmiştir.  $V_c=75$  m/dk kesme hızında yapılan bu işlemden aşınmalar Şekil 3.17' de gözlemlenmektedir. Aşınma yüzeyleri DesenA ve DesenB' nin 75 m/dk' daki görünümüne yakın olduğu söylenebilir.



Şekil 3.17: Desensiz kesici ucun  $V_c=75$  m/dk' da işleme yapan kesici uçların yüzeyleri stereo mikroskop görüntüleri, 20X büyütme

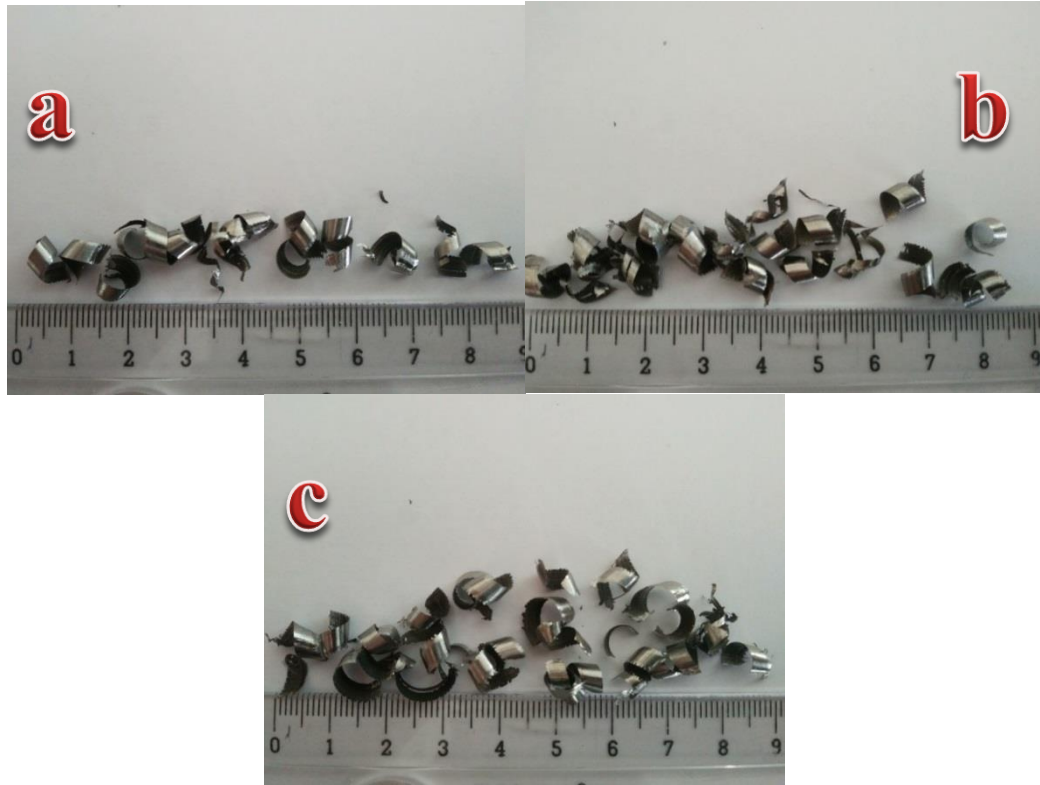
### 3.4 Talaş Analizinin Yapılması

Talaş analizlerine baktığımızda,  $V_c=65$  m/dk da işlenen altlık malzememiz AISI 304L nin işleme sonrası oluşturduğu talaşlar Şekil 3.18'deki gibi oluşmuştur. DesenA ile DesenB ile desenlenmiş kesici uçların (Şekil 3.18 (a),(b)), Desensiz (Şekil 3.18 (c)) ye göre daha düzenli ve birbirlerine benzer bir yapıya sahip olduğunu söylenebilir. Desensiz kesici uçlar yapılmış olan kesme işleminde ise,  $V_c=65$  m/dk değerinde talaş görünümü (Şekil 3.18 (c)), kopan bazı küçük parçalar ve düzensiz talaş oluşumuyla birlikte, renk olarak da koyu ve mor bir renk almıştır. Buna sebep olarak sürtünmenin artması olarak öne sürebiliriz. En iyi talaş görünümü sırasıyla, Şekil 3.18' e göre  $b>a>c$  şeklinde olmuştur. Bu sonuçlar Şekil 3.18' de de görülmektedir.



Şekil 3.18: (a) DesenA, (b) DesenB ve (c) Desensiz kesici uçların  $V_c=65$  m/dk için, işleme sonrası oluşturduğu talaşlar

Talaş analizlerine baktığımızda,  $V_c=70$  m/dk da işlenen altlık malzememiz AISI 304L'nin işleme sonrası oluşturduğu talaşlar Şekil 3.19' daki gibi oluşmuştur. DesenA ile desenlenmiş kesici uçların (Şekil 3.19 (a)), DesenB ve DesenC ye göre uç kısımlarının daha düzenli ve birbirlerine benzer bir yapıya sahip olduğunu söylenebilir. Desensiz kesici uçlar yapılmış olan kesme işleminde ise,  $V_c=70$  m/dk değerinde talaş görünümü (Şekil 3.19 (c)), birbirlerine yakın görünümde olsa dahi taraklı ya da dilimli şekilde talaşlar da oluşturmuştur. Bu da daha fazla sürtünme oluştuğunun göstergesidir.



Şekil 3.19: (a) DesenA, (b) DesenB ve (c) Desensiz kesici uçların  $V_c=70$  m/dk için, işleme sonrası oluşturduğu talaşlar

Talaş analizlerine baktığımızda  $V_c=75$  m/dk' da işlenen altlık malzememiz AISI 304L nin işleme sonrası oluşturduğu talaşlar Şekil 3.20'teki gibi oluşmuştur. DesenA ile desenlenmiş kesici uçların (Şekil 3.20 (a)), DesenB ve DesenC ye göre uç kısımlarının daha düzensiz taraklı, aşınmış görüntüde bir yapıya sahip olduğunu söylenebilir. Desensiz kesici uçlar yapılmış olan kesme işleminde ise,  $V_c=75$  değerinde talaş görünümü (Şekil 3.20 (c)) daha akıcı, daha az sürtünmeye uğramış görünümündedir.



Şekil 3.20: (a) DesenA , (b) DesenB ve (c) Desensiz kesici uçların  $V_c=75$  m/dk için işleme sonrası oluşturduğu talaşlar.

## Bölüm 4

# Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada iki farklı desen ve desensiz kesici uçların işleme performansı kıyaslanmış, bu iki desenle oluşturulmuş kesici uçların işleme sonrası oluşturduğu yüzey pürüzlülükleri genel anlamda daha stabil kalmış, desensiz kesici uca göre daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

Lazer desenlerinin kesici uç ve iş parçası arasındaki sürtünme mekanizmasını etkilediği, kesici uç üzerinde oluşan kuvvetlerin azaltılmasına yardımcı olarak sürtünmeyi azalttığı bir diğer ifadeyle desenlerin oluşturduğu oyukcukların kesici uç ve iş parçası ara yüzeyi arasındaki temas yüzeylerinin genişliğini etkileyerek ve oyukcukların yağlayıcı gibi davranarak, takım ömrünü artırmasının yanı sıra yüzey pürüzlülüğünü de olumlu anlamda etkilemesine sebep olduğu söylenebilir.

Kesici uçlarda desen uygulamasının kesici uçlar üzerinde sürtünmeyi azalttığı buna bağlı olarak kesici uçların formunun daha az değiştiği, dolayısıyla iş parçası yüzey kalitesinin de farklı kesme değerlerinde daha stabil kaldığı söylenebilir.

Kesici uçların ağırlık kayıpları incelendiğinde, sonuçların yüzey pürüzlülüğü ile paralel seyrettiği buna rağmen standart sapma değerleri de göz önünde bulundurularak deney sayılarının artırılması faydalı olabilir.

Bu çalışma ışığında desensiz kesici ucun desenli kesici uçlara göre daha yüksek kesme hızlarındaki performanslarının kıyaslanmasına ilişkin araştırmalar yapılabilir.

Desensiz kesici ucun  $V_c=70$  m/dk' daki talaş kaldırma işlemi sırasındaki oluşan rezonansın desenli kesici uçlarda oluşmaması, desenlerin daha düşük devirlerde

yapılan işleme çalışmalarında rezonansın önlenmesi konusunda bir etkisi olup olmadığı araştırılabilir.

Genel olarak tüm bulgular değerlendirildiğinde, kesici uçların desenlenmesi kesici uç-iş parçası arasında sürtünmeyi azalttığı, takımın ömrünü artırdığı, yüzey pürüzlülüğünü de genel anlamda iyileştirdiği sonucuna varılabilir.

# Kaynaklar

- [1] Xavior MA, Adithan M. Determining the influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel. *Journal of Materials Processing Technology* 2009; V. 209, 900–909.
- [2] Sarıkaya, M. Kobalt esaslı haynes25 Süper alaşımın işlenebilirliğinin incelenmesi ( doktora tezi ). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2014. 1-85.
- [3] Admatech Mühendislik Makina San. Lim. Şti. Talaşlı İmalat Nedir ? [İnternet]. Ankara; 2021 [ Erişim tarihi: 25 Aralık 2021]. [admatech.com.tr/haberdetay/talasli-imalat-nedir](http://admatech.com.tr/haberdetay/talasli-imalat-nedir)
- [4] Çakır MC. Sandvik modern metal cutting, Sandvik Coromant Technical Editorial Department, Sweden, 219-346, 2000.
- [5] Groover M.P. Fundamentals of modern manufacturing materials, processes, and systems. Wiley, USA; 2013.
- [6] Kuzu, AT. Tekstil takviyeli polimer matrisli kompozitlerin işlenebilirliğinin incelenmesi (yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi; Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [7] Uydu Makina. Talaşlı İmalat [İnternet]. Bursa; 2021 [ Erişim tarihi: 27 Aralık 2021 ]. <https://www.uydumakina.com/hizmetler/talasli-imalat/>
- [8] Yağmur, S. Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan sıcaklığın deneysel olarak incelenmesi (yüksek lisans tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 42-100, 2011.
- [9] Kaya, AÖ. İkiz raybalama makinesi otomasyonu (yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi; 2009.
- [10] Çiftçi İ. Kesici Takım Ders Notları, KTEF; 2005.
- [11] Akkurt M. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, 3. Baskı, İstanbul 1996.
- [12] Bakkal M. İTÜ Makina Fakültesi talaşlı imalat ders notları; 2012.

- [13] Can, A. AISI 5140 Çeliğinin Sermet ,PVD İle Tı AIN – CUD İle TIN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tamamlanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi ( yüksek lisans tezi ). Ankara: Gazi Üniversitesi; 2003.
- [14] Şahin Y. Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt 1. Nobel Yayın Dağıtım; Ankara 2000.
- [15] Çakır MC. Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Ceylan Matbaacılık; Mayıs 1999.
- [16] Habalı, K. Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması ( doktora tezi ). Ankara: Gazi Üniversitesi; 2003.
- [17] Şahin Y. Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt 1. Gazi Kitapevi; Ekim 2003
- [18] Çimenoğlu H, Geçkinli E. Çelik ve Dökme Demirlerin Metalografisi ve Mekanik Muayenesi. Metalürji Mühendisleri Odası KOSGEB İMES İstanbul; 2001.
- [19] Aran A, Temel MA. Paslanmaz Çelik Yassı Mamuller Üretimi Kullanımı Standartları. Acar Matbaacılık A.Ş, İstanbul; 2004.
- [20] Günay M. AISI 316L çeliğinin işlenmesinde takım radyüsü ve kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyon. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi; 2013. Cilt 28(3), s. 437-444.
- [21] Sarıtaş. 2004 Paslanmaz Çelik Yassı Mamuller Üretimi Kullanım Standartları [ İnternet ]. İstanbul; 2014 [ Erişim tarihi 27.12.2021] <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/paslanmaz.pdf>.
- [22] Balcı, B. AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi (bilim uzmanlığı tezi). Karabük: Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2008.
- [23] Sandvik. Kesici Takım malzemeleri [İnternet]. Türkiye ; 2021 [ Erişim tarihi: 29/12/2021].<https://www.sandvik.coromant.com/trtr/knowledge/materials/pages/cutting-tool-materials.aspx>
- [24] European Patent Application. Austenitic Stainless Steel, European Patent Office; 2006.
- [25] Thelning KE. Çelikler ve Isıl İşlem, Bofors El Kitabı. Çev. Adnan Tekin,İstanbul.



- [26] Tülbentçi K, Kaluç E. Paslanmaz elikler ve Kaynaklanabilirliği Seminer Notları. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi; 2005.
- [27] Chang, W. Principles of Lasers and Optics. USA, New York: Cambridge University Press; 2005.
- [28] Sennaroğlu A. Katihal Femtosaniye Lazerleri. Bilim ve Teknik 2010; sf 48-53.
- [29] Einstein A. On the Quantum Theory of Radiation. Physikalische Zeitschrift 1917; 18, 121–128.
- [30] Goca N. Optik, eviren: akır, C. Aktif Yayınevi; Erzurum.
- [31] Lazer Hakkında Genel Bilgiler, By Lazer Cutting Edge Inovation [İnternet]. Avustralya; 2006 [Erişim Tarihi 11/03/2006]. <http://www.bylaser.com.au/live/content/view/3/3/>
- [32] Willis EL, Retherford RC. Fine Structure of the Hydrogen Atom by a Microwave Method. Physical Review; 1947. 72, 3, 241-243.
- [33] Lazer Hakkında Genel Bilgiler, Kocaeli Üniversitesi [İnternet]. Kocaeli; 2006 [erişim tarihi 20.04.2006]. <http://laturum.kou.edu.tr/dokumanlar.html>
- [34] Townes CH. Production of coherent radiation by atoms and molecules. Nobel Lecture; 1964. 58-86.
- [35] Steen WM. Laser Material Processing, Third Edition. Springer-Verlag; USA, 2003.
- [36] Silfvast WT. Laser Fundamentals, Second Edition. Cambridge University Press;2008.
- [37] Koechner W. Bass M. Solid-State Lasers (A Graduate Text). Springer-Verlag; New-York, USA; 2003.
- [38] Aran A, Temel MA. Paslanmaz elik Yassı Maml retimi, Kullanımı, Standartları, 2.Baskı, Yayın No:1. Sarıtaş Teknik; 2004.
- [39] akır MC. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Vipasa, Bursa; 2000.
- [40] Xing, D. Deng, J. Li, S. Yue, H. Meng, R. Gao, P. Cutting performanceandwearcharacteristicsofAl2O3/TiC ceramic cutting toolswithWS2/Zr soft-coatingsandnano-texturesin dry cutting. Wear318(2014)12–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2014.06.001>.
- [41] Penas, L.P. Cortes, D.M. Villalobos, M.R. Cantu, A.G.R Montemayor, O.E. Enhancing tool life, and reducing power consumption and surface roughness in milling processes by nanolubricants and laser surface texturing. Journal of

Cleaner Production 253 (2020) 119836.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119836>

- [42] Ahmed, Y.S. Paiva, J.M. Arif, A.F.M. Amorim, F.L. Torres, R.D. The effect of laser micro-scale textured tools on the tool-chip interface performance and surface integrity during austenitic stainless-steel turning. *Applied Surface Science* Volume 510, 30 April 2020, 145455.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145455>
- [43] Li, C. Qiu. X. Yu, Z. Li, S. Li, P. Niu, Q. Kuniawan, R. ve diğ. Novel Environmentally Friendly Manufacturing Method for Micro-Textured Cutting Tools. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology* : 2020. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00256-w>
- [44] Wang, Q. Yang, Y. Yao, P. Zhang, Z. Yu, S. Zhu, H. Huang, G. Friction and cutting characteristics of micro-textured diamond tools fabricated with femtosecond laser. *Tribology International* 154, 2021. 106720.  
<https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106720>
- [45] Roshan Sasi, S. Kanmani Subbu, I.A. Palani. Performance of laser surface textured high speed steel cutting tool in machining of Al7075-T6 aerospace alloy. *Surface & Coatings Technology* 2017; S0257-8972(17)30129-9. doi: 10.1016/j.surfcoat.2017.01.118
- [46] Zhang K, Deng J, Sun J, Jieng C, Liu Y, Chen S. Effect of micro/nano-scale textures on anti-adhesive wear properties of WC/Co-based TiAlN coated tools in AISI 316 austenitic stainless steel cutting. *Applied Surface Science* 355 (2015) 602–614 . <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.07.132>
- [47] Oktay, H. (2011). Eğik Yüzeylerin Frezelenmesinde Farklı İşleme Yönlerrinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Karabük, 110 s.
- [48] Akkurt, M. (2006). Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları. İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
- [49] Tekaut, G. (2008). Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Ankara, 120 s.

- [50] Çiftçi, İ. (2005). Östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (2): 205-209.
- [51] İlker D. Kesme Parametreleri ve Kaplama Tabakasının Talaş Kaldırma İşlemlerine Etkisi (yüksek lisans tez). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Makine Müh. A.B.D. Bursa; 2006.
- [52] Özses, B. Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi (yüksek lisans tez). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara; 2006.
- [53] Holmberg, K., Matthews, A. (2009). Coatings Tribology. Elsevier, Amsterdam.
- [54] Şeker U. TAl 408 Takım Tasarımı Ders Notları. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara; 1997. s.50-65.
- [55] Özcan, E. (2001). CNC Tezgahlarda Kullanılan Kesici Takımlarda Takım Aşınmasının Kesme Performansına Dinamik Etkileri (doktora tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Makine Mühendisliği ABD, İstanbul; 145 s.
- [56] Sandvik, Kesici uçlarda aşınma mekanizmaları [İnternet]. İsveç: 2015 [ Erişim tarihi 20.10.2015] ([www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)).
- [57] Lei S, Devarajan S, Chang Z. A study of micropool lubricated cutting tool in machining of mild steel. Journal of materials processing technology 2009; 209: 1612–1620

# Ekler

# Ek A

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

### **Konferans Bildirileri**

1. ‘‘ Sermet Kesici Uçlara Lazer Desenleme İşleminde Geometrinin Kesici Uç Performansına Etkileri ‘‘. 2. International Scientific Research and Innovation Congress 11-12 September 2021 / Istanbul

Ek B

Dış Cilt Kapağı

T.C.

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Semente Karbür Uçlara Uygulanan  
Lazer Desenleme İşleminde  
Geometrinin Kesici Uç Performansına  
Etkileri

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans

Enver Ali Ğasğar

ORCID 0000-0003-3046-970X

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Onur Ertuğrul

Ocak 2022

ĞASĐAR YÜKSEK LİSANS TEZİ 2022



# Özgeçmiş

Adı Soyadı: Enver Ali Ğasğar

Eğitim:

2009–2014 Atatürk Üniversitesi, Makine Müh. Bölümü

2014–2017 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Makine Müh. Bölümü